

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE SUPERIEUR ET DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

---

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE  
DE BOBO-DIOULASSO

---

UNIVERSITE DE  
OUAGADOUGOU

---

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL  
(I D R)

---

UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHES  
EN SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE  
(UFR/SVT)

---

CENTRE DE RECHERCHE ET DE FORMATION  
AGRICOLE DE GAMPÉLA

---

LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE DE LA  
REPRODUCTION

---

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

Présenté en vue de l'obtention du

**DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL**

Option : **Elevage**

**THEME :**

**Comportement sexuel et maturation folliculaire chez le  
zébu Goudali au Burkina Faso**

Directeur de mémoire

et Maître de stage : **Pr Hamidou BOLY**

## DEDICACE

*A la mémoire de mon Père*

*A la mémoire de ma Mère*

*A mes Frères et Sœurs pour l'affection qui nous lie.*

## REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail qu'il me soit permis d'adresser mes remerciements et ma reconnaissance :

Au Professeur **Hamidou BOLY**, Directeur et Maître de stage de ce Mémoire

Vous m'aviez proposé le sujet de ce travail que vous aviez suivi avec un intérêt particulier. Par votre souci constant du travail bien fait, votre disponibilité et votre expérience, vous m'avez guidé jusqu'à l'aboutissement de ce travail. Vous m'avez appris à me servir des connaissances théoriques que j'ai reçues de vos enseignements. Recevez ici toute ma profonde reconnaissance et mes hommages respectueux..

Au Dr **ZONGO** Moussa et **PITALA** Weré en année de thèse

Vous avez partagé tous les jours vos connaissances avec moi et vous m'aviez orienté tout au long de mon travail. J'ai donc trouvé auprès de vous disponibilité et compréhension. Si ce travail peut être pour vous une récompense car les mots sont peu forts pour vous exprimer la marque émotionnelle que vous laissez en moi au terme de ce travail.

A tout le corps professoral de l'Institut du Développement Rural qui se surpasse tous les jours et toutes les années pour communiquer leurs connaissances et leurs expériences aux étudiants.

A tous mes promotionnaires d'Université et amis en particulier **BA Yaya**, **BOUNDAGO** Mansour, **MIHIN** Mathias, **OUEDRAOGO** Amado, **SAVADOGO** Patrice, **SEREME** Drissa, **TRAORE** Abdoulaye en témoignage des longues années d'études et des moments pathétiques, inoubliables et pleins d'enseignements passés ensemble.

A mes aînés **LAKOUETENE** Tony, **SANON** Guillaume et **SOUDRE** Albert qui viennent de finir leur DEA, vous aviez chacun à sa manière collaboré à la réalisation de ce travail, soyez rassuré de ma reconnaissance.

A monsieur **LAKOUANDE** Luc et son équipe à Gampéla pour leur disponibilité et leur écoute.

A mes frères et sœurs particulièrement monsieur Abdel Karim KONATE pour les multiples fois qu'ils m'ont soutenu et encouragé sur mon parcours d'étudiant. Recevez ici l'expression de mes sentiments fraternels.

Ce travail a été réalisé grâce au soutien financier et matériel de la coopération Belge à travers le projet inter universitaire **CUIF/SPA**. J'adresse ma profonde reconnaissance aux hommes et aux femmes qui font de ce projet un véritable instrument d'appui à la formation des étudiants de l'Institut du Développement Rural..

## Liste des tableaux

	Pages
Tableau I : Production laitière des zébus Goudali estimée par différents auteurs.....	5
Tableau II : Quelques paramètres de reproduction du zébu Goudali.....	7
Tableau III : Vitesse de propagation des ondes sonores et densité pour différents milieux....	25
Tableau IV : Nombre moyen des follicules de différent diamètre déterminé <i>in vivo</i> par échographie et par dissection folliculaire.....	30

## Liste des figures

Figure 1 : Topographie des organes génitaux de la vache.....	11
Figure 2 : Classification histologique des follicules ovariens.....	16
Figure 3 : Régulation de la croissance folliculaire.....	18
Figure 4 : Schéma décrivant les notions de recrutement, de sélection et de dominance.....	20
Figure 5 : Quelques types d'appareils d'échographie utilisés chez les animaux.....	22
Figure 6 : Formation des images en mode B.....	25
Figure 7 : Fonctionnement d'une sonde, émission et réception des ondes sonores.....	27
Figure 8 : Les relations entre les différentes composantes d'un échographe.....	28
Figure 9 : Matériel d'échographie utilisé.....	33
Figure 10 : Principaux comportements d'œstrus de femelles zébu Goudali.....	39
Figure 11 : Distribution des délais d'apparition de l'œstrus.....	40
Figure 12 : Distribution des durées d'œstrus.....	41
Figure 13 : Durée de l'œstrus en fonction du poids.....	41
Figure 14 : Nombre de chevauchements en fonction du délai d'apparition de l'œstrus.....	42
Figure 15 : Distribution des chevauchements pendant l'œstrus.....	43
Figure 16 : Les différents follicules observés au cours de l'œstrus.....	44
Figure 17 : Follicules observés en croissance terminale.....	44

## Liste des photos

Photo 1 : Vache de race zébu Goudali.....	5
Photo 2 : Taureau de race zébu Goudali.....	5
Photo 3 : Sondes linéaires.....	23
Photo 4 : Sondes sectorielles.....	23

## LISTE DES CYCLES ET ABREVIATIONS

- g	: gramme
-%	: Pourcentage
-µm	: micromètre
-°C	: Degré Celsius
-Av. J.C	: Avant Jésus Christ
-CIUF/SPA	: Coopération Universitaire Institutionnelle Universités Francophones de Belgique/ Santé et Production Animale.
-cm	: Centimètre
-FSH	: Folliculo-Stimulating Hormon
-g/cm <sup>3</sup>	: Gramme par centimètre cube
-GnRH	: Gonadotrophin Releasing Hormon
-h	: Heure
-IM	: IntraMusculaire
-j	: Jour
-Kg	: Kilogramme
-KHz	: Kilohertz
-Km	: Kilomètre
-LH	: Luteinizing Hormon
-m/s	: Mètre par seconde
-MAD	: Matière Azotée Digestible
-MHz	: Mégahertz
-min	: minute
-mm	: Millimètre
-P < 0. 5	: Probabilité inférieure à 5 %
-PGF2α	: Prostaglandine F2 alpha
-pH	: Potentiel Hydrogène
-PMSG	: Pregnant Mare Serum Gonadotrophin
-s	: Seconde
-UF	: Unité Fourragère
-UI	: Unité Internationale
-US	: Ultrasons

## RESUME

Seize génisses zébus Goudali (*Bos indicus*) dont l'âge varie de trois à quatre ans avec un poids moyen de  $245 \pm 47,02$  kg ont été synchronisées au moyen d'implants de progestagène combinés à la prostaglandine et à la PMSG en zone périurbaine de Ouagadougou. Les animaux ont été repartis en deux lots après l'apparition des chaleurs. Les animaux du lot 1 ( $n = 9$ ) ont été utilisés pour déterminer le nombre de chevauchements pendant l'œstrus. Les animaux du lot 2 ( $n = 7$ ) ont été soumis aux examens échographiques pour évaluer le moment de l'ovulation après le début des chaleurs. L'observation visuelle, continue et directe a été utilisée pour détecter les chaleurs et observer les comportements d'œstrus. L'œstrus est caractérisé par le délai d'apparition des chaleurs après arrêt du traitement, sa durée, et par le nombre de chevauchements. Toutes les femelles soumises au protocole d'induction ont manifesté des comportements de chaleur dans les 48 heures qui ont suivi l'arrêt du traitement. Le délai moyen d'apparition de l'œstrus est de  $30,4 \pm 4,8$  heures après retrait des implants, la durée moyenne de l'œstrus est de  $12,1 \pm 2,4$  heures. La durée de l'œstrus est influencée par le format des animaux avec une tendance à la hausse chez les animaux de plus de 200 kg. Le nombre moyen de chevauchements est  $12,7 \pm 9,8$ . Le nombre de chevauchements varie en fonction du délai de venue en chaleur. Après l'apparition des chaleurs, les ovaires ont été examinés par échographie transrectale toutes les 4 heures pour déterminer le moment de l'ovulation. Le nombre moyen de follicules dominants ( $\geq 8$  mm) est  $1,8 \pm 0,8$  follicules sur l'ensemble des observations échographiques. Les ovulations ont eu lieu en moyenne à  $24,5 \pm 2,8$  heures après le début des chaleurs avec  $10,1 \pm 1,3$  mm comme taille maximale moyenne des follicules ovulatoires. Les comportements d'œstrus et la croissance folliculaire n'ont pas été suivis d'ovulation chez 28,6 % des femelles.

**Mots clés :** comportement d'œstrus, échographie, ovulation, synchronisation, Zébu Goudali.

**TABLE DES MATIERES**

Pages

Remerciements.....	I
Liste des tableaux, des figures et des photos.....	III
Liste des sigles et abréviations.....	IV
Résumé.....	V
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE.....</b>	<b>2</b>
<b>CHAPITRE I : PRESENTATION DU ZEBU GOUDALI.....</b>	<b>3</b>
<b>I. 1. LES ORIGINES DES ZEBUS D'AFRIQUE.....</b>	<b>3</b>
<b>I. 2. LES ORIGINES DU ZEBU GOUDALI.....</b>	<b>3</b>
<b>I. 3. DESCRIPTION DES CARACTERES PHYSIQUES DU ZEBU GOUDALI.....</b>	<b>4</b>
<b>I. 4. PERFORMANCES DE PRODUCTION DU ZEBU GOUDALI.....</b>	<b>5</b>
I. 4. 1. Performance laitière.....	5
I. 4. 2. Performance bouchère.....	6
I. 4. 3. Performance au travail.....	6
<b>I. 5. PARAMETRES DE REPRODUCTION DE LA FEMELLE ZEBU.....</b>	<b>6</b>
I. 5. 1. L'âge à la puberté.....	6
I. 5. 2. L'âge au premier vêlage du zébu Goudali.....	7
<b>CHAPITRE II : ANATOMIE TOPOGRAPHIQUE ET PHYSIOLOGIE DES ORGANES GENITAUX DE LA FEMELLE BOVINE.....</b>	<b>8</b>
<b>II. 1. LES OVAIRES DE LA FEMELLE BOVINE.....</b>	<b>8</b>
II. 1. 1. Morphologie des ovaires.....	8
II. 1. 2. Topographie des ovaires.....	8
<b>II. 2. LE TRACTUS GENITAL DE LA FEMELLE BOVINE.....</b>	<b>9</b>
II. 2. 1. Les oviductes (trompes de Fallope).....	9
II. 2. 2. L'utérus.....	10
II. 2. 3. La portion copulatrice.....	10

<i>II. 2. 3. 1. Le vagin</i> .....	10
<i>II. 2. 3. 2. Le vestibule vaginal</i> .....	11
<i>II. 2. 3. 3. La vulve</i> .....	11
<b>II. 3. PHYSIOLOGIE DU CYCLE SEXUEL DE LA FEMELLE ET LES DIFFERENTES PHASES</b> .....	<b>11</b>
II. 3. 1. Le pro-œstrus ou la maturation folliculaire.....	12
II. 3. 2. L'œstrus ou chaleur.....	12
II. 3. 3. Le post-œstrus ou la phase lutéale.....	13
II. 3. 4. Le méta-œstrus ou involution du corps jaune.....	13
<b>II. 4. LA REGULATION HORMONALE DU CYCLE SEXUEL</b> .....	<b>14</b>
<b>CHAPITRE III : LA FOLLICULOGENESE</b> .....	<b>15</b>
<b>III. 1. LA CROISSANCE FOLLICULAIRE</b> .....	<b>15</b>
III. 1. 1. Les follicules primordiaux.....	15
III. 1. 2. Les follicules primaires.....	15
III. 1. 3. Les follicules secondaires.....	15
III. 1. 4. Les follicules tertiaires.....	16
III. 1. 5. Le follicule mûr ou follicule de De Graaf.....	16
<b>III. 2. LA REGULATION DE LA CROISSANCE FOLLICULAIRE</b> .....	<b>17</b>
III. 2. 1. Première période de la régulation.....	17
III. 2. 2. Deuxième période de la régulation.....	17
<b>III. 3. DYNAMIQUE DE LA CROISSANCE FOLLICULAIRE</b> .....	<b>18</b>
III. 3. 1. Le recrutement.....	18
III. 3. 2. La sélection.....	19
III. 3. 3. La dominance.....	19
<b>CHAPITRE IV : ECHOGRAPHIE</b> .....	<b>21</b>
<b>IV. 1. HISTORIQUE DE L'ECHOGRAPHIE</b> .....	<b>21</b>
<b>IV. 2. LES COMPOSANTES D'UN ECHOGRAPHE</b> .....	<b>22</b>
<b>IV. 2. 1. Les différents types de sondes</b> .....	<b>22</b>
IV. 2. 1. 1. Sondes linéaires.....	23
IV. 2. 1. 2. Sondes sectorielles.....	23
IV. 2. 1. 3. Choix d'une sonde pour réaliser un examen échographique.....	24
<b>IV. 2. 2. Caractéristiques de l'onde sonore</b> .....	<b>24</b>
IV. 2. 2. 1. Emission des ultrasons par la sonde.....	26
IV. 2. 2. 2. Formation des échos.....	26

IV. 2. 3. Fonctionnement de l'échographe.....	27
IV. 3. ECHOGRAPHIE DES STRUCTURES OVARIENNES.....	29
<b>DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE.....</b>	<b>31</b>
<b>CHAPITRE I : MATERIEL.....</b>	<b>32</b>
I. 1. Le site expérimental.....	32
I. 2. Les animaux.....	32
I. 3. Matériel technique utilisé dans l'étude.....	33
I. 3. 1. Appareillage d'échographie.....	33
I. 3. 2. Le matériel de synchronisation.....	33
<b>CHAPITRE II : METHODE.....</b>	<b>34</b>
II. 1. Traitements.....	34
II. 2. Détection des chaleurs.....	34
II. 3. Préparatifs de l'examen échographique des ovaires.....	35
→ <i>Contention des animaux.....</i>	<i>35</i>
→ <i>Installation du matériel d'échographie.....</i>	<i>35</i>
II. 4. Examen échographique des ovaires.....	35
II. 5. Analyse des données.....	36
<b>TROIXIEME PARTIE : RESUSULTATS ET DISCUSION.....</b>	<b>37</b>
<b>CHAPITRE I : RESULTATS.....</b>	<b>38</b>
I. 1. Induction et comportements d'œstrus des femelles zébus Goudali.....	38
I. 2. Durée de l'œstrus.....	40
I. 3. Nombre de chevauchements.....	42
I. 4 Suivi de la croissance des folliculaire.....	43
<b>CHAPITRE II : DISCUSSION.....</b>	<b>45</b>
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>49</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>50</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>61</b>

## INTRODUCTION

Les biotechnologies de la reproduction notamment l'insémination artificielle sont de plus en plus utilisées dans les pays en voie de développement comme outil d'amélioration génétique et de prophylaxie (Chicoteau, 1990 ; Thibier, 1992 ; Boly *et al.*, 2000). Les protocoles utilisés se réfèrent aux données obtenues à partir des travaux réalisés dans les pays développés (Europe, USA). Les résultats obtenus de l'application des biotechnologies sont faibles. Les taux de réussite des inséminations artificielles sont le plus souvent inférieurs à 30 % (Hardin *et al.*, 1980 ; Landivar *et al.*, 1985 ; Zongo *et al.*, 2001).

Les causes de ces faibles taux de succès sont diverses et reposent fondamentalement sur l'absence de données précises sur la fonction de reproduction des zébus (*Bos indicus*) notamment sur les caractéristiques des chaleurs induites et les périodes d'ovulation. Il est par ailleurs évident que les conditions du milieu comme la température, l'alimentation et la santé affectent la fertilité du zébu (Zakari, 1981 ; Voh *et al.*, 1987). La mise en œuvre pratique des différents programmes est confrontée à la détermination du moment optimum pour réaliser l'insémination artificielle. De nombreux travaux effectués sur la reproduction des zébus indiquent que cette race présente des chaleurs naturelles discrètes et de courte durée (Ralambofiringa, 1978 ; Mattoni *et al.*, 1989 ; Galina et Arthur, 1989. 1990). Par ailleurs les travaux réalisés sur les chaleurs synchronisées reposent le plus souvent sur les observations de comportements sexuels et sur les dosages hormonaux (Gouro, 1988 ; Cissé, 1993 ; Cavalieri *et al.*, 1998). La croissance folliculaire et ses relations avec l'ovulation après induction des chaleurs ont été rarement étudiées chez la femelle zébu.

La présente étude vise à apprécier de manière directe la croissance folliculaire après un traitement d'induction des chaleurs à l'aide de progestagènes associés à la prostaglandine et à la PMSG par le suivi échographique. L'échographie est une méthode d'étude de la fonction ovarienne par la visualisation des structures sur un écran cathodique. Cette technique utilise des ondes de hautes fréquences pour produire les images des structures situées directement sous la sonde. Elle est non invasive et non stressante Pierson et Ginther (1988). En outre, l'étude apprécie les caractéristiques de l'œstrus induit notamment celle du délai d'apparition, de la durée et le nombre de chevauchements chez la femelle zébu Goudali.

Ce document qui présente les résultats des travaux s'articule sur trois parties :

- Une première partie est consacrée à la revue bibliographique ;
- Ensuite une deuxième partie traite du matériel et des méthodes ;
- Enfin la troisième partie est consacrée aux résultats et discussion.

PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

## CHAPITRE I : PRESENTATION DU ZEBU GOUDALI

### I. 1. LES ORIGINES DES ZEBUS D'AFRIQUE

L'origine des bovins africains est mal connue et fait l'objet de nombreuses spéculations qui s'accordent sur son origine commune avec les autres bovins du monde qui serait la Mésopotamie (entre le Tigre et l'Euphrate) dans l'Iran en Asie. Les bovins ont été domestiqués en 6500 Av. J-C et les flux migratoires vers l'Afrique ont abordé le continent par le Delta du Nil et ont concerné d'abord les bovins hamilitiques (*Bos taurus*). Le zébu (*Bos indicus*) semble avoir été domestiqué quelques 1000 ans après les taurins dans une région qui correspond à l'actuel Afghanistan. Les zébus ou bovins à bosse doivent leur forme à une adaptation à la désertification qui aurait frappée ces régions. Ces bovins auraient migrés ensuite vers l'Inde, la Malaisie et le Sri Lanka. Leur pénétration en Afrique par le Delta du Nil a été plus tardive soit vers 2000 Av. J-C. Les zébus migreront encore à environ 1000 Av. J-C vers la vallée du Nil et la corne de l'Afrique d'où ils atteindront l'Afrique Centrale et Occidentale. La distribution historique des zébus à travers l'Afrique de l'Ouest est également mal connue, il semble qu'ils sont entrés en Afrique de l'Ouest il y a plus d'un million d'années et se sont répandus du Sénégal à la Gambie le long de la limite du désert (McDonald et McDonald, 1999). Le zébu Goudali tout comme les autres zébus a une origine historique très peu précise.

### I. 2. LES ORIGINES DU ZEBU GOUDALI

Le Goudali est l'un des zébus (*Bos indicus*) rencontré en Afrique de l'Ouest et connu sous différentes appellations (Goudali, Sokoto Goudali, Bokolodji). Son origine ethnologique a été décrite par de nombreux auteurs (Mason, 1951 ; Domingo, 1976). Pour ces auteurs, le zébu Goudali appartient au groupe des zébus à courtes cornes et ressemble aux zébus Boran de l'Afrique Centrale laissant supposer une origine commune avec les zébus à courtes cornes d'Inde et du Pakistan. De même, les grandes voies de migration suivies par ce zébu jusqu'à son berceau actuel au Nigeria et dans certaines régions du Cameroun ont été décrites par Bisschop (1937) cité par Joshi *et al.* (1957). Le berceau du zébu Goudali est donc constitué par le Nord-ouest du Nigeria, principalement le Nord-est de la province qui lui donnera son nom c'est-à-dire Sokoto et celles environnantes du Cameroun (Domingo, 1976 ; Ngere, 1985). Il existe deux types de zébus Goudali :

- le premier type est rencontré dans la province de Sokoto au Nigeria et dans certaines parties du Niger c'est-à-dire dans les zones situées entre 12 et 15 degrés latitude nord et le 30 et 7 degrés longitude est. Ce type se caractérise par une couleur de robe presque uniforme pouvant être du froment, du gris clair ou du blanc sale. On note quelques fois l'apparition de tâches gris sombre au niveau de la tête, du cou, des épaules, aux extrémités des pattes et de la queue. Le taureau de ce Goudali présente très souvent une couleur grise sombre sur toute la surface du garrot jusqu'au cou.

- l'autre type rencontré dans la province d'Adamawa, de Mambila et certaines parties du Cameroun présente des couleurs de robes plus variées. Les robes couramment rencontrées sont blanches, noires, rouges et brunes (Ngere, 1985).

### **1.3. DESCRIPTION DES CARACTERES PHYSIQUES DU ZEBU GOUDALI**

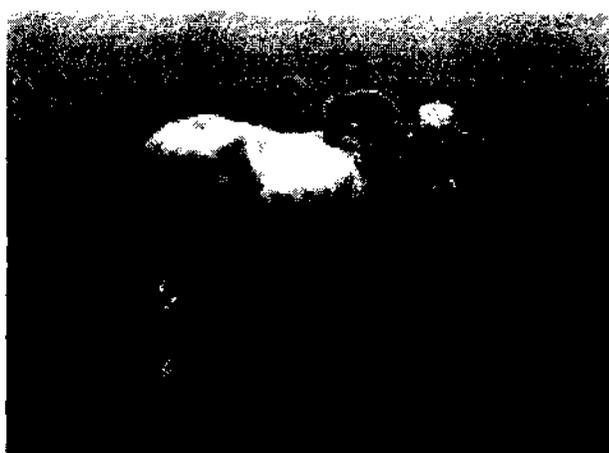
Le zébu Goudali est un animal de format moyen tant dans son berceau qu'ailleurs (Joshi *et al.*, 1957 ; Epstein, 1971 ; Domingo, 1976). Il a un corps ramassé, avec un développement bien proportionné des différentes parties (Photo 1 et 2). Les estimations de nombreux auteurs (Ryall cité par Joshi *et al.*, 1957) ; Payne, 1970 ; Epstein, 1971 ; Domingo, 1976) donnent une hauteur au garrot moyenne de 136,25 cm et un poids de 530,5 kg chez le taureau. La femelle a une hauteur au garrot moyenne de 126,5 cm et un poids de 325 kg en moyenne.

Sur le plan de la morphologie la tête du zébu Goudali est longue, large, rectiligne et quelques fois elle peut être convexe. Le chignon est bien assorti, le chanfrein droit, les oreilles sont légèrement pendantes, longues et larges. Chez le taureau Goudali, les cornes sont courtes et dressées alors qu'elles sont légèrement plus longues chez la femelle. On peut souvent noter l'absence des cornes chez la femelle et le mâle. La forme des cornes est souvent variable aussi bien chez le mâle que chez la femelle.

Le cou de l'animal est court, robuste, avec un fanon et un repli ventral très développé. Le fanon commence depuis le menton et s'étend jusqu'au fourreau qui est lui-même pendant. Le fourreau est très pendant chez le taureau Goudali. La bosse est bien développée surtout chez le mâle ; le profil du dos est légèrement convexe. La queue est longue, les reins sont bien développés chez le mâle. Toutes ces caractéristiques convergent et confèrent à la race Goudali de bonnes aptitudes aussi bien bouchères que laitières.



**Photo 1** Vache de race zébu Goudali  
(Boly et Leroy, 2001)



**Photo 2** Taureau de race zébu Goudali  
(Boly et Leroy, 2001)

#### I. 4. PERFORMANCES DE PRODUCTION DE LA RACE GOUDALI

##### I. 4. 1. Performance laitière

Les vaches Goudali ont de bonnes aptitudes laitières (Joshi *et al.*, 1957 ; Domingo, 1976 ; Gandah, 1989). De nombreux travaux réalisés à la station d'élevage de Shika au Nigeria ont confirmé cette appréciation en plusieurs centaines de lactations. La quantité de lait produite par lactation se situe le plus souvent entre 1 000 et 1 500 kg pour une durée de lactation de 225 jours en moyenne comme l'indique le tableau I.

Tableau I - *Production laitière des zébus Goudali estimée par différents auteurs*

Rendement par lactation (kg)	Durée de la lactation (jours)	Auteurs
1 065	230	Joshi <i>et al.</i> , 1957
1 500	230-300	Epstein, 1971
1 000-1 100	230	Gandah, 1989
344 -1 529	140	Tawah et Mbah, 1993

**Source** : Joshi *et al.* (1957) ; Epstein (1971) ; Gandah, (1989) ; Tawah et Mbah (1993)

#### **I. 4. 2. Performance houchère**

Les observations faites à la station de Shika au Nigeria indiquent que le zébu Goudali s'engraisse facilement sur pâturage. On a noté des poids à l'abattage allant de 500 à plus de 650 kg pour des mâles âgés de cinq à six ans (Joshi *et al.*, 1957). Dans les conditions alimentaires légèrement améliorées, les zébus Goudali fournissent une bonne carcasse avec un rendement en viande de 50 à 52 %. Les jeunes animaux ont un indice de croissance élevé.

#### **I. 4. 3. Performance au travail**

La conformation robuste du Goudali et sa docilité font de lui un bon animal de trait. Avec un âge au dressage intervenant vers trois ans, le zébu Goudali donne un rendement satisfaisant au travail surtout pour les travaux champêtres (Joshi *et al.*, 1957). Les aptitudes du zébu Goudali sur le triple plan (lait, viande et travail) font de cette race un animal de choix pour l'amélioration génétique des productions.

### **I. 5. QUELQUES PARAMETRES DE REPRODUCTION DE LA FEMELLE ZEBU**

#### **I. 5. 1. L'âge à la puberté**

La puberté est la période de la vie génitale marquée par le début de l'activité des gonades et la manifestation de certains caractères sexuels secondaires. Elle correspond au premier cycle évolutif qui aboutit à l'ovulation. Dans la littérature deux approches de détection de la puberté sont rapportés : la première est l'observation des premières chaleurs visibles tandis que la seconde est l'identification du premier corps progestatif par la palpation transrectale (Galina et Arthur, 1989). L'apparition de la puberté dépend non seulement de l'espèce animale mais aussi du développement corporel de l'individu (on considère qu'un mammifère atteint l'âge de la puberté quand son poids correspond aux 2/3 du poids corporel adulte normal). Chez les génisses européennes bien nourries, la maturation sexuelle se produit vers l'âge de 11 mois. Cependant le stress, la chaleur et la sous-alimentation retarde la maturation sexuelle (Wattiaux, 1996 b). L'âge à la puberté se situe autour de 30 mois chez *Bos indicus* ou parfois un peu plutôt ou plus tard (Pessinaba, 1977) ; Très peu de données sont disponibles sur l'âge à la puberté du zébu Goudali.

### I. 5. 2. L'âge au premier vêlage du zébu Goudali

Chez le zébu Goudali, le premier vêlage intervient vers l'âge de 40 mois selon les résultats de la station de Shika. Cet âge est variable et dépend de plusieurs paramètres. Le Tableau II donne quelques paramètres de reproduction du zébu Goudali dans quelques stations qui font la promotion de cette race. Le zébu Goudali posséderait certains paramètres de reproduction intéressants par rapport aux autres zébus. Ainsi, chez le zébu Azawak au Niger, la première saillie féconde intervient vers l'âge de 28 mois (Pagot, 1943 cité par Pessinaba, 1977). Ce même auteur rapporte que les génisses de race zébu Maure en zone sahélienne en élevage extensif ne sont présentées aux mâles que vers l'âge de trois à quatre ans. Agba (1975) rapporte que l'âge au premier vêlage de la plupart des zébus africains se situe au-delà de quatre ans.

Des nombreuses études faites sur cette race à la station de Shika au Nigeria (Joshi *et al.*, 1957), il ressort une carrière de vie reproductive de huit à dix lactations chez les femelles ; les mâles sont de bons reproducteurs pendant une dizaine d'année.

Tableau II - *Quelques paramètres de reproduction du zébu Goudali*

Age au 1 <sup>er</sup> vêlage (mois)	Intervalle entre vêlage (jours)	Poids à la naissance (kg)	Poids un an (kg)	Station : Production
43,4	496	22	126	Bulassa (Nigeria) : lait
48-53	511-536	24	140	C.R.Z de Wakwa
40,8	439	22	113	Dogondaji (Nigeria) : viande

**Source** : Tableau adapté d'après l'ouvrage, *Evaluation des productivités des races bovines Maure et Peul à la station du Sahel, Niono, Mali, C.I.P.E.A., 1978* et d'après Tawah et Mbah (1993).

## CHAPITRE II : ANATOMIE TOPOGRAPHIQUE ET PHYSIOLOGIE DES ORGANES GENITAUX DE LA FEMELLE BOVINE

L'appareil génital de la femelle bovine contrairement à celui du mâle, n'est pas limité à l'élaboration des gamètes et des hormones sexuelles, mais il est le siège de la fécondation, de la gestation, de la parturition et de la lactation (Vaissaire, 1977). L'étude de la morphologie et de la topographie des différents organes génitaux est nécessaire pour l'examen échographique. L'appareil génital de la femelle comprend trois portions : une portion glandulaire, une portion tubulaire et une portion copulatrice (Figure 1).

### II. 1. LES OVAIRES DE LA FEMELLE BOVINE

#### II. 1. 1. Morphologie des ovaires

Les ovaires sont des organes pairs dont la fonction double, à la fois gamétogène et endocrine, détermine le fonctionnement de tout le tractus génital. L'ovaire de la femelle zébu a la forme d'une amande aplatie latéro-médialement (Cuq et Agba, 1975 ; Zongo, 1998) avec deux pôles inégaux, cette forme peut souvent être sub-ovoïde. On distingue classiquement deux faces, une face latérale et une face médiale. Ces faces de l'ovaire sont lisses chez la génisse alors qu'elles sont de forme irrégulière chez la vache mature du fait de la présence d'organites ovariens.

Les dimensions relatives de l'ovaire de *Bos indicus* rapportées dans la littérature montrent qu'il est nettement plus petit que celui de *Bos taurus*. Les ovaires ont une forme ovale (forme d'un œuf) chez *Bos taurus* de 4 à 6 cm de longueur et 2 à 4 cm de largeur chez la vache non gestante (Wattiaux, 1996 a). Les dimensions de l'ovaire chez *Bos indicus* de 26 à 28 mm pour la longueur, 17 à 18 mm pour la largeur et enfin 13 à 14 mm pour l'épaisseur avec un poids de 2,8 à 3,7 g ont été obtenues par Agba (1975). Au cours de travaux plus récents, Zongo (1998), rapporte chez le zébu peul soudanien, les dimensions de  $2,6 \pm 0,2$  cm pour la longueur de l'ovaire et de  $1,2 \pm 0,1$  cm pour l'épaisseur.

#### II. 1. 2. Topographie des ovaires

Chez la génisse ou la jeune vache, les ovaires sont situés à l'entrée du bassin, à mi-hauteur du diamètre vertical dorso-ventral. Ils sont en rapport avec les anses inguinales voisines de la cavité pelvienne. L'ovaire droit répond en outre latéralement à l'extrémité

aveugle du cæcum. L'ovaire gauche est en rapport avec le cul-de-sac du rumen (Agba, 1975). Les ovaires sont habituellement localisés à un travers de main environ en avant et latéralement par rapport à l'extrémité antérieure du col. Leur préhension est habituellement réalisée entre l'index et le majeur de manière à pouvoir en effectuer la palpation avec le pouce. Cette préhension est effectuée en suivant les cornes jusqu'à leur extrémité.

La topographie de l'ovaire du zébu subit deux principales modifications au cours de la vie de la femelle :

- La première modification, qui a lieu durant la vie fœtale, déplace les ébauches ovariennes de la région lombaire vers la région caudale. A la naissance les ovaires sont situés à l'entrée du bassin au niveau des deux cols iléaux.
- La seconde modification est la migration gravidique. Pendant la gestation les gonades (et principalement celle qui correspond à la corne gravide) sont entraînées en direction ventro-craniale par le poids de la corne utérine, qui distend les ligaments du tractus génital. Après la gestation, les ovaires ne retrouvent pas leur position initiale. Ainsi, à chaque gestation le tractus génital s'allonge progressivement. C'est ainsi que chez la vache multipare, les cornes utérines et les ovaires en position caudale dans la cavité abdominale, subissent une migration post-gravidique (Cuq et Agba, 1975).

## **II. 2. LE TRACTUS GENITAL DE LA FEMELLE BOVINE**

### **II. 2. 1. Les oviductes (trompes de Fallope)**

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 ou préampoule en forme d'entonnoir évasé avec de nombreuses franges s'ouvrant en regard de l'ovaire par un orifice abdominal. La mobilité du pavillon au tour de l'ovaire est indispensable pour capter l'ovule libéré. Il est très important au cours de la palpation rectale de vérifier que le pavillon est bien mobile c'est à dire qu'il n'existe pas d'adhérence entre pavillon et ovaire.
- L'ampoule portion légèrement dilatée où se réalise la fécondation.
- L'isthme, portion étroite, est plus ferme et contractile.

- La portion interstitielle s'ouvrant dans la cavité utérine par l'ostium utérin. Les trois dernières portions ne dépassent guère le mm de diamètre et il est difficile de les percevoir à la palpation rectale, exception faite de cas pathologique de salpingite.

## **II. 2. 2. L'utérus**

L'utérus encore appelé matrice est le siège de la gestation, il est en continuité en amont avec les oviductes et en aval avec le vagin. L'utérus de la vache présente trois portions :

- Les 2 cornes utérines dans lesquelles débouchent les oviductes. Ces cornes sont reliées entre elles par le ligament intracornual. Les cornes sont symétriques en absence de gestation. Elles sont contractiles en période des chaleurs et en phase folliculaire et ramollies en phase lutéale et lors des pathologies utérines.

- Un corps ou cavité utérine qui est le siège de la gestation. Le corps utérin est impair et a une position médiane sur 5 à 7 cm de long.

- Un col (cervix utérin) qui fait la jonction avec le vagin. Il est impair, en position médiane avec 5 à 7 cm de longueur pour 4-5 cm de diamètre. A l'intérieur du col se trouvent 3 à 4 replis en position rétrograde qui renforcent la fermeture du col et gênent le cathétérisme.

La topographie de l'utérus varie selon l'âge et l'état physiologique de l'animal. Ainsi, chez la génisse, l'utérus se trouve entièrement contenu dans la cavité pelvienne. Chez la vache multipare, après la mise bas, l'utérus et le ligament large subissent une rétraction qui tend à les ramener à leurs dimensions initiales : on parle du processus d'involution utérine.

## **II. 2. 3. La portion copulatrice**

### ***II. 2. 3. 1. Le vagin***

Le vagin fait suite au col de l'utérus et s'interpose entre la vessie et le rectum en s'étendant du col de l'utérus à la vulve. Le vagin représente avec la vulve l'organe copulateur de la femelle. Le fond du vagin renferme le col de l'utérus qui forme une saillie bien marquée, appelée fleur épanouie. Ses dimensions sont très variables selon l'âge et l'état fonctionnel du tractus génital.

### II. 2. 3. 2. Le vestibule vaginal

Le vestibule vaginal est la partie commune au conduit uro-génital. Il prolonge caudalement le vagin vers l'arrière. Il est, chez la vache long de 10 à 12,5 cm sur sa face ventrale et de 7,5 à 10 cm sur la paroi dorsale.

### II. 2. 3. 3. La vulve

Elle représente la partie externe du tractus génital de la femelle. Elle est constituée de deux lèvres vulvaires qui font saillie à l'extérieur et qui sont liées dorsalement et ventralement au niveau des commissures. Les lèvres vulvaires de la femelle zébu sont épaisses, recouvertes d'une peau fine, pigmentées ou non avec des poils fins mais rares.

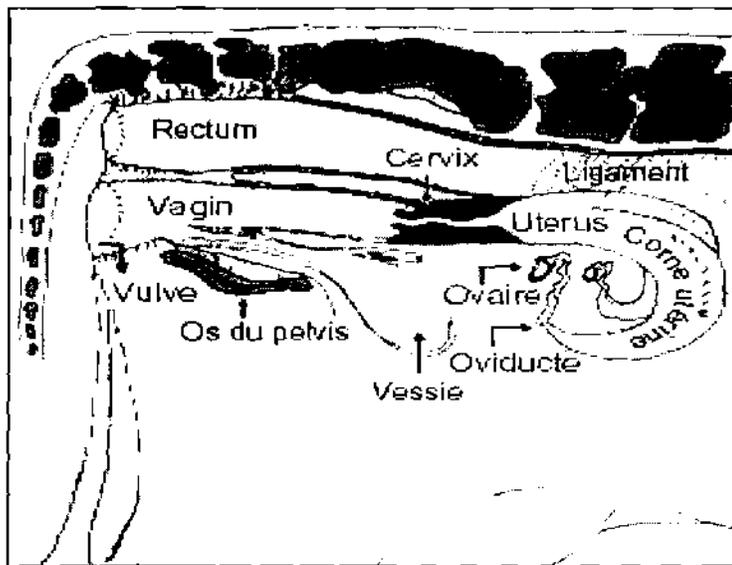


Figure 1 - Topographie des organes génitaux de la vache (Wattiaux, 1996 a)

## II. 3. PHYSIOLOGIE DU CYCLE SEXUEL DE LA FEMELLE ET LES DIFFERENTES PHASES

Le cycle sexuel 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, période où la femelle accepte la monte du taureau et est féconde (Pessinaba, 1977).

Les modifications qui se produisent au cours du cycle sexuel dépendent du fonctionnement cyclique de l'ovaire régulé par ses propres sécrétions hormonales, elles même

sous dépendance étroite des hormones gonadotropes hypothalamo-hypophysaires. Le cycle sexuel se déroule en quatre phases selon la description de Heape (1910) cité par Pessinaba (1977).

### **II. 3. 1. Le pro-œstrus ou la maturation folliculaire**

C'est la phase de croissance et de maturation du follicule ovarien, elle dure en moyenne 5 jours chez la vache (Drion *et al.*, 1996). La phase du pro-œstrus est provoquée par l'hormone gonadotrope FSH, elle est marquée par un bas niveau de progestérone et une importante sécrétion de  $17 \beta$  œstradiol (Palmer, 1985). En activité ovarienne normale, il est rare que chez le zébu plusieurs follicules arrivent au stade de déhiscence. Cette observation confirme la rareté des gestations gémeillaires chez le zébu (Agba, 1975). Au cours de cette phase le myomètre s'hypertrophie et se vascularise, le col se congestionne peu à peu et devient turgescent (Pessinaba, 1977).

### **II. 3. 2. L'œstrus ou chaleur**

L'œstrus est la période qui caractérise la fin de la maturation du follicule mûr. Elle se traduit par des modifications de comportement et des modifications de l'aspect des organes génitaux de la femelle. Les modifications de comportement de la femelle l'amènent à rechercher le mâle et à accepter les chevauchements. La durée de l'œstrus varie suivant les individus et suivant les races. On note également l'influence de certains facteurs tels l'alimentation, la santé et la présence du taureau sur la durée de l'œstrus. Les femelles dans les mauvaises conditions de conduite (sanitaire, alimentaire ou climatique) ont des œstrus discrets et même souvent inaperçus. La présence permanente du mâle avec les femelles, réduit la durée de l'œstrus de moitié comparativement à ce qui est observé lorsque les sexes sont séparés (Galina et Arthur, 1990). Les races européennes ont des chaleurs qui durent plus longtemps que celles des races vivant sous les tropiques (Dobson et Kamonpatana, 1986 ; Crapelet et Thibier, 1973).

La connaissance du début des chaleurs constitue un élément essentiel pour détermination du moment de l'ovulation qui intervient généralement après le pic de LH et après la fin des chaleurs. Schams et Karg (1969) rapportent que le pic de LH se produit 15 à 22 heures avant l'ovulation qui intervient 25 à 27 heures après le début des chaleurs. Les principales hormones impliquées dans l'ovulation sont : le GnRH, la FSH, la LH, et les œstrogènes. Le début de l'œstrus et le déclenchement de l'ovulation sont associés à un ensemble d'événements dont les principaux sont (Twagjaramungu, 1990) :

- la lutéolyse (régression du corps jaune) ;
- la sélection d'un follicule dominant ;
- l'augmentation du niveau d'œstrogène et du pic de LH.

Il existe de nombreuses méthodes de détection de l'œstrus, les méthodes non visuelles et les méthodes visuelles (Hansen, 2001) :

- Les méthodes non visuelles
  - ✓ examens cliniques des organes génitaux (la palpation transrectale, l'échographie) ;
  - ✓ mesure intravaginale du pH ;
  - ✓ dosage de la progestérone ;
  - ✓ prise de la température vaginale.
- Les méthodes visuelles
  - ✓ observation du réflexe d'immobilisation pour être chevauché ;
  - ✓ utilisation d'artifices (les marqueurs de chevauchement, partenaire porteur d'un système de marquage, animal souffleur).

Toutes les méthodes de détection présentent des limites que le praticien doit prendre en compte pour obtenir des résultats satisfaisants.

### **II. 3. 3. Le post-œstrus ou la phase lutéale**

Il correspond à la formation et au développement du corps jaune par la métaplasie du follicule libéré de son contenu. Ainsi après l'ovulation, l'antrum du follicule vide est envahi par les capillaires sanguins. L'hormone folliculostimulante (FSH) et l'hormone lutéinisante (LH) y stimulent la prolifération et l'infiltration des cellules de la thèque et de la granulosa ce qui donnera par la suite le corps jaune. Pendant cette phase qui dure à peu près trois jours, l'oviducte revient au stade de repos, mais l'utérus est à sa phase d'activité maximale. La phase lutéale dure environ 14 jours chez la vache (Pessinaba, 1977), elle se termine par une involution du corps jaune.

### **II. 3. 4. Le méta-œstrus ou involution du corps jaune**

Cette phase correspond à la régression du corps jaune marquée par la diminution voire l'arrêt de la production de la progestérone dont l'action inhibitrice sur l'antéhypophyse devient faible. Par voie de conséquence la sécrétion de LH est inhibée et celle de FSH stimulée ce qui induit un nouveau cycle de croissance folliculaire. Du 16<sup>ème</sup> au 18<sup>ème</sup> jour, si l'utérus n'a pas détecté la présence d'embryon, il sécrète la prostaglandine qui provoque la régression du corps

jaune. Chez le zébu, la phase lutéale et la phase de la régression du corps jaune sont difficilement différenciables par des études histologiques à cause de la lenteur de l'involution du corps jaune (Agba, 1975).

#### II. 4. LA REGULATION HORMONALE DU CYCLE SEXUEL

L'ensemble des modifications du tractus génital et de comportements de la femelle au cours du cycle œstral dépendent à la fois du rythme de sécrétion hormonale hypothalamo-hypophyso-ovarien, de l'intervention du système nerveux central et de l'action lutéolitique de l'utérus. Il existe une interaction globale entre les activités de l'antéhypophyse et celles des ovaires. 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. La GnRH sécrétée de façon pulsatile par l'hypothalamus, induit la sécrétion de FSH et LH par l'hypophyse. La FSH est essentielle à la survie et à la croissance des follicules, elle permet la conversion des androgènes en œstrogènes. La LH lutéinise les cellules du follicule, stimule le follicule à produire des androgènes. L'induction de la croissance finale du follicule est marquée par la sécrétion de forte quantité d'œstrogène. L'œstrogène stimule la lutéolyse, stimule la sécrétion de GnRH par l'hypothalamus et la sécrétion de LH. En outre l'œstrogène augmente la sensibilité du follicule à la FSH et à la LH. (Brassard *et al.*, 1997). L'ensemble des effets des œstrogènes provoquent la décharge ovulante de LH par l'intermédiaire du GnRH. Après ovulation, le corps jaune se forme, croît 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.

## CHAPITRE III : LA FOLLICULOGENESE

La folliculogénèse englobe toutes les phases qui assurent la transformation du follicule primordial en follicule mûr ou follicule de De Graaf en passant par les stades de follicules primaire, secondaire et tertiaire. L'étude de la folliculogénèse et des mécanismes qui contrôlent sa dynamique constitue l'élément capital de la réussite de tous les traitements hormonaux qui ont pour cible l'ovaire.

### III. 1. LA CROISSANCE FOLLICULAIRE

La croissance folliculaire du point de vue histologique passe par cinq principaux stades (figure 2) 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. 1. 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.

#### III. 1. 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 (Wassarman, 1989). La taille des follicules primaires atteint 60 et 80  $\mu\text{m}$  et celle de l'ovocyte qu'ils contiennent 30 et 40  $\mu\text{m}$  (Hanzen *et al.*, 2000 a).

#### III. 1. 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  $\mu\text{m}$  et celui de l'ovocyte est environ 60  $\mu\text{m}$  (Hanzen *et al.*, 2000 a). Les

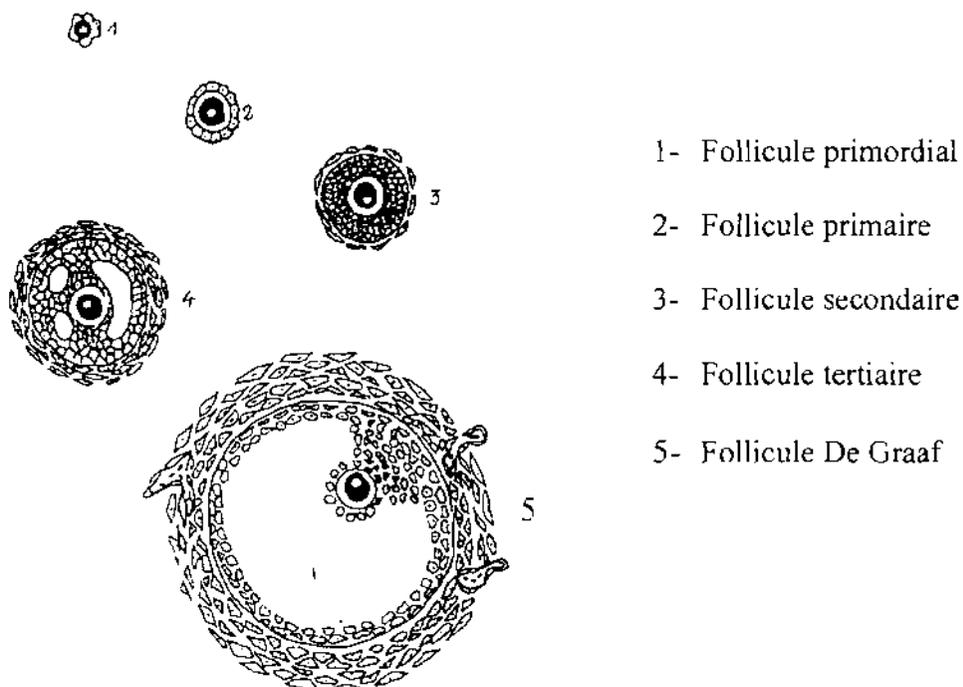
follicules secondaires marquent le début de l'évolution des follicules qui a lieu trois à quatre jours avant l'ovulation.

### III. 1. 4. Les follicules tertiaires

Ils représentent un stade plus évolué du développement folliculaire. Le volume de l'ovocyte reste inchangé ; les cellules qui l'entourent se disposent de manière à former la corona radiata (Vaissaire, 1977). 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  $\mu\text{m}$  (Hanzen *et al.*, 2000 a).

### III. 1. 5. Le follicule mûr ou follicule de De Graaf

Ce follicule ne peut être observé que pendant le proestrus (Agba, 1975). 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 (Saumande, 1991). L'unicité du follicule mûr a été observée chez le zébu (Agba, 1975 ; Pessinaba, 1977 ; Coly, 1985). La taille du follicule mûr est de 25 mm chez la vache, de 10 mm chez la brebis et la truie (Hanzen *et al.*, 2000 a).



**Figure 2** - Classification histologique des follicules ovariens (Bechers, 1989).

## III. 2. LA REGULATION DE LA CROISSANCE FOLLICULAIRE

La régulation de la folliculogénèse est classiquement divisée en deux périodes (figure 3). 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 (Mauléon et Pelletier 1964) tandis que la seconde dépendrait des hormones gonadotropes hypophysaires (Thibault et Levasseur 1979).

### III. 2. 1. Première période de la régulation

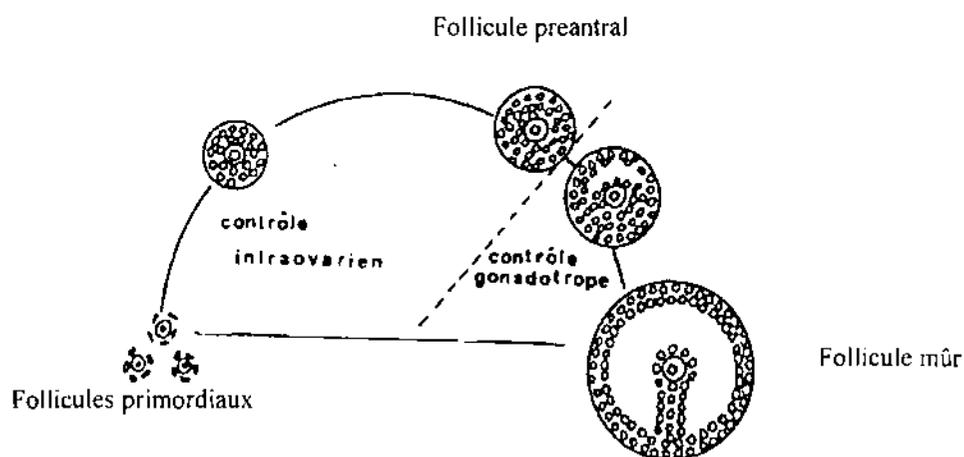
Le nombre de follicules qui débutent leur croissance est fonction de l'importance de la réserve de follicules primordiaux. On note une diminution progressive de cette réserve avec l'âge. De nos jours les mécanismes impliqués dans le recrutement ne sont pas tout à fait connus. On considère que le recrutement se fait de façon régulière tous les jours sous l'influence du développement de la vascularisation locale (Greenwald et Terranova 1988). 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 granuleuse 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. 2. 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 thécales en cellules stéroïdogènes sécrétant des androgènes qui, sous l'action enzymatique de l'aromatase, se transforment en  $17\beta$  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  $17\beta$  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 (Thibault et Levasseur 1979).

La LH est le facteur déterminant de l'ovulation et de la formation du corps jaune. Ces trois hormones FSH, LH et  $17\beta$  œstradiol jouent un rôle prépondérant dans la croissance et la maturation folliculaire. Elles ne sont cependant pas les seules à intervenir, car la progestérone, les prostaglandines, les facteurs de croissance agissent sur l'ovaire (Beckers, 1989)



**Figure 3** - Régulation de la croissance folliculaire (Ectors *et al.*, 1989)

## II. 3. DYNAMIQUE DE LA CROISSANCE FOLLICULAIRE

Pour expliquer comment parmi les nombreux follicules qui quittent le pool pour entamer leur croissance, un seul d'entre eux ovulera (pour les espèces mono ovulatoires), Di Zerega et Hodgen cité par Hanzen *et al.* (2000 a), ont pour la première fois, proposé trois concepts qui décrivent la croissance folliculaire. Il s'agit : du recrutement, de la sélection et de la dominance.

### II. 3. 1. Le recrutement

Le recrutement est la mise en route de la croissance d'un groupe de follicules qui ont dépassé le stade auquel habituellement la plupart des follicules deviennent atresiques. Le

recrutement n'est pas un phénomène isolé ou lié au hasard. Habituellement, il concerne chez les ruminants 2 à 5 follicules de taille comprise entre 3 et 6 mm (Driancourt, 1991). Le mécanisme essentiel de contrôle du recrutement est intra-ovarien.

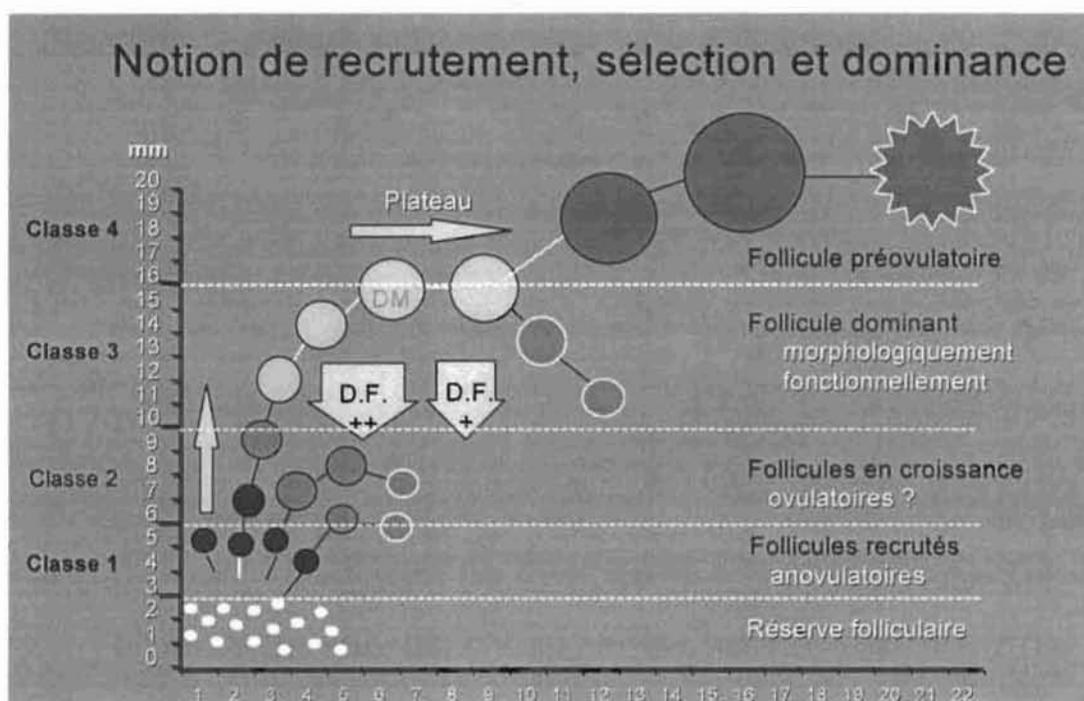
### **II. 3. 2. La sélection**

A la sélection, les follicules recrutés sont réduits par le processus de l'atrésie pour permettre qu'arrive au stade préovulatoire le nombre de follicule caractéristique de l'espèce ou de la race. La preuve de l'existence de la sélection se trouve dans le fait que compte tenu de la diversité des populations folliculaires entre individus (aussi bien vue sous l'aspect quantitatif que dynamique), le nombre de follicules ovulant ne serait pas constant. L'atrésie joue un rôle important dans la sélection (Saumande, 1991). La sélection est peut être due à l'interférence de l'action du follicule le plus large de la vague et l'habilité des plus petits follicules à croître sous une certaine dose de la FSH. Le follicule sélectionné a une taille suffisante pour se passer de la dose trophique de FSH et échappe évidemment à l'atrésie.

### **II. 3. 3. La dominance**

La dominance caractérise les follicules ayant survécus après la sélection contrairement à ceux ayant subis l'atrésie (Driancourt, 1991). La notion de dominance fait donc référence à une situation créée par le follicule qui va ovuler. Ce dernier continue sa croissance et rend son environnement immédiat impropre à la croissance des autres follicules. Le concept de dominance a été largement étudié par échographie (Grasso *et al.*, 1989 ; Roche et Boland, 1991 ; Bungartz et Niemann, 1994 ; D'occhio *et al.*, 1999). La dominance est à la fois morphologique et fonctionnelle. Elle est qualifiée de morphologique parce qu'elle est exercée par le plus gros follicule présent sur l'un ou l'autre ovaire. Elle est fonctionnelle parce que le follicule dominant est le seul qui soit capable de provoquer la régression des follicules en croissance ou d'inhiber le recrutement de nouveaux follicules (Ko *et al.*, 1991) et d'ovuler dans un environnement hormonal approprié. Le follicule dominant cohabite sur le même ovaire avec 2 à 4 follicules de diamètre compris entre 4 à 8 mm et environ 20 à 80 autres de diamètre compris entre 1 à 3 mm ceux-ci à des jours avancés du cycle. Il y a chez les jeunes vaches soit 2 ou 3 follicules dominants par cycle correspondant chacun à une vague de follicules (Roche *et al.*, 1991). Chez la vache et les primates l'effet de la dominance se répercute sur les deux ovaires (Saumande, 1991).

L'analyse de ces notions, qui ont été vérifiées par échographie (Adams et Pierson, 1994) et leur intégration à la notion de vague de croissance folliculaire a permis de répartir les follicules en quatre (4) classes selon Lucy *et al.*, 1992 (Figure 4). Une bonne connaissance de ces phénomènes est déterminante pour la mise au point de meilleurs procédés de contrôle de l'activité ovarienne. Les paramètres du développement folliculaire peuvent être étudiés par de nombreuses méthodes notamment les méthodes *in vitro* et les méthodes *in vivo*. Les méthodes *in vitro* regroupent l'histologie, la dissection folliculaire et la l'imagerie tridimensionnelle par résonance magnétique. Parmi les méthodes *in vivo* on a l'endoscopie, laparoscopie, le marquage à l'encre de Chine, la palpation transrectale (Saumande, 1991). En plus il y a les méthodes de dosage hormonaux tel que la progestérone. Toutes ces méthodes sont plus ou moins indirectes, peu pratiques et ne permettent pas d'obtenir de meilleures précisions de la ponte ovulaire par rapport à la méthode par l'échographie qui est sera développée dans le chapitre suivant.



**Figure 4** - Schéma décrivant les notions de recrutement, de sélection et de dominance Selon Lucy *et al.* (1992).

## CHAPITRE IV : ECHOGRAPHIE

### IV. 1. HISTORIQUE DE L'ECHOGRAPHIE

Le phénomène piézo-électrique principe moteur de l'échographie, a été découvert à Paris en 1880 par les Curies (Pie Medical, 1999). La technologie de l'échographie a connu beaucoup d'étapes dans son évolution. C'est vers les années 60, que les premiers appareils apparaissent pour l'exploration du corps humain. La qualité de l'image connaîtra une amélioration importante dans les années 80 à travers la concentration du faisceau ultrasonore sur la cible diagnostiquée. Au cours des années 80 à 95, les progrès fulgurants réalisés en électronique et en informatique ont nettement amélioré la qualité de l'imagerie et diminué le poids des appareils qui sont actuellement portables (figure 5). Par ailleurs, la miniaturisation des cristaux a permis de mettre sur le marché des sondes de taille et forme plus réduite et adaptée à la plupart des situations (Martinat-Botté *et al.*, 1998).

Les premiers appareils destinés à l'usage vétérinaire ont été disponibles au début des années 70. Les progrès techniques réalisés par la suite pour permettre la formation des images à temps réel à la fin des années 70, ont fait de cette technologie un puissant outil d'exploration des organes reproducteurs internes des animaux domestiques (Pierson *et al.*, 1988). Il a cependant fallu attendre les années 80 pour voir les premières applications dans l'espèce bovine et équine. Désormais, avec un échographe, un opérateur peut visualiser les organes qui n'étaient jusque là accessibles que par la palpation transrectale. L'échographie offre aujourd'hui la possibilité d'évaluer la population folliculaire et la réponse aux régimes de synchronisation et de superovulation qui sont des étapes complémentaires dans un programme de d'insémination artificielle et de transfert d'embryon (Pierson *et al.*, 1988). Plusieurs modèles d'échographes sont disponibles sur le marché dont quelques modèles plus courants sont :

- les modèles Scanners 100 LC, 200 Vet, 240 Vet, 480 Vet, le Falco ASP système. le Tringa E F de Pie Medical
- le modèle 500-SSD Aloka CO ;
- le modèle EUP-033J de Hitachi ;
- le modèle LS 300 A de Tokyo Keiki CO



**Figure 5** - Quelques types d'appareils d'échographie utilisés chez les animaux. L'appareil situé en haut à l'extrême gauche est celui qui a été utilisé dans cette étude (Source : Pie Medical 1999 ; Classic Medical, supplies 2000-2001)

## IV. 2. LES COMPOSANTES D'UN ECHOGRAPHE

L'échographie en tant que technique de diagnostic par image est fondée sur l'émission des ultrasons et la réception des échos. Les appareils d'échographie couramment utilisés en science vétérinaire se composent d'un boîtier électronique et d'une sonde ou capteur. Le boîtier est muni d'un clavier de commandes, d'un moniteur avec un écran de visualisation et de touches de contrôle. A l'intérieur du boîtier se trouve un convertisseur d'image capable d'amplifier les échos, de les mémoriser et de les afficher sur l'écran cathodique. Les appareils récents sont dotés de plusieurs fonctions dont les plus couramment utilisées sont la fonction de gain (définition Annexe II), de contraste de luminosité et la fonction de mesure.

Le matériel accessoire comprend : un ordinateur, d'une imprimante et d'un petit appareil permettant de geler et d'enregistrer les images jugées. Il faut ajouter à cela l'utilisation à la place du micro-ordinateur, d'un magnétoscope ou d'une camera pour l'enregistrement des images successives.

### IV. 2. 1. Les différents types de sondes

La sonde ou le capteur est la composante de l'échographe qui assure la transformation du signal électrique en ultrasons et vice versa (définition Annexe III). On trouve différents types de sondes sur le marché. Celles-ci diffèrent soit par la fréquence soit par la forme qui détermine leur voie d'utilisation.

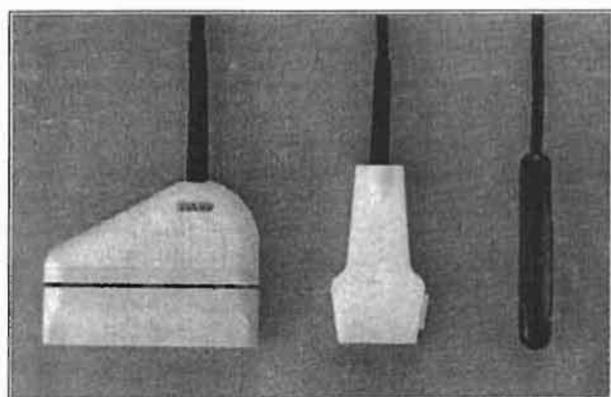
#### IV. 2. 1. 1. Sondes linéaires

Les sondes linéaires (Photo 4) sont de loin les plus utilisées dans les sciences animales (Torres, 2002). Une sonde linéaire comprend de nombreux cristaux piézo-électriques émettant des ultrasons de haute fréquence grâce à un dispositif électronique. Ce dispositif permet successivement à chaque cristal d'émettre des ultrasons et de recueillir les échos.

L'image donnée par une sonde linéaire est rectangulaire avec une largeur correspondante à celle de la barrette. La sonde linéaire représente sans déformation des structures situées directement sous la sonde. La sonde linéaire peut être à usage externe ou transrectal.

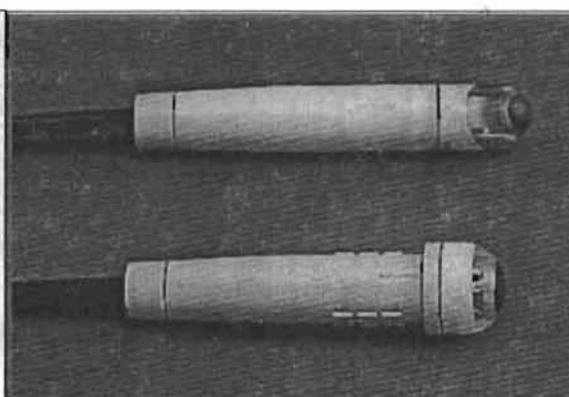
#### IV. 2. 1. 2. Sondes sectorielles

Les sondes sectorielles (Photo 3) généralement de forme courbe sont constituées d'un ou de plusieurs cristaux qui sont animés mécaniquement ou électriquement. Les sondes sectorielles produisent une image couvrant un certain angle qui va de 30 à 110°. Ce principe de fonctionnement offre l'avantage de balayer une petite surface de contact qui s'élargit en profondeur, mais présente l'inconvénient de déformer légèrement l'image (Martinat-Botté *et al.*, 1998).



**Photo 3** - Sondes linéaires

Source : Pie Medical, 1999



**Photo 4** - Sondes sectorielles

#### IV. 2. 1. 3. Choix d'une sonde pour réaliser un examen échographique

La puissance de résolution d'une sonde dépend de sa fréquence d'émission ou de réception des ultrasons. Le principe de fonctionnement des sondes est le même que celui de l'objectif d'un microscope. Avec une fréquence basse, la sonde permet de visionner une plus grande surface mais avec moins de détail. Avec une fréquence élevée, la sonde permet de visionner une petite surface mais avec plus de détail (bonne résolution en profondeur). Les sondes de basse fréquence (3,0-3,5 Mhz) sont adaptées à l'examen des structures très larges, situées à une grande distance de la sonde (par exemple, le diagnostic d'un gros fœtus). Les sondes à haute fréquence (5,0-7,5 Mhz) sont indiquées pour une étude détaillée des structures qui sont examinées proches de la sonde (par exemple pour l'évaluation de l'ovaire ou de l'utérus) et sont le plus souvent préférées pour l'examen des organes reproducteurs chez les bovins et les chevaux (Buckell, 1988 ; Pierson *et al.*, 1988). Bien qu'il existe des sondes à multiples fréquences, il est cependant conseillé de travailler avec les sondes à fréquence unique du fait qu'elles offrent des images de meilleure qualité (Torres, 2002).

#### IV. 2. 2. Caractéristiques de l'onde sonore

L'onde sonore produite par une sonde provient d'un phénomène vibratoire et possède comme l'onde lumineuse trois caractéristiques (Martinat-Botté *et al.*, 1998) :

- une vitesse de propagation ;
- une fréquence de vibration ;
- une intensité.

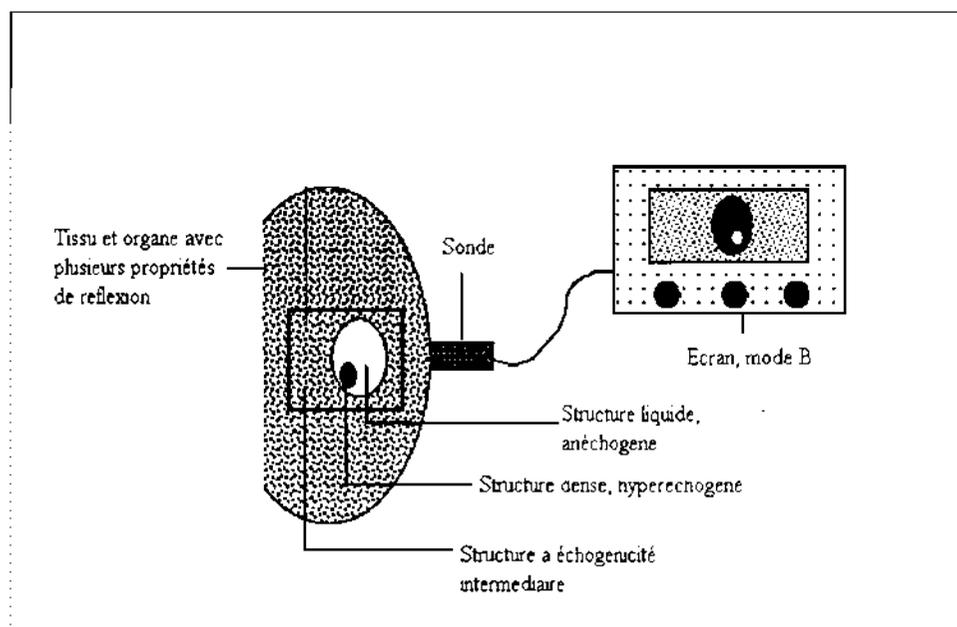
L'onde sonore ne se propage pas dans le vide mais plutôt dans les milieux solides, liquides et gazeux. Sa vitesse de propagation à travers un milieu est fonction de la densité de celui-ci. Les liquides (liquide folliculaire) ne réfléchissent pas les ondes sonores, leur image est noire à l'écran. A l'opposé, se trouvent les tissus dits denses (os fœtaux) qui réfléchissent beaucoup de faisceaux ultrasonores. Ils sont alors dits hyperechogènes (figure 6). Les autres structures intermédiaires sont vues avec des nuances de gris variables selon leur échogénicité (définition Annexe I, II). L'aptitude d'un milieu à propager les ultrasons est appelée son impédance qui est définie comme le produit de la vitesse par la densité du milieu (tableau VIII). L'analyse de ce tableau montre que l'impédance de l'air est plus de mille fois plus faible que celle d'un tissu comme la peau ce qui explique la nécessité d'enduire la sonde d'un gel de contact pour améliorer la conduction des ultrasons.

La fréquence qui est l'une des caractéristiques de l'onde sonore, représente le nombre de vibrations qu'émet la source acoustique par seconde. Elle est exprimée en hertz (Hz). Les ultrasons se situent dans la gamme des fréquences comprises entre 18 KHz et 150 MHz. En médecine vétérinaire, les fréquences couramment utilisées varient entre 3,5 et 10,0 MHz (Martinat-Botté *et al.*, 1998).

Tableau III - *Vitesse de propagation des ondes sonores et densité pour différents milieux.*

Milieux	Vitesse de propagation (m /s)	Densité (g/cm <sup>3</sup> )
Air	331	0,0012
Eau	1497	0,997
Tissu hépatique	1570	1,055
Tissu musculaire	1568	1,058
Tissu osseux	3360	1,85

(D'après Morreti, 1982 cité par Martinat-Botté *et al.*, 1998).



*Source : Adapté selon Edgerton (1992)*

**Figure 6 - Formation des images en mode B**

#### IV. 2. 2. 1. Émission des ultrasons par la sonde

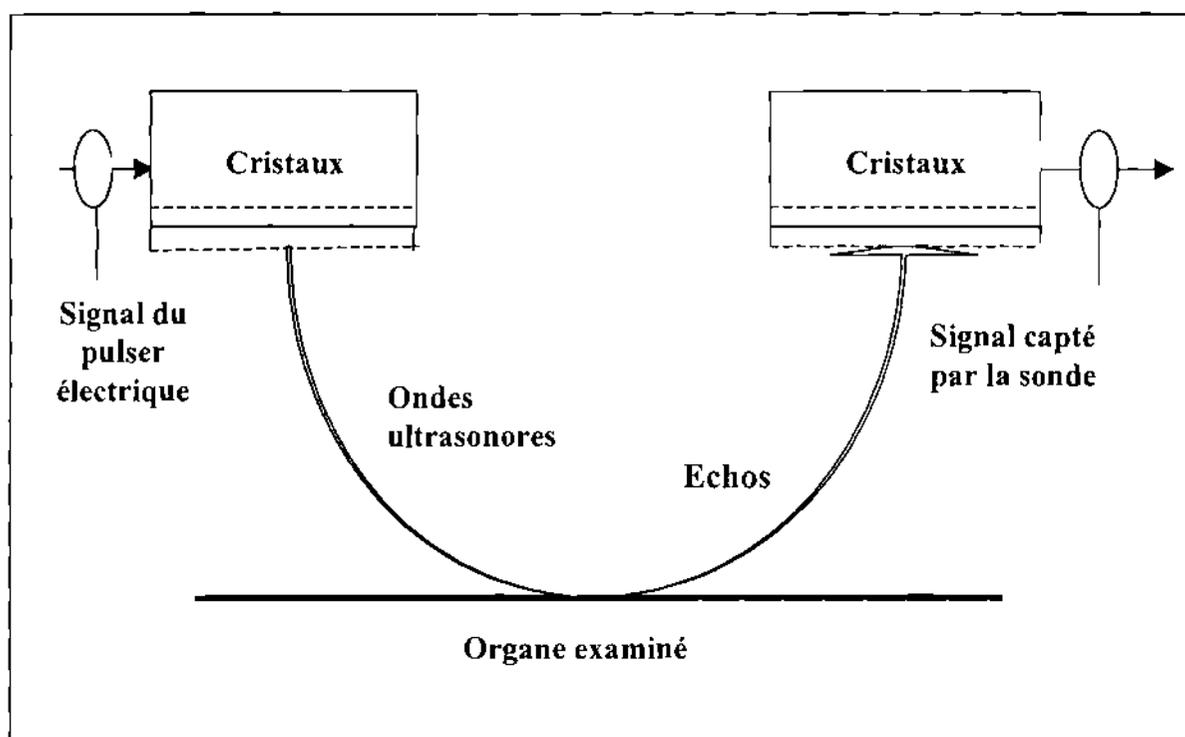
La sonde ou capteur utilisée en échographie, est à la fois émettrice et réceptrice des ultrasons (définition Annexe III). L'émission se fait par des trains d'ondes pulsés et d'environ  $10^{-5}$  seconde pour les fréquences habituellement utilisées (2,25-7 MHz); cette émission se reproduit tous les 5/1000 de secondes, donnant à la sonde un temps d'écoute d'environ 200 fois supérieures (Delorme et Tessier, 1988). Ainsi lorsqu'une impulsion de signal électrique lui est appliquée (les cristaux piézo-électriques), elle produit des vibrations caractéristiques par effet piézo-électrique grâce aux cristaux qui ont la propriété d'osciller lorsqu'on leur applique un courant électrique. Ces vibrations entraînent une pression acoustique dans les tissus situés directement sous la sonde. Les tissus, à leur tour, doués de la propriété de propagation et de réflexion des faisceaux ultrasonores (définition Annexe II) renvoient inversement des échos qui sont captés par la sonde (Pierson *et al.*, 1988, Martinat-Botté *et al.*, 1998). C'est donc la proportion de faisceau ultrasonore réfléchi (qui fait écho) qui est reçue par la sonde. La sonde à son tour envoie les échos dans le boîtier électronique qui après les avoir traités les affiche à l'écran sous forme d'une série de points de brillance (Mode B).

#### IV. 2. 2. 2. Formation des échos

Les caractéristiques du tissu traversé par l'onde sonore émise, déterminent la proportion du faisceau qui sera réfléchi (Pierson *et al.*, 1988). Lorsque l'onde sonore est projetée, elle se propage dans un premier milieu où elle dissipe une partie de son énergie par absorption, puis elle rencontre l'interface (définition Annexe II) d'un autre milieu. Une partie de l'énergie est alors réfléchi et constitue le premier écho (définition Annexe I). Les caractéristiques de cet écho dépendent des vitesses de la propagation et des différences de densité entre les milieux traversés. La réflexion est importante lors d'un transit entre un tissu mou et l'os et elle est quasi totale lors du passage entre l'air et un tissu mou. C'est ce qui explique pourquoi il est nécessaire d'éviter la formation de bulles d'air entre la sonde et l'organe examiné. On utilise donc pour cela, un gel de contact. Le reste de l'onde sonore est transmis dans le 2<sup>ème</sup> milieu, une partie est absorbée avant de rencontrer un nouveau milieu, l'interface génère un nouvel écho et ainsi de suite. Les échos rendent donc compte de la discontinuité des tissus traversés. Les différents échos sonores reviennent vers la sonde dans l'ordre de leur émission et cela quelle que soit la distance à parcourir. L'intervalle de temps entre l'onde émise et l'écho dépend de la distance entre la source et l'interface qui produit

l'écho. Cependant pour que les échos soient captés par la sonde, il faut que l'angle entre l'onde incidente et l'interface soit proche de  $90^\circ$ .

L'image peut être obtenue sur l'écran en mode BD ou en mode B et en temps réel, le mode B couramment utilisé fait référence à la modalité de brillance dans laquelle chaque écho reçu est représenté par un point de brillance qui s'affiche sur l'écran. L'image en temps réel caractérise le fait que l'image soit "vivante" ou "mobile" et les échos soient enregistrés et gelés de manière continue (Pierson *et al.*, 1988 ; Souchon, 1985). En plus de cela, l'image obtenue est un plan de coupe qui respecte la taille et la forme des tissus observés, d'où le terme parfois utilisé d'échotomographie. La qualité de l'image dépend du temps qu'il faut pour la construire et de la résolution de l'écran (Martinat-Botté *et al.*, 1998).



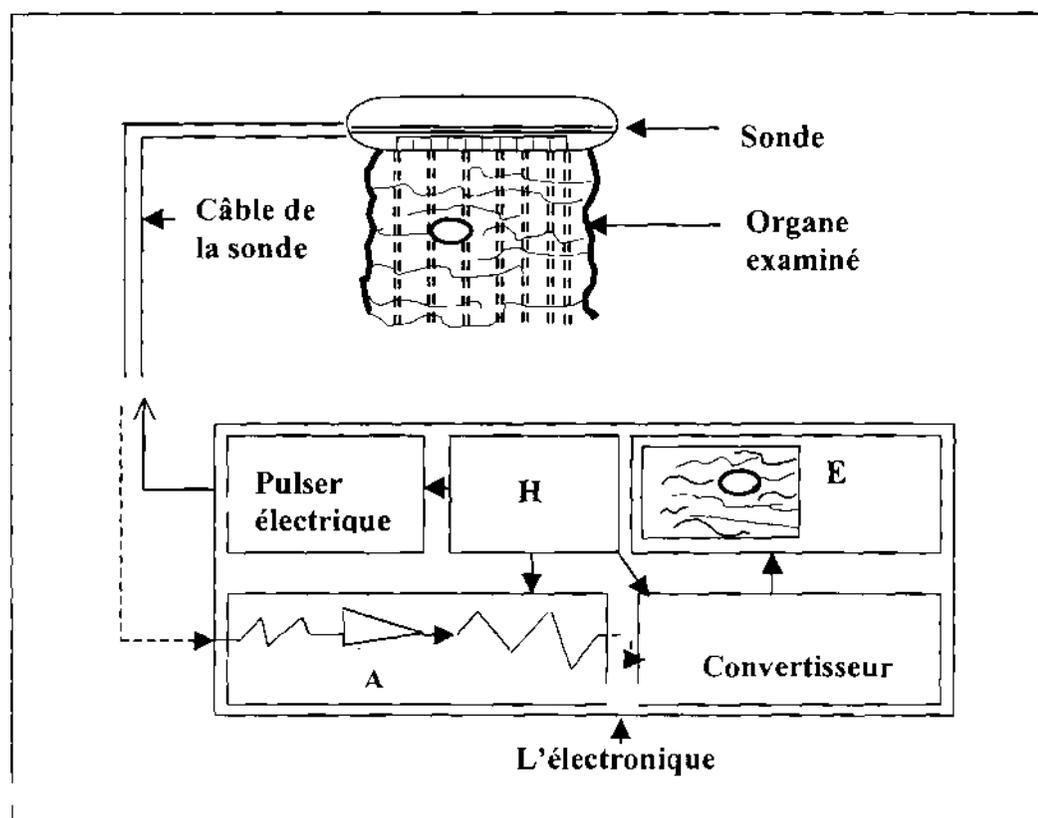
**Figure 7** - Fonctionnement d'une sonde, émission et réception des ondes sonores adapté selon Pierson et Ginther (1988).

#### IV. 2. 3. Fonctionnement de l'échographe

Une bonne manipulation de l'échographe au cours d'un examen est la somme du travail de plusieurs composantes électroniques. Le schéma de l'interconnexion entre les différentes composantes est montré dans la (figure 8). La sonde est en contact étroit avec

l'organe examiné et est connectée au boîtier électronique à l'aide d'un câble. La sonde produit des signaux électriques et reçoit les échos en provenance des organes. Ces échos sont électroniquement captés par l'amplificateur qui les amplifie et les traite afin de compenser les pertes d'intensité dues à l'atténuation des faisceaux (définition Annexe I). Le degré d'amplification des échos est appelé gain. La fonction de réglage du gain est directement sous le contrôle de l'opérateur.

Le convertisseur d'image stocke les signaux amplifiés et affiche le résultat correspondant à chaque signal à l'écran. Il est alors comparable à la mémoire vive d'un ordinateur et possède un système de codification qui lui est propre. C'est également cette mémoire qui synchronise la fréquence d'enregistrement de la sonde avec l'affichage des images à l'écran pour produire des images nettes.



**Figure 8** - Les relations entre les différentes composantes d'un échographe adaptés selon Pierson et al.(1988). H : Horloge ; E : Ecran ; A : Amplificateur

### IV. 3. L'ECHOGRAPHIE DES STRUCTURES OVARIENNES

L'utilisation de l'échographie ces dernières années avec une sonde transrectale, a considérablement améliorée le diagnostic de visualisation des structures ovariennes (Pierson et Ginther, 1987). Son emploi par voie transrectale (Pierson et Ginther, 1988 ; Pierson *et al.*, 1988 ; Hanzen *et al.*, 2000 b) ou par voie transvaginale (Pieterse *et al.*, 1990) permet de distinguer aisément les follicules sur l'écran de visualisation. Ils apparaissent sous forme de zones noires plus ou moins bien circonscrites, anéchogènes (Annexe I), de taille inférieure à 25 mm chez les taurins d'Europe, limitées par une paroi mince (Pierson et Ginther, 1988 ; Hanzen *et al.*, 2000 b). La forme des follicules n'est pas toujours régulière, l'irrégularité de cette forme est souvent due à une compression par les follicules ou le corps jaune adjacent ou une compression entre les follicules et le stroma de l'ovaire enfin soit à l'absence de mise en évidence de la paroi folliculaire (Pierson et Ginther, 1988).

L'échographie est plus sensible et plus précise que la palpation transrectale non seulement pour mesurer la taille des follicules mais aussi pour les détecter (Pieterse *et al.*, 1990 ; Lean *et al.*, 1992). Par convention, le diamètre d'un follicule se détermine en positionnant les repères échographiques de mesure sur la paroi interne du follicule. Il s'agit donc d'une mesure de la cavité folliculaire et non du follicule lui-même (Pierson et Ginther, 1988 ; Saumande, 1991 ; Hanzen *et al.*, 2000 b). Selon certains auteurs (Pierson et Ginther, 1987 ; Edmondson *et al.* 1986 ; Grasso *et al.*, 1989 ), il est possible d'observer des follicules d'un diamètre égal ou supérieur à 2 mm avec une sonde de 5 MHz alors qu'une sonde de 3,5 MHz ne permet pas de voir les follicules de taille inférieure à 6 mm (tableau IV). L'analyse de ce tableau montre qu'il existe corrélation de 0,80 à 0,92 entre les mesures faites par échographie et celles obtenues par la dissection folliculaire pour les follicules de toutes catégories, la corrélation est encore plus élevée pour les gros follicules et atteint 0,97. Cependant, d'autres auteurs (Pieterse et coll., 1990) estiment à 5 mm la limite de détection des follicules avec une sonde de 5 MHz, les follicules de taille comprise entre 2 et 4 mm pouvant aisément être confondus avec des vaisseaux sanguins ou lymphatiques de l'ovaire concerné. Ceux-ci sont localisés au bord de l'ovaire et plus particulièrement au niveau de son hile ou autour de l'ovaire en période de diœstrus. La confusion des follicules avec les autres structures peut être due à la présence de nombreux artéfacts dont les plus importants ont été décrits par Martinat-Botté *et al.* (1998) et Le Vot *et al.* (1993).

De nombreuses études échographiques ont confirmé la théorie des vagues de croissance folliculaire. On appelle vague de croissance folliculaire le développement

synchrone tous les 7 à 9 jours d'un groupe de follicules de taille égal ou supérieur à 5 mm. Le follicule dominant est sélectionné au sein de la vague pour évoluer vers l'ovulation ou l'atréisie (Drion *et al.*, 1998). Certains auteurs pensent qu'il y aurait 2 vagues de croissance folliculaire au cours d'un cycle œstral (Pierson et Ginther, 1988 ; Knopf *et al.*, 1989). Pour d'autres auteurs, il y aurait au cours d'un cycle œstral 2 ou 3 et même 4 vagues (Savio *et al.*, 1988 ; Sirois et Fortune, 1988). L'existence de vagues de croissance folliculaire est également démontrée chez les zébus dont le cycle œstral se caractérise par plusieurs vagues de croissance folliculaire. Viana *et al.* (2000), ont caractérisé chez les vaches zébus Gir 2 à 4 vagues folliculaires par cycle.

L'ovulation est mise en évidence en échographie par la disparition du follicule le plus large présent à l'observation précédente et la formation consécutive du corps jaune. Il est souvent possible d'observer le site de l'ovulation (Pierson et Ginther, 1988). Par ailleurs, pour Baril *et al.* 2000, l'ovulation est révélée par la disparition partielle ou totale des follicules de taille  $\geq 3$  mm chez la chèvre. La formation et la régression du corps jaune qui se forme après ovulation peuvent être suivies par échographie. L'échographie offre la possibilité avantageuse de pouvoir quantifier, par une mesure de surface, le développement du tissu lutéal au cours du cycle. De nombreuses études ont montré que l'échotexture des follicules, de l'antrum et du corps jaune reflète leur statut physiologique (Pierson et Adams, 1995 ; Singh *et al.*, 1997).

L'échographie est une méthode simple, moins stressante et répétable à volonté pour étudier le développement des follicules.

Tableau IV - *Nombre moyen des follicules de différent diamètre déterminé in vivo par échographie et par dissection folliculaire.*

Diamètre (mm)	Echographie	Dissection
2-3 mm	16,4 $\pm$ 0,7	15,5 $\pm$ 0,8
$\geq 4$ mm	5,4 $\pm$ 0,4	5,4 $\pm$ 0,4
$\geq 7$ mm	1,6 $\pm$ 0,2	1,6 $\pm$ 0,2
$\geq 11$ mm	0,6 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,1
$\geq 2$ mm	21,8 $\pm$ 0,9	20,8 $\pm$ 0,4
Diamètre moyen du plus large follicule	10,6 $\pm$ 0,6	10,6 $\pm$ 0,6

(Etude réalisée par Pierson et Ginther, 1987).

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

## CHAPITRE : I MATERIEL

### I. 1 Le site expérimental

La présente étude a été réalisée en zone périurbaine de Ouagadougou. Le climat de cette zone est du type nord soudanien, caractérisé par une saison sèche de novembre en mai et une saison des pluies de juin en octobre (600 à 800 mm/an). La température moyenne est de 33°C, avec des minima de 8°C à 20°C de décembre en janvier et des maxima de 34°C à 40°C de mars en avril. L'amplitude moyenne de la photopériode est de 1 h 27 min avec un maximum de 12 h 45 min d'éclairement le 21 juin et un minimum de 11 h 16 min le 21 décembre. Le relief est très peu accidenté, les sols sont ferrugineux riches en potassium et en calcium.

La végétation de la zone est de type savane arbustive parsemée de *Balanites Aegyptiaca*, *Combretum glutinosum*, *Acacia macrostachya*, *Acacia gourmaensis*, *Pilostigma reticulata*, *Ziziphus mauritania*, *Guiera senegalensis* avec la présence des espèces arborées *Butyrospermum paradoxum*, *Parkia biglobosa*, *Sclérocarya birrea*. Ces espèces ligneuses sont des reliques d'une savane arborée ancienne. Le tapis herbacé est plus ou moins dense et est constitué de *Pennisetum pedicellatum*, *Andropogon gayanus*, *Loudetia togoensis*, *Tenium elegans*, *Eragrotis stremula*, *Aristida*, *Brachiaria* et *Cenchrus*. En saison sèche la plus part des graminées se dessèchent et les espèces annuelles aquatiques disparaissent. Quant aux espèces arbustives et arborées, la plupart perd leurs feuilles.

### I. 2. Les animaux

L'étude a porté sur seize (16) génisses de race zébu Goudali (*Bos indicus*) dont l'âge varie entre trois et quatre ans avec un poids moyen de  $245 \pm 47,02$  kg. Tous les animaux ont subi les contrôles sanitaires contre les maladies déclarées légalement contagieuses au Burkina Faso et ont fait l'objet de contrôles sanitaires quotidiens. Le programme national de prophylaxie contre les grandes épizooties (fièvre aphteuse, peste bovine et péripneumonie contagieuse bovine) et les déparasitages sont pleinement suivis. La conduite des bovins dans cette zone comprend un parcours quotidien de 5 heures sur le pâturage naturel, au retour dans le parc, les animaux reçoivent une complémentation constituée de drêche de brasserie (0,32 UF et 71,6 MAD), de son de blé (1,44 UF et 212,4 MAD) et de paille de sorgho. L'abreuvement des animaux est *ad libitum*.

### I. 3. Matériel technique utilisé

#### I. 3. 1. Appareillage d'échographie

Tous les examens des ovaires ont été conduits avec un échographe 200 Vet à temps réel et en mode B. L'appareil ultrasonore (Scanner 200, Pie Medical Equipment B.V. 6227 AJ Maastricht, The Netherlands) est équipé d'une sonde linéaire transrectale de fréquence 6 MHz.

Les images après leur mise au point, sont enregistrées dans un micro-ordinateur IBM G 59 dans lequel avait été préalablement installé une carte Matrox Marvel G 200 (Matrox Graphics Inc. Dorval, Québec, Canada) adaptée à l'enregistrement de film d'images.

Un groupe électrogène (Yamaha ET 950) a été utilisé pour l'alimentation électrique des appareils en ferme. L'immobilisation des animaux est réalisée dans un couloir de contention car au moment de l'examen l'animal debout doit être calme et accessible, cela facilite la manipulation et permet aussi d'assurer la sécurité du matériel d'échographie.

Des gants de fouille enduits de vaseline sont utilisés pour des fins sanitaires et pour éviter des traumatismes des organes génitaux. Tout le matériel utilisé est installé sur un chariot (Figure 9). A la fin de chaque examen, le matériel est nettoyé et désinfecté.



**Figure 9** – Matériel d'échographie utilisé dans l'étude. Ce matériel a été disposé sur un chariot sur lequel on remarque de l'extrême gauche à droite, la valise à sonde, l'échographe, le micro-ordinateur et le groupe électrogène.

#### I. 3. 2. Le matériel de synchronisation

Le matériel utilisé pour la synchronisation des chaleurs comprenait les hormones dont les implants de progestagène, le valérate d'œstradiol, la prostaglandine F2 alpha, et la PMSG. Les implants ont été placés à l'aide d'un applicateur d'implant. Des seringues ont servi pour l'administration des produits.

## CHAPITRE II : METHODE

### II. 1. Traitements

La synchronisation des chaleurs a été réalisée à l'aide d'implants sous-cutanés de progestagènes (Crestar®, Intervet). Les implants contenant 3 mg de Norgestomet ont été posés sur le pavillon externe de l'oreille pendant 10 jours. Toutes les femelles de l'étude présentaient de bonnes conditions corporelles et de bonnes activités sexuelles. Elles ont été diagnostiquées non gestantes par échographie et ont été isolées et suivies pendant un cycle complet avant d'être soumises au protocole. Le stade du cycle sexuel dans lequel se trouvait chaque femelle n'a pas été considéré pendant le traitement. Le protocole du traitement s'articule comme suit :

**Jour 1 :** Pose de l'implant Crestar®, Intervet ; une injection en I M de 2 ml de solution huileuse de valérate d'œstradiol a été effectuée immédiatement après la pose de l'implant.

**Jour 8 :** A ce traitement, est associée une injection de 1,5 ml de prostaglandine PGF2 alpha (Cloprosténoïl =Estrumate™, Intervet) à 48 heures du retrait des implants.

**Jour 10 :** Le retrait de l'implant, est associé à une dose de 400 UI/génisse de PMSG (Folligon®, Intervet).

### II. 2. Détection des chaleurs

Les chaleurs ont été suivies par observation visuelle continue des modifications de comportements et organiques après le retrait des implants. Les signes majeurs de détection de l'œstrus retenus sont l'acceptation du chevauchement et l'immobilisation de la femelle lorsqu'elle est chevauchée par une autre femelle du groupe comme décrits par Sirois et Fortune (1988). L'ensemble des femelles de l'étude a été maintenu dans le parc pendant toute la durée de l'étude pour éviter tous contacts avec les taureaux. La date et l'heure de la première manifestation d'œstrus sont notées ainsi que les comportements pendant et autour des chaleurs. L'œstrus a été caractérisé par le nombre de chevauchements (montes), la durée et le délai d'apparition. Le délai d'apparition des chaleurs est défini comme le temps s'écoulant entre le retrait de l'implant et l'observation des premiers chevauchements acceptés. Le début de l'œstrus est défini comme le moment du premier chevauchement des trois premiers chevauchements observés dans un intervalle de quatre heures. La fin de l'œstrus est

le moment du dernier chevauchement observé sans que d'autres chevauchements ne soient observés dans les 12 heures suivantes (White et Wettemann, 2000). Le temps moyen entre le retrait de l'implants et le début des chaleurs ainsi que la durée moyenne des chaleurs ont été déterminés sur l'ensemble des animaux de l'étude. Après l'apparition des chaleurs, les animaux ont été repartis de façon aléatoire en deux lots. Le premier lot constitué de neuf animaux a été utilisé pour déterminer le nombre moyen de chevauchements entre femelles au cours des chaleurs et n'a pas été soumis aux examens échographiques des ovaires. Le second lot constitué de sept femelles a été soumis aux examens échographiques des ovaires. La chronologie du protocole général utilisé est donnée en annexe IV.

### **II. 3. Préparatifs de l'examen échographique des ovaires**

#### **→ Contention des animaux**

La contention des animaux a été réalisée dans un couloir de contention où les animaux sont conduits et maintenus en station debout. Cette contention est faite de sorte à réduire au minimum les mouvements de pattes des animaux. La femelle examinée est immobilisée et la séance ne commence que lorsqu'elle se calme. Cette étape est très importante pour obtenir des images de bonne qualité.

#### **→ Installation du matériel d'échographie**

L'échographe est disposé à proximité de l'opérateur et approximativement à la hauteur des yeux pour faciliter la mise au point de l'image et l'ajustement de la sonde au moment de l'examen mais aussi pour protéger le matériel contre d'éventuels dommages. L'intensité de la lumière ambiante est contrôlée par un cache (tissu noir) afin de réduire les réflexions et éviter des surbrillances excessives à l'écran.

### **I. 4. Examen échographique des ovaires**

L'échographie est réalisée selon une chronologie de 4 heures d'intervalle après l'apparition des chaleurs jusqu'à l'ovulation comme proposée par Dorn *et al.* (1989) ; Diop *et al.* (1993) ; White et Wettemann (2000).

Tous les examens ont été conduits avec une sonde transrectale linéaire de fréquence 6 MHz selon les procédés décrits par (Pierson et Ginther 1987, 1988 ; Pierson *et al.*, 1988 ; Tom *et al.*, 1998). Les matières fécales ont été enlevées du rectum avec précaution pour éviter

l'entrée de l'air qui peut s'interposer entre la sonde et l'ovaire. A la suite de l'évacuation des matières fécales, une brève exploration transrectale a été réalisée dans le but d'évaluer la taille et la consistance de l'utérus et de localiser rapidement la position des deux ovaires. La sonde est ensuite introduite et déplacée à travers les organes génitaux de la manière suivante : la vessie, le corps de l'utérus, la corne utérine droite, l'ovaire droit, la corne utérine droite, le corps de l'utérus, la corne gauche, l'ovaire gauche, la corne utérine gauche, le corps de l'utérus, le col de l'utérus. Pour chaque ovaire examiné une ou plusieurs rotations de la sonde de long en large ont été nécessaires pour que tous les follicules soient observés. La distance entre la sonde et l'ovaire examiné a été réduite au minimum (<3 mm) pour diminuer l'atténuation du faisceau ultrasonore. La sonde est maintenue en contact étroit avec les parois du rectum.

Les images mises au point sont d'abord gelées au niveau de l'échographe pour y effectuer les mensurations nécessaires. Ensuite intervient l'enregistrement des images sur le disque du micro-ordinateur. Pour plus de cohérence, tous les examens et les analyses des images enregistrées ont été conduits par le même opérateur. La croissance folliculaire est caractérisée par la taille maximale et le nombre des plus gros follicules présents sur l'ovaire pendant l'œstrus jusqu'à l'ovulation et le moment de l'ovulation par rapport au début des chaleurs. Ce moment a été déterminé après l'analyse des images enregistrées suivant la méthode de Wettemann *et al.* (1998). Selon cette méthode lorsqu'un follicule ovulatoire est présent à une observation et disparaît partiellement ou totalement à l'observation suivante, l'ovulation est considérée comme ayant eu lieu entre les deux périodes. La taille des follicules est mesurée par le caliper de l'échographe.

## **II. 5. Analyse des données**

Les données ont été analysées avec le logiciel Statistica. Les effets des différents facteurs de variation ont été appréciés par l'analyse de variances non orthogonale de Friedman (ANOVA) à effet fixe. Les résultats sont exprimés en moyenne  $\pm$  écart-type et les différences considérées comme significatives au seuil de probabilité de ( $P < 0,05$ ). Les représentations graphiques ont été réalisées avec le logiciel Harvard Graphics et Excel 97.

**TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION**

## CHAPITRE I : RESULTATS

### I. 1. Induction et comportements d'œstrus des femelles zébus Goudali

Le délai moyen d'apparition de l'œstrus induit par les hormones chez la femelle zébu Goudali est de  $30,4 \pm 4,9$  h après l'arrêt du traitement. La figure 11 donne la distribution des délais d'apparition de l'œstrus. Toutes les génisses soumises au traitement d'induction par les hormones ont manifesté des comportements de chaleur. Une proportion de 6,2 % soit (1/16) des femelles ont manifesté l'œstrus à 22 h après le retrait des implants. Le reste des femelles soit la proportion 93,8 % (15/16) sont venues en chaleur dans l'intervalle de temps 28 h et 43 h après le retrait de l'implant. Le taux d'induction est de 100 %. Il n'a pas été observée de perte d'implants. L'œstrus chez la femelle zébu Goudali se traduit par un ensemble de comportements dont le signe majeur est l'acceptation du chevauchement. En début d'œstrus les femelles sont très agitées et se poussent. Elle se suivent les unes derrière les autres. Puis elles restent en groupes en se frottant les unes contre les autres (Figure 10). Outre ces modifications de comportement, les modifications organiques telles que la turgescence des vulves, leur aspect rougeâtre, humide et flasque sont également observables. L'écoulement de glaire qui accompagne l'œstrus a été observé sur 87,5 % (14/16) des femelles de l'étude. La glaire qui s'écoule de la vulve est un liquide claire, translucide, filante et gluante dont la quantité (50-200 ml par écoulement) varie suivant les individus, elle est plus intense chez les plus actives dans les chevauchements. Il n'existe pas de relation entre format et quantité de glaire. La palpation des organes génitaux dont l'utérus donne des sécrétions beaucoup plus importantes après un massage.

Les femelles en chaleur se rapprochent les unes des autres, elles tentent de se chevaucher à plusieurs reprises (figure 10). En début d'œstrus les chevauchements ne sont pas acceptés ; certaines femelles s'esquivent lorsqu'elles sont chevauchées. Lorsque la femelle est en chaleur, elle accepte le chevauchement de ses congénères. Le chevauchement dure environ 7 à 8 secondes. La femelle qui chevauche pousse souvent un petit beuglement qui n'est pas toujours audible. Une femelle peut être chevauchée plusieurs fois par une même femelle. La figure 10 donne les principaux comportements de la femelle zébu Goudali en chaleur.

## Figure 10 - Principaux comportements d'œstrus de la femelle zébu Goudali

### Début d'œstrus



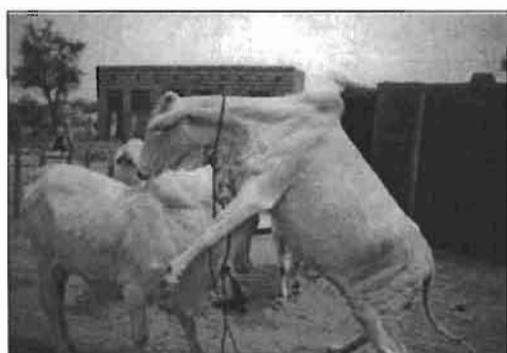
Une femelle renifle la vulve d'une autre, l'une ou l'autre pourrait venir en chaleur



Deux femelles se frottent, l'une d'entre Sera en chaleur



Tentative de chevauchement d'une femelle.



La femelle qui monte sur une autre de l'avant est en chaleur

### Œstrus



Une femelle renifle la croupe de sa congénère qui est inquiète et s'immobilise



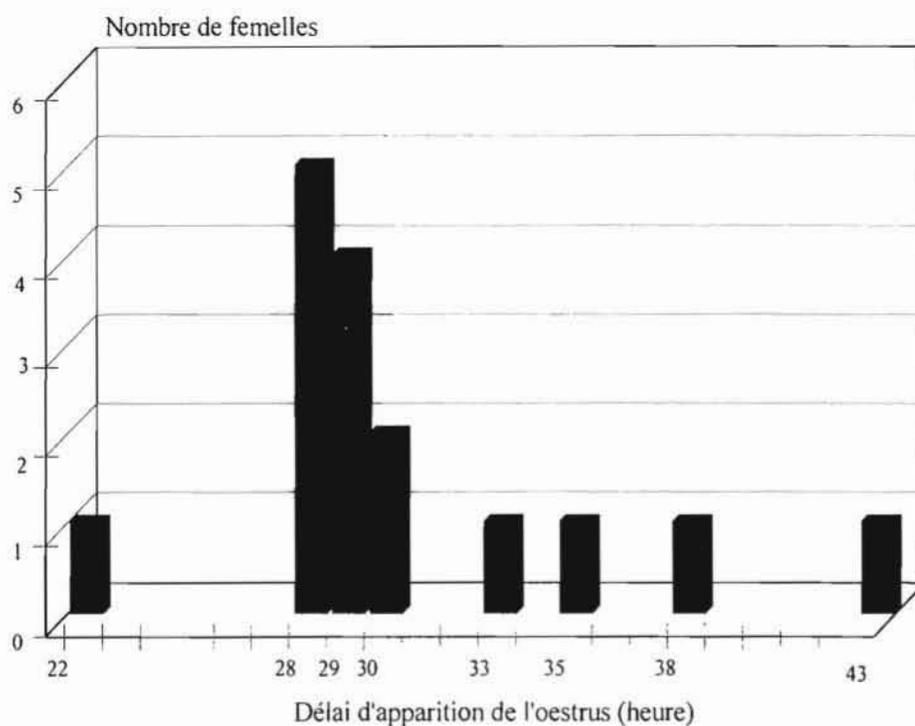
Immobilisation d'une femelle acceptant le chevauchement



Une femelle en chaleur (à droite) attirée Par le chevauchement d'une autre.



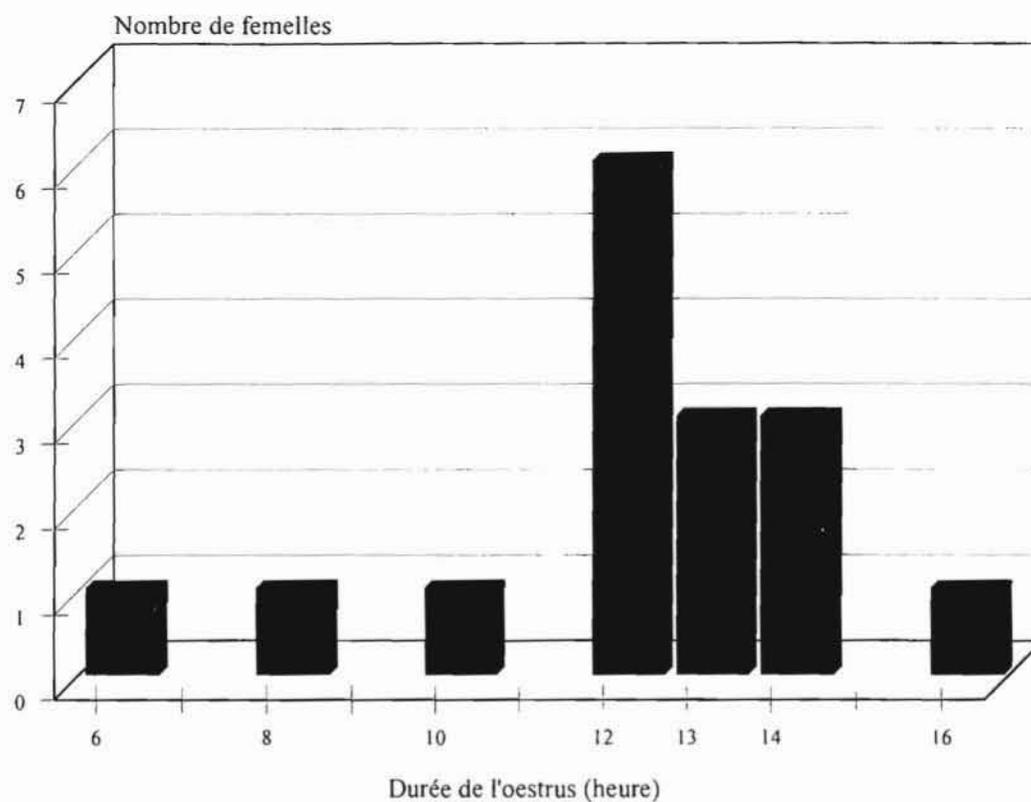
Trois femelles en chaleur, elles se Regroupent.



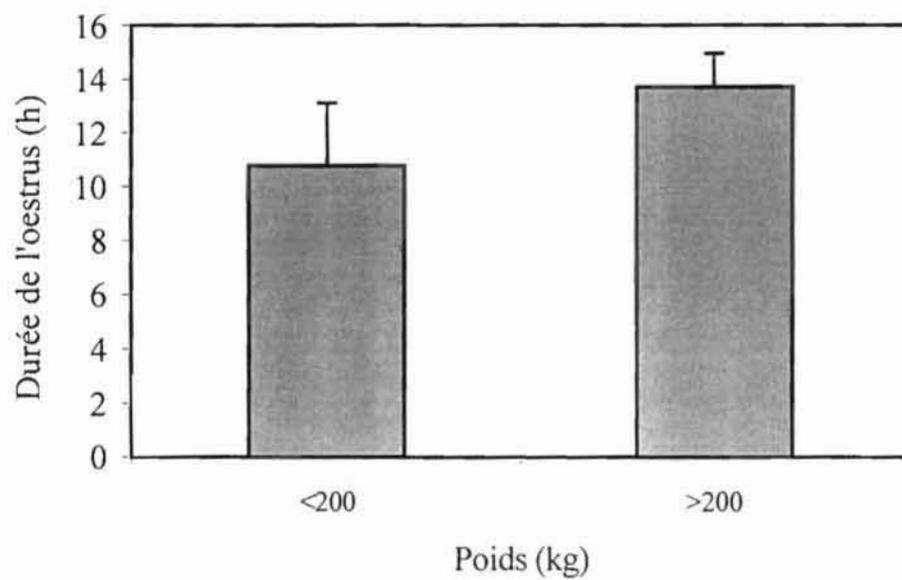
**Figure 11** – Distribution des délais d'apparition de l'oestrus

## I. 2. Durée de l'oestrus

La durée moyenne de l'oestrus chez les génisses zébus Goudali est de  $12,1 \pm 2,4$  h. La durée de l'oestrus varie de 6 h à 16 heures. La figure 12 donne la distribution des durées d'oestrus au cours de l'étude avec 18,8 % (3/16) des animaux qui ont une durée des chaleurs inférieure à 10 h. Plus de la moitié des femelles soit 75 % (12/16) ont une durée d'oestrus comprise entre 12 et 14 h et seulement 6,2 % (1/16) ont une durée d'oestrus de 16 h. La durée de l'oestrus est influencée par le format des animaux avec une tendance à la hausse chez les animaux de plus de 200 kg ( $p < 0,05$ ) (figure 13).



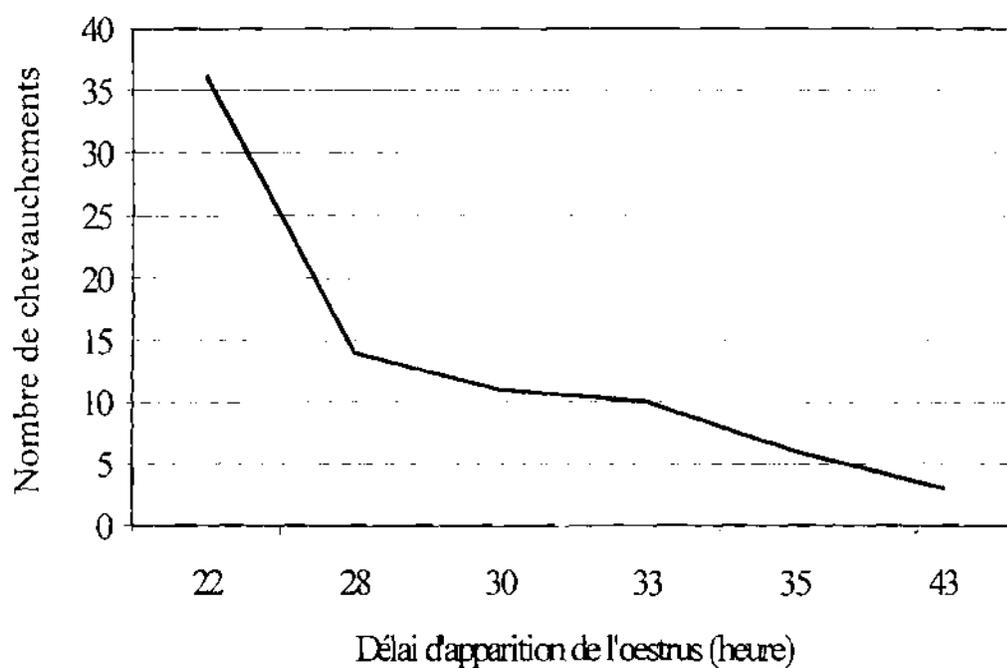
**Figure 12** – Distribution des durées d'oestrus



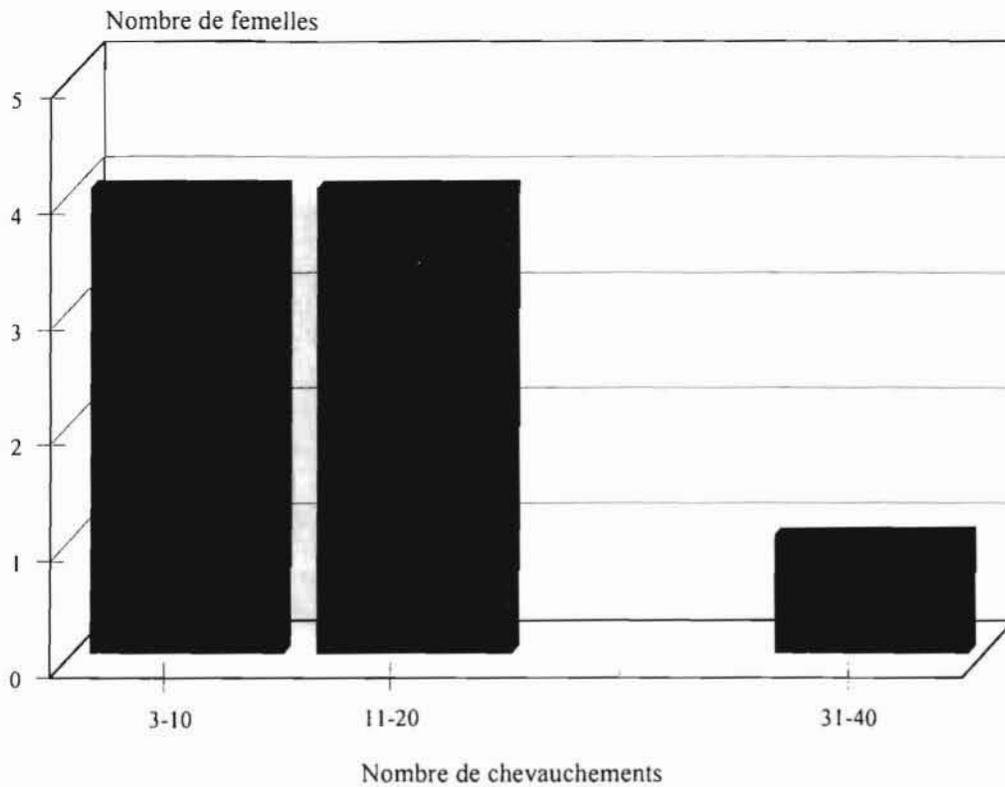
**Figure 13** - Durée de l'oestrus en fonction du poids

### I. 3. Nombre de chevauchements

Le nombre moyen de chevauchements accepté au cours de l'œstrus est de  $12,7 \pm 9,8$ . Ce paramètre est très variable entre individu. Le nombre de chevauchements varie en fonction du délai de venue en chaleur après le retrait de l'implant. Les femelles venant très tardivement en œstrus sont moins chevauchées et font moins de chevauchements (figure 14). La distribution des femelles par rapport au nombre de chevauchements indique que 4 femelles ont accepté entre 3 et 10 chevauchements, 4 ont accepté entre 11 et 20 chevauchements et enfin une seule femelle a accepté 36 chevauchements sur l'ensemble des cas observés (figure 15).



**Figure 14** – Nombre de chevauchements en fonction du délai d'apparition de l'œstrus

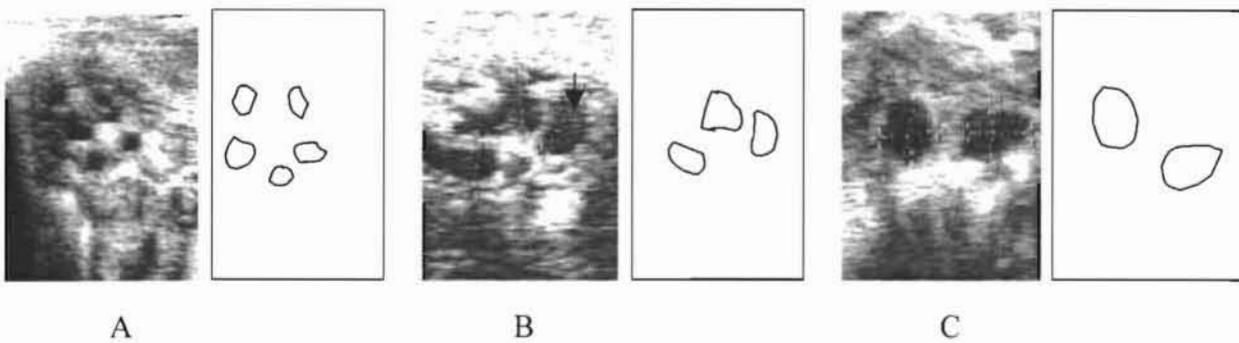


**Figure 15** – Distribution des chevauchements pendant l'œstrus

#### I. 4 Suivi de la croissance folliculaire

Les ovaires des femelles soumises au protocole d'induction par les progestagènes associés à la prostaglandine et à la PMSG montrent après le retrait de l'implant, des structures anéchogènes avec des tailles et des formes variables dans le temps. Au retrait de l'implant les femelles n'ont pas de corps jaunes détectables sur les ovaires. Les follicules observés apparaissent sous forme de taches noires à l'écran de l'échographe (Figure 16 A, B, C). Les ovaires présentent de petits follicules de taille comprise entre 2 et 3 mm. Au début des chaleurs soit en moyenne  $30,4 \pm 4,9$  h après le retrait de l'implant, la population folliculaire est constituée de follicules de 5 à 6 mm de taille dont le nombre moyen est  $4,1 \pm 1,3$ . Certains de ces follicules augmentent progressivement de taille jusqu'à l'ovulation. En période d'œstrus, il ne subsiste en moyenne que  $1,8 \pm 0,8$  follicules de taille supérieure à 8 mm. Ce sont des follicules dominants (Figure 16 C) qui ont une image de contour plus ou moins nette. En fin de chaleur, la majeure partie des follicules disparaissent de l'écran de visualisation et laissent les follicules préovulatoires. La taille maximale atteinte par les follicules ovulatoires est en moyenne de  $10,1 \pm 1,3$  mm pour l'ensemble des observations (Figure 17 D, E).

L'ovulation est mise en évidence par la disparition totale ou partielle du follicule préovulatoire de l'observation précédente. Le follicule qui ovule se caractérise par une échostructure mixte plus ou moins dispersée dont la couleur tire vers le gris (figure 17 F). Elle a été détectée en moyenne  $24,5 \pm 2,9$  h après le début des chaleurs sur 71,4 % des animaux. L'ovulation n'a pas eu lieu chez 28,6 % des femelles qui ont manifesté des comportements d'œstrus. Les ovulations observées sont confirmées par la visualisation des corps jaunes formés une semaine plus tard.

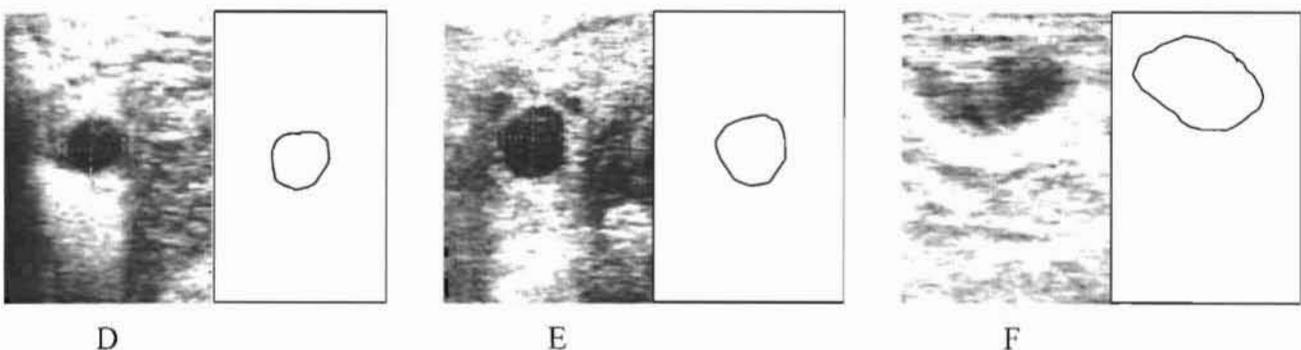


**Figure 16** - Les différents follicules observés au cours de l'œstrus.

A : Début des chaleurs, 5 follicules de taille comprise entre 5 et 6 mm sont détectables sur cette image.

B : Sur cette image 3 follicules (7-8 mm) sont observables.

C : Image deux follicules dominants.



**Figure 17** - Follicules observés en croissance terminale.

D : Image d'un gros follicule de 8,3 mm de diamètre bien délimité.

E : Image d'un follicule ovulatoire ayant atteint sa taille maximale (11,3 mm).

F : Image d'ovulation de texture moins dense, la cavité folliculaire contient un peu de liquide folliculaire (zone noire).



## BIBLIOGRAPHIE

- Adams G.P. (1994) – Control of ovarian follicular wave dynamics in cattle : implication for synchronization and superstimulation. *Theriogenology* **41** : 19-24.
- Agba K.C. (1975) – Particularités anatomiques et fonctionnelles des organes génitaux de la femelle zebu. *Th. Méd. vet.*, Dakar n°12.
- ✗ Ali A. (1994) – Induction de la superovulation chez la femelle bovine Ndama pendant la saison des pluies au Sénégal. *Th. Méd. vet.* Dakar n° 11.
- Anchondo G.A., ramirez-Godinez J.A., Hernandez H.C. (1995) – Evaluación de la PMSG sobre la presentación estros y fertilidad en hembras productoras de carne sincronizadas con Synchro-Mate-B. In : *VI Encuentro de investigadores del edo.* De Chihuahua 22 p.
- Baril G., Touze J.L., Bouttier A., Pignon R., Saumande J. (2000) – L'échographie transrectale : Outil de contrôle de l'activité ovarienne chez la chèvre. *Élevage et Insémination artificielle* **299** : 3-11.
- Beckers J.F. (1989) – Folliculogénèse et transplantation embryonnaire chez les ruminants. *Bull. Acad. Méd. Bel.* **144** : 607-620.
- Bo G.A., Adams G.P., Nasser L.F., Pierson R.A., Mapletoft R.J. (1993) – Effect of estradiol valerate on ovarian follicles emergence of follicular waves and circulating gonadotropins in heifers. *Theriogenology* **40** : 225-239.
- Bo G.A., Adams G.P., Pierson R.A., Tribulo H.E., Caccia M., Mapletoft R.J. (1994) – Follicular wave dynamics after estradiol 17 treatment of heifers with or without a progestagen implant. *Theriogenology* **41** :1555-1569.
- Boly H., Leroy P. (2001) – Tissu laitier périurbain de Ouagadougou. (*CIUF/ UO/ SPA*) 15 p.
- ✗ Boly H., Some S.S., Kabré A., Sawadogo L., Leroy P. (2000) – Performance laitière du zébu Azawak en zone Soudano-Sahélienne (Station de Lombila au Burkina Faso). *Annales de l'Université de Ouagadougou*, série B, Sciences exactes et Sciences de la nature, Volume **VIII** : 127-139.

## CHAPITRE II : DISCUSSION

Les comportements d'œstrus et les modifications organiques qui s'en suivent après induction des chaleurs chez les zébus Goudali sont semblables à ceux observés chez les autres zébus (Cissé, 1993 ; Zongo, 1998 ; CRZS, 2000). Les comportements sexuels des chaleurs synchronisées sont plus intenses et plus perceptibles que ceux des chaleurs naturelles décrits par Zakari (1981) sur les zébus Goudali et Bunaji mais confirment ceux de Voh *et al.* (1987) sur la même race. Ces observations sont comparables aux modifications comportementales et organiques relevées sur les vaches et génisses Hereford en chaleur par Gray et Varner (1992). Le taux d'induction d'œstrus obtenu chez les génisses zébus Goudali au cours de cette étude concorde avec celui rapporté par Kamara (1985) sur les zébus Gobra. Ce résultat est par ailleurs identique à celui trouvé par Zongo *et al.* (2001) sur les zébus Azawak traités selon le même protocole dans la même zone. Toutefois la valeur trouvée est supérieure au taux de 92,8 % obtenu par Dieng (1994) après un traitement aux implants Crestar + PMSG. Ali (1994) après traitement des femelles Ndama aux implants, a observé un taux de synchronisation de 67,6 %. Ce taux est également supérieur au taux de 70 % qu'ont obtenu Voh *et al.* (1987) avec la PGF2 $\alpha$ . Le taux d'induction d'œstrus élevé traduit l'efficacité des implants de progestagènes Crestar associés à la PGF2 $\alpha$  et à la PMSG dans l'induction de l'œstrus et la forte sensibilité de cette race à ces produits de synchronisation.

Le délai d'apparition de l'œstrus de cette expérience est comparable au délai de  $32 \pm 1,1$  h décrit par Tegegne (1989) sur les zébus Boran après synchronisation des chaleurs à la prostaglandine, il est légèrement inférieur à la valeur de  $34 \pm 1,5$  h trouvée par Twagiramungu *et al.* (1993) après synchronisation aux implants Crestar. La valeur trouvée est aussi nettement inférieure à la valeur de 51 heures 40 min rapportée par Ouédraogo *et al.* (1996) sur les zébus Azawak après induction des chaleurs aux implants, elle est aussi inférieure au  $47,88 \pm 0,53$  h obtenues par Ali (1994) chez la femelle Ndama. La venue précoce en chaleur observée au cours de cette étude s'expliquerait par l'utilisation de l'œstradiol et de la PGF2 $\alpha$  dans le protocole de traitement. En effet, selon Thimonier *et al.* (1975) et (Roche *et al.* (1981), l'injection de la prostaglandine avant le retrait des implants détruirait les corps jaunes récalcitrants et favoriserait la précision de la synchronisation en diminuant la concentration de la progestérone et en induisant aussitôt l'œstrus et l'ovulation.

La durée moyenne de l'œstrus observée chez les zébus Goudali dans cette étude est similaire aux valeurs rapportées par Voh *et al.* (1987) sur les zébus Bunaji et Goudali pendant

la saison sèche. En effet cet auteur note une influence de la saison sur la durée de l'œstrus. La durée moyenne de l'œstrus trouvée est également comparable à la durée de  $14,9 \pm 0,6$  h observée chez les génisses zébus Hariana et Sachiwal par Singh *et al.* (1998). Elle se situe dans les limites des valeurs couramment rapportées dans la littérature sur les zébus : 14 à 16 h selon Denis et Thiongane (1973), 8 à 14 h selon Gouro et Yenikoye (1991). Par contre la durée moyenne de l'œstrus de cette étude est inférieure à celle habituellement rapportée chez les races européennes (Crapelet et Thibier, 1973 ; Dobson et Kamionpatana, 1986). Par ailleurs la valeur de durée d'œstrus trouvée est supérieure à celle de  $6,1 \pm 1,4$  h rapportée par Zongo (1998) chez les zébus Peuhl soudaniens et à celle de  $5,9 \pm 0,2$  h rapportée par Johnson et Oni (1986) chez les génisses Bunaji et croisées. L'influence du poids sur la durée d'œstrus est significative avec une tendance à la hausse chez les femelles de plus de 200 kg. La différence de nos résultats avec ces auteurs pourrait s'expliquer par les techniques de détection des chaleurs utilisées, les races bovines concernées et leur mode de conduite qui semblent avoir une influence sur l'intensité et la durée des chaleurs (Denis et Thiongane, 1973).

Le nombre moyen de chevauchements accepté pendant la durée de l'œstrus est inférieur à la valeur de  $17,9 \pm 2,0$  qu'observent Voh *et al.* (1987) chez les femelles zébus Bunaji et Goudali synchronisées pendant la saison sèche en présence d'un taureau. Par ailleurs la valeur que nous avons trouvée reste nettement inférieure à celle trouvée chez les croisés Angus x Hereford par White et Wettemann (2000) ( $58,4 \pm 4$  chevauchements chez les femelles dont l'œstrus dure plus de 15 h) ; Wettemann *et al.* (1998) ( $22,9 \pm 15,3$  chevauchements par œstrus). La différence avec les taurins européens s'explique par la durée de l'œstrus des zébus qui est nettement inférieure à celle observée chez les races européennes. Cette observation confirmerait l'idée selon laquelle le comportement de chevauchements entre femelles en chaleur est moins prononcé chez les femelles *Bos indicus* (zébu) que chez les femelles *Bos taurus* (races européennes) (Rahka *et al.*, 1970). Le nombre de chevauchements observé sur les animaux dont les chaleurs apparaissent tardivement après le retrait de l'implant s'explique par la réduction de l'activité des animaux dont certains sont plus ou moins à la fin des chaleurs. En effet Gray et Varner (1992) rapportent que le nombre de chevauchements accepté par une vache est influencé par le nombre de femelles en chaleur au même moment, par l'alimentation des animaux et par la température ambiante et bien d'autres facteurs. Murray (1996), mentionne que chez les vaches laitières au Canada le

nombre de chevauchements passe de 11 pour une vache en chaleur à plus de 50 pour 3 vaches en chaleur.

La morphologie et les caractères des follicules observés par échographie dans cette étude concordent avec la description des caractéristiques des follicules ovariens de Pierson et Ginther (1988) et de Hanzen *et al.* (2000 b). Ceci traduit la parfaite applicabilité de la technique de l'échographie aux races vivant sous les tropiques. L'absence de corps jaunes chez les femelles zébus Goudali au retrait des implants concorde avec les résultats obtenus par Rekwot *et al.* (1999) chez les zébus après utilisation de la prostaglandine comme agent lutéolitique. Ce résultat s'inscrit également dans les observations de Taponen *et al.* (1999). Selon ces auteurs, l'injection de la PGF $2\alpha$  en milieu ou fin de di-œstrus provoque la lyse d'éventuel corps jaune en induisant de nouveau l'œstrus et l'ovulation. L'observation de petits follicules après le retrait de l'implant s'explique par le protocole de traitement de cette étude. En effet l'adjonction du valérate d'œstradiol au moment de la pose de l'implant de progestagène entraîne l'atrésie de tout follicule dominant présent au moment de l'insertion de l'implant, empêche l'ovulation de tout follicule dominant et induit l'émergence d'une nouvelle vague de croissance folliculaire (Adams, 1994 ; Bo *et al.*, 1993, 1994).

Le nombre moyen de follicules dominants observé au cours de cette étude est légèrement supérieur au nombre de follicules dominants observé au cours d'œstrus naturel caractérisé par un seul follicule dominant. L'observation de plus d'un follicule au stade de dominance constitue une garantie qu'au moins un se trouverait dans les conditions optimales pour ovuler. Ce résultat obtenu pourrait être en liaison avec l'administration de la PMSG au retrait des implants. La PMSG connue pour ses activités FSH/LH, favorise la maturation des follicules et augmente le nombre de follicules non atrétiques (Anchondo *et al.*, 1995 ; Ramirez-Godinez *et al.*, 2000). Les effets de la PMSG sur la stimulation ovarienne ont été également décrits par Cognie *et al.* (1984) sur la brebis.

La taille maximale atteinte par les follicules préovulatoires en moyenne de  $10,1 \pm 1,3$  mm montre que ce sont les plus gros follicules qui sont les premiers concernés par l'ovulation. Cette observation est similaire à celle de Sirois et Fortune (1988) qui mentionnent que le follicule préovulatoire est le plus gros follicule présent sur l'ovaire au cours de l'œstrus. Le résultat sur la taille maximale du follicule ovulatoire est comparable à la valeur de  $10,8 \pm 0,7$  mm enregistrée sur les génisses de race zébu Sistani en Iran (Niasari-Naslaji *et al.*, 1999). Cette valeur est également semblable à celles que rapportent Viana *et al.* (2000) chez les vaches zébus Gir ayant présentées quatre vagues de croissance folliculaire. Ces auteurs ont

obtenu une taille maximale du follicule ovulatoire de  $10,75 \pm 2,50$  mm pour la première vague,  $9,75 \pm 0,96$  mm pour la deuxième vague,  $9,00 \pm 0,82$  mm pour la troisième vague et enfin  $13,25 \pm 0,96$  mm la quatrième vague. Toutefois la valeur trouvée reste inférieure à la valeur de  $16,3 \pm 0,3$  mm obtenue par Pierson et Ginther (1988) chez les bovins de types européens. Chez ces derniers la taille des follicules ovulatoires varie entre 15 et 18 mm (Savio *et al.*, 1988 ; Knopf *et al.*, 1989). La différence avec zébus semble être liée au format des animaux, leur état nutritionnel (Roche et Boland, 1991) et à la taille des ovaires de la femelle zébu qui sont plus petits que ceux des taurins européens (Agba, 1975 ; Zongo, 1998).

La période de l'ovulation déterminée par échographie sur les femelles au cours cette étude concorde avec celle obtenue par Thiam (1989) ( $25,6 \pm 2,8$  h après le début des chaleurs) chez le zébu Gobra et par Mukasa-Mugerwa et Mattoni (1988) (25,8 h après le début des chaleurs) chez la vache zébu éthiopienne. Par ailleurs la valeur de cette étude s'inscrit dans les limites de la valeur moyenne de 28 h 37 après le début de l'œstrus obtenue par Ouédraogo *et al.* (1996) chez les zébus Azawak au Burkina Faso. Par contre la valeur que nous rapportons est inférieure aux  $32,0 \pm 4,7$  h obtenues sur les croisées (Angus x Hereford) après le début des chaleurs par Wettemann *et al.* (1998). Murray (1996) rapporte 24 à 36 h après le début des chaleurs sur les vaches laitières au Canada. La précocité de l'ovulation notée au cours de cette étude pourrait s'expliquer par le traitement d'induction d'œstrus utilisé et par les mécanismes hormonaux impliqués dans son déclenchement. Musaka-Mugerwa (1989) explique que le pic d'œstrogène intervient chez les femelles zébus Brahman à 24 heures avant l'œstrus, à 8 h avant l'œstrus chez les femelles Hereford et à 16 h chez les croisées (Hereford x Brahman). La sécrétion précoce du pic d'œstrogène serait à l'origine de l'ovulation précoce des zébus Brahman.

Les manifestations d'œstrus (émission de glaire et acceptation de chevauchement) ne sont pas toujours accompagnées d'ovulation. Cette observation confirme celle de Voh *et al.* (1984) montrant l'importance de l'examen échographique des ovaires. L'absence d'ovulation notée au cours de cette étude serait liée à l'imprégnation du valérate d'œstradiol à la pose de l'implant. De nombreux auteurs ont rapporté que l'administration de valérate d'œstradiol peut provoquer des comportements d'œstrus chez une femelle sans ovulation (Larson *et al.*, 1995 ; Hanlon *et al.*, 1996 ; Corbet *et al.*, 1999). Pour certains (Kinder *et al.*, 1996) la présence de follicules ovulatoires sur l'ovaire qui ne s'accompagne pas d'ovulation peut être due à l'utilisation des implants de progestagènes dans leur dose commerciale pour synchroniser les chaleurs. Ces auteurs mentionnent que les implants peuvent à leur retrait induire le développement de follicules dominants dont la croissance est plus élevée que la croissance normale. Ces follicules peuvent alors devenir persistants, kystiques ou anovulatoires du fait de l'état de développement avancé de l'ovocyte au moment de l'ovulation.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude a permis d'apprécier les principales caractéristiques de la fonction sexuelle de la femelle zébu Goudali après induction d'œstrus par les hormones. Elle montre les bonnes aptitudes d'adaptation de la fonction de reproduction de cette race à la zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. Les femelles zébus Goudali paraissent très sensibles aux hormones de synchronisation qui induisent des comportements d'œstrus et le développement de gros follicules. Par contre ces comportements d'œstrus et le développement folliculaire ne s'accompagnent pas toujours d'ovulation. L'absence d'ovulation notée chez certaines femelles (28,6 %) pourrait en partie expliquer les faibles taux de fertilité des inséminations artificielles sur les chaleurs induites.

Ces résultats peuvent servir d'élément de repère pour un programme d'insémination artificielle sur cette race. Ils démontrent que l'échographie transrectale qui a fait ses preuves comme outils d'étude de la fonction ovarienne chez les races européennes et américaines s'adapte bien aux races locales et permet de mieux préciser la période de la ponte ovulaire comparativement aux méthodes classiques connues (laparoscopie et la palpation transrectale). L'échographie transrectale pourrait être une alternative aux vieilles techniques lourdes et fastidieuses utilisées pour étudier le fonctionnement de l'ovaire. Elle est moins stressante et permet d'obtenir sans délai l'information recherchée sur l'état de l'ovaire.

Les résultats rapportés au cours de cette expérience servent d'éléments d'orientation et demandent à être confirmés par des études sur des effectifs plus importants pendant une longue période. Pour mieux comprendre les caractéristiques de l'œstrus induit chez les races bovines vivant sous les tropiques, il est souhaitable que des travaux puissent être conduits afin de déterminer l'influence de la photopériode et de la température sur le délai d'apparition des chaleurs, la durée des chaleurs et le moment de l'ovulation, ceci permettra de fixer un moment optimum pour réaliser l'insémination artificielle en différentes saisons avec plus de chance de succès.

Brassard P., Martineau R, Twagirumungu H. (1997) – Insémination à temps fixe enfin possible. Symposium sur les bovins laitiers (conférence). Canada, CPAQ 16 p.

Bungartz L., Niemann H. (1994) – Assessment of presence of a dominant follicle and selection of dairy cows suitable for superovulation by a single ultrasound examination. *J. Reprod. Fert.* **101** : 583-591.

Burckrell BC (1988) – Applications of ultrasonography in reproduction in sheep and goats. *Theriogenology* **29** : 71-84.

Cavaliere J., Rubio I., Kinder J.E, Entwistle K.W, Fitzpatrick L.A (1998) – Synchronization of estrus and ovulation and associated endocrine changes in *Bos indicus*. *Theriogenology* **47** : 801-814.

X Centre de Recherche Zootechnique de Sotuba (CRZS) (2000) - Etude du cycle œstral et du comportement sexuel des reproductrices de la race zébu maure. *CRZ de Sotuba rapport provisoire. Institut d'Economie Rurale du Mali* 4 p.

Centre International Pour l'Élevage en Afrique (1978) – Evaluation des productivités des races bovines Maure et Peul à la station du sahel Niono Mali CIPEA Addis Abeba, Ethiopie *Monographie n° 1* : 115-119.

X Chicoteau P., Ouédraogo A., Cloé C., Bassinga A. (1990) – Note sur l'insémination artificielle de vaches Baoulé en élevage contrôlé au Burkina Faso. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop.* **43 (communication)** : 541-542.

Cissé A.B. (1993) – Synchronisation des chaleurs chez les vaches N'dama et zébu Maure avec la prostaglandine F2 $\alpha$ . *Actualité scientifique. Maîtrise de la Reproduction et Amélioration Génétique des Ruminants. Les nouvelles éditions Africaines du Sénégal* : 21-26.

Classic Medical (2000-2001) – Classic ultrasound equipment supplies 6 p.

Cognie Y., Bodin L., Terqui M. (1984) – Le contrôle du moment de l'ovulation chez la femelle en vue de l'utilisation de l'insémination artificielle. *Insémination artificielle et amélioration génétique* : Bilan et perspectives critiques. Colloque de l'INRA n°29 : 77-94.

X Coly R. (1985) – Etude comparative de trois méthodes de détection de l'œstrus chez la femelle zébu Gobra (*Bos indicus*) au Sénégal. *Th. Méd. Vet. Dakar Sénégal* n°18.

Corbet N.J., Miller R.G., Bindon B.M., Burrow H.M., D'occhio M.J., Entwistle K.W., Fitzpatrick L.A., Wilkins J.F., Kinder J.E. (1999) – Synchronization of estrus and fertility in zebu beef heifers treated with three estrus synchronization protocols. *Theriogenology* **51** : 647-659.

Crapelet C., Thibier M. (1973) – La vache laitière. Vigot et Frère Paris 726 p.

Cuq P., Agba K.C. (1975) – Les organes génitaux de la femelle zébu. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop.* **28** : 331-403.

D'occhio M.J., Jillella D., Lindsey B.R. (1999) – Factors that influence follicle recruitment growth and ovulation during ovarian superstimulation in heifers : Opportunities to increase ovulation rate and embryo recovery by delaying the exposure of follicles to LH. *Theriogenology* **51** : 9-35.

Delorme G., Tessier J.P., (1988)– Les appareils d'échographie. *Manuel d'électroradiographie Echographie Normale* tome **III**. Masson Paris France : 1-10.

Denis J.P., Thiongane A.I. (1973) – Caractéristiques de la reproduction chez le zébu étudiés au CRZ de Dahra au Sénégal. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop.* **26** : 49-60.

Dieng C.B. (1994) – Maîtrise de la reproduction chez la vache Jersiaise. *Th. Méd. vet.* Dakar n° **37**.

Diop P.E.H., Bousquet D., King W.A. (1993 b) – Folliculogénèse et endocrinologie chez des Taures holstein superovulées. *Actualité scientifique. Maîtrise de la Reproduction et Amélioration Génétique des Ruminants. Les nouvelles éditions Africaines du Sénégal* : 449-457.

Dobson H., Kamonpatana M. (1986) – A review of female cattle reproduction with special reference to a comparison between buffaloes cows and zebu. *J. Reprod. Fert.* **77** : 1-36.

Domingo A.M. (1976) – Contribution à l'étude des populations bovines des Etats du golfe du Bénin. Agence de coopération culturelle et technique 143 p.

Dorn C.G., Bawolfe, Besoudo E., Kraemer D.C. (1989) – Follicular detection in goats by ultrasonography. *Theriogenology* **31** : 71-83.

---

- Driancourt M.A. (1991) – Follicular dynamics in sheep and cattle. *Theriogenology* **35** : 55-79.
- Drion P.V., Beckers J.F., Ectors F.J., Hanzen C., Houstain J.Y., Lonergan P. (1996) – Régulation de la croissance folliculaire et lutéale : Folliculogénèse et atresie. *Le point vétérinaire* **28**. Spécial reproduction des ruminants : 881-891.
- Drion P.V., Hanzen C., Houstain J.Y., Beckers J.F. (1998) – Connaissances actualisées des régulations de la croissance folliculaire chez les bovins : Folliculogénèse, cyclicité, anoestrus. Journées Nationales des Groupements Techniques Vétérinaires (GTV) Tours 27-29 Mai 1998: 15-26 .
- Ectors F.J., Vander Zwalmen P., Touati K., Beckers J.F., (1989) – Multiplication des embryons chez les bovins possibilités actuelles et futures. *Theriogenology* **31** : 188-211.
- Edgerton L.A. (1992) – Ultrasound for reproduction evaluations. *Collection reproduction Kentucky* 400 p.
- Edmondson A.J., Fissore R.A., Pashen R.L., Bondurant R.H. (1986) – The use of ultrasonography for the study of the bovine reproductive tract II. Non-pregnant pregnant and pathological conditions of the uterus. *Anim. Reprod. Sci.* **12** :167-177.
- Epstein H. (1971) – The origin of the domestic animals of Africa **1**. Africana Publishing Corporation New-York-London-Munich 1292 p.
- Fortune J. E., Sirois J., Quirk S.M. (1988) – The growth and differentiation of ovarian follicles during the bovine estrous cycle. *Theriogenology* **29** : 95-109.
- Galina C.S., Arthur G.H. (1989) – Review of cattle reproduction in the tropics. Part 1. Puberty et age at first calving. *Animal Breeding Abstracts* **57** : 583-590.
- Galina C.S., Arthur G.H. (1990) – Review of cattle reproduction in the tropics. Part 4. Estrous cycle. *Animal Breeding Abstracts* **58** : 697-707.
- Gandah M.S. (1989) – Etude comparative de la production laitière des races bovines du Niger. *Mémoire de fin d'études I.S.N-I.D.R.* Université de Ouagadougou Burkina Faso : 143 p.

Gouro S.A. (1988) – Contribution à l'étude de l'activité ovarienne du zébu Azawak. *Mémoire de certification de fin de première année*. Institut Supérieur des productions Animales, Niger : 27-39.

➤ Gouro S.A., Yenikoye A. (1991) – Etude préliminaire sur le comportement d'œstrus et la progestérolinémie de la femelle zébu (*Bos indicus*) Azawak au Niger. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop.* **44** : 100-103.

Grasso F., Guilbault L.A., Roy G.L., Lussier J.G. (1989) – Ultrasonography determination of ovarian follicular development in superovulated heifers pretreated with FSH-P at the beginning of the estrous cycle. *Theriogenology* **31** : 1209-1221.

Gray H.G., Varner M.A. (1992) – Signs of estrus and improvement detection of estrus in cattle. *Northeast IRM Manual*, West Virginia : 1-7.

Greenwald G.S., Terranova P.F. (1988) – Follicular selection and its control. In : *Physiology of reproduction*. E. Knobil and J. Neill. eds **11** 387-446.

Hanlon D.W., Williamson N.B., Wichtel J.J., Craigie A.L., Pfeiffer D.U. (1996) – The effect of estradiol benzoate administration on estrus response and synchronized pregnancy rate in dairy heifers after treatment with exogenous progesterone. *Theriogenology* **45**: 775-785.

Hansen D. (2001) – L'importance de la détection de chaleurs chez la vache : applications pratiques. *Alliance Pastorale*, France Fiche technique 2 p.

Hanzen CH., Lourtie O., Drion P.V. (2000 a) – Le développement folliculaire chez la vache I. Aspect morphologiques et cinétiques. *Annales de Médecine Vétérinaire* **144** : 223 -235.

Hanzen CH., Pieterse M., Scenczi O., Drost M. (2000 b) – Relative accuracy of the identification of ovarian structures in the cow by ultrasonography and palpation per rectum. *The Veterinary Journal* **159** : 161-170.

Hardin D.R., Warnicck A.C., Schultz R.H., Fields M.J. (1980) – Artificial insemination of Subtropical commercial beef cattle following synchronization with cloprostenol 1. Fertility. *Theriogenology* **14** : 244-249.

Johnson A.O., Oni O.O. (1986) – Estrous detection by mount received in Friesian x Bunaji heifers. *J. Agric. Sci.* **107** : 67-69.

Joshi N.R., McLaughlin A.R., Phillips E.W. (1957) – Les bovins d’Afrique: types et races. FAO Rome Etudes agricoles n° 37 : 50-148.

Kinder J.E., Kojima F.N., Bergfeld E.G.M., Wehrman M.E., Fike E. (1996) – Progestin and estrogen regulation of pulsatile LH release and development of persistent ovarian follicles in cattle. *J. Anim. Sci.* 74 : 1424-1440.

Knopf J., Kastelic J.P., Schallenberger E., Ginther O.J. (1989) – Ovarian follicular dynamics in heifers: test of two waves hypothesis by ultrasonically monitoring individual follicles. *Domestical Animal Endocrinology* New York 6 : 111-119.

Ko J.C.H., Kastelic J.P., Del Campo M.R. Ginther O.J. (1991) – Effects of dominant follicle on ovarian follicular dynamics during the oestrous cycle in heifers. *J. Reprod. Fert.* 91 : 511-519.

Landivar P., Galina C.S., Duchateau A., Navarro-Fiero R. (1985) – Fertility trial in zebu cattle after a natural or controlled estrus with Prostaglandin F2 alpha comparing natural mating with artificial insemination. *Theriogenology* 23 : 421-429.

Larson R.L, Kiracofe G.H. (1995) – Estrus after treatment with synchro-mate B in ovariectomized heifer is dependent on injected estradiol valerate. *Theriogenology* 44 : 177-187.

Le Vot J., Solacroup J.C., Leonetti P., Nun P., Gueguen E., Clavel G., Tourette J.H. (1993) – Les artéfacts en échographie. *Feuillets de Radiologie* 33 : 449-457.

Lean I.J., Aben., Duggans S. Kingsfordsford N. (1992) – Within and between observer agreement on ultrasonic evaluation of bovine ovarian structures. *Australian Veterinary Journal* 11 : 279-283.

Lucy M.C., Savio J.D., Badinga L., De La Sota R.L., Thacher W.W. (1992) – Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. *J. Anim. Sci.* 70: 3615-3626.

Macdonald K.C., Macdonald R. (1999) – The origins and development of domesticated animals in arid West Africa. In : *The origin and development of Africa livestock*. R.M. Blench and K.C. Macdonald eds. London, England 74-109.

Martinat-Botté F., Renaud G., Madec F., Costiou P., Terqui M. (1998) – Echographie et Reproduction chez la truie. Bases et Applications pratiques. I.N.R.A. Editions Hoechst Roussel Vet : 7-15.

Mason I.L. (1951) – The classification of West African Livestock. *Comw. Bur. Anim. Breed. Gen. Tech. Comm.* N°. 7 Comw. Agric. Bur. : Farnham Royal 151 p.

Mattoni M., Mukasa-Mugerwa E., Tegene A., Gecchini G. (1989) – Effect of estrous synchronization with prostaglandin F2 $\alpha$ . *Anim. Prod.* 48 : 367-373.

Mauleon P., Pelletier J. (1964) – Variations génétiques du fonctionnement hypophysaire de trois sodes de rattes immatures relations avec la fertilité. *Ann. Biol. Bich. Biophys.* 4 : 105-112.

Mukasa-Mugerwa E. (1989) – A review of reproductive performance of female *Bos indicus* (Zebu) cattle. *ILCA Monograph* 6 : 10-13.

Mukasa-Mugerwa E., Mattoni M. (1988) – Estrous behaviour in zébu cattle. In : IFS/SIPAR joint seminar on animal reproduction for African countries Addis Ababa : 56-64..

Murray B.B. (1996) - Comment maximiser le taux de conception chez la vache laitière 1. Détections des Chaleurs. *Fiche Technique* 85 Ontario 7 p.

Ngere L.O. (1985) – The Gudali cattle of Nigeria. Review In : *Animal genetic ressources in Africa : High Potential and Endangered Livestock.* OUA/STRC/IBAR publication Nairobi Kenya : 77-85.

Niasari-naslaji A., Sarhaddi F., Naji A., Angurani A., Damavandi Y. (1999) – Ovarian follicular dynamics in *Bos taurus* and *Bos indicus*. *Theriogenology* 51 : 307 (suppl.).

Ouédraogo M., Mattoni M., Zecchini M. (1996) – Définition d'un moment optimum pour l'insémination artificielle chez les femelles bovines Baoulé zébu et N'dama en zone subhumide. *Actualité Scientifique : Reproduction et Production laitière.* AUPELF-UREF : 305-310.

Palmer E. (1985) – Cycle oestrien en saison ovulatoire. Journées Nationales des Groupements Techniques Vétérinaires (GTV) 85 p.

Payne W.J.A. (1970) – Cattle production in the tropics. London UK Longmont Vol. 1: 33-43.

Pessinaba I.Y. (1977) – Contribution à l'étude du cycle oestral de la femelle zébu (*Bos indicus*) par les techniques cytologiques. *Th. Méd. vét.* Dakar Sénégal n°117.

Pie Medical (1999) – Which Scanner for Which Application. *Veterinary application selection guides*. Veterinary Scanner. Netherlands 8 p.

Pierson R.A., Adams G.P. (1995) – Computer-assisted image analysis diagnostic ultrasonography and ovulation strange bedfellows. *Theriogenology* **43** :105-112.

Pierson R.A., Ginther O.J. (1987) – Reliability of diagnostic ultrasonography for identification and measurement of follicles and detecting the corpus luteum. *Theriogenology* **28** : 929 -935.

Pierson R.A., Ginther O.J. (1988) – Ultrasonic imaging of the ovaries and uterus in cattle. *Theriogenology* **29** : 21-37.

Pierson R.A., Kastelic J.P., Ginther O. J. (1988) – Basic principles and techniques for transrectal ultrasonography in cattle and horses. *Theriogenology* **29** : 3 -19.

Pieterse M.C., Taverne M.A.M., Kruijff T.H.A.M., Willemsse A.H. (1990) – Detection of corpora lutea and follicles in cows: A comparison of transvaginal ultrasonography and rectal palpation. *The Veterinary Record* **126** : 552-554.

Rahka A.M., Igboeli G., Haled D. (1970) – The estrous cycle of Zebu and Sanga breeds of cattle in Central Africa. *J. Reprod. Fert.* **23** : 411-414.

Ralambofiringa A.(1978) – Notes sur les manifestations du cycle oestral et sur la reproduction des femelles Ndama. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop.* **31** : 91-94.

Ramirez-Godinez J.A., Rodriguez-Almeida F.A. Espinoza-Campa O.M., Valdés-Saucedo R. (2000) – Uso de la PMSG o PGF<sub>2</sub>α al reticular el implante del SMB en vacas productoras de carne. *Agrosciencia* **34** : 423-428.

Randel R. (1984) – Reproduction endocrinology of Brahman cattle. In : *Reproduction des ruminants en zone tropicale* INRA colloque n ° 20 Paris.

Rekwot P.I., Oyedipe E.O., Mukasa-Mugerwa E., Sekoni V.O., Akinpelumi O.P., Anyam A.A. (1999) – Fertility in zebu cattle (*Bos indicus*) after prostaglandin administration and artificial insemination. *The Veterinary Journal* **158** : 53-58.

Roche J.F., Boland M.P. (1991) – Turnover of dominant follicles in cattle of different reproductive states. *Theriogenology* **35** : 81-90.

Roche J.F., Ireland J., Mawhinney S. (1981) – Control and induction of ovulation in cattle. *J. Reprod. Fert.* **30** : 211-222.

Saumande J. (1991) - La folliculogénèse chez les ruminants. *Recueil de Médecine Vétérinaire Spécial Reproduction des Ruminants* **167** : 205 -217.

Savio J.D., Keenanl., Boland M.P., Roche J.F. (1988) – Pattern of growth of dominant follicle during the estrous cycle of heifers. *J. Reprod. Fert.* **83** : 663-671.

Schams D., Karg H. (1969) – Radioimmunoassay for bovine and ovine luteinizing hormone. *Acta endocr. Copenh.* 61-96.

Singh J., Pierson R.A., Adams G.P. (1997) – Ultrasound image attributes of bovine corpus luteum structural and functional correlates. *J. Reprod. Fert.* **109** : 35-44.

Singh U., Khurama N.K., Inderjee T (1998) – Plasma progesterone profiles and fertility status of anestrus zebu cattle treated with norgestomet-estradiol-eCG regimen. *Theriogenology* **50** 1191-1199.

Sirois J., Fortune J.E. (1988) – Ovarian follicular dynamic during the estrus cycle in heifers monitoring by real-time ultrasonography. *Biology of Reproduction* **39** : 308-317.

Souchon B. (1985) – Petit lexique ultrasonore. *Le Journal Français d'échographie* **3** : 105-108.

Taponen J., Katila T., rodriguez-Martinez (1999) – Induction of ovulation with gonadotropin-releasing hormone during prooestrus in cattle : influence on subsequent follicular growth and luteal function. *Anim. Reprod. Sci.* **35** : 91-105.

Tawah C.L., Mbah D.A. (1993) – Amélioration génétique : Bilan et perspectives dans les pays du Sud. *Actualité scientifique : Maîtrise de la Reproduction et Amélioration Génétique des Ruminants. Apports des Technologies Nouvelles. Les Nouvelles Editions du Sénégal* : 119-143.

- Tegegne A., Warnick A.C., Musaka-Mugerwa E., Ketema H. (1989) – Fertility of *Bos indicus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* crossbreed cattle after estrus synchronization. *Theriogenology* **31** : 361-370.
- Thiam M.M. (1989) – Actualité sur la maîtrise du cycle sexuel chez la femelle zébu (*Bos indicus*) en Afrique *Th. Méd. vet.* Dakar n° 14.
- Thibier M. (1992) – Analyse critique des services d'insémination artificielle dans les pays sous développés. In : *l'amélioration génétique des bovins en Afrique de l'Ouest* (Etude de la FAO Rome : 91-107.
- Thilbault C., Levasseur M.C. (1979) – La fonction ovarienne chez les mammifères. *Actualités scientifiques et agronomiques* INRA : 99 p.
- Thimonier J., Chupin D., Peloty J. (1975) – Synchronization of estrous in heifers and cyclic cows with progestagens and prostaglandins analogues alone or in combination. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Phys.* **15** : 437-443.
- Tom J.W., Pierson R.A., Adams G.P. (1998) – Quantitative echotexture analysis of bovine ovarian follicles. *Theriogenology* **50** : 339-346.
- Torres M.T. (2002) – La ecografía como medio diagnóstico y evaluación de los procesos reproductivos en el bovino. *Pie Medical* 6 p.
- Twagiramungu H. (1990) – Effects des traitements de Synchro-Mate-B et d'un analogue de GnRH combinés aux prostaglandines F2 a (PG) sur la synchronisation de l'oestrus et la fertilité des bovins de Boucherie. *Mémoire et M. Sc.* Université Laval Québec Canada 84 p.
- Twagiramungu H., Guibault L.A., Villeneuve P., Proulx J., Dufour J.J (1993) – Récents développements dans la synchronisation de l'oestrus et la fertilité en insémination artificielle bovine. *Actualité scientifique : Maîtrise de la Reproduction et Amélioration Génétique des Ruminants. Apports des Technologies Nouvelles.* Les Nouvelles Editions du Sénégal : 39-56.
- Vaissaire J.P. (1977) – Sexualité et Reproduction des mammifères domestiques et de laboratoires : Maloine-S.A. éditeur-Paris France : 157-267.
- Viana J.A.M., Ferreina A.D.M., De Sa W.F., De Almeida Camargo L.S. (2000) – Follicular dynamics in zebu cattle. *Pesq. Agropec. Bras. Brasilia* **35** : 2501-2509.

Voh A.A., Oyedipe E.O., Buvanendran V., Kumi-Diaka J. (1984) – Proceedings 4<sup>th</sup> Annual Conference of Nigeria Society for the study reproduction held at Shika-Zaria, Nigeria : 36-38.

Voh A.A., Oyedipe E.O., Buvanendran V., Kumi-Diaka J. (1987 ) – Estrus response of indigenous Nigeria Zebu cows after prostaglandin F<sub>2</sub> alpha analogue treatment under continuous observations for two seasons. *Theriogenology* **28** : 77-99.

Wassarma P. (1989) – The mammalian ovum. In the *physiology of reproduction*. Knobil E. D. Neil j. Eds **1** : 69-102.

Wattiaux M.A. (1996 a) – Système reproducteur du bétail laitier. *Institut Babcock pour la Recherche et le Développement International du Secteur Laitier*. Université de Wisconsin à Madison, USA : 4 p.

Wattiaux M.A. (1996 b) – Reproduction et Sélection génétique : reproduction et nutrition. *Institut Babcock pour la Recherche et le Développement International du Secteur Laitier*. Université de Wisconsin à Madison, USA : 3 p.

Wettemann R.P., Looper M.L., Warner M.L., Prado T., Morgan G.L. (1998) – Estrous behavior and time of ovulation in beef cows during the summer. *Animal Science Research Report* : 227-231.

White F.J., Wettemann R.P. (2000) – Season alters estrous behavior but not time of ovulation in beef cows. *Animal Science Reseach Report* : 1-6.

Zakari A.Y. (1981) – Manifestation and detection of estrus in Bunaji and Bokologi cows. Ahmadu Bello University Zaria Nigeria. *Ph.D. Dissertation* : 67-143.

✂ Zongo M. (2001) – Fonction sexuelle des femelles zébu Azawak et taurin Gourousi au Burkina Faso. *Th. Doctorat de troisième cycle*. Université de Ouagadougou 121 p.

✂ Zongo M. (1998) – Cycle oestral du zébu peul soudanien. *Mémoire de DEA* Université de Ouagadougou Burkina Faso : 65 p.

✂ Zongo M., Boly H., Sawadogo L., Sousa N.M., Beckers J.F., Leroy P. (2001) – Insémination artificielle des vaches zébus Azawak et taurins Gourounsi au Burkina Faso. *Tropicultura* **19** : 75-78.

⌘ ANNEXES