



440THV-2

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et la recherche scientifique

Université SAAD DAHLAB BLIDA
Faculté des Sciences Agro-vétérinaires
Département des Sciences Vétérinaires

Projet de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Docteur Vétérinaire

Thème

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DES
STRUCTURES OVARIENNES CHEZ LE
BOVIN LOCAL**

Présenté par:

**Kosseir Othmane
Gacem Ryma**

Jury:

Président :	Dr. GHARBLI	MAA	USDB
Examineur :	Dr YAHIMI.A	MAA	USDB
Examineur :			
Promoteur :	Dr. FERROUK.M	MCB	USDB

Blida, Octobre 2011

REMERCIEMENTS

Nous exprimons nos sentiments de reconnaissance envers tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier en particulier notre promoteur Dr FERROUK Mostapha qui nous a fait l'honneur d'accepter de nous encadrer.

Dr FERROUK : votre enthousiasme, votre rigueur scientifique, votre persévérance, votre totale disponibilité sont pour nous un exemple. Merci beaucoup.

Nos profonds remerciements s'adressent aussi à :

Sarah et Asma qui nous ont aidé dans la réalisation de la partie bibliographique

Adel qui nous a beaucoup aidé

Le président de jury de ce mémoire, Dr GHERBI

Les examinateurs qui nous ont fait l'honneur d'examiner ce modeste travail.

Nous remercierons aussi tous qui ont participé à réaliser ce travail non seulement nos amis, aussi les travailleurs de la station expérimentale de l'université de Blida pour leurs aides à toutes les séances qu'on a passé à la station.

DEDICACES

Avant tout je remercie le dieu le tout puissant qui ma aider a réaliser ce modeste travail, que je dédie:

A deux personnes qui sont très chères à mon cœur et qui je ne peux rein faire sans eux : ma mère et mon père et qui grâce à leur soutien, enthousiasme, sagesse et patience m'ont donné la force, le courage et la fierté ; merci encore une fois mes parents je vous aime infiniment.

A mes chères sœurs

A toute ma famille petit et grand, mort et vivant

A tous mes amis sans exception

A le plus chère Dr Khaldoune le plus beau (Tiwa)

A la merveilleuse Dr Haïfa (Hevaaaaa)

A l'étoile qui va se briller bientôt dans le ciel des sciences.....

A tous qui me connaissent et m'aiment

OTHMANE.....

DEDICACES

Avant tout je remercie le dieu le tout puissant qui ma aider a réaliser ce modeste travail, que je dédie:

A ma mère et à mon père

A mon frère et à mes sœurs

A toute la famille Gacem

A tous mes a amies

A tous qui me connaissent et m'aiment

Ryma

TABLE DES MATIERES

Liste des illustrations

Résumés

Partie Bibliographique

INTRODUCTION.....01

Chapitre I: ANATOMIE DE L'APPAREIL GENITAL

I. Anatomie de l'appareil génital

I.1 La vulve 02

I.2 Le vestibule du vagin 02

I.3 Le vagin 03

I.4 L'utérus 03

I.4.1 Le col 03

I.4.2 Le corps ou cavité utérine..... 03

I.4.3 Les deux cornes utérines..... 03

I.5 Les trompes..... 03

I.6 Les ovaires..... 03

Chapitre II: LE CYCLE OESTRAL

II Le cycle œstral 05

II.1 Définition 05

II.2 Les phases du cycle œstral..... 05

II.2.1 Pro-œstrus 05

II.2.2 Œstrus 06

II.2.3 Post-œstrus 06

II.2.4 Di-œstrus 06

II.3 Régulation hormonale du cycle œstral..... 07

II.3.1 Les hormones ovariennes 07

II.3.2 Les hormones gonadotropes 08

II.3.3 L'hormone hypothalamique..... 08

II.3.4 La prostaglandine F₂α..... 08

II.3.5 La Régulation..... 09

II.3.6 Evolution des composantes hormonales au cours du cycle	11
II.3.6.1 Les Œstrogènes	12
II.3.6.2 La Progestérone	12
II.3.6.3 La PGF2 α	12
II.3.6.4 La LH et FSH.....	12

Chapitre III : LA FOLLICULOGENESE

III. La folliculogénèse	13
III.1 Phase de multiplication	13
III.2 Phase de croissance.....	14
III.2.1 Les follicules primordiaux	14
III.2.2 Les follicules primaires.....	14
III.2.3 Les follicules secondaires.....	14
III.2.4 Les follicules tertiaires.....	14
III.2.5 Le follicule mûr ou follicule de Degraaf	15
III.3 Phase de maturation.....	15
III.4 Dynamique de la croissance folliculaire	16
III.4.1 Phase non gonado-dépendante.....	16
III.4.2 Phase gonado-dépendante	17
III.5 Notion de vagues folliculaires	17
III.6 Notion de recrutement, sélection, dominance	18
III.6.1 La phase de recrutement	18
III.6.2 La phase de sélection	18
III.6.3 La phase de dominance.....	19
III.7 - Régulation de la croissance folliculaire.....	20
III.7.1 Première période de la régulation.....	20
III.7.2 Deuxième période de la régulation.....	20
III.8 L'atrésie	21
III.9 L'ovulation.....	21
III.10 La formation du corps jaune.....	22

Partie Expérimentale.

I. OBJECTIFS	24
II. MATERIELS ET METHODE.....	24
II.1 Matériels	24
II.1.1 Animaux	24
II.1.2 Matériel et hormones de traitement de synchronisation des chaleurs.....	24
II.1.3 Matériel d'échographie.....	25
II.1.4 Matériel de prélèvement sanguin.....	25
II.1.5 Autre matériel.....	25
II.2 Méthodes.....	25
II.2.1 Protocole de traitement de synchronisation et d'induction des chaleurs	25
II.2.2 Méthode d'examen échographique des ovaires.....	25
II.2.3 Protocole du suivi échographique.....	26
II.2.4 Détermination de l'ovulation.....	27
II.2.5 Détermination du nombre de vagues folliculaires.....	27
II.2.6 Méthode de prélèvement sanguin et de dosage de la progestérone.....	28
II.2.7 Analyse statistique des résultats	28
III. RESULTATS.....	29
III.1 Durée du cycle œstral.....	29
III.2 Diamètre du follicule pré-ovulatoire.....	29
III.3 Evolution de la taille du corps jaune	30
III.4 Evolution de la progestéronémie au cours du cycle œstral.....	36
III.5 Corrélation entre la taille du corps jaune et la progestéronémie.....	37
III.6 Nombre de vagues folliculaires.....	38
IV. DISCUSSION.....	40
V. CONCLUSION.....	44

LISTE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES :

Figure 1 : L'appareil génital de la vache (4).....	02
Figure 2 : Les quatre phases du cycle œstral (4).....	07
Figure 3 : Régulation neuro-endocrinienne du cycle sexuel(4).....	10
Figure 4 : Représentation schématique de l'évolution des différentes composantes hormonales au cours du cycle œstrale (4)	11
Figure 5 : Représentation schématique des besoins en facteurs de croissance et en gonadotropines, à différents stades de développement du follicule ovarien chez la vache (41).....	17
Figure 6 : Vagues de croissance folliculaire (4).....	18
Figure 7 : Croissances folliculaires au cours de cycle œstral chez la vache (42).....	19
Figure 8 : Evolution du corps jaune au cours du cycle œstral (4)	23
Figure 9 : Protocole de suivi échographique	27
Figure 10 : Evolution du diamètre moyen (mm) du corps jaune des vaches 1 et 2.....	32
Figure 11 : Evolution du diamètre du corps jaune (mm) de la vache 3.....	34
Figure 12 : Evolution moyenne de la progestéronémie au cours du cycle œstral des vaches 1 et 2.....	36
Figure 13: Evolution de la progestéronémie au cours du cycle œstral de la vache 3.....	36
Figure 14: Evolution moyenne du diamètre (mm) du corps jaune et de la progestéronémie (ng/ml) au cours du cycle œstral des vaches 1et 2.....	37
Figure 15: Evolution du diamètre (mm) du corps jaune et la progestéronémie (ng/ml) au cours du cycle œstral chez vaches 1et 2.....	38
Figure 16: Evolution du nombre moyen des follicules larges chez les vaches 1 et 2.....	39

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des différentes composantes de l'appareil génital de la vache.....	04
Tableau 2: valeurs des principaux paramètres de reproduction de la vache.....	05
Tableau 3 : Caractéristiques et rôles des principales hormones de la reproduction.....	09
Tableau 4 : Durée du cycle œstral.....	29
Tableau 5 : Diamètre moyen du follicule pré-ovulatoire (mm).....	29
Tableau 6 : Images échographiques du follicule pré-ovulatoire et corps jaune hémorragique.....	30
Tableau 7: Evolution du diamètre moyen du corps jaune (mm) au cours du cycle œstral des vaches 1 et 2.....	31
Tableau 8 : Evolution du diamètre du corps jaune (mm) au cours du cycle œstral de la vache 3.....	33
Tableau 9 : Images échographiques du corps jaune au cours de cycle œstral de la vache 1.....	35
Tableau 10 : Evolution du nombre moyen de follicules larges au cours du cycle œstral des vaches 1et 2.....	38
Tableau 11 : Caractéristiques de développement folliculaire au cours du cycle œstral chez les vaches 1et 2.....	39

Résumé

L'objectif de notre travail est d'évaluer quelques paramètres physiologiques du cycle œstral du bovin local Cheurfa.

L'identification des structures ovariennes (follicule et corps jaune), a été réalisée par un examen échographique quotidien des ovaires.

La teneur en progestérone plasmatique au cours du cycle œstral a été évaluée par un dosage radio-immunologique (RIA).

Les résultats obtenus sur un nombre de 3 vaches locales montrent que :

- Le diamètre moyen du follicule pré-ovulatoire est de $12,2 \pm 1,42$ mm.
- La durée moyenne du cycle œstral est de $19,33 \pm 0,47$ j.
- La taille du corps jaune augmente progressive durant les 7 premiers jours du cycle pour atteindre un diamètre moyen de $18,85 \pm 1,91$ mm chez les vaches 1 et 2 et de 18,4 mm chez la vache 3, maintenue à cette taille entre J₇ et J₁₄, elle régresse ensuite pour atteindre un diamètre variant entre 9,0 et $10,00 \pm 1,41$ mm en fin de cycle.
- Le taux de la progestérone plasmatique faible durant les 2 premiers jours du cycle œstral avec une teneur en progestérone plasmatique inférieur à 2ng/ml, augmente régulièrement et se maintient avec des teneurs en progestérone plasmatique élevée entre J₈ (9,26 ng/ml) et J₁₄ (9,57 ng/ml) chez les vaches 1 et 2, et entre J₇ et J₁₃ chez la vache 3. Après J₁₃ (vache 3) ou J₁₄ (vache 1 et 2) du cycle œstral, la teneur en progestérone plasmatique diminue brutalement pour atteindre des valeurs à ≤ 1 ng/ml du 17^{ème} jour jusqu'à l'ovulation suivante.
- Les résultats d'évaluation de la dynamique de croissance folliculaire pendant le cycle œstral de 2 vaches (1 et 2) ont montré un développement de 2 vagues folliculaires.

La première vague folliculaire caractérisée par l'apparition du follicule dominant à $2,5 \pm 0,71$ j, qui croit pour atteindre un diamètre maximum de $10,25 \pm 0,35$ mm à $5 \pm 1,14$ j.

Pendant la deuxième vague folliculaire, le follicule dominant a été visualisé à $14 \pm 1,41$ j, qui a évolué en follicule pré-ovulatoire de $12,1 \pm 1,98$ mm de diamètre.

Mots clés : bovin Cheurfa, vagues folliculaires, follicule pré-ovulatoire, corps jaune, progestéronémie.

Abstract

The aim of our study was to evaluate some physiological parameters of the local Cheurfa bovine estrous cycle.

The identification of ovarian structures (follicle and corpus luteum) was conducted by a daily ultrasound examination of the ovaries.

The concentration of plasma progesterone during the estrous cycle was realized by a radioimmuno-assay.

The results obtained on a set of 3 local cows show that:

- The average diameter of the preovulatory follicle was 12.2 ± 1.42 mm.
- The average length of the estrous cycle was 19.33 ± 0.47 d.
- The size of the corpus luteum increases gradually during the first 7 days of the cycle to reach an average diameter of 18.85 ± 1.91 mm in cows 1 and 2 and 18.4 mm in cows 3, maintained at this size between D₇ and D₁₄, it regresses to reach a diameter of between 9.0 and 10.00 ± 1.41 mm at the end of cycle.
- The rate of low plasma progesterone during the first 2 days of the estrous cycle with a content of less than 2ng/ml plasma progesterone, increases regularly and maintained with high plasma progesterone levels between J8 (9.26 ng / ml) and D14 (9.57 ng / ml) in cows 1 and 2 and between J7 and J13 in the cow 3. After J13 (cow 3) or J14 (cow 1 and 2) estrous cycle, plasma progesterone content decreases sharply to reach values of ≤ 1 ng / ml until the 17th day following ovulation.
- The evaluation results of the follicular growth dynamics during the estrous cycle of 2 cows (1 and 2) showed two follicular waves.

The first follicular wave characterized by the appearance of the dominant follicle at $2,5 \pm 0,71$ d, witch reached a maximum diameter of $10,25 \pm 0,35 \pm 1.14$ mm to $5 \pm 1,14$ d. During the second follicular wave, the dominant follicle was visualized at $14 \pm 1,41$ j witch growth up to preovulatory follicle of $12,1 \pm 1,98$ mm diameter.

Keywords: Cheurfa cattle, follicular waves, preovulatory follicle, corpus luteum , progesterone.

ملخص

الهدف من عملنا هذا هو تقييم بعض الخواص الفيزيولوجية للدورة المبيضية (cycle œstral) لفصيلة الأبقار المحلية Cheurfa .

تم تحديد البنى المبيضية (الجريبات والأجسام الصفراء) عن طريق فحص يومي للمبايض بالموجات فوق الصوتية (examen échographique).

تم قياس تركيز هرمون البروجسترون في البلازما خلال الدورة المبيضية بواسطة الوسمة المناعي (radio-immunologique).

تظهر النتائج المتحصل عليها من 3 أبقار محلية أن:

-القطر المتوسط للجريب الناضج (follicule pré-ovulatoire) هو $12,2 \pm 1,42$ مم.

-الفترة المتوسطة للدورة المبيضية هي $19,33 \pm 0,47$ يوم.

-يزيد حجم الجسم الأصفر تدريجيا خلال الأيام السبعة الأولى للدورة المبيضية، ليصل إلى قطر متوسطه $18,85 \pm$

$1,91$ مم عند كل من البقرة 1 و 2، وإلى $18,4$ مم عند البقرة 3، ثم يثبت بين اليومين السابع (7) والرابع عشر

(14)، ويبدأ بالضمور بعد ذلك ليصل إلى قطر يتراوح بين $9,0$ و $10,00 \pm 1,41$ مم في نهاية الدورة.

-تكون نسبة البروجسترون ضعيفة خلال اليومين الأولين من الدورة المبيضية بتركيز أقل من 2 نانو غ/مل، وترتفع بانتظام

إلى أن تثبت في تركيز مرتفع للبروجسترون يتراوح بين $9,26$ نانو غ/مل في اليوم الثامن (8) و $9,57$ نانو غ/مل في

اليوم الرابع عشر (14) لدى البقرة (1) و (2)، وبين اليوم السابع (7) والثالث عشر (13) بالنسبة للبقرة (3). وبعد

اليوم الثالث عشر (13) (لبقرة 3) أو الرابع عشر (14) (البقرة 1 و 2) من الدورة المبيضية، يتناقص تركيز البروجسترون

سريعا ليصل إلى قيمة ≥ 1 نانو غ/مل من اليوم السابع عشر (17) إلى غاية الإباضة الموالية.

-أظهرت نتائج تقييم ديناميكية النمو الجريبي خلال الدورة المبيضية للبقرتين (1) و (2) تطور موجتين جريبيتين.

الموجة الجريبية الأولى تتميز بظهور الجريب السائد في اليوم $2,5 \pm 0,71$ ، والذي يزداد حجما ليصل إلى قطر أقصاه

$10,25 \pm 0,35$ مم في اليوم $5 \pm 1,14$.

في الموجة الجريبية الثانية، تمت ملاحظة الجريب السائد في اليوم $14 \pm 1,41$ ، وقد تطور إلى جريب ناضج قطره $12,1$

$\pm 1,98$.

الكلمات المفتاحية: فصيلة الأبقار Cheurfa ، موجة جريبية ، الجريب الناضج ، الجسم الأصفر ، البروجسترون.

Introduction

La brune de l'atlas est la race commune à tous les pays du Maghreb, c'est est une race allaitante très rustique, résistante, bien adaptée en élevage de montagne et élevée en extensif dont l'effectif total en Algérie est estimé en 1997 de 700 000 têtes de l'effectif global de 1 300 000 têtes bovines. En Algérie, elle est subdivisée en quatre sous races (rameaux) qui sont : la Guelmoise, la Chélifienne, la Sétifienne et la Cheurfa (1).

Parmi le bovin local, le type Cheurfa est très apprécié pour sa rusticité, son adaptation aux conditions locales difficiles, et par ses facultés à valoriser les fourrages médiocres.

Afin d'améliorer cette race par l'utilisation des différents biotechnologies appliquées à la reproduction, tels que la synchronisation de l'œstrus, l'insémination artificielle et le transfert embryonnaire, il est nécessaire de déterminer les paramètres de reproduction en particulier paramètres physiologiques du cycle œstral, qui font l'objet de notre travail.

Le présent travail consiste à évaluer les paramètres du cycle œstral suivants :

- La durée moyenne du cycle œstral
- La taille moyenne du follicule pré-ovulatoire
- L'évolution de la taille du corps jaune et de la progestéronémie au cours du cycle œstral
- Le nombre de vagues de croissance folliculaire par cycle œstral

Notre travail comprend deux parties :

- ✓ Une partie bibliographique réservée à l'étude de l'anatomie de l'appareil génital, du cycle œstral de la vache et la folliculogénèse.
- ✓ Une partie expérimentale qui consiste à évaluer quelques paramètres du cycle œstral.

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

I Anatomie de l'appareil génital

Le rôle de l'appareil reproducteur de la femelle est plus complexe que celui du mâle il ne se limite pas à l'élaboration de gamètes femelle et à leur cheminement, mais il est le siège de la fécondation, de la gestation, de la parturition et de la lactation (2). L'étude de la morphologie et de la topographie des différents organes génitaux est nécessaire pour l'examen échographique.

Le tractus génital se compose de l'arrière vers l'avant des parties suivantes : la vulve, le vestibule du vagin, le vagin, le col utérin, le corps utérin, les oviductes et les ovaires (figure 1) (3).

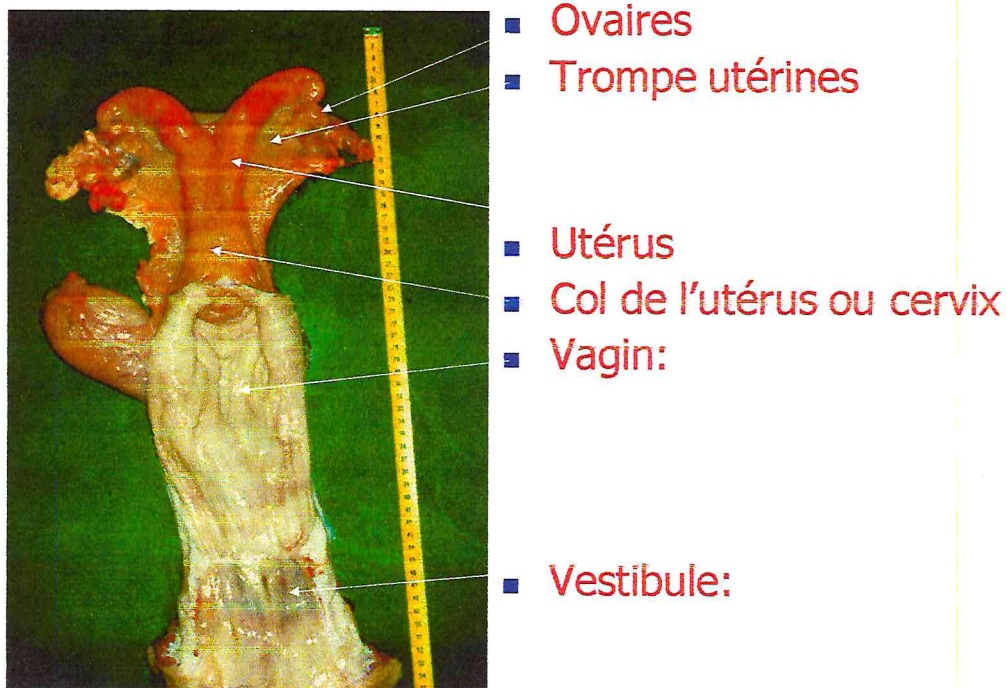


Figure1 : L'appareil génital de la vache (4)

I.1 La vulve

La vulve termine le canal génital, elle forme une fonte verticale présentant deux lèvres et deux commissures (5).

I.2 Le vestibule du vagin

Le vestibule du vagin est un conduit large et impair d'une longueur de 8 à 10 cm, dans lequel s'ouvrent tout à la fois le vagin et l'urètre (3).

I.3 Le vagin

Le vagin est un conduit membraneux étendu horizontalement d'arrière en avant entre le cervix et la vulve. Il est en rapport en haut avec le rectum en bas avec la vessie et le canal de l'urètre (5).

I.4 L'utérus

Communément appelé aussi matrice (*Metra*), l'utérus est l'organe de gestation. Il est en continuité en amont avec les oviductes et en aval avec le vagin. Organe creux, il se compose de deux cornes, d'un corps et d'un col (3).

I.4.1 Le col

Le col ou cervix utérin, qui fait la jonction avec le vagin, il est impair en position médiane, le col est long (10 cm) étroit à paroi épaisse et dure (5).

I.4.2 Le corps ou cavité utérine

Le corps de l'utérus court, impair, et en position médiane, est le siège de la gestation (5).

I.4.3 Les deux cornes utérines

Les cornes sont longues et recourbés vers le bas Les cornes sont symétriques en absence de gestation (5).

I.5 Les trompes

Ils sont deux conduits tubulaires, de calibre très restreint assurant le transport, le conditionnement des spermatozoïdes et de l'œuf jusque dans l'utérus. Les trompes ou salpinx sont constitués de 4 portions: le pavillon, l'ampoule, l'isthme et la portion interstitielle (6).

I.6 Les ovaires

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 (5).

Les ovaires sont situés dans la cavité abdominale, plus aux moins en arrière du rein près de l'entrée du bassin.

Les ovaires de la vache sont aplatis, de volume d'une noix, en forme d'amande, bosselés et dépourvus d'échancrure. Ils sont situés en avant du bord antérieur du pubis et suspendus au bord antérieur du ligament large (5). Un ovaire bosselé et rugueux est dû à la présence de follicules à divers degré de développement.

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des différentes composantes de l'appareil génital de la vache (7)

Organes	Paramètres	Valeurs
Ovaire	Poids (g)	10 – 20
	Longueur (cm)	3,8
	Largeur (cm)	2,5
	Epaisseur (cm)	1,5
Oviducte	Longueur (cm)	25
Utérus	Type	Bipartie
	Longueur des cornes (cm)	35 – 40
	Longueur du corps (cm)	2 – 4
	Endomètre	70 – 120 caroncules
Col de l'utérus	Longueur (cm)	8 – 10
	Diamètre (cm)	3 – 4
	Lumière	3 anneaux parallèles
Vagin	Vue de vagin	petit et saillant
	Longueur (cm)	25 - 30
Hymen		Mal défini
Vestibule	Longueur (cm)	10 – 12

CHAPITRE II

II Le cycle œstral

HEAPE(1900) est le 1^{er} à avoir utilisé le terme « œstrus » (adaptation latine du mot grec oistros) pour désigner la période d'acceptation du mâle. HEAPE a décrit les différentes phases du cycle œstral en utilisant le suffixe œstrus et le préfixe : pro, met et di (4).

II.1 Définition

Le cycle œstral est l'ensemble des événements cellulaires (évolution du follicule ovarien), hormonaux et comportementaux qui s'établissent à la puberté et se succèdent régulièrement tout au long de la vie génitale et sont centrés sur l'œstrus (8).

Les données relatives à la sexualité et à la reproduction de la vache sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau2 : valeurs des principaux paramètres de reproduction de la vache (9)

Age à la puberté	6-17 mois
Saison sexuelle	Toute l'année
Type d'ovulation	Spontanée
Moment de l'ovulation	10-12h après la fin de l'œstrus
Durée du cycle	14-25j
Type du cycle	Polyœstrus

II.2 Les phases du cycle œstral

La vache est une espèce poly-oestrienne de type continu avec une durée moyenne de cycle de 21 à 22 jours chez les femelles multipares, et de 20 jours chez les génisses (10). Les différentes phases du cycle œstral sont :

II.2.1 Pro-œstrus

Le pro-œstrus correspond à la période précédant l'œstrus, période de transition entre la fin d'un cycle et le début du cycle œstral suivant (11). Il se traduit par la croissance folliculaire terminale et dure 3 j en moyenne (4) (12).

Au cours de cette phase, la muqueuse utérine se congestionne et devient œdémateuse, la musculature augmente d'épaisseur et de contractilité, le vagin s'hyperhémie (5). Au niveau du col un mucus particulier (glairer cervicale) commence à se liquéfier (11).

II.2.2 Œstrus

L'œstrus représente la période de réceptivité sexuelle et se caractérise par une sécrétion maximale d'œstrogène. L'œstrus dure en moyenne 12 à 22 heures et marque le 1^{er} jour du cycle œstral. L'ovulation spontanée, survient environ 14 heures après la fin des chaleurs (13).

Une vache en œstrus présente des manifestations extérieures se traduisant par une excitation, inquiétude, beuglement, recherche de chevauchement de ses compagnes, écoulement de mucus et une acceptation passive du chevauchement (5).

Au niveau de l'utérus la congestion s'accroît, la muqueuse vaginale est fortement congestionnée, le col est ouvert et permet le passage des spermatozoïdes, la glaire cervicale liquéfiée apparaît à l'extérieur des lèvres vulvaires (14).

La phase de pro-œstrus et de l'œstrus représentent une étape unique correspondant à la phase folliculaire qui aboutit à l'ovulation (12).

II.2.3 Post-œstrus

Le follicule finit sa maturation puis l'ovulation a lieu. Il y a luteinisation des cellules folliculaires après ovulation aboutissant à la formation d'un corps jaune (12). L'activité du corps jaune se traduit par une sécrétion de progestérone. Durant cette phase d'une durée moyenne de 5 jours (12), la muqueuse de l'endomètre est développée au maximum; les glandes utérines secrètent un liquide blanchâtre : le lait utérin, le col se ferme et la glaire s'épaissit (15).

II.2.4 Di-œstrus

Il correspond à la phase de fonctionnement du corps jaune se traduisant par une synthèse maximale de la progestérone (16).

Le di-œstrus dure de 10 à 11 jours en moyenne (entre le 6^{ème} et le 17^{ème} jour du cycle). Sa durée est très variable et détermine la durée du cycle œstral (11).

Vers la fin de la phase di-œstrale, on a une régression de l'endomètre suite à une chute du taux de progestérone, le col se ferme hermétiquement grâce à un bouchon muqueux très épais (5).

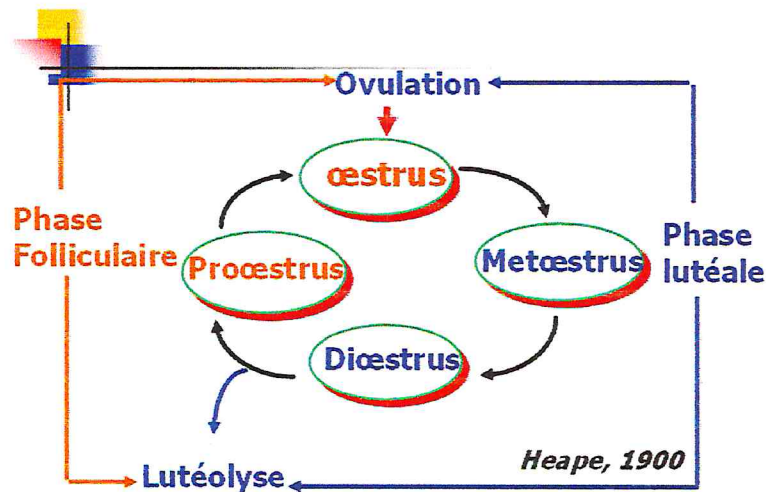


Figure 2: Les quatre phases du cycle œstral (4)

II.3 Régulation hormonale du cycle œstral

Au cours du cycle œstral, un certain nombre d'hormones est sécrété à différents niveaux de l'axe hypothalamo-hypophyso-ovarien et à des taux variables selon la phase du cycle.

Il s'agit principalement des hormones ovariennes (œstrogènes et progestérone), hypophysaires (FSH et LH) et hypothalamiques (Gn RH).

II.3.1 Les hormones ovariennes

Les hormones ovariennes femelles sont des hormones stéroïdes, c'est-à-dire issues du cholestérol : les œstrogènes et la progestérone. Leur sécrétion est en corrélation étroite avec la phase du cycle.

Chez la vache, les œstrogènes forment un groupe de substance de constitution chimique variée dont les principaux représentants sont l'œstrone et l'œstradiol 17 β . Les œstrogènes sont sécrétés par les cellules de la thèque interne et de la granulosa du ou des follicules en maturation (9).

L'œstrogénémie est donc très faible en phase lutéale (3-4 pg/ml) puis augmente progressivement jusqu'à atteindre un pic 24 heures avant l'ovulation (15-20 pg/ml) ; (9) (17) (18).

En période lutéale, les cellules lutéales du corps jaune sécrètent essentiellement de la progestérone. La progestéronémie très faible en phase folliculaire (0,5-1ng/ml), augmente progressivement les jours suivants pour atteindre un niveau élevé (6-7 ng/ml) en phase de plateau lors de maturation du corps jaune. Ce plateau de sécrétion de progestérone se maintient jusqu'à la lutéolyse (9) (17) (18).

II.3.2 Les hormones gonadotropes

Les hormones gonadotropes sont sécrétées par l'hypophyse et sont au nombre de 2 :

- La FSH (Follicule Stimulating Hormone) ou follitropine.
- La LH (Luteinizing Hormone) ou lutropine.

Ces 2 hormones sont synthétisées par les cellules gonadotropes de l'antéhypophyse, stockées dans des vésicules cytoplasmiques puis déversées dans la circulation générale par exocytose.

Selon le rythme de relargage, elles sont animées d'une sécrétion de base à caractère pulsatile dite « tonique » de faible fréquence, puis 24 heures avant l'ovulation par une décharge importante de courte durée dite décharge « cyclique » ou décharge ovulante, à caractère pulsatile mais de haute fréquence.

Les activités biologiques de la LH et de la FSH sont fortement liées, les deux hormones agissant simultanément où l'une d'elle prépare le terrain pour l'action de l'autre (19) (20) (21).

II.3.3 L'hormone hypothalamique

Il existe une seule hormone hypothalamique responsable de la sécrétion de FSH et de LH : la GnRH (Gonadotropin Releasing Hormone) ou gonadolibérine.

Cette hormone est un décapeptide synthétisé dans les corps des neurones hypothalamiques puis transportée par voie axonique jusqu'aux capillaires du système porte hypothalamohypophysaire. Elle rejoint ainsi les cellules adénohypophysaires où elle se fixe sur des récepteurs membranaires spécifiques. La sécrétion de GnRH est aussi pulsatile (19).

II.3.4 La prostaglandine $F_2\alpha$

Il existe un grand nombre de prostaglandines, mais c'est la prostaglandine $F_2\alpha$ qui intervient dans la régulation du cycle sexuel chez la vache. Cette hormone est sécrétée par l'utérus à la fin de la phase lutéale en absence de gestation et provoque la lyse du corps jaune. Elle induit donc l'arrêt de sécrétion de progestérone (17).

Le tableau ci-dessous résume le rôle des différentes hormones intervenant dans la régulation du cycle œstral.

Tableau 3: Caractéristiques et rôles des principales hormones de la reproduction (7).

Dénomination		Lieu de synthèse et de stockage	Principales actions dans la reproduction (Action directe Rétrocontrôle)
Les hormones du complexe hypothalamo-hypophysaire	GnRH	Hypothalamus	Synthèse et libération de FSH et LH
	FSH	Antéhypophyse	Développement de l'ovaire et croissance folliculaire
	LH	Antéhypophyse	-Maturation des follicules (avec FSH) - Détermination de l'ovulation -Formation du corps jaune
	Ocytocine	Sécrétée dans l'hypothalamus, libérée dans la posthypophyse	-Contraction utérine à la mise bas -Stimulation de l'éjection du lait
Hormones stéroïdiennes	Œstrogènes	Follicules de l'ovaire	Manifestation de l'œstrus ou chaleur A forte dose, rétrocontrôle positif sur la synthèse de GnRH, FSH et LH
	Progestérones	Corps jaune de l'ovaire et placenta	Maintien de la gestation (inhibition de la motricité et prolifération de la muqueuse utérine) A forte dose, rétrocontrôle négatif sur la synthèse de GnRH, FSH et LH
Autres hormones	Prostaglandines	Presque tous les tissus de l'organisme des mammifères dont l'utérus	-Eclatement du follicule mur -Régression du corps jaune -Contractions utérines à la mise bas.
	Inhibine	Granulosa des follicules ovariens	Rôle peu connu chez la femelle Rétrocontrôle négatif sur la synthèse de GnRH par l'hypothalamus et de FSH par l'antéhypophyse

II.3.5 La Régulation

La régulation du cycle sexuel est complexe et fait intervenir le système nerveux central (axe hypothalamo –hypophysaire) et l'appareil génital (ovaires et utérus) comme le montre la figure 3:

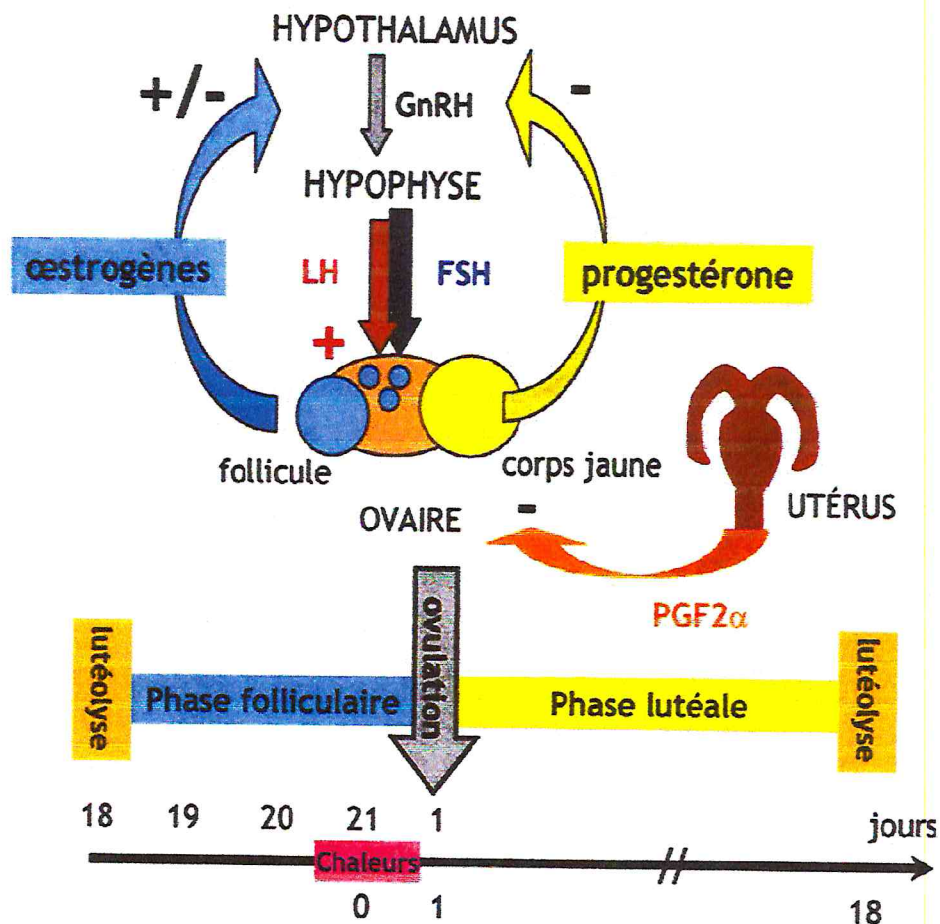


Figure 3: Régulation neuro-endocrinienne du cycle sexuel (4)

Les centres de contrôle sont situés dans l'hypothalamus : il s'agit du centre de la tonicité, situé dans l'HT médio-basal et le centre de la cyclicité situé dans l'hypothalamus antérieur. Le centre de la tonicité est responsable de la sécrétion basale des hormones hypophysaires tandis que le centre de la cyclicité contrôle les pics de LH.

Le contrôle de l'activité endocrine de l'ovaire est basé sur un ensemble de rétrocontrôle entre l'ovaire et le complexe hypothalamo-hypophysaire. Ce contrôle fait intervenir une série d'hormones (22).

Un dialogue hormonal très coordonné s'installe durant un cycle œstral, puisqu'au début du cycle, l'hypothalamus sécrète la gonadolibérine (GnRH) qui stimule la sécrétion de FSH et LH par l'hypophyse (23).

L'augmentation des taux plasmatiques d'œstradiol induit le comportement d'œstrus et est le signal initiateur de l'ovulation. En effet, lorsque les concentrations plasmatiques en œstradiol ont atteint un certain seuil, l'œstradiol déclenche par rétroaction positive le pic préovulatoire de LH et

FSH qui induit l'ovulation 24 heures plus tard. La décharge ovulante de LH/FSH induit à la fois la rupture du follicule, l'ovulation et la maturation de l'ovocyte (reprise de la méiose) (4).

La FSH est ensuite inhibé par une substance appelée l'inhibine sécrétée par des follicules dominants chez la vache alors que la LH n'est pas influencée (23).

Après l'ovulation le corps jaune se forme, croit et sécrète de la progestérone qui exerce une rétroaction négative sur le centre nerveux central. La rétroaction provoquée par la progestérone empêche toute libération massive de gonadotrophines au niveau de l'hypothalamus. En fin de la phase lutéale, en absence d'embryon in utero, l'utérus sécrète la prostaglandine qui induit la lutéolyse du corps jaune. La dégradation du corps jaune lève l'action inhibitrice de la progestérone au niveau central et permet le redémarrage d'un nouveau cycle sexuel (22).

II.3.6 Evolution des composantes hormonales au cours du cycle

L'évolution des composantes hormonales au cours d'un cycle est représentée la figure ci-dessous :

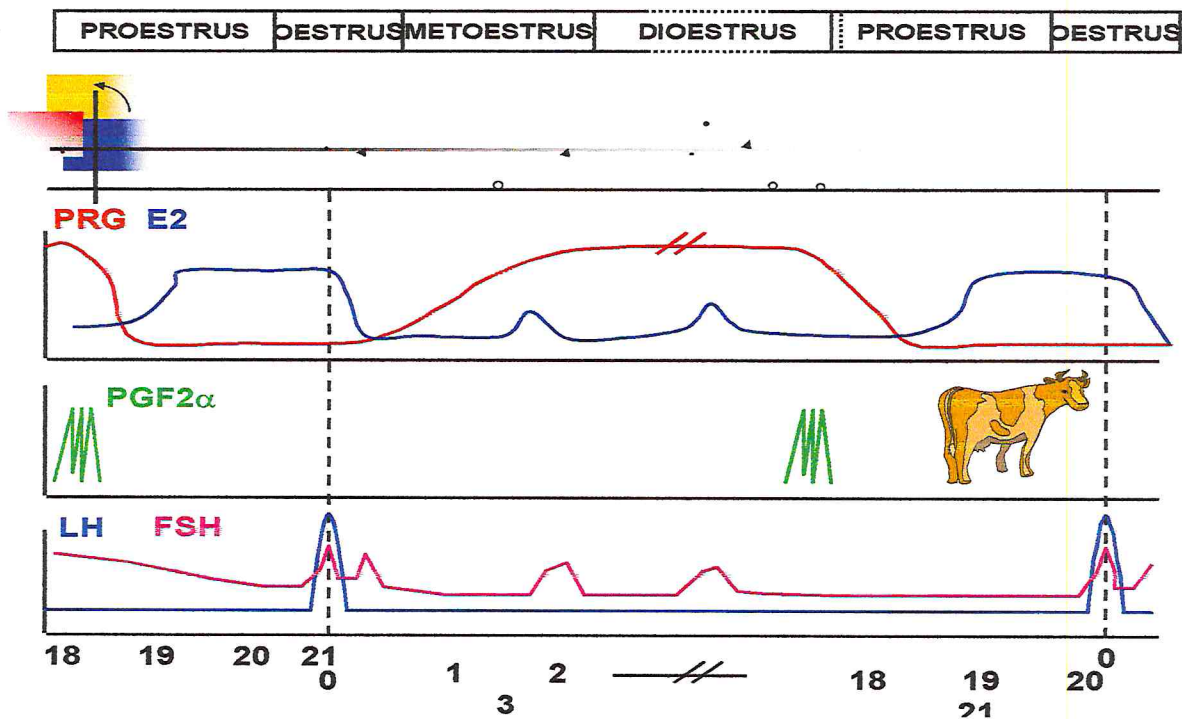


Figure 4 : Représentation schématique de l'évolution des différentes composantes hormonales au cours du cycle œstrale (4)

II.3.6.1 Les Œstrogènes

Le taux des oestrogènes augmente considérablement en fin de cycle, moment de croissance du folliculaire pré-ovulatoire. Leur taux maximum est atteint au début de l'œstrus, au moment du pic de LH et décroît rapidement par la suite (24).

II.3.6.2 La Progestérone

L'activité du corps jaune se manifeste par le taux de progesterone plasmatique ce dernier augmente rapidement de J₆ à J₁₀ du cycle œstral, puis lentement de J₁₀ à J₁₆. Après le 16^{ème} jour, il diminue brutalement en absence de gestation (24).

II.3.6.3 La PGF₂α

Sa concentration évolue selon des pics de courte durée (3 à 6 heures). Entre les pics, la concentration est faible, voire non détectable. Le principal pic de libération de PGF₂α se situe vers le 17^{ème} jour après l'ovulation (25).

II.3.6.4 La LH et FSH

Le début du cycle (J0) correspond au pic pré-ovulatoire de LH, hormone gonadotrope hypophysaire, hormone lutéinisante. Ce pic a lieu peu après le début de l'œstrus (10 h après), il dure 6-7 h et déclenche l'ovulation au bout de 24 heures. Il coïncide avec le pic pré-ovulatoire de FSH, la deuxième hormone gonadotrope hypophysaire, hormone folliculo-stimulante. L'ovulation est suivie d'une seconde élévation des concentrations plasmatiques en FSH (25).

CHAPITRE III

III. La folliculogénèse

La folliculogénèse est l'ensemble des phénomènes qui caractérisent l'apparition, la croissance, et la maturation des follicules. C'est encore la succession des différentes étapes du développement du follicule depuis le moment où il sort de la réserve jusqu'à l'ovulation, où au cas le plus fréquent jusqu'à l'atrésie (26).

En effet, plus de 99% des follicules sont voués à l'atrésie, ils dégénèrent sans avoir pu évoluer jusqu'à terme (27).

Comme chez la plupart des espèces de mammifères, la folliculogénèse chez les bovins commence pendant le développement fœtal (28) et elle passe par 3 étapes de développement des follicules : la phase de multiplication, la phase de croissance et la phase de maturation ; elles sont indissociables du développement de l'ovocyte qu'ils renferment (29).

III.1 Phase de multiplication

Vers la 6^{ème} semaine de gestation, Les cellules germinales primordiales colonisent après migration le long du mésentère dorsal de l'intestin postérieur, la crête génitale, et donne naissance aux ovogonies (30).

Les facteurs impliqués dans cette migration sont de nature mécanique : les réarrangements des tissus en formation (30), et chimique : fibronectine et substances chimiotactiques d'origine gonadique (31) (32).

Les cellules germinales souches se multiplient entre le 60^{ème} et le 170^{ème} jour de gestation (33) (34) (35) et il se forme ainsi pendant la gestation un stock de 2 millions d'ovogonies qui, une fois la phase mitotique terminée, entament une division méiotique qui se trouve bloquée en prophase I: elles se transforment en ovocyte primaire. L'induction de la méiose serait contrôlée par un facteur d'origine mésonéphrotique appelé MIS (Meiosis Inducing Substance), synthétisé par les cellules mésenchymateuses de l'ovaire (36). Le contact des ovogonies avec les cellules d'origine mésonéphrotique est donc indispensable pour assurer leur transformation en ovocytes primaires (37).

A cette même période, quelques cellules endothéliiformes et une membrane conjonctive dite basale, future membrane de Slavjanski, viennent entourer l'ovocyte primaire formant ainsi les follicules primordiaux qui représentent la réserve des cellules germinales d'où s'échapperont les follicules destinés à se développer et dont quelques-uns seulement arriveront à maturité. Cette phase de multiplication est, chez la plupart des mammifères, terminée avant ou peu après la naissance. (38).

III.2 Phase de croissance

La croissance folliculaire du point de vue histologique passe par cinq principaux stades à partir de la réserve de cellules germinales constituée au cours de la vie embryonnaire de la femelle pour toute sa vie de reproduction.

III.2.1 Les follicules primordiaux

Ils sont nombreux et disposés en plusieurs couches à la périphérie de l'ovaire; la majeure partie d'entre eux subira l'atrésie. Ces follicules sont constitués de l'ovocyte I, entouré de 3 à 4 cellules aplaties. Les follicules primordiaux représentent la réserve de follicules d'où partiront les follicules destinés à la maturation.

Chez la vache, le nombre de follicules primordiaux a été estimé à 40000 vers l'âge de 2 à 3 ans et à 2500 entre 12 et 14 ans (38).

III.2.2 Les follicules primaires

Ils résultent de la transformation des follicules primordiaux par augmentation du volume de l'ovocyte, qui est entouré d'une couche de cellules cubiques. Ces cellules synthétisent des glycoprotéines qui donneront naissance à la zone pellucide (39). La taille des follicules primaires atteint 60 et 80 μm et celle de l'ovocyte qu'ils contiennent 30 et 40 μm (29).

III.2.3 Les follicules secondaires

Ils sont constitués d'un ovocyte volumineux, enveloppé d'une zone pellucide complètement différenciée. Celle-ci est entourée de plusieurs couches de cellules cubiques formant la granulosa. La granulosa est limitée de l'extérieur par la membrane de Slavjansky. L'ovocyte atteint à ce stade son volume maximum, le diamètre des follicules secondaires est compris entre 200 et 400 μm et celui de l'ovocyte est environ 60 μm (29). Les follicules secondaires marquent le début de l'évolution des follicules qui a lieu trois à quatre jours avant l'ovulation.

III.2.4 Les follicules tertiaires

Ils représentent un stade plus évolué du développement folliculaire. Le volume de l'ovocyte reste inchangé. Les cellules entourant l'ovocyte se disposent de manière à former la corona radiata (2). De petites cavités apparaissent et s'unissent pour former une seule cavité appelée antrum. A ce stade, les deux thèques sont plus différenciées et la taille des follicules atteint 3 à 4 mm avec un ovocyte de 100 à 130 μm (29).

III.2.5 Le follicule mûr ou follicule de Degraaf

Ce follicule ne peut être observé que pendant le pro-œstrus (40). Il se caractérise par une cavité centrale, unique et remplie de liquide folliculaire. Le liquide folliculaire s'accroît de plus en plus et refoule la granulosa vers la périphérie. L'ovocyte, quant à lui, reste renfermé dans un massif cellulaire: le cumulus oophorus. Il représente le stade terminal du développement folliculaire et ne concerne qu'un follicule sur 1000 (25). La taille du follicule mûr est de 25 mm chez la vache (29).

III.3 Phase de maturation

Elle concerne surtout l'ovocyte. Cette phase représente l'ensemble des modifications cytologiques et métaboliques permettant l'acquisition par l'ovocyte de l'aptitude à être reconnu et pénétrer par le spermatozoïde, à assurer la formation des pronuclei paternel et maternel et à permettre, grâce à ses réserves (ARNm, ribosomes, protéines élaborés pendant la phase de croissance), le début du développement embryonnaire. Elle est induite par le pic ovulatoire. Elle implique des modifications nucléaires, cytoplasmiques et membranaires de l'ovocyte. Lorsque l'ovocyte a atteint 80 % de sa taille finale, il a acquis la compétence ou l'aptitude à réaliser sa maturation nucléaire proprement dite, c'est-à-dire la reprise de la méiose. Celle-ci correspond à la disparition de la membrane nucléaire, à la condensation des chromosomes et finalement à l'émission du premier globule polaire : l'ovocyte I se transforme en ovocyte II.

La reprise de la division méiotique n'a pas lieu tant que l'ovocyte reste en contact avec les cellules de la granuleuse. Ce fait laisse supposer l'intervention de facteurs inhibiteurs de la méiose tels l'AMPc cyclique, le ou les OMI (Oocyte Meiosis Inhibitor) et les nucléosides puriques: hypoxanthine et adénosine. Il semblerait néanmoins que, plus que de l'action de facteurs inhibiteurs, cette reprise de la méiose soit sous le contrôle d'un facteur inducteur appelé MPF (Meiotic Promoting Factor) ou encore MIS (Meiotic Inducing Substance). Ces facteurs atteindraient l'ovocyte notamment par l'intermédiaire de jonctions cellulaires (GAP-junctions) dont le nombre augmente sous l'influence de l'oestradiol et de l'AMPc.

L'activation des récepteurs à la LH des cellules de la granuleuse induite lors de la décharge ovulante permet non seulement à l'ovocyte de reprendre sa méiose (maturation nucléaire), mais également de réaliser sa maturation cytoplasmique, préalable essentiel au succès de la fécondation. La maturation cytoplasmique de l'ovocyte se caractérise par la multiplication des mitochondries, par l'apparition d'un appareil de Golgi bien développé et par la migration des granules corticaux vers la périphérie de l'ovocyte, juste sous la membrane plasmique. Ces granules contiennent une ovopéroxydase qui, lors de la fécondation, a pour effet d'empêcher la pénétration de spermatozoïdes supplémentaires et dès lors de prévenir la polyspermie. Le cytoplasme est également le siège

d'importantes protéosynthèses préparant l'ovocyte à une éventuelle fécondation et contribuant au développement précoce de l'embryon (29).

La maturation membranaire comprend l'ensemble des processus permettant la reconnaissance spécifique de l'ovocyte par le spermatozoïde. La membrane pellucide synthétisée pendant la croissance ovocytaire joue un rôle important lors de la fertilisation. Elle doit notamment ne laisser pénétrer dans l'ovocyte que le spermatozoïde fécondant, favoriser et préparer la fusion spermatozoïde-ovule et protéger l'ovocyte contre la polyspermie. Arrivé à ce stade de maturation nucléaire, cytoplasmique et membranaire l'ovocyte est susceptible d'être fécondé s'il est mis en présence de spermatozoïdes ayant eux-mêmes subi la capacitation et la réaction acrosomique. Parmi tous les facteurs présents dans le fluide folliculaire, certains sont corrélés à la capacité des ovocytes qu'ils contiennent d'être fécondés, voire à leur capacité à permettre un développement embryonnaire à terme et témoignent ainsi d'une maturation complète (29).

III.4 Dynamique de la croissance folliculaire

La croissance folliculaire se déroule en deux étapes : Une phase non gonado-dépendante et une phase gonado-dépendante pendant la croissance folliculaire est soumise à l'influence des gonadotropines (LH :lutropine et FSH :follitropine)

La première phase consiste en un développement folliculaire continu alors que la deuxième est de type cyclique (41).

III.4.1 Phase non gonado-dépendante

Cette phase dure plus de six mois, elle s'étend du développement d'un follicule primordial à un follicule tertiaire. Pendant cette période, les cellules de la thèque interne acquièrent des récepteurs à FSH (42).

Cette phase ne dépend pas des concentrations en LH et FSH mais d'autres facteurs interviennent, notamment des facteurs nutritionnels, tels que l'IGF1 et l'insuline. Sa régulation est donc liée à :

- L'état corporel de l'animal,
- La quantité et la qualité de son alimentation,
- L'étape de son cycle de reproduction, par exemple l'état d'œstrus post-partum (27).

Le développement et l'atresie des plus petits follicules en croissance sont peu dépendants des variations des hormones considérées au cours d'un cycle, en raison de leurs faibles besoins en ces hormones.

La croissance folliculaire pendant cette période se traduit par l'augmentation de la taille de l'ovocyte, par la prolifération des cellules de la thèque et de la granulosa.

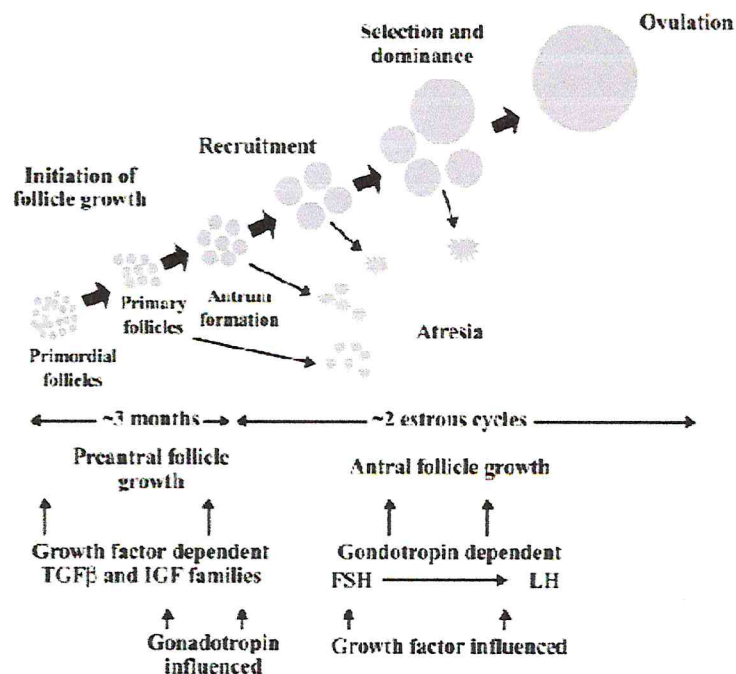


Figure 5: Représentation schématique des besoins en facteurs de croissance et en gonadotropines, à différents stades de développement du follicule ovarien chez la vache (41)

III.4.2 Phase gonado-dépendante

Le développement folliculaire apparaît sous la forme de croissance et de régression successives de plusieurs follicules : c'est la notion de vagues folliculaires (42).

La phase gonado-dépendante comprend :

- Phase FSH-dépendante (la concentration en FSH connaît un pic qui marque le début d'une vague folliculaire),
- Phase de transition (sélection du follicule dominant provoquée par la baisse de la concentration en FSH et atresia des autres follicules),
- Phase LH-dépendante (ovulation ou atresia du follicule dominant en fonction de la fréquence des décharges de LH).

III.5 Notion de vagues folliculaires

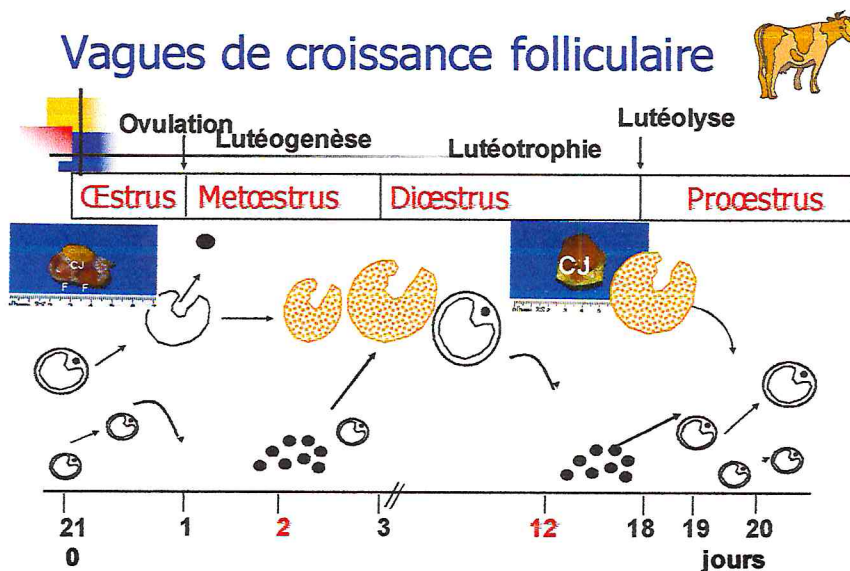
Une vague folliculaire correspond à la croissance synchrone d'une cohorte (26) de 15 à 20 follicules de 1 à 2 mm de diamètre apparaissant sur l'ovaire (42). Au sein de chaque vague 2 à 6 follicules se développent et un seul est sélectionné pour évoluer et devenir le follicule dominant (42). Chez toutes les espèces, la vague de développement folliculaire terminal qui aboutit à l'ovulation, démarre au moment de la lutéolyse.

Généralement un cycle comprend 2 à 3 vagues folliculaires et rarement d'une ou quatre. Les génisses ont fréquemment trois vagues folliculaires par cycle alors que les vaches n'en ont généralement que deux (42).

Chaque vague de croissance dure chez la vache une dizaine de jours (deux vagues par cycle) ou environ six jours (trois vagues par cycle).

Pour un cycle à 2 vagues, l'émergence des vagues folliculaires a lieu à J_0 et à J_{10} , par contre pour un cycle à 3 vagues, l'émergence à J_0 , J_9 , J_{16} (43).

La présence de 2 ou 3 vagues de croissance folliculaire entraîne des différences cliniquement décelables. Le cycle (21,5 vs 19,7 jours) et la phase lutéale (18,0 vs 16,7 jours) sont allongés si trois vagues de croissance folliculaire sont observées. De même, dans ce cas la 2^{ème} vague de croissance folliculaire apparaît plus précocement (9,4 vs 10,7 jour), 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 3^{ème} vague et l'ovulation est plus court (7 vs 11 jours) (44) (45).



III.6 Notion de recrutement, sélection, dominance

Les étapes qui se succèdent lors d'une vague sont :

- Le recrutement
- La sélection
- La dominance
- L'atrésie, ou l'ovulation suivie de la formation d'un corps jaune en fonction de la place de la vague dans le cycle œstral (19).

III.6.1 La phase de recrutement

Elle est également appelée phase FSH-dépendante et consiste en l'émergence tous les 7 à 9 jours d'une vague de follicule de diamètre supérieur ou égale à 3 mm (26) ou 5mm (42) sous l'action de la FSH.

La FSH se fixe sur les récepteurs des cellules de la granulosa et stimule l'aromatase des androgènes produits par les cellules de la thèque, induisant la formation des récepteurs à LH.

Les œstrogènes agissent en synergie avec la FSH en stimulant la croissance folliculaire et le développement de l'antrum, de plus ils ont un effet positif sur la sécrétion de la GnRH, associé à la FSH

L'augmentation de la fréquence des décharges de LH, stimule la production d'inhibine et d'œstradiol par la granulosa. L'inhibine empêche par rétro-action la libération de FSH hypophysaire. La FSH est donc responsable de sa propre diminution par l'intermédiaire des œstrogènes (42).

III.6.2 La phase de sélection

La diminution de la sécrétion de la FSH aboutit à la sélection du follicule dominant. Ce dernier possède suffisamment de récepteurs à LH pour subsister lorsque le taux de FSH diminue. Il continue alors à croître et à sécréter de grande quantité d'œstrogène (42). Sa croissance terminale est explosive, de l'ordre de 5 à 8 mm/jour (19). Par contre les autres follicules ne peuvent pas continuer leur croissance par manque de FSH et ils sont voués à l'atrophie.

III.6.3 La phase de dominance

Il s'agit de la phase LH-dépendante. En effet le devenir du follicule dominant dépend de la fréquence des pics de LH (figure 7). On a ainsi deux cas de figure :

- Si un corps jaune est présent, la fréquence d'une décharge de LH toutes les trois ou quatre heures est insuffisante pour provoquer l'ovulation le follicule dominant s'atrophie.
- En l'absence de corps jaune fonctionnel, la fréquence de décharge de LH est d'un pic par heure, ce qui permet l'ovulation.

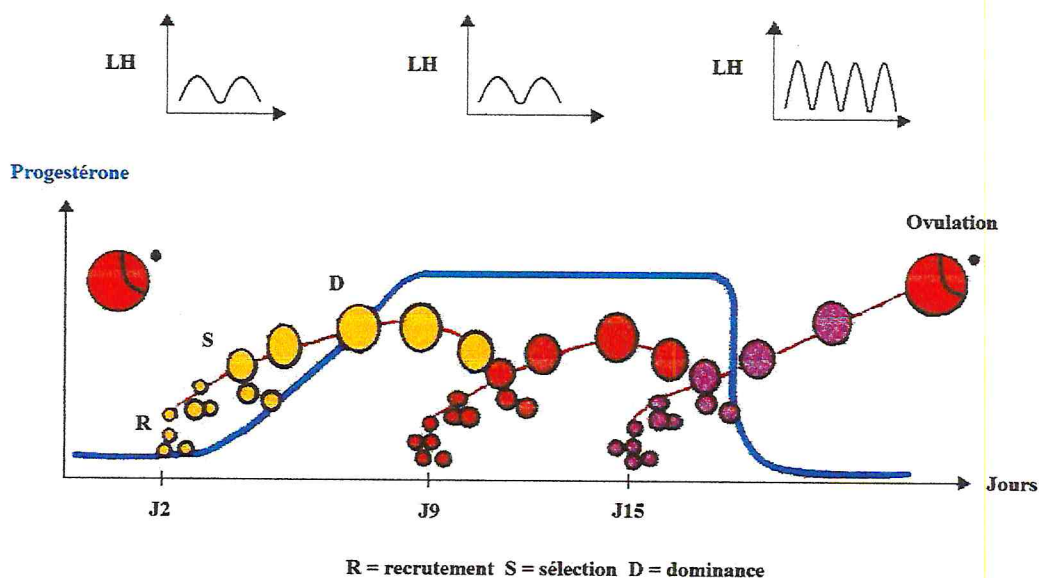


Figure 7 : Croissances folliculaires au cours de cycle œstral chez la vache (42)

III.7 - Régulation de la croissance folliculaire

La régulation de la folliculogénèse est classiquement divisée en deux périodes.

- La première période allant du follicule primordial jusqu'au follicule secondaire ou préantral.
- La seconde s'étendant du follicule préantral au follicule mûr.

La première période de la régulation serait sous contrôle intra-ovarien (46), tandis que la seconde dépendrait des hormones gonadotropes hypophysaires (47).

III.7.1 Première période de la régulation

Le nombre de follicules débutant leur croissance est fonction de l'importance de la réserve de follicules primordiaux. On note une diminution progressive de cette réserve avec l'âge.

On considère que le recrutement se fait de façon régulière tous les jours sous l'influence du développement de la vascularisation locale (48), ensuite la croissance folliculaire est sous le contrôle de facteurs intra-ovariens dont la nature n'est pas parfaitement connue mais au nombre de ceux-ci il semble que l'on puisse signaler l'EGF (Epidermal Growth Factor), le FGF (Fibroblast Growth Factor), le TGF (Transforming Growth Factor) qui pourrait intervenir dans la multiplication des cellules de la granulosa et favoriser la croissance du follicule.

En plus des facteurs intra-ovariens, il est de plus en plus admis que la FSH puisse intervenir au cours de cette première période de croissance folliculaire.

III.7.2 Deuxième période de la régulation

A partir du stade préantral, le follicule est sous la dépendance trophique des gonadotropines hypophysaires qui le conduisent jusqu'au stade de follicule mûr.

La FSH a un rôle crucial sur la croissance folliculaire. Elle stimule la multiplication des cellules de la granulosa et la transformation de l'antrum, la LH favorise le développement du système vasculaire et entraîne la différenciation des cellules de la thèque en cellules stéroïdogènes sécrétant des androgènes qui, sous l'action enzymatique de l'aromatase, se transforment en 17β œstradiol.

Celui-ci est le véritable témoin de la croissance folliculaire; une correspondance étroite existe entre le taux d'œstradiol sérique et le taux d'œstradiol de la veine utéro-ovarienne.

La croissance folliculaire normale est donc assurée par le 17β œstradiol et la FSH.

En fin de croissance folliculaire, la FSH induit la formation de récepteurs LH au niveau de la granulosa les préparant à se transformer en cellules thécales (47).

III.8 L'atrésie

Encore appelée involution folliculaire, elle constitue le devenir de la majorité (99,9 %) des follicules présents dans l'ovaire des mammifères. Elle joue donc indirectement un rôle important dans la régulation du taux d'ovulation. Sa durée, ses causes et son mécanisme sont encore mal connus faute d'une détection précoce et fiable. Cytologiquement, elle n'est identifiable que chez les follicules primaires, secondaires ou tertiaires par la mise en évidence de pycnose (grains de chromatine condensée) (49) (33) ou d'apoptose (corps apoptotiques) dans les cellules de la granuleuse (50) ou par l'identification de processus dégénératifs (opacification) au niveau de l'ovocyte (51). Biochimiquement, elle s'accompagne d'une augmentation des concentrations en enzymes lysosomales et en glycosaminoglycans ainsi que d'une diminution des concentrations en oestradiol (52).

La granuleuse disparaît progressivement et le cumulus se dissocie. L'ovocyte dégénéré reste la dernière cellule identifiable. Sur le plan fonctionnel, la distinction entre les follicules atrétiques ou non peut être réalisée par la détermination du rapport de leurs concentrations en œstradiol/progestérone (53), ou mieux encore, par le rapport de leurs concentrations en œstradiol/ocytocine (54).

La réceptivité à l'hormone LH des follicules de la vague pré-ovulatoire est comparable à celle des follicules des vagues métœstrales ou diœstrales mais leur concentration en œstrogènes et androgènes est plus élevée (55) (53). Différentes études ont précisé le moment préférentiel d'apparition de l'atrésie (56) (57).

Elles sont basées sur l'analyse du temps nécessaire pour doubler le nombre de cellules de la granuleuse visible au travers de la plus grande coupe d'un follicule (notion de génération ou cycle cellulaire).

Deux faits essentiels ont ainsi été identifiés. La durée des cycles diminue avec leur nombre. Par ailleurs, la fréquence des follicules atrétiques augmente avec le nombre de cycles de multiplication cellulaire.

Chez la vache, sa fréquence est la plus élevée au cours des stades suivants la formation de l'antrum. Ce nombre dépend davantage de la taille du follicule ovulatoire que de la taille du follicule antral.

III.9 L'ovulation

L'ovulation est l'étape ultime où le follicule dominant de la phase folliculaire du cycle œstral libère son ovocyte pour la fécondation. Suite au pic de LH, l'ovulation se manifeste ultérieurement après un temps caractéristique à l'espèce, 29-31h chez la vache. Il y'a un appel d'eau vers l'intérieur du follicule (œdème), due à l'acide hyaluronique produit par les cellules du cumulus en

reponse à la décharge ovulatoire. Durant le processus, il ya une activité protéolytique intense qui s'accomplit. Le tissu conjonctif de l'apex folliculaire se dissocie , rendant la région sensible à la rupture (58). L'apport sanguin change drastiquement dans les vaisseaux capillaires des thèques , provoquant ainsi un encombrement et étire la membrane basale soutenant les cellules de granulosa et provoque ainsi le relâchement de l'ovule.

Plusieurs changements morphologiques et métaboliques se produisent au cours de l'ovulation. Les activités stéroïdogéniques changent radicalement. Les cellules de la granulosa emmagasinent des gouttelettes lipidiques dans leur cytoplasme témoignant de l'augmentation de la progestérone. Cette synthèse de progestérone est associée à la diminution drastique de la sécrétion d'œstradiol par le follicule pré-ovulatoire.

Les changements se déclenchent ultérieurement au pic de LH. Plusieurs des changements morphologiques et métaboliques observés lors de l'ovulation ressemblent à ceux observés lors d'une réaction inflammatoire. Quelques agents similaires ont été identifiés et sont impliqués dans les deux phénomènes tel que l'histamine , le PAF (platelet activating factor) , la bradykinine , les prostaglandines F2 α , E2 à et les leucotriènes. Ces agents conduisent à une vasodilatation, une lyse du collagène , un remodelage du tissu, une hyperthermie , un œdème , et à une prolifération cellulaire ainsi que d'autres réactions de type inflammatoire . Il a été démontré que l'administration d'indométacine , un inhibiteur des prostaglandines , inhibe l'ovulation . Peu après le pic de LH , l'ovocyte reprendra sa division méiotique pour arriver au stade de métaphase II au moment de l'ovulation une fois libéré de son follicule de Degraaf, l'ovule ne subit pas de transformation majeure . Il est donc prêt à être fécondé par un spermatozoïde.

III.11 La formation du corps jaune

Immédiatement après l'ovulation débute la phase lutéale, tout follicule rompu étant le siège de remaniements cytologiques et biochimiques, qui conduisent à la formation du corps jaune (10).

Après la rupture du follicule, les cellules de la granulosa, nouvellement vascularisées, s'hypertrophient et prolifèrent in situ pour former le corps jaune, alors que les cellules de la thèque s'incorporent dans le tissu interstitiel de l'ovaire et participent à la sécrétion des androgènes ovariens (59).

Il sécrète essentiellement de la progestérone, mais aussi des œstrogènes, de la relaxine et de l'ocytocine (10). Le corps jaune est constitué de deux types de cellules, les grandes cellules, issues de la granulosa, et petites cellules, issues de la thèque interne. Chez les ruminants, ces deux types cellulaires sont bien identifiables lors de la formation du corps jaune puis se mêlent pour former un tissu plus homogène (27). Ces cellules secrètent essentiellement de la progestérone mais en fin de

phase lutéale, les grandes cellules lutéales synthétisent une grande quantité d'ocytocine, hormone impliquée dans la lutéolyse (19).

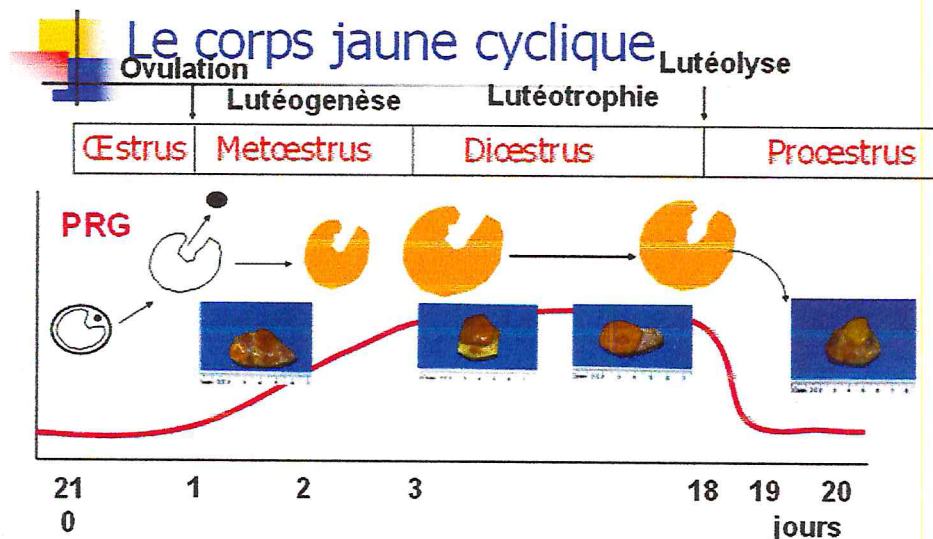


Figure 8 : Evolution du corps jaune au cours du cycle œstral (4)

Chez la plupart des mammifères, le corps jaune formé après l'ovulation a une durée de vie limitée entre 4 et 21 jours, si la femelle n'a pas été fécondée. Sa régression ou lutéolyse permet l'apparition d'un nouveau cycle ovulatoire. La gestation induit un blocage de la lutéolyse et la persistance du corps jaune cyclique en corps jaune gestatif, dont la sécrétion de progestérone est indispensable à l'établissement de gestation (60).

D'autre part, cette lutéinisation qui coïncide avec une augmentation très importante de la sécrétion de progestérone est accompagnée chez toutes les espèces, sauf les primates, de la disparition des sécrétions d'androgène et d'oestrogène (61).

L'évolution de corps jaune comprend 3 phases (figure 8) (10):

- Une phase de croissance de 4 à 5 jours, pendant laquelle, il est insensible à la PGF2 α .
- Une phase de maintien d'activité de 8 à 10 jours.
- Une phase de régression, en absence de fécondation, qui se débute environ le 17^{ème} jour du cycle.

**PARTIE
EXPERIMENTALE**

I. Objectif

L'objectif de notre travail est d'évaluer quelques paramètres du cycle œstral des vaches locales Cheurfa. Les paramètres estimés sont les suivants :

- La durée moyenne du cycle œstral,
- La taille moyenne du follicule pré-ovulatoire,
- L'évolution de la taille moyenne (diamètre) du corps jaune et de la teneur plasmatique en progestérone au cours du cycle œstral,
- Le nombre de vagues folliculaires par cycle œstral.

Notre travail consiste à interpréter les résultats d'échographie et de dosage de la progestérone plasmatique obtenus au cours du cycle œstral.

L'étude expérimentale a été réalisée au niveau de la station expérimentale de l'université SAAD DAHLAB de Blida entre mai et aout 2007.

II. Matériel et méthodes

II.1 Matériel

II.1.1 Animaux

Les animaux utilisés au cours de notre expérimentation sont représentés par 3 vaches locales Cheurfa originaire de l'Est d'Algérie. Les vaches sont primipares, non gestantes, d'âge moyen de 4,5 ans avec une note d'état corporelle de 2,5 à 3. Elles ont été identifiées sous les numéros : 1, 2 et 3.

II.1.2 Matériel et hormones de traitement de synchronisation des chaleurs

Le matériel et les hormones utilisés pour réaliser la synchronisation des chaleurs est composé de :

- Implant sous cutané à 3mg de norgestomet et 2ml d'une solution injectable huileuse contenant 3mg de norgestomet et 3,8mg de valérate d'œstradiol. Cette hormone est commercialisé sous le nom de Crestar®
- Cloprosténol, prostaglandine de synthèse conditionnée en flacon de 10ml d'une solution injectable dosée à 250 µg/ml est commercialisée sous le nom d'Estrumate®.
- eCG (equine Chorionic Gonadotropin) ou PMSG (Pregnant Mare Serum Gonadotropin) présentée en flacon de lyophilisat dosé à 1000 UI avec un solvant de 5ml est commercialisé sous le nom de Folligon®
- applicateur de Crestar®
- Seringues stériles à usage unique, alcool chirurgical à 70 °C et compresses stériles pour la réalisation des injections intramusculaire.

II.1.3 Matériel d'échographie

L'échographe utilisé est de marque Pie médical 100, équipé d'une sonde linéaire à double fréquence 6 / 8 Mhz. La fréquence 6 Mhz a été utilisée pour l'examen échographique des ovaires.

II.1.4 Matériel de prélèvement sanguin

Le matériel utilisé pour réaliser les prélèvements sanguins est représenté par :

- tubes sous vides contenant de l'héparinate de sodium
- aiguilles stériles et porte aiguille
- tubes secs de 3 ml pour la récupération du plasma
- Centrifugeuse

II.1.5 Autre matériel

- Cage de contention
- Des gants de protection pour la palpation et l'examen transrectale de l'appareil génital
- Gel pour lubrifier les gants et la sonde d'échographie.
- Table de travail pour déposer le matériel échographique et le micro-ordinateur.

II.2 Méthodes

II.2.1 Protocole de traitement de synchronisation et d'induction des chaleurs

La synchronisation des chaleurs a été obtenue par la pose d'un implant en sous cutané de 3mg Norgestomet "Crestar®", sur la face externe de l'oreille après désinfection du lieu d'implantation. Cette dernière est associée à une injection en intramusculaire d'une solution huileuse de 2ml, composée de 3mg de Norgestomet et de 3,8mg de valérate d'oestradiol ; le 10^{ème} jour, jour du retrait de l'implant, une injection en intramusculaire de 2ml de clopostenol , prostaglandine de synthèse (Estrumate ®) a été pratiquée pour induire la lutéolyse et de 400 UI d'eCG "Folligon®" pour favoriser la croissance folliculaire et l'ovulation (Grimard et al 2003).

II.2.2 Méthode d'examen échographique des ovaires

Avant de commencer l'examen échographique, la vache a été mise en place dans la cage de contention pour éviter des éventuels accidents pour les animaux et l'examineur.

Après vidange du rectum de ses fèces, une palpation transrectale du tractus génital a été réalisé pour repérer la position des ovaires dans la filière pelvienne et de noter les structures ovariennes présentes (corps jaune, follicules).

L'examen échographique a ensuite débuté et a consisté à l'introduction progressive de la sonde induite de gel dans le rectum tout en contrôlant les images échographiques à l'écran. On peut visualiser chaque partie de l'appareil génital (col, corps et cornes utérine) ainsi que la vessie apparaissant en forme de poire anéchogène. Les cornes utérines sont prises comme repère pour localiser les ovaires. Ces derniers sont examinés chacun de son côté par un simple déplacement de la sonde.

La sonde est maintenue au moyen du pouce, de l'index et du majeur tandis que la manipulation de l'ovaire et son maintien contre la sonde a été assuré par l'annulaire et le petit doigt. La sonde est maintenue en contact étroit avec la paroi du rectum afin de réduire la distance entre la sonde et l'ovaire pour diminuer l'atténuation du faisceau sonore.

Au cours de l'examen échographie de chaque ovaire, une ou plusieurs rotations de la sonde ont été nécessaires pour examiner toute la surface de l'ovaire.

Chaque image échographique enregistrée a été schématisée sur une fiche pour mieux interpréter les résultats.

L'identification échographique des structures ovariennes a été réalisée selon les critères de Kahn (78) :

- Les follicules se présentent comme des structures sphériques anéchogènes, apparaissant en noir sur l'écran, à contour bien délimité échogène.
- Le corps jaune se présente comme une structure échogène granuleuse circonscrite, apparaissant gris homogène à l'écran et moins réfringente que le stroma ovarien et de forme généralement oblongue. Lorsqu'à l'échographie, ce même type de structure montrait une cavité centrale de liquide anéchogène, cette structure a été identifiée comme un corps jaune cavitaire.

La détermination de la taille des structures ovariennes (follicule pré-ovulatoire et corps jaune) a été réalisée selon les critères de Kahn (78). La taille des follicules correspond au diamètre moyen de la cavité folliculaire et la taille du corps jaune est représentée par la moyenne du petit et grand diamètre.

La détermination de la taille des follicules et du corps jaune obtenues, a été réalisée à l'aide du logiciel ODT

II.2.3 Protocole du suivi échographique

Après retrait de l'implant, un suivi échographique quotidien des structures ovariennes des 2 ovaires (droit et gauche) a été réalisé sur une durée de 3 cycles œstraux. Seulement le 3^{ème} cycle œstral après traitement de synchronisation des chaleurs, a été pris en considération dans notre étude (figure 9).

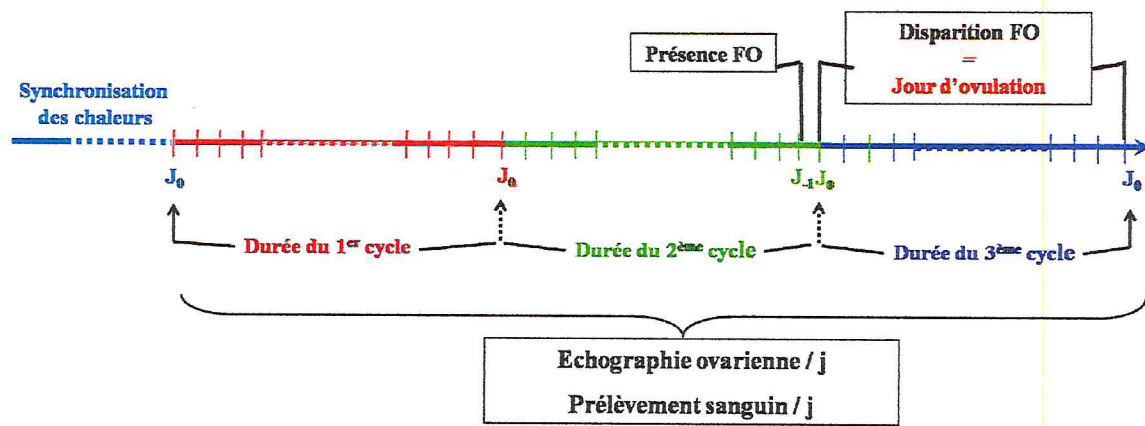


Figure 9 : Protocole de suivi échographique

II.2.4 Détermination de l'ovulation

L'ovulation a été mise en évidence par la disparition du follicule pré-ovulatoire et la formation d'un corps jaune (62).

II.2.5 Détermination du nombre de vagues folliculaires

Les images échographiques obtenues, ont été schématisées sur des fiches pour l'interprétation des résultats. La position relative du corps jaune et des follicules en fonction de leur taille a été illustré sur chaque schéma et pour chaque ovaire. Les follicules ont été classés selon les critères d'Alvarez et al. (63) en :

- Classe 1 : Petit follicule de 2 à 5 mm de diamètre.
- Classe 2 : Follicule moyen de 6 à 8 mm de diamètre.
- Classe 3 : Large follicule d'un diamètre ≥ 9 mm.

Le nombre et la taille des follicules ovariens pour chaque vache ont été déterminés chaque jour. Le follicule large de diamètre ≥ 9 mm a été considéré comme le follicule dominant provenant d'un pool folliculaire en croissance.

Chaque vague de croissance folliculaire a été identifiée par le développement et la présence d'un follicule dominant pendant quelques jours.

Le plus large follicule présent sur les ovaires est supposé être follicule dominant de la première vague folliculaire du cycle œstral. Le plus grand follicule visualisé par la suite a été défini comme le follicule dominant appartenant à la vague ultérieure du même cycle œstral (64).

Le jour d'apparition du follicule dominant, son diamètre maximum et son jour d'atteinte ont été estimés.

II.2.6 Méthode de prélèvement sanguin et de dosage de la progestérone

Après une bonne contention de l'animal, la zone de la veine jugulaire est préalablement désinfectée à l'alcool. Le sang recueilli, dans des tubes sous vide, contenant de l'héparinate de sodium, est immédiatement centrifugé à 3000 tours / mn pendant 15 mn.

Le plasma ainsi obtenu est transféré dans des tubes secs portant le numéro d'identification de l'animal et la date de prélèvement. Les plasmas sont ensuite immédiatement congelés à -20°C et conservés jusqu'au moment de la réalisation du dosage.

Le dosage de la progestérone plasmatique a été réalisé par la méthode radio-immunologique en utilisant le KIT IMMUNOTECH "A BECKMAN COULTER COMPANY" au niveau du laboratoire de médecine nucléaire de l'hôpital central de l'armée Ain Naadja.

II.2.7 Analyse statistique des résultats :

Les résultats numériques sont représentés sous forme de moyenne arithmétique accompagnée de l'écart-type.

- Moyenne arithmétique :
$$X = \frac{\sum x_i}{n}$$

- Ecart-type :
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Où : x_i : valeurs individuelles

n : nombre de valeurs

-Coefficient de corrélation « r » :

La relation entre deux variables est estimée par le coefficient de corrélation r :

$$r = \frac{P}{\sigma_x \times \sigma_y} \quad \text{Avec} \quad P = \frac{1}{n} \sum xy - \bar{x}\bar{y} = \text{covariance}$$

Tous ces paramètres ont été calculés en utilisant l'Excel 2007.

III Résultats

III.1 Durée du cycle œstral

La durée du cycle œstral défini par l'intervalle de temps compris entre les ovulations de deux cycles œstraux successifs, a été déterminée par échographie. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Durée du cycle œstral

N° de vache	1	2	3	Moyenne \pm écart type
Durée du cycle œstral (j)	19	19	20	19,33 \pm 0,47

Nos résultats montrent que la durée du cycle œstral varie de 19 (vaches 1 et 2) à 20 j (vaches 3), avec une durée moyenne de 19,33 \pm 0,47 j pour l'ensemble des 3 vaches.

III.2 Diamètre du follicule pré-ovulatoire

Le suivi échographique de la croissance folliculaire terminale a permis de mettre en évidence la présence d'un seul follicule pré-ovulatoire sur l'ovaire droit de chaque vache.

Le diamètre du follicule pré-ovulatoire, mesuré la veille du jour de sa disparition de chaque vache est rapporté dans le tableau 5.

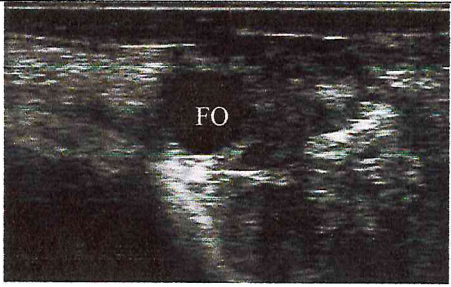
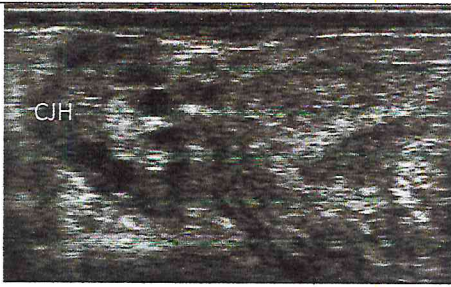


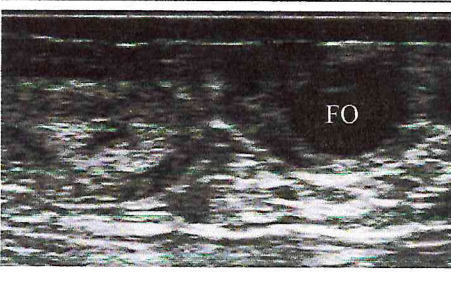
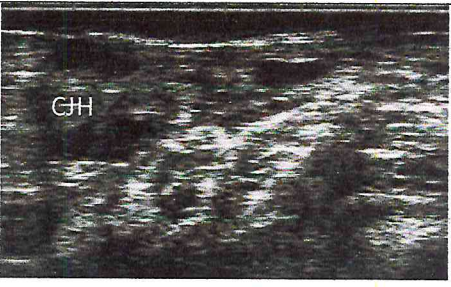
Tableau 5 : Diamètre moyen du follicule pré-ovulatoire (mm)

N° de vache	Taille du follicule pré-ovulatoire
1	10,7
2	13,5
3	12,5
Moyenne \pm écart type	12,2 \pm 1,42

Les résultats obtenus révèlent que le diamètre du follicule pré-ovulatoire varie entre 10,7 et 13,5 mm avec un diamètre moyen de 12,2 \pm 1,42 mm.

Les images échographiques correspondantes au follicule pré-ovulatoire de chaque vache sont présentées dans le tableau 6.

Tableau 6 : Images échographiques du follicule pré-ovulatoire et corps jaune hémorragique

N° de vache	Follicule pré-ovulatoire	Corps jaune hémorragique (site d'ovulation)
1		
	FO de 10,7 mm de diamètre	CJH de 11,0 mm de diamètre
2		
	FO de 13,5 mm de diamètre	CJH de 9,0 mm de diamètre
3		
	FO de 12,5 mm de diamètre	CJH de 9,0 mm de diamètre

FO : follicule pré-ovulatoire, CJH : corps jaune hémorragique

III.3 Evolution de la taille du corps jaune

En fonction de la durée du cycle observée, l'évolution de la taille du corps jaune au cours du cycle œstral est rapportée par les tableaux 7 et 8 et les figures 10 et 11, respectivement pour les vaches 1 et 2, et la vache 3 avec une durée respective du cycle œstral de 19 et 20 j.

Tableau 7: Evolution du diamètre moyen du corps jaune (mm) au cours du cycle oestral des vaches 1 et 2

Jour du cycle	Moyenne \pm écart-type
J ₀	10,15 \pm 0,49
J ₁	10,35 \pm 1,20
J ₂	11,55 \pm 0,35
J ₃	13,35 \pm 1,63
J ₄	14,80 \pm 1,70
J ₅	16,40 \pm 0,28
J ₆	18,40 \pm 1,98
J ₇	18,85 \pm 1,91
J ₈	18,80 \pm 1,41
J ₉	19,00 \pm 1,84
J ₁₀	18,65 \pm 1,20
J ₁₁	18,55 \pm 0,64
J ₁₂	18,55 \pm 1,06
J ₁₃	17,85 \pm 0,49
J ₁₄	17,00 \pm 1,56
J ₁₅	15,80 \pm 0,71
J ₁₆	14,45 \pm 1,06
J ₁₇	14,15 \pm 0,92
J ₁₈	12,50 \pm 0,71
J ₀	10,00 \pm 1,41

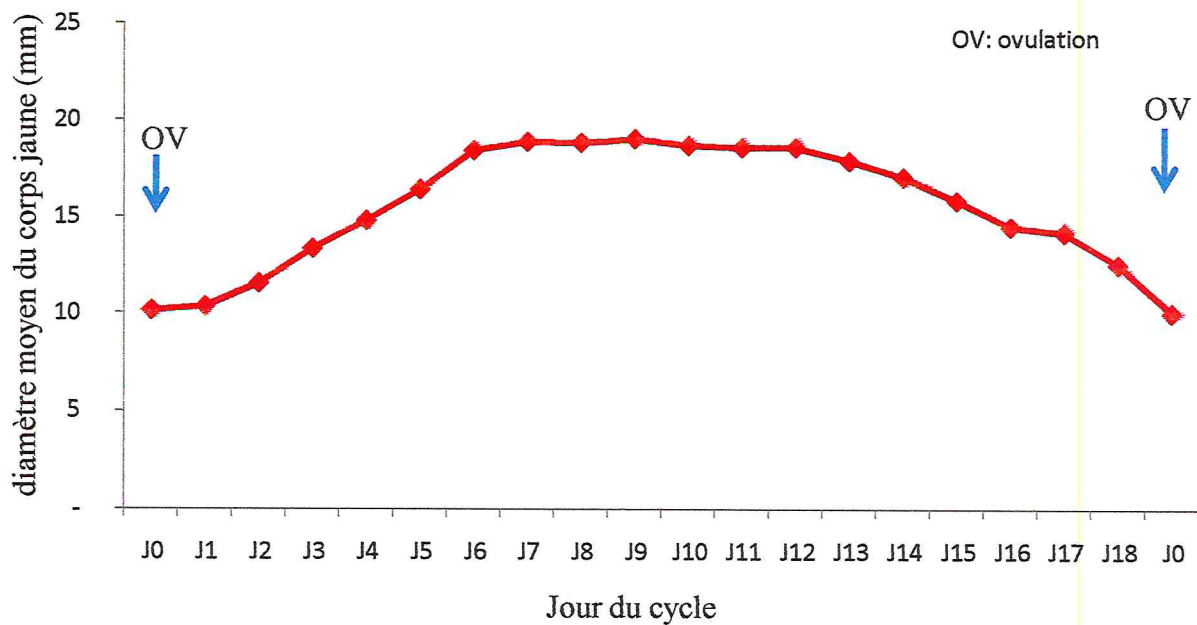


Figure10 : Evolution du diamètre moyen (mm) du corps jaune des vaches 1 et 2

Les résultats de l'évolution moyenne du diamètre du corps jaune au cours du cycle œstral des vaches 1 et 2 (tableau 7 et figure 10) montrent que :

La taille du corps jaune croît de façon régulière jusqu'à J₇ du cycle œstral pour atteindre pratiquement le double de sa taille initiale, soit un diamètre moyen de $18,85 \pm 1,91$ mm.

Entre J₇ et J₁₄, les variations de la taille du corps jaune sont faibles avec un diamètre variant entre $18,85 \pm 1,91$ mm (J₇) à $17,00 \pm 1,56$ (J₁₄) durant cette phase lutéale du cycle œstral.

Après le 14^{ème} jour du cycle, la taille du corps jaune régresse pour atteindre un diamètre de $10,00 \pm 1,41$ mm en fin du cycle œstral.

Le suivi échographique de la taille du corps jaune au cours du cycle œstral de la vache 3, rapporté dans le tableau 8 et la figure 11, montre une évolution comparable à celle des vaches 1 et 2.

Tableau 8 : Evolution du diamètre du corps jaune (mm) au cours du cycle œstral de la vache 3

Jour du cycle	Diamètre du corps jaune
J ₀	8,5
J ₁	9,8
J ₂	10,3
J ₃	10,0
J ₄	13,5
J ₅	17,0
J ₆	18,0
J ₇	18,4
J ₈	19,5
J ₉	19,1
J ₁₀	19,5
J ₁₁	19,7
J ₁₂	17,6
J ₁₃	17,7
J ₁₄	18,5
J ₁₅	17,0
J ₁₆	16,4
J ₁₇	14,0
J ₁₈	13,0
J ₁₉	11,3
J ₀	9,0

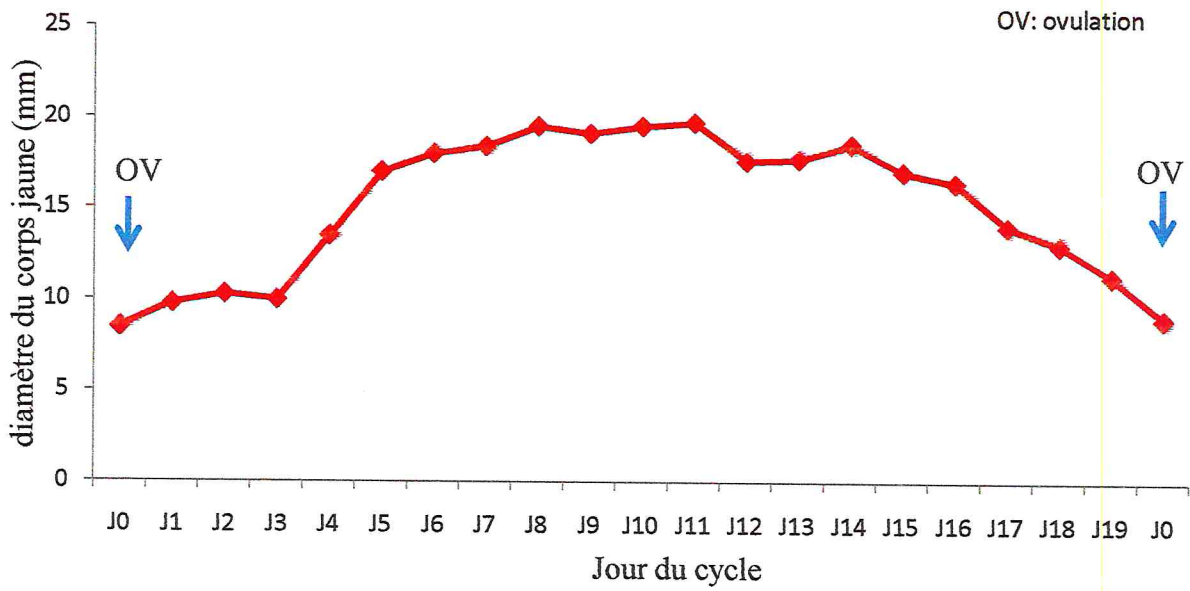
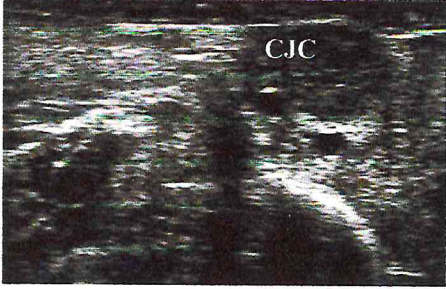
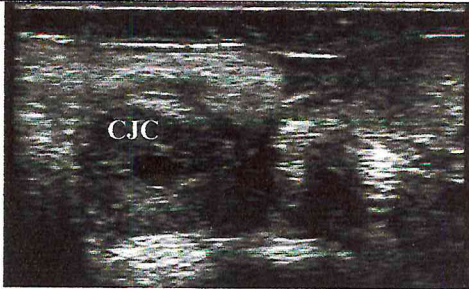
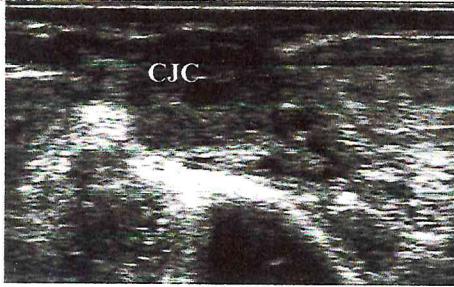
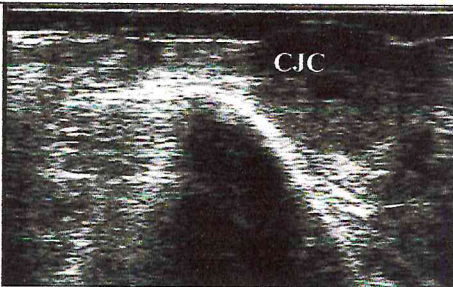
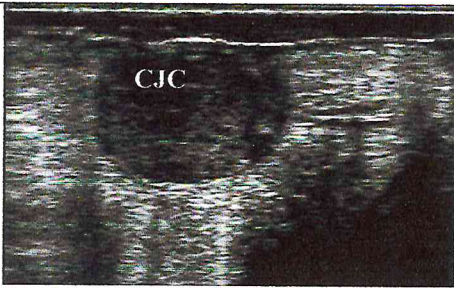
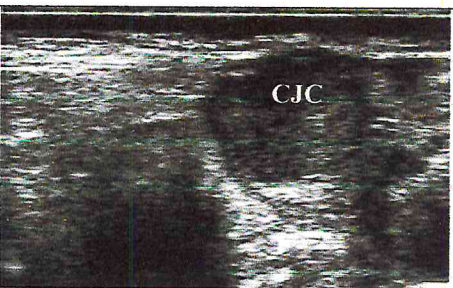
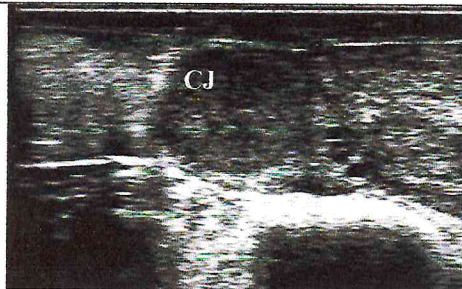

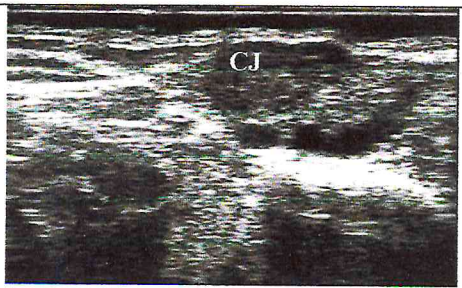


Figure11 : Evolution du diamètre du corps jaune (mm) de la vache 3

Les images échographiques du corps jaune rapportées dans le tableau ci-dessous représentent à titre d'exemple celles obtenues au cours du cycle œstral chez la vache 1.

Tableau 9 : Images échographiques du corps jaune au cours de cycle œstral de la vache 1

	
CJC à J ₃ de 12,20 mm de diamètre	CJC à J ₅ de 16,20 de diamètre
	
CJC à J ₇ de 17,50 mm de diamètre	CJC à J ₉ de 17,70 mm de diamètre
	
CJC à J ₁₁ de 18,10 mm de diamètre	CJC à J ₁₃ de 17,50 mm diamètre
	
CJ massif à J ₁₅ de 15,30 mm diamètre	CJ massif à J ₁₇ 14,80 mm de diamètre
	
CJ massif à J ₁₉ 9,00 mm de diamètre	

CJC : corps jaune cavitaire ; CJ : corps jaune

III.4 Evolution de la progestéronémie au cours du cycle œstral

L'évolution moyenne de la progestéronémie au cours du cycle œstral des vaches 1 et 2 est rapportée par la figure ci-dessous.

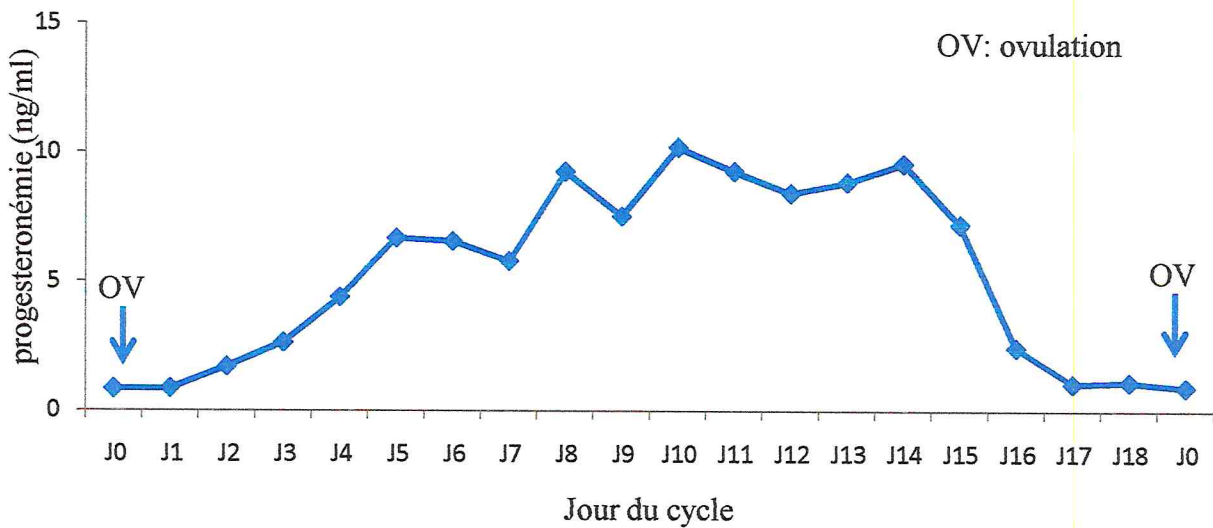


Figure12 : Evolution moyenne de la progestéronémie au cours du cycle œstral des vaches 1 et 2

Les résultats d'évolution de la progestéronémie au cours du cycle œstral montrent que :

Après ovulation, le taux de la progestérone plasmatique faible durant les 2 premiers jours du cycle œstral avec une teneur en progestérone plasmatique inférieure à 2ng/ml, augmente régulièrement et se maintient avec des teneurs en progestérone plasmatique élevée entre J₈ (9,26 ng/ml) et J₁₄ (9,57 ng/ml) du cycle.

A partir du 13^{ème} jour du cycle, la teneur en progestérone plasmatique diminue brutalement pour atteindre des valeurs ≤ 1 ng/ml à partir du 17^{ème} jour du cycle jusqu'à l'ovulation suivante.

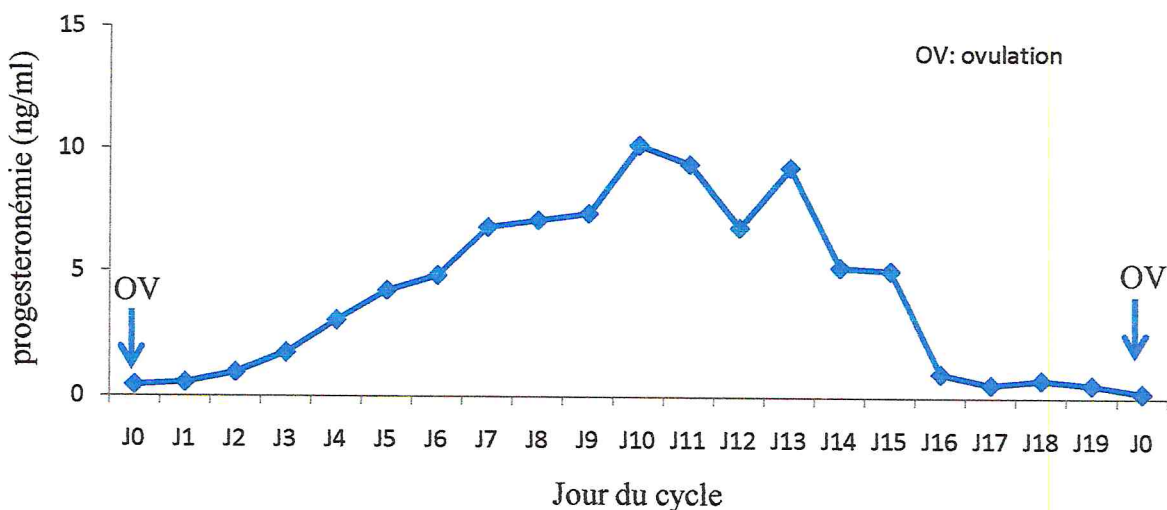


Figure13 : Evolution de la progestéronémie au cours du cycle œstral de la vache 3

Les résultats d'évolution de la progestéronémie au cours du cycle œstral de la vache 3 montrent que :

La teneur en progestérone plasmatique faible durant les 3 premiers jours du cycle œstral avec une teneur en progestérone plasmatique inférieure à 2ng/ml. Ensuite, elle augmente régulièrement et se maintient avec des teneurs en progestérone plasmatique élevée entre J7 et J13 du cycle.

A partir du 13^{ème} jour du cycle, la teneur en progestérone plasmatique diminue brutalement pour atteindre des valeurs ≤ 1 ng/ml à partir du 16^{ème} jour du cycle jusqu'à l'ovulation suivante.

III.5 Corrélation entre la taille du corps jaune et la progestéronémie

L'évolution de la taille du corps jaune et la progestéronémie au cours du cycle œstral est rapportée par les figures 14 et 15 respectivement pour les vaches 1 et 2, et la vache 3.

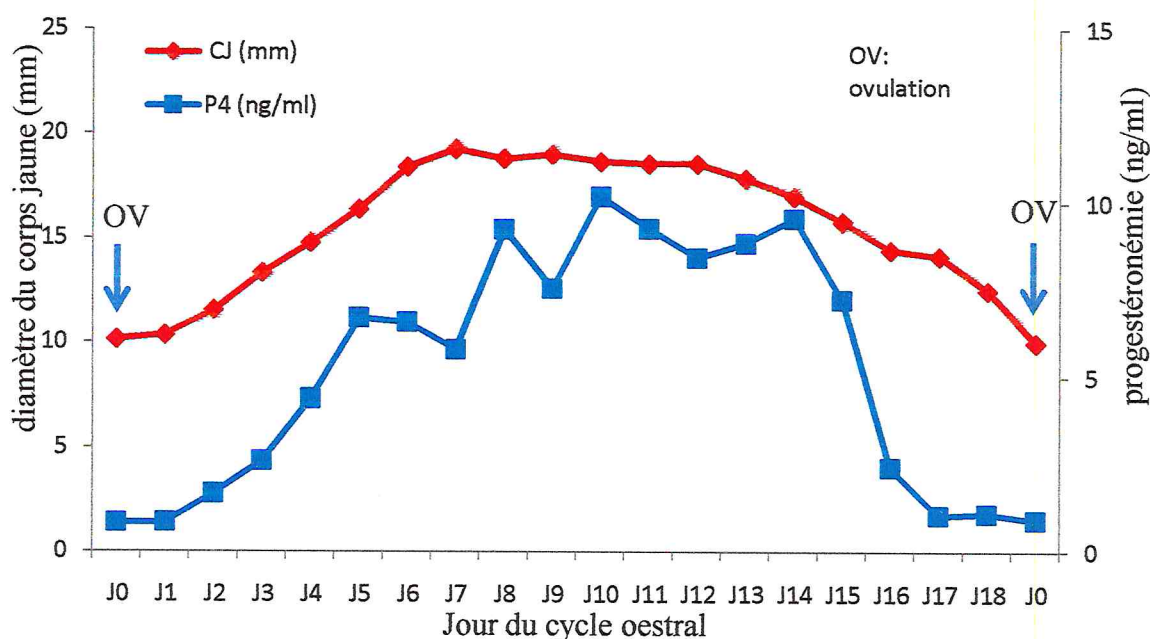


Figure14 : Evolution moyenne du diamètre (mm) du corps jaune et de la progestéronémie (ng/ml) au cours du cycle œstral des vaches 1 et 2

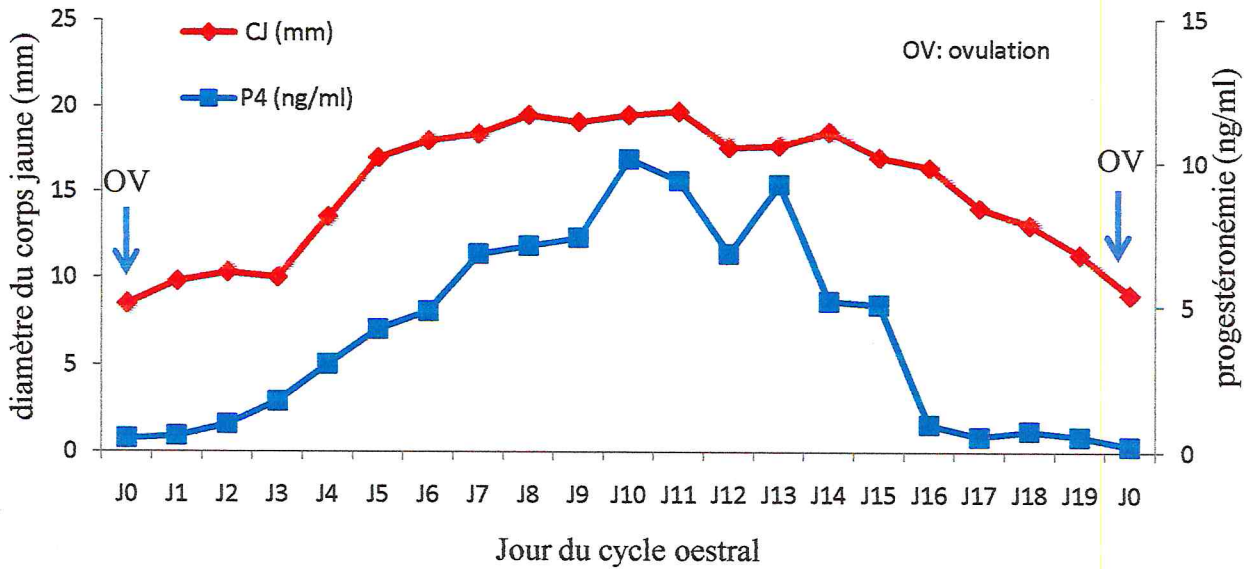


Figure15 : Evolution du diamètre (mm) du corps jaune et la progestéronémie (ng/ml) au cours du cycle œstral chez la vache 3

Les résultats obtenus montrent, que les deux paramètres évoluent d'une façon comparable, et présentent une corrélation positive de 0,89 et 0,87, respectivement chez les vaches 1 et 2, et la vache 3.

III.6 Nombre de vagues folliculaires

Le dénombrement des vagues folliculaires par cycle œstral a été étudié seulement chez les vaches 1 et 2.

Le suivi échographique du développement et du nombre de follicule dominant (≥ 9 mm) est rapporté par le tableau 10 et la figure ci-dessous.

Tableau 10 : Evolution du nombre moyen de follicules larges au cours du cycle œstral des vaches 1 et 2

N° vache	Jour de cycle																			
	J ₀	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆	J ₇	J ₈	J ₉	J ₁₀	J ₁₁	J ₁₂	J ₁₃	J ₁₄	J ₁₅	J ₁₆	J ₁₇	J ₁₈	J ₀
Vache 1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0
Vache 2	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0
Moyenne	0	0	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0,5	1	1	1	1	0

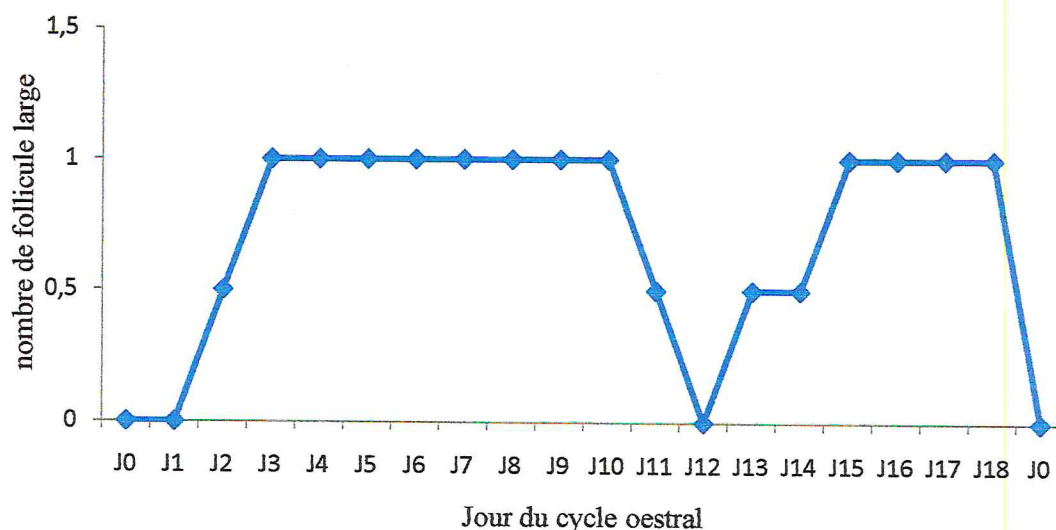


Figure 16 : Evolution du nombre moyen des follicules larges chez les vaches 1 et 2

Les résultats obtenus montrent en moyenne :

- Un développement d'un premier follicule large, qui reste présent sur l'ovaire entre J₃ et J₁₀ du cycle avant sa régression.
- La présence d'un deuxième follicule large de J₁₅ à J₁₈, qui disparaît à J₀ (jour d'ovulation)

L'interprétation des résultats de suivi échographique de la croissance des follicules larges (dominants), montre un développement de 2 vagues folliculaire chez les 2 vaches.

Les caractéristiques de développement de 1^{ère} et 2^{ème} vague folliculaire au cours du cycle œstral sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11 : Caractéristiques de développement folliculaire au cours du cycle œstral chez les vaches 1 et 2

Paramètres	1 ^{ère} vague folliculaire	2 ^{ème} vague folliculaire
Jour d'apparition du FD	2,5 ± 0,71	14 ± 1,41
Diamètre maximum du follicule dominant (mm)	10,25 ± 0,35	12,1±1,98
Jour du diamètre maximum (j)	5 ± 1,14	18
Jour du début de régression (j)	10,5± 0,71	-

Les résultats obtenus révèlent que :

- Durant la 1^{ère} vague folliculaire, à partir d'un pool de follicules recrutés, le follicule sélectionné atteint le diamètre de follicule dominant en moyenne à 2,5 ± 0,71j. Son maximum de développement est atteint à 5 ± 1,14j.
- Le follicule dominant de la 2^{ème} vague apparaît à 14 ± 1,41j, et évolue en follicule pré-ovulatoire d'un diamètre moyen de 12,1±1,98 mm

IV Discussion

Les résultats que nous avons obtenus sont discutés par rapport aux données rapportés par d'autres auteurs

IV.1 Durée du cycle œstral

La durée du cycle œstral rapportée dans les résultats est de 19 jours pour les vaches 1 et 2, et de 20 jours pour la vache 3, avec une moyenne de $19,33 \pm 0,47$ chez les 3 vaches locales.

Notre résultat est comparable à celui obtenu par Alvarez et al (63) chez les bovins de race Senepol, Angus et Brahman, qui ont présenté respectivement une durée moyenne respective du cycle œstral de 20,4, 19,5 et 19,7 jours.

Dans une étude portant 10 vaches de race Holstein, Thijssen et al (65) ont observé une durée moyenne du cycle œstral de $23 \pm 0,3$ jours, supérieur à notre résultat avec une étendue de variation de 20 à 25 jours.

Par ailleurs, Herzog et al, (66) ont constaté que certaines vaches peuvent présenter un cycle assez long. En effet, ils ont noté sur 23 vaches âgées de 2,8 à 8,0 années, 4 vaches ont présenté un cycle œstral avec une durée supérieur à 25 jours.

Chez la race autochtone d'Afrique N'Dama, Ndiaye (67), Meyer et Yesso (68) ont rapporté respectivement une durée moyenne du cycle œstral de $20,7 \pm 1,8$ et de 20 jours, proche à notre résultat.

VI.2 Diamètre du follicule pré-ovulatoire

Le diamètre du follicule pré-ovulatoire obtenu chez les trois vaches locales varie entre 10,7 et 13,5 mm avec une moyenne de $12,2 \pm 1,42$ mm.

PITALAT et al (69), Sartori, R., et Barros, C.M.(70) chez les femelles Zebu, et SAHRAOUI BRAHIMI (71) chez le bovin local Cheurfa ont rapporté un diamètre moyen du follicule pré-ovulatoire comparable à notre résultat, qui est respectivement $12,34 \pm 1,11$, $11,8 \pm 0,2$, et de $11,8$ mm.

Par contre, le diamètre moyen du follicule pré-ovulatoire obtenu est légèrement supérieur à celui rapporté par Niasari-Naslaji et al. (72) chez les génisses zébu de race Sistani, et par Wael (73) chez les vaches locales d'Egypte qui est respectivement de $10,8 \pm 0,7$ mm et de $10,9 \pm 0,3$ mm.

Cependant, Il est plus faible que celui observé chez les vaches de race améliorée Holstein qui varie de 14,1 à $18,7 \pm 1,9$ mm $16,4$ mm (74) (75) (76), et pouvant atteindre 21,1 mm du diamètre (77).

Cette supériorité du diamètre du follicule pré-ovulatoire du bovin amélioré par rapport à celui du bovin local Cheurfa peut être liée à la taille et au poids plus important des races sélectionnées.

IV.3 Evolution de la taille du corps jaune

L'analyse de nos résultats obtenus, a montré que l'évolution du diamètre du corps au cours du cycle œstral, se traduit par :

- une phase d'augmentation progressive de la taille du corps jaune durant les 6 à 7 premiers jours pour atteindre pratiquement le double de sa taille initiale, soit un diamètre moyen de $18,85 \pm 1,91$ mm chez les vaches 1 et 2 et de 18,4 mm chez la vache 3.
- une phase stationnaire entre J₇ et J₁₄ du cycle où les variations de la taille du corps jaune sont faibles. Pendant cette période, le diamètre du corps jaune varie de $18,85 \pm 1,91$ (J₇) à $17,00 \pm 1,56$ mm (J₁₄) chez les vaches 1 et 2 et de 18,4 (J₇) à 18,5 mm (J₁₄) chez la vache 3.
- une phase de décroissance, où la taille du corps jaune régresse pour atteindre un diamètre variant entre 9,0 et $10,00 \pm 1,41$ mm en fin de cycle.

Dans une étude récente sur la taille et le débit sanguin d'irrigation du corps jaune, Herzog et al (66) ont observé les mêmes phases d'évolution de la taille du corps jaune au cours cycle œstral, avec une durée respective de la phase de croissance, stationnaire et de régression de 7, 8 et 6 jours pour des cycles d'une durée de 21 jours.

De même, il est rapporté pour des cycles de 20 jours une durée de 6,8 et de 6 jours, respectivement pour la phase de croissance, stationnaire, et de régression.

La même forme d'évolution de la taille du corps jaune au cours du cycle œstral a été rapportée chez les bovins de race Senepol, Angus et Brahman (63), et chez le bovin Holstein (79), (76).

Dans nos résultats, Le diamètre maximal du corps jaune de $19,00 \pm 1,84$ mm (vache 1 et 2), et de 19,7 mm (vache 3), est comparable à celui obtenu chez la race Angus qui est de $19,6 \pm 0,2$ mm Alvarez et al, (63).

Par contre, il est plus faible à ceux rapportés par Alvarez et al, (63) ; qui ont observé un diamètre plus important de $22,2 \pm 0,3$, et $21,3 \pm 0,3$ mm respectivement chez les bovins de race Senepol, et Brahman.

Chez le bovin Holstein, Jaiswal et al (76), Herzog et al, (66) ont observé une taille maximale plus importante, qui est respectivement de $24,7 \pm 0,4$ et d'environ 26,70 mm ($5,6 \pm 0,3$ cm²).

De même Gayrard et al, (80), a rapporté que les corps jaunes matures entre le 7^{ème} et 18^{ème} jour du cycle présentent une taille estimée par palpation transrectale de 2 à 3 cm.

Dans nos résultats, en phase régression, le corps jaune a régressé pour atteindre au dernier jour du cycle œstral un diamètre variant entre 9,0 (vache 3) et $10,00 \pm 1,41$ mm (vache 1 et 2), inférieur à celui rapporté par Jaiswal et al (76) qui est de 17,4 mm ($2,3 \pm 0,1$ cm²)

VI.4 Evolution de la progestéronémie au cours du cycle œstral

Les résultats d'évolution de la progestéronémie au cours du cycle œstral montrent que :

Après ovulation, le taux de la progestérone plasmatique faible durant les 2 premiers jours du cycle œstral avec une teneur en progestérone plasmatique inférieur à 2ng/ml, augmente régulièrement et se maintient avec des teneurs en progestérone plasmatique élevée entre J₈ (9,26 ng/ml) et J₁₄ (9,57 ng/ml) chez les vaches 1 et 2, et entre J₇ et J₁₃ chez la vache 3 .

Après J₁₃ (vache 3) ou J₁₄ (vache 1 et 2) du cycle œstral, la teneur en progestérone plasmatique diminue brutalement pour atteindre des valeurs basses ≤ 1 ng/ml du 17^{ème} jour du cycle jusqu'à l'ovulation suivante.

La même forme d'évolution de la progestéronémie au cours du cycle œstral a été décrite chez les bovins de race Senepol, Angus et Brahman par Alvarez et al, (63), le bovin Holstein par Beckers et al, (81) ; Taylor et Rajamahendran (79), et Adams et al (82), Herzog et al, (66) et chez les races autochtones d'Afrique N'Dama et Baoulé par Meyer et Yesso (68).

Herzog et al, (66), ont rapporté que l'activité du corps jaune se matérialise J₄ et J₋₁ du cycle œstral (J₀ : ovulation) par les phases observée dans nos résultats :

- une phase de croissance lutéale se traduisant par une augmentation linéaire de la teneur en progestérone plasmatique de 1,7ng/ml (J₄) à une valeur supérieure à 4ng/ml (J₇).
- une phase lutéale stationnaire caractérisée par une concentration plasmatique en progestérone élevée avec un maximum de synthèse de 7,3ng/ml à J₁₄.
- une phase lutéale de régression où la progestéronémie diminue rapidement sur une période de 3 jours pour atteindre une concentration plasmatique moyenne de 0,8ng/ml.

De même, Beckers et al, (81) ont rapporté que l'activité du corps jaune au cours du cycle œstral se traduit par les 4 phases similaires à celles que nous avons rapportées dans nos résultats :

- Phase d'activité minimale de J₋₂ à J₊₄ avec une valeur minimale de 0,6 ng/ml à J₀ (jour des chaleurs).
- Phase d'activité croissante de J₊₄ à J₊₇ avec des valeurs de 1,05 à 4,29 ng /ml.

- Phase d'activité maximale de J₊₈ à J₋₄ avec des valeurs de 4,33 à 6,14 ng/ml.
- Phase de régression très rapide de J₋₃ à J₋₂ avec des valeurs de 4,92 à 1,06 ng/ml.

Dans nos résultats, la concentration plasmatique en progestérone la plus élevée s'est matérialisée à J₁₀ après ovulation, plus précoce par rapport à ceux rapportés par Beckers et al, (81), Diaz et al (83), et Herzog et al, (66).

En effet, chez certaines vaches, la chute de la progestéronémie peut survenir un à deux jours plus tôt et même parfois un jour plus tard Beckers et al, (81).

IV.5 Nombre de vagues folliculaires

Chez les bovins plus de 95% des cycles comportent 2 à 3 vagues folliculaires (84). Les résultats de suivi échographique de croissance folliculaire des 2 vaches locales, ont montré le développement de 2 vagues folliculaires au cours du cycle œstral de 19 j.

Jaiswal et al (76), ont rapporté dans une étude de 91 cycles que 62% des cycles d'une durée moyenne de 19,8 j, ne comportaient que 2 vagues folliculaires.

L'apparition du follicule dominant de la 1^{ère} vague et de la 2^{ème} vague chez les 2 vaches locales survient respectivement à $2,5 \pm 0,71$ et $14 \pm 1,41$ jour du cycle œstral.

Notre résultat du jour d'apparition du follicule dominant de la 1^{ère} vague, est comparable à ceux rapportés par Taylor et Rajamahendran (79) chez le bovin Holstein et Gaur et Purohit (85) chez le Zebu qui sont de $2,5 \pm 0,9$ et $3,25 \pm 0,89$ jour.

Pour le jour d'apparition du follicule dominant de la 2^{ème} vague, notre résultat est comparable à ceux rapportés respectivement par Jaiswal et al (76), et Taylor et Rajamahendran (79), qui est à $14,9 \pm 0,2$ et $12,4 \pm 1,6$ jour.

Chez le bovin local, le diamètre moyen du follicule dominant (ovulatoire) de la 2^{ème} vague folliculaire ($12,1 \pm 1,98$ mm) est supérieur à celui de la 1^{ère} vague ($10,25 \pm 0,35$ mm).

Les mêmes constatations ont été observées chez les bovins (73) et les Zébus (Gaur et Purohit (85).

Par contre, Guinter et al (45), Jaiswal et al (76) n'ont pas observé de différence de taille entre le follicule dominant de la 1^{ère} et 2^{ème} vague folliculaire du cycle œstral.

Conclusion

Les résultats de l'évaluation des paramètres physiologiques du cycle œstral conduit sur un faible nombre de vaches locales ont montré que :

- Le diamètre moyen du follicule pré-ovulatoire plus faible que celui du bovin amélioré, est comparable aux bovins autochtones d'Afrique. Cette différence de taille du follicule pré-ovulatoire entre le bovin local et amélioré semble être liée à la taille des ovaires du bovin amélioré présentant un format plus important.
- La durée moyenne du cycle œstral obtenue chez les vaches locales, est comparable à celle des bovins autochtones d'Afrique et améliorés.
- Les variations du diamètre du corps jaune et de la progestéronémie traduisant l'activité du corps jaune, montrent une évolution similaire au cours du cycle œstral comparable à celle observée chez les zébus et le bovin amélioré.
- Le développement de 2 vagues de croissance folliculaire pendant le cycle œstral chez les vaches locales est semblable à celui décrit chez les bovins présents une durée de cycle comparable.

Le présent travail devra être reconduit sur un effectif plus important pour avoir des résultats plus représentatifs avec la prise en compte d'autres composantes hormonales du cycle œstral.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) **ABDELGUERFI.A.2003**; plan d'action et stratégie nationale sur la Biodiversité ; Bilans des expertises.FEM/PNUD Projet, ALG/97/G31.Tome XI 22-23 Janvier : 117-123.
- (2) **VAISSAIRE. J.P.1977**; Sexualité et reproduction des mammifères domestiques et de laboratoires : Maloine-S.A.Editeurs-Paris France : 157-267.
- (3) **HANZEN .CH.2009-2010**; Rappels anatomophysiologiques relatifs à la reproduction de la vache.
- (4) **GAYRARD .V.2008** ; cours de physiologie de la reproduction Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
- (5) **DERIVAUX. J, ECTORS. F**; Reproduction chez les animaux domestiques - 3ème édition revue.Louvain-La-Neuve : Cabay, 1986, 1141 p.
- (6) **COLY .J** ; Etude comparative de trois méthode de détection de l'oestrus chez la Femelle zébu Cobra (Bos indicus.l du Sénégal;Thèse doctorat vétérinaire, Dakar, J98~. N°13,
- (7) **GILBERT B, JEANINE D, CAROLE D, RAYMOND G, ROLAN J, ANDRE LE L, LOUIS M et GISELE R.1988** ; Reproduction des mammifères d'élevage Editions Educagri deuxième édition ; 09-101p
- (8) **PESSINABA.I.Y.1977**; Contribution à l'étude du cycle œstral de la femelle zébu (bos indicus) par les techniques cytologiques.Th.Med.Vet.Dakar sénégal n°117.
- (9) **DERIVAUX. J. 1971**; Reproduction chez les animaux domestiques Editions Derouaux, Liège, 157 p.
- (10) **MIALOT. J.P, CONSTANT. F, CHASTANT-MAILLARD. S, PONTER. A.A, GRIMARD. B. 2001** ; La Croissance folliculaire ovarienne chez les bovins : nouveautés et applications - Journées Européennes de la Société Française de Buiatrie, Paris, Novembre: 163-168
- (11) **MICHEL , WATTIAUX. 1995**; Système reproducteur du betail laitier.Reroduction et sélection génétique, l'institut BABCOOK pour la recherche et le développement international.
- (12) **PETER. A.T., LEVINE. H, DROST. M, BERGFELT. D.R 2009**; Compilation of classical and contemporary terminology used to describe morphological aspects of ovarian dynamics in cattle Theriogenology 71 (2009) 1343–1357
- (13) **INRA 1984**; Insémination artificielle et amélioration génétique chez les animaux de la ferm, 14eme jour de grenien de theix.474 PAGES
- (14) **KOLB .1975**; Physiologie des mammifères domestiques Edition Vigot Paris 30-82 p
- (15) **GRESSIER .B.1999** ; Etude de l'influence du rapport FSH-LH de le cadre de la superovulaion chez la vache.th.med..nante.n 85

- (16) **SOLTNER.D.1999**; La reproduction des animaux d'élevage. Deuxième édition 232 p
- (17) **BRUYAS J.F. 1991**; Cycle œstral et détection des chaleurs. Dépêche Vét., suppl. 19, 9-14
- (18) **ALLRICH R.D. 1994**; Symposium: Estrus, New Device, and Monitoring. J. Dairy Sci., 77, 2738-2744
- (19) **FIENLF, TAINTURIER.D, DRUYAS.J.F, BATTU.1995**; physiologie de l'activité ovarienne cyclique chez la vache.4B:512/35-49.
- (20) **PIN D. 1999**; La reproduction bovine (Première partie).Action Vét., 1469, 12-19
- (21) **CHASTANT-MAILLARD S., FOURNIER. R. et REMMY D. 2005**; Les vagues folliculaires : Actualités sur le cycle de la vache.Point Vét., 36 (N° Spécial), 10-15
- (22) **BRASSARD.P., MARTINEAU.R, TWAGIRAMUMGU.H .1997**; Insémination à temps fixe enfin possible. Symposium sur les bovins laitiers (conférences).Canada, CPAQ.16P.
- (23) **DRION. P. V, BAECKERS. J.F, DERKENNE.F, HANZEN.CH. 2000**; le development folliculaire chez la vache .2.mécanisme hormonaux au cours du cycle et du post partum.Ann.Med.Vet ,144/385-404.
- (24) **HUMBLLOT.P et GRIMARD.1996**; endocrinologie du post partum et facteurs influençant le rétablissement de l'activité ovarienne chez la vache.Point vet,28.numéro spécial,73-81
- (25) **SAUMANDE. J.1991**; La folliculogenèse chez les ruminants.Rec.Med.Vet .167.205.218.
- (26) **DRIANCOURT. M.A, GOUGEON. A, MONNIAUX. D, ROYERE. D, THIBAUT. C, 2001**; Folliculogenèse et ovulation. In: La reproduction chez les mammifères et l'homme. Thibault C., Levasseur M.C., (Eds), Ellipses, Paris, France, 316-347.
- (27) **DRION. P.V, ECTORS. F.J, HANZEN. C, FOUTAIN. J.Y, LONERGAN. P, BECKERS. J.F. 1996**; Régulation de la croissance folliculaire et lutéale. II : Ovulation, corps jaune et lutéolyse.Point Vet ,28(N° spécial),893-900.
- (28) **MANEESH. T, PETER. E.J, ANNELEEN. V. V, JYH-CHERNG. J, DAVID. S, WILLIAM. T.M, LEVINE. H, ECHELARD. Y. 2000**; Developmental Competence of juvenile Calf Oocytes In Vitro and In Vivo: Influence of Donor Animal Variation and Repeated Gonadotropin Stimulation. Biology of reproduction, 62: 206-213.
- (29) **HANZEN.Ch, LOURITE, DRION. P.V 2000**; le développement folliculaire chez la vache. L'aspect morphologique cénétique.Ann.MED.VET.144, 223-235.
- (30) **SNOW. M.H.L, MONK. M.1986**; Emergence and migration of mouse primordial germ cells. In McLaren A, Wylie CC. (Eds). Cambridge University Press, 1983, 115-135. SPICER L.J., ECHTERKAMP S.E. Ovarian follicular growth, function and turnover in cattle: a review. J.Anim.Sci, 62, 428-451.
- (31) **WITSCHI. E. 1948**; Migration of the germ cells of human embryos from the yolk sac to the primitive gonadal fold. Contrib. Embryol., 32, 67-80.

- (32) **FUJIMOTO. T, YOSHINAGA. K, KONO. I. 1985**; Distribution of fibronectin on the migratory pathway of primordial germ cells in mice. *Anat. Rec.*, 211, 271-278.
- (33) **ERICKSON B.H. 1996a**; Development and radio-response of the prenatal bovine ovary. *J.Reprod.Fert.*, a, 10, 97-105.
- (34) **RUSSE. I. 1983**; Oogenesis in cattle and sheep. *Bibl.Anat.*, 24, 77-92.
- (35) **WANDJIS.A, FORTIER.M.S, SIURAND.M.A.1992**; differential response to gonadotropines E2 in ovarian tissue during prenatal and post natal development, *Biol.Reprod.*, 46:1034-1041.
- (36) **WESTERGARD.L, CELLEESEN.H, HYTTEL L.1985**; meiosis inducing substances (MIS) in bovine preovulatory follicules, 20:217-221.
- (37) **BYSKOV. A.G.1979**; Regulation of meiosis in mammals. *Ann. Biol. Anim. Biochem. Biophys.* , 19,1251-1261.
- (38) **ERICKSON. B.H .1966b**; Developmental and senescence of the postnatal bovine ovary. *J.Anim.Sci.*, b, 25, 800-805.
- (39) **WASSARMA. P. 1989**; The mammalian ovum. In the physiology of reproduction. Knobil E. D. Neil J. Eds 1 : 69-102.
- (40) **AGBA. C.K.1975**; Particularités anatomiques et fonctionnelles des organes génitaux chez La femelle zébu. Thèse doctorat vétérinaire, Dakar, n°012.
- (41) **WEBB.R, GARNSWORTHY.C, GONG.J.G, ARMESTRONG.D.G.2004**; Control of follicular growth local interactions and nutritional influences. *Journal of animal science*.82 (E.Suppl):E63-E74.
- (42) **ENNUYER. M. 2000**; Les vagues folliculaires chez la vache.Applications pratiques à la maîtrise de la reproduction. *Point.Vét.*, 31,377-383
- (43) **ADAMS. G.P, EVANS. A.C.O, RAWLINGS. N.C.1994**; Follicular waves and circulating gonadotrophins in 8-month-old prepubertal heifers. *J.Reprod.Fert.*, , 100, 27-33.
- (44) **LAVOIR. M, FORTUNE. J.E.1990**; Follicular dynamics in heifers after injection of PGF2a during the first wave of follicular development. *Theriogenology*, 33, 270 (Abstract).
- (45) **GINTHER. O.J, KASTELIC. J.P, KNOPF. L. 1989**; Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. *Anim.Reprod.Sci.*, a, 20, 187-200
- (46) **MAULEON. P, PELLETIER. J. 1964**; Variations génétiques du fonctionnement hypophysaire de trois souches de rattes immatures relations avec la fertilité. *Ann. Biol. Bich. Biophys.* 4 : 105-112.
- (47) **THIBAUT. C., LEVASSEUR. M.C. 1979** ; La fonction ovarienne chez les mammifères. *Actualités scientifiques et agronomiques INRA*: 99 p.

- (48) **GREENWALD. G.S, TERRANOVA. P.F. 1988**; Follicular selection and its control. In : Physiology of reproduction. E. Knobil and L. Neill.eds 11 387-446
- (49) **HIRSHFIELD. A.N.1989**; Rescue of atretic follicles in vitro and in vivo. Biol.Reprod. , 40, 181-190.
- (50) **HUGHES. F.M, GOROSPE. W.C. 1991**; Biochemical identification of apoptosis (programmed cell death) in granulosa cells: evidence for a potential mechanism underlying follicular atresia. Endocrinology; 129, 2415-2422.
- (51) **KRUIP. TAM, DIELEMAN. SJ. 1982**; Macroscopic classification of bovine follicles and its validation by micro morphological and steroid biochemical procedures. Reprod. Nutr. Develop. 22, 465-473.
- (52) **MARIANNA. J.C, MONNIAUX. D., DRIANCOURT. M.A, MAULEON. P. 1991**; Folliculogenesis. Dans: « Reproduction in Domestic Animals », Fourth Ed. Cole H.H. & Cupps P.T., Ac. Press, New York. 119-171.
- (53) **IRELAND. J.J, ROCHE. J.F.1982**; Development of antral follicles in cattle after prostaglandin-induced luteolysis: changes in serum hormone, steroids in follicular fluid and gonadotrophin receptors.Endocrinology, 111:2077.
- (54) **MEIDAN. R, ALTSTEIN. M, GIRSH. E. 1992**; Biosynthesis and release of oxytocin by granulosa cells Derived from preovulatory bovine follicles. Effects of forskolin and insulin-like growth factor-1. Biol.Reprod., 46, 715-720.
- (55) **DRIANCOURT. M.A, BODIN. L, BOOMAROV. O, THIMONNIER. J, ELSEN. J.M. 1990**; Number of mature follicles ovulating after a challenge of human chorionic gonadotrophin in different breeds of sheep at different physiological stages. J.Anim.Sci., 68, 719-724.
- (56) **HIRSHFIELD. A.N.1991**; Development of follicles in the mammalian ovary. Intern. Rev.Cytol, 124, 43-101
- (57) **LUSSIER. J, MATTON. P, DUFOUR. J.J.1987**; Growth rates of follicles in the ovary of the cow. J.Reprod.Fert, 81, 301-307
- (58) **REED. M, BURTON. F. A, VAN DIEST. P. A. 1979**; Ovulation in the guinea-pig. I. The ruptured follicle. *J Anat* 128, 195-206.
- (59) **HUNTER. R.H.F. 1980**; Physiology and Technology of reproduction in Female Domestic Animals. Academic Press, 1- 225.
- (60) **LEYMARIE. P, MARTAL. J. 2001**; Du corps jaune cyclique au corps jaune gestatif. Dans: Thibault et Levasseur (Edits). La reproduction chez les mammifères et l'homme. Ellipses, INRA, Paris, pp. 477- 503.

- (61) NISWENDER. G.D, JUENGEL. J.L, SILVA. P.J. 2000; Mechanisms controlling the function And life span of the corpus luteum. *Physiol Rev.*, 80: 1-29.
- (62) WETTMANN.R.P, LOOPER.M.L, WARNNER.M.L, PRADOT, MORGAN.G.L. 1998; estrous behavior and time of ovulation in beef cows during the summer. Animal science research report Oklahoma state university.227-231.
- (63) ALVAREZ. P, SPICER. L. J, CHASE. C. C, PAYTON. M. E, HAMILTON. T. D, STEWART. R. E, HAMMOND. A. C, OLSON. T. A. 2000; WettemannOvarian and endocrine characteristics during an estrous cycle in Angus, Brahman, and Senepol cows in a subtropical environment *J Anim Sci.* 78:1291-1302.
- (64) BURKE. C. R, DAY. M. L, BUNT. C. R, MACMILLAN. K. L. 2000; Use of a small dose of estradiol benzoate during diestrus to synchronize development of the ovulatory follicle in cattle. *J. Anim. Sci.* 78, 145-151.
- (65) THIJSEN. JM, HERZOG. K, WEIJERS. G, BROCKHAN-LUEDEMANN. M, STARKE. A, NIEMANN. H, BOLLWEIN. H, KORTE. C.L. 2011; Ultrasound image analysis offers the opportunity to predict plasma progesterone concentrations in the estrous cycle in cows: A feasibility study. *Anim Reprod Sci.* (1-2) : 7-15.
- (66) HERZOG.K, BROCKHAN-LUEDEMAN.M, KASKE.M, BEINDORFF.N, PAUL.V, NIEMANN.H. 2010; luteal blood flow is a more appropriate indicator for luteal function during the bovine estrus cycle than luteal size (abstract).
- (67) NDIAYE.1990; progestéronémie et cycles sexuelles chez la vache NDAMA et GOBRA au Sénégal.
- (68) MEYER, YESSO. 1991; courbe de progestérone plasmatique du cycle œstral chez la race taurines trypanotolérante de Côte d'voire. *Revue d'élevage et médecine vétérinaire ses pays tropicaux*, 44(2):193-198.
- (69) PITALAT .W, BOLY.H, ZONGO.M, COULIBALY.I, NOELITA.M, SAWANDOGO. L, LEROUY.P, BECKERS .J.F. 2004; application de l'échographie à l'étude de la dynamique folliculaire à l'oestrus induit chez les femelles zébu (Goudali). *Tropicultura*.
- (70) SARTORI. R, BARROS. C.M. 2011; Reproductive cycles in *Bos indicus* cattle. *Anim. Reprod. Sci.* doi:10.1016/j.anireprosci.2011.02.006 article in press
- (71) SAHRAOUI .N, BRAHIMI.M.2009; réponse des vaches locales Cheurfa au traitement de synchronisation et d'induction des chaleurs GnRH-PG-GnRH. mémoire PFE.
- (72) NIASSARI-NASLAJIA, SARHADDLF, NAJIA, ANGURANIA, DAMAVANDLY.1999; ovarien follicular dynamics in *bos indicus* *theriogenology*,51,307.

- (73) **Wael. M.B. 2003**; Noseir Ovarian follicular activity and hormonal profile during estrous cycle in cows: the development of 2 versus 3 waves. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 1- 50
- (74) **Twagiramungu.H, Guibault.L.A, Proulx.J, Dufour.J.J.1992**; synchronization of oestrus and fertility in beef cattle with two injections of buserelin and prostaglandin. *Theriogenology*, **38**, 1131-1144.
- (75) **Duffy. P, Crowe. M.A, Austin. E.J, Mihm. M, Boland. M.P, Roche. J.F. 2004**; The effect of eCG or estradiol at or after norgestomet removal on follicular dynamics, estrus and ovulation in early post-partum beef cows nursing calves. *Theriogenology*, 61, 725-734.
- (76) **Jaiswal. R.S, Singh. J, Marshall. L, Adams. G.P. 2009**; Repeatability of 2-wave and 3-wave patterns of ovarian follicular development during the bovine estrous cycle *Theriogenology* 72 81–90
- (77) **Roelofs.J.B, Bouwman.E.G, Dieleman.S.J, Frank.J.C.M, Eerdenburg.V, Lucia.M.T.E, Kaal-Lansbergen, Soede.N.M, Kemp.B.2004**; influence of repeated rectal ultrasound. *Theriogenology* 2004;62(7):1337-52
- (78) **Kahn.W. 1994**; examen échographique des bovins. In : Atlas de diagnostics échographiques. Ed Maloine, Paris, 1994. Pages : 83-185.
- (79) **Taylor, Rajamahendran.1991**; follicular dynamics, corpus growth and regression in lactating dairy cattle (*Canadian journal of animal science*),pages 61-68.
- (80) **Gayrard P.V, Hagen.N, Toutain.P. L. 2000** ; l'échographie de l'appareil génitale de la vache page 37.
- (81) **Beckers.Jean-Francois .M.1975**; endocrinologie: le dosage radio-immunologique de la progestérone plasmatique chez la vache.
- (82) **Adams.G.P, Jaiswal.R, Singh.J, Malhl.P.2008**; progress in understanding ovarian follicular dynamics in cattle. *Theriogenology*, 69,(1), 72-80.
- (83) **Diaz.T, Manzo.M, Troconiz.J, Benacchio.N, Veral.O.1986**; plasma progesterone levels during the estrus cycle of Holstein and Brahman cows, carora type and cross –bred heifers, volume 26 ,page 419-432.
- (84) **Adams G. P. 1999**; Comparative patterns of follicle development and selection in ruminants. *J.Reprod. Fertil.* 54, 17-32.
- (85) **Gaur, Purohit. G. N. 2007**; Follicular dynamics in Rathi (*Bos indicus*) cattle. *Veterinarski Arhiv.*77(2):177-186