

**UNIVERSITE BLIDA 1**  
**Institut des Sciences Vétérinaires**

**THESE DE DOCTORAT**

En sciences vétérinaires

ETUDE DE LA FONCTION SEXUELLE DES BOVINS MALES DE LA  
RACE BRUNE D'ATLAS TYPE CHELIFIEN

Par

**Mokhtar MOKHTAR RAHMANI**

Devant le Jury composé de:

N. SAHRAOUI	Professeure, U. de Blida 1	Président
A. YAHIA	Maitre de conférences, U. de Blida 1	Examineur
D. BAROUDI	Maitre de conférences, ENSV, Alger	Examineur
R. SAIDI	Maitre de conférences, U. de Laghouat	Examineur
A. BERBER	Professeur, U. de Blida 1	Promoteur
M.HAMIROUNE	Maitre de conférences, U. de Djelfa	Co-promoteur

Blida, Juin 2020

## RESUME

La Brune de l'Atlas est la seule et unique race composant les populations bovines du nord de l'Algérie. Dans cette étude, des bovins mâles de la race Brune de l'Atlas de type Chélifien ont subi une description morphométrique et reproductive.

196 mâles dont l'âge varie entre 3 et 48 mois ont été soumis aux différentes mensurations et au dosage de testostérone sérique. En parallèle, 52 taurillons ont été évalués pour l'étude de leur instinct sexuel devant des femelles en chaleurs. Les mensurations sont faites à l'aide d'une toise et d'un mètre ruban et concernent le périmètre thoracique, le périmètre abdominal, la hauteur au garrot, la hauteur au sacrum, la hauteur de poitrine et la mesure de la circonférence scrotale.

La hauteur au garrot, la hauteur au sacrum, le périmètre thoracique, le périmètre abdominal et la hauteur de poitrine ont augmenté en fonction de l'âge passant de (82 cm, 83 cm, 104 cm, 154 cm, 50 cm) (3 mois) à (121 cm, 123 cm, 174 cm, 223 cm, 74 cm) (48 mois) respectivement.

La circonférence scrotale moyenne a augmenté de manière curviligne de 3 à 48 mois en fonction de l'âge ( $p < 0,001$ ) passant de  $13,2 \pm 1,7$  cm (3 mois) à  $33,5 \pm 2,3$  cm (36-48 mois). En parallèle, la testostérone sérique moyenne a aussi augmenté ( $p < 0,001$ ), passant de  $0,7 \pm 0,6$  ng/ml (3 mois) à  $7,2 \pm 3,5$  ng/ml (36-48 mois). De plus, les deux paramètres sont positivement corrélés avec l'âge de l'animal ( $r = 0,94$  et  $r = 0,75$ , respectivement pour la circonférence scrotale et la testostérone sérique). En outre, l'étude de la corrélation entre la circonférence scrotale et la testostérone sérique a montré l'existence d'une corrélation positive entre ces deux paramètres ( $r = 0,73$ ). Les manifestations de la libido ont commencé vers l'âge de 9 mois avec une circonférence scrotale moyenne de 21,07 cm et une testostéronémie moyenne de 2,18 ng/ml

Ces résultats témoignent d'une part que la circonférence scrotale et le taux de testostérone sérique ont augmenté en fonction de l'âge avec des corrélations positives, et d'autre part, elles sont bien corrélées ce qui favorise l'utilisation de la circonférence

scrotale comme un critère d'évaluation de début de la puberté (vers 12 mois) et de la sélection des mâles bovins de la race Brune de l'Atlas dans la reproduction.

*Mots clés: Algérie, Brune de l'Atlas, circonférence scrotale, libido, puberté, reproduction, testostérone, taureau*

## SUMMARY

The Brown of Atlas is the one and only breed making up the cattle populations of northern Algeria. In this study, male cattle of the Brown Atlas breed from the Chélifien type have undergone morphometric and reproductive description.

196 males ranging in age from 3 to 48 months were subjected to different measurements and serum testosterone dosage. In parallel, 52 bull calves were evaluated for the study of their sexual instinct in front of females in heat. The measurements are made using a board and a tape measure and relate to the thoracic perimeter, the abdominal perimeter, the height at the withers, the height to the sacrum, the height of the chest and the measurement of the scrotal circumference.

The height at the withers, the height to the sacrum, the thoracic perimeter, the abdominal perimeter, and the height of the chest increased as a function of age from (82 cm, 83 cm, 104 cm, 154 cm, 50 cm) (3 months) to (121 cm, 123 cm, 174 cm, 223 cm, 74 cm) (48 months) respectively.

The mean scrotal circumference increased curvilinearly from 3 to 48 months as a function of age ( $p < 0.001$ ) from  $13.2 \pm 1.7$  cm (3 months) to  $33.5 \pm 2.3$  cm (36-48 months). In parallel, the mean serum testosterone also increased ( $p < 0.001$ ), from  $0.7 \pm 0.6$  ng / ml (3 months) to  $7.9 \pm 3.5$  ng / ml (36-48 months). In addition, the two parameters were positively correlated with the age of the animal ( $r = 0.94$  and  $r = 0.75$ , respectively for scrotal circumference and serum testosterone). In addition, the study of the correlation between scrotal circumference and serum testosterone showed the existence of a positive correlation between these two parameters ( $r = 0.73$ ). The manifestations of libido began around the age of 9 months with an average scrotal circumference of 21.07 cm and a mean testosterone of 2.18 ng / ml

These results demonstrate that scrotal circumference and serum testosterone increased with age with positive correlations and that they correlate well with the use of

scrotal circumference as a criterion for assessing the onset of puberty (around 12 months) and the selection of bovine males of the Brown Atlas breed for reproduction.

**Keywords:** *Algeria, Brown of Atlas, scrotal circumference, libido, puberty, reproduction, testosterone, bull*

## المخلص

تعتبر ابقار سمراء الاطلس الوحيدة التي تشكل السلالة المحلية في شمال الجزائر. تهدف هذه الدراسة الى تحديد مختلف القياسات الجسمانية و محيط كيس الصفن بالإضافة الى تحليل هرمون التستوسترون عند ذكور ثيران السلالة المحلية "سمراء الاطلس" من النوع الشلبي. لهذا الغرض 196 ثور تتراوح أعمارهم بين 3 و 48 شهرا كانت محل دراسة لأخذ بعض القياسات. جميع القياسات تمت بواسطة شريط متري و لوحة مرقمة. بالموازاة مع ذلك، 52 ذكر استعمل لغرض دراسة السلوك الجنسي.

ازداد كل من الارتفاع عند الكاهل، ارتفاع العجز، محيط الصدر، محيط البطن، الارتفاع من الصدر بالنسبة لعامل السن من ( 82 سم، 83 سم، 104 سم، 154 سم، 50 سم) الى (3 اشهر) الى (121 سم، 123 سم، 174 سم، 223 سم، 74 سم) (48 شهر) على التوالي.

زاد متوسط محيط الصفن بشكل منحنى من 3 إلى 48 شهراً ( $p < 0.001$ ) من  $1.7 \pm 13.2$  سم (3 أشهر) إلى  $2.3 \pm 33.5$  سم (36-48 شهراً). في موازاة ذلك، زاد متوسط هرمون تستوستيرون ( $p < 0.001$ ) من  $0.7 \pm 0.6$  نانوغرام / مل (3 أشهر) إلى  $7.2 \pm 3.5$  نانوغرام / مل (36-48 شهر). بالإضافة إلى ذلك، يرتبط القياسان إيجابيا مع عمر الحيوان (0.94 و 0.75 على التوالي لمحيط الصفن وهرمون تستوستيرون). أيضا، أظهرت دراسة العلاقة بين محيط الصفن وهرمون التستوستيرون في الدم وجود علاقة إيجابية بينهما (0.73). بدأت مظاهر الغريزة الجنسية حوالي سن 9 أشهر بمتوسط محيط الصفن يبلغ 21.07 سم ومتوسط التستوستيرون 2.18 نانوغرام / مل.

هذه النتائج تدل على أن محيط الصفن وهرمون تستوستيرون يزدادوا مع تقدم العمر مع وجود ارتباطات إيجابية، وأنها ترتبط بشكل جيد مع استخدام محيط الصفن كمعيار لتقييم ظهور البلوغ (حوالي 12 شهراً) واختيار الذكور من سلالة سمراء الأطلس في التكاثر.

**الكلمات الدالة :** الجزائر، سمراء الأطلس، محيط الصفن، الرغبة الجنسية، البلوغ، التكاثر، التستوسترون، ثيران

## REMERCIEMENTS

Qu'il me soit permis de présenter ici mes remerciements à tout un petit monde de personnes qui ont rendu possible la présente étude et qui ont contribué à son élaboration sous quelque forme que ce soit.

Je tiens tout d'abord à dire ma reconnaissance envers Monsieur le Professeur BERBER Ali qui, malgré les prérogatives qui sont siennes, a accepté sans réserve, de diriger cette thèse. Il s'y est grandement impliqué par ses directives, ses remarques et suggestions, mais aussi par ses encouragements dans les moments clés de son élaboration. Je tiens à remercier aussi le Dr HAMIROUNE Mourad pour sa disponibilité et ses corrections et suggestions pertinentes.

Un remerciement particulier aux membres de jury, Pr SAHRAOUI Naima pour accepter la présidence de notre jury ainsi que Dr BAROUDI Djamel, Dr SAIDI Radhouane et Dr YAHIA Achour qui m'ont honoré par leur présence et accepté d'être membres de jury et participer dans l'évaluation de cette thèse.

Je saisis aussi cette occasion pour prononcer un mot de gratitude à l'égard de tous les vétérinaires de l'institut de la médecine vétérinaire d'Alger qui ont contribué et participé à la réalisation de ce modeste travail.

Un vif remerciement à tout le personnel du laboratoire d'élevage et de faune sauvage, institut des régions arides, Tunisie qui m'ont m'aider dans les différents étapes de l'analyse hormonale surtout le professeur HAMMADI Mohammed, Dr FATNASSI Meriem et Dr DOGHBRI Lamia.

Je suis néanmoins seul et unique responsable des oublis, des lacunes et des faiblesses que puisse contenir la présente étude. Ceci étant, les propos contenus dans cette thèse n'engagent que ma propre responsabilité.

## **DEDICACES**

*A mes chers parents,*

*A mon épouse wahba*

*A mes enfants Zakaria et Ilias*

*A mon frère Mohamed*

*A mes sœurs*

*A ma chère belle mère et*

*A mon beau père Mâamer*

*Vous m'avez accueilli à bras ouverts dans votre famille*

*A tous ceux que j'aime,*

*Je dédie ce travail.*

***Mokhtar***



## TABLE DES MATIERES

RESUME	
REMERCIEMENT	
TABLE DES MATIERES	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
INTRODUCTION	17
PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE	
1. CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA RACE BRUNE DE L'ATLAS	20
1.1. Origine	20
1.2. Les variétés de la brune de L'Atlas	21
1.3. Caractères généraux de la race brune de l'Atlas	24
1.3.1. Morphologie	24
1.3.2. Caractéristiques biométriques	25
1.3.3. Caractéristiques de production	26
1.3.3.1. Production de travail	26
1.3.3.2. Production de viande	26
1.3.3.2.1. Evolution des poids moyens	27
1.3.3.2.2. Gains de poids	29
1.3.3.3. Production laitière	30
1.3.4. Caractéristiques de reproduction	30
2. DEVELOPPEMENT PUBERTAIRE	33
2.1. Développement testiculaire	33
2.1.1. Développement des cellules de leydig	33
2.1.2 Développement des cellules de sertoli	34
2.1.3. Développement des cellules germinales (spermatogénèse)	35
2.2. Relation de l'âge et de la puberté	36

2.3. Effet de la nutrition sur le développement sexuel	36
2.4. Effet de la race sur l'âge de la puberté	38
2.5. Effet de la saison sur l'âge de la puberté	39
2.6. Relation entre la circonférence scrotale et la puberté	40
3. ENDOCRINOLOGIE DE LA PUBERTE	41
3.1. Hormone lutéinisante (LH)	41
3.2. Hormone folliculo-stimulante (FSH)	42
3.3. Testostérone	43
3.4. Estradiol	43
3.5. Hormone de croissance (GH)	44
3.6. IGF (insulin like growth factor)	45
4. EVALUATION DE LA PUBERTE	46
4.1. Première saillie	46
4.2. Examen du sperme	47
4.2.1. Techniques de récolte	47
4.2.1.1. Récolte par électro-éjaculation	47
4.2.1.2. Récolte au vagin artificiel	48
4.2.1.2.1. Préparation des taureaux	48
4.2.1.2.2. Matériel	48
4.2.1.2.3. Technique de collecte de sperme au vagin artificiel	49
4.2.1.3. Récolte du sperme par massage transrectal	49
4.2.2. Analyse et évaluation de la semence	50
4.3. Age et Poids corporel	54
4.4. Circonférence scrotale	55
4.5. Histologie testiculaire et Cytométrie en flux	55
PARTIE EXPERIMENTALE	
INTRODUCTION	58
5. MATERIEL ET METHODES	59
5.1. Présentation de la région d'étude (Site expérimental)	59

5.1.1. Situation	59
5.2. Animaux	59
5.2.1. Conduite d'élevage	60
5.2.1.1. Alimentation	60
5.2.1.2. Reproduction	61
5.2.1.3. Logement	61
5.3. Matériel d'induction et de synchronisation des chaleurs	61
5.4. Matériel de mensuration	62
5.5. Age	62
5.6. Mensurations	62
5.6.1. Mensurations corporelles	62
5.6.2. Circonférence scrotale	62
5.7. Poids corporel	63
5.8. Traitements	64
5.9. Détection des chaleurs	64
5.10. Evaluation de la libido	64
5.10.1. Libido	64
5.11. Dosage de testostérone sérique	64
5.11.1. Matériel de dosage	65
5.11.2. Prélèvement, préparation et conservation des échantillons	69
5.11.3. Extraction des échantillons biologiques	70
5.11.4. Méthode d'extraction	71
5.11.5. Mode opératoire	73
5.12. Analyses statistique des résultats	74
6. RESULTATS ET DISCUSSION	76
6.1. Caractéristiques morphologiques	76
6.1.1. Introduction	76
6.1.2. Poids corporel	76
6.1.3. Circonférence scrotale	79

6.1.3. 1. Relation entre la circonférence scrotale et le poids vif	83
6.1.4. Périmètre thoracique	83
6.1.5. Périmètre abdominal	85
6.1.6. Hauteur au garrot	86
6.1.7. Hauteur au sacrum	89
6.1.8. Hauteur de poitrine	90
6.1.9. Evolution des indices corporels	91
6.2. Dosage de testostérone sérique	92
6.2.1. Objectif	92
6.2.2. Testostérone au cours du développement pubertaire	92
6.2.2.1. Relation entre la circonférence scrotale et testostérone sérique	94
6.2.2.2. Relation entre le poids vif et la testostérone sérique	95
6.3. Evaluation de la libido chez les jeunes taureaux	96
CONCLUSION	101
PERSPECTIVE	103
APPENDICES	104
REFERENCES	106

## LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Troupeau de bovins Chélifien	24
Figure 02 : Taureau Chélifien	59
Figure 03 : Répartition du nombre d'animaux en fonction de l'âge	60
Figure 04 : La mesure de la circonférence scrotale	63
Figure 05 : Ether éthylique anhydre	66
Figure 06 : Mélangeur de type vortex	66
Figure 07 : Système d'aspiration	67
Figure 08 : Compteur gamma	67
Figure 09 : Solution de lavage	68
Figure 10 : Tubes pyrex en verre	68
Figure 11 : Testostérone marquée à l'iode 125	69
Figure 12 : Centrifugation des échantillons biologiques	69
Figure 13 : Echantillons sériques après centrifugation	70
Figure 14 : Echantillons sériques aliquotés	70
Figure 15 : Congélation de la phase aqueuse	71
Figure 16 : Récupération de la phase organique dans des tubes pyrex	72
Figure 17 : Evaporation de la phase étheré dans un bain-marie	72
Figure 18 : Kits de dosage de Testostérone	73
Figure 19 : Evolution des poids vifs moyens en fonction de l'âge	76
Figure 20 : Distributions des valeurs moyennes de la circonférence scrotale en fonction de l'âge	80
Figure 21 : Distribution des valeurs de la circonférence scrotale en fonction des poids vif	83
Figure 22 : Distribution des valeurs moyennes du périmètre thoracique en fonction de l'âge	84
Figure 23 : Relation du périmètre abdominal avec l'âge	85
Figure 24 : Relation de la hauteur au garrot avec l'âge	86
Figure 25 : Relation de la hauteur au sacrum avec l'âge	89
Figure 26 : Relation de la hauteur de poitrine avec l'âge	90

Figure 27 : Distribution des valeurs moyennes de la testostérone sérique en fonction de l'âge	93
Figure 28 : Distribution des valeurs de la testostérone sérique en fonction de la circonférence scrotale	94
Figure 29 : Distribution des valeurs de la testostérone en fonction des poids vifs	95

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : Mensurations moyennes pour la sous race Cheurfa, différence entre mâle et femelle	23
Tableau 02 : Caractéristiques biométriques moyennes de la brune de l'Atlas	25
Tableau 03 : Caractéristiques biométriques	26
Tableau 04 : Poids à différents âges des bovins de race locale	27
Tableau 05 : Gains moyens quotidiens de la Brune de l'Atlas	29
Tableau 06 : Croissance du veau Cheurfa	29
Tableau 07 : Moyennes des caractéristiques de la production laitière	30
Tableau 08 : Caractéristiques moyennes de reproduction de la Brune de l'Atlas	31
Tableau 09 : Effet de l'énergie alimentaire sur l'âge d'apparition de la puberté chez les taureaux	37
Tableau 10 : Relation entre la circonférence scrotale et le pourcentage de taureaux qui ont amorcé le début de la puberté	40
Tableau 11 : La densité du sperme bovin	50
Tableau 12 : Critères de notation de la motilité massale de la semence dans l'espèce bovine	51
Tableau 13 : Anomalies morphologiques des spermatozoïdes	53
Tableau 14 : Poids vif moyen des bovins mâles Bruns de l'Atlas	78
Tableau 15 : Comparaison avec d'autres races de bovins d'Afrique	79
Tableau 16 : Evolution de la circonférence scrotale moyenne en fonction de l'âge	81
Tableau 17 : Comparaison du périmètre scrotal avec d'autres races de bovins d'Afrique	82
Tableau 18 : Evolution de la hauteur au garrot en fonction de l'âge	88
Tableau 19 : Evolution des indices de mensurations corporelles en fonction de l'âge	91
Tableau 20 : Evolution des taux de testostérone sérique en fonction de l'âge	94

Tableau 21 : Manifestation de la libido chez les différents taurillons	96
Tableau 22 : Valeurs moyenne de la circonférence scrotale et testostérone chez les taurillons mis en évaluation de libido	98
Tableau 23 : Comparaison de la libido des bovins mâles Bruns de l'Atlas avec d'autres races d'Afriques	99



# *Introduction*

## INTRODUCTION

En Algérie, l'élevage bovin tel qu'il est pratiqué, presque traditionnellement comme dans la majorité des pays du Maghreb, repose pour l'essentiel sur l'exploitation des ressources naturelles pastorales. Celles-ci, représentées par la végétation spontanée, connaissent des variations et des limitations sévères liées au rythme de pluies, à la nature du sol, à la situation topographique qui entravent régulièrement le bon développement des ressources fourragères [1].

Géographiquement, le cheptel bovin, se répartie presque exclusivement sur la partie Nord de l'Algérie, mais cette répartition est sujette à des aspects différents selon les zones du Sahel, du Tell et notamment les régions montagneuses. On trouve généralement un élevage extensif, avec des animaux appartenant aux groupes de races locales et de races croisées. Sa concentration augmente en allant de l'étage semi-aride à l'humide, c'est-à-dire, au fur et à mesure que les conditions du milieu deviennent favorables [1]. Les aires de répartition du bovin local (situées au nord de l'isohyète supérieur à 400 mm de pluies) concerneraient les zones montagneuses (Guelma, Skikda, Jijel, Kabylie), les zones lacustres (Annaba, Tarf), au niveau des hauts plateaux, se répartit les aires principales suivantes : Sétif, Oum-el-bouaghi, Souk-Ahras et Tiaret , Chlef, Saida pour l'ouest du pays [2].

L'élevage bovin Algérien de la race locale, la Brune de l'Atlas, est caractérisé par une faible productivité, un nombre restreint de bétail, malgré d'énormes ressources fourragères, ces dernières sont assurées par les pâturages naturelles en hivers et au printemps (prairies naturelles de piémont ou jachères, ainsi que par les chaumes de céréales et les foins achetés dans les zones de grandes cultures voisines) et les pâturages en forêts pour les bétails élevés en zones montagneuses [3].

La race bovine locale, la Brune de l'Atlas, est divisée en plusieurs variétés (sous races ou types) ayant pris le nom de la région d'installation ; La Cheurfa est considérée comme une variété de la race Brune de l'Atlas dont le nom désigne les habitants de certaines tribus arabes nobles [4], BENCHAAAR (1987) [5] rapporte des dénominations de Sétifienne identifiée dans la région de Sétif et de Chélifienne localisée dans la région de Chlef. La Guelmoise identifiée dans la région de Guelma. Ainsi, les caractéristiques

biométriques de la race Brune de l'Atlas diffèrent d'un type à l'autre selon le milieu, les animaux vivant en plaine ont un grand format par rapport à ceux élevés en montagne [6].

Beaucoup de travaux de recherches ont été faites sur des femelles de la race bovine la Brune d'Atlas, par contre, peu de travaux ont été réalisés sur des bovins mâles de la race Brune d'Atlas et voire absence complète des données comme chez le type Chélifien de cette race.

Dans cette étude, les mâles des bovins de race locale, la Brune de l'Atlas de type Chélifien ont fait l'objet d'une étude morphométrique et reproductive afin de les caractériser morphologiquement au sein de la race mère et de les comparer aux différentes races du monde et d'étudier le début de manifestation du comportement sexuel devant des femelles en chaleur.

La présente étude se subdivise en trois parties ; étude des mensurations corporelles et testiculaires, dosage et suivi des taux de testostérone sériques et l'évaluation de la libido.

# *Partie bibliographique*

## 1. CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA RACE BRUNE DE L'ATLAS

### 1.1. Origine

JOSCHI et MC LAUGHLIN (1957) [7] englobent sous l'appellation de race Brune de l'Atlas tous les types de bovins autochtones de Tunisie, d'Algérie et du Maroc. Ces mêmes auteurs rapportent que DECHAMBRE (1922) [8], pense que le bœuf Brun de l'Atlas descend probablement du type établi dans ces régions depuis la plus haute antiquité. Son principal ancêtre serait le *Bos primogenius mauritanicus* découvert par Thomas dans le quaternaire de l'Afrique du nord.

EMILE LEVAILLANT (1931) [9] indique que la Brune de l'Atlas a peuplé la région du Maghreb à l'époque la plus reculée et se serait propagée dans la région de l'Atlas sous les Carthaginois et les Romains. GEOFFROY (1919) [10] rapporte que pour certains zootechniciens, la race qui peuple l'Afrique du Nord appartient à la race Ibérique dont l'aire géographique comprendrait tout le bassin de la Méditerranée Occidentale. Par contre, selon BONNEFOY (1900) [11] il existe dans les populations bovines de l'Afrique du Nord, non seulement des variétés d'une même race caractérisées par des différences de taille et de pelage auxquelles on a donné des noms locaux (ex : Guelmoise d'Algérie), mais aussi des groupes à deux races bien distinctes : L'Ibérique et L'Asiatique ; la première est autochtone, la seconde importée.

A L'est, il y'a prédominance absolue de la race Asiatique et à l'Ouest, de la race Ibérique. Au centre, c'est un mélange à tous les degrés des deux races avec prédominance au Centre-Ouest du type Ibérique et au Centre-Est du type Asiatique. Cette répartition en proportion décroissante de l'Est à l'Ouest de la race Asiatique et croissante dans le même sens pour la race Ibérique, est la conséquence naturelle des invasions dont l'Afrique du Nord a été le théâtre et qui toutes ont procédé de l'est à l'ouest [11].

De ce bref aperçu sur l'origine de la race bovine locale du Maghreb, il ressort que cette dernière est communément appelée Brune de l'Atlas. Cependant, d'autres dénominations apparaissent dans les anciens ouvrages comme la Kabyle d'Algérie que TRABUT et MAURES (1906) [12] cités par KERKATOU (1989) [13] désignent comme des sujets appartenant à la variété Guelmoise ayant pris le nom de la région d'installation.

Il existe également la race Chaouia ou vache des Aurès du nom de la région où elle est implantée et présentant les mêmes caractéristiques que la Guelmoise.

La Cheurfa (pluriel de Chérif) est une variété dont le nom désigne les habitants de certaines tribus arabes nobles [4]. Par ailleurs, BENCHAAAR (1987) [5] rapporte d'autres dénominations récentes de la Brune de l'Atlas rencontrée en Algérie ; la Sétifienne identifiée dans la région de Sétif et la Chélifienne localisée dans la région de Chlef.

Au Maroc, JOSCHI et MC LAUGHLIN (1957) [7] trouvent qu'il existe deux rameaux de la race qui ne se distinguent que par leur coloration. Le premier, a pelage fauve foncé, rencontré dans l'Atlas, constitue le prolongement des bovins de l'Ouest Algérien. Le second, désigné sous le nom de race Blonde des Zaers, se rencontre au Maroc Occidental, entre l'Atlas et l'Océan ; il possède une robe uniformément claire. Selon DURAUD (1942) [14] cité par JOSCHI et MC LAUGHLIN (1957) [7] on rencontre dans la région de Fès-Meknès des bovins de type pie, intermédiaire entre les deux précédents. Ainsi, tous les auteurs s'accordent pour dire que la population bovine qui peuple le Maghreb est la Brune de l'Atlas.

Cependant, selon ANTOINE (1971) [15] l'énorme brassage opéré depuis plus d'un siècle et les modifications qu'a subit la race suivant le milieu, le climat et la nature du sol font que cette population est devenue très hétérogène allant de l'Atlassienne pure de plus en plus rare jusqu'aux types européens ou Zébus prononcés.

### **1.2. Les variétés de la Brune de L'Atlas**

La Brune de l'Atlas est la seule race composant la population bovine Algérienne, pour ne pas dire de tout l'Afrique du nord. Cette race a subi des modifications suivant les conditions bioclimatiques et géographiques (le climat, la nature du sol, relief). Selon KERKATOU (1989) [13] cette race a donné naissance à des sous races parmi lesquelles : la Cheurfa, la Guelmoise, la Sétifienne et la Djerba. Mais la littérature ancienne rapporte que la Brune de l'Atlas a deux variétés seulement : la Guelma et la Cheurfa, alors que de nombreux auteurs parmi lesquels SADELER (1931) [4] et MAGNEVILLE (1949) [16] cités par ZAHAL (1972) [17] parlent de variété Guelma-Cheurfa au lieu de les séparer.

### **-la Guelmoise et la Cheurfa :**

Ces deux races ne sont différentes que par la couleur de la robe, c'est ainsi que MAGNEVILLE (1949) [16] cité par KHECHA (1988) [18] signale que le type foncé dit Guelma constitue le type original et montagnard, il n'en reste pas moins vrai que la Cheurfa a une robe plus claire appartient zootéchniquement au même groupe ethnique mais est devenue en plaine d'un format plus lourd. BENCHAAAR (1987) [5] rapporte que les variétés Cheurfa et Guelma sont les plus répandues, la Cheurfa d'un format plus développé ne serait qu'une variété de la Guelma. SADELER (1931) [4] cité par ZAHAL (1972) [17] s'interroge s'il y' aurait pas de ce fait une adaptation du pelage, une similitude de teinte entre robe sombre et le milieu où vivent les bovins, et cette hypothèse semble justifier du fait que dès que l'on sort de ces étendues boisées, on trouve la robe claire de la Cheurfa, en passant par tous les intermédiaires, ou claire presque blanc.

AMRANE (1987) [6] note que l'actuelle Guelmoise est de robe gris-claire, la tête et la partie inférieure du corps noires et qu'il est fréquent de voir la ligne de dessus claire, elle est localisée dans les profondeurs des forêts montagneuses des régions de Guelma, Jijel et Skikda où elle compose la majorité des effectifs bovins. Il en est de même pour la queue qui est longue et noirâtre à son extrémité, la taille varie entre 1.05 et 1.10 m pour la femelle, et 1.15 et 1.20 pour le mâle. Le poids varie entre 250 à 300 kg pour la femelle et 300 à 400 kg pour le mâle. La Cheurfa est plus développée que la Guelmoise qui est localisée surtout aux limites des forêts, des zones marécageuses et des plaines essentiellement d'Annaba et Taref. La taille varie en fonction du sexe de l'animal, elle est entre 1.06 à 1.20 m pour les femelles et 1.10 à 1.30 m pour les mâles. Le poids varie entre 200 à 250 kg pour les femelles et de 250 à 350 kg pour les mâles (BNEDER, 1978 [19] cité par KERKATOU, 1989[13]).

La vache Cheurfa a une peau fine souple, sa mamelle est régulière, sa taille varie en fonction du sexe de l'animal. Dans ce sens, des mensurations enregistrées par le BNEDER (1978) [19] sur des animaux âgés montrent cette différence entre les mâles et les femelles (Tableau 01).

**Tableau 01: Mensurations moyennes pour la sous race Cheurfa, différence entre mâle et femelle [19]**

Caractère \ Catégorie	Vache de (5 ans)	Taureau de (6 ans)
<b>Hauteur au garrot (cm)</b>	1.05	1.10
<b>Longueur du tronc (cm)</b>	1.20	1.30
<b>Tour de poitrine (cm)</b>	1.45	1.55
<b>Poids (kg)</b>	200 à 250	250 à 350

La littérature rapporte deux autres dénominations de la Brune de l'Atlas ; il s'agit de la Sétifienne et la Chélifienne.

**-la Sétifienne :**

La sous race de Sétif comme son nom l'indique, elle peuple la région de Sétif. Elle a une robe uniforme et de couleur noirâtre. Elle se distingue par une bonne conformation, une taille et un poids très variable selon le milieu et le système d'élevage. La longue queue de couleur noire traîne parfois sur le sol et la ligne du dos de couleur marron, cette dernière caractérise la sous race Sétifienne [20]. Le poids des femelles conduites en semi extensif dans les hautes plaines céréalières avoisine celui des femelles importées, cependant, en forêts et en zones montagneuses, elle se comporte comme la Guelmoise [6].

**-la Chélifienne :**

La sous race de Chélif est caractérisé par une robe fauve, principal caractère qui la différencie des autres sous races (figure 01). La tête est courte, les cornes en crochets, les yeux avec des orbites saillantes sont entourés de lunettes de couleur marron foncé. La queue est longue de couleur noire, la mamelle très peu volumineuse porte des trayons très petits. La taille et le poids sont variables selon le milieu, ce dernier est plus faible pour les animaux de montagne (250 à 350 kg) et plus élevé pour ceux vivant en plaine (300 à 350 kg), elle se trouve au sud de Chlef jusqu'au nord de Saida [6].





**Figure 01:** Troupeau de bovins Chélifien (photo personnelle)

**-la Djerba :**

Localisée dans la région de Biskra, cette sous race se caractérise par une taille très réduite qui est une caractéristique d'adaptation dans un milieu défavorable. Le pelage brun foncée, une tête étroite, une croupe arrondie, et la queue longue.

**1.3. Caractères généraux de la race Brune de l'Atlas**

**1.3.1. Morphologie**

Selon SADELER (1931) [4] la brune de L'Atlas est une race brachycéphalée nette, a chignons, a sommet écarté, de profil droit ou subconcave et a face allongée ou triangulaire. La taille est plutôt petite ;1.15 m à 1.20 m pour les taureaux et les bœufs avec un poids de 300 à 400 kg et 1.05 m à 1.10 m pour les femelles avec un poids de 250 à 300 kg. Les cornes sont fines et relevées, souvent arquées, très pointues et de couleur grise ou noirâtre insérées un peu en avant de la ligne du chignon. Les masses musculaires sont moyennement épaisses surtout aux régions crurales. La peau est épaisse et rude, les poils courts, les onglons noirs avec des cornes extrêmement dures et solides.

La Brune de l'Atlas est une race dite bréviligne dans tous ses éléments corporels (encolure forte, fanon épais, tronc court et développé, poitrine descendue, membres courts et croupe étroite). Le pelage présente toutes les nuances du fauve jusqu'au brun, le mufle et les paupières sont toujours noirs. La vache bien que mauvaise laitière, possède une mamelle régulière hémisphérique pourvue de petits trayons cylindriques.

### **1.3.2. Caractéristiques biométriques**

Le tableau 02 rapporte les moyennes des mesures effectuées par ZAHAL (1972) [17] et AMRANE (1987) [6] sur la race Brune de L'Atlas.

**Tableau 02 : Caractéristiques biométriques moyennes de la Brune de l'Atlas (cm)**

<b>Auteur</b>	<b>ZAHAL (1972) [17]</b>	<b>AMRANE (1987) [6]</b>
<b>Caractère</b>		
<b>Longueur du tronc</b>	133.75	117
<b>Hauteur au garrot</b>	110.25	-
<b>Hauteur de poitrine</b>	64.50	60
<b>Tour de poitrine</b>	176	163.33
<b>Largeur aux hanches</b>	57.62	42.4
<b>Largeur aux épaules</b>	-	29.07
<b>Largeur aux trochanters</b>	33.75	32.6
<b>Largeur aux pointes des fesses</b>	-	26.47
<b>Largeur aux jarrets</b>	-	13.53
<b>Tour spiral</b>	379.75	-

La comparaison des caractéristiques biométriques de la race bovine Brune de l'Atlas avec celles d'autres races laisse apparaître que :

- la longueur moyenne du tronc de la race bovine Brune de l'Atlas représente 75 à 80% de celle des races F.F.P.N et Pie rouge des plaines,
- la Brune de l'Atlas est un animal profond de poitrine (hauteur de poitrine 60 cm),
- la largeur moyenne aux épaules de la Brune de l'Atlas correspond à 68 % de celle des races étrangères (F.F.P.N et Pie rouge des plaines),
- la largeur moyenne aux hanches de la Brune de l'Atlas représente 70 % de celle des races étrangères (F.F.P.N et Pie rouge des plaines),

-la largeur aux trochanters et aux pointes des fesses représente respectivement 66 et 55% de celles des autres races.

Selon les travaux effectués par ITELV (1999) [21] à la station FATZARA, sur la race bovine Brune de l'Atlas, les résultats obtenus sont insérés dans le tableau 03.

**Tableau 03 : Caractéristiques biométriques [21]**

<b>Paramètres biométriques</b>	<b>Moyennes (cm)</b>
Longueur totale	158.35
Hauteur au garrot	105.74
Hauteur de poitrine	57.12
Tour de poitrine	158.96
Largeur aux trochanters	35.14
Largeur aux hanches	41.73
Largeur aux épaules	32.93

### **1.3.3. Caractéristiques de production**

ZAHAL (1972) [17] et KERKATOU (1989) [13] indiquent que la race bovine Brune de l'Atlas n'est pas spécialisée en vue de telle ou telle production.

#### **1.3.3.1. Production de travail**

Malgré les progrès énormes de la mécanisation (motoculture), le bœuf brun de l'Atlas est toujours utilisé pour le labour dans les régions accidentées. SADELER (1931) [4] le qualifie d'admirable animal de travail. Le même auteur signale que le bœuf demeure dans certains élevages le moteur le plus économique. JOSCHI et MC LAUGHLIN (1957) [7] qualifient les bœufs Bruns de l'Atlas d'animaux très dociles, actifs et réguliers dont le pas est de 2.4 à 2.8 Km/h.

#### **1.3.3.2. Production de viande**

Malgré que les aptitudes de la Brune de l'Atlas dans ce domaine soient moyennes, elle demeure exploitée pour sa viande dans plusieurs régions du Maghreb. Selon JOSCHI et MC LAUGHLIN (1957) [7] celle-ci s'engraisse bien au pâturage. SADELER (1931) [4] rapporte que même durant la période où le bovin local est gras, c'est-à-dire d'Avril à

Juillet, la graisse interstitielle (le persillé, le marbré) fait presque complètement défaut d'où le manque de saveur et de tendreté. Le même auteur ajoute que pendant les mois de disette, le cheptel bovin local est d'une maigreur extrême. Cependant, dès les mois de Mars-Avril, les animaux grossissent à vue d'œil ; la graisse de couverture et la graisse viscérale apparaissent vite ce qui explique la considérable faculté d'assimilation de la race.

Le rendement en viande du bovin local est moyen. Selon JOSCHI et MC LAUGHLIN (1957) [7] si les bœufs sont abattus au bon moment, leur rendement serait de 45 à 49 %. Pour sa part, DIFFLOTH (1922) [22] rapporte un rendement en viande de 50 à 55% pour les bœufs pesant 500 à 600 kg. DURAUD (1942) [14] cité par JOSCHI et MC LAUGHLIN (1957) [7] rapporte le même rendement pour les bovins de la race Brune de l'Atlas du Maroc.

#### **1.3.3.2.1. Evolution des poids moyens**

L'évolution des poids moyens au sein des troupeaux de race Brune de l'Atlas de l'Algérie est rapportée dans le tableau 04.

**Tableau 04 : Poids à différents âges des bovins de race locale**

**unité : kg**

<b>Ages</b> <b>Station</b>	<b>Naissance</b>	<b>6</b> <b>mois</b>	<b>9</b> <b>mois</b>	<b>12</b> <b>mois</b>	<b>18</b> <b>mois</b>	<b>24</b> <b>mois</b>	<b>Source</b>
<b>Station de</b> <b>Fetzara et D.A.S</b> <b>AMIRAT(1987)</b>	20	66	103	-	-	-	[6]
<b>Station centrale</b> <b>de BABA ALI</b> <b>(1975-1980)</b>	18	95	-	200	290	-	[23]
<b>Station de</b> <b>KHROUBS</b> <b>Constantine</b> <b>(1972)</b>	22.75	76.25	95.25	126.5	210.6	295.4	[17]

Les différences de poids peuvent être attribuées au mode de conduite des troupeaux (alimentation, reproduction, hygiène, etc..). Pour le poids à la naissance, les différences marquées peuvent être expliquées par :

### **-Le numéro de mise bas**

Les veaux issus de primipares ont des poids à la naissance plus faible que ceux issus de multipares car d'une part, les génisses n'ont pas encore atteint leur développement complet et d'autre part, il ya une compétition entre la croissance propre des génisses et celles de leur foetus [24].

Par ailleurs, LENEINDRE et al (1976) [25] trouvent que le poids à la naissance des veaux augmente avec le numéro de la lactation de leur mère. Il atteint son maximum à la septième lactation.

### **-La saison de naissance**

BOUJENANE (1983) [24] rapporte que les veaux nés en été sont plus légers que ceux nés au cours des autres saisons. En effet, le poids à la naissance des veaux nés en été est de 19.7 kg contre 22.0, 21.3 et 21.0 kg respectivement pour les veaux nés en hiver, au printemps et en automne. Ce même auteur rapporte que ces résultats sont analogues à ceux trouvés par EVERET et MAGEE (1965) [26].

### **-La durée de gestation**

ZAHAL (1972) [17] rapporte que plus l'intervalle saillie-vêlage est grand, plus le produit est lourd. C'est ainsi que selon BOUJENANE (1983), le poids des veaux locaux à la naissance est positivement corrélé à la durée de gestation ( $r= 0.19$ ). En plus de la durée de gestation, le poids à la naissance dépend d'autres facteurs parmi lesquels :

### **-Le sexe**

LENEINDRE et al (1976) [25] montrent que les veaux mâles pèsent à la naissance plus que les femelles, soit en moyenne 37.7 kg pour les mâles contre 34.6 kg pour les femelles.

### **-Le niveau d'alimentation**

LENEINDRE et al (1976) [25] rapportent que la qualité des fourrages agit sur le poids à la naissance ainsi que sur les gains de poids successifs des veaux.

### **-Le format et la conformation des parents**

Les animaux lourds donnent au vêlage des veaux de poids supérieur à celui des veaux issus d'animaux moins lourds. Ceci est confirmé par ZAHAL (1972) [17] qui trouve que les animaux Tarentais plus lourds et mieux conformés donnent au vêlage des veaux de poids supérieur à celui des veaux Bruns de l'Atlas.

### **-Le génotype**

Le potentiel génétique du taureau a une influence sur le poids à la naissance des veaux qui en sont issus. En effet, selon ZAHAL (1972) [17] le père Tarentais donne des veaux plus lourds à la naissance que le taureau local. Selon POUJARDIEU et VISSAC (1968) [27], l'héritabilité de ce caractère se situe entre 0.14 et 0.36 chez les races Limousine et Charolaise.

#### **1.3.3.2.2. Gains de poids**

Les gains de poids de la Brune de l'Atlas de l'Algérie sont rapportés dans le tableau 05.

**Tableau 05 : Gains moyens quotidiens de la Brune de l'Atlas**

<b>Période (mois)</b>	<b>0-1</b>	<b>1-2</b>	<b>2-3</b>	<b>3-15</b>	<b>15-36</b>	<b>Naissance à 36 mois</b>	<b>source</b>
<b>GMQ (g/j)</b>	195.33	214.66	254.66	352	218.65	267.75	[17]

Selon les travaux qui ont été fait par ITELV (1999) [21] à la station FETZARA, sur le type Cheurfa, des résultats sur le poids et le gain moyen quotidien (GMQ) sont obtenus et insérés dans le tableau 06.

**Tableau 06 : Croissance du veau Cheurfa [21]**

<b>Age</b>	<b>Poids (kg)</b>	<b>GMQ (g/j)</b>
<b>Naissance</b>	18	-
<b>3 mois</b>	54	400
<b>5 mois</b>	82	450
<b>12 mois</b>	200	550
<b>18 mois</b>	290	600

### **1.3.3.3. Production laitière**

Tous les auteurs s'accordent pour dire que les aptitudes de la Brune de l'Atlas sont faibles. Selon KERKATOU (1989) [13] la production laitière de la race brune de l'Atlas se situe entre 4 à 5 L /vache/j pour une durée de lactation de 175 j. SADELER (1931) [4] indique que la production laitière journalière des vaches locales du type Guelma-Cheurfa conduites rationnellement est de 7 L /vache avec un minimum de 6,1 L et un maximum de 9,1 L.

Au Maroc, DURAUD (1942) [14] cité par JOSCHI et MC LAUGHLIN (1957) [7] rapporte que les vaches Brunnes de l'Atlas produisent 8 à 12 litres sur des pâturages de bonne qualité. Toutefois, SADELER (1931) [4] estime qu'une vache locale produisent 12 litres de lait par jour a probablement une infusion de sang importé.

Le tableau 07 rapporte le niveau de production laitière des vaches locales Brunnes de l'Atlas de l'Algérie.

**Tableau 07 : Moyennes des caractéristiques de la production laitière [28]**

<b>Durée de lactation (j)</b>	<b>Production laitière journalière (kg)</b>	<b>Production laitière totale (kg)</b>	<b>Matière grasse (%)</b>	<b>Quantité totale de M.G (g)</b>
175	3.4	595	3.40	20.23

La vache locale Brune de l'Atlas présente une courbe de lactation d'allure identique à celle des fortes productrices de lait. Selon ZAHAL (1972) [17], la phase ascendante est brève. La production de lait augmente pendant les premières semaines qui suivent la mise-bas. Le maximum de production laitière est obtenu entre la deuxième et la sixième semaine suivant la mise bas. La phase descendante est longue. La production laitière diminue d'une manière plus ou moins régulière jusqu'au tarissement. Par contre, AMRANE (1987) [6] note que le maximum de production laitière est enregistré dans les deux mois qui suivent la parturition.

### **1.3.4. Caractéristiques de reproduction**

Les caractéristiques de reproduction de la race Brune de l'Atlas sont insérées dans le tableau 08.

**Tableau 08 : Caractéristiques moyennes de reproduction de la Brune de l'Atlas**

<b>Caractères</b> <b>Station</b>	<b>Age au 1<sup>er</sup></b> <b>vêlage</b> <b>(mois)</b>	<b>I-V-V</b> <b>(jours)</b>	<b>IV-SF</b> <b>(jours)</b>	<b>Nombre</b> <b>de</b> <b>saillie/SF</b>	<b>Durée de</b> <b>gestation</b> <b>(jours)</b>	<b>Source</b>
<b>Station de</b> <b>Fetzara et</b> <b>BABA ALI</b> <b>(1980-1984)</b>	38	390	120	2.4	285	[23]
<b>ITEBO(1987)</b> [31]	38	459	174	-	285	[6]

L'analyse des données du tableau montre que :

-l'âge au premier vêlage accuse un retard de plusieurs mois par rapport à celui requis généralement pour les bovins (24-28 mois). Selon BONHOMME (1968) [30], l'âge au premier vêlage est lié à l'alimentation. En effet, un avancement de l'âge au premier vêlage ne pourrait s'effectuer qu'avec une amélioration du régime alimentaire ; la fécondation précoce des femelles nécessite des besoins plus élevés que la fécondation tardive. Aussi, ce critère est fonction de plusieurs facteurs ; race, région et mode de conduite des élevages [31]. Par ailleurs, CHUPIN (1972) [32] rapporte que l'âge au premier vêlage est conditionné par l'âge à la puberté et par la nécessité d'un vêlage en même temps que le reste du troupeau.

-l'intervalle vêlage-vêlage est supérieur de 2 à 3 mois dans le cas de la Tunisie (420j) et de l'Algérie (459 j) par rapport à la moyenne couramment admise : (365j). Ce prolongement est attribué à la mauvaise détection des chaleurs. En effet, ZAMOUM (1985) [33], YACHEUR (1986) [34], BENCHAAR (1987) [5] et BOUDEROUA (1987) [35] signalent un pourcentage élevé de vaches revenant en chaleurs 3 à 4 fois, voire plus, faute d'une mauvaise détection des chaleurs.

Selon une étude de l'ITEBO (1987), réalisée à la station LAMTAR (Sidi Bel Abbés), la proportion de vaches non fécondées 110 j après le vêlage, suite à une mauvaise détection des chaleurs est estimé à 27.5 % (BENABDELAZIZ, 1989) [36].



Le prolongement de l'intervalle intervêlage est aussi imputable à d'autres facteurs. En effet, AMRANE (1987) [6] explique l'importance de l'I-V-V qui est en moyenne de 459 j pour la race locale par des variations du niveau alimentaire pendant l'anoestrus de lactation.

-l'intervalle vêlage-saillie fécondante est élevé surtout dans le cas des populations bovines locales d'Algérie (120 j et 174 j). L'une des principales causes de ce retard est toujours la mauvaise détection des chaleurs. En effet, BAILIE cité par BACHTARZI (1984) [37] rapporte que le passage d'un taux de détection des chaleurs de 50 à 80 % réduit l'IV-IF pour un nombre important de vaches.

BOUJENANE (1983) [24] trouve que l'IV-IF est influencé par plusieurs facteurs :

- le numéro de vêlage : Ce paramètre est légèrement plus court que la moyenne requise (80-90 j) après la première mise bas et relativement court après la troisième.
- la saison de vêlage : l'IV-IF est court chez les vaches vêlant en hiver et long à la suite des mises bas de printemps. Toutefois, sur le plan statistique, ce facteur n'a pas d'effet significatif sur l'IV-IF ( $p > 0.05$ ).
- l'année de vêlage : Ce facteur a un effet significatif ( $p < 0.001$ ) sur le paramètre étudié, ce qui explique l'importance de l'action des facteurs du milieu telle que la température.
- l'allaitement : le nombre de saillies par fécondation pour les vaches allaitantes est presque égal à celui des vaches traites, avec respectivement 1.51 et 1.46.

-la durée de gestation est supérieure à 9 mois. De ce fait, la race Brune de l'Atlas se place dans le groupe des races à durée de gestation longue (Blonde d'Aquitaine, Limousine, Brune des Alpes, etc.). Cependant, selon BOUJENANE (1983) [24], la durée de gestation des vaches locales est faible au premier vêlage (286.2 jours) et élevée au quatrième (291.0 jour). De même, les durées de gestation longues sont observées en été (285.9 jours) et les plus grandes en hiver (290.3 jours).

## **2. DEVELOPPEMENT PUBERTAIRE**

### **2.1. Développement testiculaire**

Chez les jeunes taureaux, la croissance testiculaire est lente de la naissance jusqu'à l'âge de 20 semaines [38, 39, 40, 41]. Cependant, après l'âge de 25 semaines, la croissance testiculaire est rapide [40, 41]. MACMILLAN et al (1969) [42] rapportent que le poids du testicule augmente d'une façon curviligne de la naissance à l'âge de 9 mois. L'augmentation rapide du poids testiculaire entre l'âge de 25 et 38 semaines résulte de l'augmentation dans la proportion du parenchyme occupé par les tubules séminifères, en plus de l'augmentation du diamètre tubulaire et la longueur totale des tubules séminifères par testicule [43, 39]. Durant la période comprise entre 12 et 32 semaines, la proportion des tubules séminifères à l'intérieur du parenchyme testiculaire augmente de 44 à 81% [43]. Les changements temporaires dans le taux de croissance testiculaire ont été associés avec les concentrations de testostérone sériques. La phase initiale de croissance est lente, associée à des concentrations basses de testostérone sérique et à des concentrations élevées d'androstènedione, tandis que durant la phase de croissance rapide, les concentrations sériques de testostérone sont élevées [44].

Sur la base du contenu testiculaire, ABDEL-RAOUF (1960) [45] a défini le développement testiculaire dans cinq étapes ; la première étape : (de la naissance à 8 semaines), le testicule contient les cordons sexuels, durant la deuxième étape : (de 8 à 20 semaines), le développement des cellules spermatogoniales, dans la troisième étape : (de 20 à 32 semaines), formation de la lumière et développement des spermatocytes, dans la quatrième étape : (32 à 44 semaines), les spermatides et spermatozoïdes peuvent être vus, durant la dernière étape, les différentes cellules du testicule augmentent dans le nombre.

#### **2.1.1. Développement des cellules de Leydig**

Chez le sexe mâle, il y a deux populations distinctes de cellules de Leydig ; cellules de Leydig fœtales et adultes qui résultent à partir de la différenciation des cellules mésenchymateuses prénatales et postnatales respectivement [46]. La lignée de cellules de Leydig adultes est composée de cinq types de cellules principales ; les cellules précurseurs mésenchymateuses, les cellules progénitrices, les cellules adultes de Leydig récemment formées, les cellules de Leydig immatures et les cellules de Leydig matures [46]. HOOKER

(1970) [47] rapporte que la disparition des cellules fœtales de Leydig chez les jeunes taureaux se produit durant le début de la période postnatale.

La différenciation des cellules adultes de Leydig chez les jeunes taureaux commence vers l'âge de 12 semaines [48,49]. Après, leurs nombres et taille augmentent [47]. Dans une étude réalisée par MENDIS-HANDAGAMA et al (2001) [46] ils ont signalé que chez la plus part des espèces, les cellules progénitrices de Leydig expriment des récepteurs de LH (LH-R). Chez les rats, il a été rapporté que les cellules de Leydig progénitrices étaient capable de produire les androgènes [50, 51,52,53] et ont augmenté leur capacité de synthétiser les stéroïdes et ont devenus de grandes cellules polygonales [46].

### **2.1.2. Développement des cellules de Sertoli**

Dans le testicule du taureau adulte, le nombre de cellules de Sertoli matures déterminent la taille du testicule et la production journalière de spermatozoïdes [43,54], parce que chaque cellule de Sertoli a une capacité fixe pour le nombre de cellules germinales qu'elle peut soutenir [55]. Cette capacité varie entre les espèces [55]. Les cellules de Sertoli immatures ont été décrites comme des cellules indifférenciées basales ou centrales en raison de leurs distributions spatiales dans les sections transversales des tubules séminifères [43]. Les cellules basales indifférenciées constituent jusqu'à 95% des cellules de Sertoli immatures [43].

Le moment de différenciation et de prolifération des cellules de Sertoli varie avec les espèces [56]. Chez les taureaux, la différenciation des cellules basales de Sertoli en cellules de sertoli matures commence vers l'âge de 16 semaines et est complété à 33 semaines [49]. DE FRANCA et al (1995) [57] ont suggéré que chez les taureaux et les porcs, il y a deux périodes durant lesquelles, les cellules de Sertoli prolifèrent ; la période néonatale et prépubertaire qui sont séparées par un intervalle de quelques semaines. Il y' a environ une augmentation de cinq fois du nombre de cellules de Sertoli entre la naissance et la puberté, mais chez l'adulte une fois que les cellules de Sertoli deviennent mures, leur nombre est fixe, en plus le vieillissement n'affecte pas leurs nombres [58]. Seulement, les cellules de Sertoli immatures sont capables de proliférer et le nombre final de cellules de Sertoli est déterminé avant la puberté [56,58]. Le nombre de cellules de Sertoli peut être influencé chez les animaux prépubères par la nutrition, l'âge, les changements endocriniens et la génétique de l'animal [59].

### **2.1.3. Développement des cellules germinales (spermatogénèse)**

Durant le début du développement embryonnaire, les cellules germinales primordiales émigrent du sac vitellin vers la gonade fœtale indifférenciée où elles subissent plusieurs divisions avant la formation des gonocytes [60]. Chez les jeunes taureaux, les gonocytes et les préspermatogonies sont les cellules germinales prédominantes durant la période comprise entre la naissance et l'âge de 12 semaines [61]. La spermatogénèse est un processus complexe qui implique la production de spermatogonies de type A à partir des gonocytes et leurs conversion vers des spermatozoïdes matures [49,60]. La spermatogénèse commence par la spermatocytogénèse et se termine avec la spermiogénèse [60].

Durant le cycle de la spermatocytogénèse, les cellules germinales immatures subissent des séries de divisions mitotiques aboutissant à leurs proliférations et finalement entrent en divisions méiotiques afin de réduire leur nombre de chromosomes [60]. Chez les taureaux, durant le cycle de la spermatocytogénèse, le type spermatogonie A1 subit six divisions progressives (type A1, type A2, type A3, spermatogonie intermédiaire « type IN », type B1, type B2) avant la formation du spermatocyte primaire [60, 62]. Les cellules de type A2 se divisent non seulement pour produire des cellules germinales qui à leur tour forment des spermatozoïdes, mais également subissent des divisions spécifiques pour remplacer et renouveler les spermatogonies de type A1 [44, 60]. Chez le taureau adulte, le nombre de spermatogonies de type A1 est hautement corrélé avec le nombre de cellules de Sertoli [63]. Les spermatocytes primaires dupliquent leur ADN et subissent la méiose avant de devenir des spermatocytes secondaires [44, 60]. Chez les jeunes taureaux, entre l'âge de 16 et 28 semaines, les spermatocytes primaires et secondaire sont les cellules germinales les plus mures [43].

Durant la phase de la spermiogénèse, les spermatides rondes subissent des changements morphologiques afin de se transformer en spermatozoïdes allongés [60]. Entre l'âge de 28 et 32 semaines, les spermatocytes sont graduellement remplacés par des spermatides rondes et allongées, ces dernières sont considérées comme des cellules germinales les plus mures [39, 49]. AMANN (1983) [49] a suggéré que les spermatides allongées sont présentes dans les prélèvements du sperme des taureaux à partir de l'âge de 38 semaines.

## **2.2. Relation de l'âge et de la puberté**

La croissance des testicules est très rapide et presque linéaire de 7 à 12 mois et diminue après l'âge de 12 mois [64]. Entre l'âge de 7 et 12 mois, la circonférence scrotale augmente à un rythme de 0,06 à 0,07 cm/jour [64, 65]. À 24 mois, les testicules mesureront environ 90 % de leur taille à l'âge adulte [66].

Le début de la puberté a été défini comme la première fois que l'éjaculat contient au moins  $50 \times 10^6$  spz dont au moins 10 % ont une mobilité progressive [67]. Plusieurs études montrent que l'âge au début de la puberté varie de 231 à 371 jours [68, 69, 70]. Les taureaux à l'âge pubertaire produisent un nombre élevé de spermatozoïdes présentant diverses anomalies, À partir de la puberté, il faut de 3 à 4 mois pour que la qualité du sperme atteigne un niveau adulte satisfaisant (mobilité des spermatozoïdes > 60 % et morphologie normale des spermatozoïdes > 70 %) [67]. Des études menées au Western College of Veterinary Medicine (WCVN) indiquent qu'environ 33 % et 60 % des taureaux de boucherie produisent un sperme de qualité satisfaisante à l'âge de 12 et 14 mois, respectivement, et que la plupart des taureaux produiront un sperme de qualité satisfaisante et sont considérés comme adultes à l'âge de 16 mois [71, 72].

## **2.3. Effet de la nutrition sur le développement sexuel**

Des rations riches en énergie avec suffisamment de protéines, de vitamines et de minéraux peuvent accélérer le début de la puberté chez les taureaux. Il n'y a apparemment qu'une étude publiée sur l'effet de la nutrition des veaux sur le développement pubertaire. Dans cette étude, des jeunes taureaux Holstein ont été élevés jusqu'à l'âge de 80 semaines avec des rations faiblement, moyennement et extrêmement riches en énergie et leur sperme a été recueilli à des intervalles de 14 jours (Tableau 09) [73]. Cette étude a démontré que la restriction de l'apport énergétique chez les veaux avait un effet marqué sur le développement pubertaire. Étant donné que chez les taureaux dont le développement est moins rapide, l'augmentation du taux de LH entre l'âge de 3 et 5 mois est plus faible que chez les taureaux dont le développement est plus rapide [61]. Il semble probable qu'une restriction alimentaire avant le sevrage ne soit pas favorable à une puberté précoce.

**Tableau 09 : Effet de l'énergie alimentaire sur l'âge d'apparition de la puberté chez les taureaux [73]**

<b>Energie alimentaire</b>			
	<b>Faible</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Elevée</b>
<b>Age (semaine) à la puberté</b>	57	49	43
<b>Poids à la puberté (kg)</b>	252	288	330
<b>Nombre d'éjaculats jusqu'à 80 semaines</b>	12	14	19
<b>Nombre de spermatozoïdes par éjaculat (milliards)</b>	2,3	3,8	3,7
<b>Taux de gestation à 60-90 jours (%)</b>	70,1	72,9	74,2

BARTH et al (2004) [74] rapportent lors des d'études récentes menées au WCVM que chez les veaux de boucherie sevrés de façon précoce recevant une nutrition restreinte après l'âge de deux mois, le développement des testicules et la puberté sont retardés. Les concentrations sériques de LH (hormone de libération des gonadotrophines [GnRH]) et de testostérone physiologiques et stimulées sont réduites chez ces veaux, ce qui démontre qu'une nutrition restreinte inhibe la sécrétion pulsatile de GnRH par l'hypothalamus et réduit la réponse hypophysaire aux GnRH. La concentration sérique de testostérone est réduite en raison d'une baisse de la concentration de LH, possiblement en raison des effets directs sur la fonction et/ou le nombre des cellules de Leydig. Par conséquent, le retard dans le développement sexuel des taureaux recevant une nutrition restreinte avant le sevrage entraîne l'inhibition de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien. Les stratégies visant à améliorer la nutrition chez les jeunes taureaux élevés par des taures durant la période avant le sevrage peuvent accélérer le développement sexuel et possiblement améliorer la fertilité chez les taureaux d'un an.

Différents niveaux de nutrition après le sevrage (chez des veaux ayant eu une nutrition similaire avant le sevrage) influent sur le taux de croissance testiculaire.

Cependant, on n'a pas déterminé précisément si l'âge d'apparition de la puberté est également affecté [75, 76]. Apparemment, un apport hautement énergétique jusqu'à l'âge de 12 mois chez les taureaux de boucherie n'affecte pas la qualité du sperme ultérieurement, sous réserve que les rations de 1 à 2 ans n'entraînent pas l'engraissement des taureaux [77]. Cependant, dans une étude (MWANSA et al, 1991) [78], chez les taureaux de boucherie ayant reçu un régime riche en énergie à l'âge de 6 à 11,5 mois, la qualité du sperme était inférieure par rapport aux taureaux ayant reçu un régime moins riche en énergie et ce phénomène était probablement dû à l'accumulation de graisse dans le scrotum [79]. Ces études indiquent que la plus grande circonférence scrotale à un an chez les taureaux engraisés pour une croissance maximale est due au développement plus rapide des testicules, mais dans certains cas, peut être due en partie à un dépôt de graisse excessif dans le scrotum. Dans deux autres études utilisant des périodes d'alimentation qui duraient jusqu'à 15 mois, la circonférence scrotale était supérieure et l'histologie des testicules était similaire à la fin des études, Cependant, la qualité du sperme était inférieure chez les taureaux recevant des rations riches en énergie comparativement à ceux recevant une nourriture faiblement riche en énergie [69, 75]. La probabilité d'une accumulation graisseuse dans le scrotum entraînant une anomalie de la spermatogenèse chez les taureaux recevant des rations riches en énergie augmente donc en fonction de la durée pendant laquelle les taureaux reçoivent de telles rations.

Les rations riches en énergie peuvent avoir d'autres effets néfastes également. Il existe des données démontrant qu'un apport énergétique excessif chez les jeunes taureaux peut entraîner une croissance anormale de leurs pieds due à la fourbure, ainsi qu'une croissance anormale des os et du cartilage [80]. De plus, les rations riches en énergie augmentent le risque d'inflammation du rumen, d'abcès du foie et d'adénite vésiculaire [81].

#### **2.4. Effet de la race sur l'âge de la puberté**

Il existe des variations génétiques importantes entre les races de bovins en ce qui concerne l'âge de la puberté [82]. En général, les races qui prennent du poids plus rapidement et de plus grande taille à l'âge adulte ont un poids supérieur à la puberté que les races de plus petite taille qui prennent du poids plus lentement. Les races à viande qui ont toujours été sélectionnées pour la production laitière (p. ex. Braunvich, Gelbvieh, Red Poll, Pinzgauer et Simmental) deviennent pubères à un plus jeune âge que les races qui ne sont pas sélectionnées pour la production laitière (p. ex. Charolais, Limousin et Hereford). En

général, les races de boucherie de grande taille produisant du lait deviennent pubères plus tôt et ont de plus grandes testicules à un jeune âge et à l'âge adulte que les races de bovins plus petites dont la production laitière est plus faible [83].

Il existe de grandes différences entre les races de taureaux et la taille des testicules à tout âge [84]. Chez les taureaux culards, le poids des testicules à 12 mois était de 14 % moins élevé que chez les taureaux normalement musclés, mais l'effet de l'hypermusculature sur l'âge auquel ils deviennent adultes n'a pas été signalé [85]. Il existe un nombre considérable de données démontrant que la circonférence scrotale entre 1 et 2 ans est modérément à hautement héréditaire [86, 87, 88]. Par conséquent, les éleveurs pourraient faire de rapides progrès en sélectionnant les animaux en fonction de la taille des testicules et par conséquent, de l'âge auquel ils deviennent adultes.

### **2.5. Effet de la saison sur l'âge de la puberté**

Il apparaît que la saison de la naissance influe sur la puberté chez les jeunes taureaux également. Dans une étude menée dans l'Ouest canadien, l'amplitude de l'afflux de LH était significativement moins élevée à l'âge de 1 à 6 mois chez les veaux nés en automne que chez les veaux nés au printemps, et la variabilité de l'âge à la puberté était plus élevée chez les taureaux nés en automne [89]. La photopériode peut également avoir un effet sur la qualité du sperme, étant donné que l'on a signalé des variations saisonnières dans la sécrétion de la LH et de la testostérone chez des taureaux [89]. Chez quatre taureaux Norwegian Red, les taux sanguins de testostérone étaient significativement plus faibles en octobre et en décembre qu'en février, juin et août [89].

BARTH et al (2004) [74] rapportent lors d'une étude récente menée au WCVM que la sécrétion de LH et de testostérone était plus faible en automne et en hiver et plus élevée au printemps et en été. Il est connu que des taux adéquats de testostérone dans le sang et dans le tissu des testicules sont importants pour assurer une spermatogenèse normale [90]. Chez 2110 taureaux adultes de pâturage dans l'Ouest canadien, la qualité du sperme était la plus faible en automne et en hiver et la plus élevée au printemps et en été [91]. Étant donné que la qualité du sperme chez ces taureaux s'est améliorée au printemps lorsqu'ils recevaient encore la même alimentation d'hiver, les différences dans la qualité du sperme pouvaient être dues aux conditions climatiques plus douces ou à une photopériode accrue.



## **2.6. Relation entre la circonférence scrotale et la puberté**

BRINKS et al (1978) [92] ont observé des corrélations négatives ( $r$ ) aussi élevées que 0,9 entre la circonférence scrotale, l'âge du taureau à la puberté et l'âge des taures demi-sœurs à la puberté. Une plus grande circonférence scrotale était associée à un plus jeune âge à la puberté chez les taures ( $r = -0,98$ ) [93]. Cette très forte corrélation indique probablement que l'âge de la puberté et la circonférence scrotale ont une origine génétique commune. Il existe des données convaincantes indiquant que l'hétérosis chez les bovins en ce qui concerne les caractères liés à la taille et à l'âge de la puberté chez les femelles, et la circonférence scrotale chez les mâles, est due à des gènes dominants [82]. De plus, dans deux études, GREGORY et al (1991) [82], TOELLE et al (1985) [94] ont constaté une corrélation de 0,66 et de 0,97 entre les valeurs moyennes de la circonférence scrotale et de la fertilité des veaux femelles.

La circonférence scrotale peut être un meilleur indicateur de la puberté que l'âge ou le poids, quelle que soit la race [67]. Dans un groupe de 31 taureaux comprenant plusieurs races, l'âge de la puberté variait de 62 jours parmi les races et de 88 jours parmi les taureaux. Cependant, la circonférence scrotale ne différait pas entre les races au début de la puberté. La circonférence scrotale au début de la puberté était en moyenne de  $27,9 \pm 0,2$  cm et variait de 25,9 à 30,1 cm (Tableau 10).

**Tableau 10 : Relation entre la circonférence scrotale et le pourcentage de taureaux qui ont amorcé le début de la puberté [67]**

<b>Début de la puberté</b>	<b>Circonférence scrotale</b>
32%	27cm
52%	28cm
74%	29cm
97%	30cm

### 3. ENDOCRINOLOGIE DE LA PUBERTE

La puberté est un ensemble de séries de changements endocriniens, qui commencent juste après la naissance. Bien que les changements temporaires dans la concentration sérique de diverses hormones chez les taureaux en développement ont été bien décrits, la signification fonctionnelle de ces changements n'est pas encore bien compris [40, 61, 95].

#### **3.1. Hormone lutéinisante (LH)**

Chez les jeunes taureaux, durant le début de la période postnatale, entre la naissance et l'âge de 6 semaines, les concentrations sériques moyennes de LH sont basses [38, 41, 61, 89]. Les basses concentrations sériques moyennes de LH ont été attribuées à la faible fréquence de décharge de LH (1 à 2 pulses par 10h) à partir de la glande hypophysaire [61, 95, 96].

Il est suggéré que cette faible décharge de LH est due à une insuffisance dans la sécrétion hypothalamique de GNRH [95,97, 98]. Cette insuffisance hypothalamique est indépendante du feed back négatif exercé par les stéroïdes [49, 99]. Les concentrations sériques de LH ne sont pas affectées par la castration des veaux durant le début de la période postnatale, suggérant que les stéroïdes testiculaires ne règlent pas la sécrétion de LH avant le début de l'augmentation de la sécrétion postnatale de LH [99].

Chez les jeunes taureaux, durant la période postnatale, entre 6 et 16 semaines, il y a une augmentation remarquable des concentrations sériques moyennes de LH [40, 95]. Il est suggéré que l'augmentation de la fréquence des pulses de GNRH qui ont apparus durant cette période prépubertaire a augmenté la décharge pulsatile de LH à partir de l'hypophyse, qui par la suite a augmenté les concentrations sériques moyennes de LH [95, 98, 100, 101].

Les rapports des auteurs sur les moments de décharge de LH sont variables. Cependant, mais en général, ils commencent après l'âge de 6 semaines, atteignent des pics de concentrations sériques entre 8 et 16 semaines, diminuent entre 20 et 24 semaines, puis atteignent un niveau très bas entre 25 et 35 semaines [40, 61, 98]. En revanche, les études antérieures ont démontré qu'il y'a une augmentation dans les concentrations sériques

moyennes de LH après l'âge de 35 semaines, responsables du complètement du processus de la puberté [38], d'autres études ont montré que les concentrations sériques moyennes de LH après l'âge de 25 semaines ont été variables mais faibles [40, 41, 89].

Chez les jeunes taureaux, la période comprise entre l'âge de 25 semaines jusqu'à la puberté (CS  $\geq$ 28cm) [67] est caractérisée par un développement testiculaire rapide et par une augmentation des concentrations sériques moyennes de testostérone [40, 41]. L'augmentation des concentrations sériques moyennes de testostérone a un effet de feedback négatif et peut être impliquée dans la fin de la décharge de LH chez les jeunes taureaux [40].

### **3.2. Hormone folliculo-stimulante (FSH)**

Le mode de sécrétion de FSH chez les jeunes taureaux en développement n'est pas constant comme celui de LH [40, 102]. Dans quelques études, la sécrétion de FSH n'a pas varié significativement au cours de la première année de la vie [103]. Cependant, dans d'autres études, les modes de sécrétion de FSH étaient similaires à la LH avec une élévation de la sécrétion entre 4 et 20 semaines et une diminution très marquée entre 20 et 30 semaines [89, 95].

SCHAMS et al (1981) [104] ont rapporté une sécrétion durable de FSH par rapport à la LH avec des concentrations moyennes de FSH dans le sang qui augmentent de la naissance à l'âge de 28 semaines. AMANN et WALKER (1983) [100] ont rapporté que les modes de sécrétion de FSH chez les jeunes taureaux ont différé avec la fréquence des échantillons de sang utilisés. Quand les prises du sang ont été collectées à des intervalles hebdomadaires, les concentrations sériques moyennes de FSH ont augmenté par 30% de 4 à 32 semaines. Cependant, quand la fréquence de prise du sang était chaque 30 mn pendant 5 h, aucune augmentation n'a été vue et il n'y avait aucune preuve de décharge pulsatile de FSH.

STUMPF et al (1993) [105] ont aussi montré que les concentrations de FSH trouvées dans le sang jugulaire ne sont pas secrétées d'une façon pulsatile ; cependant, dans quelques études, des sécrétions pulsatiles de FSH ont été rapportées. Les différences observées entre les concentrations sériques moyennes de FSH et de LH peuvent être

expliquées par la longue demi vie de FSH dans la circulation par rapport à celle de la LH et en fait, l'inhibine testiculaire inhibe la sécrétion de FSH mais pas celle de la LH [106].

### **3.3. Testostérone**

Durant le début de la sécrétion de LH, les concentrations sériques moyennes de testostérone sont basses, une augmentation très marquée après l'âge de 28 semaines a été signalée, atteignent les concentrations adultes à l'âge de 40 semaines [100]. Les mêmes auteurs ont suggéré que les fréquences élevées des pulses de LH qui ont apparu chez les jeunes taureaux après l'âge de 4 semaines, ont initié la différenciation et la maturation des cellules adultes de Leydig et le passage de la sécrétion de l'androstènedione à la sécrétion de la testostérone entre l'âge de 12 et 16 semaines.

Chez les jeunes taureaux, le testicule produit les androgènes comme l'androstènedione et les androgènes 5 alpha réduits en plus de la testostérone [107]. Durant la période prépubertaire, l'androstènedione et quelques androgènes 5 alpha réduits sont secrétés en grandes quantités que la testostérone. Cependant, chez l'adulte, la testostérone est le produit majeur [107, 108].

Les concentrations plus élevées de l'androstènedione sont vus entre l'âge de 12 et 16 semaines [109]. Les androgènes sont synthétisés dans le réticulum endoplasmique lisse des cellules de leydig par une transformation enzymatique de prégnénolone ; cette dernière est formée à partir du cholestérol à l'intérieur de la mitochondrie des cellules de leydig, puis transportée au réticulum endoplasmique lisse [110].

Il est suggéré que les androgènes stimulent le développement fonctionnel et anatomique des testicules, glandes sexuelles accessoires, l'épididyme, canaux différents et leurs ampoules, la prostate et glande de cowper [43, 49].

### **3.4. Estradiol**

La testostérone produit par les cellules de Leydig traverse les tubules séminifères et est converti en estradiol par les cellules de Sertoli [111]. Le rôle des œstrogènes chez le jeune taureau prépubère n'est pas clair. Chez les jeunes taureaux Holstein, les concentrations de l'estradiol circulant ont diminué avant le début de la sécrétion de LH, mais chez les jeunes taureaux Hereford, les concentrations sériques de l'estradiol n'étaient

pas élevées durant le début de la période prépubertaire et une augmentation significative des concentrations sériques de l'œstradiol a été signalée après l'âge de 40 semaines [38].

Chez les taureaux, les concentrations sériques de LH et de testostérone augmentent par une administration exogène de l'œstradiol 17 B [112]. Cependant, dans une autre étude, la sécrétion a été inhibée [113]. L'œstradiol peut jouer un rôle dans le rétro-contrôle de la sécrétion des gonadotrophines chez les jeunes taureaux [114, 115]. Il est suggéré que les œstrogènes ont une importance considérable dans le développement des neurones à GNRH dans l'hypothalamus chez les jeunes taureaux juste après la naissance [116]. Les traitements des jeunes taureaux avec les estrogènes durant le début de la période postnatale augmentent le nombre des récepteurs de la GNRH [96, 113].

Sur la base des variations des concentrations sériques de l'œstradiol autour du moment du début de la sécrétion de LH chez les veaux laitier, il a été suggéré qu'une diminution de la rétroaction négative de l'œstradiol peut être impliquée dans l'apparition d'une augmentation rapide de la sécrétion LH [98, 99].

La spermatogénèse a été perturbée chez les jeunes taureaux laitiers par un traitement avec l'œstradiol [113]. Chez le taureau de viande prépubère, un traitement chronique avec l'œstradiol a inhibé la spermatogénèse et la production de testostérone par les cellules de Leydig, apparemment due à une inhibition de la sécrétion de LH et FSH par la glande hypophysaire [117]. L'augmentation de la sécrétion de LH près de la phase de maturation sexuelle est considéré comme le résultat d'une diminution de sensibilité de l'axe hypothalamo-hypophysaire au feedback négatif exercé par les stéroïdes [118].

### **3.5. Hormone de croissance (GH)**

L'hormone de croissance, encore appelé somatotropine, est une hormone protéique constituée d'environ 190 acides aminés, cette hormone est synthétisée et sécrétée par les cellules somatotropes de l'hypophyse antérieure [119].

L'hormone de croissance (GH) est impliquée dans le contrôle de plusieurs processus physiologiques tels que la croissance et le métabolisme [119]. Chez la vache laitière, il est suggéré que certaines actions biologiques du GH bovine sont faites par l'intermédiaire de l'IGF-I, qui stimule la croissance folliculaire et augmente le taux d'ovulation [120].

Il y a quelques preuves qui montrent que la GH joue un rôle important dans le développement testiculaire en phase prépubertaire chez les rats [121] et augmente la maturation du tubule séminifère chez les verrats [122].

Chez les jeunes taureaux, la GH n'a aucun effet sur le développement testiculaire [123]. MCANDREWS et al (1993) [124] ont rapporté que les concentrations moyennes de GH dans le plasma diminuent avec l'âge. Ceci a été attribué aux concentrations basales de GH entre la naissance et l'âge de 42 semaines et à une diminution très marquée dans les amplitudes de pulses de GH entre 12 et 42 semaines. La fréquence de pulses de GH augmente entre la naissance et l'âge de 12 semaines et reste constante jusqu'au début de la puberté [124].

### **3.6. IGF (Insuline like growth factor)**

Les IGFs (Insulin like growth factors) sont des simples chaînes polypeptidiques ayant une structure chimique semblable à celle de l'insuline [125, 126]. Il existe deux formes des IGFs ; IGF-I et IGF-II, qui ont 62% de séquences homologues et s'attachent à deux récepteurs connus : récepteur IGF-I et récepteur IGF-II [126, 127]. Ils peuvent aussi s'attacher au récepteur de l'insuline avec une faible affinité [127].

Le récepteur IGF-I est le médiateur primaire de l'action de l'IGF [127]. Les actions biologiques des IGFs sont modulées par six IGFBPs qui sont trouvés dans la circulation et dans les compartiments extracellulaires. Les IGFBPs inhibent ou augmentent les effets de l'IGF [126, 127]. Les IGFs, leurs récepteurs et les IGFBPs sont des modulateurs cellulaires de croissance et de développement [125,126, 127].

Les changements temporeux dans les concentrations sériques moyennes de l'IGF-I sont influencés par l'âge et la nutrition [128]. Chez les jeunes taureaux, les concentrations sériques moyennes de l'IGF ont augmenté de 14 à 50 semaines et ont resté au plateau jusqu'au l'âge de 74 semaines [128]. Chez les veaux bien nourris, les concentrations sériques moyennes étaient élevées durant les périodes prépubertaires (26 à 30 semaines) et peripubertaires (42 à 50 semaines) par rapport aux veaux élevés avec un faible niveau de nutrition [128]. Les changements temporeux dans les concentrations sériques moyennes de l'IGF-I sont similaires à ceux rapportés chez le singe rhésus [129].

## 4. EVALUATION DE LA PUBERTE

La puberté chez le mâle est la période physiologique au cours de laquelle se met en place sa fonction sexuelle et apparaissent les premiers spermatozoïdes. La pleine capacité de reproduction est acquise par étapes, et les critères d'évaluation de la puberté chez le mâle varient selon les auteurs. L'évaluation de la puberté peut ainsi se faire selon les critères suivants:

- La première saillie [130,131].
- Examen du sperme [68, 132, 133].
- Age et Poids corporel.
- Circonférence scrotale.
- Histologie testiculaire et Cytométrie en flux.

### **4.1. Première saillie**

La puberté se définit chez la femelle par le premier œstrus qui peut être soit observé (puberté comportementale), soit signé par un niveau significatif d'œstrogène et de progestérone (puberté hormonale) [130, 134].

La définition de la puberté est plus difficile chez le mâle. EDQVIST (1988) [130] la définit comme le début de la vie de reproduction (réalisation de la première saillie), BRONSON et RISSMAN (1986) [135] comme l'apparition de la fertilité. LAFORTUNE et al (1984) [131] relèvent, comme âge à la puberté, l'âge d'un groupe homogène de taurillons où 50 p.100 des animaux ont effectué une première saillie (50% des taurillons ont effectué une première saillie sur une femelle entravée et non en chaleur (à partir du sevrage, toutes les trois semaines le comportement «chevauchement et saillies» est apprécié lors de tests individuels de vingt minutes. Pour cela, dans un corral, une femelle non en œstrus est entravée dans une cage à contention et les nombres de chevauchements et saillies sont enregistrés).

## **4.2. Examen du sperme**

### **4.2.1. Techniques de récolte**

#### **4.2.1.1. Récolte par électro-éjaculation**

L'électro-éjaculation a été largement utilisée chez les jeunes taureaux [136]. Cependant, le sperme rassemblé par cette technique varie dans le volume et la concentration en spermatozoïdes. Avant électro-éjaculation, un massage rectal pratiqué au-dessus de l'urètre et les glandes annexes, améliore la collecte du sperme. Les poils du toupillon peuvent être coupés à ras et l'extrémité du fourreau nettoyée à l'eau (sans antiseptique spermicide), pour éviter une souillure du sperme notamment lors d'éjaculation à l'intérieur du fourreau [137].

La propreté du manipulateur devrait être maintenue pour éviter la contamination du sperme du taureau; une sonde rectale avec deux ou trois électrodes est habituellement employée [136]. La stimulation électrique doit commencer par un faible voltage et les stimuli doivent être maintenus pendant 2 ou 3 secondes ; 4 à 5 stimuli doivent être appliqués suivie d'un intervalle de repos d'environ 1 à 2 minutes [84]. Le nombre de stimulus recommandé pour l'obtention du sperme varie en fonction des taureaux en raison de différences de résistance de l'interface tissu/électrodes [136].

Les effets de la technique de collecte à l'électro-éjaculateur sur les paramètres de la qualité de la semence des taureaux ont été décrits et discutés dans plusieurs études : (LEON et al, 1991[138] ; PARVANOV 2000 [139]) Ont montré que la collecte à l'électro-éjaculateur entraînait une plus grande dilution de l'éjaculat et une diminution de la qualité de la semence par rapport à une collecte au vagin artificiel.

ETSON et al (2004) [140] ont remarqué que la stimulation électrique diffuse appliquée dans le rectum provoque l'excitation de différents nerfs (en particulier le nerf sciatique), ce qui entraîne des contractions musculaires involontaires de l'animal. Certains taureaux, en particulier les animaux de moins de deux ans, manifestent un inconfort important lors de l'application des stimulations : ils meuglent, se crispent et certains tombent.



#### **4.2.1.2. Récolte au vagin artificiel**

##### **4.2.1.2.1. Préparation des taureaux**

Avant chaque collecte, les taureaux sont amenés dans la salle de monte et attachés dans les salles d'attente où ils peuvent voir la collecte de sperme des autres taureaux. Lors de la préparation passive, la libido des taureaux est stimulée par voyeurisme et par le conditionnement : la reconnaissance des bruits, des odeurs propres à la salle de monte.

La préparation active consiste à promener le taureau et à l'amener au contact des boutes en train. Les boutes en train sont des taureaux éliminés de la production pour des raisons génétiques et qui sont gardés en raison de leur robustesse et de leur docilité, les vaches étant interdites des centres de production de semence pour des raisons sanitaires et de sécurité. Lorsque le taureau présente des signes d'excitation (érection, flehmen...), le taurellier lui fait effectuer plusieurs fausses montes. Elles consistent à laisser le taureau monter sur le boute en train sans lui laisser le temps de donner le coup de rein concomitant de l'éjaculation.

Les taureaux réalisent en moyenne deux fausses montes avant d'être récoltés au vagin artificiel, mais leur nombre varie en fonction du centre de production de semence et du taureau. La connaissance de chaque animal, de ses habitudes permet d'effectuer une bonne préparation [141].

##### **4.2.1.2.2. Matériel**

Le principe du vagin artificiel est de reproduire l'ensemble des sensations présentées par les voies génitales femelles lors du coït (chaleur, pression, lubrification), et de recueillir rapidement un éjaculat total et non souillé [142]. Le matériel est constitué d'un cylindre de caoutchouc rigide (manchon extérieur), d'une trentaine de centimètres de long et d'un diamètre intérieur de 5 cm. Il est doublé à l'intérieur d'une capote amovible et gonflable (manchon intérieur), également en caoutchouc.

La paroi qui le constitue est donc double et peut être remplie d'eau ou d'air à l'aide d'une valve extérieure. Lors du prélèvement, le vagin est prolongé d'un cône en silicone (25 cm de long) à l'extrémité duquel est fixé le tube de collecte. Ce dernier est protégé des chocs mécaniques, thermiques et de la lumière par un manchon opaque et isolant.

L'ensemble du vagin lorsqu'il est prêt à être utilisé est lui-même isolé thermiquement. Après utilisation, l'ensemble du vagin est entièrement démonté pour être lavé, séché et désinfecté [141].

#### **4.2.1.2.3. Technique de collecte de sperme au vagin artificiel**

Avant chaque utilisation, les vagins sont maintenus dans une étuve à une température de 45°C. L'eau présente dans la paroi du vagin permet de maintenir une certaine pression et une température du vagin d'environ 42°C lors de la collecte. Si la température de l'eau est trop élevée, l'organe copulateur peut être lésé et le taureau peut refuser la collecte. Les vagins sont sortis de l'étuve au dernier moment, lorsque le préleveur estime que le taureau est suffisamment préparé. La capote interne du vagin artificiel est plus ou moins gonflée en fonction des habitudes du taureau. L'intérieur du vagin est lubrifié avec de la vaseline ou un gel gynécologique.

Le taurellier laisse alors le taureau monter sur le bœuf en train. Le préleveur s'accroche au taureau, il dévie son pénis en érection dans le vagin artificiel en le saisissant à travers le fourreau. Ce simple contact suffit en général à déclencher le saut et l'éjaculation qui ne durent que quelques secondes. L'opérateur retourne ensuite le vagin artificiel et le sperme s'écoule dans le tube collecteur.

La collecte au vagin artificiel donne un éjaculat naturel, induit par une libido nécessaire et suffisante, et produit par un comportement physiologiquement proche du coït. C'est pourquoi elle permet d'obtenir le meilleur sperme possible à un moment donné [141, 142].

#### **4.2.1.3. Récolte du sperme par massage transrectal**

Les taureaux calmes et dociles, en repos sexuel, sont de bons candidats pour être collectés par massage transrectal. L'examineur introduit sa main dans le rectum et après l'examen des glandes accessoires, il commence à appliquer un mouvement longitudinal d'avant en arrière sur les ampoules du conduit déférent, la prostate et périodiquement l'urètre. Le fait de stimuler en plus les glandes vésiculaires n'apporte pas de meilleurs résultats. Le massage est effectué jusqu'à ce qu'un échantillon de semence ait pu être collecté ; mais si rien n'est collecté au bout de 2 à 3 minutes, la collecte sera sûrement un échec. Les inconvénients principaux de la technique sont l'irritation de la muqueuse

rectale, la faible fréquence des érections observées et la difficulté à masser des taureaux peu dociles. De plus, la technique est assez laborieuse [143].

#### **4.2.2. Analyse et évaluation de la semence**

WOLF et al (1965) [68] ont défini la puberté comme l'âge auquel un taureau est capable pour la première fois de produire un éjaculat contenant 50 millions de spermatozoïdes ayant un minimum de 10 % de motilité progressive. L'examen du sperme des taurillons implique une évaluation qualitative et quantitative de l'éjaculat [84].

L'évaluation qualitative consiste à déterminer le volume, la densité, la motilité massale, la motilité individuelle, la morphologie du sperme et la vitalité.

##### **-Le volume :**

Le volume de semence recueilli par vagin artificiel varie en fonction de l'âge, de la race, de la préparation du taureau, de l'alimentation et pour un même taureau, des facteurs psychiques et environnementaux. Le volume varie entre les valeurs extrêmes de 0,5 à 14 ml avec une moyenne de 4 ml [144]. Le volume est mesuré le plus souvent par lecture directe du tube de collecte.

##### **-La densité :**

La densité du sperme est liée directement à la concentration en spermatozoïdes (Tableau 11).

**Tableau 11 : La densité du sperme bovin [145]**

Très bonne	Crémeuse >750000 spz/mm <sup>3</sup>
Bonne	Laitieuse 400 à 750000 spz/mm <sup>3</sup>
Suffisante	Petit lait à aqueuse 250 à 400000 spz/mm <sup>3</sup>
pauvre	Translucide < 250000 spz/mm <sup>3</sup>

##### **-La motilité massale :**

La motilité massale est évaluée immédiatement après la collecte du sperme. L'éjaculat est maintenu à une température de 37°C et l'examen est réalisé sur une platine chauffée à 37°C. Le matériel en contact avec le sperme et la platine du microscope sont également conservés à 37°C pour éviter tout choc thermique. La motilité massale est

estimée au microscope à contraste de phase au grossissement x40 : une microgoutte de sperme est déposée sur une lame et le mouvement global des spermatozoïdes est apprécié en fonction de l'intensité des vagues observables. Une note de 0 (aucun mouvement de vague décelable) à 5 (tourbillons rapides) est attribuée à l'échantillon observé; il est possible de convertir cette note en un pourcentage approximatif de spermatozoïdes mobiles (la note 3 correspondant approximativement à 70% de spermatozoïdes mobiles). Lors de cet examen, on ne note pas la motilité individuelle des spermatozoïdes mais les turbulences engendrées par la conjugaison des mouvements issus de tous les spermatozoïdes présents dans la goutte de semence observée. La classification classiquement adoptée dans les laboratoires d'examen de la semence, est détaillée dans le tableau 12 [146].

**Tableau 12 : Critères de notation de la motilité massale de la semence dans l'espèce bovine [146]**

<b>Note</b>	<b>Nature et intensité du mouvement</b>
<b>0</b>	Aucun mouvement à la surface de la goutte
<b>1</b>	Léger mouvement à la surface de la goutte
<b>2</b>	Mouvement net mais ne formant pas de vague
<b>3</b>	Début de vagues
<b>4</b>	Vagues très nettes
<b>5</b>	Tourbillons nettement visibles

Ce test est employé sur tous les éjaculats potentiellement congelables, car il s'agit d'un examen rapide, facile à mettre en œuvre et peu coûteux. Cependant, il reste subjectif et dépend largement de l'expérience de l'opérateur. L'opérateur expérimenté attribue une note en observant la goutte de sperme durant dix à quinze secondes. Les éjaculats de qualité satisfaisante présentent une note supérieure ou égale à 3.

**-La motilité individuelle :**

L'évaluation de la motilité individuelle des spermatozoïdes est complémentaire de la note de motilité massale. Cet examen vise à évaluer le pourcentage de spermatozoïdes motiles, c'est à- dire ayant une mobilité propre et non pas se mouvant de façon passive [142].

Pour cet examen, le sperme est dilué 10 à 40 fois dans un tampon isotonique tiède et on observe à fort grossissement (x 200) une goutte de cette solution placée entre lame et lamelle, en éclairage contrasté (ou mieux encore, au microscope à contraste de phase). On note le pourcentage de spermatozoïdes dotés d'une motilité dite « fléchante », c'est-à-dire les spermatozoïdes présentant une trajectoire quasi rectiligne et capables de traverser le champ en 2 à 3 secondes. Certains spermatozoïdes présentent des mouvements rotatoires circulaires ou des mouvements d'amplitude très réduite, ils ne sont donc pas comptabilisés dans les spermatozoïdes mobiles.

### **-La morphologie :**

En pratique, l'examen morphologique des spermatozoïdes, consiste en l'observation au microscope optique d'un étalement de semence coloré à l'éosine-nigrosine (le plus souvent) ou au Giemsa, à l'encre de Chine ou au rose Bengale. Le frottis est coloré de la même manière que pour l'examen de la vitalité. Sous microscope à contraste de phase ou sous immersion (grossissement x 400 à 600), les anomalies sont comptées sur au moins 200 spermatozoïdes.

On distingue trois types de classifications de la morphologie des spermatozoïdes. La première dépend du site de dysfonctionnement et sépare les anomalies en anomalies primaires et secondaires. La désignation d'anomalie primaire est réservée à des anomalies se produisant lors de la spermatogénèse (à l'intérieur des tubes séminifères) contrairement aux anomalies dites secondaires qui surviennent après la spermatogénèse durant la maturation épидидymaire voire lors de l'éjaculation. Cette classification est toutefois contestable car certaines anomalies comme les gouttelettes proximales classées initialement en anomalies secondaires résultent finalement d'une malformation de la cellule lors de la spermatogénèse et non pas d'un dysfonctionnement épидидymaire comme cela était évoqué auparavant [147]. La seconde classification est fonction de la répercussion des anomalies des spermatozoïdes sur la fertilité des taureaux. Elle a été proposée par BLOM en 1973 [148] et distingue les anomalies mineures des anomalies majeures (Tableau 13). Cependant les données actuelles sur la relation entre ces anomalies morphologiques et la fertilité sont limitées, c'est pourquoi cette classification, bien qu'universellement reconnue et utilisée, reste contestable. Enfin le troisième type de classification est basé sur la localisation de l'anomalie sur le spermatozoïde (anomalie de

tête, de pièce intermédiaire, de flagelle), C'est la classification adoptée par le Laboratoire National de Contrôle des Reproducteurs en France.

**Tableau 13: Anomalies morphologiques des spermatozoïdes [142]**

<b>Anomalies majeures</b>	<b>Anomalies mineures</b>
<b>GP</b> : Gouttelette cytoplasmique proximale	<b>GD</b> : Gouttelette cytoplasmique distale
<b>TA</b> : Tête anomalie	<b>TD</b> : Tête détachée
<b>QE</b> : Queue enroulé ou cassée	<b>QR</b> : Queue repliée
<b>PI</b> : Déformation de la pièce intermédiaire	<b>TE</b> : Tête étroite, petite ou géante
<b>FD</b> : Forme double, spermatozoïdes atrophiés	<b>IA</b> : Implantation abaxiale
<b>CR</b> : Cratère ou vacuole nucléaire	<b>RP</b> : Rupture partielle du cou, implantation rétro axiale
<b>AB</b> : Acrosome en bouton	

- **La vitalité :**

La détermination de la vitalité se fait à l'aide de colorants spéciaux (Eosine négrosine, bleu de méthylène ou bleu de bromophénol) qui peuvent traverser la membrane des spermatozoïdes morts et les différencient donc des vivants. En fonction du taux des spermatozoïdes vivants, une note est attribuée à chaque éjaculat varie de 0 à 5 [142].

L'évaluation quantitative exige la détermination du nombre de spermatozoïdes par volume unitaire de sperme (concentration), le nombre total des spermatozoïdes par éjaculat et la distribution en pourcentage des morphologies normales et anormales du sperme [84].

-**La concentration :**

La mesure de la concentration en spermatozoïdes peut être réalisée par :

-Le comptage des spermatozoïdes en utilisant une cellule hématimétrique : est le moyen le plus simple et le plus utilisé. Il consiste à observer au microscope à contraste de phase

une suspension diluée de spermatozoïdes tués ou immobilisés, placée dans la chambre d'une cellule quadrillée [149].

-Des méthodes indirectes d'estimation de la concentration qui ont été développées devant la lourdeur de ce comptage ; comptage électronique, micro-centrifugation, fluorimétrie et néphélogéométrie. Cette dernière est la méthode universelle utilisée dans les CEIA. Elle consiste à apprécier la concentration des spermatozoïdes en suspension par photométrie, à l'aide d'une spectrophotométrie ou d'un colorimètre dont l'entrée de la gamme se situe autour de 6000 FHT [149].

Des changements significatifs dans les caractéristiques du sperme comme la diminution des cellules anormales, l'augmentation de la motilité individuelle et le nombre de spermatozoïdes par éjaculat sont notés juste avant la puberté, ces changements se continuent jusqu'à 12 semaines après la puberté [61]. De même, (ALMQUIST et al, 1967 [150]; CURTIS et al, 1981[43]; AMANN et al, 1983 [44]; EVANS et al, 1995 [61]; BARTH, 2000 [84]) ont montré qu'après le début de la puberté, le nombre de spermatozoïdes par éjaculat et la motilité des spermatozoïdes continuent à augmenter grandement jusqu'à 2 à 3 ans.

#### **4.3. Age et Poids corporel**

Le poids corporel et l'âge sont également considérés comme des indicateurs de puberté, mais ils doivent être utilisés en association avec les paramètres testiculaires et les caractéristiques du sperme [42, 67]. Durant la période peripubertaire, il n'y a pas de changements marqués dans le taux de croissance corporelle, mais il y a une bonne corrélation entre le poids corporel et testiculaire [42, 151].

Le poids corporel et l'âge à la puberté diffèrent selon la race et le statut nutritionnel, Chez les taureaux Charolais bien nourris, la puberté se produit à un âge moyen de  $41 \pm 1$  semaine, variant de 33 à 53 semaines avec un poids corporel moyen de  $396 \pm 13$  kg [152].

Chez les jeunes taureaux Hereford, l'âge moyen à la puberté est de  $44 \pm 1$  semaine, variant de 39 à 52 semaines et le poids corporel moyen de  $321 \pm 12$  kg avec un intervalle de 214 à 407 kg [150]. Chez les taureaux Holstein, l'âge à la puberté se produit entre 39 et 41 semaines [67, 68].

Dans une autre étude réalisée sur les jeunes taureaux Hereford, LUNSTRA et al (1978) [67] ont signalé, que l'âge à la puberté était de  $326 \pm 9$  jours à un poids corporel de

261 ± 6 kg. Ainsi, chez les taureaux N'Dama du Congo, l'âge moyen à la puberté se produit à 536 ± 40 jours à un poids corporel moyen de 151,8 ± 16 kg [153].

#### **4.4. Circonférence scrotale**

La mesure de la circonférence scrotale chez les jeunes taureaux est une méthode précise servant à évaluer la capacité présente et future du taureau à produire des spermatozoïdes, elle est aussi facile à répéter. La mesure donne une estimation du poids des testicules, ce qui est directement relié au niveau de production de spermatozoïdes [84].

La mesure de la circonférence scrotale doit être prise par la circonférence la plus large du testicule avec une étanchéité modérée sur le ruban de mesure et être répétée pour donner des mesures précises [84]. Chez les taureaux, le poids des deux testicules peut être estimé en mesurant la circonférence scrotale [154].

Chez les taureaux en phase de maturation sexuelle, les relations temporaires entre la circonférence scrotale et le poids corporel étaient curviligne avec un coefficient de corrélation de  $r = 0,81$  ( $P < 0,01$ ) [151]. Chez les jeunes taureaux, la circonférence scrotale est corrélée avec le poids des deux testicules ( $r = 0,95$ ) [155], la production de spermatozoïdes et la fertilité [156].

Malgré l'existence de liaison linéaire entre les changements de la circonférence scrotale et le poids corporel, il y a des variations considérables dans la circonférence scrotale chez les taureaux du même poids corporel [151].

Des corrélations entre la circonférence scrotale et les poids à la naissance étaient négatifs à basses ( $r = -0,04$  à  $0,8$ ) [157]. Les poids au sevrage ( $r = 0,00$  à  $0,86$ ) et les poids à l'âge d'un an ( $r = 0,10$  à  $0,68$ ) étaient mal à fortement corrélés avec les mesures de la circonférence scrotale [154, 155].

#### **4.5. Histologie testiculaire et Cytométrie en flux**

Le développement testiculaire, et indirectement la puberté peuvent être évalués par l'examen histologique de la spermatogenèse ou par l'utilisation de la cytométrie en flux [158]. Une biopsie du testicule peut également être utilisée en évaluant le progrès de la spermatogenèse chez quelques espèces [159].

Dans la cytométrie en flux, les cellules germinales testiculaires sont séparées sur la base du contenu en acide désoxyribonucléique (DNA) des noyaux cellulaires. Cette



méthode est rapide, précise et permet une meilleure quantification des cellules germinales testiculaires et elle est largement utilisée pour l'appréciation de la fonction testiculaire [159, 160]. Une évaluation in situ du testicule par la technique de cytométrie en flux est possible en utilisant des petites biopsies du tissu testiculaire [161].

# *Partie expérimentale*

## **PARTIE EXPERIMENTALE**

### **INTRODUCTION**

La Brune de l'Atlas est la seule et unique race locale composant les populations bovines du nord de l'Algérie. Cette appellation de Brune de l'Atlas se retrouve parmi les bovins autochtones de Tunisie, d'Algérie et du Maroc [7].

Selon Levailant (1931) [9] cité par Yahimi (2003) [165], le bovin dont l'existence en Algérie du Nord date de l'époque la plus reculée se serait propagé dans la région de l'Atlas sous les règnes des Carthaginois et des Romains d'où le nom de la Brune de l'Atlas. C'est un taurin et non pas un zébu.

Le développement pubertaire chez les bovins mâles se traduit par des changements au niveau corporel, testiculaire, comportemental et hormonal. Au fur et à mesure que l'âge s'avance, les testicules augmentent de taille et produisent plus d'hormones sexuelles.

La testostérone est l'une des principales hormones impliquées dans les processus de reproduction. Son taux est variable d'un individu à l'autre, mais aussi avec l'état corporel et avec l'âge.

La mesure de la circonférence scrotale sert à évaluer la croissance testiculaire et la fonction sexuelle.

Dans cette partie, des mâles bovins de race locale, Brune de l'Atlas type Chélifien ont fait l'objet d'une étude sur les paramètres de croissance corporelle et testiculaire, l'évolution des taux sériques de testostérone, les relations qui peuvent exister entre la circonférence scrotale, la testostérone sérique et l'âge et l'évaluation de la libido.

## 5. MATERIEL ET METHODES

### **5.1. Présentation de la région d'étude (Site expérimental)**

La présente étude a été réalisée dans le nord de l'Algérie en quatre wilayas ; Chlef, Sétif, Guelma et Taref.

#### **5.1.1. Situation**

La Brune de l'Atlas est une race bovine ancienne présente en Afrique du Nord tout le long de la chaîne atlasique depuis l'antiquité, Elle est répandue en Algérie et se subdivise en plusieurs variétés. Dans cette expérience, on se concentre sur l'étude du développement pubertaire chez les mâles de type Chélifien (figure 02).

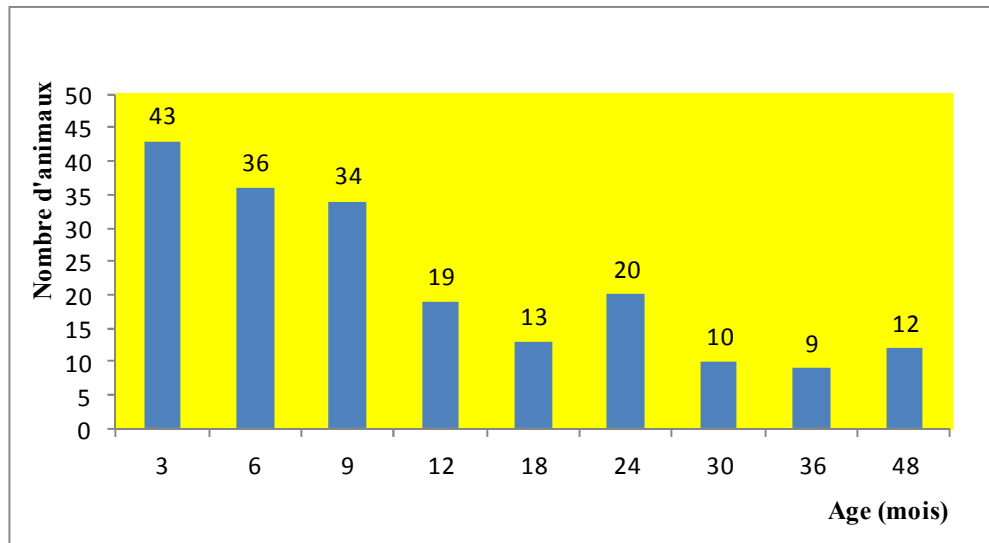


**Figure 02:** Taureau Chélifien (photo personnelle).

### **5.2. Animaux**

L'étude a porté sur 196 mâles bovins de race Brune de l'Atlas type Chélifien (population bovine locale) durant la période de janvier à septembre 2016 dont l'âge variait

entre trois et quarante huit mois. Ces animaux appartenait à plusieurs éleveurs de la région nord de l'Algérie (Sétif, Guelma, Taref et Chlef) (Figure 03).



**Figure 03 :** Répartition du nombre d'animaux en fonction de l'âge

Dans une autre expérience et afin d'évaluer la libido chez les jeunes taureaux, 52 mâles Bruns de l'Atlas type Chélifien (âgés entre 5 et 12 mois) ont été utilisés. Ces jeunes taureaux ont été mis devant des femelles en période de chaleurs naturelles ou artificielles (chaleurs induites).

### **5.2.1. Conduite d'élevage**

#### **5.2.1.1. Alimentation**

Le régime alimentaire auquel les animaux sont soumis est extrêmement variable, l'alimentation est assurée par la présence de l'herbe et de différentes plantes. L'eau constitue l'élément principal dans la survie du cheptel ; les sources d'abreuvement sont assurées par les points d'eau : « les mares » et les oueds.

Au printemps, l'herbe est abondante et nutritive, et les animaux qui sortent d'une saison difficile dans un état d'embonpoint critique reprennent vite du poids. En été, la courbe de croissance des animaux reste un peu stable en raison de la diversité végétale qui assure une offre fourragère fournie par le pâturage en forêt.

L'hiver est la période la plus difficile, l'offre fourragère est à son niveau le plus bas. Les animaux ayant épuisé sur leur réserve sortent de cette saison dans un état

squelettique. Ils reçoivent de fourrages secs (essentiellement le foin naturel et à moindre degrés le foin de vesce-avoine).

La constitution des rations ne se fait pas en fonction des besoins des animaux, elle est le plus souvent tributaire de la disponibilité en aliments. L'alimentation complémentaire est surtout pratiquée en automne et en hiver afin d'aider les animaux à surmonter les difficultés de la mauvaise saison. Elle est constituée de son, de fève, et d'orge. Les quantités distribuées oscillent entre 1 à 4 kg par jour et par animal.

Le problème d'approvisionnement en aliment concentré se pose pour la majorité des éleveurs, en raison plus particulièrement de l'éloignement des points de vente et le manque de moyens de transport.

#### **5.2.1.2. Reproduction**

La reproduction est faite dans la plupart des cas d'une manière anarchique, sans aucune intervention de l'éleveur, les mâles ne sont pas séparés des femelles quelque soit leur stade physiologique et dès qu'une vache manifeste les signes de chaleurs, elle est saillie. L'important pour les éleveurs est d'obtenir chaque année des vêlages (un veau par vache par an).

#### **5.2.1.3. Logement**

A l'époque, les animaux sont abandonnés en forêt durant toute l'année, sans aucune complémentation ni aucun soin particulier. Les éleveurs interviennent que pour procéder au contrôle des effectifs et récupérer les animaux prêts à la vente ou à la mise bas.

Aujourd'hui, des éleveurs mènent leurs animaux à la forêt chaque matin et les rendre à l'étable le coucher de soleil (à cause des problèmes sécuritaires), d'autres exercent leurs métier en bâtiments d'élevage.

Ainsi, les veaux nouveau-nés et leurs mères sont gardés à l'étable jusqu'à l'âge de 1 mois puis seront libérés avec le reste du cheptel.

### **5.3. Matériel d'induction et de synchronisation des chaleurs**

L'induction et la synchronisation des chaleurs chez les femelles ont été réalisées à l'aide des protocoles utilisant les prostaglandines synthétiques et les progestagènes.

#### **5.4. Matériel de mensuration**

Les mensurations ont été faites à l'aide d'une toise de 2 m et d'un mètre ruban de 1.5 m.

#### **5.5. Age**

La détermination de l'âge de ces animaux a été faite par anamnèse auprès des éleveurs, en plus de l'utilisation de la technique de dentition.

#### **5.6. Mensurations**

Les différentes mensurations ont été prises et enregistrées pour analyse.

##### **5.6.1. Mensurations corporelles**

Les mensurations ont été réalisées à l'aide d'une toise (de 2 m environ) et d'un mètre ruban (de 1.5 m) au centimètre près, les mesures ont été réalisées sur des animaux maintenus le plus possible immobile.

Au total, 05 mensurations corporelles ont été relevées.

-Hauteur au garrot (HG): du sol au garrot.

-Hauteur de poitrine (HP) : du passage des sangles du sternum à la colonne vertébrale, elle traduit la profondeur de la poitrine.

-Hauteur au sacrum (HS): hauteur du sol au sacrum (équilibre antéro-postérieur).

-Périmètre thoracique (PT): périmètre du thorax mesuré en arrière du garrot et au niveau du passage des sangles.

-Périmètre abdominal (PA): périmètre de l'abdomen dans sa partie la plus bombée, un peu en arrière de l'hypochondre.

##### **5.6.2. Circonférence scrotale**

La mesure de la circonférence scrotale est prise par la circonférence la plus large du testicule avec une étanchéité modérée sur le ruban de mesure et être répétée pour donner des mesures précises [84].

Les testicules ont été poussés vers le fond des bourses scrotales et le diamètre a été pris à la partie la plus large des gonades. Les mensurations ont été réalisées à l'aide d'un mètre ruban (Figure 04).



**Figure 04:** La mesure de la circonférence scrotale (photo personnelle)

### **5.7. Poids corporel**

Le poids vif a été déterminé par l'utilisation d'un mètre ruban mesurant le tour spiral qui sera utilisé dans la formule de Crevât :

$$P = 40.F^3$$

Où ;

P : poids vif en Kg,

F : tour spiral en m.



Sa mesure, pour avoir une bonne précision, doit être effectuée des deux côtés de l'animal.

Rappelons qu'elle nécessite deux opérateurs et que le ruban, fixé à la pointe du sternum par le premier opérateur, doit passer au milieu du bras (droit ou gauche), à la limite dos-rein, à un travers de main sous la pointe de la hanche (du côté opposé à celui du bras) et se terminer horizontalement un travers de main en dessous du périnée.

### **5.8. Traitements**

Différents protocoles d'induction et de synchronisations des chaleurs ont été utilisés.

### **5.9. Détection des chaleurs**

Les chaleurs ont été suivies par observation visuelle continue des modifications de comportements.

### **5.10. Evaluation de la libido**

#### **5.10.1. Libido**

La libido a été évaluée par mesure du temps de réaction devant des femelles ayant des chaleurs naturelles ou induites.

Le protocole de ROSENBERGER (1979) [162] a été utilisé pour cette évaluation :

- (-) : Absence de libido ; > 30 minutes,
- (±) : Insuffisant ; entre 10 et 30 mn,
- (+) : Convenable ; entre 5 et 10 minutes,
- (++) : Bon ; entre 30 secondes et 5 minutes,
- (+++ ) : Très bon ; < 30 secondes.

### **5.11. Dosage de testostérone sérique :**

196 échantillons de sang ont été collectés. Le sérum a été séparé par centrifugation. Les échantillons sériques ont été aliquotés et conservés congelés (< -20 °C).

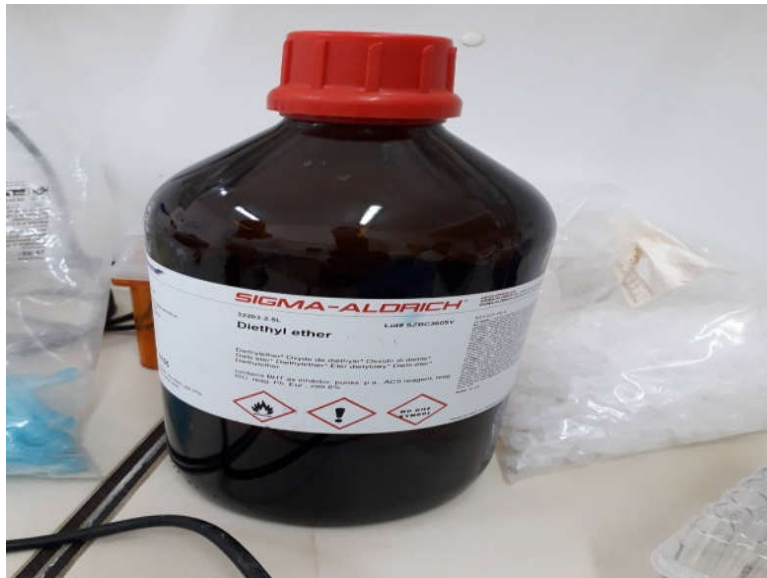
La détermination des taux de testostérone sérique a été faite par la méthode radio-immunologique par compétition dans le laboratoire d'élevage et de faune sauvage de l'Institut des régions arides à Médnine (Tunisie).

Les échantillons biologiques ont été extraits à l'éther éthylique ; le solvant a été évaporé et les extraits secs ont été remis en solution dans le tampon de reprise du kit.

Les extraits re-dissouds et les calibrateurs ont ensuite été incubés dans des tubes recouverts d'anticorps avec un traceur testostérone marqué à l'iode 125. Après incubation, le contenu du tube a été vidé par aspiration, puis la radioactivité liée a été mesurée à l'aide d'un compteur gamma.

#### **5.11.1. Matériel de dosage :**

- Micropipette de précision (50 µl)
- Pipette semi-automatique (500µ)
- Pipette en verre pour les solvants (10 ml)
- Tubes pyrex en verre, pour la récupération de la phase étherée, de 6 ml
- Mélangeur de type vortex
- Portoirs pour les fioles en verre et les tubes
- Ether éthylique anhydre (qualité analytique)
- Appareil d'évaporation muni d'un bloc chauffant
- Bain-marie à 37 °C
- Système d'aspiration
- Compteur gamma
- Testostérone marquée à l'iode 125
- Calibrateurs
- Tampon de reprise



**Figure 05 :** Ether éthylique anhydre



**Figure 06 :** Mélangeur de type vortex



**Figure 07** : Système d'aspiration



**Figure 08** : Compteur gamma



**Figure 09** : Solution de lavage



**Figure 10** : Tubes pyrex en verre



**Figure 11:** Testostérone marquée à l'iode 125

#### **5.11.2. Prélèvement, préparation et conservation des échantillons :**

Le sang est recueilli dans des tubes secs sans additif, le sérum est séparé directement par centrifugation. Les échantillons sériques sont conservés congelés à  $<-20^{\circ}\text{C}$  et aliquotés afin d'éviter les congélations et décongélations successives. La décongélation des échantillons est faite à température ambiante (température de laboratoire).



**Figure 12:** Centrifugation des échantillons biologiques





**Figure 13:** Echantillons sériques après centrifugation



**Figure 14:** Echantillons sériques aliquotés

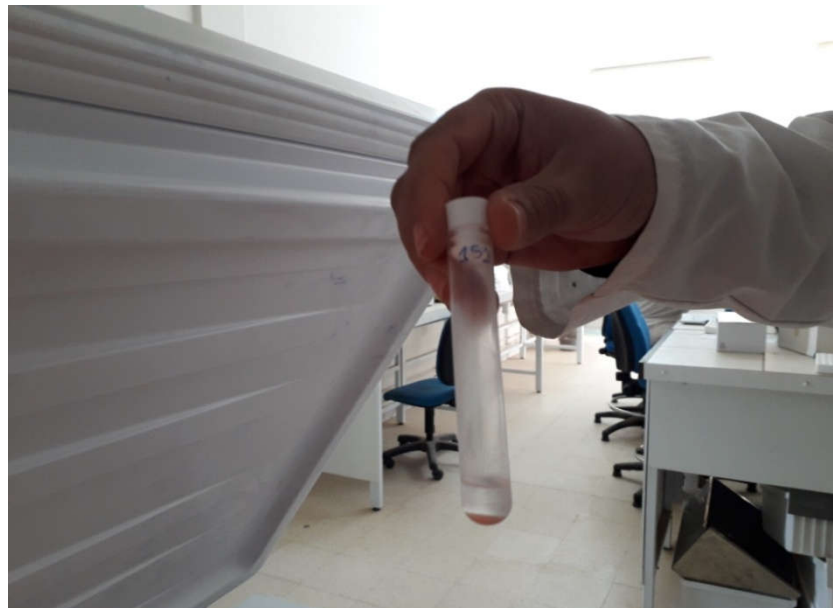
### **5.11.3. Extraction des échantillons biologiques :**

L'extraction a été faite dans une verrerie propre (matériel jetable), les échantillons sont amenés à température ambiante.

#### **5.11.4. Méthode d'extraction :**

196 fioles ont été numérotées pour tous les échantillons. 200 µl d'échantillon biologique est déposé avec 2 ml d'éther éthylique dans chaque fiole numérotée et bouché soigneusement. Les fioles sont agitées à l'aide d'un vortex pendant une minute puis sont laissés à -18 °C jusqu'à congélation de la phase aqueuse (Figure 15). La phase organique est délicatement récupérée, sans entrainer la phase aqueuse congelée, dans des tubes en verre Pyrex (de 6 ml) numérotés.

La phase étherée est complètement évaporée en plaçant les tubes dans un bain-marie à 37 °C. Les tubes sont soigneusement fixés sur le portoir car après évaporation de l'éther éthylique, les tubes, les plus légers, peuvent se retrouver dans l'eau du bain-marie. Les tubes contenant les extraits secs sont bouchés jusqu'à l'analyse (peuvent être conservés à 2-8°C jusqu'à 7 jours).



**Figure 15** : Congélation de la phase aqueuse





**Figure 16** : Récupération de la phase organique dans des tubes pyrex



**Figure 17** : Evaporation de la phase étheré dans un bain-marie

### **5.11.5. Mode opératoire :**

Le dosage de l'hormone de testostérone sérique est fait en suivant le mode opératoire du kit de dosage (RIA Testostérone REF IM1087, RADIOIMMUNOASSAY FOR THE IN VITRO DETERMINATION OF TOTAL TESTOSTERONE IN SERUM AND PLASMA).



**Figure 18** : Kits de dosage de Testostérone

### **5.12. Analyses statistique des résultats**

La mise en forme des données a été réalisée sous forme d'histogrammes, de nuage de points et de tableaux. L'analyse statistique des résultats obtenus a été effectuée au moyen de Microsoft Office Excel version 2007. Le test de corrélation de Bravais-Pearson (Coefficient de corrélation) a été utilisé. Les résultats sont décrits sous forme de moyennes  $\pm$  écart- types.

Les valeurs moyennes, les maximums et les minimums ont été calculés en fonction de l'âge de l'animal.

Le test de *Student* a été utilisé pour faire une comparaison entre les différents variables de mesure et l'âge de l'animal et aussi pour comparer la testostérone sérique, le poids vifs et la circonférence scrotale.

## *Résultats et discussion*

## 6. RESULTATS ET DISCUSSION

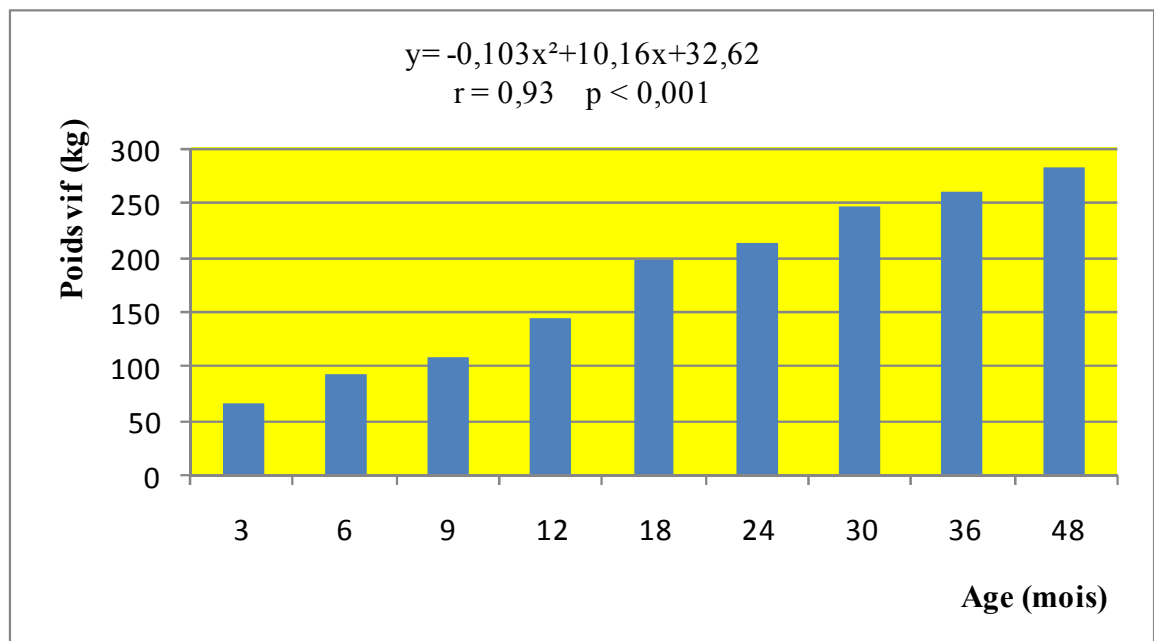
### 6.1. Caractéristiques morphologiques

#### 6.1.1. Introduction

La première partie du travail a été consacrée à l'analyse des données relatives aux différentes mensurations corporelles et testiculaires ainsi que les résultats de croissance réalisés chez des bovins mâles de la race Brune de l'Atlas type Chélifien. L'objectif était de bien caractériser les mâles de cette variété et de les comparer avec les autres races du monde.

#### 6.1.2. Le poids corporel

La figure 19 et le tableau 14 montrent les valeurs du poids vif, les animaux présentent une croissance ascendante ( $r=0,93, p<0,001$ ) en fonction de l'âge ( $PV=0,103x^2+10,16x+32,62$ ) avec deux extrêmes valeurs un minima de  $63,82 \pm 3,51$  kg et un maxima de  $282,16 \pm 21,34$  kg.



**Figure 19:** Evolution des poids vifs moyens en fonction de l'âge

Cette étude a montré que le poids vif augmente d'une façon progressive et proportionnelle avec l'âge de l'animal, un coefficient de corrélation  $r = 0,93$  reflète une forte liaison entre les deux variables âge et poids vif. Les résultats de la présente étude soulignent une influence très hautement significative ( $p < 0,001$ ) de l'âge sur les valeurs du poids corporel ce qui est en accord avec les observations rapportées par TAMAYO TORRESS (2009) [163] chez les taurillons Holstein futures reproducteurs ( $p < 0,001$ ).

Les résultats des poids corporels des bovins mâles Bruns de l'Atlas type Chélifien sont un peu supérieurs à ceux trouvés par J.COULOMB (1976) [164] qui a signalé chez les taureaux N'Dama du Congo (race considérée comme la représentante en Afrique occidentale du bétail hamitique), des poids corporels moyens suivants: (1 mois :  $31,3 \pm 0,7$  kg ; 3 mois :  $55,1 \pm 1,5$  kg ; 6 mois :  $89,6 \pm 2,5$  kg ; 9 mois :  $114,8 \pm 2,7$  kg ; 12 mois :  $129,7 \pm 3,6$  kg).

YAHIMI A (2003) [165] dans une étude réalisée sur 100 têtes de taureaux de la race Brune de l'Atlas, issus de différentes fermes de la région de Tablat (Wilaya de Médea, Algérie) a rapporté un poids corporel moyen de  $130,4 \pm 17,0$  kg à l'âge de 12 mois. Ce résultat est proche de celui de notre étude ( $142 \pm 33$  kg).

Au Maroc, et au niveau de la Ferme d'application du Gharb de l'IAV Hassen II (1971-1977), BOURFIA et CHERGAOUI (1978) [166] signalent chez les taurillons Bruns de l'Atlas, des poids corporels moyens de (31,5 kg, 49,5 kg, 90 kg, 144,3 kg, 209 kg) correspondant respectivement les âges de (1 mois, 3 mois, 6 mois, 9 mois, 12 mois).

En Tunisie, dans le Domaine de Frétissa (ferme pilote (1968-1984), RONDIA et al (1985) [167] signalent chez les taurillons Bruns de l'Atlas, des poids corporels moyens de 38,1 kg à l'âge de 1 mois et de 271 kg à l'âge de 12 mois avec des poids de (64,7 kg, 131 kg, 203 kg) enregistrés respectivement aux âges de (3 mois, 6 mois, 9 mois). En parallèle, des poids corporels moyens de ( $481,75 \pm 5,0$  kg,  $483,8 \pm 4,5$  kg,  $314,4 \pm 4,1$  kg,  $467 \pm 3,9$  kg,  $481,8 \pm 11,2$  kg) ont été signalés respectivement chez les taurillons (Charolais, Holstein, Jersiais, Limousins, Simmental) âgés de 12 mois [168].

L'augmentation du poids corporel des bovins mâles Bruns de l'Atlas type Chélifien peut être expliquée par le mode d'élevage de ces animaux (animaux vivant dans la forêt où il ya plusieurs variétés de plantes et d'herbes, en plus de la présence de plusieurs sources d'abreuvement et l'approvisionnement de aliment concentré dans les bâtiments d'élevage )

sans oublier le paramètre génétique qui joue un rôle déterminant et la presque totalité de la production laitière qui leurs est destinée (la lactation dure en moyenne 6 mois et il y a des veaux qui continuent à téter leurs mères, et cela parfois jusqu'à l'âge d'un an.

La relation entre le poids vif et l'âge de l'animal a été bien étudiée par plusieurs auteurs, TAMAYO TORRESS (2009) [163] a montré dans une étude expérimentale faite en Havane, qu'il existe une forte corrélation entre le poids vif et l'âge ( $r = 0,99$ ) chez 390 taurillons futurs reproducteurs de la race bovine Holstein en Cuba. Le même auteur signale respectivement des poids corporels moyens de (50 kg, 87 kg, 183 kg, 298 kg, 384 kg) aux âges de (1 mois, 3 mois, 6 mois, 9 mois, 12 mois). De même, BOURFIA et CHERGAOUI (1978) [166] ont rapporté une forte liaison entre le poids vif et l'âge ( $R^2 = 0,98$ ) chez des taurillons Bruns de l'Atlas âgés de 1 à 12 mois.

**Tableau 14 :** Evolution des poids vifs moyens chez des bovins mâles Bruns de l'Atlas type Chélifien en fonction de l'âge

Age (mois)	Nombre d'animaux	Poids vif, kg		
		Moy	Min	Max
3	43	63,8 ± 3,5	59	72
6	36	91,0 ± 23,2	57	145
9	34	108 ± 19	76	145
12-18	32	170 ± 41	84	300
24-30	30	229 ± 36	140	294
36-48	21	271 ± 27	185	320

$p < 0,001$

Les mâles des taurins de la race Brune de l'Atlas de type Chélifien présentent des poids corporels acceptables comparativement aux autres races Africaines de taurins, mais ne sont pas trypanotolérants : taurins N'Dama de Minankro, Bouaké de Côte d'Ivoire, trypanotolérants, vivant dans une zone infestée de mouches tsé-tsé : 84 kg à 12 mois

(JOSCHI et al 1957) [7], taurin Baoulé, taurin Somba, taurin Kapsiki et taurin Namchi (Tableau 15).

**Tableau 15 :** Comparaison avec d'autres races de bovins d'Afrique

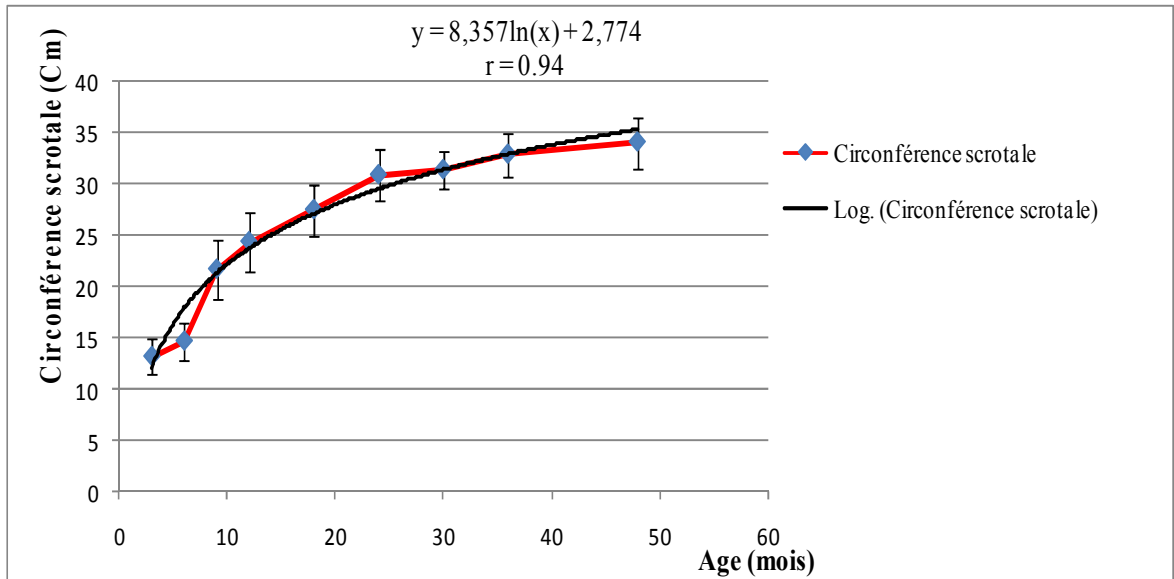
<b>Races</b>	<b>Hauteur au garrot des mâles (cm)</b>	<b>Poids adulte des mâles (kg)</b>	<b>Références</b>
<b>Taurins</b>			
<b>Brun de l'Atlas</b>	121 ± 4	271 ± 27	Notre étude
<b>N'Dama</b>	115	200-300	MAE 2002 [169]
<b>Baoulé</b>	110	200-250	MAE 2002
<b>Lagunaire</b>	105	125	MAE 2002
<b>Somba</b>	93-97	< 200	Maule 1990 [170]
<b>Zébus</b>			
<b>Zébu Maure</b>	125-130	350-500	MAE 2002
<b>Zébu Azaouak</b>	120-130	300-500	MAE 2002
<b>Zébu Peul soudanien</b>	120-140	300-350	MAE 2002

Dans cette étude, le poids vif des taureaux a augmenté avec l'âge entre 3 et 48 mois avec une forte corrélation ( $r = 0,93$ ) qui a été constatée entre le poids vif et l'âge. En comparant les mâles des taurins de la race Brune de l'Atlas type Chélifien aux autres races du monde, ils s'avèrent avoir de très bonnes caractéristiques morphologiques en comparaison avec les autres races autochtones de taurins d'Afrique.

### **6.1.3. La circonférence scrotale**

La figure 20 montre que la circonférence scrotale croît progressivement suivant un modèle logarithmique en fonction de l'âge, des valeurs extrêmes minimales et maximales de  $13,19 \pm 1,67$  cm et  $34,12 \pm 2,54$  cm ont été enregistrées respectivement avec  $(CS=8,357\ln(x)+2,774$  (Age en mois)) ;  $r = 0,94$  ;  $p < 0,001$ .





**Figure 20:** Distributions des valeurs moyennes de la circonférence scrotale en fonction de l'âge

Comme on peut le constater sur cette figure, la circonférence scrotale des bovins mâles Bruns de l'Atlas type Chélifien augmente et évolue d'une façon progressive en fonction de l'âge de l'animal. L'analyse statistique montre que l'âge a un effet très hautement significatif sur la circonférence scrotale.

Le périmètre scrotal est fortement corrélé avec l'âge ( $r = 0,94$ ). L'étude de la corrélation entre la circonférence scrotale et l'âge a été bien décrite par TAMAYO TORRESS (2009) [163] dans une expérimentation faite sur 390 taurillons de race Holstein âgés de 1 à 12 mois et qui a signalé un coefficient de corrélation ( $r = 0,96$ ). Considéré comme élevé, ce coefficient ( $r = 0,94$ ) reflète la présence d'une forte relation entre la circonférence scrotale et l'âge de l'animal.

Une valeur de  $13,19 \pm 1,67$  cm a été enregistrée comme minimale (taurillons âgés de trois mois) et une valeur de  $34,12 \pm 2,53$  cm comme maximale (taureaux âgés de quatre ans).

Globalement, on constate une croissance lente de la circonférence scrotale entre les âges de 3 et 6 mois (Tableau 16). D'autres études faites chez des jeunes taureaux ont rapporté une croissance lente de la naissance jusqu'à l'âge de 20 semaines soit 5 mois [38, 39, 40, 95].

De plus, une croissance encore rapide de la circonférence scrotale a été constatée entre 6 et 12 mois (1,61 cm par mois). Cette dernière peut être expliquée par la croissance testiculaire et l'entrée des taurillons dans la phase du début de puberté. CURTIS et al (1981) [43] et EVANS et al (1996) [39] ont aussi expliqué que cette croissance résulte de l'augmentation dans la proportion du parenchyme occupé par les tubules séminifères, en plus de l'augmentation du diamètre tubulaire et la longueur totale des tubules séminifères.

Après l'âge de 12 mois, le taux de croissance de la circonférence scrotale a diminué progressivement. Ce résultat est similaire aux travaux effectués par CATES et al (1981) [64] qui ont rapporté une diminution de la croissance testiculaire après l'âge de 12 mois.

**Tableau 16:** Evolution de la circonférence scrotale moyenne en fonction de l'âge

Age (mois)	Effectif	Circonférence scrotale (cm)
3	43	13,19 ± 1,67
6	36	14,70 ± 1,84
9	34	21,72 ± 2,42
12	19	24,41 ± 2,88
18	13	27,49 ± 2,44
24	20	30,89 ± 2,50
30	10	31,36 ± 1,93
36	09	32,93 ± 2,09
48	12	34,12 ± 2,53

Chez les taureaux de la race Tho Tho originaire d'Inde, la circonférence scrotale est fortement corrélée avec l'âge des taureaux ( $r = 0,92$ ). PERUMAL P (2014) [171] a révélé que la circonférence scrotale des taureaux Tho Tho est fortement corrélée avec d'autres paramètres testiculaires. Ainsi, la mesure de la circonférence scrotale chez les taureaux est très utile pour prédire les paramètres testiculaires et peut être utilisée en centre d'élevage pour sélectionner un mâle reproducteur approprié à des fins de reproduction artificielle.

On remarque que la circonférence scrotale augmente avec l'âge et suivant un modèle similaire au développement des poids corporels.

En comparant les valeurs des circonférences scrotales observées sur les bovins mâles de la race Brune de l'Atlas de type Chélifien avec celles des autres races citées dans la littérature, elles restent toujours inférieures comparativement aux races améliorées mais considérées comme bonnes au sein de la race Brune de l'Atlas et sont acceptables en comparaison avec les races autochtones d'Afrique (Tableau 17).

Les données relatives aux dimensions testiculaires (périmètre scrotale) pour les différentes races africaines sont rassemblées dans le tableau ci-dessous.

Ce tableau montre des variations selon les races, il semble que les mâles de la race Brune de l'Atlas type Chélifien se caractérisent par des circonférences scrotales élevés en comparaison avec les autres races de taurins d'Afrique.

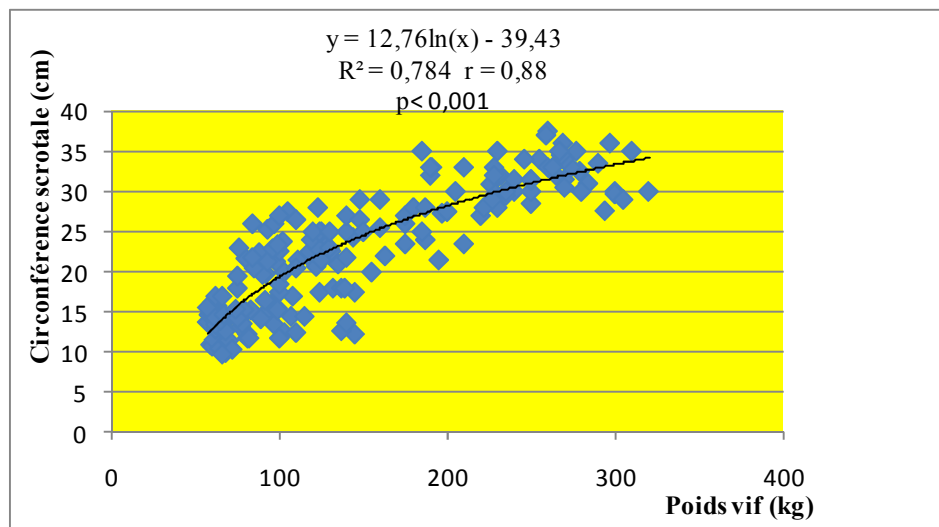
**Tableau 17 :** Comparaison du périmètre scrotal avec d'autres races de bovins d'Afrique

Race	Pays	Nbr	Poids (kg)	Age (ans)	Circonférence scrotale (cm)	Référence
Brune de l'Atlas	Algérie	12	282,16 ± 21,3	4	34,12 ± 2,53	Notre étude
Baoulé	Burkina-Faso	9	252 ± 10	4 à 7	27,2 ± 0,8	[172]
Muturu	Nigéria	5	154	Adulte	21,5	[173]
	Nigéria	6	110 ± 10	Adulte	16,9 ± 1,0	[174]
N'Dama	Gambie	4	-	4 à 6	31 ± 0,4	[175]
	Gambie	4	-	2,5	26	[175]
	Gambie	13	293 ± 27	3 à 5	27,7 ± 1,3	[176]
	Nigéria	7	227	-	26	[173]

### **6.1.3.1. Relation entre la circonférence scrotale et le poids vif**

La figure 21 montre la relation entre la circonférence scrotale et le poids vif chez les bovins mâles Bruns de l'Atlas type Chélifien. Une bonne corrélation positive a été constatée entre ces deux indicateurs ( $r = 0,88$ ). Le poids vif a exercé un effet très hautement significatif sur la circonférence scrotale. Dans cette étude, on peut conclure que les taureaux ayant des poids corporels élevés ont des circonférences scrotales élevées. En parallèle, COULTER et Foote (1977) [151] ont constatés chez les taureaux des relations curvilignes entre la circonférence scrotale et le poids corporel avec un coefficient de corrélation  $r = 0,81$  ( $P < 0,01$ ).

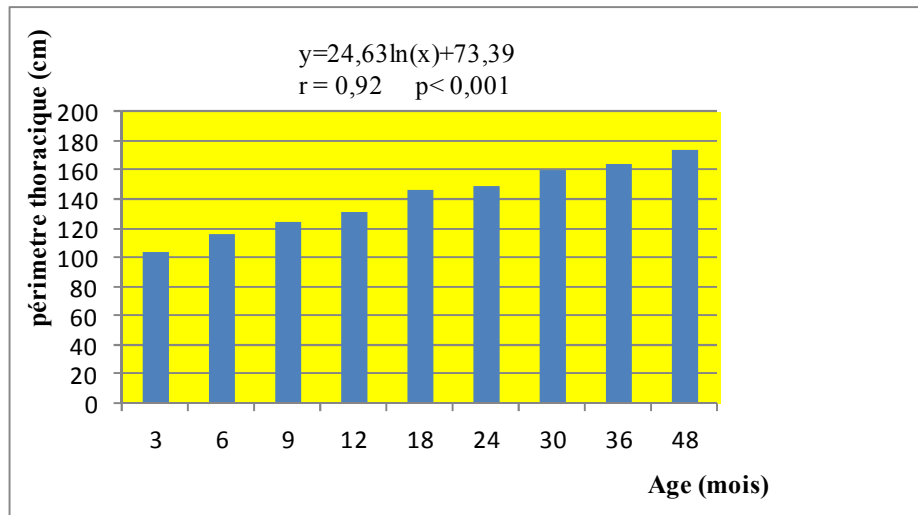
Dans une autre étude faite chez des taureaux de race Tho Tho (Taureau Bos indicus) en Inde, le poids vif a augmenté progressivement avec l'âge et été fortement corrélé ( $r = 0,90$ ) avec la circonférence scrotale [171] ce qui est en accord avec notre étude.



**Figure 21:** Distribution des valeurs de la circonférence scrotale en fonction des poids vif

### **6.1.4. Le périmètre thoracique**

La figure 22 montre l'évolution du périmètre thoracique en fonction de l'âge, une valeur extrême minimale de  $103,60 \pm 4,32$  cm et une valeur extrême maximale de  $174 \pm 6,25$  cm ont été enregistrées avec ( $PT = 24,63\ln(x) + 73,39$ ) ;  $R^2 = 0,86$  ;  $P < 0,001$ .



**Figure 22:** Distribution des valeurs moyennes du périmètre thoracique en fonction de l'âge

Sur cette figure, le périmètre thoracique évolue progressivement en fonction de l'âge. Le périmètre thoracique et l'âge sont très significativement liés de manière positive et varient dans le même sens.

Les valeurs observées du périmètre thoracique se sont avérées relativement inférieures à celles décrites par TAMAYO TORRESS (2009) [163] qui a signalé chez les taurillons Holstein futurs reproducteurs des valeurs de (108 cm, 132 cm, 155 cm, 171 cm) aux âges de (3 mois, 6 mois, 9 mois, 12 mois) respectivement. En revanche, chez les taurillons Bruns de l'Atlas type Chélifien, le périmètre thoracique moyen était de (103,60 cm, 116,04 cm, 124,36 cm, 130,76 cm) aux âges de (3 mois, 6 mois, 9 mois, 12 mois) respectivement.

Chez la race N'Dama du Congo, des périmètres thoraciques moyens de ( $72.0 \pm 0.6$  cm,  $87.8 \pm 0.9$  cm,  $103.3 \pm 1.1$  cm,  $112.2 \pm 1.1$  cm,  $117.3 \pm 1.2$  cm) ont été enregistrés chez les taurillons âgés de (1 mois, 3 mois, 6 mois, 9 mois, 12 mois) respectivement [164].

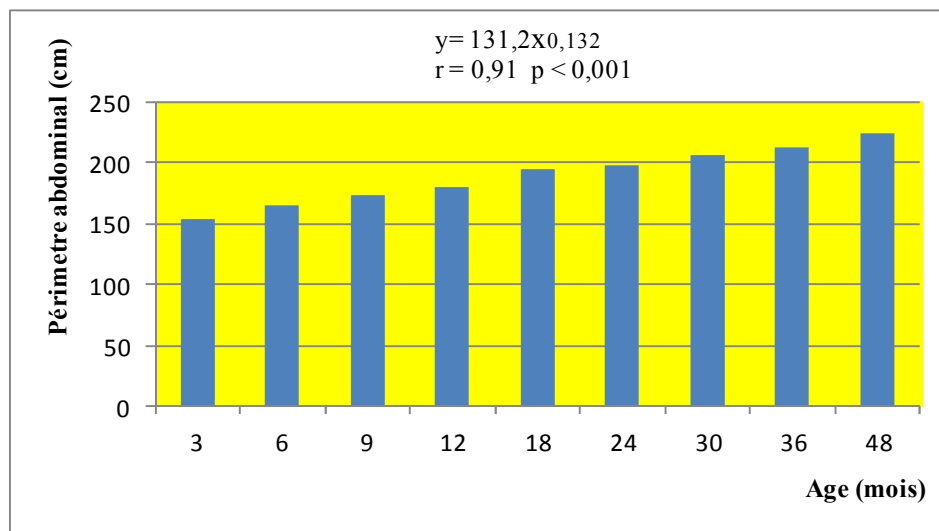
Dans une étude réalisée par BOUZEBDA et al (2007) [177], au niveau des wilayas d'EL-Taref et d'Annaba sur la race Brune de l'Atlas, les périmètres thoraciques moyens chez des taureaux aux différents âges (< 2 ans, 2 à 5 ans, >5 ans) étaient de (159,6 cm, 175,57 cm, 180,83 cm) respectivement.

Globalement, du point de vue évolutif, un taux d'évolution rapide du périmètre thoracique a été constaté entre les âges de 3 et 6 mois (4 cm par mois). Entre 6 et 18 mois, le taux d'évolution se stabilise autour de 2,5 cm en moyenne. Après l'âge de 18 mois et jusqu'à

l'âge de 48 mois, le taux d'évolution des valeurs du périmètre thoracique a diminué progressivement. Cette diminution dans l'évolution peut être expliquée par l'arrivée des taureaux en phase adulte où tous les paramètres de croissance corporelle diminuent au fur et à mesure que l'âge s'avance.

### **6.1.5. Le périmètre abdominal**

La figure 23 montre l'évolution du périmètre abdominal en fonction de l'âge, une valeur extrême minimale de  $153,57 \pm 4,86$  cm et une valeur extrême maximale de  $223,79 \pm 9,80$  cm ont été signalées avec ( $PA = 131,2x^{0,132}$  ;  $R^2 = 0,83$  ;  $P < 0,001$ ).



**Figure 23:** Relation du périmètre abdominal avec l'âge

Dans cette étude, le tour ventral ou périmètre abdominal chez les bovins mâles Bruns de l'Atlas type Chelifien varie entre deux valeurs extrêmes (153 et 223 cm). L'âge a un effet statistiquement très hautement significatif sur le périmètre abdominal.

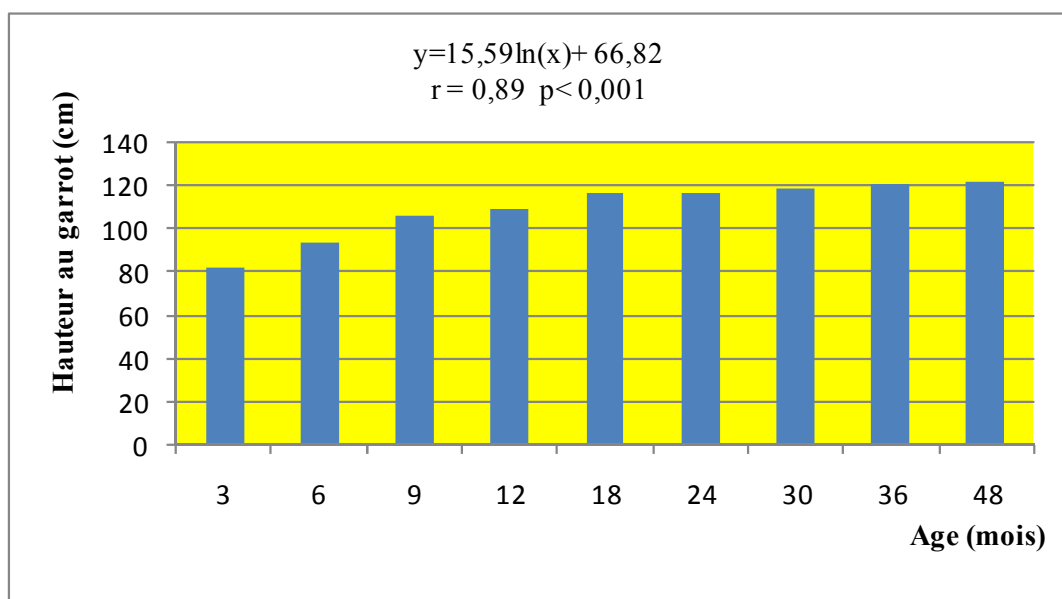
Un  $R^2 = 0,83$  reflète une bonne relation entre le périmètre abdominal et l'âge de l'animal. Cette liaison positive a été aussi constaté par TAMAYO TORRESS (2009) [163] qui a signalé un coefficient de détermination  $R^2 = 0,95$  entre les deux variables chez les taurillons Holstein futurs reproducteurs élevés en Cuba.

BOUZEBDA et al (2007) [177] ont signalé chez 195 taureaux Bruns de l'Atlas, des périmètres abdominaux moyens de (180,1 cm, 197,06 cm, 197 cm) aux âges de (< 2 ans, 2 à 5 ans, >5 ans) respectivement.

Le périmètre abdominal a augmenté mensuellement de 4,0 cm en moyenne de 3 à 6 mois, s'est stabilisé autour de 2,4 cm en moyenne entre 6 et 18 mois, puis a suivi un taux faible d'évolution de croissance de 0,9 cm après l'âge de 18 mois.

#### **6.1.6. La hauteur au garrot**

La figure 24 et le tableau 18 présentent l'évolution de la hauteur au garrot chez les bovins mâles Bruns de l'Atlas type Chélifien en fonction de l'âge qui est le principal facteur de variation, une valeur extrême minimale de  $81,60 \pm 5,50$  cm et une valeur extrême maximale de  $120,98 \pm 5,08$  cm ont été observées avec ( $HG=15,59\ln(x)+66,82$ ) ;  $R^2 = 0,80$  ;  $P < 0,001$ .



**Figure 24:** Relation de la hauteur au garrot avec l'âge

Selon les résultats figurés ci-dessus, une augmentation progressive de la hauteur au garrot en fonction de l'âge a été constatée, sa progression est étroitement liée à l'âge ( $R^2 = 0,80$ ).

La hauteur au garrot est fortement corrélée avec l'âge et augmente d'une manière très hautement significative ( $p < 0,001$ ). Dans une autre étude réalisée sur les bovins mâles Holsteins, TAMAYO TORRESS (2009) [163] a signalé une forte relation entre les deux variables ( $R^2 = 0,98$ ,  $p < 0,001$ ).

Par ailleurs, dans une expérimentation faite sur les taureaux N'Dama du Congo âgés de 1 à 12 mois, un coefficient de détermination ( $R^2 = 0,91$ ) a été signalé sur 827 observations [164].

Chez les taurillons Bruns de l'Atlas type Chélifien, des hauteurs moyennes au garrot de (81,60 cm, 93,39 cm, 105,95 cm, 108,24 cm) ont été signalées aux âges de (3 mois, 6 mois, 9 mois, 12 mois) respectivement. Ces valeurs diffèrent d'une race à l'autre selon le facteur génétique et à moindre degré l'apport alimentaire. Dans son étude, TAMAYO TORESS (2009) [163] a rapporté des valeurs élevées chez les taurillons Holstein futurs reproducteurs : (3 mois : 92 cm, 6 mois : 105 cm, 9 mois : 116 cm, 12 mois : 125 cm).

Vers l'âge de 12 mois, on a constaté une hauteur moyenne au garrot de 108,24 cm, cette valeur est très proche de celle trouvée chez les bovins de la race Brune de l'Atlas (105,74 cm) lors des études effectuées à la station Fatzara [21]. Nos résultats sont aussi en accord avec ceux de ZAHAL (1972) [17] qui a enregistré une hauteur moyenne au garrot de 120,25 cm chez des bovins adultes de la race Brune de l'Atlas.

Chez les taureaux adultes (âgés de 6 ans), une hauteur moyenne au garrot de 110 cm a été constatée [19]. Chez les taurillons N'Dama du Congo, les hauteurs moyennes au garrot étaient de ( $64,8 \pm 0,5$  cm,  $75,8 \pm 0,7$  cm,  $85,2 \pm 0,7$  cm,  $90,4 \pm 0,7$  cm,  $94,4 \pm 0,8$  cm) aux âges de (1 mois, 3 mois, 6 mois, 9 mois, 12 mois) respectivement [164]. Ces valeurs sont inférieures par rapport à celles de la race Brune de l'Atlas en général.

Chez 40 taurillons Charolais, des hauteurs moyennes au garrot de ( $111,9 \pm 4,9$  cm,  $118,7 \pm 3,1$  cm,  $123,1 \pm 2,8$  cm) ont été constatées aux âges de ( $274 \pm 37,8$  jours,  $344 \pm 37,8$  jours,  $407 \pm 37,8$  jours) respectivement [178].

En outre, des hauteurs au garrot de (145 à 155 cm, 160 à 170 cm, 155 cm, 145 à 155 cm) ont été signalées chez des taureaux adultes de races (Brune des Alpes, Montbéliarde, Normande, Bleue du Nord) respectivement [179].

A l'âge de 12 mois, des hauteurs moyennes au garrot de ( $120,6 \pm 0,4$  cm,  $133,1 \pm 0,53$  cm,  $112,9 \pm 0,75$  cm,  $118,7 \pm 0,41$  cm,  $126,1 \pm 0,9$  cm) ont été enregistrées chez les taurillons (Charolais, Holstein, Jersiais, Limousins, Simmental) respectivement [168].



Ainsi, sur 20 taurillons Simmental âgés de (139 jours, 207 jours, 261 jours, 317 jours, 380 jours, 401 jours, 449 jours), des hauteurs moyennes au garrot de ( $102 \pm 3,54$  cm,  $107 \pm 4,83$  cm,  $116 \pm 3,23$  cm,  $122 \pm 2,92$  cm,  $129 \pm 3,19$  cm,  $128 \pm 4,01$ cm,  $133 \pm 3,27$  cm) ont été constatées respectivement [180].

Chez les bovins mâles Bruns de l'Atlas type Chélifien, la hauteur au garrot a augmenté de 4,0 cm par mois entre 3 et 9 mois, puis seulement autour de 1 cm par mois en moyenne entre 9 et 18 mois. Après l'âge de 18 mois, un taux d'évolution mensuelle de 0,2 cm a été constaté (les taureaux arrivent à la phase adulte).

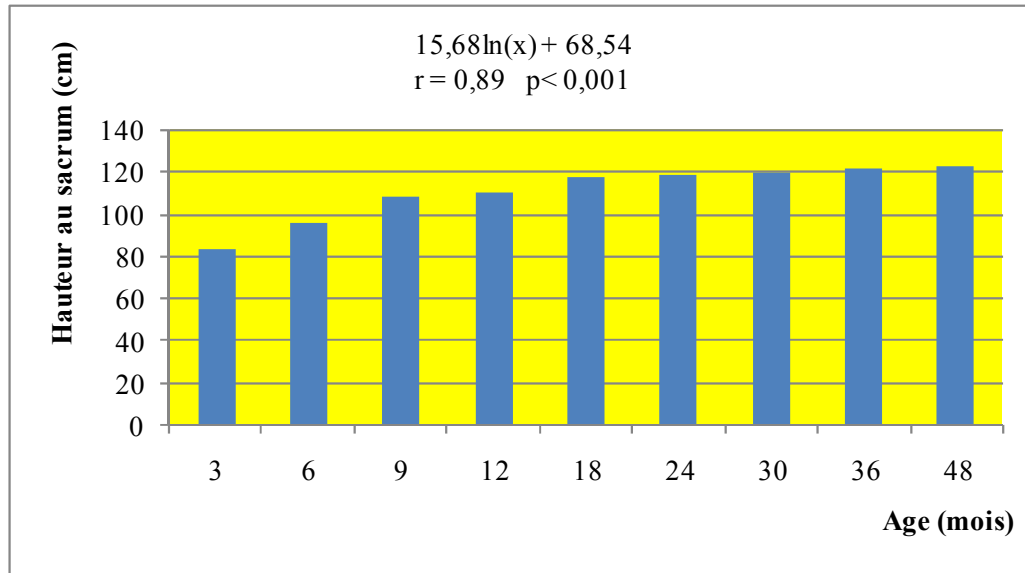
En comparant la hauteur moyenne au garrot des races bovines européennes à différentes classes d'âges avec celle des bovins Bruns de l'Atlas type Chélifien, ces derniers, sa hauteur reste toujours inférieure en raison de la haute valeur génétique des taureaux de ces races, en plus du régime alimentaire adopté qui répond aux besoins des animaux.

**Tableau 18:** Evolution de la hauteur au garrot en fonction de l'âge

<b>Age (mois)</b>	<b>Effectif</b>	<b>Hauteur au garrot (cm)</b>
3	43	$81,60 \pm 5,50$
6	36	$93,39 \pm 3,41$
9	34	$105,95 \pm 4,06$
12	19	$108,24 \pm 7,95$
18	13	$116,03 \pm 12,35$
24	20	$116,40 \pm 7,56$
30	10	$117,93 \pm 3,77$
36	09	$119,88 \pm 3,40$
48	12	$120,98 \pm 5,08$

### **6.1.7. La hauteur au sacrum**

La figure 25 montre l'évolution de la hauteur au sacrum en fonction de l'âge, une valeur extrême minimale de  $83,40 \pm 5,58$  cm et une valeur extrême maximale de  $123 \pm 4,91$  cm ont été enregistrées avec ( $HS=15,68\ln(x)+68,54$ ) ;  $R^2=0,80$  ;  $P < 0,001$ .



**Figure 25:** Relation de la hauteur au sacrum avec l'âge

Le coefficient de détermination calculé dans cette étude (Analyse de régression) entre la hauteur au sacrum et l'âge indique que ces deux variables sont étroitement liés. Dans cette étude, des hauteurs moyennes au sacrum de ( $83,40 \pm 5,58$  cm,  $95,23 \pm 3,43$  cm,  $107,96 \pm 4,16$  cm,  $110,21 \pm 7,96$  cm) ont été constatées aux âges de (3 mois, 6 mois, 9 mois, 12 mois) respectivement. Ces valeurs sont inférieures à celles citées dans la littérature ; dans l'expérimentation réalisée par TAMAYO TORRESS (2009) [163] sur les taurillons Holstein, des hauteurs moyennes au sacrum de (94 cm, 107 cm, 118 cm, 128 cm) ont été observées aux âges de (3 mois, 6 mois, 9 mois, 12 mois) respectivement avec une évolution mensuelle moyenne de 4,20 cm.

Ainsi, sur 24 taurillons Simmental âgés de (139 jours, 207 jours, 261 jours, 317 jours, 380 jours, 401 jours, 449 jours), des hauteurs moyennes au sacrum de ( $109 \pm 3,21$  cm,  $115 \pm 3,57$  cm,  $122 \pm 3,22$  cm,  $129 \pm 2,3$  cm,  $133 \pm 3,06$  cm,  $135 \pm 3,71$  cm,  $138 \pm 3,21$  cm) ont été constatées respectivement [180].

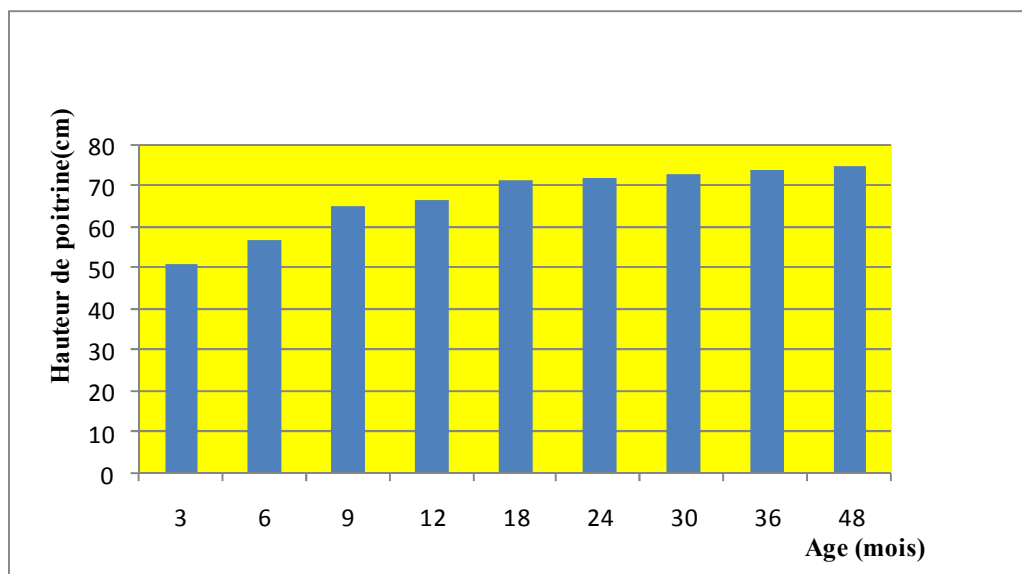
Chez les taurillons de la race Brune de l'Atlas type Chélifien, l'augmentation moyenne de la hauteur au sacrum est de l'ordre de 4,1 cm/mois durant la période comprise entre 3 et 9 mois.

Le taux d'évolution de la hauteur au sacrum a été proche de 1,0 cm par mois entre l'âge de 9 et 18 mois, puis ce taux a diminué progressivement pour arriver à 0,2 cm par mois après l'âge de 18 mois. Cette faible évolution peut être expliquée par l'arrivée de l'animal au stade adulte où l'évolution de toutes les variables de mesures corporelles diminue progressivement avec l'avancement de l'âge.

Il apparaît que les augmentations mensuelles moyennes de la hauteur au sacrum sont très proches de celles de la hauteur au garrot. Cette similitude peut être expliquée par la présence d'un équilibre antéro-postérieur.

#### **6.1.8. La hauteur de poitrine**

La figure 26 montre l'évolution de la hauteur de poitrine en fonction de l'âge, une valeur extrême minimale de  $50,56 \pm 3,54$  cm et une valeur extrême maximale de  $74,76 \pm 4,43$  cm ont été signalées avec  $(HP=43,62x^{0,155} + 2,48)$  ;  $R^2=0,78$  ;  $P < 0,001$ .



**Figure 26:** Relation de la hauteur de poitrine avec l'âge

Les données présentées dans la figure montrent que la hauteur de poitrine évolue d'une manière progressive en fonction de l'âge. Des valeurs moyennes de  $(50,56 \pm 3,54$

cm,  $56,67 \pm 1,74$  cm,  $65,11 \pm 2,76$  cm,  $66,42 \pm 5,14$  cm,  $71,16 \pm 5,45$  cm,  $71,87 \pm 7,24$  cm,  $72,75 \pm 3,74$  cm,  $73,70 \pm 3,40$  cm,  $74,76 \pm 4,43$  cm) ont été enregistrées chez les mâles âgés de (3 mois, 6 mois, 9 mois, 12 mois, 18 mois, 24 mois, 30 mois, 36 mois, 48 mois) respectivement.

Dans cette étude, une bonne relation linéaire et positive ( $R^2=0,78$ ) entre la hauteur de poitrine et l'âge de l'animal a été constatée, ce résultat est partagé par plusieurs auteurs ; TAMAYO TORRESS (2009) [163] et J.COULOMB (1976) [164] ont signalé respectivement des coefficients de détermination ( $R^2=0,96$ ,  $R^2=0,91$ ) chez les taurillons Holstein et N'Dama.

D'un point de vue évolutif, la hauteur de poitrine croît mensuellement de 2,4 cm entre l'âge de 3 et 9 mois, puis diminue à 0.6 cm par mois entre l'âge de 9 et 18 mois. Après l'âge de 18 mois, un taux faible d'évolution a été observée (0,1 cm).

#### **6.1.9. Evolution des indices corporels**

L'étude de l'évolution des indices de mensurations corporelles chez les bovins mâles Bruns de l'Atlas type Chélifien a été réalisée pour montrer la vitesse de croissance de chaque élément en fonction de l'âge et déduire les relations qui peuvent exister entre les différentes variables de mesure (Tableau 19).

**Tableau 19:** Evolution des indices de mensurations corporelles en fonction de l'âge

<b>Indice</b> <b>Age</b>	<b>PT/HG</b>	<b>HG/HP</b>	<b>HS/HG</b>	<b>PA/PT</b>	<b>PA/HS</b>
<b>3 mois</b>	1,26	1,61	1,02	1,48	1,84
<b>6 mois</b>	1,24	1,64	1,01	1,42	1,73
<b>9 mois</b>	1,17	1,62	1,01	1,39	1,60
<b>12 mois</b>	1,20	1,62	1,01	1,37	1,62
<b>18 mois</b>	1,26	1,63	1,01	1,32	1,65
<b>24 mois</b>	1,28	1,61	1,02	1,32	1,67
<b>30 mois</b>	1,35	1,62	1,01	1,29	1,72
<b>36 mois</b>	1,36	1,62	1,01	1,29	1,74
<b>48 mois</b>	1,43	1,61	1,01	1,28	1,81

L'analyse de l'évolution des indices de mensurations corporelles montre l'inégale vitesse de développement de différentes mensurations :

De 3 à 9 mois, la hauteur au garrot croît plus vite que le périmètre thoracique. De 12 à 48 mois de croissance, le périmètre thoracique croît mieux que la hauteur au garrot.

La hauteur au garrot et la hauteur au sacrum croissent de façon à peu près semblable, le rapport HS/HG se maintient toujours très proche de 1. Ce résultat est similaire à celui de TAMAYO TORRESS (2010) [181] qui a signalé un rapport HS/HG=1 dans la période de 1 à 12 mois.

Le périmètre thoracique croît en général mieux que le périmètre abdominal, le rapport PA/PT suit une légère diminution de 3 à 48 mois.

La hauteur au garrot croît d'une façon semblable avec la hauteur de poitrine, le rapport HG/HP reste toujours oscillé autour de 1,6.

Le périmètre abdominal croît moins vite que la hauteur au sacrum entre l'âge de 3 et 9 mois, le rapport PA/HS diminue progressivement de 1,84 à 1,60.

Après l'âge de 12 mois le même rapport augmente de 1,62 pour atteindre 1,81 à l'âge de 48 mois.

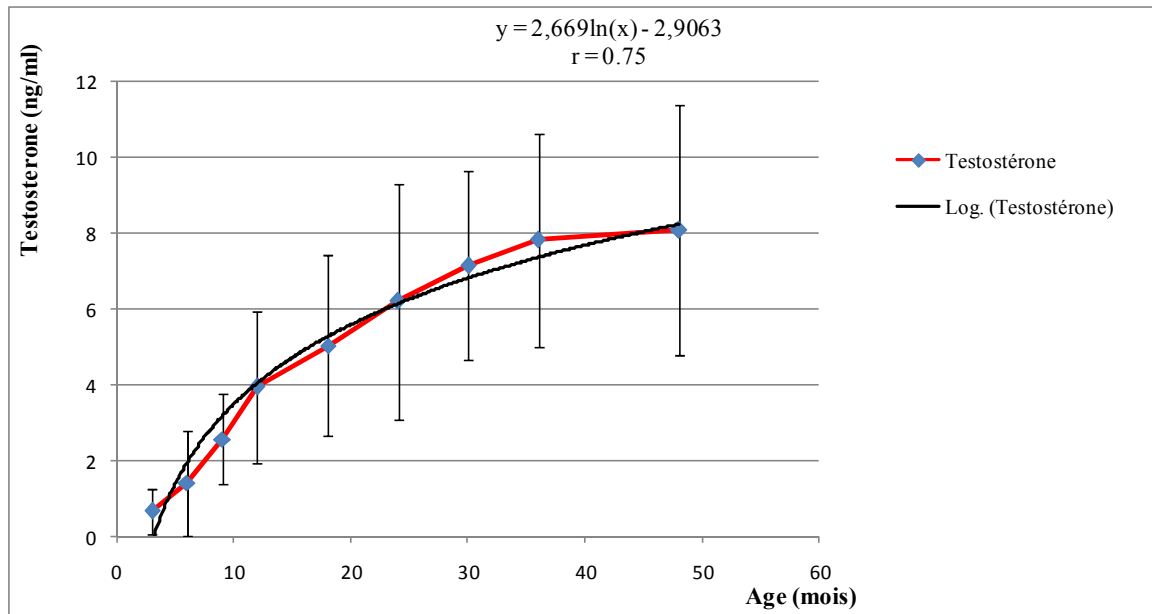
## **6.2. Dosage de la testostérone sérique**

### **6.2.1. Objectif**

La deuxième partie du travail a pour objectif l'étude et l'analyse de la testostérone sérique totale. L'objectif principal était de déterminer les taux de testostérone sérique en fonction de l'âge et la recherche d'éventuelles liaisons avec d'autres paramètres.

### **6.2.2. La testostérone au cours du développement pubertaire**

Nos résultats ont montré que les taux de testostérone sérique ont augmenté avec l'âge (Figure 27 et Tableau 20) et que l'âge a un effet très hautement significatif sur la testostérone ( $p < 0,001$ ) avec une bonne corrélation positive ( $r = 0,75$ ). La figure ci-dessous présente les moyennes de la testostérone avec les écarts type de chaque valeur.



**Figure 27 :** Distribution des valeurs moyennes de la testostérone sérique en fonction de l'âge

Au cours des premiers mois de naissance et jusqu'à l'âge de 9 mois, les taurillons avaient de faibles concentrations avec des valeurs de  $0,66 \pm 0,59$  à  $2,56 \pm 1,19$  ng/ml entre 3 et 9 mois. Il faut bien noter que les faibles taux de testostérone peuvent être expliqués par le début de croissance corporelle et testiculaire.

En outre, de 12 à 18 mois, l'augmentation des taux sériques de testostérone était progressive et supérieure avec des chiffres allant de  $3,94 \pm 2,15$  à  $5,03 \pm 2,42$  ng/ml. Cette augmentation est expliquée par une augmentation de la croissance testiculaire et hormonale et l'installation de la fonction gonadique. De plus, de 24 à 48 mois, ces taux arrivent à des valeurs élevées entre  $6,19 \pm 3,10$  à  $8,06 \pm 3,31$  ng/ml. Celle-ci est due au développement gonadique et l'arrivée au stade de maturité sexuelle.

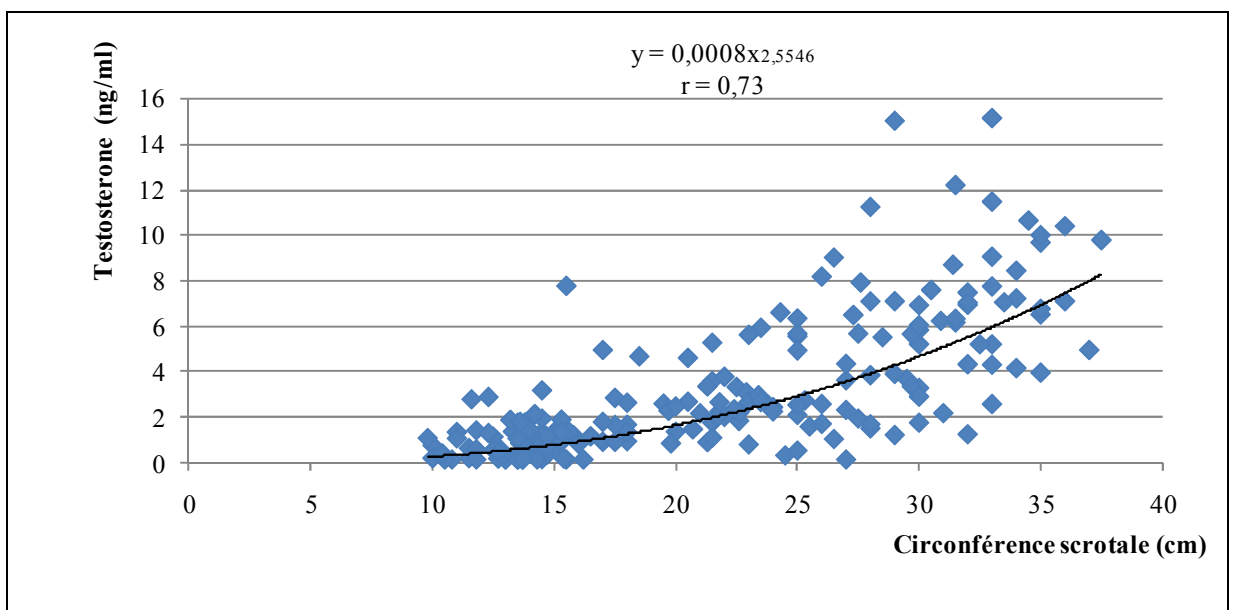
Globalement, du point de vue évolutif, un taux d'évolution rapide de la testostérone sérique a été constaté entre les âges de 6 et 12 mois ( $0,42$  ng/ml par mois). Après l'âge de 12 mois, le taux d'évolution des valeurs de la testostérone sérique a diminué progressivement. Cette diminution dans l'évolution est expliquée par l'arrivée des taureaux en phase de puberté vers 12 mois.

**Tableau 20** : Evolution des taux de testostérone sérique en fonction de l'âge

Age (mois)	Effectif	Testostérone (ng/ml)
3	43	0,66 ± 0,59
6	36	1,39 ± 1,41
9	34	2,56 ± 1,19
12	19	3,94 ± 6,45
18	13	5,03 ± 2,42
24	20	6,19 ± 3,10
30	10	7,13 ± 2,48
36	09	7,81 ± 6,20
48	12	8,06 ± 3,31

### 6.2.2.1. Relation entre la circonférence scrotale et la testostérone sérique

La Figure 28 indique la relation entre la circonférence scrotale et la testostérone sérique. Une bonne corrélation positive a été constatée entre la circonférence scrotale et la testostérone ( $r = 0,73$ ). Ce qui indique que les résultats du changement de l'évolution des taux de testostérone sérique sont associés avec les valeurs de la circonférence scrotale.



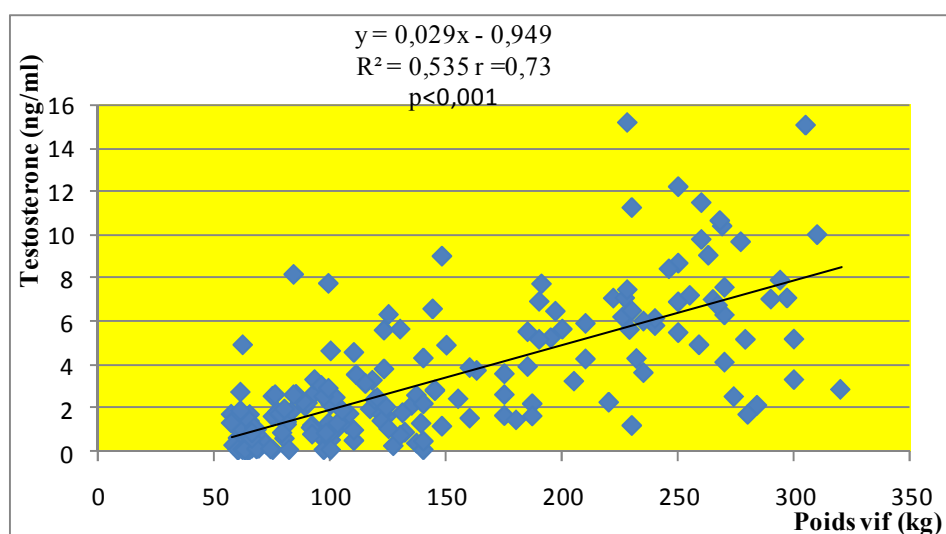
**Figure 28** : Distribution des valeurs de la testostérone sérique en fonction de la circonférence scrotale

AMANN et al (1983) [44] ont rapporté chez les bovins des changements temporaires dans le taux de croissance testiculaire associés avec les concentrations de testostérone sériques. La phase initiale de croissance lente, était associée à des concentrations basses de testostérone sérique, tandis que durant la phase de croissance rapide, les concentrations sériques de testostérone étaient élevées.

De plus, il faut bien noter que les taureaux avec une bonne circonférence scrotale ont des valeurs élevées de testostérone, ce qui montre que les taureaux approchent du stade de maturité sexuelle avec des valeurs élevées de circonférence scrotale. Ces résultats nous permettent d'estimer le comportement sexuel des taureaux d'après leurs circonférences scrotales, résultat partagé et montré par PERUMAL P (2014) [171] qui rapporte que la mesure du périmètre scrotal peut être utilisée en centre d'élevage pour la sélection des mâles futurs reproducteurs approprié à des fins de reproduction artificielle

#### **6.2.2.2. Relation entre le poids vif et la testostérone sérique**

La Figure 29 montre la relation entre la testostérone sérique et le poids vif. Une corrélation positive a été constatée entre le poids vif et la testostérone ( $r = 0,73$ ). Ce qui indique que les résultats du changement de l'évolution des taux de testostérone sérique sont associés avec les valeurs du poids vif. Les taureaux ayant plus de poids vif atteignent des taux élevés de testostérone, ce qui montre que les taureaux arrivent au stade de puberté avec un poids vif élevé.



**Figure 29:** Distribution des valeurs de la testostérone en fonction des poids vifs



### **6.3. Evaluation de la libido chez les jeunes taureaux**

Cette partie s'intéresse à l'étude du comportement sexuel des taureaux afin d'évaluer leurs désir sexuel devant des femelles en chaleur. L'instinct sexuel du mâle est déterminé par son temps de réaction en présence d'une femelle en œstrus.

Le tableau ci-dessous présente les résultats de manifestation de la libido par les taurillons de la race Brune de l'Atlas de type Chélifien aux différents âges.

**Tableau 21:** Manifestation de la libido chez les différents taurillons

<b>Age (mois)</b>	<b>C S (cm)</b>	<b>Testostérone (ng/ml)</b>	<b>Libido</b>
8	18,5	1,2	-
12	25	3,65	++
5	14	0,6	-
6	15	0,7	-
10	21	0,52	-
7	17	0,76	-
11	25	2,9	++
7	16,5	1,2	-
12	26,5	4,3	++
8	18	0,8	-
5	13,5	0,1	-
11	23	5,11	++
8	19	0,4	-
12	27	4,12	+++
9	21	3	++
9	20	1,7	+
9	22	2,3	+
10	23	2,86	++
6	14	0,42	-
10	23	3,56	+
7	16	0,9	-
11	24	2,8	+

8	18	0,7	-
12	26,5	1,8	±
9	20	0,89	-
5	12	1,3	-
11	26	3,5	++
7	14,5	0,69	-
5	13,5	0,23	-
6	13	1,14	-
7	15	0,78	-
12	26	4,7	++
6	15,5	0,54	-
6	16	0,1	-
7	13	1,03	-
8	19	1,25	-
6	13,5	0,64	-
12	24	5,2	++
8	18	1,17	-
7	15	0,82	-
9	21	1,5	±
8	20	1,13	-
7	15,5	0,1	-
10	23	3,23	++
9	22	2,4	+
11	23,5	2,95	++
10	22,5	3,13	++
9	21,5	3,5	+
10	22	2,77	++
11	24	2,5	±
11	23	3,4	+++
11	25	2,7	+

(-) : Absence de libido, (±) : Insuffisant, (+) : Convenable, (++) : Bon, (+++) : très bon

L'analyse des données du tableau montre que les taurillons Bruns de l'Atlas de type Chélifien n'ont pas manifesté la libido qu'à partir de l'âge de 9 mois. Entre l'âge de 5 et 8 mois, le temps de réaction calculé était toujours supérieur à 30 minutes. A partir de l'âge de 9 mois, des manifestations de libido ont été enregistrées allant de l'échelle insuffisant ( $\pm$ ) au très bon (+++). La manifestation de la libido à partir de l'âge de 9 mois peut être expliquée par l'acquisition des organes génitaux d'un minimum d'efficacité qui permettent d'exprimer le désir sexuel devant une femelle en chaleur. La lumière des tubes séminifères apparaît entre 3 et 5 mois et leur diamètre augmente jusqu'à l'âge d'environ 10 mois [182]. Les premiers spermatozoïdes testiculaires sont observés vers l'âge de 5 mois [182], et le commencement de la production de spermatozoïdes matures dans le testicule se produit entre 7,5 et 8,5 mois correspondant à la manifestation des premiers désirs sexuels. Dans cette étude, les manifestations de la libido ont commencé vers l'âge de 9 mois avec une circonférence scrotale de 21 cm en moyenne et une testostéronémie moyenne de 2,18 ng/ml (Tableau 22).

On peut observer dans le tableau 23 que les mâles de la race Brune de l'Atlas de type Chélifien ont des temps de première monte différents que ceux des autres races (facteur de variation race). Au sein de la race Brune de l'Atlas et avec la même catégorie d'âge, des variations du temps de première monte ont été enregistrées. Celles ci sont dues au facteur de variation individu.

**Tableau 22:** Valeurs moyenne de la circonférence scrotale et testostérone chez les taurillons mis en évaluation de libido

Age (mois)	Circonférence scrotale	Testostérone sérique
5	13,25	0,55
6	14,5	0,59
7	15,31	0,78
8	18,64	0,95
9	21,07	2,18
10	22,41	2,67
11	24,18	3,23
12	25,83	3,81

**Tableau 23:** Comparaison de la libido des bovins mâles Bruns de l'Atlas de type Chélifien avec d'autres races d'Afrique

Race	Pays	Nbr	Libido	Référence
Brune de l'Atlas	Algérie	25	± (3)	Notre étude
			+ (7)	
			++ (13)	
			+++ (2)	
Baoulé	Burkina-Faso	9	++	[172]
	Burkina-Faso	5	++	[183]
Muturu	Nigéria	8	++	[173]
N'Dama	Gambie	13	++	[176]
	Nigéria	8	++	[173]

# *Conclusion*

## CONCLUSION

La plupart des études sur la race bovine Brune de l'Atlas ont été généralement focalisés sur des femelles et concernent essentiellement la partie physiologie et un peu de zootechnie. Les travaux sur le sexe mâle du bovin local n'ont pas attiré l'attention des chercheurs et cela peut être dû à leur vision en vue de l'amélioration du cheptel local par le croisement des femelles avec les mâles améliorés (croisement d'absorption). Dans cette étude, on a essayé d'apporter des renseignements sur le bovin local de sexe mâle (type Chélifien) en faisant une corrélation entre la biométrie, la testostéronémie et le comportement sexuel.

La présente étude nous a permis de bien comprendre la courbe de croissance des bovins mâles Bruns de l'Atlas de type Chélifien, la biométrie de ce type et le moment d'apparition des manifestations de libido. Les bovins mâles sont caractérisés par un petit format ; 142,26 kg à l'âge de 12 mois, comparativement aux races améliorées, mais en général, leur poids est considéré comme acceptable en comparaison avec les mâles des races autochtones d'Afrique.

Les différentes mesures biométriques étudiées ont évolués positivement d'une façon progressive et sont très hautement corrélées avec l'âge. Le poids corporel croit progressivement avec l'âge. L'instinct sexuel des jeunes bovins mâles Bruns de l'Atlas type Chélifien s'observe à partir de l'âge de 9 mois et continue à augmenter jusqu'à l'âge de 12 mois.

- A l'issue de cette étude, la circonférence scrotale et la testostérone sérique ont augmenté avec l'âge entre 3 et 48 mois.
- Une forte corrélation ( $r = 0,94$ ) a été constatée entre la circonférence scrotale et l'âge. En parallèle, une bonne corrélation a été observée entre la testostérone sérique et l'âge ( $r = 0,75$ ).

- La circonférence scrotale et le taux de testostérone sérique sont bien corrélées ( $r = 0,73$ ) ce qui donne une idée préliminaire sur l'utilisation de la circonférence scrotale comme un indicateur pour l'évaluation du début de la puberté et de la sélection des mâles bovins de la race Brune de l'Atlas type Chélifien dans la reproduction.
- La manifestation de la libido apparait à partir de l'âge de 9 mois avec une circonférence scrotale moyenne de 21 cm et une testostéronémie de 2,18 ng/ml.

Les informations et les données collectées à l'issue de cette étude, vont contribuer sans doute à faire des études plus détaillées sur les bovins mâles ou femelles afin d'améliorer les paramètres liés à l'évolution de la croissance corporelle (poids et gain de poids journalier) et les performances de reproduction. Elles permettent l'élaboration et la mise en œuvre des stratégies d'amélioration de l'alimentation, de la santé et de la gestion de la reproduction. Les chercheurs peuvent aussi améliorer les potentiels génétiques de la race Brune de l'Atlas par la mise en œuvre d'un schéma de sélection adéquat.

## **PERSPECTIVE**

Dans cette étude, nous avons étudié l'évaluation de la fonction sexuelle des taureaux Chélifiens de la race Brune d'Atlas, il reste toujours beaucoup de travail pour étudier et valoriser ce type comme l'étude de la fertilité des taureaux et l'impact du régime alimentaire sur les paramètres de reproduction.

La sélection des taureaux Chélifien peut aussi être faite et réalisé dans le futur pour préserver et sélectionner les meilleurs taureaux en insémination artificielle.



## APPENDICE A

### Liste des abréviations

B.N.E.D.E.R : Bureau national d'études et de développement rural

CEIA: Coopérative d'élevage et d'insémination animale

CS: circonférence scrotale

D.A.S : domaines agricoles socialistes

E : Est

FHT: fetal heart tones

FSH : Follicle stimulating hormone

Gmq: gain moyen quotidien

GH : Growth Hormone

GnRH : Gonadotropin releasing hormone

IGF: Insulin like growth factor

IGFBPs: IGF-binding proteins

ITEBO : Institut Technique de l'Elevage Bovin et Ovin

ITELV : Institut technique d'élevage

LH: Luteinising hormone

M.A.R.A : Ministère de l'Agriculture et de la Reforme Agraire.

M.A.D.R : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rurale.

N: Nord

ng : nanogramme

O.A.D.A : Organisation arabe pour le développement agricole

r: coefficient de corrélation

R<sup>2</sup>: coefficient de détermination

Spz: spermatozoïde

## APPENDICE B

### ARTICLES SCIENTIFIQUES

**M Mokhtar Rahmani , M Hamiroune, M Hammadi, M Fatnassi, D Lamia et A Berber** : Étude des relations entre circonférence scrotale, testostérone sérique et âge chez des bovins mâles bruns de l'Atlas en Algérie. *Livestock Research for Rural Development* 31 (12) 2019.

**M Mokhtar Rahmani , M Hamiroune, et A Berber** : Caractérisations morphologique et biométrique de bovins mâles bruns de l'Atlas en Algérie. *Livestock Research for Rural Development* 32 (2) 2020.

## REFERENCES

1. NOUAD A ., La race locale et son alimentation. La mieux adaptée à nos conditions. Revue. Algérie verte Spécial N° 2.,(1988).
2. BOURBOUZE A, EDDERBBARH A, YAKHLEF H., Analyse compare de l'effet des politiques laitières sur les structures de production et de la collecte dans les pays du Maghreb. Séminaire, C.I.H.E.A.M. du 25 au 27 oct. Rabat-Maroc, (1988)
3. M.A.R.A., Méthodologie d'évaluation et de planification du développement de l'élevage : les systèmes d'élevage bovin local amélioré, Tome 3, (1979)
4. SADELER M., La population bovine dans le département de Constantine. Etat actuel de l'élevage-Orientation à lui donner Ed.Bose (M) et Riou (L), (1931).
5. BENCHAAr C., Contribution à l'étude de l'élevage bovin local dans la région de Annaba Thèse Ing.Agr.EL – Harrach, (1987).
6. AMRANE E.K., Eléments pour une caractérisation de la race bovine locale. Mémoire pour l'accès au corps des ingénieurs d'Etat (Concours professionnel) ITEB.MAP.(Fév 1987).
7. JOSCHI N.D, et M.C LAUGHLIN E.A., les bovins d'Afrique : types et races .F.A.O.Rome, (1957).
8. DECHAMBRE P., Traité de zootechnie. Tome III. Les bovins. Ch. Amat- Asselin et Houzeau, Paris (1922) In : Joschi N R, Mc Laughlin E A et Phillips RW 1957 les bovins d'Afrique : types et races. F.A.O. Rome. Etudes agric. n° 37. 317 p.
9. EMILE LEVAILLANT., Généralités sur l'élevage Algérien Etat actuel-Amélioration .Ed.A.CHALLAMEL, (1931)
10. GEOFFROY S.H., L'élevage dans l'Afrique du Nord : Maroc, Algérie et Tunisie Ed.A.CHALLAMEL(1919)

11. BONNEFOY., Espèce bovine. Algérie Exposition de 1900, (1900)
12. TRABUT et MAURES., L'Algérie agricole en 1906. Imp.Algérienne, Alger, (1906)
13. KERKATOU B., Contribution à l'étude du cheptel bovin en Algérie : cas des populations locales.Thèse d'ing.INA.(EL Harrach).p 104-115. 'Etude Agricole.F.A.O Rome N° 37 (1989)
14. DURAUD, P. 1942. Essai sur l'amélioration de l'élevage du gros bétail au Maroc. Imprimerie Toulousaine (Lion Raoul), Toulouse.
15. ANTOINE A., L'élevage Tunisien et la population Belge à son développement .in :Bull.Recherche.Agro.de Geimbloux (1971)
16. MAGNEVILLE., Elevage et culture. Revue mensuelle de la vie en Afrique du Nord N° 4, Avril, Mais, Alger (1949)
17. ZAHAL A., Influence du croisement de la race Brune de L'Atlas avec la race Tarentaise sur la production laitière et la croissance .Thèse ING.Agr.INA.EL-Harrach (1972)
18. KHECHA A., Elevage bovin de race locale en zone de montagne. Wilaya de Jijel. Thèse.Ing.Agr. INA. El-Harrach, (1988)
19. BNEDER:., Diagnostic de la situation actuelle du cheptel bovin de race locale. Rapport N°2, Bouchaoui, Cheraga, Alger, (1978)
20. BELAID B., collection : les cours de médecine, INSA de Batna.Notion de zootechnie générale (1986)
21. ITELV., Résultats des travaux effectués à la station de Fetzara, (1999)
22. DIFFLOTH P., Zootechnie coloniale I-Bovidés Lib.BAILLIERE et fils Paris, (1922).
23. BENYOUCEF M.T ., Développement de la production laitière en Algérie.in Algérie Verte N° 2.1 er trimestre, (1986).
24. BOUJENANE I., Etude des paramètres de reproduction des vaches locales Marocaines et du Poids à la naissance des veaux : Facteurs de variation non génétiques.in .Homme, terre et eaux N°50 (1983).

25. LENEINDRE P, PETIT M, THOMASSONE R et ROUX C., Production laitière des vaches allaitantes et croissance de leurs veaux in. Ann.Zoot.25 (2) (1976).
26. EVERETT, R. W et W.T MAGEE., Maternal ability and genetic ability of birth weight and gestation period in dairy cattle. J. Dairy Sci. 48:957 (1965).
27. POUJARDIEU B et VISSAC B., Etude biométrique de la valeur bouchère des veaux croisés Charolais et Limousins. In: Ann.Zoot.Vol.17, N°2 (1968).
28. O.A.D.A المنظمة العربية للتنمية الزراعية 1993  
 الأسس الفنية و الاقتصادية لقيام مشروع لتحسين سلالات أبقار انتاج اللبن في الوطن العربي ص 55-77
29. ITEBO., Contribution à la connaissance de la race locale et croisements effectués à la station de Fetzara. Annaba-M.A (1987).
30. BONHOMME D., L'exploitation des bovins. Collection d'enseignement agricole. Ed. J.B BAILLIERE et fils. Paris (1968).
31. COUROT M , FREBLING J et ORTAVANT R., Etude des paramètres de fécondité des troupeaux bovins. in :B.T.I.N° 257 (1971).
32. CHUPIN D., A quoi bon maîtriser la production de la vache laitière in : L'explication moderne du troupeau laitier. Rev. élevage. Hors série (1972).
33. ZAMOUM M., Etude de l'élevage bovin privé dans la zone côtière (Zemmouri) Thèse. Ing. Agr. INA. EL-Harrach (1985).
34. YACHEUR M., Approche de l'élevage bovin privé de L'Ouest algérien (Tlemcen) Thèse. Ing. Agr. INA. EL-Harrach (1986).
35. BOUDEROUA S., Contribution à l'étude de l'élevage bovin amélioré du secteur privé (Sidi Bel Abbès). Thèse Ing. Agr. INA. EL-Harrach (1987).
36. BENABDELAZIZ A., Etude des moyens et méthodes de maîtrise de l'œstrus chez les bovins laitiers Thèse Ing. Agr. EL – Harrach (1989).
37. BACHTARZI F.K., Contribution à l'étude de la détection des chaleurs chez les bovins laitiers, le troupeau de la ferme IDEB (BABA ALI) (1984).

38. EVANS A.C.O, CURRIE W.D et RAWLINGS N.C., Opioidergic regulation of gonadotropin secretion in the early prepubertal calf. *Journal of Reproduction and Fertility* 99 45-51 (1993).
39. EVANS A.C.O, PIERSON R.A, GARCIA A, MCDOUGALL L.M, HRUDKA F et RAWLINGS N.C., Changes in circulating hormone concentrations, testes histology and testes ultrasonography during sexual maturation in beef bulls. *Theriogenology* 46 345-357 (1996).
40. RAWLINGS N.C et EVANS A.C.O., Androgen feedback during the early rise in LH secretion in bull calves. *Journal of Endocrinology* 145 243-249 (1995).
41. CHANDOLIA R.K, BARTLEWSKI P.M, OMEKE B.C, BEARD A.P, RAWLINGS N.C et PIERSON RA., Ultrasonography of the developing reproductive tract in ram lambs: Effects of a GnRH agonist. *Theriogenology* 48, 99-117 (1997a)
42. MACMILLAN K.L et HAFTS H.D., Reproductive tract of Holstein bulls from birth through puberty. *Journal of Animal Science* 28 233-9 (1969).
43. CURTIS S.K et AMANN R.P., Testicular development and establishment of spermatogenesis in Holstein bulls. *Journal of Animal Science* 53 1645-1657 (1981).
44. AMANN R.P et SCHANBACHER B.D., Physiology of male reproduction. *Journal of Animal Science* 57 380-403 (1983).
45. ABDEL-RAOUF M., The postnatal development of the reproductive organs in bulls with special reference to puberty (including growth of the hypophysis and the adrenals) *Acta Endocrinologica (Copenhagen)* 34 Supplement 49 1-109 (1960).
46. MENDIS-HANDAGAMA S.M and ARIYARATNE H.B., Differentiation of the adult Leydig cell population in the postnatal testis. *Biology of Reproduction* 65 660-671 (2001).
47. HOOKER C.W., The Intertubular Tissue of the Testis. Life history of the Leydig cells. In *The testis*, 1 edn, pp 488-490. Eds AD Johnson, WR Gomes, NL VanDenmark. New York: Academic Press (1970).
48. MCCARTHY M.S, HAFS H.D, CONVEY E.M., Serum hormone patterns associated with growth and sexual development in bulls. *Journal of Animal Science* 49 1012-20 (1979b).
49. AMANN R.P., Endocrinological changes associated with onset of spermatogenesis in Holstein bulls. *Journal of Dairy Science* 66 2606-2622 (1983).

50. HARDY M.P, KELCE W.R, KLINEFELTER G.R et EWING L.L., Differentiation of Leydig cell precursors in vitro: a role for androgen. *Journal of Endocrinology* 127 488-490 (1990).
51. CEMES H, CIGORRAGA S, BERGADA C, SCHTEINGART H, REY R et PELLIZZARI E., Isolation of human Leydig cell mesenchymal precursors from patients with the androgen insensitivity syndrome: testosterone production and response to human chorionic gonadotropin stimulation in culture. *Biology of Reproduction* 46 793-801 (1992).
52. SHAN L et HARDY M.P., Developmental changes in levels of luteinizing hormone receptor and androgen receptor in rat Leydig cells. *Endocrinology* 131 1107-1114 (1992).
53. RISBRIDGER G.P et DAVIES A., Isolation of rat Leydig cells and precursor forms after administration of ethane dimethane sulfonate. *American Journal of Physiology* 266 E975-9 (1994).
54. BERNDTSON W.E IGBOELI G., Numbers of Sertoli cells, quantitative rates of sperm production, and the efficiency of spermatogenesis in relation to the daily sperm output 160 and seminal quality of young beef bulls. *American Journal Veterinary Research* 50 1193- 7 (1989).
55. SHARPE R.M, KERR J.B, MCKINNELL C et MILLAR M., Temporal relationship between androgen-dependent changes in the volume of seminiferous tubule fluid, lumen size and seminiferous tubule protein secretion in rats. *Journal of Reproduction and Fertility* 101 193-8 (1994).
56. SHARPE R.M, MCKINNELL C, KIVLIN C et FISHER J.S., Proliferation and functional maturation of Sertoli cells, and their relevance to disorders of testis function in adulthood. *Reproduction* 125 769-84 (2003).
57. DE FRANCA L.R, HESS R.A, COOKE PS & RUSSELL L.D., Neonatal hypothyroidism causes delayed Sertoli cell maturation in rats treated with propylthiouracil: evidence that the Sertoli cell controls testis growth. *Anatomical Record* 242 57-69 (1995).
58. HOCHEREAU-DE REVIERS M.T, BINDON B.M, COUROT M, LAFORTUNE E, LAND R.B, LINCOLN G.A et RICORDEAU G., Number of Sertoli cells in the ram testis. In *The male in Farm Animals Reproduction*, pp 69-74 Eds M Courot, M Nijhoff, The Hague (1984).
59. WAITES G.M, SPEIGHT A.C et JENKINS N., The functional maturation of the Sertoli cell and Leydig cell in the mammalian testis. *Journal of Reproduction and Fertility* 75 317-26 (1985).

60. GARNER D.L et HAFEZ E.S.E., Spermatozoa and seminal plasma. In *Reproduction in Farm Animals*, 7 edn pp 99. Eds B Hafez et E.S.E Hafez. Philadelphia: Lea et Febiger (2000).
61. EVANS A.C.O, DAVIS F.J, NASSER L.F, BOWMAN P et RAWLINGS N.C., Differences in early patterns of gonadotropin secretion between early and late maturing bulls and changes in semen characteristics at puberty. *Theriogenology* 43 569-578 (1995).
62. BERNDSTON W.E et DESJARDINS C., The cycle of the seminiferous epithelium and spermatogenesis in the bovine testis. *American Journal of Anatomy* 140 167-179 (1974).
63. SETCHELL B.P., The mammalian testis. Cornell university press, Ithaca NY 14850 359-432 (1978).
64. CATES W.F, NICHOLSON H.H, CROW G.H, JANZEN E.D., Testicular development in record of performance bulls. *Proceeding Ann Meeting Soc Theriogenology*. Spokane, Washington, 16-30 (1981).
65. BARTH A., Factores que afectan la pubertad de los toros. El uso de toros de un año en servicio a campo y en centros de inseminación artificial. *Taurus* 1 (3): 4-17 (1999).
66. COULTER G.H ., Puberty and postpubertal development of beef bulls. In: Morrow DA, ed. *Current Therapy In Theriogenology* Philidelphia, PA: WB Saunders; 1986:142-148 (1986).
67. LUNSTRA D.D, FORD J.J et ECHTERNCAMP S.E., Puberty in bulls: hormone concentration, growth, testicular development, sperm production and sexual aggressiveness in bulls of different breeds. *Journal of Animal Science* 46 1054-1062 (1978).
68. WOLF F.R, ALMQUIST J.O et HALE E.B., Pubertal behaviour and pubertal characteristics of beef bulls on high nutrition allowance. *Journal of Animal Science* 2 761-765 (1965).
69. KILLIAN G.J et AMANN R.P., Reproductive capacity of dairy bulls. IX. Changes in reproductive organs weights and semen characteristics of Holstein bulls during the first thirty weeks after puberty. *Journal of Dairy Science* 55 1631 (1972).
70. ALMQUIST J.O, BRANAS R.J, BARKER K.A., postpuberal changes in semen production of charolais bulls ejaculated at high frequency and the relation between testicular measurements and sperm output. *J.Anim.Sci*, 42 (3), 670-676 (1976).
71. CATES W.F., Observations on scrotal circumference and its relationship to classification of bulls. *Proc Soc Theriogenology*. Cheyenne. 1-18 (1975).



72. ARTEAGA A.A, BARACALDO M, BARTH A.D., The proportion of western Canadian beef bulls with mature spermograms at 11 to 15 months of age. *Can Vet J* 2001; 42:783-787 (2001).
73. BRATTON R.W, MUSGRAVE S.D, DUNN H.O, FOOTE R.H, HENDERSON C.R., Semen production and fertility of young bulls raised on three different energy levels of feed intake. *J Anim Sci* 15:1296-1297. Abstract (1956).
74. BARTH A.D., Pubertal development of *Bos taurus* beef bulls. Department of Large Animal Clinical Sciences, Western College of Veterinary Medicine, University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan, S7N 5B4 (2004).
75. COULTER G.H, CARRUTHERS T.D, AMANN R.P, KOZUB G.C., Testicular development, daily sperm production and epididymal sperm reserves in 15- mo-old Angus and Hereford bulls: effects of bull strain plus dietary energy. *J Anim Sci*; 64:254-260 (1987)
76. OHL M.W, OTT R.S, FAULKNER D.B, et AL., Effects of rate of gain on scrotal circumference and histopathologic features of the testes of half-sibling yearling beef bulls. *Am J Vet Res*; 57: 844-847, (1996).
77. PRUITT R.J, CORAH L.R, STEVENSON J.S, et AL., Effect of energy intake after weaning on the sexual development of beef bulls. II Age of first mating, age at puberty, testosterone, and scrotal circumference. *J Anim Sci* 63:579-585 (1986).
78. MWANSA P.B, MAKARECHIAN M., The effect of post weaning level of dietary energy on sex drive and semen quality of young beef bulls. *Theriogenology* 35:1169-1178 (1991).
79. SEIDEL G.E JR, PICKETT B.W, WILSEY C.O, SEIDEL S.M., Effect of high level of nutrition on reproductive characteristics of Angus bulls. Paper presented at: The 9th International Congress on Animal Reproduction and Artificial Insemination, Symposia III. Madrid, Spain. Abstract 359 (1980).
80. GREENOUGH P.R, VERMUNT J.J, MCKINNON J.J, FATHY F.A, BERG P.A, COHEN R.D.H., Laminitis-like changes in the claws of feedlot cattle. *Can Vet J* 31:202-208 (1990).
81. DARGATZ D.A, MORTIMER R.G, BALL L., Vesicular adenitis of bulls: a review. *Theriogenology* 28:513-521 (1987).
82. GREGORY K.E, LUNSTRA D.D, CUNDIFF L.V, KOCH R.M., Breed effects and heterosis in advanced generations of composite populations for puberty and scrotal circumference traits of beef cattle. *J Anim Sci*, 62: 2795-2807 (1991).

83. CUNDIFF L.V, GREGORY K.E, KOCH R.M, DICKERSON G.E., Genetic diversity among cattle breeds and use to increase beef production efficiency in a temperate environment. Proceedings 3rd World Congress on Genet Appl to Livest Prod. IX. Lincoln, NE.271-282 (1986).
84. BARTH A.D., Bull breeding soundness evaluation. Ed. 2: 7-48, Western Canadian Association of Bovine Practitioners (2000).
85. MICHAUX C, HANSET R., Sexual development of double-muscled and conventional bulls 1. Testicular growth. Zeitschrift Fur Tierzuchtung und Zuchtungsbiologie 98:29-37 (1981).
86. LUNSTRA D.D, GREGORY K.E, CUNDIFF L.V., Heritability estimates and adjustment factors for the effects of bull age and age of dam on yearling testicular size in breeds of bulls. Theriogenology, 30:127-136 (1988).
87. LATIMER F.G,WILSON L.L, CAIN M.F., Scrotal circumference measurements in beef bulls: heritability estimates, breed and test station effects. J Anim Sci 54:473-479 (1982).
88. COULTER G.H, ROUNSAVILLE T.R, FOOTE R.H., Heritability of testicular size and consistency in Holstein bulls. J Anim Sci 43:9-12 (1976).
89. ARAVINDAKSHAN J.P, HONARAMOOZ A, BARTLEWSKI P.M, BEARD A.P, PIERSON R.A et RAWLINGS N.C., Gonadotropin secretion in prepubertal bull calves born in spring and autumn. Journal of Reproduction and Fertility 120 159-167 (2000).
90. ZIRKIN B.R, SANTULLI R, AWONIYI C.A, EWING L.L., Maintenance of advanced spermatogenic cells in the adult rat testis: quantitative relationship to testosterone concentration within the testis. Endocrinology 124:2043-2049 (1989).
91. BARTH A.D, WALDNER C.L., Factors affecting breeding soundness classification of beef bulls in Saskatchewan. *Can Vet J* 43:274-284 (2002).
92. BRINKS J.S, MCINERNEY M.J, CHENOWITH P.J., Relationship of age of puberty in heifers to reproductive traits in young bulls. Proc West Sec Amer Soc Anim Sci (1978); 29:28.
93. LUNSTRA D.D., Testicular development and onset of puberty in beef bulls Beef Research Program Progress Report No. 1. Clay Center,NE:US Meat Animal Res Cent,ARM-NC-21:26 (1982).

94. TOELLE V.D, ROBISON O.W., Estimates of genetic correlations between testicular measurements and female reproductive traits in cattle. *J Anim Sci* 60:89-100 (1985).
95. CHANDOLIA R.K, EVANS A.C et RAWLINGS N.C., Effect of inhibition of increased gonadotrophin secretion before 20 weeks of age in bull calves on testicular development. *Journal of Reproduction and Fertility* 109 65-71 (1976b).
96. AMANN R.P, WISE W.E, GLASS J.D et NETT T.M., Prepubertal changes in the hypothalamic pituitary in Holstein bulls. *Biology of Reproduction* 34 71-80 (1986).
97. LACROIX A et PELLETIER J., LH and testosterone release in developing bulls following LH-RH treatment. Effect of gonadectomy and chronic testosterone propionate pre-treatment. *Acta Endocrinologica (Copenhagen)* 91 719-29 (1979).
98. RODRIGUEZ R.E et WISE M.E., Ontogeny of pulsatile secretion of gonadotropin-releasing hormone in the bull calf during infantile and pubertal development. *Endocrinology* 124 248-56 (1989).
99. WISE M.E, RODRIGUEZ R.E et KELLY C.M., Gonadal regulation of LH secretion in prepubertal bull calves. *Domestic Animal Endocrinology* 4 175-181 (1987).
100. AMANN R.P et WALKER O.A., Changes in pituitary-gonadal axis associated with puberty in Holstein bulls. *Journal of Animal Science* 57 422-433 (1983).
101. PECHMAN R.D et EILTS B.E., B-mode ultrasonography of the bull testicle. *Theriogenology* 27 431-41 (1987).
102. SCHAMS D, SCHALLENBERGER E, GOMBE S et KARG H., Endocrine patterns associated with puberty in male and female cattle. *Journal of Reproduction and Fertility* 30 103-10 (1981).
103. KARG H, GIMENEZ T, HARTL M, HOFFMANN B, SCHALLENBERGER E et SCHAMS D., Testosterone, luteinizing hormone (LH) and follicle stimulating hormone (FSH) in peripheral plasma of bulls: levels from birth through puberty and short term variations. *Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe A* 23 793-803 (1976).
104. MCCARTHY M.S, CONVEY E.M et HAFS H.D., Serum hormonal changes and testicular response to LH during puberty in bulls. *Biology of Reproduction* 20 1221- 1227 (1979a).
105. STUMPH T.T, M. W. WOLFE et AL., "Season of the year influences concentration and pattern of gonadotropins and testosterone in circulation of the bovine male." *Biology of Reproduction* 49: 1089-1095 (1993).

106. KANEKO H, YOSHIDA M, HARA Y, TAYA K, ARAKI K, WATANABE G, SASAMOTO S et HASEGAWA Y., Involvement of inhibin in the regulation of FSH secretion in prepubertal bulls. *Journal of Endocrinology* 137 15-9 (1993).
107. RAWLINGS N.C et COOK S.J., Plasma concentration of testosterone, androstenedione, dihydrotestosterone, 5 $\alpha$ -androsterone in bull calves: Response to hCG. *Canadian Journal of Animal Science* 66. 975-982 (1986).
108. BEDAIR GA et THIBIER M., Peripheral plasma androstenedione and testosterone concentrations in bulls before and during puberty. *Journal of Reproduction* 56 7-10 (1979).
109. RAWLINGS N.C, HAFS H.D et SWANSON L.V., Testicular and blood plasma androgens in Holstein bulls from birth through puberty. *Journal of Animal Science* 34 435-440 (1972).
110. GOWER D.B., The biosynthesis of steroid hormones: an update. In *Hormones and their actions*, part 1, pp28. Eds BA Cooke, RJB King & HJ van der Molen. Amsterdam: Elsevier Science Publishers BV (1988).
111. PURVIS K, CUSAN L et HANSSON V., Regulation of steroidogenesis and steroid action in Leydig cells. *Journal of Steroid Biochemistry*. 15 77-86 (1981).
112. JUNIEWICZ P.E et JOHNSON B.H., Episodic fluctuation of total estrogens in peripheral blood of bulls: effects of estradiol-17 beta on LH and testosterone secretion. *Biology of Reproduction* 23 1029-37 (1980).
113. DEAVER D.R, GLASS J.D, GRIEGER D.M et REEVES J.J., Effects of estradiol on secretion of LH, hypothalamic function and testicular development in bull calves. *Domestic Animal Endocrinology* 4 307-316 (1988).
114. SCHANBACHER B.D., Importance of the episodic nature of luteinizing hormone secretion for normal development of the bovine testis during puberty: interference with oestradiol-17 beta. *Journal of Endocrinology* 88 393-400 (1981).
115. GODFREY R.W, LUNSTRA D.D et SCHANBACHER B.D., Effect of implanting bull calves with testosterone propionate, dihydrotestosterone propionate or oestradiol-17 beta prepubertally on the pituitary-testicular axis and on postpubertal social and sexual behaviour. *Journal of Reproduction and Fertility* 94 57-69 (1992).
116. KORDON C, DROUVA S.V, DE LA ESCALERA G.M et WEINER RI., Role of classic and peptide neuromediators in the neuroendocrine regulation of luteinizing hormone and

prolactin. In *The Physiology of Reproduction*, 3 edn, 1621-1681. Eds. E Knobil & JD Neill. New York: Raven (1994).

117. WESTON P.G, HIXON J.E et SHERMAN G.B., Effects of estradiol on Leydig cell function in the prepubertal bull. *Biology of Reproduction*, Supplement 1 40 84 Abstract 111 (1988).

118. LEVASSEUR P.M.C., Thought on puberty. Initiation of gonadotropic function. *Annls of biology of Animal Biochemistry and Biophysics* 17 345-361 (1977).

119. KIEVITS J.M, VAN DAM H.C, HESSEL H.W et BRAND A., Somatotropin: structure, (bio) synthesis and species specificity. *Tijdschr Diergeneeskd* 113 791-800 (1988).

120. SANTOS R.L, SILVA C.M, RIBEIRO A.F, VASCONCELOS A.C, PESQUERO J.L, COELHO S.G, SERAKIDES R et REIS S.R., Effect of growth hormone and induced IGF-I release on germ cell population and apoptosis in the bovine testis. *Theriogenology* 51 975-984 (1999).

121. OHYAMA K, OHTA M, NAKAGOMI Y, YAMORI T, SANO T, SHIMURA Y, SATO K AND NAKAZAWA S., Effects of growth hormone and insulin-like growth factor I on testosterone secretion in premature male rats. *Endocrine Journal* 42 817-820 (1995).

122. SWANLUND D.J, N'DIAYE M.R, LOSETH K.J, PRYOR J.L et CRABO B.G., Diverse testicular responses to exogenous growth hormone and follicle-stimulating hormone in prepubertal boars *Biology of Reproduction* 53 749-757 (1995).

123. MACDONALD R.D et DEEVER D.R., Testicular development in bulls treated with recombinant bovine somatotropin *Journal of Animal Science* 71 1540-45 (1993).

124. MCANDREWS J.M, STROUD C.M, MACDONALD R.D, HYMER W.C et DEEVER D.R., Age-related changes in the secretion of growth hormone in vivo and in vitro in infantile and prepubertal Holstein bull calves. *Journal of Endocrinology* 139 307-15 (1993).

125. JONES J.I et CLEMMONS D.R., Insulin-like growth factors and their binding proteins: biological actions. *Endocrine Reviews* 16 3-34 (1995).

126. LEROITH D, WERNER H, BEITNER-JOHNSON D et ROBERTS JR C.T., Molecular and cellular aspects of the insulin-like growth factor I receptor. *Endocrine Reviews* 16 143-163 (1995).

127. COHICK W.S et CLEMMONS D.R., The insulin-like growth factors. *Annual Reviews of Physiology* 55 131–153 (1993).
128. BRITO L.F, BARTH A.D, RAWLINGS N.C, WILDE R.E, CREWS D.H JR, MIR P.S et KASTELIC J.P., Effect of improved nutrition during calthood on serum metabolic hormones, gonadotropins, and testosterone concentrations, and on testicular development in bulls. *Domestic Animal Endocrinology* in-press (2006).
129. STYNE D.M., Serum insulin-like growth factor 1 concentration in the developing rhesus monkey. *Journal of Medical Primatology* 20 334-337 (1991).
130. EDQVIST L.E., Puberty. In : IFS SIPAR meeting. Addis Abeba, 17-28 octobre (1988). Stockholm, IFS
131. LAFORTUNE E, GAUTHIER D, HOCHEREAU DE REVIERS M.T., Influence de la saison de naissance sur l'établissement de la puberté du taureau créole. *In: Reproduction des ruminants en zone tropicale, les colloques de l'INRA n°20, Paris, INRA, p. 189 -198 (1984).*
132. AMANN R.P., Sperm production rates *In: "The testis", Johnson, Gomes and Vandemark, New York, Academic press, 1970, Vol. 1: 433–472 (1970).*
133. PAREZ M, THIBIER M., Contrôle de la fonction sexuelle chez le jeune taureau. *Elevage et insiméation, 197: 3-16 (1983).*
134. SALISBURY G.W, VANDEMARK N.L, LODGE J.R., physiology of reproduction and artificial insémination of cattle. San Francisco, W.H. Freeman and Co., p798 (1978a).
135. BRONSON F.H, RISSMAN E.F., The biology of puberty. *Biol.Rev.*61:157-195 (1986).
136. ROBERTS S.J., *Veterinary Obstetrics and genital Diseases (Theriogenology)*, 3 edn, pp 861-893. Edward Brothers Inc: Michigan (1986).
137. LACROIX C., Le prélèvement de sperme par électro-éjaculation chez le taureau charolais – *Rec. Med. Vet.*164, 6-7, 519-525 (1988).
138. LEON H, PORRAS A.A, GALINA C.S et NAVARRO-FIERRO R., Effect of the collection method on semen characteristics of zebu and european type cattle in the tropics – *Theriogenology.*36: 349-355 (1991).
139. PARVANOV P., Study on the effect of method of bull semen collection upon several qualitative parameters of fresh and after thawing semen - *Bulgarian Journal of agricultural Science*, 6(2): 233-237 (2000).

140. ETSON, J.C, WALDNER, C.L, BARTH, A.D., Evaluation of a segmented rectal probe and caudal epidural anesthesia for electroejaculation of bulls - Canadian Veterinary Journal. (2004), 45(3), 235-240.
141. GERARD O, KHIRREDINE B., Production de semence bovine - Didacticiel de Maîtrise de la reproduction des bovins. 73 p (2002).
142. DUMONT P., Appréciation de la fonction sexuelle du taureau reproducteur – Le Point Vétérinaire. 1997a, 28(185). 1617-1628 (1997).
143. ALBERT et AL ., Evaluation of potential breeding soundness of the bull – In: ROBERT, S. YOUNGQUIST., WALTER, R. THREFALL – Current Therapy in large animal theriogenology, second edition – Saunders Elsevier, 2007, 230-233 (2007).
144. PAREZ M et DUPLAN J.M., L'insémination artificielle : reproduction et amélioration génétique. ITEB-UNCEIA, Technipol, Paris, p25 (1987).
145. IRAC., Curso de Posgrado en Reproducción Bovina. Módulo II Capacidad Reproductiva del toro (2001).
146. PITREMONT J.L., Techniques de prélèvement et d'étude du sperme frais des taureaux, G.T.V.94-4-B-482 (1994).
147. MORROW D., Current therapy in theriogenology. Diagnosis, treatment and prevention of reproductive diseases in small and large animals. Philadelphia:W.B Saunders Company, Volume 2, 1143 p (1986).
148. BLOM E., Ultrastrukturen af nogle karakteristiske spermiedefekter og forslag til et nyt klassificerings system for tyrens spermioqram – Nord. Vet. Med., 1973, 25, 383-391 (1973).
149. DUMONT P., Appréciation de la fonction sexuelle du taureau reproducteur. Le point Vétérinaire, 28, 1617-1628 (1996).
150. ALMQUIST J.O et CUNNINGHAM D.C., Reproductive capacity of beef bulls. 1. Postpubertal changes in semen production at different ejaculation frequencies. Journal of Animal Science 26 174-181 (1967).
151. COULTER G.H et FOOTE R.H., Relationship of body weight to testicular size and consistency in growing Holstein bulls. Journal of Animal Science 44 1076-9 (1977).
152. BARBER K.A et ALMQUIST J.O., Growth and feed efficiency and their relationship to puberal traits of Charolais bulls. Journal of Animal Science 40 288-301(1975).
153. F. AKOUANGO, C. NGOKAKA, P. EWOMANGO et E. KIMBEMBE., Caractérisation morphométrique et reproductive des taureaux et vaches N'Dama du Congo

Animal Genetic Resources, 2010, 46, 41–47. © Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010).

154. COULTER G.H, FOOTE R.H., Bovine testicular measurements as indicators of reproductive traits in cattle: a review. *Theriogenology*, 11(4), 297-311 (1979).

155. COULTER G.H, KELLER D.J., Scrotal circumference of young beef bulls: relationship to paired testes weight, effect of breed, and predictability. *J. Anim. Sci*, 62, 133-139 (1982).

156. HAHN J, FOOTE R.H et SEIDEL G.E., Testicular growth and related sperm output in dairy bulls. *Journal of Animal Science* 29 41(1969).

157. KRIESE L.A, BERTRAND J.K et BENYSHEK L.L., Age adjustment factors, heritabilities and genetic correlations for scrotal circumference and related growth traits in Hereford and Brangus bulls. *Journal of Animal Science* 69 478-89 (1991).

158. TOPPARI J, TSUTSUMI I, BISHOP P.C, PARKER J.W, AHMAD N, TSANG C, CAMPEAU J.D et DIZEREGA G.S., Flow cytometric quantification of rat spermatogenic cells after hypophysectomy and gonadotropin treatment. *Biology of Reproduction* 40 623-34 (1989).

159. ARAVINDAN G.R, RAVINDRANATH N, GOPALAKRISHNAN K et MOUDGAL N.R., DNA flow-cytometric analysis of testicular germ cell populations of the bonnet monkey (*Macaca radiata*) as a function of sexual maturity. *Journal of Reproduction and Fertility* 89 397-406 (1990).

160. CHAN S.L, LIPSHULTZ L.I, et SCHWARTZENDRUBER D., Deoxyribonucleic acid (DNA) Flow Cytometry: new modality for quantitative analysis of testicular biopsies. *Fertility and Sterility* 41:485-490 (1984).

161. MEDHAMURTHY R, ARAVINDAN G.R and MOUDGAL N.R., Hemiorchidectomy leads to dramatic and immediate alterations in pituitary follicle stimulating hormone secretion functional activity of the remaining testis in the adult male bonnet monkey (*macaca radiata*). *Biologie of Reproduction* 49:517-524 (1993).

162. ROSENBERGER., Appareil génital mâle. Examen clinique des bovins, P324-370 (1979).

163. TAMAYO TORRESS M., La selección de sementales bovinos en Cuba. 1. Crecimiento y desarrollo corporal y gonadal en futuros sementales Holstein. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria*. ISSN: 1695-7504 2009 Vol. 10, N° 12 (2009).

164. J.COULOMB., La race N'Dama Quelques caractéristiques zootechniques. *Rcv. Elev. Méd. vét. Pays trop*, 29 (4): 367-380 (1976).



165. YAHIMI A., Evaluation de la fonction sexuelle de taureau reproducteur « race locale » et essai sur la cryoconservation du sperme. Mémoire de Magistère en sciences vétérinaires, 136p (2003).
166. BOURFIA M et CHERGAOUI B., Quelques caractéristiques de croissance et de reproduction des bovins de race locale. Revue hommes, terre et eau N°28. I.A.V.H. Rabat-Maroc (1978).
167. RONDIA G, DEKER A, JABARI M et ANTOINE A., Produire plus de grain et de lait en Afrique du Nord .Projet ferme modèle de Frétissa. Rapport final. Office de l'élevage et des pâturages. Faculté des sciences agronomiques de Geimbloux. Public. Agr N°5 (1985).
168. P. ALBERTÍ, B. PANEA, C. SAÑUDO, J.L. OLLETA, G. RIPOLL A, P. ERTBJERG C,M. CHRISTENSEN C, S. GIGLI D, S. FAILLA D, S. CONCETTI D, J.F. HOCQUETTE E, R. JAILLER E,S. RUDEL E, G. RENAND F, G.R. NUTE G, R.I. RICHARDSON G, J.L. WILLIAMS., Live weight, body size and carcass characteristics of young bulls of fifteen European breeds. Livestock science 114.19-30 (2008).
169. MAE., Mémento de l'agronome (livre + 2 CDrom). Cirad/Gret/Ministère des Affaires Etrangères (MAE) ed., 1 vol., 1 694 p (2002).
170. MAULE JOHN P., The cattle of the tropics. University of Edinburg. Centre for tropical Veterinary Medicine ed., 1 vol., 225 p (1990).
171. PERUMAL P., Scrotal Circumference and Its Relationship with Testicular Growth, Age, and Body Weight in Tho Tho (*Bos indicus*) Bulls. International Scholarly Research Notices. Volume (2014), Article ID 249537, 6 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2014/249537>
172. CHICOTEAU P., Adaptation physiologique de la fonction sexuelle des bovins Baoulé au milieu tropical sud-soudanien, thèse de doctorat ès sciences, université paris XII, Créteil, 174 p (1989).
173. EZEKWE A.G., Ejaculate characteristics of two breeds of tropical bulls N'Dama and Muturu ; Joint seminar on animal reproduction for African countries, Addis-Abeba (1988).
174. ORJI B.I, IGBOELI G, NWAKALOR L.N., Semen characteristics of Muturu bulls-*Bos brachyceros*” Theriogenology, 22(2), 197-203 (1984).
175. SANYANG F, B , PRESICCE G, A., Etude de la qualité du sperme, du taux des hormones de la reproduction et des dimensions testiculaires des taureaux N'Dama ; in : Rapport du deuxième atelier sur la reproduction du bétail trypanotolérant en Afrique de l'ouest et centrale, Banjul (Gambie), FAO RAF/88/100 (1989).

176. SANYANG F.B , SAUVEROCHE B, TOURAY O, CLIFFORD D., Caractéristiques spermatiques de taureaux N'Dama en Gambie (1992).
177. BOUZEBDA.F, AFRI.Z, BOUZEBDA .A, BAIRI .M, FRANCK., Etude des performances bouchères dans la population bovine locale dans l'est Algérien, Sciences et Technologie C – N°26, décembre (2007), pp.89-97.
178. J.TOZSER, M. MEZES A, NAGY., Effect of age on the phenotypic relationships between scrotal circumference and some body measures of charolais young bulls. Renc. Rech. Ruminants, 2, 203 -204 (1995).
179. MARIE DERVILLE, Stéphane patin, Laurent Avon., Races bovines de France : Origine, Standard, Sélection (2009).
180. D.STAJNKO, M. BRUS, M. HOČEVAR., Estimation of bull live weight through thermographically measured body dimensions.Computers and electronics in Agriculture 61. 233-240 (2008).
181. TAMAYO TORRESS M., Libido, pubertad, concentraciones séricas de testosterona y su relación con variables corporales y testiculares en futuros sementales Holstein. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria 1695-7504 2010 Volumen 11 Número 11 (2010).
182. HAFS H.D, MCCARTHY M.S., Endocrine control of testicular function,Beltsville Symposia in Agricultural Research N° 3, Animal Reproduction Maryland, 345-364 (1978).
183. CLOE L.C , THOMBIANO D, VERY P, CHICOTEAU P., Influence d'une trypanosomose expérimentale sur la fonction sexuelle de taureau Baoulé , IN : Deuxième atelier de travail sur la reproduction du bétail trypanotolérant en Afrique occidentale et centrale, Banjul (Gambie), projet RAF /88/100 (1989).