

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE BATNA 1**

**INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES  
ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES**



**THÈSE**

*Pour l'obtention du diplôme de*

**DOCTORAT EN SCIENCES**

**Filière**

**Sciences vétérinaires**

**Option**

**Maitrise des facteurs de la reproduction chez les herbivores**

*Présentée par :*

**ALLAOUI Assia**

**Thème**

**ETUDE SUR CERTAINS FACTEURS DE VARIATION DE  
LA FERTILITE DES BELIERS GENITEURS DE RACE OULED  
DJELLAL**

Soutenu publiquement le : 11/04/2019

**JURY**

**Président : MEZIANE T.  
Rapporteur : TLIDJANE M.  
Examineur : BENMAKHLOUF AM.  
Examineur : BOUAZIZ O.  
Examineur: BENSOUILAH M.  
Examineur : BOUDAUD A.  
Invité : SAFSAF B.**

**Grade et université**

**Prof. UHL- BATNA.  
Prof. UHL- BATNA.  
Prof. U. CONSTANTINE1.  
Prof. U. CONSTANTINE1.  
Prof. U B.A.M ANNABA  
MCA. UHL- BATNA.  
MCA. UHL- BATNA.**

Année universitaire : 2018-2019



## Remerciements.

Ce travail a été revu, corrigé et approuvé par: Monsieur TLIDJANE Madjid, professeur à l'université HADJ LAKHDER-BATNA 1. Je le remercie avant tout de la confiance qu'il a manifestée à mon égard, mais aussi pour ses conseils avisés et ses orientations judicieuses. Qu'il trouve ici l'expression de ma gratitude et respect.

Mes remerciements s'adressent également à:

- Monsieur MEZIANE Toufik, professeur à l'université HADJ LAKHDER-BATNA 1, (président du jury chargé d'examiner ce travail).

Messieurs les Membres du Jury :

- BENMAKHLOUF Abdelmalek, professeur à l'Université des frères Mentouri de CONSTANTINE,
  - BOUAZIZ Omar, professeur à l'Université des frères Mentouri de CONSTANTINE,
  - BENSOUILAH Mourad, professeur à l'Université BADJI MOKHTAR ANNABA,
  - BOUDAOUUD Amine, Maître de conférence A à l'université HADJ LAKHDER-BATNA1.
- Pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Je remercie particulièrement Monsieur SAFSAF Boubaker, Maître de conférences A à l'université HADJ LAKHDER-BATNA 1, pour l'aide précieuse, qu'il m'a apportée tout au long de mon travail.

La réalisation de la deuxième étude expérimentale de cette thèse n'aurait pas été possible sans l'aide précieuse du directeur du laboratoire GSPA de l'institut des sciences vétérinaires Elkhroub Constantine : Monsieur BOUAZIZ Omar, professeur à l'Université des frères Mentouri de CONSTANTINE. Je tiens à lui présenter mes sincères remerciements.

Je citerai également l'aide précieuse et inestimable de :

- Monsieur BENHANIA Karim, Maître de recherche au niveau du centre de recherche en biotechnologies de Constantine, pour son apport précieux dans la partie pratique de ce travail, pour son soutien et ses encouragements.
- Madame Hireche S, Maître de conférences A à l'Université des frères Mentouri de CONSTANTINE, et Monsieur Guidoum A, Maître assistant A à l'université HADJ LAKHDER-BATNA 1, pour leur contribution dans la réalisation des examens échographiques.
- Messieurs les directeurs des CNIAAG d'Alger : Monsieur Boudjakji et de Tebessa : Monsieur Aissaoui Ali ainsi que l'ensemble du Personnel des Fermes pilotes Bouchebaa et Bouaoune Rabeh (particulièrement Elhadj Ammar), et du centre de recherche en biotechnologies de Constantine, pour leur aide, leur disponibilité et leur gentillesse.

Enfin, je termine en remerciant sincèrement tous les professeurs, les enseignants et les confrères et consœurs des Instituts des sciences agrovétérinaires Batna et des sciences vétérinaires EL-Khroub.

Je conclus en citant Monsieur : **ALLAOUI Mouhamed El-Tayeb** et les docteurs vétérinaires : NAAMOUNE Samy, LOUGHREIB Smain, BOUBENDIR Selmen, BENALIA Youcef, BENFREDJ Khelef, SELLAM Youcef, DJAIDJA Bilal, DAGHMOUS Imed, DERIBINE Hamza, ALLOUECHE Attef, et ATTIK Mouhamed qui m'ont assistée dans toutes les étapes de cette étude.

## SOMMAIRE

LISTE DES ABREVIATIONS .....	ix
INDEX DES TABLEAUX.....	xi
INDEX DES FIGURES .....	xiv
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE .....	4
I.1. Description des organes reproducteurs mâles .....	4
I.2. Formation du sperme.....	6
I.2.1. La spermatogenèse .....	6
I.2.2. Maturation épидидymaire .....	8
I.2.3. Le gamète mâle .....	10
I.2.4. Le plasma séminal .....	11
I.3. Régulation de la fonction de reproduction .....	13
I.3.1. Hormones hypothalamo-hypophysaires .....	14
I.3.1.1. GnRH (Gonadotropin-Releasing Hormone) .....	14
I.3.1.2. LH (Luteinizing Hormone) .....	16
I.3.1.3. FSH (Follicle Stimulating Hormone).....	16
I.3.2. Hormones testiculaires : La testostérone.....	17
I.3.3. Hormone sécrétée par l'épiphyse : La mélatonine .....	19
I.4. Collecte et évaluation de la semence.....	21
I.4.1. Techniques de collecte de la semence.....	21
I.4.1.1. Vagin naturelle (post-coïtum) .....	21
I.4.1.2. Vagin artificiel.....	22
I.4.1.3. Electro-éjaculation .....	23
I.4.2. Méthodes d'évaluation de la semence.....	24
I.4.2.1. Apparence et volume du sperme .....	25

I.4.2.2 Concentration et pH de sperme .....	26
I.4.2.3. Mobilité des spermatozoïdes .....	27
I.4.2.4. La vitalité des spermatozoïdes .....	29
I.4.2.4.1. Test à l'éosine.....	29
I.4.2.4.2. Test hypo-osmotique .....	30
I. 5. Facteurs affectant la fertilité, la qualité et la quantité de semence produite .....	31
I.5.1. L'alimentation.....	31
1.5.1.1. La Leptine.....	31
1.5.1.2. La sous nutrition .....	32
1.5.1.3. Le flushing alimentaire .....	33
I.5.2. La saison et le photopériodisme .....	35
I.5.3. L'environnement thermique .....	37
I.5.4. L'âge.....	38
I.5.5. Le comportement sexuel et l'environnement social.....	39
I.5.6. Les agents toxiques .....	40
1.5.7. Maladies du reproducteur .....	41
I.5.8. Facteurs génétiques .....	42
CHAPITRE II : PREMIERE EXPERIMENTATION .....	43
EFFET DES TRAITEMENTS HORMONAUX A BASE DE MELATONINE SUR LA FERTILITE DES BELIERS GENITEURS .....	43
II.1. Introduction.....	43
II.2 Matériel et méthode .....	44
II.2.1. Site de l'expérimentation : Ferme pilote Bouchabaa.....	44
II.2.2. Matériel animal et mode d'élevage au niveau de la ferme .....	45
II.2. 3. Protocole expérimental .....	45
II.2. 3. 1 Préparation des animaux et pose des implants de mélatonine .....	46

II.2. 3. 2 Lutte naturelle du troupeau .....	47
II.2. 3. 3 Diagnostic de gestation .....	47
II.2. 4. Mensurations réalisées sur les béliers .....	47
II.2. 4. 1. Mensurations pondérales .....	48
II.2. 4. 2. Mensurations scrotales .....	49
II.2. 4. 3. Dosage du Testostérone plasmatique.....	49
II.2. 5. Paramètres de reproduction du troupeau.....	50
II.2.6 Analyses statistiques .....	51
II.3. Résultats.....	52
II.3.1 Mensurations pondérales .....	52
II.3.1.1. Le poids corporel .....	52
II.3.2. Mensurations scrotales.....	55
II.3.3. Dosage du Testostérone plasmatique.....	62
II.3.4. Corrélations entre les paramètres des mensurations scrotales et pondérales et le taux plasmatique en testostérone .....	64
II.3.5. Paramètres de reproduction du troupeau.....	65
II.4. Discussion .....	66
II.4.1. Mensurations pondérales .....	66
II.4.2. Mensurations scrotales.....	67
II.4.3. Taux plasmatique de testostérone .....	68
II.4. 4. Paramètres de reproduction.....	69
CHAPITRE III : DEUXIEME EXPERIMENTATION .....	71
EFFET DE L'ALIMENTATION SUR LES PERFORMANCES DE REPRODUCTION DES BELIERS GENITEURS EN PARTICULIER CONCERNANT L'UTILISATION DE SOURCES ALIMENTAIRES ALTERNATIVES (REBUTS DE DATTES).....	71
III.1. Introduction .....	71
III.2. Matériel et méthodes .....	72

III.2.1 Site de l'expérimentation : Ferme pilote Bouaoune Rabeh .....	72
III.2.2. Matériel animal et durée de la période expérimentale.....	72
III.2.3 Composition du régime alimentaire expérimental.....	73
III.2.4 Mensurations corporelles réalisées .....	76
III.2.4.1. Mensurations de morpho-biométrie.....	76
III.2.4.2 Mensurations pondérales .....	76
III.2.4.3. Mensurations scrotales .....	77
III.2.5 Récolte et évaluation de la semence .....	77
III.2.5.1 Récolte de la semence.....	77
III.2.5.1. Evaluation de la semence .....	79
III.1.6. Dosage du Testostérone plasmatique .....	81
III.1.7 Comportement sexuel .....	81
III.1.7.1. Temps de réaction.....	81
III.1.8. Analyses statistiques.....	81
III.2 Résultats .....	82
III.2.1 Mensurations de morpho-biométrie. ....	82
III.2.2 Mensurations pondérales .....	83
III.2.2.1. Le poids corporel .....	83
III.2.2.2. Score de condition corporelle .....	84
III.2.2.3. Gain moyen quotidien .....	85
III.2.2.4. Tour de poitrine .....	86
III.2.3. Mensurations scrotales.....	87
III.2.3.1. Circonférence scrotale .....	87
III.2.3.2. Poids testiculaire.....	89
III.2.4. Corrélations entre les mensurations scrotales et pondérales .....	90
III.2.5. Paramètres séminaux .....	91

III.2.5.1. Volume de l'éjaculat.....	91
III.2.5.2 Concentration en spermatozoïdes de l'éjaculat .....	92
III.2.5.3 Nombre total de spermatozoïdes par éjaculat.....	93
III.2.5.4 Consistance, couleur et pH de l'éjaculat .....	94
III.2.5.5 Mobilité massale des spermatozoïdes .....	96
III.2.5.6 Mobilité totale des spermatozoïdes par éjaculat.....	96
III.2.5.6 Analyse de la fonctionnalité de la membrane des spermatozoïdes .....	97
III.2.5.7. Viabilité des spermatozoïdes .....	98
III.2.6. Concentration plasmatique en Testostérone .....	99
III.2.7. Comportement sexuel .....	100
III.2.8. Corrélations entre les mensurations scrotales, pondérales et les paramètres séminaux.....	101
III. 3. Discussion.....	102
III.3.1. Mensurations de morpho-biométrie .....	102
III.3.2. Mensurations pondérales .....	103
III.3.3. Mensurations scrotales .....	107
III.3.4. Paramètres séminaux .....	108
III.3.5. Concentration plasmatique en Testostérone .....	109
III.3.6. Comportement sexuel .....	110
CONCLUSION GENERALE .....	112
RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES .....	113
Références bibliographiques.....	114
Summary.....	123
Résumé .....	124

## LISTE DES ABREVIATIONS

**ADF:** fibre détergent Acide

**ANOVA :** Analyse de Variance

**BCS:** Body condition scoring

**°C:** degré Celsius.

**CB :** Cellulose Brute

**CS :** Circonférence Scrotale.

**CASA :** Computer Assisted Sperm Analysis

**Dqg :** Diamètre de la queue de l'épididyme gauche

**DTa-pg :** Diamètre antéro-postérieur du testicule gauche.

**eCG :** equin Chorionic Gonadotropin.

**FDA:** fibre détergent Acide

**FDN:** fibre détergent Neutre

**FGA :** Acétate de fluorogestone ou 17-acétoxy-9 fluoro-11-hydroxy-pregnane-20-dione

**FSH :** Follicule Stimulating Hormone

**Groupe C :** groupe de Contrôle

**Groupe M :** groupe traité par des implants de Mélatonine

**GnRH :** Gonadotropin-Releasing Hormone

**GnIH :** Gonadotropin Inhibing Hormone

**GMQ :** Gain moyen quotidien

**GPC % :** Gain total du poids corporel

**Hg :** hauteur au garrot.

**HOST:** hypo-osmotic swelling test

**H.s.s:** hauteur sous sternale.

**IA:** Insémination Artificielle

**J :** Jour

**Kg :** Kilogramme.

**L :** litre.

**l.b :** largeur du bassin

**l.th :** largeur de thorax.

**L.cp :** longueur du corps.

**L.scap-isch:** longueur scapulo-ischiale

**LH :** Luteinizing Hormone

**LS :** Longueur Scrotale

**MAT :** Matières Azotées Totales

**MB :** Matière Brute

**ml :** millilitre.

**MS :** Matière sèche

**NS :** Non-Significatif

**OD :** Ouled Djellal.

**Pcp :** Poids corporel

**PS :** Périmètre Scrotal.

**PT :** Poids testiculaire

**P.th :** profondeur de thorax.

**r :** coefficient de corrélation.

**RD:** Rebut de Dattes

**SEM :** Standar Error of Mean.

**spz :** spermatozoïdes.

**T :** concentration plasmatique en Testostérone (ng/ml)

**T.p :** Tour de poitrine

**UI :** Unité Internationale

**vs :** versus.

**VS :** Volume Scrotal.

## INDEX DES TABLEAUX

<b>Tableau 1:</b> Estimation de la consistance de semence chez le Bélier	25
<b>Tableau 2 :</b> Volume de sperme chez différentes espèces	26
<b>Tableau 3 :</b> Estimation de la mobilité massale de la semence	28
<b>Tableau 4 :</b> Certaines associations connues entre la balance énergétique et la reproduction	33
<b>Tableau 5 :</b> Répartitions mensuelles des moyennes des durées d'éclairement solaire dans la wilaya de Constantine durant l'année 2012	44
<b>Tableau 6 :</b> Estimation de l'état corporel des moutons	48
<b>Tableau 07 :</b> Effet du traitement hormonal (implants de mélatonine) et du temps sur l'évolution des mensurations scrotales et pondérales des béliers Ouled Djellal des deux groupes (M et C).	52
<b>Tableau 08 :</b> Evolution du poids corporel (Kg) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C)	52
<b>Tableau 09 :</b> Effet du temps sur l'évolution du poids corporel chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C)	53
<b>Tableau 10 :</b> Evolution du Score de condition corporelle (1- 5) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).	54
<b>Tableau 11 :</b> Effet du temps sur l'évolution du score de condition corporelle chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).	54
<b>Tableau 12 :</b> Evolution de la circonférence scrotale (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).	55
<b>Tableau 13:</b> Effet du temps sur l'évolution de la circonférence scrotale (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).	55
<b>Tableau 14 :</b> Evolution du diamètre testiculaire (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).	56
<b>Tableau 15 :</b> Effet du temps sur l'évolution du diamètre testiculaire (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).	56
<b>Tableau 16 :</b> Evolution du diamètre testiculaire antéro-postérieur gauche (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).	57
<b>Tableau 17 :</b> Evolution de la longueur scrotale (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).	58
<b>Tableau 18:</b> Effet du temps sur l'évolution de la longueur scrotale (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).	59

<b>Tableau 19</b> : Evolution du volume scrotal (ml) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).	60
<b>Tableau 20</b> : Effet du temps sur l'évolution du volume scrotal (ml) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).	60
<b>Tableau 21</b> : Evolution du diamètre de la queue de l'épididyme (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).	61
<b>Tableau 22</b> : Effet du temps sur l'évolution du diamètre de la queue de l'épididyme (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).	62
<b>Tableau 23</b> : Evolution du taux plasmatique en testostérone (ng/ml) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).	62
<b>Tableau 24</b> : Effet du temps sur l'évolution du taux plasmatique en testostérone (ng/ml) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).	63
<b>Tableau 25</b> : Corrélations entre les paramètres des mensurations scrotales et pondérales et le taux plasmatique en testostérone chez les béliers Ouled Djellal du groupe (M).	64
<b>Tableau 26</b> : Corrélations entre les paramètres des mensurations scrotales et pondérales et le taux plasmatique en testostérone chez les béliers Ouled Djellal du groupe (C)	64
<b>Tableau 27</b> : Analyse comparative entre les paramètres de reproduction des deux lots (M et C).	65
<b>Tableau 28</b> : Composition chimique des différents éléments (Foin de vesce avoine, Concentré commercial, Rebuts de dattes) de la ration des béliers géniteurs (% de MS)	74
<b>Tableau 29</b> : Ingrédients et composition chimique des régimes alimentaires expérimentaux	75
<b>Tableau 30</b> : Caractéristiques morpho-biométriques des béliers des trois lots expérimentaux.	82
<b>Tableau 31</b> : Evolution du poids corporel (g) des trois lots de béliers expérimentaux.	83
<b>Tableau 32</b> : Effets du régime alimentaire sur l'évolution du poids corporel des trois lots de béliers expérimentaux.	83
<b>Tableau 33</b> : Evolution de l'état d'embonpoint (BCS) des trois lots de béliers expérimentaux.	84
<b>Tableau 34</b> : Evolution du gain moyen quotidien(GMQ) (g/j) des trois lots de béliers expérimentaux.	85
<b>Tableau 35</b> : Evolution du tour de poitrine (cm) des trois lots de béliers expérimentaux.	86
<b>Tableau 36</b> : Evolution de la circonférence scrotale (cm) des trois lots de béliers expérimentaux	87

<b>Tableau 37</b> : Effets du régime alimentaire sur l'évolution de la circonférence scrotale des trois lots de béliers expérimentaux.	88
<b>Tableau 38</b> : Evolution de poids testiculaire (g) des trois lots de béliers expérimentaux.	89
<b>Tableau 39</b> : coefficients de Corrélations entre les mensurations pondérales et scrotales, et le jour expérimental des trois lots de béliers expérimentaux.	90
<b>Tableau 40</b> : Effet du type du régime alimentaire et du temps sur l'évolution des paramètres séminaux des trois lots de béliers expérimentaux.	91
<b>Tableau 41</b> : Variations du volume séminal (ml) des trois lots de béliers expérimentaux.	91
<b>Tableau 42</b> : Variations de la Concentration en spermatozoïdes de l'éjaculat ( $10^9$ Spz) des trois lots de béliers expérimentaux.	92
<b>Tableau 43</b> : Variations du nombre total de spermatozoïdes par éjaculat ( $10^9$ Spz/éjaculat) des trois lots de béliers expérimentaux.	93
<b>Tableau 44</b> : Variations de la consistance de l'éjaculat des trois lots de béliers expérimentaux.	94
<b>Tableau 45</b> : Variations de la couleur de l'éjaculat des trois lots de béliers expérimentaux.	95
<b>Tableau 46</b> : Variations de pH de l'éjaculat des trois lots de béliers expérimentaux.	95
<b>Tableau 47</b> : Variations de la mobilité massale des spermatozoïdes des trois lots de béliers expérimentaux.	96
<b>Tableau 48</b> : Pourcentages de spermatozoïdes mobiles (%) des trois lots de béliers expérimentaux.	97
<b>Tableau 49</b> : Pourcentages de spermatozoïdes HOST positif (%) des trois lots de béliers expérimentaux.	97
<b>Tableau 50</b> : Pourcentages de spermatozoïdes vivants des trois lots de béliers expérimentaux.	98
<b>Tableau 51</b> : Concentrations plasmatiques en Testostérone (ng/ml) des trois lots de béliers expérimentaux.	99
<b>Tableau 52</b> : Effet du régime alimentaire et du temps sur le comportement sexuel (temps de réaction et nombre de montes avec éjaculation) des trois lots de béliers expérimentaux.	100
<b>Tableau 53</b> : Coefficients de Corrélations entre les mensurations pondérales, scrotales, et les paramètres séminaux des trois lots de béliers expérimentaux.	101

## INDEX DES FIGURES

<b>Figure 01</b> : Vue d'ensemble des organes génitaux du bélier adulte	4
<b>Figure 02</b> : Schéma de la structure interne du testicule : <b>A)</b> Coupe longitudinale du testicule et de l'épididyme. <b>B)</b> Schéma d'un lobule testiculaire	5
<b>Figure 03</b> : Schéma de la structure interne du testicule : Coupe transversale de tubes séminifères	5
<b>Figure 04</b> : Schéma récapitulatif de l'évolution des cellules de la lignée germinale mâle	8
<b>Figure 05</b> : Structure d'un spermatozoïde <b>A)</b> Schéma d'un spermatozoïde. <b>B)</b> Schéma de la tête et de la pièce intermédiaire d'un spermatozoïde	10
<b>Figure 06</b> : Régulation hormonale de la fonction sexuelle du mâle	13
<b>Figure 07</b> : Voies neuroendocriniennes transmettant l'information photopériodique à la glande pinéale	20
<b>Figure 08</b> : Représentation schématique des changements morphologiques typiques des spermatozoïdes soumis à un stress hypo-osmotique	31
<b>Figure 09</b> :Lutte par lot pratiquée au niveau de la ferme pilote Bouchebaa	47
<b>Figure 10</b> : Evolution du poids corporel (Kg) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C)	53
<b>Figure 11</b> : Evolution du score de condition corporelle chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).	54
<b>Figure 12</b> : Evolution de la circonférence scrotale (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C) (des valeurs minimales aux maximales)	55
<b>Figure 13</b> : Evolution du diamètre testiculaire (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C)	57
<b>Figure 14</b> : Evolution du diamètre testiculaire antéro-postérieur gauche (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C) (des valeurs minimales aux maximales)	58
<b>Figure 15</b> : Evolution de la longueur scrotale (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C)	59

<b>Figure 16 :</b> Evolution du volume scrotale (ml) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C)	60
<b>Figure 17 :</b> Evolution du diamètre de la queue de l'épididyme (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C)	61
<b>Figure 18 :</b> Evolution du taux plasmatique en testostérone (ng/ml) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C)	63
<b>Figure 19 :</b> L'électro-éjaculateur utilisé pour la collecte de semence	78
<b>Figure 20 :</b> Sonde d'électro éjaculateur pour bélier	78
<b>Figure 21 :</b> Mobilité massale (x10) (note 4, Motilité massale rapide)	79
<b>Figure 22 :</b> Mobilité massale (x10) (Note 5, tourbillon intense et rapide)	79
<b>Figure 23:</b> test du gonflement hypo-osmotique (HOST: hypo-osmotic swelling test). (1) spermatozoïde gonflé (vivant), (2) spermatozoïde non gonflé (mort) (x40)	80
<b>Figure 24 :</b> Evolution du poids corporel, chez les béliers Ouled Djellal recevant 75%, 50% ou 0% de rebuts de dattes dans le concentré	83
<b>Figure 25 :</b> Evolution de l'état d'embonpoint (BCS), chez les béliers Ouled Djellal recevant 75%, 50% ou 0% de rebuts de dattes dans le concentré	85
<b>Figure 26 :</b> Evolution du gain moyen quotidien (GMQ), chez les béliers Ouled Djellal recevant 75%, 50% ou 0% de rebuts de dattes dans le concentré	86
<b>Figure 27 :</b> Evolution du tour de poitrine (cm), chez les béliers Ouled Djellal recevant 75%, 50% ou 0% de rebuts de dattes dans le régime concentré	87
<b>Figure 28 :</b> Evolution de circonférence scrotale (cm) chez les béliers Ouled Djellal recevant 75%, 50% ou 0% de rebuts de dattes dans le concentré	88
<b>Figure 29 :</b> Evolution de poids testiculaire (g) chez les béliers Ouled Djellal recevant 75%, 50% ou 0% de rebuts de dattes dans le concentré	90
<b>Figure 30 :</b> Evolution du volume séminal (mL) chez les béliers Ouled Djellal recevant 75%, 50% ou 0% de rebutes de dattes dans le régime concentré	92
<b>Figure 31 :</b> Evolution des variations la concentration en spermatozoïdes de l'éjaculat ( $10^9$ Spz) chez les béliers Ouled Djellal recevant 75%, 50% ou 0% de rebuts de dattes dans le concentré	93
<b>Figure 32 :</b> Evolution des variations du nombre total de spermatozoïdes par éjaculat, ( $10^9$ Spz/ éjaculat) chez les béliers Ouled Djellal recevant 75%, 50% ou 0% de rebuts de dattes dans le concentré	94

**Figure 33 :** Evolution des variations de la consistance de l'éjaculat chez les béliers Ouled Djellal recevant 75%, 50% ou 0% de rebuts de dattes dans le concentré 94

**Figure 34 :** Evolution des variations de la mobilité massale des spermatozoïdes chez les béliers Ouled Djellal recevant 75%, 50% ou 0% de rebuts de dattes dans le régime concentré 96

**Figure 35 :** Evolution des variations des pourcentages de spermatozoïdes mobiles (%) chez les béliers Ouled Djellal recevant 75%, 50% ou 0% de rebuts de dattes dans le régime concentré 97

**Figure 36 :** Evolution des variations du pourcentage des spermatozoïdes HOST positif chez les béliers Ouled Djellal recevant 75%, 50% ou 0% de rebuts de dattes dans le concentré 98

**Figure 37 :** Concentrations plasmatiques en Testostérone (ng/ml) chez les béliers Ouled Djellal recevant 75%, 50% ou 0% de rebuts de dattes dans le concentré 99

## **INTRODUCTION GENERALE**

L'élevage est un secteur d'une importance vitale pour l'économie des pays d'Afrique du Nord (Bengoumi and Ameziane, 2014; Alary et al., 2015).

En Algérie, l'élevage ovin est considéré comme le sous-secteur le plus important de la production animale (MADR, 2017). Il est caractérisé par de très fortes potentialités, en raison notamment de la diversité des races (Djaout et al., 2017; Abdelkader et al., 2018), et de l'importance de ses qualités d'adaptation aux modes de conduite des exploitations (Benyoucef et al., 2000).

Cependant la production actuelle, malgré les 28,4 millions de têtes recensées en 2017 (MADR, 2017), est loin de satisfaire pleinement les besoins du pays. De ce fait les prix de la viande rouge restent inaccessibles pour la majorité des algériens. Deux problèmes majeurs peuvent être à l'origine de cette situation: une reproduction non maîtrisée et des rations alimentaires déficitaires (Deghnouche, 2001; Safsaf, 2014).

En ce qui concerne la reproduction, nous constatons que l'un de ses volets les plus importants, à savoir l'insémination artificielle (Smith et al., 2018), demeure, à ce jour, très peu développé (Allaoui et al., 2014) (le nombre total des brebis inséminées, à l'échelle nationale, n'a pas dépassé les cent brebis/ an, durant ces trois dernières années). En effet, les éleveurs utilisent généralement la méthode de **la lutte naturelle**, avec deux saisons au programme: printemps (Mars-Mai) et automne (septembre-novembre) (Deghnouche et al., 2017).

Dans ce cas, lorsqu'un bilan de reproduction est dressé, l'infertilité du cheptel est uniquement imputée aux femelles. Les éleveurs croient souvent à tort, que la part de responsabilité du bélier géniteur est faible pour autant que celui-ci ait été capable de saillir la totalité des brebis qui lui ont été présentées. Pourtant, les mâles y jouent un rôle très important, dans la mesure où un seul bélier peut saillir plusieurs femelles lors d'une période de lutte donnée. Par conséquent son infertilité peut alors, avoir un impact négatif sur la productivité du troupeau (Foote, 2003; Lu et al., 2018).

Par ailleurs les géniteurs mâles investissant plus d'énergie que les femelles au cours de cette période, leurs dépenses énergétiques se trouvent majorées. Le succès reproducteur des mâles est donc déterminé par : un bon potentiel génétique, une meilleure condition corporelle, et une bonne ardeur sexuelle. C'est pourquoi, un suivi régulier et rigoureux des performances

reproductives de ces géniteurs s'avère indispensable, afin qu'ils puissent satisfaire à ces conditions.

**Le traitement hormonal à base de mélatonine**, est une méthode de maîtrise de la reproduction chez le bélier qui permet, pour les races saisonnées d'avancer la date de la saison sexuelle, et pour les races peu saisonnées, d'améliorer de façon significative le comportement sexuel et la capacité de reproduction des géniteurs (Malpaux et al., 1995; Chemineau et al., 2009).

**Le flushing alimentaire**, est utilisé pour améliorer le poids corporel, la croissance testiculaire, la production spermatique, la qualité des gamètes et la libido des béliers à l'accouplement (Blache et al., 2003; Martin et al., 2010). Mais, la disponibilité saisonnière des pâturages et la hausse soutenue des prix des aliments conventionnels, limitent la pratique de cette méthode. Toutefois, des ressources alimentaires alternatives telles que les rebuts de dattes, peuvent palier à ces insuffisances (Rekik et al., 2007; Blache et al., 2008).

Avec une production totale de 990 000 tonnes de dattes (MADR, 2015), l'Algérie est le quatrième pays producteur de dattes à l'échelle mondiale (FAO, 2012). Ce qui engendre une grande quantité de résidus qui peuvent remplacer positivement les produits céréaliers. Précisons que le coût des rebuts est le tiers de celui d'un concentré commercial (1500 DA le quintal pour l'année 2018). Certaines études réalisées sur l'engraissement des jeunes béliers (Mebirouk-Boudechiche et al., 2008; Meradi et al., 2016) et les performances zootechniques des brebis (Mebirouk-Boudechiche and Araba, 2011; Djaalab et al., 2016) montrent que ces sous-produits, riches en hydrates de carbone et en minéraux, (Hadjsmail, 2007; Boudechiche, 2009) permettent de maintenir, voire d'améliorer, les performances productives et reproductives des ovins.

A la lumière de ces observations, et afin d'optimiser les paramètres liés à la fertilité des géniteurs mâles et de permettre une meilleure gestion des facteurs de variation environnementaux (photopériode, saisonnalité de la reproduction et alimentation), nous avons axé notre étude sur les volets suivants :

- L'évaluation de l'impact du traitement hormonal à base d'implants de mélatonine sur certaines de ces performances de reproduction chez les béliers géniteurs de race Ouled Djellal (état d'embonpoint, mensurations scrotales, et taux plasmatique de testostérone);

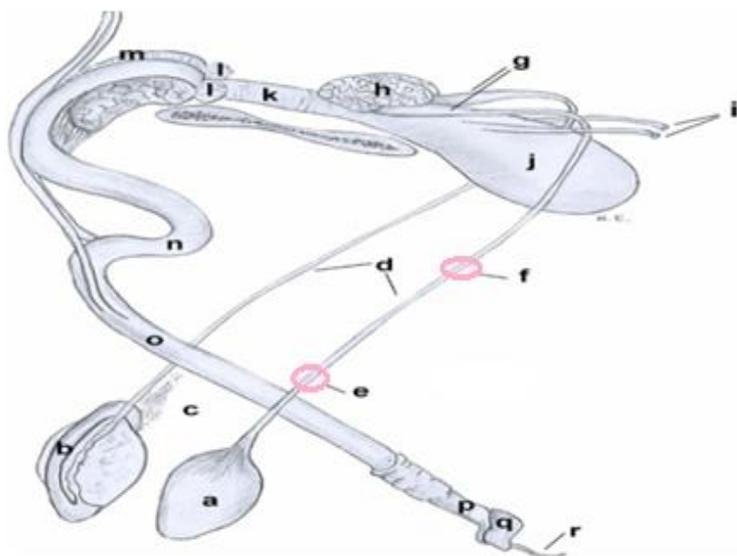
- La détermination des performances de reproduction des brebis Ouled Djellal : fertilité, prolificité, fécondité, saillies par les béliers traités ou non par la mélatonine ;
- L'étude de l'effet du flushing alimentaire et de l'influence de l'incorporation des rebuts de dattes (RD), en substitution au concentré, à un rapport de 0% (RD), 50% (RD) et 75% (RD), sur : les performances pondérales, le développement testiculaire, l'ardeur sexuelle, et surtout sur les caractéristiques de la production spermatique chez les béliers géniteurs.

# **SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

## CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

### I.1. Description des organes reproducteurs mâles

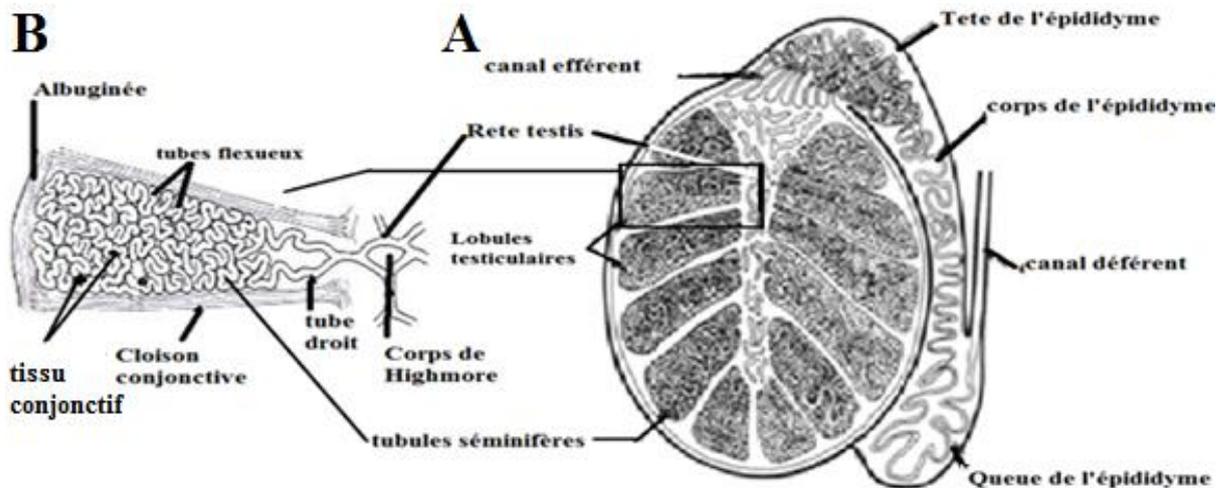
L'appareil génital du bélier comprend (Figure 1) : une paire de gonades (les testicules), les épидидymes, les glandes annexes (vésicules séminales ou glandes vésiculaires, prostate, glandes bulbo-urétrales ou glandes de cowper), ainsi que les voies spermatiques (canal déférent, uretère, pénis) responsables du transport du sperme et de son dépôt dans les voies génitales femelles (Setchell and Garner, 1991).



**Figure 1:** Vue d'ensemble des organes génitaux du bélier adulte (a): testicule, (b): épидидyme, (c): plexus pampiniforme; (d): canal déférent; (e): anneau inguinal superficiel; (f): anneau inguinal profond; (g): ampoule différentielle; (h): vésicules séminales; (i): uretère; (j): vessie; (k): urètre intra-pelvien avec le muscle urétral; (l): glande bulbo-urétrale; (m): muscles bulbo-spongieux; (n): flexion sigmoïde; (o): partie moyenne du pénis; (p): col de gland; (q): gland; (r): processus urétral (Boukhliq et al., 2018) .

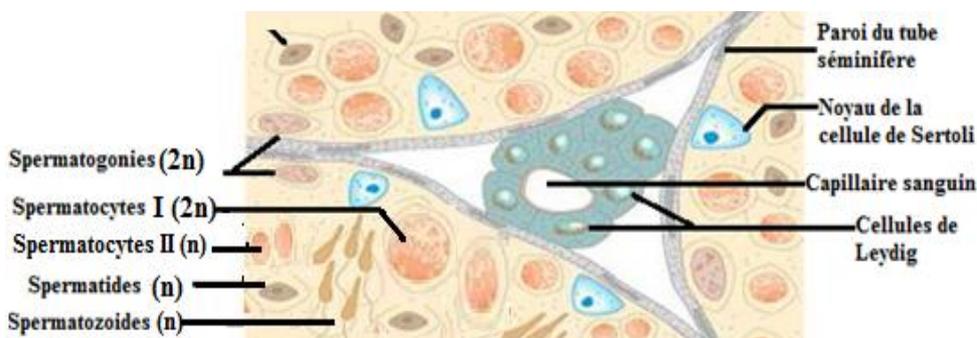
Dans l'espèce ovine, les gonades mâles sont situées en région sous-inguinale, leur long axe est vertical et sont attachées au corps par le cordon spermatique, qui comprend les vaisseaux sanguins, les nerfs et le canal déférent. De forme ellipsoïde, ces testicules, mesurent en moyenne 10 cm de long, 6 cm de large, et 6 cm d'épaisseur, et pèsent environ 250 à 300 g, avec un rapport poids du testicule/poids du corps égal à 1/200. La structure testiculaire est formée par des couches fibreuses, en particulier l'albuginée, et le tissu testiculaire principal. L'albuginée envoie, dans la profondeur du parenchyme testiculaire, des cloisons (figure 2) qui délimitent des lobules testiculaires contenant chacun 2 à 4 tubules séminifères, ces derniers sont divisés en deux types: les tubules très flexueux en forme d'anses, qui sont nombreux et constituent l'emplacement principal des cellules de la lignée germinale et les tubules droits qui s'anastomosent pour former un réseau de canaux dit le *rete testis* (figure 2) (Hafez et al., 2000; Bonnes et al., 2005; Boukhliq et al., 2018). La proportion testiculaire en tubes

séminifères chez les mammifères varie d'une espèce à l'autre et elle est de 90% chez le bélier (Setchell and Garner, 1991).



**Figure 2 :** Schéma de la structure interne du testicule : **A)** Coupe longitudinale du testicule et de l'épididyme. **B)** Schéma d'un lobule testiculaire (Hafez et al., 2000)

L'épithélium bordant l'intérieur des tubes séminifères est essentiellement constitué de grandes cellules pyramidales appelées cellules de Sertoli (figure 3). Ces cellules supportent et nourrissent les cellules germinales, et présentent une forme et un volume qui varient au cours du cycle de l'épithélium séminal montrant une plasticité synchronisée avec l'évolution du cycle spermatogénétique (Dadoune and Demoulin, 2001). L'espace compris entre les tubes (figure 3) est quant à lui occupé par un tissu conjonctif lâche, riche en Macrophages, en fibroblastes, en vaisseaux sanguins et lymphatiques et en nerfs. Au sein de ce tissu sont réparti des petits amas de cellules interstitielles ou cellules de Leydig responsables de la synthèse de l'hormone mâle appelée : la testostérone (Kishore et al., 2007).



**Figure 3:** Schéma de la structure interne du testicule : Coupe transversale de tubes séminifères (Bonnes et al., 2005)

L'épididyme plaqué sur l'arrière du testicule, présente trois parties : la tête, le corps et la queue. La paroi de l'épididyme est entourée d'une mince couche de fibres musculaires lisses dont les contractions permettent le transit des spermatozoïdes (Dacheux and Dacheux, 2001). Cet organe constitue un lieu de remaniement, de maturation et de stockage des

spermatozoïdes (Gatti et al., 2004). La tête de l'épididyme reçoit les canalicules efférents du *rete testis* et continue à travers le corps et la queue de l'épididyme puis le canal déférent (figure 2). Ce dernier traverse le canal inguinal dans le cordon spermatique et entre dans la cavité abdominale, pour atteindre la partie pelvienne de l'urètre où il s'ouvre à travers un conduit éjaculatoire commun avec la vésicule séminale correspondante. L'urètre pelvien reçoit aussi les canaux excréteurs des glandes accessoires, tandis que sa partie extra-pelvienne est incorporée dans le pénis (figure 1) (Barone, 1990; Boukhliq et al., 2018).

## **I.2. Formation du sperme**

Vaissaire (1977) et Chenoweth and Lorton (2014) définissent le sperme ou semence comme étant le produit de l'éjaculation, élaboré sous forme de liquide physiologique composé de deux fractions : (i) des éléments cellulaires ou spermatozoïdes qui représentent 30% du sperme chez le bélier et (ii) un milieu liquide ou plasma séminal qui est le produit des sécrétions des glandes annexes du tractus génital.

### **I.2.1. La spermatogenèse**

Par définition la spermatogénèse est le processus qui aboutit à la production des spermatozoïdes, suite à un ensemble de processus de multiplication et de différenciation cellulaires des cellules de la lignée germinale mâle (Dadoune and Demoulin, 2001; Bonnes et al., 2005). La spermatogénèse se déroule dans les testicules, exactement dans la paroi des tubules séminifères. Lors de la période pubertaire les testicules augmentent de volume suite à l'augmentation de la longueur et du diamètre des tubules et la formation de la lumière dans ces derniers. Herrera-Alarcón et al. (2007) et Kridli et al. (2010) considèrent que l'établissement de la spermatogénèse permettant la présence de spermatozoïde au niveau des tubes séminifères ou l'appariation des premiers spermatozoïdes dans l'éjaculat sont les premiers signes de la puberté. Chez le bélier, ce phénomène se produit vers 5 à 8 mois d'âge (Deblay et al., 2002; Fournier, 2014). Plus précisément chez la race Ouled Djellal, Boussena a (2013) trouve que les premiers spermatozoïdes apparaissent au niveau de l'éjaculat autour de l'âge de  $145,1 \pm 10,01$  jours (5 mois), à environ 30% du poids adultes, tandis que les premiers spermatozoïdes mûrs (mobiles) ne seront émis dans l'éjaculat que vers  $227,9 \pm 6,95$  jours (7,6 mois), à environ 40% du poids adulte.

Au cours de la spermatogénèse, deux évolutions essentielles se produisent : (i) La réduction du nombre de chromosomes de  $2n$  à  $n$ , au cours d'une méiose propre aux cellules de lignée

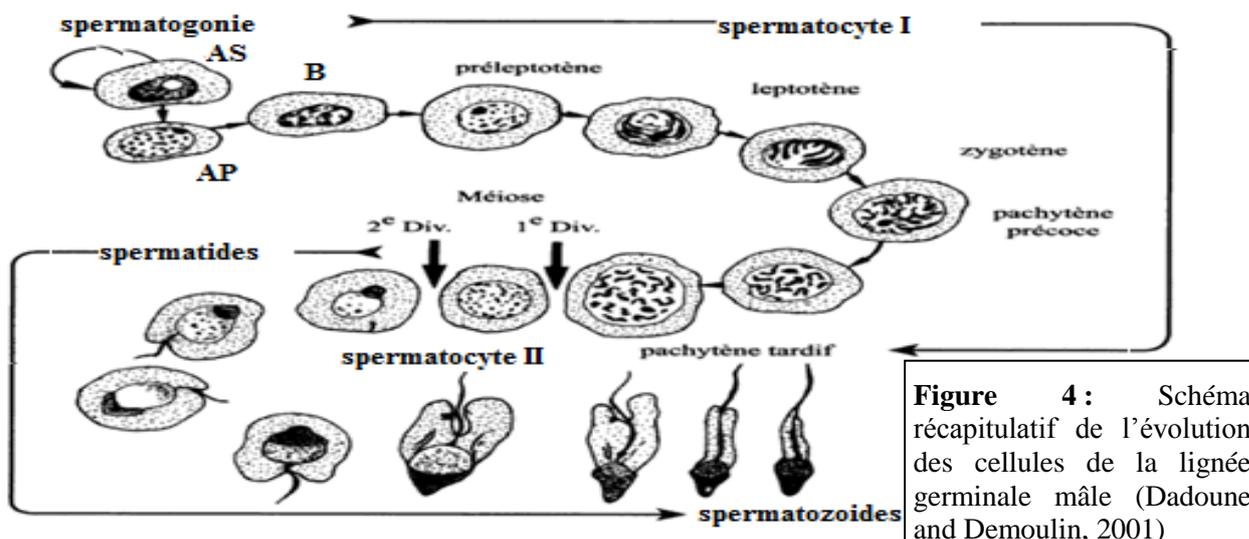
germinale ; (ii) La maturation des cellules germinales aboutissant, à partir de cellules initiales banales, à des cellules très hautement différenciées : les spermatozoïdes (Bonnes et al., 2005). Ainsi, les cellules de la lignée germinale passent par cinq stades cellulaires caractéristiques : spermatogonies, spermatocyte 1 ( $2n$ ) et 2 ( $n$ ), spermatides, et spermatozoïdes (Lu et al., 2018) (figures 3-4), Krishna et al. (2017) précisent que chez le bélier ces cinq stades sont rencontrés successivement dans cet ordre dans la paroi des tubes séminifères en partant de la membrane basale limitant le tube à sa périphérie vers la lumière centrale.

Trois à six semaines après la naissance, les gonocytes formés dans les cordons testiculaires au cours de la vie fœtale se transforment en spermatogonies souches (spermatogonies souches  $A_0$ ) et seront stockées le long de la membrane basale des tubes séminifères (Johnson, 1991). En général la méiose débute dans ces dernières cellules au moment de la puberté (Barone, 1990; Noakes et al., 2001). L'entrée de différents îlots de spermatogonies en spermatogénèse se fait de façon régulière et cyclique : tous les 10 jours chez le bélier (Hafez et al., 2000). En effet, au début, du cycle spermatogénétique chaque spermatogonie souche (cellule diploïde à nombre ( $n$ ) paire de chromosomes ( $2n=54$  chez les ovins)) donne par mitose d'une part une cellule fille qui reste là où était sa mère et deviendra spermatogonie souche d'un cycle suivant (le stock de cellules germinales est ainsi perpétuellement renouvelé et rajeuni) et d'autre part une cellule fille (spermatogonie  $A_p$  ou poussièreuse) qui évolue de façon irréversible et se divise activement pour donner deux spermatogonie B (ou croûteuses) (figure 4).

Les spermatocytes primaires préleptotènes résultent de la division mitotique des spermatogonies B et restent attachés par des ponts intercellulaires permettant ainsi la synchronisation de leurs divisions (Barone, 1990; Noakes et al., 2001). Ils subissent par la suite un important accroissement de taille principalement dû à la duplication de l'ADN qui prépare la première division de la méiose. Selon Noakes et al. (2001) la prophase méiotique est caractérisée par la succession de cinq stades cellulaires: leptotène, zygotène, pachytène, diplotène et diacinèse, (figure 4), et sera suivie par la métaphase, l'anaphase et enfin la télophase. Ainsi, chaque spermatocyte I à  $2n$  chromosomes donne deux spermatocytes II à  $n$  chromosomes ( $1^{\text{ième}}$  division réductionnelle) puis quatre spermatides ( $2^{\text{ième}}$  division équationnelle).

Enfin le cycle spermatogénétique s'achève par la spermiogénèse qui permet la métamorphose des spermatides en spermatozoïdes dans les replis cytoplasmiques des cellules de Sertoli. Dadoune and Demoulin (2001) précisent que la séquence des différenciations morphologiques que subit la spermatide est subdivisée, chez le bélier, en dix stades successifs, caractérisés

principalement, selon Bonnes et al. (2005), par : la réorganisation du noyau, la formation de l'acrosome à partir de l'appareil de Golgi, et l'assemblage des structures du flagelle.



Selon Baril et al. (1993) et Hafez et al. (2000), chaque spermatogonie peut produire théoriquement 192 spermatozoïdes, mais réellement la production maximale n'est que de 64 spermatozoïdes par spermatogonie ; Hafez et al. (2000) expliquent que l'inefficacité relative du processus spermatogénétique serait à l'origine de ces nombreuses dégénérescences. La durée des différentes étapes de la spermatogenèse est une constante biologique caractéristique de chaque espèce (Johnson, 1991; Noakes et al., 2001). Chez le bélier 46 à 49 jours s'écoulent depuis l'activation de la spermatogonie souche jusqu'à la libération du spermatozoïde dans la lumière des tubes séminifères. La connaissance de la durée de la spermatogenèse a une grande importance car elle permet d'adapter les traitements de préparation des mâles à leur prévision d'utilisation. De même, tout facteur perturbant la spermatogenèse a un effet négatif sur l'aptitude reproductrice des mâles, 40 à 61 jours plus tard selon les espèces (Boyeldieu, 1983; Bonnes et al., 2005; Tibary et al., 2018).

### I.2.2. Maturation épидидymaire

A la sortie du testicule, les spermatozoïdes ne sont pas encore matures : ils ne sont ni mobiles, ni féconds. Leur différenciation se poursuit en dehors de la gonade durant le transit épидидymaire qui dure environ 9 à 13 jours chez le bélier (Hafez et al., 2000; Dacheux and Dacheux, 2001; Chenoweth and Lorton, 2014). Cette durée peut être réduite de 10 à 20 % si

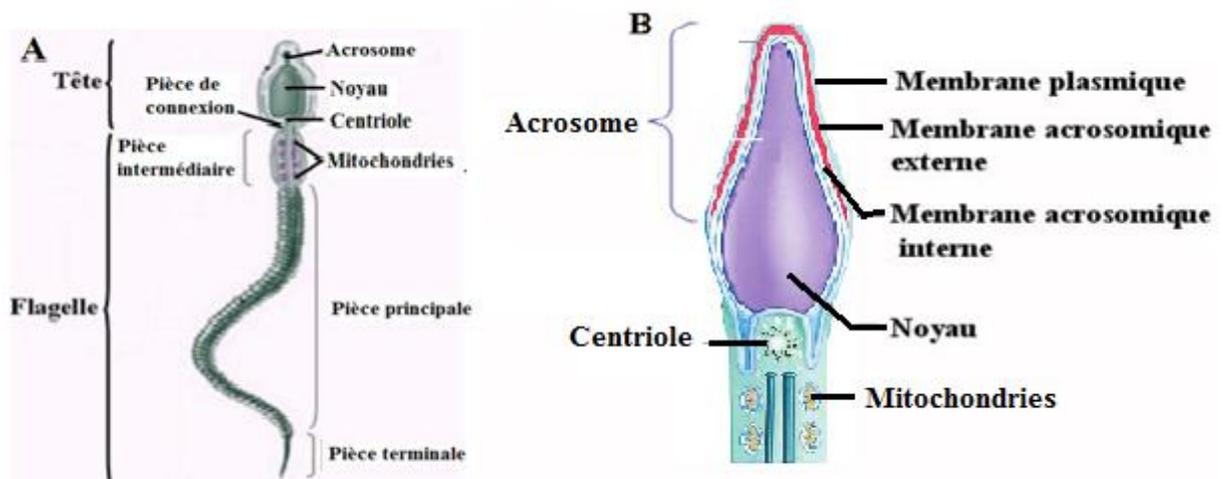
la fréquence des éjaculations augmente, provoquant l'apparition de spermatozoïdes immatures dans l'éjaculat (Noakes et al., 2001).

Chevrier and Dacheux (1988) rapportent que l'acquisition de l'aptitude à se déplacer est un facteur déterminant de la maturation des spermatozoïdes et ils précisent que le corps de l'épididyme représente une région critique dans la mise en place du mouvement flagellaire. Chenoweth and Lorton (2014) rajoutent que sous l'influence des sécrétions épидидymaires s'opère la condensation de la chromatine par substitution des histones par des protamines ce qui permettra de fournir une protection maximale au matériel génétique durant le parcours du spermatozoïde dans les voies génitales. Leahy and Gadella (2011), Saez et al. (2011) de leur part, signalent qu'au même niveau, la composition biochimique de la membrane plasmique des spermatozoïdes, en protéines et lipides, subit des modifications importantes de manière à ce que ces gamètes soient préparés pour subir la capacitation, lors de l'interaction puis la fusion avec la zone pellucide et l'ovule femelle. Sullivan et al. (2005) et Nichi et al. (2007) expliquent que pour les lipides membranaires ces remaniements consistent en un accroissement des taux des acides gras non saturés et une diminution du rapport cholestérol / phospholipide, permettant ainsi d'augmenter la fluidité de la membrane.

Nichi et al. (2007) avancent que l'un des changements les plus importants caractérisant la maturation des spermatozoïdes, est la migration de la gouttelette cytoplasmique. Située près du col du spermatozoïde lorsque ce dernier s'apprête à quitter le testicule, cette gouttelette se déplace progressivement pour atteindre la pièce intermédiaire du spermatozoïde (où elle disparaîtra par la suite) au moment où il arrive au niveau de la queue de l'épididyme. Par ailleurs Setchell and Garner (1991) constate que le tissu épithélial de l'épididyme réabsorbe la majeure partie du fluide véhiculant les spermatozoïdes depuis le rete-testis, ce qui permet d'augmenter la concentration du sperme primitif.

Le stockage des spermatozoïdes matures, qui peut durer jusqu'à trois semaines, se fait essentiellement (75 %) dans la queue de l'épididyme, seulement 2 % sont emmagasinés dans le canal déférent. Ces gamètes se conservent fertiles jusqu'à 40 jours. En cas d'éjaculation, le sperme quitte brusquement la partie distale de la queue épидидymaire, atteignant le canal déférent puis l'urètre. L'éjaculation libèrera de 1 à 6 milliards de spermatozoïdes chez le bélier en suspension dans le liquide séminal (Hafez et al., 2000; Chenoweth and Lorton, 2014).

### I.2.3. Le gamète mâle



**Figure 5 :** Structure d'un spermatozoïde **A)** Schéma d'un spermatozoïde. **B)** Schéma de la tête et de la pièce intermédiaire d'un spermatozoïde (Sherwood et al., 2016).

Le spermatozoïde mature est une cellule hautement différenciée et qui est produite en très grande quantité. Elle est de petite taille (50 à 80  $\mu\text{m}$  de longueur), mais longuement flagellée et très mobile. Selon Metafora et al. (1989) malgré son caractère hautement immunogène cette cellule peut survivre pendant l'éjaculation ainsi que durant son passage dans le tractus génital femelle grâce à un mécanisme moléculaire complexe impliquant essentiellement l'intervention de protéines spécifiques, ayant des propriétés anti-inflammatoires et immunosuppressives, synthétisées par la vésicule séminale.

Le gamète mâle comporte trois parties dont deux plus importantes : la tête et la queue, liées par un col très bref. En forme ovale et aplatie chez le bélier, la tête représente la seule partie qui fusionnera avec l'ovule afin de lui transmettre un jeu de chromosomes complémentaire et assurer du même coup le brassage génétique (Albert and Jean, 2009). La tête (figure 5) est composée d'un noyau haploïde (qui ne contient qu'un chromosome de chaque paire), un acrosome, une faible quantité de cytoplasme et de composantes cytosquelettiques (Setchell and Garner, 1991). Le noyau des spermatozoïdes est unique car l'ADN génomique est très compact, pour prendre le moins de place possible, et est majoritairement associé aux petites protéines nucléaires nommées protamines (Chenoweth and Lorton, 2014). L'acrosome est situé dans la partie antérieure de la tête du spermatozoïde. Il est constitué de deux membranes: une membrane intérieure qui suit la partie antérieure du noyau (membrane acrosomique interne) et une membrane extérieure qui est accolée à la membrane plasmique (membrane acrosomique externe), et d'une matrice remplie de protéase (enzymes essentielles telles que

l'hyaluronidase et l'acrosine impliquées dans la pénétration de la zone pellucide de l'ovocyte au moment de la fécondation) (Noakes et al., 2001). Le cytoplasme au niveau du spermatozoïde mûr est très réduit mais il est riche en une large gamme de produits tels que : les enzymes antioxydants oxydoréductases nécessaires pour maintenir l'homéostasie cellulaire au cours de la phase du stockage épидидymaire (Lu et al., 2018), et les lipides, neutres ou sous forme de phospholipides.

Le flagelle permet au spermatozoïde de se mouvoir dans le tractus génital femelle et atteindre l'ovocyte afin de le féconder. Il est composé de quatre parties distinctes: la pièce connective, la pièce intermédiaire, la pièce principale et la pièce terminale (Figure 5). La pièce connective appelée col représente un point de liaison entre la tête et la pièce intermédiaire. Cette dernière contient une couche de mitochondries qui entoure les structures cytosquelettiques. La pièce principale est entourée d'une couche fibreuse qui est unique aux spermatozoïdes et qui sert d'échafaudage aux protéines des voies de signalisation qui sont possiblement impliquées dans la maturation, la motilité, l'hyperactivation et/ou la réaction de l'acrosome. Le flagelle contient un axonème central qui va de la tête jusqu'à la partie terminale de la queue. L'axonème est un complexe de microtubules et il est entouré au niveau des pièces intermédiaire et principale par des fibres denses extérieures (Eddy et al., 2003).

Pour obtenir de l'énergie les spermatozoïdes oxydent surtout le fructose mais aussi le glucose en CO<sub>2</sub> dans les conditions d'aérobic, ou en acide lactique dans les conditions d'anaérobic, l'accumulation de ces déchets (CO<sub>2</sub> ou acide lactique) provoque l'acidification du milieu séminal entraînant ainsi la baisse de la mobilité de spermatozoïdes (Albert and Jean, 2009).

#### **1.2.4. Le plasma séminal**

Comme chez la plupart des ruminants (à l'exception des Camélidés) le plasma séminal du bélier est composé majoritairement des sécrétions de la vésicule séminale (Metafora et al., 1989). La composition du plasma séminal n'est pas constante (Setchell and Garner, 1991) . Elle varie entre les espèces (Gundogan, 2006; Mahmood et al., 2018; Umar et al., 2018) entre les individus (Almadaly et al., 2016) et également chez un même individu d'une récolte à une autre (Juyena and Stelletta, 2012). Elle est aussi influencée chez une même espèce selon la race (Gundogan, 2006; Carvajal-Serna et al., 2018), ou la saison pendant laquelle la semence est récoltée (Arrebola and Abecia, 2017; Benmoula et al., 2017).

Muiño-Blanco et al. (2008) trouvent que l'effet du plasma séminal sur les fonctions spermatiques est complexe. Ces auteurs constatent que ce milieu liquide représente, pour les

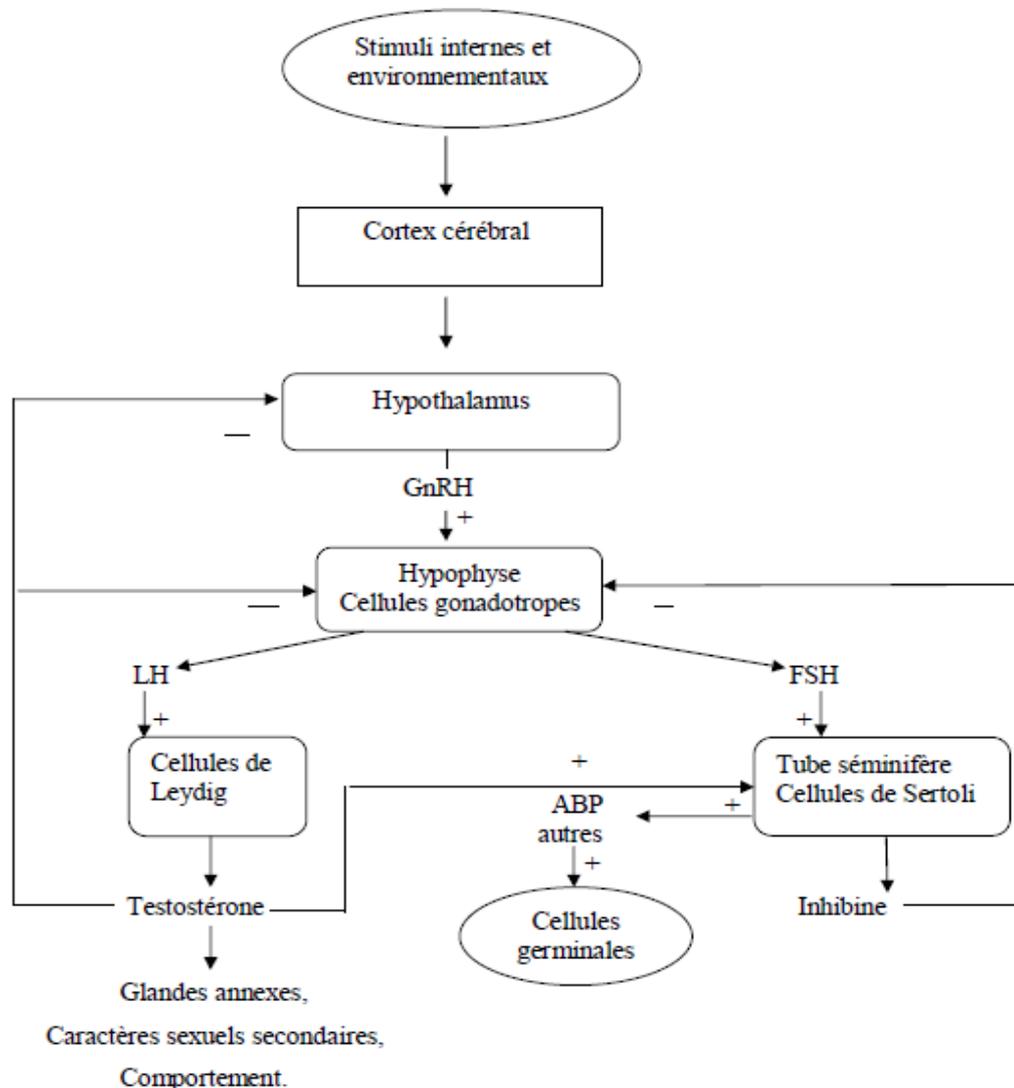
spermatozoïdes en suspension, une source d'éléments nutritifs mais aussi un moyen de protection et de régulation des réactions physiologiques, car certaines de ses composantes sont très importantes pour le métabolisme, le transport, et la survie des gamètes mâles ainsi que pour leur pouvoir fécondant. Plusieurs auteurs (Juyena and Stelletta (2012), Bergstein-Galan et al. (2017) et Smith et al. (2018)) précisent d'ailleurs que l'utilisation de sperme conservé pour l'insémination artificielle chez les animaux d'élevage, qui implique souvent une dilution ou une élimination importante de plasma séminale, conduit à des taux de fécondité inférieurs à ceux de l'accouplement naturel. Almadaly et al. (2016) affirment également qu'une corrélation positive hautement significative existe entre les différents paramètres séminaux (volume de l'éjaculat, mobilité, concentration, et viabilité des spermatozoïdes) et la fertilité des béliers d'une part et la concentration totale en protéine du plasma séminal d'autre part. Manjunath and Thérien (2002) rajoutent que le plasma séminal aurait un rôle à jouer dans la fertilité par la modification de la structure et de la composition de la membrane cellulaire et par l'initiation de la capacitation des spermatozoïdes. D'autre part Visconti et al. (2002) confirment que le changement ionique que subissent les spermatozoïdes épидидymaires qui entrent en contact avec le milieu séminal lors de l'éjaculation stimule leur motilité, et que la maintenance de cette motilité serait assurée par l'intervention des protéines séminale liant le zinc.

Les vésicules séminales sécrètent du fructose, qui sert de substrat métabolique aux spermatozoïdes en leur fournissant l'énergie nécessaire à leur motilité, ainsi que des phosphates ou des citrates (Buckett and Lewis-Jones, 2002; Mahmood et al., 2018). En même temps la prostate, permet une alcalinisation du sperme par la sécrétion d'un liquide à pH = 8, contenant des phospholipides, des bases azotées et des ions divers. La présence de plusieurs ions dans le plasma séminal permet de garder un équilibre osmotique optimal pour les spermatozoïdes. Les ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  sont retrouvés en plus grande concentration, mais il y a aussi, entre autres, des ions  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{CO}_3^{3-}$  et  $\text{Cl}^-$  (Juyena and Stelletta, 2012).

Le plasma séminal contient une grande variété de protéines dont la concentration varie d'une espèce à l'autre. La fonction de certaines des ces protéines n'est pas encore totalement comprise (Carvajal-Serna et al., 2018) Le plasma séminal contient, entre autres, des fibronectines impliquées dans l'adhésion entre les cellules, des facteurs décapacitants (qui préviennent la capacitation), des facteurs stabilisateurs de l'acrosome, des protéines régulant le calcium comme la calmoduline, des protéines liant l'héparine, etc (Muiño-Blanco et al., 2008).

### I.3. Régulation de la fonction de reproduction

Chez les mammifères, le fonctionnement correct du système reproducteur résulte, d'une relation complexe entre un grand nombre de facteurs intrinsèques et extrinsèques (Caraty et al., 2001) (Figure 6).



**Figure 06 :** Régulation hormonale de la fonction sexuelle du mâle (Bonnes et al., 2005; Silverthorn et al., 2007). GnRH: Gonadotropin-Releasing Hormone. LH: Luteinizing Hormone. FSH: Follicle Stimulating Hormone. ABP: Androgen Binding Protein.

Selon plusieurs auteurs (Kolb, 1975; McLachlan et al., 1995; Hafez et al., 2000; Caraty et al., 2001; Silverthorn et al., 2007; Chastant-Maillard et al., 2014; Migaud et al., 2016; Sherwood et al., 2016) l'un des concepts fondamentaux concernant la régulation de la fonction sexuelle implique l'intervention d'un mécanisme neuroendocrinien complexe. Ce mécanisme est orchestré par l'hypothalamus à travers la sécrétion d'une neurohormone spécifique: la GnRH

(Gonadotropin-Releasing Hormone), cette dernière se présente comme un message humoral reliant les systèmes nerveux et endocriniens. Chez le mâle, l'activité des gonades (la spermatogenèse et la stéroïdogenèse) est commandée par les sécrétions gonadotropes de l'hypophyse, elles même gouvernées par la GnRH, mais en plus de cette neurohormone, il a été établi que, beaucoup d'autres signaux porteurs d'informations convergent vers les cellules gonadotropes hypophysaires et sont susceptibles, seuls ou en combinaison avec la GnRH, d'influencer leur fonctionnement. On peut citer les hormones produites par la gonade : la testostérone, les facteurs de croissances notamment ceux appartenant à la famille du TGF (Transforming growth factor-B) sous famille de l'activine/inhibine (Counis et al., 2005), ou encore les signaux associés au statut énergétique comme les hormones adipocytaires de type adipokines, l'insuline et les nutriments (Blache et al., 2000). Dans le même contexte, le message hypothalamique à GnRH n'est établi qu'après intégration de très nombreuses données parvenant au système nerveux central : celles relatives à la fonction de reproduction, mais aussi celles relatives à toutes les composantes fonctionnelles de l'organisme (milieu intérieur) ainsi que celles provenant de l'environnement dans lequel évolue cet organisme (milieu extérieur).

### **I.3.1. Hormones hypothalamo-hypophysaires**

L'ensemble représenté par l'hypophyse d'une part et l'hypothalamus d'autre part constitue un tout, tant du point de vue anatomique que du point de vue fonctionnel (Hafez et al., 2000; Chastant-Maillard et al., 2014; Migaud et al., 2016). Le contrôle de la fonction sexuelle du mâle exercé par cet ensemble, est extrêmement important et très précoce, Vaissaire (1977) précise que l'hypophysectomie chez l'agneau entraîne une régression pondérale marquée et définitive du testicule due à l'involution des tubes séminifères et du tissu interstitiel. Alors que chez l'adulte, cette opération conduit à la suppression de la spermatogenèse et que l'injection d'extraits hypophysaires permet de la régénérer complètement. De même Chastant-Maillard et al. (2014) avancent que des mutations de la GnRH de type I ou de son récepteur conduisent à un hypogonadisme hypogonadotrope caractérisé par l'absence de puberté et des niveaux très bas de stéroïdes sexuels ainsi que d'hormones gonadotropes hypophysaires.

#### **I.3.1.1. GnRH (Gonadotropin-Releasing Hormone)**

La molécule de GnRH est un décapeptide présent dans le cerveau des mammifères sous deux formes : GnRH-I (dit également GnRH mammalien) et GnRH-II (Morgan et al., 2006). Cependant selon Kottler and Richard (2008) et Chastant-Maillard et al. (2014) seul le rôle de

la forme GnRH-I dans le contrôle neurohormonal de la fonction de reproduction chez les mammifères a été confirmé.

Ce neuropeptide est sécrété au niveau de la base de l'hypothalamus dans les capillaires du système porte hypothalamo-hypophysaire, pour exercer son action stimulatrice sur les cellules gonadotropes de l'hypophyse antérieure en vue de la libération de la LH (Luteinizing Hormone) et de la FSH (Follicule Stimulating Hormone) (Chastant-Maillard et al., 2014). Counis et al. (2001) constatent que cette neurohormone est un régulateur majeur de l'expression des gènes des sous unités des gonadotrophines FSH et LH. L'action de la GnRH se traduit par une augmentation de la transcription, une stabilisation des ARN<sub>messenger</sub> et une synthèse accrue des sous unités glycoprotéiques ( $\alpha$  commune et  $\beta$  différente et spécifique de chaque hormone FSH ou LH). Counis et al. (2005) rajoutent que de nombreuses situations expérimentales visant à supprimer ou à limiter la sécrétion de la GnRH permettent de montrer son importance sur la synthèse et la libération de ces deux hormones, par exemple : chez le mouton, un blocage de l'action de la GnRH par immunisation ou par déconnexion hypothalamo-hypophysaire provoque une chute drastique des gonadotropines hypophysaires et circulants.

Plusieurs auteurs ( Caraty et al. (2001) ; Counis et al. (2005) ; Kottler and Richard (2008)) trouvent que la synthèse de la GnRH est probablement influencée par un rétrocontrôle exercé par la LH et/ou la GnRH elle-même. En effet, selon ces mêmes auteurs, l'existence, d'une part, d'un flux sanguin rétrograde dans le système porte hypothalamo-hypophysaire entraînant la possibilité d'un retour veino-artériel par une diffusion à contre courant, et la présence, d'autre part, de récepteurs à LH et à GnRH dans le système nerveux central, peut conduire à émettre l'hypothèse de l'intervention d'une telle rétroaction dans la régulation de la sécrétion de la GnRH. A cela on peut rajouter également l'effet de la neuropeptide hypothalamique appelée : GnIH (gonadotropin Inhibing hormone) sur le contrôle de la synthèse et de l'activité de la GnRH (Sherwood et al., 2016). Des études récentes (Tsutsui et al., 2012; 2013; Tsutsui and Ubuka, 2018) ont montré que la GnIH, exerce une action inhibitrice directe sur les neurones à GnRH en induisant une hyperpolarisation d'une partie importante de la population de ces neurones. Il est à signaler que les récepteurs de la GnIH sont également exprimés au niveau de l'hypophyse antérieure. Sari et al. (2009) constatent que chez les ovins l'action de la GnIH à ce niveau entraine la réduction de l'expression des gènes des sous unités des gonadotropines LH et FSH ce qui se traduit par une baisse de l'amplitude des pulses LH. Il y a lieu également de relever l'effet stimulateur de l'activation de la fonction corticotrope (en

cas de stress par exemple) sur la synthèse et la libération de GnIH, Tsutsui et al. (2013) explique que les glucocorticoïdes agissent directement via les récepteurs membranaires spécifiques exprimés au niveau des neurones à GnIH.

Par ailleurs, l'une des caractéristiques fondamentales des neurones hypothalamiques à GnRH pourrait être leur capacité à générer des potentiels d'action, de façon unitaire et épisodique entraînant une sécrétion de la GnRH en pulse; en d'autres termes, l'hormone passe par un épisode de libération, intense mais bref dans le temps, à la suite duquel sa concentration plasmatique décroît progressivement pour atteindre une valeur minimale où elle stagne jusqu'à la prochaine pulsation. Cette pulsatilité est d'ailleurs indispensable au maintien de la fonction de reproduction (Chastant-Maillard et al., 2014). Chez les ovins l'amplitude des pulsations de GnRH est de l'ordre de 20 à 50 pg/ml, alors que leur fréquence est variable. Il a été démontré qu'il existe une corrélation entre la survenue d'un pulse de GnRH et celle d'un pulse de LH et/ou de FSH (Clarke et Cummins (1982) cités par Migaud et al. (2016) ; Caraty et al. (2001)). Counis et al. (2005) précisent que le GnRH exerce une action différentielle sur ces deux hormones. Ainsi, les hautes fréquences de libération de GnRH conduisent à la sécrétion de la LH alors que les basses fréquences sont responsables de la sécrétion de la FSH.

#### **I.3.1.2. LH (Luteinizing Hormone)**

Encore appelée ICSH (Interstitial Cell Stimulating Hormone). La mesure de la LH plasmatique dans la circulation générale indique un mode de sécrétion presque exclusivement pulsatile (Counis et al., 2001). Chez le mâle, les récepteurs membranaires à LH sont exprimés essentiellement au niveau des cellules de Leydig (McLachlan et al., 1995). La LH intervient en stimulant la production d'androgènes à ce niveau (Setchell and Garner, 1991). Il y a lieu de noter que l'action de LH au niveau de ces cellules serait favorisée par la prolactine (Drion et al., 1993). Petridou et al. (2001) expliquent que chez le bélier, l'activation du récepteur de la prolactine, exprimé à la surface des cellules de Leydig, pourrait jouer un rôle direct sur la production de testostérone et indirect en augmentant le nombre de récepteurs de LH.

#### **I.3.1.3. FSH (Follicle Stimulating Hormone)**

Elle est également appelée Spermatogenesis Stimulation Hormone (SSH) (Hafez et al., 2000). A la puberté, la concentration de FSH dans le sang atteint normalement un pic et provoque une hypertrophie des cellules de Sertoli associée à une augmentation du diamètre des tubes séminifères (Lincoln (1979) cité par Schoeman and Combrink (1987)). Au cours du cycle sexuel, le rythme de sécrétion de la FSH n'est pas du type pulsatile chez les ovins (Caraty et

al., 2001; Martin et al., 2004b). Cette hormone, stimule les tubules séminifères pour augmenter de volume, ce qui se traduit par une augmentation de circonférence scrotale (Lincoln et al., 1990). Elle stimule aussi la spermatogenèse mais n'accélère pas l'apparition de spermatozoïdes matures (Vaissaire, 1977). La FSH stimule, directement les cellules de Sertoli qui secrètent de nombreux facteurs spermatogénétiques et endocrines, indispensables pour le contrôle du métabolisme, de la différenciation et de la maturation des cellules de la lignée germinale (McLachlan et al., 1995) parmi lesquels :

- L'inhibine : c'est une hormone glycoprotéique, appartenant à la famille du TGF- $\beta$ . Selon McKeown et al. (1997) la propriété essentielle de l'inhibine, celle qui lui a donné son nom est sa capacité d'inhiber, par rétroaction endocrine en boucle fermée, la synthèse et/ou la sécrétion de la FSH hypophysaire. Toutefois la sécrétion de LH n'est pas affectée. L'action de l'inhibine passe en partie par la déstabilisation de l'ARN<sub>messenger</sub> codant pour les sous unités de la FSH. Josso and Rey (1995) trouvent qu'outre son effet endocrine proprement dit, l'inhibine par action paracrine potentialise l'effet de la LH sur la production d'androgènes.
- L'activine : elle est synthétisée à la fois par les cellules de Sertoli et par les cellules interstitielles, mais elle est également présente dans de nombreux autres tissus tels que la moelle osseuse et le placenta (Josso and Rey, 1995). L'activine possède une activité biologique diamétralement opposée à celle de l'inhibine, en particulier elle stimule la sécrétion de FSH par l'hypophyse, ainsi que les productions des cellules de Leydig.
- Un facteur de liaison des androgènes : ABP (Androgenes Binding Protein) lie la testostérone et assure son transport et son maintien en concentration élevée dans les fluides tubulaires et épидидymaires.
- Différents facteurs de croissance et de différenciation des spermatogonies tels que : les FGF  $\alpha$  et  $\beta$  (Fibroblast Growth Factor), l'IGF1 (Insulin-like Growth Factor), et l'Interleukine II, etc. (Noakes et al., 2001; Gilles et al., 2006; Silverthorn et al., 2007).

### **I. 3.2. Hormones testiculaires : La testostérone**

Chez le bétail, la castration a pour effet d'abolir les caractères sexuels propres au mâle (intérêt pour les femelles, agressivité,...). L'élément responsable de cet effet fut décrit en 1849 comme un facteur testiculaire transporté par le sang, car il a été noté qu'après la castration, l'implantation d'un testicule dans la cavité péritonéale de l'animal rétablissait ces conduites sexuelles (Berthold, (1849) cité par Vaissaire (1977)). Presque un siècle après, l'hormone

responsable : la testostérone a été isolée et caractérisée (David et al. (1935) cités par Vaissaire (1977)).

La synthèse de la testostérone se fait à partir du cholestérol, dans les cellules de Leydig (fonction endocrine du testicule). Il s'agit d'une chaîne de biosynthèse qui met en jeu un système enzymatique en cascade. Ainsi, au niveau de la mitochondrie a lieu le clivage de la chaîne latérale du cholestérol pour obtenir de la pregnénolone qui sera ensuite métabolisée en testostérone dans le réticulum endoplasmique lisse. Chez le mâle, la majeure partie de la testostérone est produite par le testicule (95%) mais une petite quantité est aussi produite par les glandes surrénales (Robel, 2001).

Les androgènes sont essentiels à la fertilité et au maintien de la spermatogénèse. En l'absence de stimulation par la testostérone (défaut de synthèse, ou d'activation des récepteurs de testostérone), la spermatogénèse ne dépasse pas le stade de la méiose. Cette hormone agit en activant les cellules de Sertoli qui représentent la principale cible cellulaire et le transducteur des signaux de testostérone destinés aux cellules germinales en développement. Il a été établi que des taux relativement élevés de testostérone sont nécessaires pour le maintien de l'activité structurelle et fonctionnelle de la spermatogénèse (Hull and Rodríguez-Manzo, 2017). Cependant, selon (Walker, 2011) les concentrations plasmatiques optimales requises ne sont pas encore définies chez les différentes espèces.

La testostérone contrôle aussi d'autres caractères sexuels primaires, qui concernent le fonctionnement de l'appareil reproducteur et les sécrétions des glandes annexes (McLachlan et al., 1995). Il en est de même pour les caractères sexuels secondaires (morphologie, développement) et tertiaires (combativité, comportement sexuels, libido) qui apparaissent à la puberté et seront maintenus ensuite chez l'adulte sous l'action de cette hormone (Hull and Rodríguez-Manzo, 2017). Il a été démontré que les mâles ont une libération réflexe de testostérone, en présence de phéromones issues de femelles, ou de mâles intrus et après l'éjaculation (Perkins et al., 1992; Gleason et al., 2009; Hull and Rodríguez-Manzo, 2017). De plus, Perkins et al. (1992) affirment que les béliers présentant un nombre de sauts et d'éjaculations élevé en présence de brebis en œstrus, expriment des taux de LH et de testostérone significativement plus élevés comparativement aux béliers à faible performance sexuelle.

Par ailleurs, la testostérone inhibe par rétroaction négative la sécrétion de LH (Drion et al., 1993; Perkins and Roselli, 2007), mais aussi celle de GnRH. Ainsi, la castration de l'animal

induit une augmentation de la sécrétion du GnRH et des niveaux de ses ARN<sub>messager</sub> associée à une élévation de la fréquence d'apparition des pulses de LH, qui peuvent atteindre jusqu'à 1-3 pulses/heure (alors qu'elle se limite à 1-10 pulses/jours chez le sujet non castré) (Caraty et al., 2001). Chez le mâle, l'action des androgènes au niveau de l'hypophyse se traduit par une inhibition de l'expression des gènes des sous unités  $\alpha$  et  $\beta$  LH (Counis et al., 2001). Toutefois, leur mode d'action sur les neurones à GnRH est l'objet de controverse (Kottler and Richard, 2008). Couse et al. (2003) suggèrent que le rétrocontrôle négatif sur la libération du GnRH s'exerce directement *via* un récepteur aux androgènes présent sur les neurones, alors que pour Perkins and Roselli (2007), la testostérone agit de façon indirecte *via* des récepteurs à l'œstradiol, après sa conversion en œstradiol par l'aromatase.

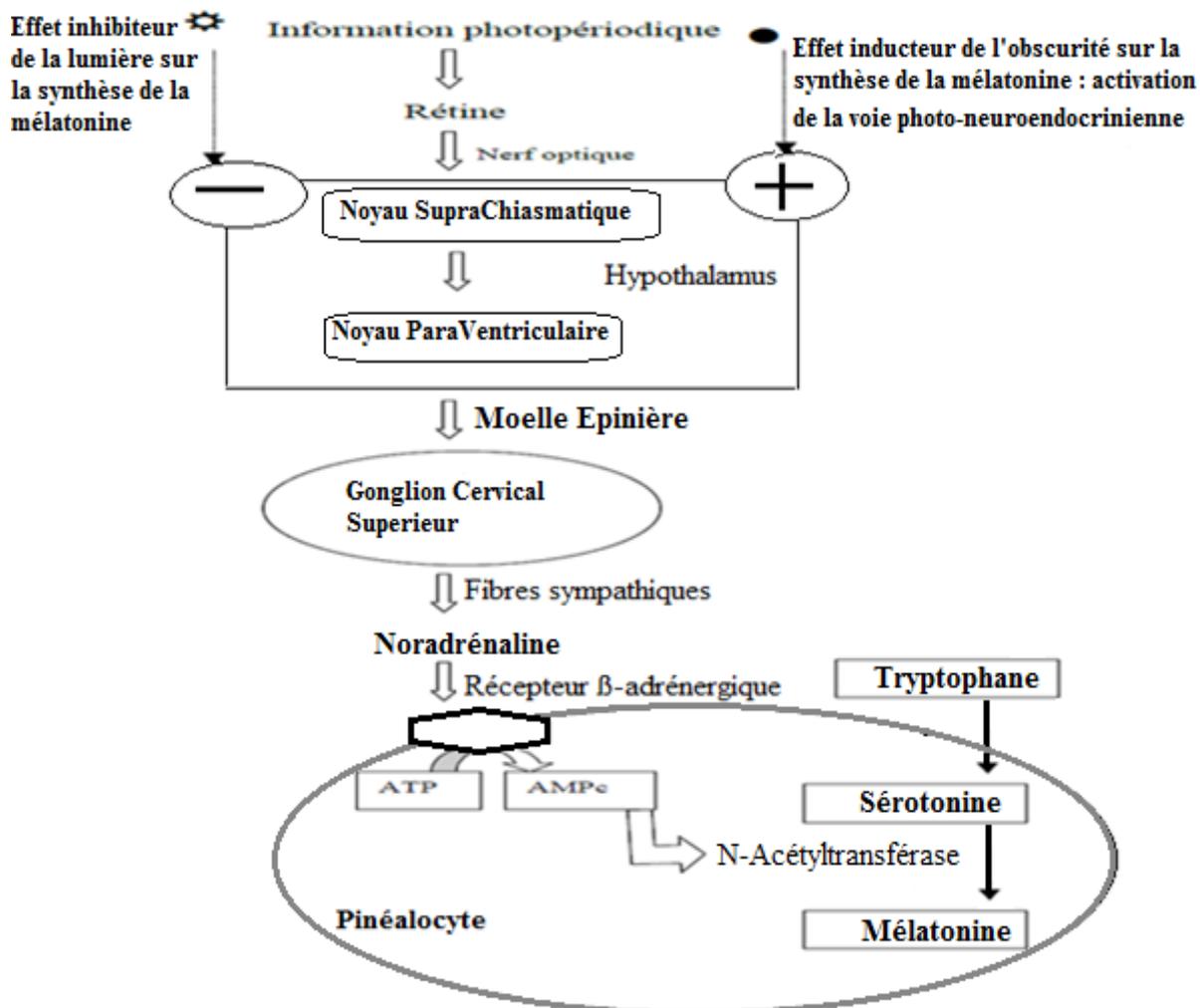
### **I.3.3. Hormone sécrétée par l'épiphyse : La mélatonine**

La glande pinéale ou épiphyse est une petite glande de 3 à 6 mm de long chez les ovins, elle fait partie du diencephale et plus précisément de l'épithalamus (Hafez et al., 2000). Située à proximité de grandes zones intégratrices d'informations environnementales, cette glande est impliquée dans la transmission de l'information photopériodique (Pfeffer et al., 2018) : elle capte cette information lumineuse via les photorécepteurs de la rétine, la décode et la transmet à l'ensemble de l'organisme (Arendt, 1998).

En effet, la lumière a un effet inhibiteur sur l'activité des neurones du noyau suprachiasmatique (siège de l'horloge circadienne chez les mammifères) de l'hypothalamus antérieur (Li and Zhou, 2015) , et par conséquent la voie photo-neuroendocrinienne n'est activée qu'au cours de la phase sombre du nyctémère (Stehle et al., 1993), par un relais de fibres sympathiques qui libèrent, la noradrénaline dans les espaces synaptiques épiphysaires. La noradrénaline interagit au niveau de la membrane du pinéaloocyte avec les récepteurs  $\beta$ -adrénergiques. Ces récepteurs sont couplés à l'adénylate cyclase, et leur activation conduit à une augmentation intracellulaire en AMPc (Stehle et al., 1993), ce second messenger stimule finalement la synthèse de la sérotonine N-acétyltransférase, enzyme qui catalyse la transformation de sérotonine en mélatonine (N-Acétyl-5-Méthoxy tryptamine) (Figure 7) (Arendt, 1998; Pevet et al., 2017; Tsutsui and Ubuka, 2018).

Il est à signaler également que la mélatonine n'est pas stockée dans des vésicules avant sa libération et qu'il existe donc un parallélisme entre ses profils de concentrations plasmatiques et de taux de synthèse dans la glande pinéale (Sheikheldin et al., 1992; Malpoux, 2001). Chez les ovins, les taux plasmatiques circulants diurnes sont de l'ordre de 1 à 5 pg/ml et ces taux

atteignent quelques centaines de pg/ml au cours de la phase sombre du nyctémère. Ainsi la durée de présence de taux élevés de mélatonine est égale à la longueur de la nuit (Sheikheldin et al., 1992; Malpaux et al., 1996a; Malpaux et al., 1996b).



**Figure 7:** Voies neuroendocriniennes transmettant l'information photopériodique à la glande pinéale (Arendt, 1998).

Les ovins sont qualifiés de reproducteurs en jours courts, car chez les deux sexes, il existe une période d'activité sexuelle maximum qui s'observe en général d'Aout à février (Chemineau et al., 1992; Malpaux et al., 1996b; Rosa and Bryant, 2003). Durant cette période, la durée de l'éclairage diurne diminue, ce qui entraîne, une présence de taux élevé de mélatonine sur un intervalle de temps plus long. Chez le bélier, cette transition photopériodique, accompagnée d'augmentation de concentration de mélatonine, inhibe l'expression de la GnIH (Tsutsui et al., 2013; Li and Zhou, 2015), stimule l'activité des neurones à GnRH (Lincoln and Maeda, 1992; Tsutsui and Ubuka, 2018), et augmente la fréquence des pulsations de LH

ainsi que celles de la testostérone (Deng et al., 2018; Yu et al., 2018). Précisons toutefois que la réponse des animaux saisonniers aux changements artificiels de la photopériode est tributaire de leur passé photopériodique (Chemineau et al., 1992; Abecia et al., 2017).

La mise en évidence du rôle de la mélatonine dans le contrôle photopériodique de la reproduction a permis le développement de traitements destinés à la maîtrise de la reproduction des petits ruminants (Colas et al., 1985; Chemineau et al., 1988; Chemineau et al., 1992; Malpaux et al., 1995; Chemineau et al., 1996b; Zuniga et al., 2002; Abecia et al., 2016). Ainsi, un avancement de la croissance testiculaire et une amélioration de la production spermatique peuvent être obtenus par l'utilisation d'implants de mélatonine et/ou de traitement photopériodique (Chemineau et al., 1996a; Chemineau et al., 1996b; Chemineau et al., 2009). Chez les béliers, la succession de périodes de jours longs mimés par des flashes lumineux et de périodes de jours courts mimés par des implants de mélatonine stimule l'induction et le maintien à contre saison d'une activité spermatogénique élevée, cela permettra par exemple aux centres d'insémination artificielle, de disposer de semence fraîche aux périodes de faible activité sexuelle du mâle (Picard-Hagen et al., 1996). En outre, l'utilisation de traitement à base de mélatonine seule provoque l'avancement de la date de la saison sexuelle annuelle, de 1- 1,5 mois, chez les races saisonnées originaires de l'Europe du Nord, dont le début de saison se situe en septembre. Ce type de traitement permet aussi, chez les races peu saisonnées telles que le Mérinos, d'augmenter de façon significative la fertilité et la prolificité des femelles. (Chemineau et al., 1992; Arendt, 1998) ainsi que la libido des béliers (Rosa et al., 2000).

#### **I.4. Collecte et évaluation de la semence**

##### **I.4.1. Techniques de collecte de la semence**

L'estimation du potentiel de fertilité d'un bélier passe par l'évaluation de la qualité et de la quantité de semence produite (Gordon, 2017; Tibary et al., 2018). Matthews et al. (2003) Marco-Jimenez et al. (2005) affirment que la technique utilisée pour la collecte du sperme peut avoir un effet majeur sur la qualité de l'échantillon. C'est pourquoi, nous allons essayer de décrire ci-dessous les principales techniques utilisées chez les béliers.

###### **I.4.1.1. Vagin naturelle (post-coïtum)**

Le début de l'utilisation de cette technique remonte à quelques essais réalisés par des bédouins arabes, au XIV<sup>ème</sup> siècle chez la jument, dans le but d'utiliser la semence récoltée pour l'insémination artificielle (Eduardo Villena et al., 2003) .

L'obtention de semences post-coitum dans un vagin, de forme directe, est réalisée souvent en utilisant des femelles nymphomanes, avec un appareil génital décontracté. L'éjaculat est aspiré avec une éponge placée dans le fond du vagin pour empêcher son passage à l'utérus, cette aspiration permet seulement d'absorber 80 à 90% de l'éjaculat, de plus, durant l'absorption il meurt 15% du total des spermatozoïdes (Eduardo Villena et al., 2003).

Le vagin est l'organe copulateur chez la femelle. Il peut également être considéré comme un passage commun à la fois pour les systèmes urinaires et reproducteurs. Le sperme du bélier est déposé au cours de l'accouplement naturel au niveau de la partie distale du vagin juste à l'entrée du col de l'utérus (Dudouet, 2003; Bergstein-Galan et al., 2017). Deux caractéristiques anatomiques et physiologiques particulières rendent cette technique difficile : premièrement le col de l'utérus demeure habituellement fermé sauf au moment de la parturition et les périodes des chaleurs, deuxièmement la présence chez la brebis des anneaux cervicaux de nature fibreuse (Brice et al., 1997). L'éjaculat correspond à celui d'un coït naturel, mais il a l'inconvénient de se mélanger avec les exsudats vaginaux qui altèrent les capacités biologiques des spermatozoïdes (Eduardo Villena et al., 2003; Bergstein-Galan et al., 2017).

#### **I.4.1.2. Vagin artificiel**

Les premiers essais de l'utilisation du vagin artificiel chez les ovins ont été réalisés en URSS dès 1920 (Gordon, 2017).

Cette technique de récolte, simple et rapide, est la plus usitée (Bergstein-Galan et al., 2017; Smith et al., 2018). Elle permet d'obtenir un éjaculat total assez propre, non contaminé, et similaire à l'échantillon naturel. L'appareil employé est le même que celui utilisé pour le taureau, mais en plus petit, sa longueur est de 18 à 20 cm et son diamètre de 5 cm environ. Il se compose d'un cylindre rigide, tapissé sur sa face interne d'une chemise souple (en plastique ou en caoutchouc). L'espace entre ces deux éléments formera une chambre interne étanche. Un adaptateur conique qui est fixé à sa base au cylindre sera relié à sa tête au tube collecteur (en verre et gradué en ml). La chambre interne sera remplie d'une eau assez tiède (45-55 °C) pour amener la température intérieure du corps du vagin artificiel à quelques degrés au-dessus de la température normale du corps (Michelat and Chauvier, 1974; Vaissaire, 1977). Selon plusieurs auteurs (Hafez et al. (2000) ; Donovan et al. (2001) et Smith et al. (2018)) la température de l'eau et la nature souple de la chambre interne simulent les conditions naturelles que les organes génitaux externes féminins présentent pendant le coït.

Le collecteur de sperme doit maintenir le vagin artificiel incliné par rapport au sol afin que son axe longitudinal soit parallèle à la ligne du pénis pendant la collecte. Dès que le bélier monte, le pénis est dévié manuellement du vagin naturel dans le vagin artificiel, et le mâle éjacule naturellement.

Certains auteurs (Yotov et al., 2011; Gordon, 2017) affirment que l'avantage majeur de l'usage du vagin artificiel chez les béliers consiste en la possibilité de réaliser des récoltes fréquentes en une seule journée (jusqu'à 8 récoltes par jour) du fait des grandes réserves spermatiques estimées à plus de 30 milliards de spermatozoïdes.

Toutefois, Matthews et al. (2003) constatent que l'un des principaux inconvénients de cette méthode est la très forte sensibilité des animaux aux conditions de température et de pression du vagin lors de chaque récolte. En effet l'emploi répété de vagins artificiels à des températures non optimales provoquera l'apparition d'inhibitions entraînant le refus de faire la saillie. En outre, Holt (1974) signale qu'il est nécessaire d'utiliser des béliers entraînés au moins quatre semaines au préalable. La durée de cette période d'entraînement dépendra de plusieurs facteurs liés au : comportement sexuel du bélier, son âge, son expérience sexuelle et enfin à la dextérité de l'opérateur, tout en soulignant qu'il est possible que certains mâles ne répondent pas à cette technique.

#### **I.4.1.3. Electro-éjaculation**

La première utilisation de l'électro-éjaculateur pour la récolte de sperme a été réalisée en Australie (Gunn, 1936). L'électro-éjaculateur est un appareil constitué d'une sonde rectale (longueur 26 cm, diamètre 2.5cm) à électrodes longitudinales ou circulaires (au nombre de deux ou trois), et d'un système fournisseur d'électricité sous forme de pulsations électriques. L'électro-éjaculation consiste à stimuler le plexus nerveux au niveau de la moelle épinière entre la 4ème vertèbre lombaire et les premières vertèbres sacrées, stimulant ainsi la sphère génitale, et donc les zones lombo-sacrées déterminant l'érection et l'éjaculation (Carter et al., 1990). On place la sonde dans le rectum, ses électrodes dirigées vers le plancher du rectum. Après quelques stimulations électriques rythmiques de 2 à 20 Voltes et de 5 à 10 secondes d'intervalles, l'éjaculation se produit et le sperme est recueilli dans un tube de collecte gradué (Thériault et al., 2012).

Malejane et al. (2014) rapportent que les éjaculats obtenus par électro-éjaculation présentent un volume plus important, mais une plus faible concentration en sperme, par rapport à ceux obtenus en utilisant le vagin artificiel, cependant, Carter et al. (1990) et Matthews et al.

(2003), précisent que le nombre total de spermatozoïdes et les niveaux de fécondité ainsi que les caractères qualitatifs des éjaculats demeurent sensiblement les mêmes pour les deux techniques. Toutefois bien que la fertilité de la semence recueillie soit similaire à celle obtenue avec le vagin artificiel (Colas et al., 1975), des études récentes montrent que la semence du bélier obtenue par induction électrique est plus sensible aux chocs du froid et possède une moins bonne résistance spermatique à la réfrigération et à la congélation (Anderson et al., 1995; Garde et al., 2003; Matthews et al., 2003; Okano et al., 2004; Malejane et al., 2014).

Précisons que des mesures importantes sont à prendre pour assurer une meilleure qualité des échantillons. Ces mesures comprennent :

- L'hygiène : couper les longs poils et laver la peau du fourreau avant l'opération le temps de permettre un séchage total de la partie humidifiée
- Une stimulation sexuelle adéquate quelque minutes avant la collecte en utilisant des brebis stimulatrices (pour provoquer une éjaculation maximale) (Foote, 1978; Lezama et al., 2003)
- La limitation de toute action brusque afin d'éviter tout stress à l'animal (Salisbury et al., 1978).

Après l'épreuve de l'électro-éjaculation les animaux ne présentent aucun effet nocif ni aucune perte de condition apparents liés à cette technique. Cependant, pendant l'application, le courant électrique généré par la sonde rectale peut entraîner des contractions tétaniques générales pendant de très courte durée sur tous les muscles du corps, et une incapacité motrice légère et temporaire de l'arrière train et des membres postérieurs (Mosure et al., 1998). De plus la température rectale, et la fréquence respiratoire peuvent augmenter de façon significative suite à cette stimulation (Boussena b et al., 2013).

L'avantage majeur de l'utilisation de l'électro-éjaculateur est qu'aucun entraînement n'est requis par le bélier, ce qui en fait la technique la plus pratique et la plus réalisable au niveau des fermes, notamment quand il s'agit d'un grand nombre d'animaux (Foote, 2002).

#### **I. 4. 2. Méthodes d'évaluation de la semence**

L'évaluation du potentiel de fertilité des géniteurs peut se faire de deux façons distinctes :

- In vitro (indirecte) par l'examen du sperme récolté,

- In vivo (directe), par l'évaluation de la fécondité directe du géniteur lors de la lutte (Hafez et al., 2000).

En ce qui concerne l'évaluation in vitro, David (2008) constate qu'il est nécessaire de déterminer la quantité de spermatozoïdes par éjaculat, qui dépend du volume et de la concentration de l'échantillon, et les caractéristiques qualitatives du sperme qui se composent de la mobilité (massale et individuelle) et de la morphologie des spermatozoïdes. Ces examens doivent se faire au plus tard dans les vingt minutes qui suivent la collecte. Au niveau des centres d'insémination artificiel, la connaissance de ces paramètres est indispensable pour connaître le nombre de doses d'insémination et par conséquent le nombre de femelles pouvant être inséminées avec un éjaculat (Setchell and Garner, 1991).

ces tests et examens sont regroupés en trois types : macroscopiques (volume, couleur, consistance), microscopiques (mobilité, concentration, forme anormale), et biochimiques (pH et tests métaboliques) (Hafez et al., 2000; Foote, 2002).

#### I.4.2.1. Apparence et volume du sperme

Le sperme du bélier varie du blanc laiteux au crémeux (Bag et al., 2002). Une forte corrélation existe entre la couleur, la consistance et la concentration en spermatozoïde de l'éjaculat (Boussena b et al., 2014). Une note de 0 à 5 est donnée à l'échantillon selon sa consistance (Tableau ci-dessous)

**Tableau 1** : Estimation de la consistance de semence chez le Bélier (Hafez et al., 2000)

	Consistance	Estimation du nombre de spermatozoïdes ( $10^9$ )	
		Moyenne	Variation
<b>5</b>	Crémeux épais	5.0	4.5 - 6.0
<b>4</b>	Crémeux	4.0	3.5 - 4.5
<b>3</b>	Légèrement crémeux	3.0	2.5 – 3.5
<b>2</b>	Laiteux	2.0	1.0 - 2.5
<b>1</b>	Trouble	0.7	0.3 – 1.0
<b>0</b>	Claire (aqueux)	Non significatif	

La présence de sang dans le sperme est indiquée par une couleur rose et peut être due à une blessure ou à une maladie de l'appareil reproducteur, alors qu'une couleur grise ou brune est liée à sa contamination ou son infection. L'urine peut être présente quand un électro-éjaculateur est utilisé et ceci est indiqué par une coloration jaunâtre de l'échantillon, qui prend

un aspect trop dilué et présente une forte odeur (Marco-Jimenez et al., 2005). Tout échantillon contaminé doit être éliminé.

Le volume de l'éjaculat est très différent selon les différentes espèces d'animaux d'élevage (tableau 2). Il est généralement proportionnel à la taille de l'animal.

**Tableau 2** : Volume de sperme chez différentes espèces (Gordon, 2017)

<b>Espèce</b>	<b>Volume d'un seul éjaculat (ml)</b>
<b>Étalon</b>	50-100
<b>Taureau</b>	5.0
<b>Bélier</b>	0.5-3.0
<b>Verrat</b>	200-250

Le volume de sperme éjaculé peut être mesuré visuellement à l'aide d'un tube gradué avec une précision de 0.1 à 0.05 ml (Setchell and Garner, 1991) ou calculé à partir du poids de la semence (volume = poids x1.05) (Brito et al., 2002; Fuerst-Waltl et al., 2006).

Pour Kridli et al. (2006) ce volume varie selon la méthode de collecte : électro-ejaculateur ou vagin artificiel, il est plus importants lors d'électro-éjaculation ; Alors que pour Marco-Jimenez et al. (2005) et Matthews et al. (2003), en termes de volume, aucune différence significative n'a été enregistrée. Ils précisent toutefois que seule la concentration en spermatozoïdes est significativement plus élevée avec la technique du vagin artificiel.

D'autres facteurs tels que : la race (Fernandez-Abella et al., 1999; Aller et al., 2012), l'âge (Boussena a et al., 2014; Argiris et al., 2018), la saison (Aguirre, 2007; Al-Anazi et al., 2017), la nutrition (Ghorbankhani et al., 2015), la fréquence de collecte (Thwaites, 1995; Ollero et al., 1996; Noirault and Brillard, 1999) ou la compétence du collecteur (David, 2008) peuvent influencer le volume de l'éjaculat.

#### **I.4.2.2 Concentration et pH de sperme**

Le pH du sperme est mesuré à l'aide d'un pH-mètre ou du papier indicateur. Comme cité précédemment cette mesure doit se faire immédiatement après la récolte (le sperme s'acidifie rapidement par accumulation d'acide lactique). Chez le bélier, le pH est légèrement acide 6.5 à 6.9 (Juyena and Stelletta, 2012; Tejaswi et al., 2016). Il devient alcalin chez les sujets

stériles ou peu féconds. Il est corrélé à la concentration et à la vivacité du sperme. Plus un sperme est concentré, plus son pH est acide et peut atteindre 5.9 (Derivaux and Ectors, 1989).

La concentration du sperme du bélier, varie de 1 à  $6 \times 10^9$  spermatozoïdes/ml. Elle peut être mesurée à l'aide d'un hématimètre (cellule de Thoma ou de Malassez), ou d'un spectrophotomètre.

L'hématicytomètre est constituée d'un plateau de verre, creusé de deux gouttières encadrées par deux tétons surélevés, et d'une plaque de verre quadrillée en 100 rectangles de 250 microns de longs et de 200 microns de large. La hauteur entre la lame de verre et le plateau est de 200 microns. Le volume de la cellule est donc de  $1/100 \text{ mm}^3$  et de  $1 \text{ mm}^3$  pour 100 rectangles. Le décompte s'effectue sur 10 grands rectangles constitués chacun de 10 petits rectangles. Un échantillon de sperme est dilué dans un rapport fixe avec une solution à base de chlorure de sodium à 9‰ ou de sérum physiologique formolé afin de tuer les spermatozoïdes et les rendre ainsi immobiles. Ensuite une goutte de ce mélange est déposée sur la cellule hématimétrique le nombre de spermatozoïdes dans chaque rectangle est compté sous microscope optique, et multiplié par le facteur de dilution utilisé (Gauiliard, 2008; Brito et al., 2016) Cette technique est très précise, mais prend beaucoup de temps.

Le spectrophotomètre mesure l'absorbance (ou la densité optique) du sperme, après dilution d'un volume constant de semence pure dans une solution de sérum physiologique formolée. Cette technique est très efficace et rapide, mais l'absorbance peut être indirectement augmentée suite à la présence de débris cellulaires, ou d'un diluant trouble (Brito et al., 2016).

#### **I.4.2.3. Mobilité des spermatozoïdes**

L'échantillon de sperme peut être également évalué en fonction des mouvements des vagues qu'effectuent les spermatozoïdes, c'est-à-dire la motilité de masse de ces gamètes. Cet examen standard permet de prédire, mais de façon subjective, le pourcentage de spermatozoïdes mobiles. Pour réaliser cet examen, une goutte de semence est posée sur une lame chauffée à  $37^\circ\text{C}$ . Elle est ensuite analysée au microscope à faible grossissement ( $\times 10$ ). On observe le mouvement de l'ensemble des spermatozoïdes qui forment des tourbillons plus ou moins rapides. Ceux-ci sont notés sur une échelle de 0 à 5 : une note de 5 indique un pourcentage de spermatozoïdes mobiles très élevé (80-100%) et 0 étant l'absence de spermatozoïdes mobiles.

**Tableau 3** : Estimation de la mobilité massale de la semence (Hafez et al., 2000).

Note	Aspects du mouvement
0	Pas de mouvement (Immobilité totale)
1	Mouvements individualisés (10% de spz mobiles)
2	Mouvements très lents (20-40% de spz mobiles)
3	Motilité massale générale de faible amplitude (45-65% de spz mobiles)
4	Motilité massale rapide, sans tourbillons (70-85% de spz mobiles)
5	Motilité massale rapide, présence de tourbillons (plus de 90% de spz mobiles)

Il est à noter que dans les mêmes conditions, l'intensité des vagues est beaucoup plus importante chez le bélier que chez le taureau (Lacroix, 1976).

Bien que cette forme d'évaluation soit subjective, et peu répétable (Zhang et al., 1999), une estimation plus précise peut être obtenue, avec l'expérience. L'évaluation de la motilité massale des spermatozoïdes peut se faire sur du sperme frais ou dilué. Dans le cas où l'examen ne peut se faire qu'après un délai dépassant les vingt minutes, la préservation de la mobilité des spermatozoïdes (jusqu'à une heure après la récolte) peut se faire par dilution de l'échantillon dans un dilueur de bonne qualité (Somayeh and Farhad Farrokhi, 2014).

La mobilité individuelle peut être effectuée sur un échantillon couvert par une lamelle après dilution avec un diluant approprié. On observe individuellement (grossissement x40), les spermatozoïdes et leurs mouvements (intensité, rapidité et trajectoire). On peut ainsi déterminer d'une manière subjective, le pourcentage de spermatozoïdes vivants ou morts, fléchants ou tournants en rond. Ce même examen peut se faire après dilution et refroidissement de l'échantillon afin de connaître le comportement et la résistance des spermatozoïdes dans le temps. En cas de concentrations élevées en spermatozoïdes une dilution à  $25 \times 10^6$  spz/ml est nécessaire pour faciliter le comptage (Lacroix, 1976; Douet, 2000).

Par ailleurs, les mouvements circulaires serrés des spermatozoïdes sont observés en cas de choc au froid, alors que les mouvements oscillatoires sont généralement liés à la présence de cellules âgées ou mourantes. D'autre part, la baisse de fertilité chez le mâle est proportionnelle aux profils de la mobilité du sperme (Setchell and Garner, 1991; David et al., 2015; Tibary et al., 2018).

Il est aussi possible de réaliser une estimation objective de la mobilité à l'aide d'analyseurs de type CASA (Computer Assisted Sperm Analysis) (Kumar et al., 2010). Cette analyse informatisée de la cinétique des spermatozoïdes permet une mesure plus fine des mouvements, puisqu'elle identifie et suit le déplacement de chaque spermatozoïde (Holt et al., 2007; Brito et al., 2016). Ce système se compose d'un microscope optique, équipé d'une caméra vidéo, et relié à un ordinateur. A l'aide d'un logiciel spécifique, on parvient à étudier et à trier les mouvements des spermatozoïdes, leurs trajectoires, ainsi que leurs vitesses. Ce qui détermine avec une grande précision la proportion de spermatozoïdes mobiles et fléchants présente dans un éjaculat. Néanmoins, du fait de la durée de l'analyse et de la cherté du matériel, ce système n'est pas utilisé couramment par les centres d'insémination artificielle ovins (Kumar et al., 2010; Amann and Waberski, 2014; Somayeh and Farhad Farrokhi, 2014; Del Gallego et al., 2017). la mobilité totale des spermatozoïdes déterminée par le CASA est définie comme étant le pourcentage de spermatozoïdes ayant une vitesse curviligne supérieure à 10  $\mu\text{m}/\text{seconde}$  (Mortimer, 1997; Ponthier et al., 2014).

#### **I.4.2.4. La vitalité des spermatozoïdes**

Différents tests biologiques, basés essentiellement sur la perméabilité ou le pouvoir osmo-régulateur de la membrane plasmique, peuvent être réalisés afin de quantifier le pourcentage de vitalité d'une population de spermatozoïdes (Forges et al., 2001).

L'intégrité et la fonctionnalité de la membrane plasmique des spermatozoïdes déterminent la qualité de la semence et ont une influence directe sur la fertilité d'un bélier (Lodhi et al., 2008; Zubair et al., 2015). Pour toutes les cellules vivantes, la membrane plasmique fonctionnelle et intacte est essentielle pour un métabolisme vital. Elle agit comme une barrière protectrice de la cellule. Dans le cas des spermatozoïdes, en plus de ce rôle, l'intégrité de cette membrane assure également l'interaction entre le spermatozoïde et l'épithélium du tractus génital femelle ainsi que la capacitation, lors de la rencontre du spermatozoïde avec l'ovule. Par conséquent, l'évaluation de ces deux paramètres est nécessaire pour prédire la capacité de fertilisation potentielle d'un échantillon de sperme (Eskandari and Momeni, 2016).

##### **I.4.2.4.1. Test à l'éosine**

Le mécanisme d'action des colorants vitaux, dont le plus commun est l'éosine, est basé sur la perméabilité sélective de la membrane plasmique intacte d'une cellule vivante. En effet, les membranes altérées des cellules mortes, laissent passer le colorant vital, qui se concentre à

l'intérieur du compartiment cellulaire interne. La vitalité de la cellule est donc attestée par l'exclusion du colorant (Forges et al., 2001).

Pour la réalisation de ce test : une goutte d'éosine (diluée à 0,5% dans l'eau distillée) est mélangée sur une lame avec une goutte de sperme. Après 30 secondes d'incubation, le mélange est soit observé immédiatement entre lame et lamelle, soit étalé sur la lame à l'aide de la largeur d'une lamelle en un fin film, puis laissé sécher sur une plaque chauffante (à 37°C), pour être observé ensuite au microscope optique objectif  $\times 40$ , ou à l'objectif  $\times 100$  en immersion. Au total, 200 spermatozoïdes sont comptés sur cinq champs différents (Barth and Oko, 1989; Forges et al., 2001; Vásquez et al., 2013). Les spermatozoïdes colorés, en totalité ou en partie sont considérés comme morts au moment de la coloration.

Le pourcentage de spermatozoïdes vivants présentant une anomalies morphologiques peut être aussi contrôlé par ce test (Barth and Oko, 1989; Aller et al., 2012). Ces anomalies peuvent être primaires si elles apparaissent dès la spermatogenèse ou secondaires si elles surviennent pendant la phase de maturation. Il a été constaté que la semence présentant un taux supérieur à 20% de spermatozoïdes anormaux engendre des problèmes de fertilité (Colas and Guerin, 1980; Hafez et al., 2000; Soro et al., 2009).

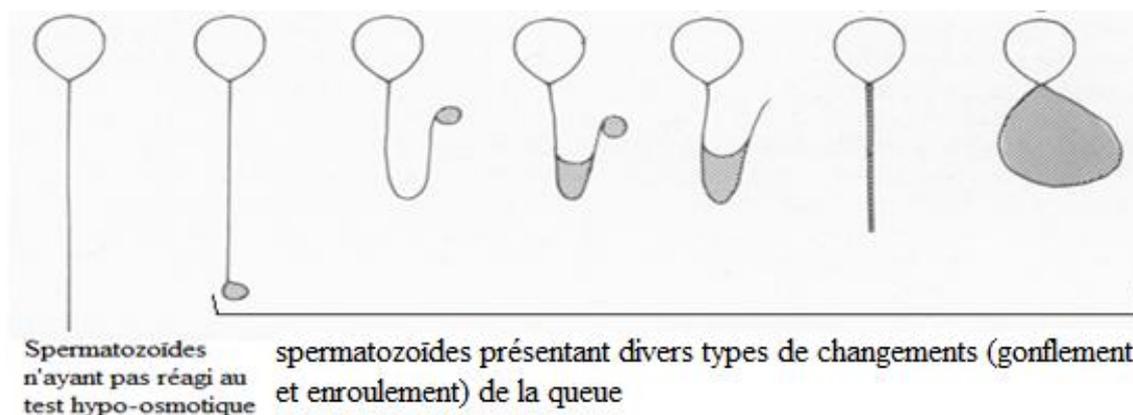
#### **I.4.2.4.2. Test hypo-osmotique**

Le test de référence du statut membranaire est appelé test hypo-osmotique HOST (*Hypo-Osmotic Swelling Test*) (figure 8) ou encore test de gonflement flagellaire en milieu hypo-osmolaire. Initialement proposé comme un test fonctionnel, puis comme test de vitalité par Jeyendran en 1984 (Jeyendran et al., 1984; Forges et al., 2001; Zubair et al., 2015). Il est basé sur le caractère semi-perméable des membranes biologiques et la fonctionnalité des protéines membranaires spécifiques appelées aquaporines (Kasimanickam et al., 2017). En présence d'un milieu extracellulaire hypo-osmolaire, il se produit un flux d'eau dans la cellule, de manière à rééquilibrer la pression osmotique de part et d'autre de la membrane. Ce qui provoque un gonflement ou une incurvation flagellaire visibles au microscope optique. Une cellule dont la membrane est altérée, perd cette capacité osmorégulatrice (Forges et al., 2001; Zubair et al., 2015).

La solution hypo-osmolaire utilisée contient 7,35 g de citrate de sodium et 13,51 g de fructose dilués dans un litre d'eau distillée. Elle peut être aliquotée et stockée à -20°C. Pour le test, un échantillon de 0,1 ml de sperme est mélangé avec 1 ml de solution hypo-osmolaire et incubé à 37°C pendant au moins 30 minutes (120 minutes au maximum). Une goutte de cette

préparation est ensuite observée sous un microscope optique équipé d'un contraste de phase (Forges et al., 2001).

Colenbrander et al. (2003) affirment que ce test simple est répétable et demeure un meilleur prédicateur de fécondance de la semence congelée. Correa et al. (1997) et Kasimanickam et al. (2017) ajoutent qu'il existe une corrélation positive dans la fécondance du sperme du taureau. Toutefois Gadea (2005) considère que ce test ne présente aucun avantage par rapport aux tests plus classiques.



**Figure 8 :** Représentation schématique des changements morphologiques typiques des spermatozoïdes soumis à un stress hypo-osmotique (Jeyendran et al., 1984).

## I. 5. Facteurs affectant la fertilité, la qualité et la quantité de semence produite

### I.5.1. L'alimentation

La relation entre nutrition et reproduction est à la fois forte et complexe (Brown, 1994; Tjondronegoro et al., 1996; Miller et al., 1998). L'alimentation est l'un des facteurs modulateurs de l'activité sexuelle chez le bélier. Mais ces effets sont plus remarquables chez les jeunes animaux.

#### 1.5.1.1. La Leptine

La leptine est une hormone principalement synthétisée et sécrétée par le tissu adipeux (Chemineau et al., 1999; Blache et al., 2006), mais aussi par le placenta, l'estomac et les muscles squelettiques (Caprio et al., 2001). La leptine est avant tout un «adipostat», elle agit de concert avec l'insuline (Martin et al., 2010) et informe l'organisme sur le niveau de ses réserves lipidiques et de sa balance énergétique pour que le système nerveux central adapte le comportement alimentaire, la thermogénèse et plusieurs autres fonctions (Pereira et al., 2018), dont l'activité reproductrice (Chemineau et al., 1999; Monget et al., 2001), suivant ces

informations. Blache et al. (2000); Chilliard et al. (2005) et Robinson et al. (2006) précisent que l'élévation des taux plasmatiques de leptine et/ou de son ARN messenger dans les adipocyte entraîne une diminution de la prise de nourriture, et une augmentation de la dépense d'énergie mais aussi elle facilite les processus reproducteurs. Monget et al. (2001) expliquent que l'administration de la leptine à des souris *ob/ob* (déficientes en leptine) permet la stimulation de la sécrétion par l'axe hypothalamo-hypophysaire de GnRH et de LH et dans une moindre mesure de la FSH. Counis et al. (2001) de leur part, trouvent que des concentrations périphériques insuffisantes de leptine liées à une sous-alimentation et à une croissance corporelle insuffisante peuvent différer l'apparition de la puberté en retardant l'augmentation de la fréquence des pulses de LH qui caractérise l'éveil prépubertaire de la fonction gonadotrope.

#### **1.5.1.2. La sous nutrition**

Chez les ovins, la sous-nutrition a un effet négatif à court et à long terme sur la fonction de reproduction (Robelin and Geay, 1995; Chilliard et al., 1998; Sejian et al., 2014). Des études récentes (Kumar et al., 2015; Maurya et al., 2016; Kumar et al., 2017b) indiquent que l'exposition des béliers à un stress nutritionnel aigu associé ou non à d'autres types de stress (stress thermique ou effort physique) altère fortement la fonction de reproduction et entraîne des baisses significatives dans la qualité et la quantité de semence produite ainsi que dans le comportement sexuel de ces animaux.

Toutefois, il y a lieu de noter que, les restrictions énergétiques et protéiques sont plus néfastes sur la production de semence chez les agneaux que chez les béliers adultes. En effet une restriction sévère peut même conduire à des lésions irréversibles des gonades chez le jeune alors que les effets sont généralement transitoires chez l'adulte (Nicolino and Forest, 2001). Plusieurs auteurs (Alejandro et al., 2002; Genovese et al., 2010) vont jusqu'à préciser, qu'une restriction alimentaire pendant la période fœtale et/ ou à l'âge prépubertaire entraîne une baisse définitive du nombre de cellules de Sertoli par tube séminifère et par testicule chez le mâle à l'âge adulte ce qui diminue fortement la production journalière de spermatozoïdes.

Par ailleurs, Tilton et al. (1964) ; cités par Foot, (1978) trouvent que chez des jeunes béliers âgés de 14 mois une restriction énergétique et protéique de 25%, pendant une période de six mois, n'entraîne aucun effet sur la qualité et la quantité de semence produite ni sur la libido. D'autre part, pour des variations pondérales dans la limite acceptable, Snowden et al. (2002) ne mettent pas en évidence d'effet marqué sur la libido chez les béliers adultes. Martin et al.

(2004), ajoutent que le comportement sexuel ne semble pas être affecté par la nutrition, sauf dans le cas où elle entraîne des changements extrêmes des réserves corporelles qui peuvent affecter l'activité motrice de l'animal.

### 1.5.1.3. Le flushing alimentaire

Le flushing alimentaire désigne l'augmentation des apports énergétiques et protéiques dans la ration quotidienne du bélier pendant les deux mois précédant la lutte (durée de la spermatogenèse chez le bélier). Dans ce cas, les besoins en énergie et en protéines doivent être augmentés de 10 % comparativement à ceux de l'entretien. En outre, selon Agabriel et al. (2007), pour le calcul des rations, on peut s'appuyer sur les rations utilisées chez la brebis adulte tarie, sachant que les besoins d'entretien des béliers sont supérieurs de 10 % à ceux des brebis de même poids.

Sur le plan métabolique cet accroissement des apports permet à l'organisme d'avoir une balance énergétique équilibrée voire positive (selon l'état d'embonpoint initial) (Tableau 4) (Scaramuzzi et al., 2006) et aboutit au final à l'optimisation des performances reproductives des géniteurs (Martin et al., 2010; Drogoul et al., 2013).

**Tableau 4** : Certaines associations connues entre la balance énergétique et la reproduction (adapté d'après Martin et al. (1992) et Scaramuzzi et al. (2006) ).

Statut métabolique	Conséquences métaboliques	Effets sur la reproduction
<b>Balance énergétique équilibrée</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maintien du poids</li> <li>- Insulinémie normale</li> <li>- Glycémie normale</li> <li>- Maintien des réserves graisseuses</li> <li>- Leptine normale</li> <li>- système normal d'IGF-I</li> <li>- Urée normale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sécrétion normale de GnRH par l'hypothalamus</li> <li>- Pulsatilité normal de LH</li> <li>- Concentrations normales de FSH</li> <li>- Gamétogénèse normale</li> </ul>
<b>Balance énergétique positive</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gain de poids à long terme</li> <li>- Hyper insulinémie</li> <li>- Hyperglycémie</li> <li>- Accumulation de graisses</li> <li>- Taux de leptine élevé</li> <li>- Energie métabolique accrue</li> <li>- IGF-I stimulé</li> <li>- Taux d'urée normal mais peut être augmenté lors d'excès d'azote alimentaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sécrétion de GnRH par l'hypothalamus élevée</li> <li>- Augmentation de la fréquence des pulses LH</li> <li>- Concentrations élevées de FSH</li> <li>- Gamétogénèse et synthèse d'androgène augmentées</li> <li>- Croissance testiculaire augmentée</li> </ul>

Le flushing est basé sur l'amélioration de la qualité des aliments offerts (éviter le choix d'herbe ou de fourrages encombrants et de mauvaise qualité), et l'augmentation des quantités disponibles (Sagot 2009; Drogoul et al., 2013). Ainsi des aliments concentrés, à base de céréales comme l'orge, l'avoine, le maïs ou le blé, hautement énergétiques car riches en source glucidiques peuvent être utilisés. Auxquels on rajoute des compléments protéiques spécifiques, tel que les tourteaux de soja, pour équilibrer le régime alimentaire (Dany, 2008).

Par ailleurs, différentes études (Boudechiche, 2009; Lakhdara, 2014; Djaalab, 2017) ont montré que l'on pouvait remplacer ces céréales conventionnelles par d'autres produits de même pouvoir énergétique mais disponibles et nettement plus rentables, tels que les rebuts de dattes. En effet, selon Boudechiche (2009) et Hadjsmail (2007) les déchets de dattes fournissent une grande quantité d'énergie. En outre, Chehma et al. (2000) et Chehma and Longo (2001) affirment que les rebuts de dattes, enregistrant une valeur énergétique intéressante (0,85 UF, 0,84 UFL, et 0,81 UFV / kg MB), peuvent être classés parmi les concentrés énergétiques, et donc se substituer aux céréales (orge, avoine ... etc). Boudechiche (2009) ajoute que ces résidus particulièrement riches en sucres simples, pouvant aller jusqu'à 75% de la matière sèche, rapidement fermentescibles, augmentent l'appétibilité de la ration grâce à leur saveur sucrée. Néanmoins il est à noter que, la présence excédentaire de sucres solubles et d'amidon dans l'alimentation des ruminants peut mener à une chute rapide du pH avec les effets adverses sur la digestion des autres composants de la ration tels que la réduction de la dégradation des fourrages par modification de la faune microbienne ruminale et induire par là l'acidose ruminale clinique (Imamidoost and Cant, (2005) ; cités par Safsaf (2014)). De plus, la teneur élevée des rebuts de dattes en lignine (Chehma and Longo, 2004) limite la digestibilité à la fois des glucides et des autres nutriments et donc diminue la valeur énergétique de la ration.

D'autre part, l'apport minéralo-vitaminique dans la ration, en supplémentation, doit être surveillé de près (Hafez et al., 2000). L'effet de certains éléments et oligoéléments sur la motilité, la viabilité et l'intégrité de la membrane des spermatozoïdes est très influençant (Robinson et al., 2006). Le sélénium agit en synergie avec la vitamine E. Cet oligoélément se concentre essentiellement dans les mitochondries du spermatozoïde et stimule l'activité antioxydante de la glutathion peroxydase limitant ainsi l'altération de la membrane plasmique des cellules germinales mâles. Hidiroglou (1982) montre que le taux séminal de cette enzyme, et la qualité du sperme, sont positivement corrélés ; Kendall et al. (2000) trouvent également

une augmentation de la mobilité des spermatozoïdes, chez des béliers supplémentés en sélénium. Maiorino and Ursini (2002) de leur part, ajoutent que le sélénium joue un rôle de catalyseur dans les réactions enzymatiques qui aboutissent à la condensation de la chromatine des gamètes lors de la spermatogenèse. Kumar et al. (2006) rapportent quant à eux une augmentation de la concentration du sperme suite à une supplémentation en zinc de la ration journalière des taureaux (Kumar et al., 2006). En revanche, Kendall et al. (2000) ne constatent aucune augmentation satisfaisante du nombre de spermatozoïdes suite à une supplémentation en zinc et sélénium sous forme de bolus chez le bélier. La divergence entre ces résultats serait probablement liée au mode d'administration du zinc puisque Kendall et al. (2000) ne notent aucune augmentation significative de la concentration plasmatique en zinc des animaux traités. Enfin, l'apport du phosphore est important, car il rentre dans la constitution de l'ATP, principal catalyseur de toutes les réactions biochimiques lors de la spermatogenèse et du stockage des spermatozoïdes.

### **I.5.2. La saison et le photopériodisme**

Les animaux sont exposés à des changements saisonniers des conditions environnementales (température, éclairage et nourriture) qui permettent ou non leur reproduction (Malpaux et al., 1999; Balasse et al., 2017). Les petits ruminants originaires des zones tempérées peuvent manifester des périodes d'arrêt complet de leur activité sexuelle (Locatelli and Mermillod, 2005). Chez le bélier des races à activité sexuelle saisonnière dite marquée (cas des ovins de l'Europe du nord) des modifications de volume et de poids des testicules (qui reflètent l'activité spermatogénétique) (Dacheux et al., 1981), et de la sécrétion de testostérone (qui a des conséquences sur le comportement sexuel) (Lincoln and Short (1980) cités par Ortavant et al. (1988); Thimonier et al. (2000)) ont été observées. En effet chez le bélier Soay, une race très primitive du Nord de l'Ecosse, la taille testiculaire, la concentration plasmatique, en FSH et en testostérone, ainsi que la libido et le comportement d'agressivité, atteignent leur maximum entre août et décembre, saison du «rut» (Lincoln, 1979), alors que chez le bélier Ile-de-France, le poids et la production de spermatozoïdes par testicule (mesurée directement à la sortie de celui-ci), varient, respectivement, de moins de 200g et 1 milliard par jour en mars, jusqu'à plus de 300 g et 5 milliards par jour en septembre (Ortavant et al., 1985; Chemineau et al., 2009). Toutefois, contrairement à ce que l'on observe pendant l'œstrus saisonnier des femelles, l'activité sexuelle des mâles n'est jamais nulle (Martin et al., 1994; Kridli et al., 2002; Gundoğan and Demirci, 2003; Oberst et al., 2011), et peut être maintenue

par un entraînement régulier, ou par un régime alimentaire adapté (Boukhliq and Martin, 1996; Martin et al., 1999; Martin et al., 2000; Santos et al., 2015).

Sous les latitudes moyennes et méditerranéennes, la saisonnalité de l'activité sexuelle est peu marquée (Martin et al., 1999; Issa et al., 2001; Kafi et al., 2004; Zamiri et al., 2010; Hamadou et al., 2015; Benmoula et al., 2017; Badi et al., 2018). Ce qui se traduit, chez nos races locales, par une activité sexuelle des brebis qui s'étend de Mars à Décembre (Ammar-Khodja and Brudieux, 1982; Niar et al., 2001; Chemmam et al., 2009; Benyounes and Lamrani, 2013; Taherti and Kaidi, 2018), et la capacité à produire de la semence durant toute l'année pour les béliers (Ghozlane et al., 2005; Allaoui, 2012; Belkadi et al., 2017; Benmoula et al., 2017), avec cependant des variations quantitatives et qualitatives causées par différents facteurs.

Par ailleurs, Tabbaa et al. (2006a); Oberst et al. (2011); Sarlós et al. (2013) relèvent un effet notable de la saison sur les mensurations scrotales. Pour la race Ouled Djellal les études menées ont abouti à des résultats différents quant aux périodes d'optimisation de ces mesures. Belkadi et al. (2017) notent que, les valeurs les plus élevées sont enregistrées au printemps. Alors que Belkhiri et al. (2017) situent ces pics en hiver. En outre en ce qui concerne la production séminale, Baril et al. (1993), constatent que d'une façon générale, en dehors de la saison sexuelle le nombre total de spermatozoïdes par éjaculat diminue plus rapidement avec le numéro d'ordre des éjaculats successifs. Pour ces auteurs cette diminution est expliquée par la baisse de l'efficacité de la transformation des spermatocytes primaires sous l'influence de certains signaux tels que la lumière. D'autre part Galal et al. (1978) et Pourseif et al. (2013) rapportent que pour le volume éjaculat les moyennes les plus faibles sont enregistrées en hiver et les valeurs maximales au printemps (Aissaoui et al., 2004; Belkadi et al., 2017) ou en automne (Boucif et al., 2007; Aller et al., 2012). Pour la mobilité de la semence l'effet de la saison et/ ou du photopériodisme est identique à celui de la production quantitative de semence, à savoir : une amélioration de la motilité en jours courts (Gundoğan and Demirci, 2003). Néanmoins, (Salhab et al., 2003) trouvent que cet effet est non significatif, sur la mobilité des spermatozoïdes des agneaux Awassi, ce même résultat a été observé par (Pourseif et al., 2013), cela peut être lié à un caractère racial ou au fait que les agneaux Awassi étaient en phase de croissance durant la période d'étude. D'autre part, en contre saison sexuelle, le pourcentage de spermatozoïdes vivants est significativement plus faible (Dufour et al., 1984), et la fréquence des spermatozoïdes porteurs d'anomalies morphologiques augmente. Des anomalies telles que les gouttelettes cytoplasmiques proximales n'apparaissent que lorsque la durée de la lumière augmente et semblent être le résultat d'une perturbation des

phénomènes de maturation dans l'épididyme (Folch, 1984; Mandiki et al., 1998; Karagiannidis et al., 2000).

### **I.5.3. L'environnement thermique**

A partir de la 12<sup>ème</sup> semaine de la vie fœtale, les testicules du bélier descendent de la cavité abdominale, à travers le canal inguinal (Gayrard, 2007), pour prendre position dans le sac scrotal. Sans cette position spécifique l'animal devient stérile. Waites (1970) cité par Moura et al. (2018) précisent que la température au niveau scrotal est plus basse que celle du corps (de 2 à 6°C), ce qui permet une spermatogénèse complète (Dadoune and Demoulin, 2001).

Au niveau des testicules, le mécanisme endogène de régulation thermique fait intervenir principalement :

- 1) Le scrotum : Chez le bélier la peau du scrotum est une enveloppe cutanée, unique, commune aux deux testicules. elle est riche en glandes sudoripares, et contient également quelques thermorécepteurs qui mettent en route les mécanismes corporels de thermorégulation. Un échauffement du scrotum chez cet animal déclenche une polypnée thermique
- 2) Le crémaster : qui à basse température, se contracte et fait remonter le testicule jusque dans le trajet inguinal alors qu'à température élevée, il se relâche complètement. (Ruckebusch, 1981; Kastelic et al., 1996).
- 3) Le mécanisme de refroidissement du sang artériel irriguant les testicules, par un système d'échange de chaleur à contre courant au niveau du plexus pampiniforme formé par les veines testiculaires au niveau du pôle dorsal du testicule, où les veines se trouvent étroitement imbriquées autour de l'artère testiculaire (Kastelic et al., 1997). Cook et al. (1994) rapportent que l'augmentation de l'épaisseur de la paroi artérielle causée par l'avancement d'âge de l'animal, peut empêcher le transfert de chaleur à ce niveau, ce qui entraînerait une augmentation de la température du scrotum.

En climat chaud subtropical, tropical, et saharien la température est susceptible de limiter les aptitudes de reproduction (Haim et al., 2005; Moura et al., 2018), particulièrement chez les races importées des zones tempérées et nordiques (Moura et al., 2018). Récemment, à cause du réchauffement climatique, les effets de hautes températures sur la reproduction chez les petits ruminants (Sejian et al., 2010; Naqvi et al., 2013; Niyas et al., 2017), et plus particulièrement sur la production de semence et la fertilité chez le bélier (Sayed and Abdalla, 2010; Sayed and Abdalla, 2013; Alves et al., 2016; De et al., 2017; Kumar et al., 2017a), ont

fait l'objet de nombreuses études. Les résultats obtenus indiquent clairement que les températures élevées, affectent négativement la qualité de la semence produite et provoquent une diminution du pourcentage des spermatozoïdes mobiles, ainsi qu'un accroissement des formes anormales. Les anomalies apparaissent, généralement au niveau de la tête du spermatozoïde : tête piriforme, acrosomes endommagés, persistance des gouttelettes cytoplasmiques. Toutefois De et al. (2017) affirment que les paramètres quantitatifs des éjaculats (volume et concentration) ne semblent pas être influencés par des températures externes élevées.

Mieusset et al. (1992) ayant évalué l'effet d'une élévation de la température intra scrotale de 2°C pendant 16h/j chez des béliers soumis à une isolation scrotale, au moyen d'un sac, signalent que bien qu'aucune altération ne soit apparue dans le sperme, une augmentation significative du taux de mortalité embryonnaire est relevée, dès le 4ème jour d'isolation, chez des femelles inséminées par laparoscopie avec cette semence, ce qui indique un effet néfaste de la chaleur sur l'épididyme, se traduisant par une réduction de la capacité de stockage et des fonctions sécrétrices de la queue de l'épididyme. Il semble donc que dans les conditions physiologiques, comme pour les testicules, la queue de l'épididyme est également maintenue à une température plus basse par rapport à ses deux autres parties (la tête et le corps).

Les conséquences néfastes d'une élévation thermique sur le processus spermatogénétique, sont modulées par la durée et l'intensité de l'effet thermique (Folch, 1984), mais aussi, par la race et les différences génétiques intra- raciales (Moura et al., 2018) et inter individuelles. Ainsi, les béliers de race Ouled Djellal sont moins sensibles à l'effet néfaste du stress thermique durant la période estivale. Cependant des baisses significatives de la concentration en spermatozoïdes et de la motilité massale ont été observées chez cette race en hiver (Allaoui, 2012).

#### **I.5.4. L'âge**

Selon Toe et al. (1994); Tabbaa et al. (2006b) et Focșăneanu et al. (2014) l'âge de l'animal est l'un des facteurs physiologiques les plus importants à prendre en considération lors de l'évaluation de l'aptitude à la reproduction chez le bélier.

Nicolino et Forest (2001) constatent que l'apparition de la puberté n'est pas associée immédiatement à l'acquisition de la maturité sexuelle. Brown (1994) ajoute que l'aptitude à se reproduire n'est acquise que lorsque le jeune atteint 30 à 70% de son poids à l'âge adulte. Chez le bélier juste pubère l'axe hypothalamo-hypophyso-gonadique n'est pas encore

entièrement fonctionnel (Nicolino and Forest, 2001) et les premiers cycles spermatogénétiques sont souvent incomplets, le sperme est de mauvaise qualité et la fertilité est faible (Nicolino and Forest, 2001; Boussena a, 2013). De plus les animaux peuvent être de trop petite taille pour effectuer correctement la saillie et manquent d'expérience (Meyer et al., 2004; Allaoui, 2012). ainsi chez le bélier si la production de spermatozoïdes commence à la puberté, à 100-150 jours d'âge (Rassu et al., 2004a), ce n'est qu'à l'âge de 18 à 20 mois qu'il peut présenter une fécondité acceptable (Mandiki et al., 1998).

Par ailleurs, Simitzis et al. (2006) et Snowden et al. (2002) ajoutent qu'il existe un effet positif de l'âge sur la libido des jeunes béliers. De leur part, Balthazart et Fabre-Nys, (2001) précisent que l'attractivité par l'odeur de femelles en œstrus opposée à celle de femelles en diestrus est meilleure chez le rat mâle sexuellement expérimenté, comparativement aux sujets de jeune âge.

D'autre part, Toe et al. (2000) ; Salhab et al. (2003) et (Mahmoud, 2013) mettent en évidence chez le bélier une corrélation positive significative entre l'âge de l'animal et le nombre de spermatozoïdes par éjaculat. Mais cette capacité de production n'est pas toujours croissante, car elle diminue avec le vieillissement du mâle (Bhakat et al., 2011). Chez la race Ouled Djellal Allaoui, (2012) affirme que le pic de la production séminale et des mesures du périmètre scrotal est atteint à l'âge de 4-5 ans. Des résultats similaires ont été avancés par Badi et al. (2018) chez la race Boujaâd au Maroc. Par ailleurs, David et al. (2007) relèvent que chez les béliers Lacaune et Manech-tête-Rousse, il y a une diminution du nombre de spermatozoïdes avec l'âge, liée à une diminution du volume de l'éjaculat.

### **I.5.5. Le comportement sexuel et l'environnement social**

La libido du mâle, le nombre de spermatozoïdes par éjaculat et la motilité du sperme sont les trois principaux critères qui conditionnent potentiellement la quantité de semence produite et la fertilité lors de la lutte naturelle (Perkins and Roselli, 2007).

Différentes mesures de la libido ont été utilisées chez les petits ruminants. L'observation de l'ensemble des actes moteurs (flehmen, flairage dirigé vers la région ano-génitale ou poursuite et approche latérale de la femelle) associés de manière caractéristique à l'accouplement, le temps de réaction et le nombre de sauts avant ou avec éjaculation (Prado et al., 2002; Stellflug and Berardinelli, 2002; Snowden et al., 2004) sont des mesures directes qui permettent de définir le comportement sexuel global et de déterminer l'attractivité du sujet (Price et al., 1992; Rosa et al., 2000). D'autres mesures indirectes ont été effectuées en se basant sur la

détermination de la concentration plasmatique en testostérone (Rosa et al., 2000). Par ailleurs, Stellflug and Berardinelli (2002) et Stellflug et al. (2008) soulignent l'importance de sélectionner des béliers présentant de hauts scores de libido qui seront par conséquent, capables de réaliser un nombre élevé de services lors de la lutte libre. Cependant, l'effet de l'instinct sexuel des mâles sur les caractéristiques de la production séminale et de la fertilité reste controversé (Mickelsen et al., 1982; Snowden et al., 2002; Simitzis et al., 2006).

D'autre part, Balthazart and Fabre-Nys (2001) précisent que la réactivité sexuelle du mâle est particulièrement sensible aux effets de l'environnement social qui peuvent l'inhiber mais aussi la stimuler. Ainsi la capacité stimulante d'une femelle diminue au cours du temps, et pour induire une nouvelle stimulation de l'intérêt sexuel du mâle, il y'a lieu de lui présenter une nouvelle partenaire. De plus, il a été établi que l'augmentation du nombre de partenaires potentiels provoque dans un premier temps une augmentation de la fréquence de l'activité sexuelle. Mais si cette situation se prolonge, comme c'est le cas parfois en condition d'élevage, la fertilité décroît du fait d'une diminution du nombre de spermatozoïdes par éjaculat et de l'absence d'accouplement au moment le plus fertile (Stellflug and Berardinelli, 2002; Andrade et al., 2010)

D'autre part, même si en général les événements de stress ont plutôt un effet inhibiteur (Liptrap, 1993), que ce soit chez le mâle ou la femelle, Balthazart et Fabre-Nys, (2001) trouvent que dans certains cas une modification légère, même banale, de l'environnement (changement de lieu, mouvements, ou transport etc...) peut réactiver le comportement sexuel du mâle et stimuler la reproduction. Il en est de même pour la modification non spécifique du niveau d'éveil : une stimulation légèrement douloureuse répétée à intervalle régulier accroît significativement la performance sexuelle du rat.

### **I.5.6. Les agents toxiques**

Il est bien connu que dès la vie intra-utérine, le système reproducteur est très sensible aux actions des produits toxiques, et ce en raison du taux élevé des divisions effectuées par les cellules germinales (Movahed et al., 2013). Bielli et al. (2002) trouvent que l'exposition de la femelle gestante à des agents toxiques peut réduire le développement testiculaire chez le nouveau-né et perturber le mécanisme de la spermatogenèse. Sweeney et al. (2007) ajoutent qu'une exposition des brebis à l'octylphénol (précurseur de détergent montrant des propriétés œstrogéniques) pendant la période d'allaitement des agneaux tend à diminuer la mobilité spermatique chez ces derniers à la puberté. De plus, Gunn et Gould, (1970) ; cités par Foot

(1978) signalent que l'exposition à certaines substances telles que le cadmium peut réduire ou même inhiber la spermatogénèse.

Par ailleurs, Blache et al. (2008) trouvent que le potentiel d'utilisation de certaines plantes comme aliments alternatifs non conventionnels, est limité à cause de leur action toxique. Dineshkumar et al. (2013) de leur part, précisent que le remplacement à 50% des tourteaux de soja par des tourteaux de karanja détoxifié (aliment non conventionnel riche en protéines, produit à partir de Karanja (*Pongamia* spp.) qui est un arbre forestier cultivé en régions tropicales humides) provoque chez les jeunes béliers, après 140 jours de complémentation, des baisses significatives de la libido, des altérations du parenchyme testiculaire ainsi qu'une diminution de la qualité de semence. Néanmoins, Dana et al. (2000) relèvent des effets positifs, sur le gain du poids corporel et la production spermatique chez des béliers ayant reçu un régime alimentaire à base de foin des feuilles de *Leucaena leucocephala* (plantes à pouvoir toxique sur le parenchyme testiculaire), mais à condition de contrôler les taux d'incorporation de cet aliment dans la ration journalière. D'autres études ont signalé des résultats similaires quant à l'utilisation de certaines sources alternatives en alimentation des bétails à des taux surveillés (Abu et al., 2016; Abera and Debisa, 2017).

#### **1.5.7. Maladies du reproducteur**

L'influence des maladies du reproducteur sur la production spermatique ultérieure est toujours évidente. Toute atteinte à l'état général nuit à la production de semence. Plus spécifiquement, toute maladie qui peut perturber la thermorégulation des testicules, ou le transit épидидymaire, affecte directement la morphologie et la capacité de fertilisation du sperme. Ces facteurs comprennent les maladies générales, la fièvre ou les processus pathologiques au niveau du Pénis, du prépuce, du scrotum, du testicule ou de l'épididyme (Tibary et al., 2018). Toe et al. (1994) notent un effet négatif très significatif sur la qualité et la quantité de semence produite par des béliers atteints d'orchite ou d'épididymite. Counis et al. (2001) trouvent que, dans le cas d'une infection, la mise en action du système immunitaire peut être associé à une diminution de la fréquence des pulses de LH. De façon générale, toute température corporelle supérieure à 39,5°C indique qu'un état fébrile est passant, et qu'on doit s'attendre à l'apparition des spermatozoïdes anormaux dans les semaines suivantes. Par ailleurs, le comportement sexuel des animaux peut être altéré par des affections articulaires ou podales.

### **I.5.8. Facteurs génétiques**

Les facteurs environnementaux impliqués dans les variations de l'activité sexuelle et de la production de semence, sont toujours modulés par le facteur : race et/ou individu (Balthazart and Fabre-Nys, 2001; Kridli et al., 2005; Kridli et al., 2007; Boshoff, 2014).

Il a été montré que les différences raciales peuvent influencer les différentes composantes de l'activité sexuelle et de la gamétogenèse des béliers (Zamiri and Khodaei, 2005). En effet certaines races sont connues pour être plus fertiles que d'autres (Kukovics, 1986), de même que les paramètres de la qualité du sperme et la libido sont fortement influencés par le potentiel génétique de l'animal (Boland et al., 1985; Fernandez-Abella et al., 1999).

Patel and Dugwekar (1999) signalent, de leur part, des différences significatives entre les paramètres quantitatifs et qualitatifs de sperme chez les béliers de races : Patanwadi, Rambouillet x Patanwadi et Merino x Patanwadi D'autre part, Lincoln et al. (1990) précisent que le pic saisonnier de l'activité sexuelle, les concentrations plasmatiques en FSH et la taille du testicule varient significativement entre les béliers de races sauvages et domestiquées (Lincoln et al., 1990).

Par ailleurs, il est à noter que c'est le génotype d'un animal qui détermine son activité reproductrice et son comportement sexuel dans un environnement donné (Cloete et al., 2004; Cloete et al., 2009).

# **ETUDE EXPÉRIMENTALE**

## **CHAPITRE II : PREMIERE EXPERIMENTATION**

### **EFFET DES TRAITEMENTS HORMONAUX A BASE DE MELATONINE SUR LA FERTILITE DES BELIERS GENITEURS**

#### **II.1. Introduction**

Les ovins sont qualifiés de reproducteurs à activité sexuelle saisonnière avec des périodes d'activité sexuelle variant selon l'environnement, la race et l'alimentation (Balasse et al., 2017). Chez les béliers, de nos races, en dehors de la saison sexuelle, des variations significatives des paramètres quantitatifs et qualitatifs de la semence (Belkadi et al., 2017), et des diminutions de l'ardeur sexuelle (Benia et al., 2013), ont été signalées.

En Algérie, les méthodes d'induction et de synchronisation de l'activité sexuelle, sont surtout utilisées chez la brebis pendant la lutte principale de printemps (Belkasmi, 2012; Adnane et al., 2018). Alors que les mâles sont maintenus généralement en permanence dans les troupeaux, et présentent une faible libido (Merghem, 2009; Arbouche et al., 2013) associée à un état d'embonpoint souvent médiocre.

Par ailleurs, les informations sur l'effet des implants de mélatonine pour améliorer les performances de reproduction des géniteurs mâles des races ovines locales, sont rares dans la littérature, et les résultats sont, le plus souvent, contradictoires (Moumène et al., 2014; El Bouyahiaoui et al., 2017).

Ainsi le principal objectif de cette étude est d'évaluer les effets d'une préparation hormonale des géniteurs (béliers et brebis), à base de mélatonine sur :

1. Certaines performances de reproduction des béliers à savoir:
  - L'état d'embonpoint et le développement testiculaire,
  - La libido évaluée par le suivi du taux plasmatique de testostérone,
2. Les paramètres de reproduction du troupeau (fécondité fertilité et prolificité).

## II.2 Matériel et méthode

### II.2.1. Site de l'expérimentation : Ferme pilote Bouchabaa

Située dans la commune de El-Khroub (wilaya de Constantine), à 10 Km de l'aéroport Med Boudiaf, sur l'axe routier reliant, la nouvelle ville Ali Mendjli à Ain Smara, à une altitude de 694 mètres, une latitude de 36°28' N et une longitude de 6°62' E, cette ferme pratique la céréaliculture en association avec l'élevage ovin. Le climat est méditerranéen de type continental semi-aride avec des précipitations annuelles comprises entre 450-600 mm. Les moyennes des températures maximales sont enregistrées en Juillet (34,55°C) et minimales en Février (1,61°C). Les jours ayant des durées d'éclairement solaire décroissantes s'étendent de Juin (14h 37min) à Décembre (9h 44min) (tableau ci-dessous).

**Tableau 5** : Répartitions mensuelles des moyennes des durées d'éclairement solaire dans la wilaya de Constantine durant l'année 2012.

Mois	Durée de luminosité diurne	Durée de l'obscurité des nuits
<b>Janvier</b>	10h12min	13h48min
<b>Février</b>	10h51 min	13h9min
<b>Mars</b>	11h51 min	12h9min
<b>Avril</b>	13h02 min	10h58min
<b>Mai</b>	14h06 min	9h54min
<b>Juin</b>	14h37min	9h23min
<b>Juillet</b>	14h15min	9h45min
<b>Aout</b>	13h35min	10h25min
<b>Septembre</b>	12h33min	11h27min
<b>Octobre</b>	11h20min	12h40min
<b>Novembre</b>	10h11min	13h49min
<b>Décembre</b>	9h44min	14h16min

(Station météorologique de l'Aérodrome de Constantine, 2012).

### II.2.2. Matériel animal et mode d'élevage au niveau de la ferme

Les animaux sont soumis à un mode semi-intensif, et sont identifiés par des boucles numérotées. Un programme annuel de vaccination (contre la clavelée, l'entérotaxémie, le piétin, et la septicémie des jeunes) et de déparasitage (interne contre les Strongylozes pulmonaire et gastro-intestinale, et externe contre la Gale et autres parasites externes) à été appliqué à l'ensemble des animaux, en plus des tests de dépistage de la brucellose.

Les géniteurs mâles subissent régulièrement un examen général et un examen spécial de l'appareil reproducteur. Leur alimentation est distribuée deux fois par jours (matin et soir), et est variable en termes de quantité et de qualité en fonction de l'activité ou de l'inactivité sexuelle, mais aussi en fonction des disponibilités alimentaires au niveau de la ferme. Ainsi en période de repos sexuel, les béliers reçoivent environ 300 à 400 gr de concentré /tête/jour, en plus du foin d'orge ou de la paille. Tandis qu'en période de lutte, ces béliers sont préparés, par un flushing alimentaire qui débute deux mois avant la mise à la reproduction.

Les Béliers (n=20) sélectionnés pour l'étude, présentent les critères suivants

- Âge = trois à six ans (l'identification de l'âge s'est faite en se basant sur la dentition).
- Score d'état corporel = 2,25 à 3.

Les Brebis (n=300) sélectionnées, présentent quant à elles les critères suivants :

- Âge = deux à six ans
- Taries depuis au moins deux mois.
- Score d'état corporel = 2,25 à 3,5.

Elles ont été réparties équitablement de façon aléatoire en deux groupes.

### II.2.3. Protocole expérimental

Cette étude a été réalisée sur trois périodes

1. Entre Mars et Mai : sélection, préparation, pose des implants de mélatonine, suivi des mensurations scrotales et pondérales ainsi que le dosage du taux plasmatique de testostérone, et enfin lutte des animaux
2. Entre Mai et Aout : réalisation des mensurations scrotales et pondérales ainsi que le dosage du taux plasmatique de testostérone au début et au milieu de la période de lutte, puis retrait des béliers du troupeau des femelles, cette période de l'étude se termine par la réalisation du diagnostic de gestation sur les brebis objet de notre étude.

3. Entre début Octobre et le milieu du mois de Novembre : collecte des résultats concernant le bilan de la reproduction du troupeau : fertilité, prolificité et fécondité.

### **II.2. 3. 1 Préparation des animaux et pose des implants de mélatonine**

Elle s'est réalisée en Mars (durée d'éclairement solaire croissante), en dehors de la saison de reproduction naturelle des ovins et dans un environnement de photopériode naturelle.

Un groupe de béliers ou **Groupe M** (n=10) a été choisi pour recevoir des implants sous-cutanés contenant 18 mg de mélatonine chacun (Melovine®, CEVA santé animale, France). La mélatonine est commercialisée sous le nom de MELOVINE à 18 mg et n'a pas un délai d'attente pour la consommation de la viande des abats ou du lait des animaux traités par ce médicament.

Un deuxième groupe ou **Groupe C** (n=10) non traité, a été désigné comme groupe de contrôle.

**Dès le 01 Mars 2012** soit 26 jours avant l'implantation de la mélatonine, les béliers ont été isolés des brebis, leur ration alimentaire journalière a été améliorée par une supplémentation (flushing alimentaire) (Fournier, 2014), à base de :

- Mélange de concentré (orge 90 %, maïs+soja 10 %) broyé, à raison de 650 g/animal/jour,
- Foin de vesce avoine, de la paille et de l'eau qui sont distribués à volonté,
- Complément minéralo-vitaminique, (CMV) Calfostonic® (Invesa Barcelona-Spain), incorporé dans la ration (1Kg de CMV est mélangé à 50 Kg du concentré).

**Le 26 Mars 2012**, chaque bélier a reçu trois implants soit 54 mg de mélatonine, les implants ont été placés par voie sous-cutanée près de la base de l'oreille à l'aide d'un pistolet spécial muni d'une aiguille et d'un guide dans lequel est glissée une cartouche de 25 implants. Les béliers sont restés toujours séparés des brebis et maintenus dans un bâtiment semi-ouvert, dans des conditions de durée de jour naturel et à température ambiante jusqu'au jour J43 sixième semaine après implantation.

En ce qui concerne les deux lots de femelles M et C, chaque brebis a reçu un implant auriculaires sous-cutanés de mélatonine dosés à 20 mg (Melovine®, CEVA santé animale, France), posés 40 jours avant la mise à la reproduction selon les indications du fabricant (CEVA santé animale, France).

### II.2. 3. 2 Lutte naturelle du troupeau

**Le 07 Mai 2012**, soit 43 jours après l'implantation de mélatonine chez les béliers, ces derniers sont introduits dans le troupeau de brebis. Pour cela deux hangars séparés contenant chacun cinq enclos d'accouplements aménagés de façon à contenir 30 brebis et 2 béliers chacun, ont été utilisés. Un hangar pour la lutte des béliers du lot M (brebis saillies par les béliers traités par la mélatonine), l'autre pour celle des béliers du lot C (brebis saillies par les béliers non traités par la mélatonine). Les animaux deux lots : lot M et lot C sont restés séparés les uns des autres pendant toute la période de lutte. Le sexe / Ratio : mâle / femelle était de 1 bélier / 15 brebis. La période de lutte a duré six semaines, **le retrait des béliers des lots s'est effectué le 18 Juin 2012.**



**Figure 9** : Lutte par lots pratiquée au niveau de la ferme pilote Bouchebaa

### II.2. 3. 3 Diagnostic de gestation

Le diagnostic de gestation a été réalisé par échographie, c'est une méthode fiable dès le 30<sup>ème</sup> jour (chez la brebis), elle permet la confirmation de gestation et est facile à réaliser au niveau de la ferme. La brebis reste debout et la sonde de l'échographe est appliquée dans le creux glabre de laine. Pour faciliter le travail les 300 brebis ont été examinées du : 21 au 25 Juillet 2012 par lots variables.

### II.2. 4. Mensurations réalisées sur les béliers

Les mensurations ont été réalisées selon le calendrier suivant :

- Le jour de l'isolement des béliers (J-26),
- Lors de l'implantation de la mélatonine (J 0),
- Le jour de l'introduction des béliers (J 43),
- Un mois après l'introduction (J70)
- 15 jours après le retrait des béliers (J 100).

Elles ont porté sur les mensurations pondérales et scrotales ainsi que sur le dosage du taux plasmatique de testostérone.

### II.2. 4. 1. Mensurations pondérales

- La pesée (Kg), à l'aide du pèse bétail.
- Le Score de condition corporelle (SBC Score Body Condition) : Cet indice s'étale sur une échelle de 1 (cachexie) à 5 (surpoids) et s'évalue de la manière suivante : les animaux doivent être debout. L'examineur palpe tout d'abord, les ailes de l'ilium et les processus épineux du sacrum, puis évalue par le toucher l'aspect de la croupe. L'échelle des scores est répertoriée dans le tableau ci-dessous (tableau 6) (Kenyon et al., 2014).

**Tableau 6** : Estimation de l'état corporel des moutons (Kenyon et al., 2014).

Note	Observations
1	Apophyses épineuses saillantes et pointues, apophyses transverses également pointues, les doigts passent facilement sous leurs extrémités (il est possible de les engager entre elles). Noix du muscle peu épaisse et pas de gras de couverture.
2	Apophyses épineuses encore proéminentes mais sans "rugosité, chaque apophyse est sentie au toucher simplement comme une ondulation. Apophyses transverses également arrondies et sans rugosité (il est possible en exerçant une légère pression, d'engager les doigts sous leurs extrémités). Noix du muscle d'épaisseur moyenne avec une faible couverture adipeuse.
3	Apophyses épineuses forment seulement de très légères ondulations souples ; chacun des os ne peut être individualisé que sous l'effet d'une pression des doigts. Apophyses transverses très bien couvertes et seule une forte pression permet de sentir les extrémités. Noix pleine et sa couverture adipeuse est moyenne.
4	Seule la pression permet de détecter les apophyses épineuses sous la forme d'une ligne dure entre les deux muscles (recouverts de gras et forment une surface continue). Extrémité des apophyses transverses non sentie. Noix du muscle pleine avec une épaisse couverture adipeuse.
5	Apophyses ne peuvent être détectées, même avec une pression ferme. Les deux muscles recouverts de graisse sont proéminents et on observe une dépression le long de la ligne médiane du dos. Les apophyses transverses ne peuvent être détectées. La noix du muscle est très "pleine" avec une très épaisse couverture adipeuse. Importantes masses de graisse sur la croupe et la queue.

#### II.2. 4. 2. Mensurations scrotales

Les paramètres mesurés pour évaluer l'effet du traitement hormonal sur le développement testiculaire sont :

- **Le périmètre scrotal (PS)** : se fait à l'aide du ruban métrique, un aide fait descendre les deux testicules dans la poche du scrotum en effectuant une pression sur le cordon testiculaire, tout en veillant à éliminer le vide entre les deux testicules, puis on mesure le pourtour scrotal dans sa partie la plus large (Almeida et al., 2007).
- **Le diamètre testiculaire (DT)** : comme pour le PS, un aide fait descendre les deux testicules dans le sac du scrotum, et à l'aide d'un pied à coulisse on mesure la largeur des deux testicules pris ensemble au niveau du plus grand diamètre (Duguma et al., 2002).
- **Le diamètre antéro-postérieur du testicule gauche (DTa-pg)** : à l'aide du pied à coulisse on mesure la largeur d'un testicule (gauche dans notre expérience), dans la partie la plus large de l'axe antéro-postérieur (Duguma et al., 2002)
- **La longueur Scrotale (LS)** : mesurée à l'aide d'un pied à coulisse du pôle supérieur au pôle inférieur du testicule (Schoeman and Combrink, 1987)
- **Le volume scrotal (VS)** : déterminé en utilisant un seau en matière plastique d'une capacité de deux litres et gradué à 125 ml. On remplit ce seau à ras bord d'eau, puis on le place par l'arrière sous les gonades de l'animal qui se tient en position debout avec les membres postérieurs écartés, ensuite, on y plonge la totalité du sac scrotal. Une fois le seau retiré, la lecture de la graduation permet de relever la quantité d'eau rejetée, correspondant au volume des testicules (Aguirre et al., 2007).
- **Le diamètre de la queue de l'épididyme gauche (Dqg)** est mesuré, à l'aide du pied à coulisse, après avoir poussé les testicules dans la poche du scrotum de telle sorte que les queues soient saillantes (Toe et al., 2000).

#### II.2. 4. 3. Dosage de la testostérone plasmatique

Les prises de sang sont effectuées aseptiquement par ponction à la veine jugulaire à l'aide d'aiguilles à usage unique dans des tubes secs vacutainer sous vide de 10 ml, le matin avant la prise alimentaire. Les échantillons de sang ont été centrifugés immédiatement au niveau de la ferme à 3000tr/min, pendant 15 minutes. Deux aliquotes de sérum ont été recueillies à l'aide de pipettes munies d'embouts changés à chaque prélèvement, dans des tubes secs en plastique étiquetés, identifiés et conservés à -20°C jusqu'au moment de leur analyse. Le dosage du

Testostérone plasmatique (T) a été réalisé par ELISA (enzyme-Linked immunosorbent assay. Kit (ab108666) ; Measuring range : 0.2 ng/ml - 16 ng/ml).

### II.2. 5. Paramètres de reproduction du troupeau

Les paramètres zootechniques retenus pour évaluer le bilan de reproduction du troupeau sont :

- Le taux de conception,
- La fertilité,
- La prolificité,
- La fécondité

Les paramètres de reproduction liés au type du traitement utilisé ont été évalués en tenant compte des résultats des trois premiers cycles uniquement.

Ces critères ont été calculés selon les formules suivantes :

$$\text{Taux de conception} = \frac{\text{Nombre de brebis gestantes}}{\text{Nombre de femelles soumises à la lutte}} \times 100.$$

= Taux de brebis diagnostiquées gestantes suite à l'examen échographique de gestation.

$$\text{Taux de fertilité} = \frac{\text{Nombre de brebis ayant mis bas}}{\text{Nombre de femelles soumises à la lutte}} \times 100.$$

$$\text{Taux de prolificité} = \frac{\text{Nombre d'agneaux nés (vivants, morts ou avortons)}}{\text{Nombre de femelles ayant mis bas}} \times 100$$

$$\text{Taux de fécondité} = \frac{\text{Nombre d'agneaux nés (vivants, morts ou avortons).}}{\text{Nombre de femelles soumises à la lutte}} \times 100.$$

### **II.2.6 Analyses statistiques**

Les données issues de l'expérimentation sont saisies dans des tableaux Excel (Microsoft 2007) dont le contenu a servi à effectuer au départ des statistiques descriptives en utilisant le logiciel Graph Pad Prism 7.00 pour calculer la moyenne, l'erreur standard de la moyenne (S.E.M.) et réaliser des traitements graphiques.

L'effet des facteurs fixes : Traitement (lot M, lot C) et Période ((J-26), (J 0), (J 43), (J70) (J 100)) de l'expérimentation et leur interaction, sur les différents paramètres étudiés (mensurations scrotales et pondérales et taux plasmatique en testostérone) a été analysé à l'aide du test ANOVA (Analyse de variance) à deux facteurs (Traitement et Période). Le post test de comparaison multiple de Tukey ou de Sidak (selon le type du résultat) a été mené pour tester la signification entre les moyennes des différents sous-groupes.

Les coefficients de corrélation entre les résultats des différentes mensurations scrotales et pondérales ainsi que le taux plasmatique en testostérone ont été calculés selon le test de corrélation (corrélation de Pearson)

La comparaison entre les critères (fertilité, prolificité, fécondité) utilisés pour évaluer l'effet du traitement sur le bilan de reproduction des troupeaux des deux lots (lot M et lot C), est effectuée avec le test de Khi 2.

Les différences étaient considérées significatives lorsque  $p < 0,05$ .

Toutes les valeurs moyennes sont exprimées en tant que : moyenne  $\pm$  erreur standard de la moyenne (S.E.M.).

### II.3. Résultats

**Tableau 07 :** Effet du traitement hormonal (implants de mélatonine) et du temps sur l'évolution des mensurations scrotales et pondérales des béliers Ouled Djellal des deux groupes (M et C).

Facteur	SBC (1-5)	Pcp (kg)	PS (cm)	DT (cm)	LS (cm)	T (ng/ml)
Traitement	NS	NS	*	*	**	NS
Groupe M	2,79 ± 0,12	93,88±1,31	36,19±0,57	12,84± 0,43	15,01±0,56	2,19± 0,26
Groupe C	2,86 ± 0,23	94,64±1,15	35,31±0,54	12,70± 0,30	14,19±0,35	2,01± 0,25
Jour	***	***	**	***	**	***
J-26	2.70 ± 0.07	93,65±0,27	34,58±0,36	11,77±0,20	13,67±0,54	1,73± 0,16
J0	3.00 ± 0.08	95,52±1,29	35,94±0,16	12,57±0,43	14,60±0,24	2,14± 0,06
J43	3.23± 0.03	97,78±0,18	36,85±0,15	13,52±0,17	15,36±0,30	1,59± 0,03
J70	2.68± 0.05	94,02±0,59	36,29±1,16	13,25±0,72	14,90±1,25	2,01± 0,09
J100	2.53±0.03	90,34±0,90	35,09±1,48	12,76±0,42	14,46±1,29	3,03± 0,10
Traitement X jour	NS	NS	**	*	***	NS

\*p<0.05; \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001. NS – Non-Significatif. SBC: Score de condition corporelle; Pcp: poids corporel; PS: périmètre scrotal; DT : diamètre testiculaire ; LS : longueur scrotale ; T : concentration plasmatique en testostérone.

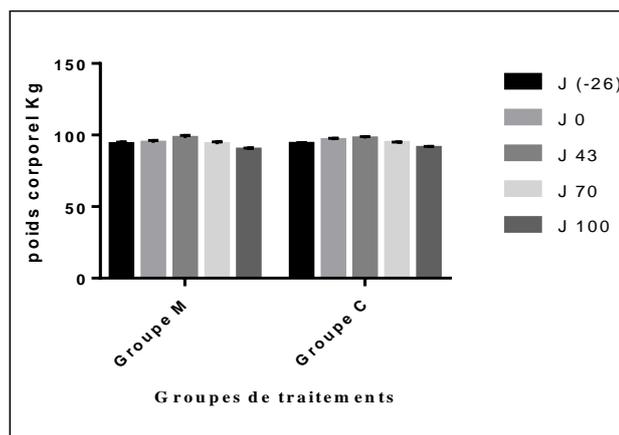
#### II.3.1 Mensurations pondérales

##### II.3.1.1. Le poids corporel

**Tableau 08 :** Evolution du poids corporel (Kg) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

Jour	Groupe		Signification (p) « Effet traitement »
	Groupe M	Groupe C	
J (-26)	93,60±1,50	93,70±1,05	-
J 0	94,60±1,67	96,43±1,32	-
J 43	97,90±1,83	97,65±1,34	NS
J70	93,60±1,63	94,43±0,70	NS
J 100	89,70±1,27	90,98±1,04	NS
Interaction (Traitement x Période)	NS		

NS – Non-Significatif



**Figure 10 :** Evolution du poids corporel (Kg) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

**Tableau 09 :** Effet du temps sur l'évolution du poids corporel chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

Pcp (Kg)	J (-26) vs. J 0	J (-26) vs. J 43	J (-26) vs. J 70	J (-26) vs. J 100	J 0 vs. J 43	J 0 vs. J 70	J 0 vs. J 100	J 43 vs. J 70	J 43 vs. J 100	J 70 vs. J 100
Groupe M	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***	NS
Groupe C	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	**	NS

\*p<0.05; \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001. NS – Non-Significatif.

Pour tous les béliers, le poids corporel a été influencé significativement ( $p < 0.001$ ) par l'effet temps. Pour le groupe M, les moyennes enregistrées ont régressé de façon hautement significative ( $p < 0.001$ ) ( $97,90 \pm 1,83$  kg vs.  $89,70 \pm 1,27$  kg) pendant la période (J 43 - J 100). Pendant cette même période on note chez les béliers du groupe C une baisse très significative ( $p < 0.01$ ) avec une diminution de 6.67 kg. Une autre variation significative ( $p < 0.05$ ) est notée entre J 0 vs J 100 où les moyennes régressent de  $96,43 \pm 1,32$  kg à  $90,98 \pm 1,04$  kg.

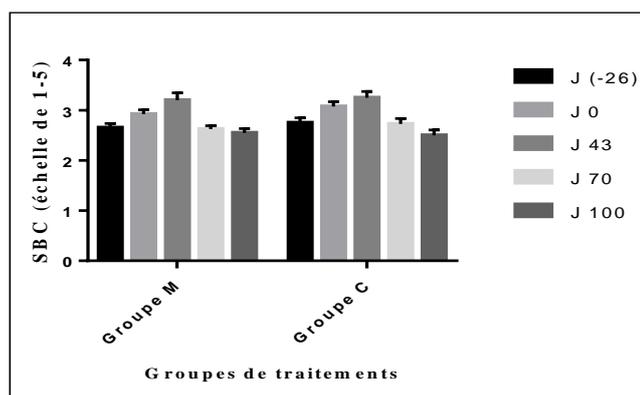
Par ailleurs, pour les deux groupes, les moyennes relevées accusent une augmentation non significative entre J (-26) et J 43 puis diminuent par la suite.

L'effet traitement hormonal est non significatif ainsi que l'interaction entre traitement et jour de l'expérimentation.

**II.3.1.2. Score de condition corporelle**

**Tableau 10:** Evolution du Score de condition corporelle (1- 5) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

Jour	Groupe		Signification (p) « Effet traitement »
	Groupe M	Groupe C	
<b>J (-26)</b>	2,65±0,08	2,75±0,10	-
<b>J 0</b>	2,93±0,08	3,08±0,09	-
<b>J 43</b>	3,20±0,15	3,25±0,12	NS
<b>J 70</b>	2,63±0,07	2,73±0,11	NS
<b>J 100</b>	2,55±0,08	2,50±0,11	NS
<b>Interaction (Traitement x Période)</b>	NS		



**Figure 11 :** Evolution du score de condition corporelle chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

**Tableau 11 :** Effet du temps sur l'évolution du score de condition corporelle chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

SBC	J (-26) vs. J 0	J (-26) vs. J 43	J (-26) vs. J 70	J (-26) vs. J 100	J 0 vs. J 43	J 0 vs. J 70	J 0 vs. J 100	J 43 vs. J 70	J 43 vs. J 100	J 70 vs. J 100
Groupe M	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	**	***	NS
Groupe C	NS	**	NS	NS	NS	NS	**	**	***	NS

\*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001. NS – Non-Significatif.

L'évolution du SBC chez les béliers des deux groupes est caractérisée par deux phases : une première phase d'augmentation (p<0.01) entre J-26 et J 43 qui coïncide avec l'effet du flushing alimentaire, suivie d'une phase de régression (p<0.001) de J 43 à J 100.



Pour le groupe (M) la circonférence scrotale augmente significativement ( $p < 0.01$ ) entre J-26 vs. J 70 pour se stabiliser par la suite.

L'effet temps est plus marqué pour le groupe (C), et se caractérise par une augmentation des valeurs ( $p < 0.01$ ) entre J-26 et J 43 puis une diminution significative de ces valeurs qui passent de ( $36,75 \pm 0,46$  cm) à ( $33,61 \pm 0,31$  cm) pendant la période (J 43 - J 100).

L'effet du traitement hormonal sur l'évolution de la CS apparaît à partir de J 70, les moyennes enregistrées pour le groupe (M) sont significativement plus élevées : (Groupe M vs. Groupe C) ( $p < 0.05$ ) à J 70, et (Groupe M vs. Groupe C) ( $p < 0.01$ ) à J 100.

L'interaction entre traitement hormonal et jour de l'expérimentation est très significative ( $p < 0.01$ ), exprimant ainsi l'effet variable du traitement hormonal selon le jour expérimental.

### II.3.2.2. Diamètre testiculaire

**Tableau 14 :** Evolution du diamètre testiculaire (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

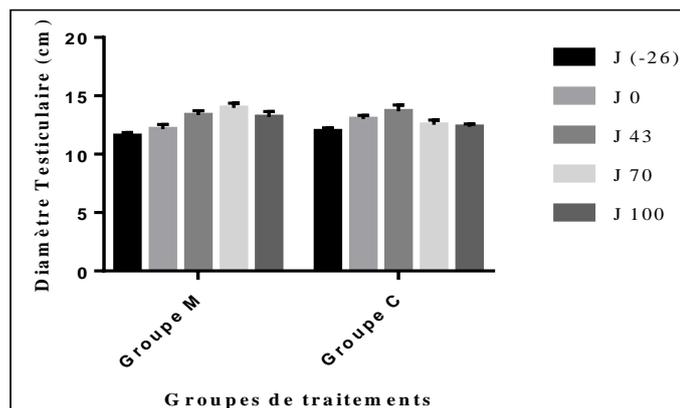
Jour	Groupe		Signification (p) « Effet traitement »
	Groupe M	Groupe C	
J (-26)	11,57±0,28	11,97±0,29	-
J 0	12,14±0,40	13,00±0,32	-
J 43	13,35±0,38	13,68±0,53	NS
J 70	13,97±0,39	12,53±0,40	*
J 100	13,18±0,46	12,34±0,25	NS
<b>Interaction (Traitement x Période)</b>		*	

\* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ . NS – Non-Significatif.

**Tableau 15 :** Effet du temps sur l'évolution du diamètre testiculaire (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

DT (cm)	J (-26) vs. J 0	J (-26) vs. J 43	J (-26) vs. J 70	J (-26) vs. J 100	J 0 vs. J 43	J 0 vs. J 70	J 0 vs. J 100	J 43 vs. J 70	J 43 vs. J 100	J 70 vs. J 100
Groupe M	NS	*	***	*	NS	**	NS	NS	NS	NS
Groupe C	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	NS	**	NS

\* $P < 0.05$ ; \*\* $P < 0.01$  ; \*\*\* $p < 0.001$ . NS – Non-Significatif.



**Figure 13 :** Evolution du diamètre testiculaire (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

On constate, à la lecture des tableaux : 07, 14, 15, que l'effet temps sur l'évolution du diamètre testiculaire est hautement déterminant ( $p < 0.001$ ). Ainsi pour le groupe M les moyennes augmentent de façon continue et significative de J-26 à J 70, pour se stabiliser par la suite. Pour le groupe C les valeurs maximales sont enregistrées à J43 ( $13,68 \pm 0,53$  cm) elles diminuent ensuite ( $P < 0.01$ ) pour atteindre une moyenne de ( $12,34 \pm 0,25$  cm) à J100.

L'effet du traitement hormonal est marqué à J 70 les moyennes sont plus élevées ( $p < 0.05$ ) pour le groupe M ( $13,97 \pm 0,39$  cm) comparativement au groupe C ( $12,53 \pm 0,40$  cm).

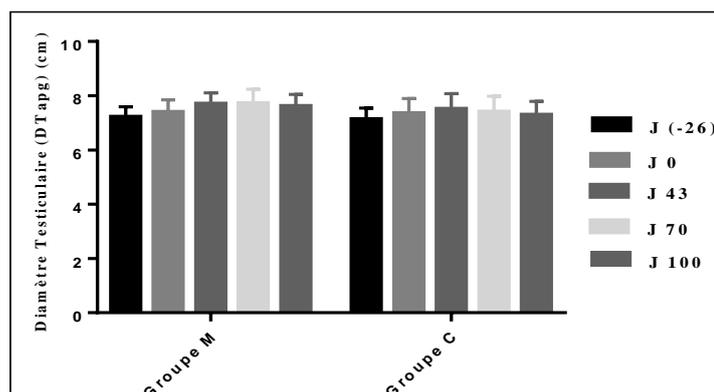
L'interaction entre traitement hormonal et jour de l'expérimentation est significative ( $p < 0.05$ ).

### II.3.2.3. Diamètres testiculaires antéro-postérieur

**Tableau 16 :** Evolution du diamètre testiculaire antéro-postérieur gauche (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

jour	Groupe		Signification (P) « Effet traitement »
	Groupe M	Groupe C	
J (-26)	7,21±0,12	7,13±0,13	-
J 0	7,39±0,15	7,35±0,17	-
J 43	7,70±0,13	7,51±0,18	NS
J 70	7,72±0,17	7,40±0,18	NS
J 100	7,61±0,14	7,29±0,16	NS
Signification (P) (effet « période »)	NS	NS	

NS – Non-Significatif ( $p > 0.05$ )



**Figure 14 :** Evolution du diamètre testiculaire antéro-postérieur gauche (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C) (des valeurs minimales aux maximales).

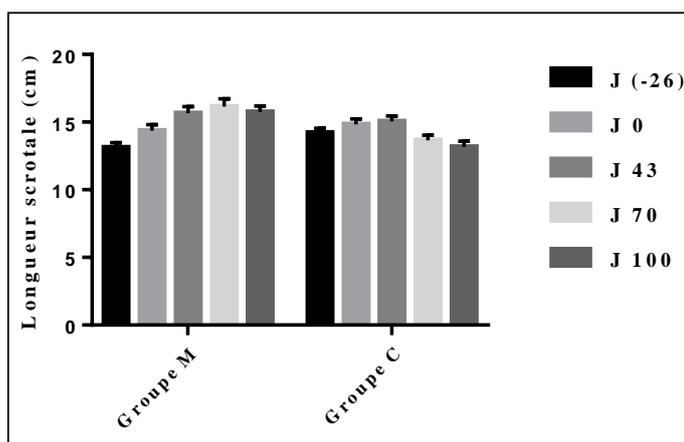
Les résultats obtenus font apparaître un effet non significatif ( $p > 0.05$ ) du jour expérimental et du traitement sur l'évolution de ce paramètre. Les moyennes enregistrées demeurent relativement stables entre les deux groupes et durant toute la période expérimentale.

#### II.3.2.4. Longueur scrotale

**Tableau 17 :** Evolution de la longueur scrotale (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

Jour	Groupe		Signification (P) « Effet traitement »
	Groupe M	Groupe C	
<b>J (-26)</b>	13,13±0,34	14,21±0,64	-
<b>J 0</b>	14,36±0,45	14,84±0,39	-
<b>J 43</b>	15,66±0,49	15,06±0,40	NS
<b>J 70</b>	16,14±0,59	13,65±0,39	***
<b>J 100</b>	15,74±0,46	13,17±0,42	***
<b>Interaction (Traitement x Période)</b>		***	

NS – Non-Significatif ( $p > 0.05$ )



**Figure 15 :** Evolution de la longueur scrotale (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

**Tableau 18:** Effet du temps sur l'évolution de la longueur scrotale (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

LS (cm)	J (-26) vs. J 0	J (-26) vs. J 43	J (-26) vs. J 70	J (-26) vs. J 100	J 0 vs. J 43	J 0 vs. J 70	J 0 vs. J 100	J 43 vs. J 70	J 43 vs. J 100	J 70 vs. J 100
Groupe M	NS	***	***	***	NS	*	NS	NS	NS	NS
Groupe C	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS

\*P<0.05; \*\*P<0.01 ; \*\*\*p<0.001. NS – Non-Significatif.

Les tableaux (07, 17 et 18) font apparaitre un effet traitement hormonal et jour expérimental très significatifs (P<0.01). De plus l'interaction entre ces deux effets est hautement significative.

La différence entre les moyennes enregistrées chez les béliers des deux groupes est devenue hautement significative (p<0.001) à partir de J70 à J100 (tableaux 17).

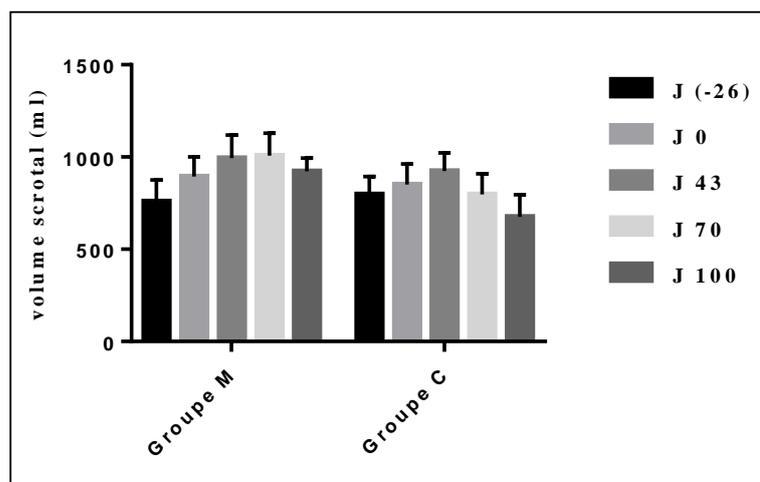
Par ailleurs l'effet temps est plus marqué chez les béliers du groupe M (tableaux 18), on note ainsi une augmentation significative durant les périodes (J-26 vs. J 43) (p<0.001) et (J 0 vs. J70) (P<0.05), puis les moyennes restent stables (P>0.05) à partir de J 43 et jusqu'à la fin de la période expérimentale. Pour le groupe C la seule variation significative enregistrée est une régression (P>0.05) des moyennes entre J 43 et J 100.

**II.3.2.5. Volume scrotal**

**Tableau 19 :** Evolution du volume scrotal (ml) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

Jour	Groupe		Signification (P) « Effet traitement »
	Groupe M	Groupe C	
J (-26)	759,50±36,79	797,50±30,62	-
J 0	894,00±33,83	850,50±35,22	-
J 43	994,00±39,60	924,00±31,10	NS
J 70	1007,00±38,78	797,00±35,29	***
J 100	922,00±22,84	676,00±37,79	***
<b>Interaction (Traitement x Période)</b>		**	

NS – Non-Significatif (p>0.05)



**Figure 16 :** Evolution du volume scrotale (ml) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

**Tableau 20 :** Effet du temps sur l'évolution du volume scrotal (ml) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

VS (ml)	J (-26) vs. J 0	J (-26) vs. J 43	J (-26) vs. J 70	J (-26) vs. J 100	J 0 vs. J 43	J 0 vs. J 70	J 0 vs. J 100	J 43 vs. J 70	J 43 vs. J 100	J 70 vs. J 100
Groupe M	NS	***	***	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Groupe C	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	***	NS

\*P<0.05; \*\*P<0.01 ; \*\*\*p<0.001. NS – Non-Significatif.

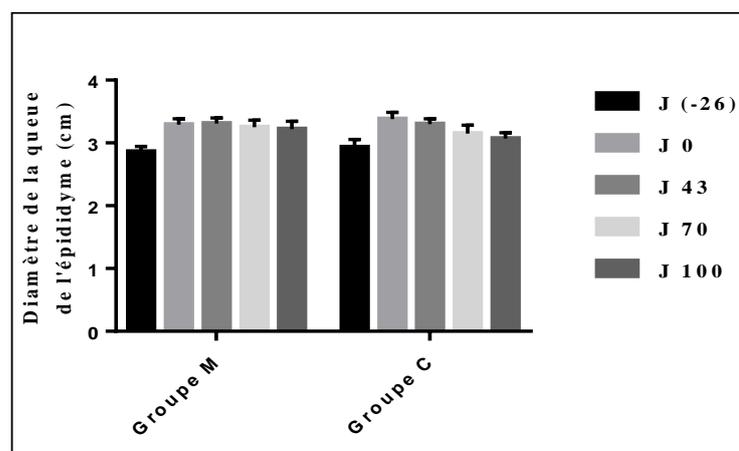
Le volume scrotal a suivi la même courbe d'évolution que celle de la longueur scrotale. Pour le groupe M les moyennes accusent une augmentation significative durant toute la période expérimentale, tandis que pour le groupe témoin les valeurs notées restent relativement stables de J-26 à J 43 puis régressent significativement par la suite (J 43 vs. J 100) ( $p < 0.001$ ). La différence entre les béliers des deux groupes est devenue hautement significative ( $p < 0.001$ ) à partir de J70 à J100 (tableau 19). Enfin l'interaction entre l'effet du traitement hormonal et le temps pour ce paramètre est très significative ( $P < 0.01$ ).

### II.3.2.6. Diamètre de la queue de l'épididyme

**Tableau 21** : Evolution du diamètre de la queue de l'épididyme (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

Jour	Groupe		Signification (P) « Effet traitement »
	Groupe M	Groupe C	
<b>J (-26)</b>	2,86±0,08	2,93±0,13	-
<b>J 0</b>	3,29±0,10	3,38±0,11	-
<b>J 43</b>	3,31±0,09	3,30±0,12	NS
<b>J 70</b>	3,25±0,11	3,15±0,13	NS
<b>J 100</b>	3,22±0,13	3,07±0,09	NS
<b>Interaction</b>			
<b>(Traitement x Période)</b>			NS

NS – Non-Significatif ( $p > 0.05$ )



**Figure 17** : Evolution du diamètre de la queue de l'épididyme (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

**Tableau 22** : Effet du temps sur l'évolution du diamètre de la queue de l'épididyme (cm) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

	<b>J (-26) vs. J 0</b>	<b>J (-26) vs. J 43</b>	<b>J (-26) vs. J 70</b>	<b>J (-26) vs. J 100</b>	<b>J 0 vs. J 43</b>	<b>J 0 vs. J 70</b>	<b>J 0 vs. J 100</b>	<b>J 43 vs. J 70</b>	<b>J 43 vs. J 100</b>	<b>J 70 vs. J 100</b>
<b>Groupe M</b>	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<b>Groupe C</b>	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

\*P<0.05. NS – Non-Significatif.

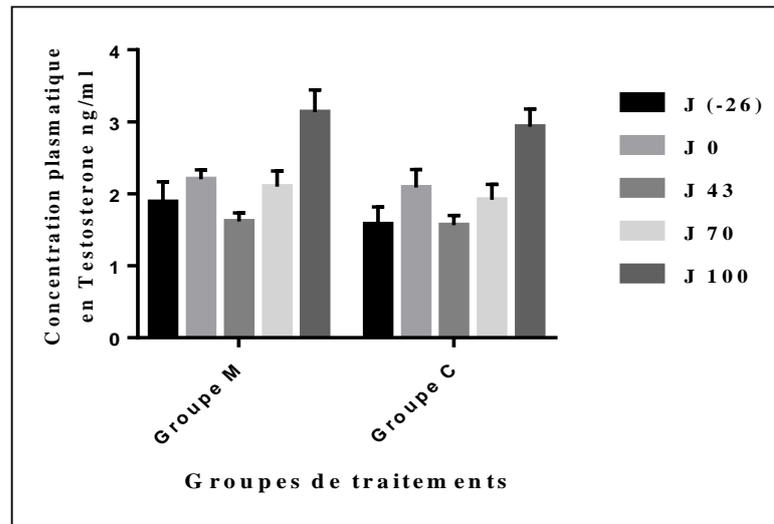
Les variations de ce paramètre sont peu marquées. Ainsi aucune différence significative n'est enregistrée entre les moyennes des deux groupes. Pour l'évolution dans le temps les valeurs augmentent significativement entre les périodes (J-26 vs. J 0), (J-26 vs. J 43) pour les groupe M et (J-26 vs. J 0) pour le groupe C, pour demeurer invariables par la suite.

### II.3.3. Dosage de la testostérone plasmatique

**Tableau 23** : Evolution du taux plasmatique en testostérone (ng/ml) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

<b>Jour</b>	<b>Groupe</b>		<b>Signification (P) « Effet traitement »</b>
	<b>Groupe M</b>	<b>Groupe C</b>	
<b>J (-26)</b>	1,89±0,28	1,58±0,24	-
<b>J 0</b>	2,20±0,13	2,09±0,25	-
<b>J 43</b>	1,62±0,12	1,56±0,13	NS
<b>J 70</b>	2,10±0,22	1,92±0,21	NS
<b>J 100</b>	3,13±0,31	2,93±0,25	NS
<b>Interaction (Traitement x Période)</b>		NS	

NS – Non-Significatif (p>0.05)



**Figure 18 :** Evolution du taux plasmatique en testostérone (ng/ml) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

**Tableau 24 :** Effet du temps sur l'évolution du taux plasmatique en testostérone (ng/ml) chez les béliers Ouled Djellal des deux groupes (groupe M et groupe C).

	J (-26) vs. J 0	J (-26) vs. J 43	J (-26) vs. J 70	J (-26) vs. J 100	J 0 vs. J 43	J 0 vs. J 70	J 0 vs. J 100	J 43 vs. J 70	J 43 vs. J 100	J 70 vs. J 100
Groupe M	NS	NS	NS	**	NS	NS	*	NS	***	*
Groupe C	NS	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS	***	*

\*P<0.05 ; \*\*\*p<0.001. NS – Non-Significatif.

Pour la sécrétion de testostérone aucune différence n'a été notée entre les mâles des deux groupes. L'effet temps est quant à lui hautement significatif (p<0.001), les niveaux de testostérone sanguine avant le début du traitement (J -26) et jusqu'à J 70 sont restés stables chez les deux groupes pour augmenter significativement entre J 70 et J 100. Les valeurs les plus élevées (3,13±0,31ng/ml) et (2,93±0,25ng/ml) pour le groupe M et C respectivement, sont enregistrées à J100 qui coïncide avec le début du mois de juillet.

### II.3.4. Corrélations entre les paramètres des mensurations scrotales et pondérales et le taux plasmatique en testostérone

**Tableau 25 :** Corrélations entre les paramètres des mensurations scrotales et pondérales et le taux plasmatique en testostérone chez les béliers Ouled Djellal du groupe (M)

	SBC	Pcp	CS	DT	Dtapg	LS	VS	Dqep
<b>Pcp</b>	0,74***							
<b>CS</b>	0,28 NS	0,49***						
<b>DT</b>	0,18 NS	0,40***	0,81***					
<b>Dtapg</b>	0,08 NS	0,14	0,44***	0,48***				
<b>LS</b>	0,25 NS	0,42***	0,81***	0,76***	0,47***			
<b>VS</b>	0,27 NS	0,41***	0,82***	0,78***	0,39*	0,78***		
<b>Dqep</b>	0,33*	0,18 NS	0,04 NS	0,02 NS	-0,02 NS	0,11 NS	0,21 NS	
<b>Testo</b>	-0,17NS	-0,23NS	0,16 NS	0,11 NS	0,08 NS	0,19 NS	0,15 NS	0,20 NS

\*P<0.05; \*\*\*p<0.001. NS – Non-Significatif. SBC : Score de condition corporelle ; Pcp: poids corporel; CS: circonférence scrotale; DT : diamètre testiculaire ; Dtapg : diamètre testiculaire antéropostérieur gauche LS : longueur scrotale ; VS : volume scrotal ; Dqep : diamètre de la queue de l'épididyme gauche ; T : concentration plasmatique en testostérone.

**Tableau 26 :** Corrélations entre les paramètres des mensurations scrotales et pondérales et le taux plasmatique en testostérone chez les béliers Ouled Djellal du groupe (C)

	SBC	Pcp	CS	DT	Dtapg	LS	VS	Dqep
<b>Pcp</b>	0,65***							
<b>CS</b>	0,48***	0,48***						
<b>DT</b>	0,38*	0,45***	0,47***					
<b>Dtapg</b>	0,12 NS	0,24 NS	0,06 NS	0,36*				
<b>LS</b>	0,24 NS	0,38*	0,65***	0,45***	0,19 NS			
<b>VS</b>	0,54***	0,47***	0,70***	0,36*	-0,11NS	0,52***		
<b>Dqep</b>	0,27 NS	0,17 NS	0,22 NS	0,27	0,25 NS	0,23 NS	0,20 NS	
<b>testo</b>	-0,02NS	-0,03NS	-0,05NS	0,20NS	-0,04NS	-0,18NS	-0,03NS	-0,09 NS

\*P<0.05; \*\*\*p<0.001. NS – Non-Significatif. SBC : Score de condition corporelle ; Pcp: poids corporel; CS: circonférence scrotale; DT : diamètre testiculaire ; Dtapg : diamètre testiculaire antéropostérieur gauche LS : longueur scrotale ; VS : volume scrotal ; Dqep : diamètre de la queue de l'épididyme gauche ; T : concentration plasmatique en testostérone.

A la lecture des tableaux ci-dessus (tableaux 25 et 26) on constate une corrélation positive significative, entre la majorité des mensurations effectuées sur la gonade (CS, LS, VS et DT), sauf dans le cas du diamètre de la queue de l'épididyme gauche, qui présente une corrélation statistiquement insignifiante ( $p>0.05$ ) avec les paramètres mesurés. On note aussi une corrélation positive hautement significative ( $p<0.001$ ) entre le poids corporel et le score de l'état corporel. Il en est de même pour les paramètres suivants : CS, DT, LS, et VS qui évoluent dans le même sens que le poids corporel ( $r=0,38$   $P<0.05$  à  $r=0,49$   $p<0.001$ ). D'autre part, la corrélation entre la concentration plasmatique en testostérone et les autres paramètres présentés est non significative pour les deux groupes.

### II.3.5. Paramètres de reproduction du troupeau

Période des agnelages : du 02 Octobre au 11 Novembre.

**Tableau 27** : Analyse comparative entre les paramètres de reproduction des deux lots (M et C)

Performances zootechniques Du troupeau	Lot de brebis Groupe C	Lot de brebis Groupe M	
Nombre de brebis mises à la lutte	150	150	
Nombre de brebis gestantes	120	130	
Nombre de brebis ayant mis bas	120	130	
Nombre de portées multiples	56	59	
A deux agneaux	53	55	
A trois agneaux	3	4	
Nombre d'agneaux nés	179	193	
			<b>Signification statistique au Test Khi-2</b>
Taux de conception	80.00%	86,67 %.	NS
Taux de fertilité	80.00%	86,67 %.	NS
Taux de prolificité	149,17 %	148,46 %.	NS
Taux de fécondité	119,33 %	128,67 %	NS

## II.4. Discussion

### II.4.1. Mensurations pondérales

Concernant l'évolution du poids corporel (tableaux 7, 8 et 9) et de la note d'état corporel (7, 10 et 11) pendant la période d'étude, on peut affirmer qu'elle a présenté deux phases bien contrastées et a été influencée par deux facteurs différents : l'effet de l'amélioration du niveau alimentaire pendant les deux mois précédant la lutte et qui s'est traduit chez les béliers des deux groupes par une augmentation très significative des valeurs moyennes de la note d'état corporel. Ensuite l'effet de la période de lutte qui a entraîné une baisse significative dans les moyennes du poids corporel et du score d'état corporel. Cependant l'effet du traitement hormonal n'a pas été influençant, aucune différence n'ayant été notée entre les deux groupes pendant toute la période d'étude.

Malgré le fait que la spermatogenèse est un processus continu, caractérisé par la production relativement constante de sperme par jour et par g de testicules (20 millions / jour) (Martínez et al., 1994), et que les besoins liés à la spermatogénèse sont réduits, faisant que cette fonction est particulièrement résistante à la sous nutrition (Thwaites, 1995; Drogoul et al., 2013), une suralimentation énergétique temporaire (plus de 20 à 30% des besoins d'entretien) avec des sels minéraux et des vitamines pendant les 60 jours précédant la lutte est fortement conseillée pour réussir la saison de reproduction (Martin et al., 2004a; Sagot 2009).

Rassu et al. (2004a) ainsi que Tabbaa et al. (2006b) confirment que le poids corporel est un bon indicateur de l'état général, et du statut nutritionnel de l'animal, et que parmi les facteurs environnementaux qui puissent influencer la fonction de reproduction, la nutrition joue un rôle de premier plan. Maurya et al., (2010) précisent d'ailleurs, que les béliers ayant une note d'état corporel modérée (3,0 et 3,5) présentent des caractéristiques séminales nettement plus élevées que ceux à note d'état corporel faible (2,5) ou élevée (4,0).

Dans notre étude et afin d'éliminer les variations de la fertilité des géniteurs liées à l'effet probable de l'alimentation, les béliers des deux lots ont été préparés par un flushing alimentaire et ont reçu pendant le reste de la période expérimentale la même ration.

En outre, il a été démontré que la reproduction est un processus exigeant sur le plan métabolique (Clariget et al., 1998; Ungerfeld and Bielli, 2012). Des baisses de l'appétit et de la digestibilité des aliments peuvent s'observer pendant la période de lutte chez les béliers (Argot et al., 1999). Ainsi dans notre étude, les baisses enregistrées dans le poids et la note

d'état corporel durant la période allant de J43 à J100 (tableau 7) pourraient s'expliquer par les dépenses énergétiques liées à l'augmentation de la fréquence d'éjaculation (Thwaites, 1995; Oliveira et al., 2012) et aux efforts physiques (Thwaites, 1995; Kumar et al., 2017b) caractérisant la saillie naturelle.

#### **II.4.2. Mensurations scrotales**

Pour la majorité des mensurations effectuées sur la gonade, aucune différence notable n'a été détectée entre les deux groupes durant la période allant de J (-26) à J43, pendant cette première période dans les deux groupes de béliers, l'effet du flushing alimentaire a influencé certains paramètres (essentiellement la circonférence scrotale) entraînant de sensibles augmentations des moyennes. Cet effet positif est confirmé par une corrélation étroite ( $r=0.48$  à  $r=0.49$ ) ( $p<0.001$ ) entre le poids corporel et La circonférence scrotale.

D'autre part, le diamètre testiculaire antéro-postérieur gauche (tableau 16) n'a été influencé ni par l'effet du traitement hormonal ni par l'effet du temps. Il en est de même pour le diamètre de la queue de l'épididyme (tableau 21) qui n'a pas varié de façon expressive pour les deux groupes durant toute la période d'étude. Cela nous amène à conclure que les variations de ces deux paramètres, présentent peu de précision quant à leur utilisation comme indicateurs des aptitudes de reproduction des béliers, et de ce fait ils doivent être toujours confirmés par d'autres mensurations scrotales notamment celles de la circonférence, de la longueur ou du volume. Ces constatations consolident d'ailleurs la thèse avancée par Hassan et al. (2009) et Focșăneanu et al. (2014) qui recommandent l'utilisation de ces dernières mesures comme critères de sélection précoce des géniteurs.

Les résultats de cette étude ont démontré un effet révélateur du traitement hormonal à base d'implants de mélatonine à partir de J70. Ainsi on a noté des différences avec une signification statistique allant de ( $p<0,05$ ) à ( $p<0,001$ ) entre les deux lots de béliers (M et C) pour les quatre variables suivantes CS, DT, LS et VS (tableaux : 7 ; 12 ; 14 ; 17 ; 19). Les moyennes les plus élevées ont été enregistrées chez les béliers du groupe M. Ces résultats sont confirmés par plusieurs études (Chemineau et al., 1988; Chemineau et al., 1996b; Philippe et al., 1996; Casao et al., 2010; Egerszegi et al., 2014; Cevik et al., 2017b) qui trouvent que chez les béliers adultes, l'insertion d'implants de mélatonine facilite et maintient le développement testiculaire en contre-saison, elle améliore en outre le comportement sexuel ainsi que les caractéristiques de la semence chez différentes races ovines. Certains auteurs (DeNicolo et al., 2008; Inmaculada et al., 2008; Luridiana et al., 2015) expliquent cela par le

fait que le traitement des béliers avec la mélatonine entre le milieu et la fin du printemps permet l'accélération de l'apparition du pic saisonnier de la LH provoquant ainsi l'augmentation de la taille des testicules. Lincoln et Maeda (1992) ajoutent que la mise en place de micro-implants de mélatonine dans la zone médio-basal de l'hypothalamus chez le bélier s'accompagne d'une réactivation de l'axe hypothalamo-hypophysio-gonadique avec une augmentation de la sécrétion du GnRH et de la FSH et par conséquent une accélération de la croissance des testicules ; des résultats similaires ont aussi été avancés par Tamarkin et al., (1985) et Bittman et Karsch (1984) concernant l'effet de la mélatonine comme inhibiteur du feedback négatif exercé par les jours à durée d'éclaircissement longue sur cet axe chez les ovins (Bittman and Karsch, 1984; Tamarkin et al., 1985; Lincoln and Maeda, 1992). En revanche, Misztal et al. (1996) précisent que la durée de l'activité de reproduction des béliers traités par la mélatonine est plus courte que dans les conditions photopériodiques naturelles

#### **II.4.3. Taux plasmatique de testostérone**

Dans notre cas la concentration plasmatique en testostérone a suivi la courbe d'évolution saisonnière caractérisant la race Ouled Djellal décrite par plusieurs auteurs (Taherti et al., 2014; Taherti, 2016; Belkadi et al., 2017; Belkhiri et al., 2017). Thériault et al. (2012) trouvent eux aussi des résultats qui vont dans le même sens, et confirment que la préparation photopériodique des béliers de race pure Suffolk (béliers exposés à un programme de photopériode de Novembre 2009 à Octobre 2010 alternant des périodes de 1 mois de jours longs de 16 h/j de lumière et 1 mois de jours courts de 8 h/j de lumière) n'influence ni la sécrétion de testostérone ni le comportement sexuel des mâles en contre saison, mais qu'elle provoque chez ces béliers une augmentation des mensurations de la circonférence scrotale associée à une amélioration significative de la fertilité. Buffoni et al. (2015) de leur part rapportent que le traitement des béliers par les implants de mélatonine n'a aucun effet ni sur la concentration plasmatique de testostérone ni sur la qualité de la semence fraîche ou décongelée.

Par contre Deng et al. (2018) affirment un effet stimulateur de la mélatonine sur la production de testostérone. Ces auteurs expliquent que sous l'action de la mélatonine, les cellules de Sertoli libèrent, d'une part, l'IGF-1 (insulin-like growth factor-1), qui stimule la sécrétion de testostérone et inhibe, d'autre part, l'expression et l'activation de l'aromatase, enzyme qui catalyse la transformation des androgènes en œstrogènes. Ces dernières ont un effet inhibiteur sur l'activité des cellules de Leydig. Rosa et al., (2000) aboutissent à cette même conclusion, tout en précisant que dans les cinq semaines qui suivent le traitement à base d'implants de

mélatonine chez les béliers, de sensibles augmentations de la testostéronémie et de la libido sont notées. Lincoln et Ebling (1985), trouvent eux aussi les mêmes résultats chez les béliers de race Soay (race à caractère de reproduction très saisonnier). Ces différences peuvent être liées au caractère peu saisonnier de la race Ouled Djellal, ou à la date de l'insertion des implants qui s'est réalisée, pour ces auteurs, à la fin du printemps (fin Mai, début juin), lorsque les béliers ont déjà été exposés à quelques mois de jours à durée d'éclaircissement longue (Lincoln and Ebling, 1985; Rosa et al., 2000; Rosa and Bryant, 2003), alors que dans notre expérimentation les béliers ont été traités dès le début du printemps (26 Mars). Rosa et al. (2012) et Abecia et al. (2017) précisent que l'administration de mélatonine exogène peut imiter l'effet stimulant des jours courts pour faire accélérer l'apparition des pics des différents paramètres liés aux performances de reproduction chez les béliers, à condition que les animaux soient préalablement exposés à des journées à longue durée d'éclaircissement naturel ou artificiel pour répondre au traitement. Tamarkin et al. (1985). Kaya et al. (2000) confirment eux aussi ces résultats en signalant que l'administration de mélatonine en période de repos sexuel améliore significativement la qualité du sperme et le taux moyen en testostérone plasmatique, alors qu'elle n'a aucune influence sur ces deux paramètres, en pleine période de lutte où l'activité gonadique est maximale. Néanmoins ces mêmes auteurs précisent que ce traitement hormonal initié vers la fin de l'exposition à des jours courts peut empêcher la régression gonadique.

#### **II.4. 4. Paramètres de reproduction**

Dans les notre étude, comparativement au lot C, le lot de brebis M a vu sa fertilité, et sa fécondité légèrement relevées respectivement de 6.67% ; et 9.34% à la faveur d'un traitement hormonal des géniteurs mâles par des implants de mélatonine. Plusieurs études indiquent que le traitement des béliers par la mélatonine exogène augmente la proportion de brebis ovulant en réponse à l'introduction d'un bélier (Malpaux et al., 1995; Inmaculada et al., 2008; Cevik et al., 2017a; b; Gutierrez et al., 2018). El Bouyahiaoui et al., (2017), trouvent eux aussi des résultats qui vont dans le même sens quant à la fécondité chez la race Hamra (137% pour le lot de brebis saillies par les béliers traités par la mélatonine contre 68 % pour lot de brebis saillies par les béliers non traités  $p < 0,01$ ) et chez la race Rembi (128% pour le lot de brebis saillies par les béliers traités par la mélatonine contre 108% pour lot de brebis saillies par les béliers non traités  $p < 0,09$ ).

D'autre part l'administration de la mélatonine aux brebis des deux groupes a permis d'augmenter leur fécondité et leur prolificité respectivement de 18.33% et 32.63% pour le lot

brebis saillies par les béliers du groupe C et de 27.67% et 31.92% pour le lot brebis saillies par les béliers du groupe M, comparativement aux résultats obtenus au niveau de la même ferme (Fertilité : 86,70 % ; Fécondité : 101 % ; Prolificité : 116,54 %) pendant la saison de reproduction du printemps de l'année 2010, où 300 brebis de race Ouled Djellal, ont été utilisées pour la lutte après traitement de synchronisation et d'induction des chaleurs à base d'éponges vaginales imprégnées d'acétate de fluorogestone (FGA) (Chrogest® - Intervet) à 40 mg introduites pendant 14 jours, suivi d'une injection par voie intramusculaire de 400 U.I d'eCG (equin chorionic gonadotropin) (Follegon® - Intervet) le jour du retrait de cette éponge (Allaoui, 2012).

Des résultats similaires ont été confirmés par plusieurs auteurs (Forcada et al., 2006; Abecia et al., 2007; Abecia et al., 2008; Vázquez et al., 2008) concernant l'impact positif de la mélatonine exogène sur les paramètres de reproduction chez la brebis, ces auteurs ajoutent en outre que ce traitement favorise en plus la survie embryonnaire après super-ovulation durant la période anœstrale et entraîne des réductions de la prolactinémie et des changements de sa concentration semblable à celle d'une exposition aux jours courts.

L'utilisation des implants de la mélatonine s'est traduite par un impact positif sur le nombre d'agneaux produits (Malpaux et al., 1995). En effet, en comparant les résultats des deux lots (M et C) à ceux obtenus dans d'autres études, chez la race Ouled Djellal, utilisant comme méthode d'induction et de synchronisation des chaleurs l'effet bélier seul (Safsaf and Tlidjane, 2010) ou un autre traitement hormonal que la mélatonine (Dekhili and Aggoun, 2007; Belkasmî et al., 2010; Dekhili, 2010), on s'aperçoit que les taux de fécondité, et de prolificité sont relativement supérieurs dans notre étude. Zaiem et al., (2000) aboutissent eux aussi aux mêmes constatations chez les races Queue fine de l'Ouest et Noire de Thibar, en Tunisie. Dans leur étude, ces auteurs relèvent que les taux de fécondité et de prolificité des brebis traitées à la mélatonine sont significativement supérieurs à ceux des témoins, contrairement à la fertilité qui est comparable entre les deux lots : traité et témoin (Zaiem et al., 2000)

Enfin, les résultats obtenus nous amène à conclure, que dans nos élevages, l'utilisation des implants de mélatonine chez les deux sexes pourrait présenter un intérêt zootechnique intéressant, car non seulement elle permet l'induction et la synchronisation des œstrus lors de la lutte de printemps, mais aussi, elle permet d'améliorer les bilans de reproduction avec un accroissement non négligeable de la fécondité et de la prolificité des brebis traitées par rapport aux moyennes de la race.

**DEUXIEME EXPERIMENTATION**

**EFFET DE L'ALIMENTATION SUR LES PERFORMANCES DE  
REPRODUCTION DES BELIERS GENITEURS EN PARTICULIER  
CONCERNANT L'UTILISATION DE SOURCES ALIMENTAIRES  
ALTERNATIVES (REBUTS DE DATTES)**

## CHAPITRE III : DEUXIEME EXPERIMENTATION

### EFFET DE L'ALIMENTATION SUR LES PERFORMANCES DE REPRODUCTION DES BELIERS GENITEURS EN PARTICULIER CONCERNANT L'UTILISATION DE SOURCES ALIMENTAIRES ALTERNATIVES (REBUTS DE DATTES)

#### III.1. Introduction

L'alimentation qui constitue le poste le plus important en matière de dépenses dans un élevage (Ben Salem and Smith, 2008), conditionne les performances productives et reproductives des animaux (Brown, 1994; Alejandro, 2016; Maarof et al., 2018).

Toutefois, en Algérie, la fragilité de l'assise technique et financière des éleveurs (Rondia, 2006; Rekik et al., 2014) associée à une instabilité de la valeur nutritive (quantitative et qualitative) des fourrages (Khetib chibahi, 2013; Yerou, 2014; Mayouf and Arbouche, 2015) et au faible potentiel d'utilisation des céréales classiques pour l'alimentation des ovins (Rahal, 2015; Arbouche et al., 2017), posent un réel défi aux zootechniciens pour l'établissement de rations équilibrées (Atchemdi, 2008). C'est pourquoi il serait intéressant de recourir aux ressources alimentaires alternatives qui sont disponibles en grandes quantités et aux moments voulus et peuvent totalement ou partiellement se substituer aux fourrages ou aux concentrés, réduisant ainsi le coût de l'aliment, tout en maintenant les niveaux de performances des troupeaux (Lassoued et al., 2011; Lakhdara, 2014). Parmi ces ressources alimentaires alternatives, on trouve les rebuts de dattes obtenus après triage des récoltes, et qui représentent 25 % de la production annuelle de datte (Chehma and Longo, 2001; Senoussi and Behir, 2010).

Dans ce contexte, et afin d'optimiser l'apport alimentaire des béliers géniteurs, et d'en améliorer les ratios prix/quantité et qualité nous nous sommes fixés l'objectif suivant :

Evaluer l'effet d'un flushing alimentaire composé de trois niveaux différents de remplacement du concentré commercial par les rebuts de dattes sur :

- 1) Les performances de croissance corporelle et testiculaire des géniteurs,
- 2) La fertilité *in vitro* des béliers par l'analyse qualitative et quantitative de la semence,
- 3) Le comportement sexuel des béliers (la libido),
- 4) Le taux de testostérone plasmatique.

## III.2. Matériel et méthodes

### III.2.1 Site de l'expérimentation : Ferme pilote Bouaoune Rabeh

La ferme pilote Bouaoune Rabah est une ferme de référence, située à Ouled Rahmoune dans la Daira d'El-khroub Wilaya de Constantine, longitude de 6°41'36"Est, latitude de 36°15'47"Nord et à une altitude moyenne de 630 m au-dessus de la mer. Elle couvre une superficie agricole de 1620 hectares et se compose de deux sections :

- Production de semence de céréales
- Elevage ovin.

Deux périodes de lutte sont organisées au niveau de cette ferme :

- Lutte de printemps, dure huit semaines et s'étale du 09Avril au 01 Juin
- Lutte d'automne s'étale de mi-septembre jusqu'à mi-novembre.

Le mode d'induction et de synchronisation des chaleurs utilisé pour contrôler la reproduction du troupeau consiste à ne mettre en contact les béliers géniteurs avec les brebis que durant les mois de lutte (effet bélier). Les brebis sélectionnées pour la reproduction, sont tarées depuis au moins deux mois avant la lutte.

### III.2.2. Matériel animal et durée de la période expérimentale

L'étude expérimentale s'est étalée sur une durée totale de 18 semaines comprenant :

- 5 semaines (de 01 Mai à 01Juin de l'année 2017) pour la sélection des géniteurs présentant les critères d'inclusion dans l'expérimentation. En effet pour minimiser l'effet des variations individuelles sur les résultats, des béliers relativement homogènes ont été sélectionnés selon les critères suivants :
  - La conformation : mensurations morpho-biométriques homogènes,
  - L'âge : 24 à 28 mois, l'identification de l'âge s'est faite en se basant sur les fiches individuelles de naissance des animaux.
  - Le poids corporel :  $63.66 \pm 0.42$ kg,
  - La circonférence scrotale :  $31.32 \pm 0.11$ cm,
  - La libido prouvée (Perkins and Roselli, 2007) et la réponse positive à l'électro-éjaculateur.
- 2 semaines de transition alimentaires : du 7 au 21 juin de l'année 2017 (J-14 à J1), au cours de cette période, les proportions des rebuts de dattes ont été augmentées

progressivement pour permettre une bonne adaptation de la flore ruminale au nouveau régime.

- 11 semaines pour la collecte des résultats, cette période est comprise entre 21 juin et 05 septembre de l'année 2017 (J1 à J77).

Elle a porté sur un nombre total de 18 béliers reproducteurs de race Ouled Djellal dont l'âge est compris, au début de l'expérimentation, entre 24 et 28 mois. Ils ont été répartis en trois groupes de six béliers chacun. La complémentation alimentaire par des rebuts de dattes, étant différente pour chaque groupe selon les détails ci-dessous :

1. Groupe 1 (0RD) : le mélange de concentré expérimental se compose de 0% de rebuts de dattes, 100 % de concentré commercial
2. Groupe 2 (50 RD) : le mélange de concentré expérimental se compose de 50% de rebuts de dattes, 50 % de concentré commercial
3. Groupe 3 (75 RD) : le mélange de concentré expérimental se compose de 75% de rebuts de dattes, 25% de concentré commercial

Avant la période expérimentale, les pâturages constituaient la principale source d'alimentation. Dès le 7 juin les béliers sélectionnés pour l'expérimentation ont été séparés du reste de l'effectif, et logés dans un bâtiment couvert, dans des boxes individuels (2.5mX1.5m).

### III.2.3 Composition du régime alimentaire expérimental

Les tableaux n°28 et 29 montrent les caractères quantitatifs et qualitatifs ainsi que la composition biochimique de la ration donnée aux béliers.

**Le Groupe I ou groupe témoin (0 RD)** reçoit le flushing alimentaire utilisé dans la ferme quand les disponibilités alimentaires le permettent, et qui se compose d'une ration journalière/bélier de : 1,5 Kg de foin de vesce avoine + 1Kg de **concentré commercial** (80% orge, 10% son de blé, 7% tourteau de soja, 3 % mixture minéral-vitaminique).

**Le groupe II (50 RD)** reçoit une ration de flushing dont la mixture du concentré expérimental se compose de 50% de rebuts de datte et de 50% de concentré commercial

**Le groupe III (75 RD)** reçoit une ration de flushing dont la mixture du concentré expérimental se compose de 75% de rebuts de datte et de 25% de concentré commercial.

les régimes alimentaires ont été conçus, selon Agabriel et al. (2007), pour subvenir à 1,2 des besoins de maintenance des animaux. La ration quotidienne de concentré expérimental a été distribuée le matin à 9.00 et le soir à 16.00 h et est suivie par une distribution de foin.

Précisons que pendant les vingt premiers jours (J1 à J 20) les concentrés ont été complétés par un complément minéralo-vitaminique, Calfostonic® (Invesa Barcelona-Spain), suivant la proportion de 1Kg/50 Kg de concentré.

L'eau fraîche étant disponible *ad libitum*.

**Tableau 28:** Composition chimique des différents éléments (Foin de vesce avoine, Concentré commercial, Rebut de dattes) de la ration des béliers géniteurs (% de MS) (moyenne  $\pm$ SD) (Djaalab, 2017).

	<b>Foin de vesce avoine</b>	<b>Concentré commercial</b>	<b>Rebut de dattes</b>
<b>Matière Sèche (MS)</b>	92,96 $\pm$ 1,89	93,21 $\pm$ 1,52	84,06 $\pm$ 1,7
<b>Matière Organique (MO)</b>	96,99 $\pm$ 2,11	97,78 $\pm$ 0,14	93,85 $\pm$ 1,57
<b>Cendres Totales (CT)</b>	3,01 $\pm$ 2,86	2,22 $\pm$ 0,24	6,15 $\pm$ 0,27
<b>MAT</b>	11,33 $\pm$ 1,36	12,51 $\pm$ 0,78	4,96 $\pm$ 0,02
<b>FDN</b>	55,14 $\pm$ 1,96	57,51 $\pm$ 2,69	24,73 $\pm$ 1,2
<b>FDA</b>	26,02 $\pm$ 3,55	28,64 $\pm$ 1,26	19,25 $\pm$ 0,42
<b>Hémicellulose</b>	29,12 $\pm$ 5,19	28,87 $\pm$ 1,77	5,48 $\pm$ 0,2
<b>Cellulose</b>	14,02 $\pm$ 2,78	22,91 $\pm$ 0,08	6,44 $\pm$ 0,20
<b>Lignine</b>	12 $\pm$ 0,10	5,73 $\pm$ 1,27	12,81 $\pm$ 1,10

MS. Matière sèche.

MAT : Matières Azotées Totales

FDN: Fibre détergent neutre : Fibres totales = [Cellulose] + [Hemicelluloses] + [Lignine]

FDA: Fibre détergent acide : [Cellulose] + [Lignine]

**Les rebuts de dattes** utilisés proviennent de la ville de Tolga wilaya de Biskra et sont constitués de dattes partiellement déshydratées, appelées selon Chehma et al., (2000) *Hachef* (fruit entier : chair et noyau). Elles sont, de mauvaise qualité, de faibles valeurs marchandes et impropres à la consommation humaine (soit du fait de leur faible qualité gustative, soit du fait de leur texture dure). Ces rebuts, séchés à l'air libre sous abri, sont ensuite broyés à l'aide d'un broyeur à marteaux mobiles.

**Tableau 29** : Ingrédients et composition chimique des régimes alimentaires expérimentaux

	<b>Régimes</b>		
	<b>0 RD</b>	<b>50 RD</b>	<b>75 RD</b>
<b>Ingrédients</b>			
<b>(% de la ration)</b>			
<b>Foin</b>	60	60	60
<b>Mixture de concentré commercial</b>	40	20	10
<b>Rebuts de dattes</b>	0	20	30
<b>(Kg/tête/jour)</b>			
<b>Foin</b>	1.5	1.5	1.5
<b>Mixture de concentré commercial</b>	1	0.5	0.25
<b>Rebuts de dattes</b>	0	0.5	0.75
<b>Composition chimique</b>			
<b>Matière sèche (% de MF)</b>	93.06	91.23	90.32
<b>Matière organique (% de MS)</b>	97.30	96.52	96.13
<b>MAT (% de MS)</b>	11.80	10.29	9.54
<b>FDN (% de MS)</b>	56.08	49.53	46.25
<b>FDA (% de MS)</b>	27.06	25.19	24.25
<b>Cellulose (% de MS)</b>	17.57	14.28	12.63
<b>Hemicelluloses (% de MS)</b>	29.02	24.34	22.00
<b>Lignine (% de MS)</b>	9.49	10.91	11.62

### III.2.4 Mensurations corporelles réalisées

- Les mensurations de morpho-biométrie ont été réalisées pendant la période de sélection.
- Le poids corporel (PC), l'estimation de l'état d'embonpoint (BCS), le tour de poitrine (T.p), la circonférence scrotale (CS) et le poids testiculaire (PT) ont été enregistrés pour chaque bélier selon le calendrier : J-14, J1, J15, J29, J43, J57 et J71.

Les mesures sont prises le matin avant l'alimentation.

#### III.2.4.1. Mensurations de morpho-biométrie

La conformation des béliers géniteurs, est appréciée par des mesures effectuées à la toise ou au ruban métrique (Harkat et al., 2015) Ces mesures sont :

En utilisant le ruban métrique

- Longueur scapulo-ischiale (**L.scap-isch**).

En utilisant la toise

- La longueur du corps (**L.cp**),
- La hauteur au garrot (**H.g**)
- La hauteur sous sternale (**H.s.s**),
- la profondeur de thorax (**P.th**),
- la largeur de thorax (**l. th**),
- la largeur du bassin (**l.b**)

#### III.2.4.2 Mensurations pondérales

Le développement corporel des béliers soumis à l'étude a été estimé par les mesures suivantes.

- La pesée (en Kg), à l'aide du pèse bétail
- Le gain moyen quotidien (**GMQ** en g/J) calculé selon la formule :

$$\text{GMQ} = \frac{\text{Poids final} - \text{Poids initial}}{\text{Nombre de jours}}$$

- Le gain total du poids corporel (**GPC %**) calculé selon la formule (Elalfy et al., 2017) :

$$\text{GPC}\% = \frac{\text{Poids final} - \text{Poids initial}}{\text{Poids initial}} \times 100$$

- Le tour de poitrine exprimé en cm
- Le score de condition corporelle (**BCS** Body Condition Scoring) : établi selon une échelle allant de 1 à 5 ; (1 = émacié à 5 =obésité) (cf. chapitre II) (Kenyon et al., 2014).

### III.2.4.3. Mensurations scrotales

Pour apprécier l'effet du régime expérimental sur les performances de reproduction des géniteurs nous avons procédé aux mesures ci-après sur la gonade :

- **Circonférence scrotale (CS** en cm) mesurée à l'aide d'un ruban métrique flexible et prise au niveau du plus grand diamètre des deux testicules pris ensemble (Almeida et al., 2007).
- **Poids testiculaire (PT** en g). 1 ml d'eau pesant 1g. Pour déterminer ce poids on mesure le volume scrotal suivant la méthode décrite précédemment (cf. chapitre II).

### III.2.5 Récolte et évaluation de la semence

Les échantillons de semence ont été récoltés les jours J2, J30, J58 et J72 à partir de 6 h 30.

#### III.2.5.1 Récolte de la semence

Un électro-éjaculateur (Electro Ejaculator e320 minitüb© Germany) (figures 19-20) est utilisé pour effectuer la collecte de semence. Il comprend :

- Une unité de contrôle permettant de réguler l'intensité du voltage en mode automatique ou bien manuel (nous avons utilisé le mode automatique spécial pour les petits ruminants)
- Source d'alimentation électrique externe
- Câble de connexion pour batterie externe
- Télécommande reliée par câble à l'unité de contrôle
- Sonde rectale spéciale ovin dotée de trois électrodes longitudinales disposées sur sa face extérieure et mesurant 16 cm de longueur et 2.54 cm de diamètres. Elle est également reliée à l'unité de contrôle par un câble.



**Figure 19 :** L'électro-éjaculateur utilisé pour la collecte de semence



**Figure 20 :** Sonde d'électro-éjaculateur pour bétail

Dans un box aménagé, les animaux sont placés sur un support adapté, en position de décubitus latéral sur le côté droit, et avec les trois membres (deux membres antérieurs et le membre postérieur droit) attachés. La récolte du sperme est réalisée selon la méthode décrite par plusieurs auteurs (Shiple et al., 2007 ; Boussena b et al., 2013); et comporte les actions suivantes : après lubrification à la vaseline, la sonde de l'électro-éjaculateur est introduite progressivement dans le rectum de l'animal (préalablement vidé des fèces), en effectuant des mouvements de rotations, en avant et vers le bas, et tout en maintenant un contact étroit avec la muqueuse pour stimuler la zone lombosacrée médullaire ce qui permettra l'érection puis l'éjaculation; l'extrémité du fourreau est nettoyée à l'eau puis séchée, et ce, afin d'éviter toute contamination, le pénis et son appendice terminal filiforme (S pénien) sont extériorisés et introduits dans le tube de collecte (tube stérile transparent, gradué en ml et à extrémité conique ), ensuite on met en marche l'unité de contrôle qui active la sonde ; cette dernière envoie des stimulations électriques (de 0,5 volts au début), qui augmentent de façon linéaire toute les 2 secondes jusqu'à atteindre 0,7 volts. En général l'animal éjacule au bout de 20 secondes.

### III.2.5.1. Evaluation de la semence

Au niveau de la ferme pilote, et immédiatement après la collecte, les paramètres macroscopiques suivants sont déterminés :

- **Volume** : Lecture directe sur le tube de collecte
- **Couleur** : Transparent (note1) ou blanc-ivoire (note 2)
- **Consistance** : notée de (0 à 5) (Chella et al., 2017) (cf. chapitre 1).
- **pH** : estimé en introduisant des bandelettes réactives dans le tube de collecte

Une fois ces caractéristiques enregistrées, les échantillons de sperme sont dilués à 1: 1 v / v avec un dilueur commercial (Somayeh and Farhad Farrokhi, 2014) (Andromed® composé de phospholipides, TRIS, acide citrique, sucres, antioxydants, tampons, glycérol et eau distillée) préchauffé à 37°C, les tubes de collecte sont ensuite conservés dans une glacière thermoélectrique (chaud / froid : 12/230 Volts) à 37 ° C et transportés au laboratoire du centre de recherche en biotechnologie, sis à la nouvelle ville Ali Mendjeli, Constantine, dans les 45 min qui suivent la collecte.

Au laboratoire, de ce centre, les éjaculats sont transférés dans un bain marie à 37° C puis analysés afin de déterminer les paramètres ci-dessous :

- **Mobilité massale** : Une goutte de semence (10µl) est posée sur une lame chauffée à 37°C et analysée au microscope optique à faible grossissement (x10), les spermatozoïdes en mouvement forment des tourbillons plus ou moins rapides, qui sont notés de 0 à 5 selon l'importance et l'intensité des vagues ondulantes ainsi formées (**0** : immobilité totale, **1** : mouvements individualisés des spermatozoïdes **2** : les spermatozoïdes ébauchent des mouvements très lents, **3** : motilité massale générale de faible amplitude, **4** : Motilité massale rapide, absence de tourbillons net, (Figure n° 21). **5** : tourbillon intense et rapide (Figure n° 22) (Baril et al., 1993).



**Figure 21** : Mobilité massale (x10)  
(note 4, Motilité massale rapide)



**Figure 22** : Mobilité massale (x10)  
(Note 5, tourbillon intense et rapide).

- **Concentration** ( $10^9$ spz/ml) : Une cuve contenant un mélange de 3990 microlitres de sérum physiologique formolé et 10 microlitres de semence prélevée à l'aide d'une pipette, est insérée dans un spectrophotomètre précédemment calibré avec une cellule de Malassez, qui affiche automatiquement la concentration du sperme collecté. Cette dernière exprimée en milliards de spermatozoïdes par millilitre ( $n.10^9$  /ml).
- **Mobilité totale** (MT%) Brièvement : les échantillons sont dilués avec le sérum salé 9‰ afin d'obtenir une solution concentrée de 10 à 20 x  $10^6$  spermatozoïdes par ml. Une goutte de cette solution est ensuite analysée à l'aide d'un analyseur de sperme assisté par ordinateur (CASA) (analyseur de classe de sperme, SCA Microptic, SL, version 3.2.0, Barcelone, Espagne)) (Amann and Waberski, 2014).
- **Analyse de la fonctionnalité de la membrane du sperme** : elle est évaluée à l'aide du test de gonflement hypo-osmotique (HOST), dont le principe est le suivant : 0,5 ml d'une solution hypo-osmotique (1 g de fructose et de 0.735 g de citrate de sodium dilués dans 100 ml d'eau distillée à 37 ° C) et 0.050 ml de semence sont soigneusement mélangés et incubés pendant au moins 60 minutes. Après l'incubation, 10  $\mu$ l du mélange (semence, solution) sont mis entre lame et lamelle puis, placé sous microscope optique à grossissement x40. Les spermatozoïdes possédant une queue gonflée et enroulée sont supposés avoir une membrane fonctionnelle (Figure 23). Au moins 100 spermatozoïdes ont été pris en compte pour calculer le pourcentage de spermatozoïdes ayant réagi (Arrebola and Abecia, 2017).



**Figure 23** test du gonflement flagellaire en milieu hypo-osmotique (HOST: hypo-osmotic swelling test). (1) spermatozoïde gonflé (vivant), (2) spermatozoïde non gonflé (mort) (x40)

- **Pourcentage de spermatozoïdes vivants (Test de viabilité)**

Pour réaliser ce test on commence par préparer une solution à base de 0,5g d'éosine Y dilué dans 100ml d'eau distillée. On mélange délicatement, sur une lame, une goutte de 10  $\mu$ l de sperme et une goutte de 10  $\mu$ l de cette solution, ensuite cette lame est placée sur une platine

chauffante à 37°C et on laisse incuber pendant 30 secs. Une fois les 30 secs écoulés on réalise un frottis afin d'étaler ce mélange sur la lame qu'on laisse dessécher. Une fois ces opérations effectuées on peut procéder à l'examen microscopique qui se fait au grossissement x40, on prend en compte au moins 200 spermatozoïdes. Les spermatozoïdes colorés en rose sont morts et ceux non colorés qui sont restés blancs sont vivants.

### **III.1.6. Dosage de la testostérone plasmatique**

Afin d'évaluer l'effet des différents régimes alimentaires sur la variation des concentrations plasmatiques en testostérone (T) nous avons procédé à des prélèvements sanguins les jours : J1, J15, J29, J43, J57 et J71. Les prises de sang ont été effectuées selon la méthode décrite précédemment (cf. chapitre II). Le dosage de (T) a été réalisé par Electrochemiluminescence (Ayad et al., 2018) Kit (Roche Diagnostics, Germany, Measuring range : 0.025-15.0 ng/ml) .

### **III.1.7 Comportement sexuel**

L'ardeur sexuelle des béliers (Libido) est estimée par la mesure du temps de réaction et le nombre des sauts avec éjaculation, les jours : J7, J35 et J77 de la période expérimentale. Pour cela les brebis utilisées sont induites en chaleur par traitement hormonal à base d'éponges vaginales à l'acétate de fluorogestone (FGA) dosées à 40 mg (Chonogest®, Intervet) introduites pendant 12 jours, combinées à 450 UI d'eCGen injection par voie intramusculaire au retrait de l'éponge (Allaoui et al., 2014).

#### **III.1.7.1. Temps de réaction**

C'est le temps entre l'entrée du bélier dans un enclos aménagé pour l'accouplement et le premier saut avec éjaculation qu'il effectue sur la brebis stimulatrice (Hoflack et al., 2006).

#### **III.1.7.2. Nombre de sauts avec éjaculation par test**

Le nombre de sauts avec éjaculation est enregistré après l'exposition du bélier à quatre brebis en chaleur pendant 15 minutes (Fernandez et al., 2004).

### **III.1.8. Analyses statistiques**

Les données issues de l'expérimentation sont saisies dans des tableaux Excel dont le contenu a servi à effectuer au départ des statistiques descriptives en utilisant le logiciel Graph Pad Prism 7.00 pour calculer la moyenne, l'erreur standard de la moyenne (S.E.M.) et réaliser des traitements graphiques.

L'effet des facteurs fixes : Régime alimentaire (0 RD, 50 RD, 75 RD) et Temps (jour) de l'expérimentation ainsi que leur interaction, sur les différents paramètres étudiés a été analysé à l'aide du test ANOVA (Analyse de variance) à deux facteurs (Régime alimentaire et Jour). Le post test de comparaison multiple de Tukey a été mené pour tester la signification entre les moyennes des différents sous-groupes. Les différences étaient considérées significatives lorsque  $p < 0,05$ . Les coefficients de corrélation (corrélations de Pearson) entre divers paramètres physiques et séminaux ont été calculés. Toutes les valeurs moyennes sont exprimées en tant que moyenne  $\pm$  (S.E.M.). Toutes les analyses ont été effectuées en utilisant le logiciel Graph Pad Prism 7.00.

### III.2 Résultats

Les trois groupes ont ingéré quotidiennement la même quantité d'aliment sans qu'il y ait une quelconque influence apparente sur l'état de santé des animaux et ceci malgré l'incorporation des rebuts de dattes dans les rations des groupes : 50 RD et 75 RD.

#### III.2.1 Mensurations de morpho-biométrie.

La conformation des béliers, représente un outil de sélection préliminaire non négligeable et facilement applicable au niveau des fermes, et dont les mensurations sont détaillées dans le tableau 30.

**Tableau 30** : Caractéristiques morpho-biométriques des béliers des trois lots expérimentaux.

Caractéristiques	L.cp	L.scap-isch	H.g	H.s.s	P.th	l.th	l.b
<b>75 RD</b>	80,83 $\pm 1,30$	74,50 $\pm 1,12$	81,17 $\pm 1,42$	47,50 $\pm 1,78$	31,50 $\pm 0,85$	22,50 $\pm 0,72$	25,33 $\pm 0,49$
<b>50 RD</b>	82,67 $\pm 1,52$	73,17 $\pm 1,68$	82,33 $\pm 0,99$	49,33 $\pm 1,45$	31,67 $\pm 0,49$	22,67 $\pm 0,56$	25,83 $\pm 0,70$
<b>0 RD</b>	83,17 $\pm 1,52$	70,00 $\pm 1,68$	81,33 $\pm 1,12$	45,67 $\pm 1,45$	31,67 $\pm 0,49$	22,67 $\pm 0,56$	26,33 $\pm 0,70$

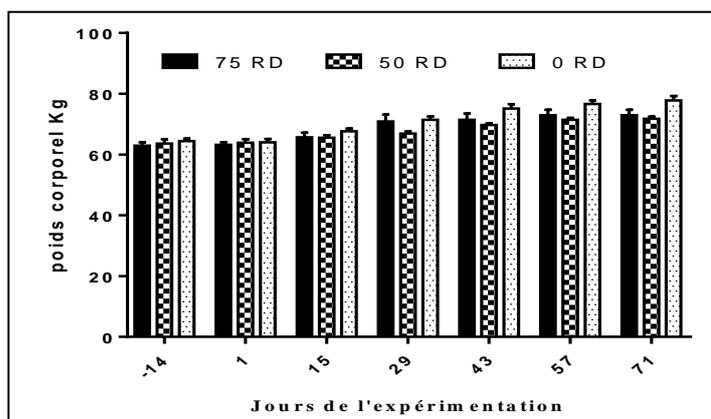
**L.cp** : longueur du corps ; **L.scap-isch** : longueur scapulo-ischiale ; **H.g** : hauteur au garrot ; **H.s.s** : hauteur sous sternale ; **P.th** : profondeur de thorax ; **l.th** : largeur de thorax ; **l.b** : largeur du bassin.

### III.2.2 Mensurations pondérales

#### III.2.2.1. Le poids corporel

**Tableau 31** : Evolution du poids corporel (kg) des trois lots de béliers expérimentaux.

jour	Régime		
	75 RD	50 RD	0 RD
-14	62,95±1,10	63,62±1,44	64,42±0,85
1	63,18±0,82	63,90±1,16	64,05±1,07
15	65,70±1,50	65,57±0,81	67,65±0,92
29	69,33±1,96	66,92±0,68	71,43±1,13
43	70,88±2,27	69,75±0,54	75,15±1,43
57	71,44±2,06	71,43±0,60	76,67±1,18
71	72,95±1,81	71,77±0,72	77,82±1,42



**Figure 24** : Evolution du poids corporel des trois lots de béliers expérimentaux.

**Tableau 32** : Effets du régime alimentaire sur l'évolution du poids corporel des trois lots de béliers expérimentaux.

	J -14	J 1	J 15	J 29	J 43	J 57	J 71	Effet régime principal ***p<0.001.
<b>75RD vs. 50RD</b>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
<b>75RD vs. 0RD</b>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	
<b>50RD vs. 0RD</b>	NS	NS	NS	*	*	*	**	

NS : Non-Significatif. \*p<0.05;\*\*p<0.01.

L'analyse de variance (effet régime principal) montre une différence hautement significative ( $p < 0.001$ ) entre les groupes expérimentaux, les valeurs globales des moyennes sont plus élevées ( $p < 0.001$ ) pour le groupe (0 RD) que pour les groupes (50 RD) et (75RD) (Tableaux 31 et 32).

L'effet positif du flushing alimentaire a entraîné des augmentations significatives ( $P < 0.01$ ) durant les périodes (J14 vs J 29) pour 75 RD, (j-14 à j57) pour 50 RD et (j1 vs j 43) pour le groupe 0 RD. Ainsi on enregistre une augmentation de 10 Kg pour le groupe (75 RD), de 08,15 Kg pour le groupe (50 RD) et de 13,40 Kg pour le groupe (0 RD) depuis la période de transition (J-14) jusqu'au jour 71 soit un gain total du poids corporel (GPC %) de  $21,57 \pm 2,17\%$ ,  $12,52 \pm 1,52\%$  et  $14,59 \pm 1,64\%$  pour les groupe (0 WD), (50 WD) et (75WD) respectivement. L'augmentation significative ( $p < 0,001$ ) du poids corporel pendant la période étudiée s'exprime aussi par une corrélation positive et hautement significative ( $p < 0,001$ ) entre le jour expérimental et le poids vif ( $r = 0.63$  (75 RD),  $r = 0.85$  (50 RD),  $r = 0.86$  (0RD)).

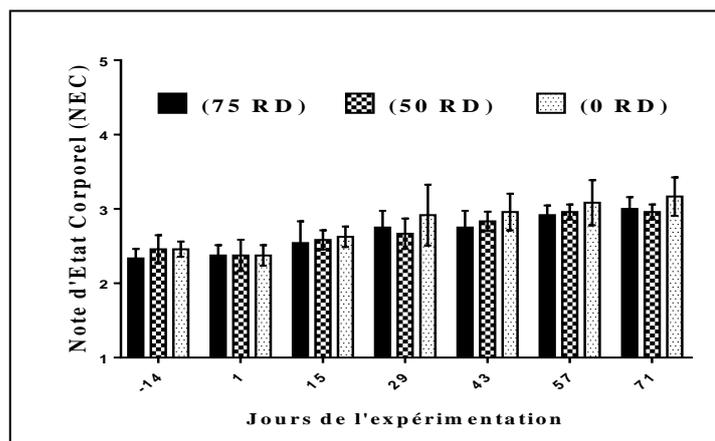
### III.2.2.2. Score de condition corporelle

**Tableau 33** : Evolution de l'état d'embonpoint (BCS) des trois lots de béliers expérimentaux.

Jour	Régime		
	75 RD	50 RD	0 RD
-14	2,33±0,05	2,46±0,08	2,46±0,04
1	2,38±0,06	2,38±0,09	2,38±0,06
15	2,54±0,12	2,58±0,05	2,63±0,06
29	2,75±0,09	2,67±0,08	2,92±0,17
43	2,75±0,09	2,83±0,05	2,96±0,10
57	2,92±0,05	2,96±0,04	3,08±0,12
71	3,00±0,06	2,96±0,04	3,17±0,11

Le SBC est fortement corrélé au poids corporel ( $p < 0.001$ ) (75 RD :  $r = 0.76$ , 50RD  $r = 0.74$ , 0RD :  $r = 0.90$ ) et au jour expérimental (75 RD :  $r = 0.74$ , 50RD  $r = 0.81$ , 0 RD :  $r = 0.72$ ) (tableau 39).

Pour les trois groupes, l'analyse de variance ANOVA montre une augmentation des moyennes ( $p < 0,001$ ) pendant la période de l'étude (J1 vs J71) (tableau 33).



**Figure 25:** Evolution de l'état d'embonpoint (SBC) des trois lots de béliers expérimentaux.

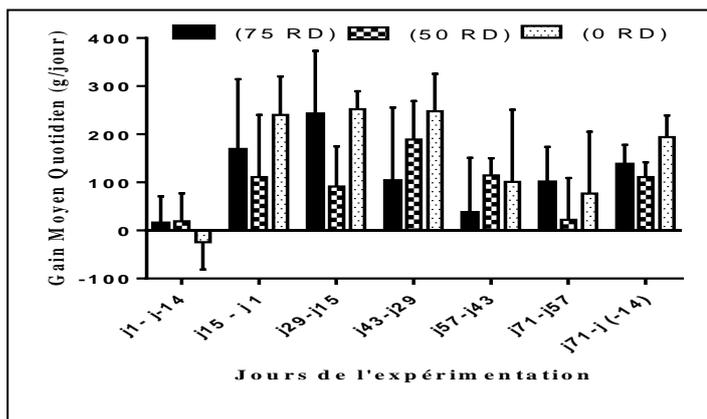
D'autre part l'effet des régimes expérimentaux sur les trois lots est significatif  $P < 0.05$  pour les groupes (75RD vs 0RD) et (50RD vs 0RD).

Les valeurs moyennes sont plus élevées ( $p < 0,05$ ) pour le groupe (0 RD) que pour les groupes (50 RD) et (75RD) (Tableau 33).

### III.2.2.3. Gain moyen quotidien

**Tableau 34:** Evolution du gain moyen quotidien (GMQ) (g/j) des trois lots de béliers expérimentaux.

Période	Régime		
	75 RD	50 RD	0 RD
<b>Jour 1- jour (-14)</b>	15±22,89	18,89±23,81	-24,44±23,20
<b>Jour 15 – jour1</b>	168,34±59,60	111,11±52,71	240,00±32,66
<b>Jour29- jour 15</b>	242,22±53,46	91,33±34,06	252,22±15,15
<b>Jour43- jour 29</b>	103,33±62,18	188,89±32,65	247,78±31,81
<b>Jour57- jour 43</b>	37,22±46,45	114,45±14,55	101,11±61,11
<b>Jour 71- jour 57</b>	100,56±29,78	22,22±35,43	76,67±52,46
<b>Jour 71 – jour (1)</b>	137,68±16,46	110,83±12,57	193,90±18,40



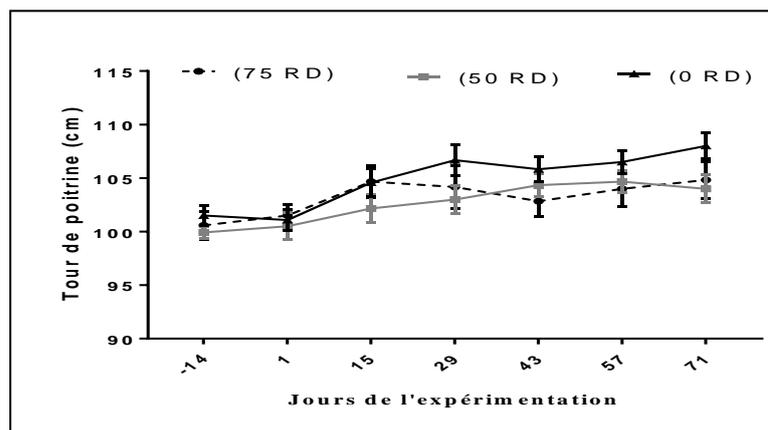
**Figure 26 :** Evolution du gain moyen quotidien (GMQ) des trois lots de béliers expérimentaux.

Le GMQ est significativement ( $p < 0,001$ ) influencé par le jour expérimental. Les valeurs maximales sont enregistrées entre la troisième et la cinquième semaine de l'expérimentation pour les groupes (75 RD)  $GMQ = 242,22 \pm 53,46$  (g/j) et (0 RD)  $GMQ = 252,22 \pm 15,15$  (g/j) et entre la cinquième et la septième semaine pour le groupe (50RD)  $GMQ = 188,89 \pm 32,65$  (g/j). Par ailleurs, l'effet du régime alimentaire est moins marqué qu'avec le poids corporel, la valeur moyenne totale du GMQ depuis la 1<sup>ière</sup> jusqu'à la 11<sup>ième</sup> semaine de l'étude est significativement plus élevée ( $P < 0,05$ ) pour le groupe (0 RD)  $GMQ = 193,90 \pm 18,40$  (g/j) par rapport à (50 RD)  $GMQ = 110,83 \pm 12,57$  (g/j). Alors que pour (75 RD) le  $GMQ = 137,68 \pm 16,46$  (g/j) est statistiquement comparable ( $p > 0.05$ ) à celui des deux autres groupes.

### III.2.2.4. Tour de poitrine

**Tableau 35:** Evolution du tour de poitrine (cm) des trois lots de béliers expérimentaux.

Jour	Régime		
	75 RD	50 RD	0 RD
-14	100,58±1,29	99,92±0,55	101,50±0,92
1	101,50±0,99	100,50±1,26	101,08±0,96
15	104,67±1,48	102,17±1,30	104,58±1,26
29	104,17±2,01	103,00±1,29	106,67±1,47
43	102,83±1,45	104,33±1,09	105,83±1,19
57	104,00±1,65	104,67±1,05	106,50±1,12
71	104,83±1,72	104,00±1,32	108,00±1,24



**Figure 27 :** Evolution du tour de poitrine (cm) des trois lots de béliers expérimentaux.

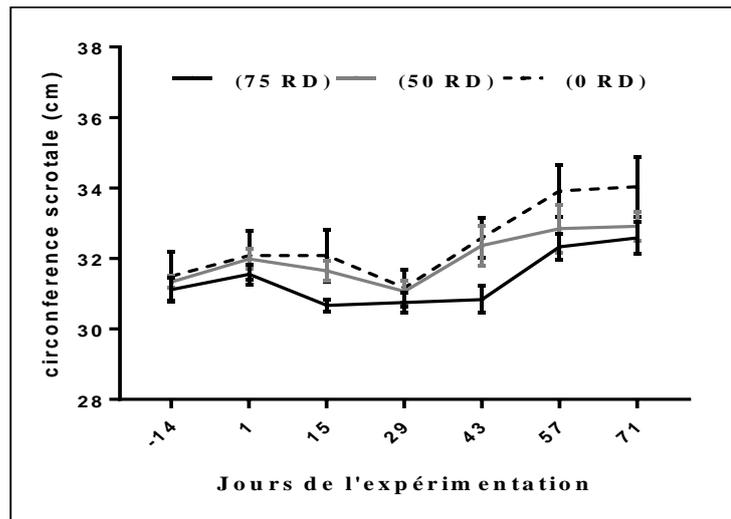
Le tour de poitrine a subi une évolution très comparable à celle du poids vif et du BCS, confirmée par une forte corrélation entre ces paramètres allant de  $r=0.43$  à  $0.57$  ( $p<0.01$  à  $p<0.001$ ) (tableau 39). Globalement, pendant toute la période expérimentale, l'évolution du tour de poitrine chez les trois groupes a été influencée par les effets temps ( $p<0.001$ ), et régime expérimental ( $p<0.01$ ). On enregistre des différences entre les groupes (75 RD) vs. (0 RD) ( $p<0.05$ ), et (50 RD) vs. (0 RD) ( $p<0.01$ ). (0 RD) présente la moyenne globale ( $104,90\pm 1,01$  cm) la plus élevée par rapport aux deux autres groupes : 50 RD  $102,70\pm 0,71$  cm et 75 RD  $103,20\pm 0,62$  cm.

## II.2.3. Mensurations scrotales

### III.2.3.1. Circonférence scrotale

**Tableau 36 :** Evolution de la circonférence scrotale (cm) des trois lots de béliers expérimentaux.

Jour	Régime		
	75 RD	50 RD	0 RD
-14	31.12±0,34	31.33±0,17	31.50±0,70
1	31.55±0,28	31.98±0,28	32.08±0,69
15	30.67±0,17	31.65±0,28	32.08±0,74
29	30.75±0,27	31.07±0,31	31.17±0,53
43	30.83±0,38	32.37±0,57	32.58±0,55
57	32.33±0,38	32.85±0,68	33.92±0,75
71	32.58±0,45	32.92±0,42	34.03±0,86



**Figure 28 :** Evolution de circonférence scrotale (cm) des trois lots de béliers expérimentaux.

**Tableau 37 :** Effets du régime alimentaire sur l'évolution de la circonférence scrotale des trois lots de béliers expérimentaux.

	J -14	J 1	J 15	J 29	J 43	J 57	J 71	Effet global du lot expérimental*** p<0.001.
<b>75RD vs. 50RD</b>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
<b>75RD vs. 0RD</b>	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	
<b>50RD vs. 0RD</b>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

NS : Non-Significatif. \*p<0.05.

Le tableau ci-dessus (Tableau 36) fait ressortir une augmentation de la circonférence scrotale de 1.03 cm (75 RD), 0.94 cm (50 RD), et 1.95 cm (0RD) pour la période comprise entre J1 et J71, ce qui représente une évolution de l'ordre de 3.26% pour le groupe (75 RD), de 2.94% pour le groupe (50 RD) et enfin de 6.08% pour le groupe (0 RD).

L'effet principal du régime alimentaire est apparent à J 43 (p<0.05) pour les groupes (0 RD) vs (75 RD) (tableau 37). Les moyennes du premier groupe sont nettement plus élevées, alors que la différence entre (0 RD) et (50 RD) est insignifiante (p>0.05) tout le long de l'expérimentation.

L'effet principal : jour expérimental est quant à lui statistiquement plus marqué pour le groupe (0 RD), les moyennes restent stables depuis le début de l'expérimentation jusqu'au jour 29 puis augmentent significativement (p<0.01) entre les périodes (jour 29 vs jour 57) et (jour 29 vs jour 71). Pour les deux autres groupes (75 RD et 50 RD), les moyennes relevées accusent des variations négligeables (p>0.05).

Il faut noter cependant que l'ANOVA à deux facteurs (effet global : régime alimentaire et jour expérimental) montre une influence hautement significative ( $p < 0.001$ ) de ces deux facteurs sur l'évolution de la circonférence scrotale. En analysant les moyennes globales relevées 0 RD =  $32,64 \pm 0,65$  cm, 50 RD =  $32,14 \pm 0,27$  cm et 75 RD =  $31,45 \pm 0,18$  cm nous constatons une différence notable ( $p < 0.01$ ) entre (0 RD) et (75 RD)

L'interaction effet jour x effet type du régime expérimental est insignifiante ( $p > 0.05$ ).

### III.2.3.2. Poids testiculaire

L'évolution du poids testiculaire est sensiblement la même que celle de la circonférence scrotale. Ce qui est démontré par la corrélation positive ( $p < 0.001$ ) entre ces deux paramètres:  $r = 0.79$  (0RD),  $r = 0.57$  (75RD) et  $r = 0.79$  (50RD) (tableau 39). La même corrélation ( $p < 0.001$ ) ( $r = 0.57$  à  $0.69$ ) a été enregistrée entre le jour expérimental et le poids testiculaire chez les trois groupes témoignant ainsi de l'impact positif du flushing alimentaire.

Le poids testiculaire augmente selon une courbe croissante durant les périodes : J1- J57 pour les groupes 50RD ( $p < 0.05$ ) et 0RD ( $p < 0.001$ ) et J15-J57 pour le groupe 75RD (Tableau 38).

L'effet du lot expérimental est significatif ( $p < 0.001$ ). Il est à noter que pour cet effet le groupe (0 RD) a enregistré les moyennes les plus élevées.

**Tableau 38 :** Evolution de poids testiculaire (g) des trois lots de béliers expérimentaux.

Jour	Régime		
	75 RD	50 RD	0 RD
-14	673.33±21.77	674.50±27.89	683.33±27.43
1	666.67±27.38	712.50±23.94	695.00±30.25
15	609.17±18.00	720.83±20.55	706.67±31.00
29	624.17±19.08	734.17±37.76	739.17±36.59
43	705.00±26.36	802.50±40.96	822.83±45.83
57	770.00±38.49	863.33±41.59	899.17±41.36
71	764.17±37.60	855.83±40.89	903.33±40.03

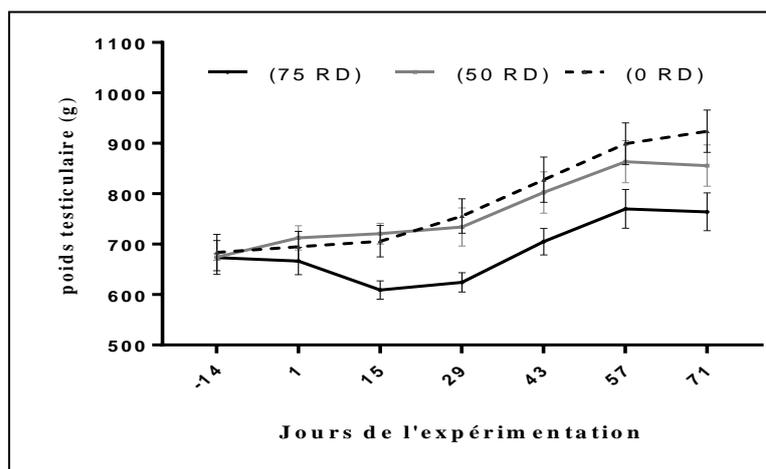


Figure 29 : Evolution de poids testiculaire (g) des trois lots de béliers expérimentaux.

### III.2.4. Corrélations entre les mensurations scrotales et pondérales

Tableau 39 : coefficients de Corrélations entre les mensurations pondérales et scrotales, et le jour expérimental des trois lots de béliers expérimentaux.

Régime	(75 RD)					(50 RD)					(0 RD)				
	BSC (1-5)	Pcp (Kg)	CS (cm)	PT (g)	Tp (cm)	BSC	Pcp	CS	PT	Tp	BSC	Pcp	CS	PT	Tp
<b>Pcp</b>	0.76 ***					0.74 ***					0.90 ***				
<b>CS</b>	0.30 NS	0.48 **				0.40 *	0.35 *				0.43 **	0.50 **			
<b>PT</b>	0.43 **	0.58 ***	0.79 ***			0.46 **	0.47 **	0.57 ***			0.66 ***	0.79 ***	0.79 ***		
<b>T.p</b>	0.47 **	0.50 ***	-0.03 NS	0.09 NS		0.45 **	0.43 **	0.35 *	0.51 ***		0.57 ***	0.57 ***	0.43 **	0.60 ***	
<b>J</b>	0.74 ***	0.63 ***	0.46 **	0.57 ***	0.17 NS	0.81 ***	0.85 ***	0.39 *	0.59 ***	0.4 **	0.72 ***	0.86 ***	0.44 **	0.69 ***	0.51 ***

Body condition scoring (BCS) ;Pcp (Poids corporel) ; SC (Circonférence Scrotale); PT (Poids testiculaire); Tp (Tour de poitrine). \*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001; NS – Non-Significatif.

Pour les trois groupes, la majorité des paramètres étudiés (tableau n° 39) a enregistré des corrélations positives nettement significatives sauf pour le groupe 75RD en ce qui concerne les cas suivants : CS vs BCS, CS vs T.p et T.p vs P.T

### III.2.5. Paramètres séminaux

**Tableau 40** : Effet du type du régime alimentaire et du temps sur l'évolution des paramètres séminaux des trois lots de béliers expérimentaux.

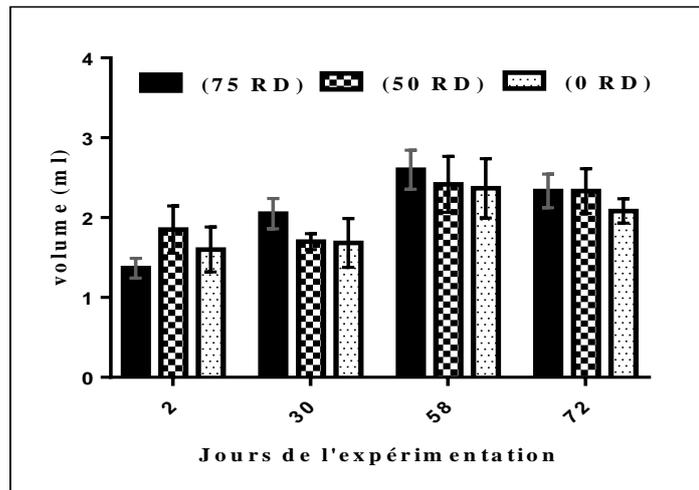
Facteur	Volume Semence (ml)	Concentration spermatique ( $\times 10^9$ / ml)	Nombre total de Spermatozoïde /éjaculat ( $\times 10^9$ )	Mobilité massale (0-5)	Mobilité totale (%)	HOST (%)
<b>Régime</b>	NS	*	NS	NS	NS	NS
<b>75 RD</b>	2.13 $\pm$ 0.15	2.38 $\pm$ 0.27	4.76 $\pm$ 0.66	4.83 $\pm$ 0.08	87.87 $\pm$ 2.52	55.79 $\pm$ 3.01
<b>50 RD</b>	2.08 $\pm$ 0.22	1.81 $\pm$ 0.21	4.02 $\pm$ 0.74	4.63 $\pm$ 0.13	87.36 $\pm$ 1.42	52.75 $\pm$ 2.96
<b>0 RD</b>	1.95 $\pm$ 0.19	2.56 $\pm$ 0.25	5.16 $\pm$ 0.74	4.48 $\pm$ 0.17	84.68 $\pm$ 3.57	51.21 $\pm$ 2.32
<b>Jour</b>	***	***	***	NS	NS	***
<b>2</b>	1.61 $\pm$ 0.14	2.71 $\pm$ 0.28	4.39 $\pm$ 0.29	4.58 $\pm$ 0.08	85.70 $\pm$ 1.41	45.89 $\pm$ 1.64
<b>30</b>	1.81 $\pm$ 0.12	1.37 $\pm$ 0.07	2.41 $\pm$ 0.17	4.56 $\pm$ 0.15	84.85 $\pm$ 1.88	46.94 $\pm$ 1.79
<b>58</b>	2.46 $\pm$ 0.07	2.28 $\pm$ 0.28	5.78 $\pm$ 0.59	4.83 $\pm$ 0.10	89.12 $\pm$ 0.48	60.06 $\pm$ 1.58
<b>72</b>	2.33 $\pm$ 0.08	2.64 $\pm$ 0.32	6.01 $\pm$ 0.41	4.61 $\pm$ 0.15	86.88 $\pm$ 0.60	60.11 $\pm$ 1.47
<b>Régime X jour</b>	NS	NS	NS	NS	NS	NS

\* $p < 0.05$ ; \*\*\* $p < 0.001$ . NS – Non-Significatif, HOST (%) : moyenne du pourcentage des spermatozoïdes HOST test positifs

#### III.2.5.1. Volume de l'éjaculat

**Tableau 41** : Variations du volume séminal (ml) des trois lots de béliers expérimentaux.

Jour	Régime		
	75 RD	50 RD	0 RD
<b>2</b>	1,37 $\pm$ 0,12	1,85 $\pm$ 0,30	1,60 $\pm$ 0,28
<b>30</b>	2,05 $\pm$ 0,19	1,70 $\pm$ 0,10	1,68 $\pm$ 0,31
<b>58</b>	2,60 $\pm$ 0,24	2,42 $\pm$ 0,35	2,37 $\pm$ 0,37
<b>72</b>	2,33 $\pm$ 0,21	2,33 $\pm$ 0,28	2,08 $\pm$ 0,15



**Figure 30 :** Evolution du volume séminal (ml) des trois lots de béliers expérimentaux.

Les tableaux 40 et 41 indiquent que la différence entre les trois groupes expérimentaux, est non significative, les moyennes obtenues sont statistiquement similaires entre les groupes pendant toute la période d'étude (effet régime alimentaire non significatif). Par contre l'effet temps est hautement significatif ( $p < 0,001$ ) pour la période J1- J58. Les valeurs maximales ont été enregistrées à J58 (tableau 41).

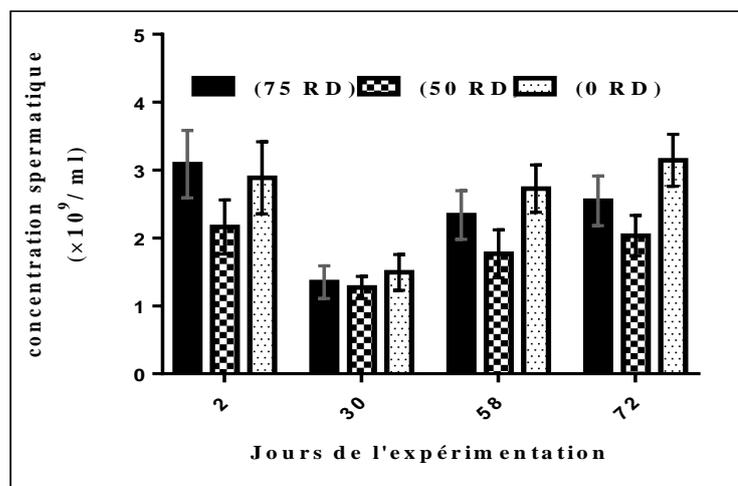
### III.2.5.2 Concentration en spermatozoïdes de l'éjaculat

**Tableau 42 :** Variations de la Concentration en spermatozoïdes de l'éjaculat ( $10^9$ Spz) des trois lots de béliers expérimentaux.

Jour	Régime		
	75 RD	50 RD	0 RD
2	3,09±0,50	2,16±0,40	2,89±0,53
30	1,35±0,24	1,27±0,16	1,50±0,26
58	2,34±0,36	1,77±0,35	2,73±0,35
72	2,55±0,37	2,04±0,30	3,15±0,38

Les données (Tableaux 40 et 42) montrent des moyennes légèrement inférieures pour le groupe (50 RD) comparées à celles des groupes (0 RD) ( $p < 0,05$ ) et (75 RD). Pour le groupe (75 RD) les moyennes diminuent significativement ( $P < 0.01$ ) entre J2 et J30 puis augmentent sensiblement par la suite. Les valeurs enregistrées pour le groupe 0RD accusent une baisse significative à J30 ( $p < 0,05$ ) pour augmenter significativement par la suite. Enfin l'effet temps

est négligeable pour le groupe 50 RD ; en effet, les valeurs sont restées relativement stables pendant toute la période d'échantillonnage.



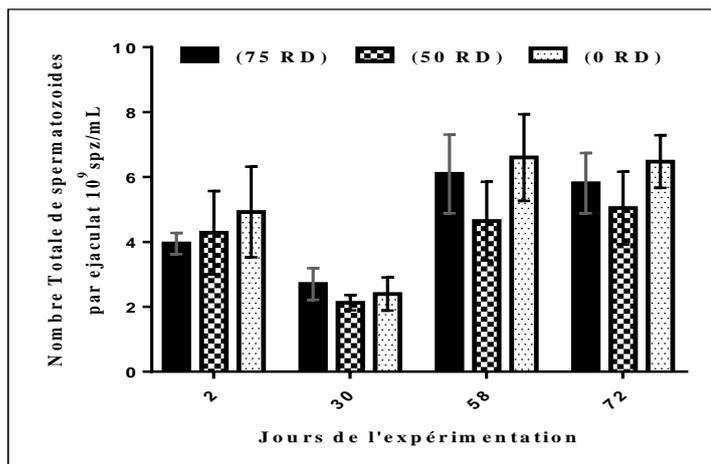
**Figure 31 :** Evolution des variations la concentration en spermatozoïdes de l'éjaculat ( $10^9$ Spz) des trois lots de béliers expérimentaux.

### III.2.5.3 Nombre total de spermatozoïdes par éjaculat

**Tableau 43 :** Variations du nombre total de spermatozoïdes par éjaculat ( $10^9$ Spz/ éjaculat) des trois lots de béliers expérimentaux.

Jour	Régime		
	75 RD	50 RD	0 RD
2	3,95±0,33	4,28±1,28	4,92±1,40
30	2,70±0,49	2,13±0,24	2,40±0,51
58	6,10±1,21	4,64±1,21	6,60±1,34
72	5,81±0,93	5,04±1,12	6,48±0,81

Pour ce qui est du nombre total de spermatozoïdes par éjaculat, l'effet régime alimentaire est non significatif pour les trois groupes. Alors que l'effet temps, engendre une augmentation significative ( $p < 0,001$ ) durant les périodes J30-J58 et J30- J72.

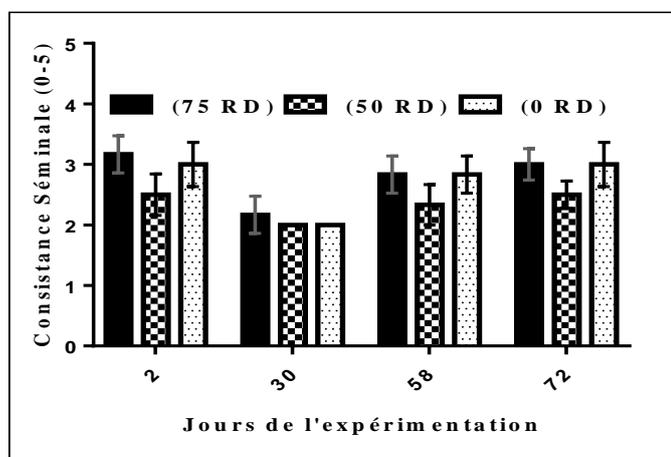


**Figure 32 :** Evolution des variations du nombre total de spermatozoïdes par éjaculat, (10<sup>9</sup>Spz/éjaculat) des trois lots de béliers expérimentaux.

**III.2.5.4 Consistance, couleur et pH de l'éjaculat**

**Tableau 44 :** Variations de la consistance de l'éjaculat des trois lots de béliers expérimentaux.

Jour	Régime		
	75 RD	50 RD	0 RD
2	3,17±0,31	2,50±0,34	3,00±0,37
30	2,17±0,31	2,00±0,00	2,00±0,00
58	2,83±0,31	2,33±0,33	2,83±0,31
72	3,00±0,26	2,50±0,22	3,00±0,37



**Figure 33 :** Evolution des variations de la consistance de l'éjaculat des trois lots de béliers expérimentaux.

La consistance du sperme est fortement corrélée avec la concentration en spz des éjaculats ( $r = 0.91$   $p < 0.001$ ). La courbe de variation (Figure 33) suit le même modèle que celui de la concentration de sperme (Figure 31). Aucune différence significative n'est enregistrée entre les trois lots. Précisons toutefois qu'une baisse significative ( $p < 0,01$ ) de la moyenne globale est notée à J30, pour augmenter ( $p < 0,01$ ) par la suite.

**Tableau 45 :** Variations de la couleur de l'éjaculat des trois lots de béliers expérimentaux.

Jour	Régime		
	75 RD	50 RD	0 RD
2	2,00±0,00	2,00±0,00	2,00±0,00
30	1,83±0.11	1,83±0.11	1,50±0.20
58	2,00±0,00	1,83±0.11	2,00±0,00
72	2,00±0,00	2,00±0,00	2,00±0,00

Le tableau 45 montre que la couleur du sperme frais est dans la majorité des cas blanche et crémeuse. Elle enregistre peu de variations chez les trois groupes durant toute la période expérimentale.

**Tableau 46 :** Variations de pH de l'éjaculat des trois lots de béliers expérimentaux.

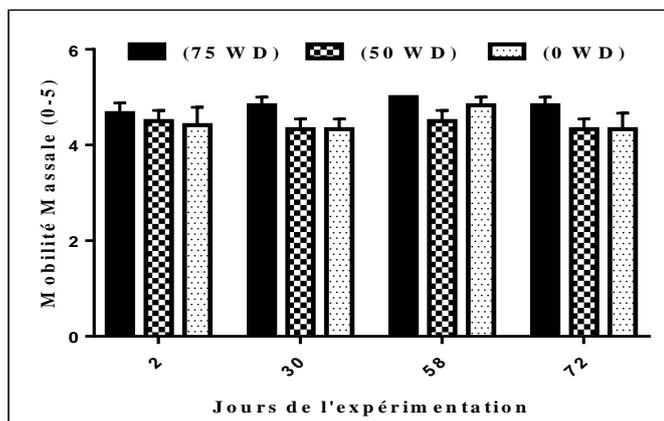
Jour	Régime		
	75 RD	50 RD	0 RD
2	7,42±0.11	6,92±0.11	7,58±0.11
30	7,33±0.13	7,30±0.09	7,40±0,43
58	6,62±0.11	7,88±0.2	7,82±0.11
72	7,50±0.13	7,42±0.11	7,50±0,17

Pour la majorité des béliers le pH des éjaculats mesuré par les bandelettes réactives immédiatement après l'éjaculation, est proche de la neutralité et tend légèrement vers l'alcalinité, les effets régime alimentaire et temps n'ont aucun impact sur ce paramètre ( $p > 0.05$ ).

### III.2.5.5 Mobilité massale des spermatozoïdes

**Tableau 47:** Variations de la mobilité massale des spermatozoïdes des trois lots de béliers expérimentaux.

Jour	Régime		
	75 RD	50 RD	0 RD
2	4,67±0,21	4,67±0,21	4,42±0,37
30	4,83±0,17	4,50±0,22	4,33±0,21
58	5,00±0,00	4,67±0,21	4,83±0,17
72	4,83±0,17	4,67±0,21	4,33±0,33



**Figure 34 :** Evolution des variations de la mobilité massale des spermatozoïdes des trois lots de béliers expérimentaux.

Les scores moyens des mouvements en vagues des spermatozoïdes chez les béliers des différents lots sont restés invariables ( $p > 0.05$ ) pour les trois groupes et durant toute la période de l'étude (tableaux 40 et 47). La valeur de ce score varie de 3 à 5.

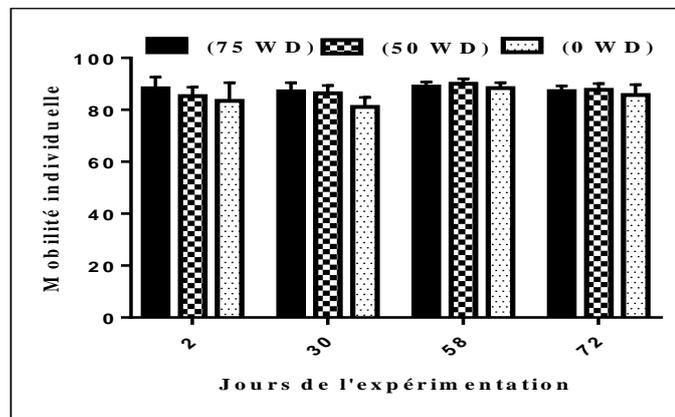
### III.2.5.6 Mobilité totale des spermatozoïdes par éjaculat

Comme pour le score de mobilité massale des spermatozoïdes, les moyennes des pourcentages de spermatozoïdes mobiles (%) sont restées stables ( $p > 0.05$ ) durant toute la période d'étude, et invariables entre les différents groupes (tableaux 40 et 48).

Les pourcentages des spermatozoïdes mobiles par éjaculat varient de 54,78% à 98,18%.

**Tableau 48 :** Pourcentages de spermatozoïdes mobiles (%) des trois lots de béliers expérimentaux.

Jour	Régime		
	75 RD	50 RD	0 RD
2	88,31±4,34	85,33±3,37	83,46±7,01
30	87,10±3,37	86,35±3,01	81,12±3,69
58	88,92±1,80	90,03±1,90	88,41±2,05
72	87,18±2,07	87,73±2,38	85,72±4,01

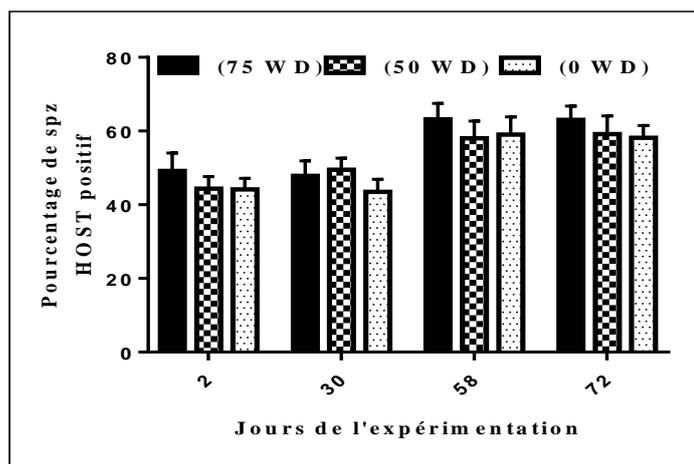


**Figure 35 :** Evolution des variations des pourcentages de spermatozoïdes mobiles (%) des trois lots de béliers expérimentaux.

### III.2.5.6 Analyse de la fonctionnalité de la membrane des spermatozoïdes

**Tableau 49 :** Pourcentages de spermatozoïdes HOST positif (%) des trois lots de béliers expérimentaux.

Jour	Régime		
	75 RD	50 RD	0 RD
2	49,17±4,86	44,33±3,27	44,17±2,98
30	47,83±4,05	49,50±3,13	43,50±3,39
58	63,17±4,34	58,00±4,71	59,00±4,81
72	63,00±3,75	59,17±4,90	58,17±3,32



**Figure 36 :** Evolution des variations du pourcentage des spermatozoïdes HOST positif des trois lots de béliers expérimentaux.

Les tableaux (40 et 49) font apparaitre un effet non significatif du type de régime alimentaire, sur les pourcentages de spermatozoïdes HOST positif, alors que l'effet du temps est hautement significatif ( $p < 0,001$ ), les moyennes globales augmentent significativement ( $p < 0,001$ ) entre les périodes J2 vs J58 ; J2 vs J72 et J 30 vs J72. Cependant cet effet temps est plus marqué pour les groupes (75 RD) et (0 RD) que pour le groupe (50RD) pour lequel les moyennes restent relativement invariables au cours des quatre périodes d'échantillonnage.

### III.2.5.7. Viabilité des spermatozoïdes

**Tableau 50 :** Pourcentages de spermatozoïdes vivants des trois lots de béliers expérimentaux.

Jour	Régime		
	75 RD	50 RD	0 RD
2	87,08±5,95	88,92±4,41	92,08±4,58
30	85,00±3,79	90,58±2,08	89,08±3,87
58	88,75±3,11	87,00±1,97	87,25±1,71
72	90,25±3,10	86,42±2,88	90,08±1,39

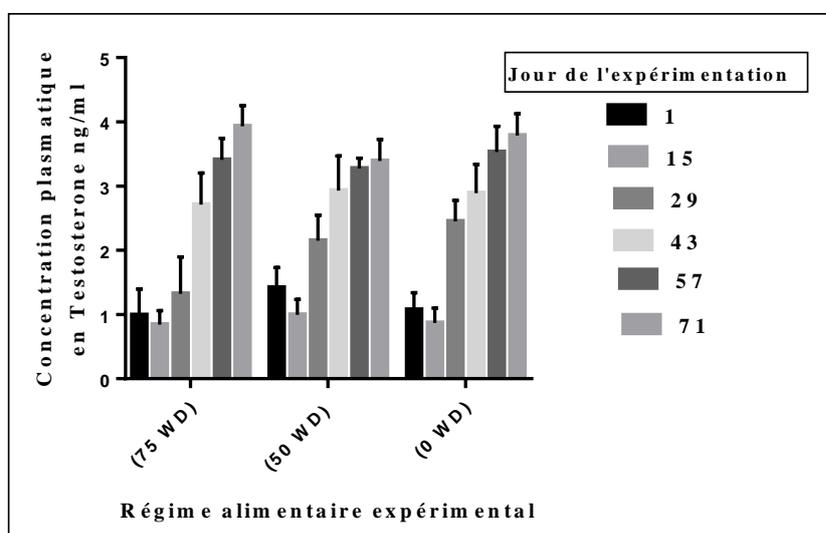
Tout comme pour la mobilité, la viabilité des spermatozoïdes n'a été influencée ni par l'effet temps ni par l'effet régime alimentaire ( $p > 0,05$ ). Les moyennes sont ainsi restées statistiquement invariables durant toute la période de l'étude. Les valeurs maximales du

pourcentage moyen de spermatozoïdes vivants sont de  $(90,25 \pm 3,10\%)$ ,  $(90,58 \pm 2,08\%)$ , et  $(90,08 \pm 1,39\%)$  pour les groupes (75RD) (50RD), et (0RD) respectivement.

### III.2.6. Concentration plasmatique en Testostérone

**Tableau 51 :** Concentrations plasmatiques en Testostérone (ng/ml) des trois lots de béliers expérimentaux.

Jour	Régime		
	75 RD	50 RD	0 RD
1	0,99±0,41	1,42±0,32	1,07±0,27
15	0,84±0,22	0,99±0,24	0,87±0,23
29	1,32±0,57	2,15±0,40	2,45±0,32
43	2,71±0,49	2,93±0,54	2,89±0,45
57	3,41±0,33	3,28±0,16	3,53±0,40
71	3,93±0,32	3,40±0,33	3,77±0,34



**Figure 37 :** Concentrations plasmatiques en Testostérone (ng/ml) des trois lots de béliers expérimentaux.

On constate, à la lecture du tableau n°51 et de la figure n° 37 ci-dessus, que d'une manière générale, les valeurs obtenues demeurent dans la fourchette acceptable pour la race Ouled Djellal.

Précisons que les moyennes globales durant toute la période d'étude, sont de ( $2.20 \pm 0.54$  ng / ml), ( $2.36 \pm 0.41$  ng / ml), ( $2.43 \pm 0.50$  ng/ ml) pour les groupes (75 WD), (50 WD) et (0 WD) respectivement, Pour la totalité des échantillons l'effet du régime alimentaire, est négligeable ( $p > 0,05$ ). Par contre, l'effet du temps est quant à lui statistiquement très influençant ( $p < 0,001$ ). Pour tous les groupes, les valeurs ont augmenté significativement ( $p < 0,001$ ) du jour 1 au jour 43, pour se stabiliser par la suite ( $p < 0,05$ ).

### III.2.7.Comportement sexuel

**Tableau 52** : Effet du régime alimentaire et du temps sur le comportement sexuel (temps de réaction et nombre de montes avec éjaculation) des trois lots de béliers expérimentaux.

<b>Facteurs</b>	<b>Temps de reaction (s)</b>	<b>Nombre de saut</b>
<b>Régime</b>	NS	NS
<b>75 RD</b>	26.28±2.21	2.50±0.19
<b>50 RD</b>	29.89±3.07	2.72±0.26
<b>0 RD</b>	27.72±2.22	3.06±0.13
<b>Jours</b>	NS	NS
<b>7</b>	29.17±1.40	2.50±0.10
<b>35</b>	26.44±0.43	2.94±0.29
<b>77</b>	28.28±1.54	2.83±0.10
<b>Régime x Jour</b>	NS	NS

NS – Non-Significatif

Le temps de réaction et le nombre de sauts avec éjaculation ne semblent être influencés ni par l'effet temps ni par l'effet régime alimentaire, pendant toute la période des essais, de plus, l'effet de l'interaction temps x régime alimentaire est lui aussi non significatif ( $p > 0.05$ ).

### III.2.8. Corrélations entre les mensurations scrotales, pondérales et les paramètres séminaux

**Tableau 53 :** Coefficients de Corrélations entre les mensurations pondérales, scrotales, et les paramètres séminaux des trois lots de béliers expérimentaux.

	Vsém	Csém	Psém	MM	MT	Csp	HOST	Vspz	BCS	Pcp	PS	PT
<b>Concentration</b>	0,07											
<b>Séminale</b>	NS											
<b>Production</b>	0,63	0,77										
<b>Séminale</b>	***	***										
<b>MM</b>	0,28	0,03	0,16									
	*	NS	NS									
<b>MT</b>	0,22	-0,09	0,05	0,70								
	NS	NS	NS	***								
<b>Consistance</b>	0,12	0,91	0,76	0,10	-0,06							
<b>Du sperme</b>	NS	***	***	NS	NS							
<b>HOST</b>	0,39	0,14	0,33	0,29	0,24	0,23						
	***	NS	*	**	*	NS						
<b>Viabilité des spz</b>	0,25	0,16	0,22	0,58	0,78	0,14	0,34					
	*	NS	NS	***	***	NS	***					
<b>BCS</b>	0,48	-0,01	0,32	0,16	0,19	0,01	0,33	0,31				
	***	NS	**	NS	NS	NS	***	**				
<b>Pcp</b>	0,44	0,11	0,38	0,05	0,02	0,11	0,23	0,22	0,84			
	***	NS	***	NS	NS	NS	NS	NS	***			
<b>PS</b>	0,53	0,56	0,73	0,16	0,02	0,51	0,27	0,30	0,41	0,51		
	***	***	***	NS	NS	***	*	**	***	***		
<b>PT</b>	0,44	0,33	0,54	0,13	0,05	0,31	0,26	0,26	0,52	0,63	0,75	
	***	*	***	NS	NS	**	*	**	***	***	***	
<b>T</b>	0,43	0,00	0,28	0,17	0,24	0,02	0,51	0,38	0,63	0,71	0,48	0,55
	***	NS	**	NS	*	NS	***	***	***	***	***	***

Volume séminal (Vsém) ; Concentration séminale (Csém) Production séminale (Psém) ; Consistance du sperme (Csp) ; Viabilité des spz (Vspz) ; Body condition scoring (BCS) ; Motilité massale des spz (MM) ; Motilité totale des spz (MT) ; Pcp (Poids corporel); SC (Circonférence Scrotale); PT (Poids testiculaire); T (Concentration plasmatique en Testostérone). \*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001; NS – Non-Significatif.

### III. 3. Discussion

#### III.3.1. Mensurations de morpho-biométrie

Selon Cameron (2008) et Tibary et al. (2018), la sélection des reproducteurs, basée sur l'observation de la conformation, permet d'améliorer la qualité des reproducteurs, d'éviter les hétérogénéités phénotypiques au sein du troupeau et d'éliminer des défauts indésirables qui pourraient affecter la longévité et la productivité d'un animal dans l'élevage.

En effet, puisque les mâles ont un impact majeur dans les entreprises ovines, et ce, par le nombre important de descendants qu'ils produisent (Holt, 1974), ils doivent présenter les meilleurs critères de sélection. Boyeldieu (1983) et Tibary et al. (2018), rapportent que la conformation, l'aspect et la vitesse de croissance constituent les principaux critères de sélection massale des béliers géniteurs. Bodin et al. (1999) ajoutent que ces critères constituent la première démarche de sélection qui doit être complétée par l'évaluation de la capacité des béliers à produire de la semence en quantité (volume, concentration, motilité) en tant que jeunes puis adultes, et par l'évaluation de la valeur fécondante de cette semence.

Ainsi selon les moyennes générales représentées dans le tableau n°30, les caractéristiques quantitatives caractérisant la conformation de l'ensemble des béliers peuvent être décrites comme suit :

La moyenne de la longueur du corps des béliers géniteurs étudiés est acceptable, elle avoisine la moyenne de la race rapportée par (Chekkal et al., 2015) (84cm) et celle relevée chez le type Hodnia ( $83,64 \pm 7,30$ cm) qui est localisé principalement dans les régions de Sétif, Constantine, Bousaâda, Batna, M'sila et Oum-El-Bouaghi (Djaout et al., 2017), ainsi que celle de la race Rumbi (81 cm) (Chellig, 1992), mais elle est supérieure à celle de la race Ouled Djellal type chellalia ( $73,64 \pm 5,50$ cm) (Djaout et al., 2017), et des races Dmen (70cm) (Chellig, 1992) et Hamra (71 cm) (Benyoucef et al., 1996).

Pour la hauteur au garrot, Cameron (2008) précise qu'il faut rechercher les géniteurs présentant une bonne hauteur au garrot par rapport à la moyenne de la race. Marmet (1971), pour sa part conclut qu'il faut sélectionner un géniteur à taille haute et ayant un dessus large, allant jusqu'à affirmer que le dos « en toit » est synonyme d'un mauvais mouton, d'un animal manquant à la fois de poitrine et de musculature. Dans notre étude, les mensurations relevées font ressortir que les trois groupes étudiés présentent une moyenne comparable à la moyenne

de la race Ouled Djellal type Hodnia ( $82,20 \pm 5,95$  cm) et (82 cm), rapportée par Djaout et al. (2017) et Chellig (1992) respectivement, mais nettement inférieures à celles rapportées par (Harkat et al., 2015) ( $88,95 \pm 24,31$ ) et Djaout et al. (2017) ( $92,34 \pm 6,13$ cm) pour le type Ouled Djellal.

Pour la région du sternum, Cameron (2008) précise qu'il est préférable de sélectionner des animaux présentant une hauteur sous sternale assez élevée, car cette partie est très exposée, et est souvent marquée par des écorchures. En plus la cage thoracique doit être profonde, large et présenter des côtes arquées. Dans notre cas, les moyennes obtenues pour la hauteur sous sternale ( $47,50 \pm 1,79$  cm) et la largeur du thorax ( $22,61 \pm 0,95$  cm), obéissent à ces critères et avoisinent celles relevées par Harkat et al. (2015) chez la même race ( $42,19 \pm 2,99$ cm) et ( $23,69 \pm 3,12$ ).

Enfin, on peut dire que les géniteurs mâles, sélectionnés pour cette étude, possèdent un bon développement par rapport à la moyenne de la race. Les moyennes obtenues confirment que ces béliers présentent une bonne longueur, une bonne hauteur, une cage thoracique profonde, et un avant-train large.

### **III.3.2. Mensurations pondérales**

L'état corporel et le poids vif de l'animal sont fortement dépendants de son statut nutritionnel. En plus des facteurs génétiques (potentiel génétique lié à la race ou à l'individu), la nutrition constitue un des facteurs environnementaux les plus importants et un déterminant majeur de l'état général et des performances reproductrices des animaux (Robinson, 1996; Chilliard et al., 1998; Butler, 2003; Diskin et al., 2003; Tabbaa et al., 2006b).

Dans notre étude, quel que soit le type du régime expérimental (ORD) (50 RD) ou (75RD), le poids vif des béliers a connu une augmentation linéaire, significative, depuis le début (J0) de l'expérimentation et jusqu'à la fin (J 71), exprimée par une corrélation positive et hautement significative ( $p < 0,001$ ) avec le jour expérimental ( $r = 0,63$  (75RD),  $r = 0,85$  (50RD),  $r = 0,86$  (ORD)), ce qui confirme l'effet positif du flushing alimentaire sur l'état d'embonpoint des géniteurs, même avec un concentré à base de rebuts de dattes incorporés à des taux de 50 ou 75% en substitution au concentré commercial.

Plusieurs études (Daghigh Kia et al., 2012; Ambreen et al., 2014; Alhamada et al., 2017; Asgari Safdar et al., 2017; Khilil et al., 2017) ont confirmé que la supplémentation alimentaire

sous forme de flushing améliore les performances de reproduction, le poids corporel, et la note d'état corporel chez les femelles (brebis ou chèvre).

Des observations similaires ont été constatées par Tufarelli et al. (2011) chez des béliers adultes (2 à 4 ans) de race Sarde, ayant un poids corporel initial de  $66 \pm 0.4$  kg, et recevant, durant une période de 90 jours, en plus du foin de vesce-avoine *ad libitum*, différents niveaux de concentré : 1Kg/tête/jour soit 1,2 fois des besoins d'entretien pour le premier groupe et 1.5 Kg/tête/jour soit 1,5 fois des besoins d'entretien des béliers du deuxième groupe, dans ces conditions, des gains moyens de poids corporel de 4.21 Kg et de 7.81 Kg ont été enregistré chez le premier et le deuxième groupe respectivement. Dans notre étude les augmentations pondérales de (08.15 Kg) (10 Kg) et (13.40 Kg) obtenues pour les groupes (50 RD) (75 RD) et (0 RD) respectivement, sont largement supérieures à celles signalées par ces auteurs. Cette différence peut se justifier par le fort potentiel génétique de la race Ouled Djellal quand il s'agit de productivité pondérale et de rusticité dans les différentes conditions (Djaout et al., 2017). En effet, Lakhdara et al. (2013) constatent, comme c'est le cas dans notre étude, une augmentation pondérale moyenne de 8Kg chez des antenais de race Ouled Djellal, ayant reçu pendant huit semaines une ration journalière composée de 1Kg de paille de blé, 200g de noyaux de datte, et 1Kg de concentré (270g orge, 270g maïs, 270g son de blé, 180g soja, 2.7g mixture miniralo-vitaminique). Mebirouk et al. (2008) trouvent eux aussi des résultats qui vont dans le même sens et notent des gains moyens quotidiens allant de 107,5 à 151,4 (g/jour) chez des antenais en croissance, de race Berbère, recevant, *ad libitum*, une ration iso-protéique, constituée de paille et d'un concentré à 18,5 ou 19,2 % de MAT et dont la composition est formée de différents niveaux d'incorporation de rebuts de dattes en substitution à l'orge (0 % RD 15 % RD 30 % RD 45 % RD).

Mahouachi et al. (2011) de leur part montrent que chez le bélier adulte de race Queue Fine de l'Ouest, l'évolution du poids vif suit celle des apports alimentaires appliqués au cours de la période du flushing, et ils ajoutent que pour certains aliments, comme l'avoine utilisée en substitution à l'orge dans le concentré, la préparation peut commencer seulement 2 semaines avant la lutte car l'effet positif de cet aliment, sur l'état d'embonpoint mais aussi sur la qualité de la semence, est immédiat. Cependant, Sakly et al. (2013) notent que chez les béliers de race Ile-de-France, un flushing alimentaire à court terme (2 semaines) composé principalement de lupin (très riches en protéines), n'a aucun effet améliorateur sur le poids corporel ou les performances reproductives (libido et volume testiculaire). Ces différences

dans les résultats, découlent probablement de la courte durée, de la période de supplémentation ou de la variation de la composition de la ration.

L'effet positif de l'amélioration du régime alimentaire, sur le poids et la note d'état corporel a été également confirmé chez les Béliers de race Malpura (Maurya et al., 2010), ainsi que chez les agneaux en croissance (Fourie et al., 2004; Zohara et al., 2013; Bandeira et al., 2016). Précisons néanmoins que chez les géniteurs mâles ou femelles, l'efficacité d'un flushing alimentaire sur l'amélioration des performances de reproduction, est modulée par plusieurs facteurs notamment : la durée de la supplémentation, la valeur nutritive (quantitative et qualitative) de la ration (Abecia et al., 2006), la note d'état corporel (Smith, 1988), l'état sanitaire ainsi que le potentiel génétique des animaux.

Dans notre expérimentation, nous avons pris des béliers, dont l'alimentation dépendait seulement des pâturages, et dont le poids corporel, au début de l'expérimentation, était de  $63.66 \pm 0.42$  kg, cette valeur bien que supérieure à celle des béliers Ouled Djellal âgés de 3 à 4 ans (50 à 55 kg) rapportée par (Taherti, 2016), est relativement inférieure à la moyenne de la race Ouled Djellal signalée par plusieurs auteurs (Boussena a et al., 2014; Chekkal et al., 2015; Harkat et al., 2015). Cela est peut être dû : au déficit dans les ressources alimentaires qui s'observe pendant cette période de l'année (Yahiaoui, 2011), et/ou au fait que les béliers étaient impliqués dans la saison de lutte précédente (saison de printemps). En effet Clariget et al. (1998); Argot et al. (1999) affirment que les dépenses énergétiques et la baisse de l'appétit durant une lutte peuvent entraîner une perte de poids vif allant jusqu'à 40%.

Par ailleurs, il est bien connu que grâce à une augmentation des apports nutritifs par l'élévation du niveau de consommation et / ou la consommation d'aliments de meilleure qualité, le flushing alimentaire, améliore la condition physique (Drogoul et al., 2013), ce qui est corroboré par les résultats obtenus dans notre étude. La valeur quantitative et qualitative de la ration journalière distribuée aux animaux, durant ces deux mois, a été augmentée de façon efficace, ce qui s'est traduit par des modifications positives de l'état corporel. On remarque d'ailleurs, que les valeurs moyennes de la note d'état corporel, enregistrées ont augmenté significativement ( $p < 0.001$ ), entre la période d'adaptation, le début et la fin de la période du flushing alimentaire, pour atteindre une moyenne de  $3,00 \pm 0,06$  (groupe 75RD),  $2,96 \pm 0,04$  (groupe 50 RD) et  $3,17 \pm 0,11$  (groupe ORD). La supplémentation a permis donc, la reconstitution des réserves corporelles des animaux, qui sont fortement dépendantes de la satisfaction des besoins alimentaires (Phythian et al., 2011). Chez les béliers ces réserves sont fortement sollicitées pendant la période de lutte (Rassu et al., 2004b). Après deux mois de

complémentation, les moyennes obtenues ont atteint la fourchette standard de notation de 3 à 3.5 recommandée par Maurya et al. (2017), pour que les béliers reproducteurs présentent les meilleurs capacités pour saillir les brebis mais aussi pour produire une semence de bonne qualité (Maurya et al., 2017).

D'autre part, étant donné que la quantité de la ration ingérée par jour et par bélier, était similaire pour les trois groupes, l'écart observé entre le groupe (ORD) et les deux autres en termes de poids vif, de GPC% et de GMQ, peut être attribué aux différences des teneurs en protéines brutes et en fibres des trois rations (tableau 29). Plusieurs auteurs (Rekik et al., 2008; Boudechiche et al., 2010; Alhomidy et al., 2011; Djaalab, 2017) confirment que les rebuts de dattes comparés aux grains d'orge et au foin, sont plus faibles en protéines et en fibres, mais plus riches en énergie (plus riches en sucres simples). Rekik et al. (2008) ajoutent que la substitution partielle ou totale de l'orge par les rebuts de dattes peut entraîner une diminution de la digestibilité de la matière azotée, associée à une diminution du poids vif chez les brebis prolifiques de race D'men. Pour compenser le déficit protéique de ce coproduit, l'ajout de protéines supplémentaires dans la ration est conseillé (Chehma et al., 2000; Chehma et al., 2007; Khezri et al., 2017). Toutefois, contrairement à ce qui a été relevé chez les béliers objet de notre étude, Alhomidy et al. (2011) signalent que chez les agneaux de race Najdi la substitution de l'orge par les rebuts de dattes à des taux de 15% ou 30% permet d'avoir des moyennes de GMQ significativement plus élevées, comparées à celles obtenues avec des rations à 0% rebut de dattes

En outre, Chehma and Longo (2004) de leur part, constatent que, les valeurs obtenues pour le GMQ augmentait proportionnellement aux taux d'incorporation des rebuts de dattes, chez les béliers Ouled Djellal ayant reçu pour leur engraissement de la paille d'orge et des rebuts de dattes incorporés à raison de 0% ; 25% ; 50% ou 75 % de la matière brute de la ration, et c'est ce qui conforte nos résultats qui font ressortir une moyenne globale du GMQ légèrement supérieure pour le groupe (75 RD) comparativement au groupe (50 RD). Chehma et al. (2003) expliquent que chez le mouton, l'utilisation digestive de la matière sèche, de la matière organique et de la matière azotée totale s'améliore proportionnellement au taux d'incorporation des rebuts de dattes dans la ration

Nos résultats (tableau 39) montrent qu'il existe une corrélation positive et hautement significative entre la note d'état corporel et le tour de poitrine d'une part et le poids corporel d'autre part, ce qui justifie l'utilisation de ces deux paramètres (note d'état corporel et tour de poitrine) comme indicateurs du niveau alimentaire, de l'état d'embonpoint et de la valeur des

réserves adipeuses du corps de l'animal (Oregui et al., 1997). La note d'état corporel est considérée comme un outil de choix pour les scientifiques et les éleveurs ; outre son faible coût et sa facilité de mise en œuvre, cette technique bien maîtrisée permet une estimation fiable de l'état d'engraissement (Broster and Broster, 1998; Morgan-Davies et al., 2007). Son interprétation est plus simple par rapport à celle de la pesée, rendue délicate par les variations de poids des réservoirs digestifs ou utérins selon le stade physiologique ou par l'humidité de la toison (Adalsteinsson, 1979; Russel, 1984; Wolter, 1992; Gonzalez et al., 1997; Esmailzadeh et al., 2009). Cependant la corrélation entre ces différents paramètres n'est pas toujours stable et dépend de l'âge (Boussena a et al., 2014), du stade physiologique (Cumming et al., 1975), de la taille (Ducker and Boyd, 1977) et de la conformation de l'animal auxquels s'ajoutent les conditions expérimentales et la technicité du praticien.

### **III.3.3. Mensurations scrotales**

La localisation externe des testicules chez les animaux domestiques simplifie la pratique des mensurations gonadiques (Foote, 2003). Dans notre étude des coefficients de corrélations positifs et significatifs ont été relevés entre les différents paramètres mesurés, chez les trois groupes et pendant les différentes périodes de l'essai (tableaux 39 et 53).

La forte corrélation positive entre le poids vif et les différentes mensurations effectuées sur la gonade confirme que les facteurs nutritionnels exprimés par le poids corporel, peuvent avoir une influence sur le cycle de reproduction chez les béliers (Clariget et al., 1998; Perez-Clariget et al., 1998). Ces mensurations non invasives (la circonférence scrotale et le poids testiculaire) ont été largement utilisées pour prédire la capacité reproductrice des géniteurs mâles et estimer leur contribution dans la fécondité des femelles (Coulter and Foote, 1979; Bielli et al., 1997; Higdon et al., 2000; Sarder, 2005; Raji et al., 2008), du fait de la forte corrélation positive entre ces différentes mensurations et les paramètres de la production séminale (tableau 53) (Akpa and Alphonsus, 2012; Ali Ibrahim et al., 2012; Almadaly et al., 2016).

Au cours de la période expérimentale les moyennes périodiques de la circonférence scrotale et du poids testiculaire ont présenté des augmentations significatives ( $p < 0.001$ ). Les pourcentages d'évolution obtenus lors de notre étude et qui sont de l'ordre de : 3.26% pour le groupe (75 RD), de 2.94% pour le groupe (50 RD) et enfin de 6.08% pour le groupe (0 RD), confirment l'effet positif de l'amélioration du niveau alimentaire sur l'évolution de ces mensurations gonadiques. En effet Brown (1994) rapporte que les apports énergétiques élevés

ont des effets bénéfiques sur la production de sperme, et la taille des testicules. Boukhliq (1993) et Boukhliq et Martin (1996), vont dans le même sens, et confirment que chez le bélier, une supplémentation alimentaire avec une composante énergétique de 16.4 (mégajoules/kg) et protéique de 337.5g (MAT/kg matière sèche) stimule les sécrétions pulsatile de LH, et tonique de FSH. Elle augmente en outre la circonférence scrotale (1centimètre par semaine) (Boukhliq, 1993; Boukhliq and Martin, 1996). Toutefois Murray et al. (1990) relèvent que la croissance testiculaire chez les béliers répond davantage à l'apport énergétique et à la modification du poids vif qu'à la disponibilité en protéines brutes.

#### **III.3.4. Paramètres séminaux**

Comme pour les mensurations scrotales, le volume de sperme, la production totale de spermatozoïdes par éjaculat et le pourcentage de spermatozoïdes présentant un HOST positif ont également connu une augmentation significative durant la période expérimentale, ce qui corrobore les résultats de plusieurs études (Dana et al., 2000; Fernandez et al., 2004; Kheradmand et al., 2006; Tufarelli et al., 2011; Ghorbankhani et al., 2015) qui soulignent la forte relation qui existe entre la nutrition et ces différents paramètres qui caractérisent la performance reproductive du bélier. Cette hypothèse est confortée par d'autres recherches (Blache et al., 2006; Martin et al., 2010; Maurya et al., 2017). Ces derniers ajoutent qu'à long terme, une amélioration soutenue de la nutrition conduit à une augmentation à la fois de la taille des testicules et de la production de spermatozoïdes. A contrario, Bester et al. (2004) et Bester (2006) indiquent que même si les taux énergétiques plus élevés dans la ration permettent d'accélérer le développement des testicules, ils n'ont aucun effet significatif sur la qualité et la quantité du sperme produit par les jeunes béliers de race Dorper

Pour les trois lots expérimentaux, les valeurs des attributs du sperme ont été similaires pendant toute la période d'essai. À l'exception de la moyenne globale de la concentration de semence qui semble être légèrement plus faible dans le groupe (50 RD) comparativement à (0 RD) et (75 RD). Cette différence peut être liée à l'effet du régime alimentaire, ou simplement à un potentiel génétique plus faible chez certains béliers du groupe (50 RD). En effet, pour le groupe (0 RD), la teneur de la ration en MAT et en lignine qui sont légèrement différents par rapport aux deux autres groupes, peuvent contribuer à un niveau énergétique plus élevé et donc à l'amélioration de la concentration de sperme. Alors que pour le groupe (75 RD), l'étude réalisée par Chehma et al. (2003) et Chehma and Longo (2004) chez les béliers de race Ouled Djellal, suggère que l'inclusion des rebuts de dattes dans la ration à un niveau de 75% donne un meilleur résultat quant à la digestibilité des nutriments. Cependant, il est nécessaire

de mentionner que le potentiel génétique et l'adaptabilité (Rashamol et al., 2018) de chaque animal jouent un rôle plus important que les autres facteurs environnementaux dans la détermination des performances de reproduction et de production séminale (Martin et al., 2010). Colas et al. (1990) précisent d'ailleurs, qu'il est difficile d'expliquer les différences des capacités de reproduction qui apparaissent chez des béliers soumis aux mêmes conditions d'environnement.

Dans cette étude, l'exposition des animaux aux stress combinés (modification du système de gestion et stress nutritionnel) durant la période d'adaptation peut expliquer la diminution significative de la concentration de sperme observée au 30<sup>ème</sup> jour de l'expérience (6 semaines après la période d'adaptation). Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Maurya et al., (2016) qui ont enregistré une baisse de la concentration en spermatozoïdes des éjaculats chez les béliers Malpura maintenus dans des conditions de stress nutritionnel ou de stress combiné (nutritionnel et thermique)(Maurya et al., 2016).

En ce qui concerne la production qualitative de semence, la motilité et la viabilité des spermatozoïdes sont considérées comme des facteurs importants pour la détermination de la qualité des éjaculats de sperme et par conséquent de la fertilité potentielle d'un bélier (Larsson and Rodríguez-Martínez, 2000; Muller, 2000; Martí et al., 2011; Martí et al., 2012; David et al., 2015). Pour les trois groupes de béliers une corrélation positive et hautement significative a été notée entre le pourcentage des spermatozoïdes vivants, la mobilité massale des spermatozoïdes et le pourcentage des spermatozoïdes mobiles, de plus ces trois paramètres n'ont été influencés ni par le type du régime expérimental ni par le jour d'échantillonnage. Au cours de notre étude les proportions de spermatozoïdes activement mobiles évaluées à l'aide d'un analyseur de sperme assisté par ordinateur étaient généralement  $\geq 70\%$ , ce qui signifie que les éjaculats produits par les béliers étaient de haute qualité (David et al., 2015; Benhenia et al., 2016) durant toute la période d'étude.

### **III.3.5. Concentration plasmatique en Testostérone**

Pour la production de testostérone, Martin et al., (2010) ont noté qu'à l'exception de la dénutrition extrême, les effets nutritionnels ne sont pas liés à des changements majeurs de ce paramètre. Ainsi, dans notre étude, il a été démontré que la concentration plasmatique de testostérone dépend principalement des variations saisonnières. Les moyennes les plus élevées ont été enregistrées au cours des mois (mi-juillet et août) qui correspondent à la reprise de la saison naturelle de reproduction chez les béliers de race Ouled Djellal (Belkadi et

al., 2017; Belkhiri et al., 2017). Il est à noter que chez nos races ovines, l'effet de la saison sur les niveaux de testostérone est plus marqué que sur le poids vif, le volume des testicules et les caractéristiques du sperme (Allaoui, 2012; Belkadi et al., 2017; Belkhiri et al., 2017; Benmoula et al., 2017).

### **III.3.6. Comportement sexuel**

Le comportement sexuel des béliers évalué par le temps de réaction et le nombre de sauts avec service est resté invariable pour les trois groupes pendant toute la période expérimentale. Des observations similaires ont été rapportées par Luna-Palomera et al., (2012) et par Fernandez et al., (2004) chez les béliers matures de race Assaf recevant différents niveaux d'apport protéique sous forme de protéines non dégradables au niveau du rumen (Fernandez et al., 2004; Luna-Palomera et al., 2012). Néanmoins, des études récentes ont constaté un effet positif significatif d'une supplémentation nutritionnelle avec apport énergétique plus élevé (Maurya et al., 2010; Ghorbankhani et al., 2015), alors qu'un stress nutritionnel (Kumar et al., 2015; Maurya et al., 2016), a des effets négatifs sur l'expression du comportement sexuel mais aussi sur la production de testostérone chez les béliers. Lassoued et al., (2013) précisent que la complémentation énergétique et protéique, quotidienne ou par intermittence, des béliers au-dessus des besoins de maintenance, n'a pas un effet significatif sur les paramètres spermatiques mais améliore le comportement sexuel des béliers. Ces auteurs suggèrent même que ce protocole de complémentation énergétique et protéique alterné pourrait présenter une alternative intéressante pour diminuer le coût de la supplémentation avant la période de lutte (Lassoued et al., 2013).

En conclusion, les résultats décrits ci-dessus indiquent que l'amélioration du niveau alimentaire, qui se fait par l'emploi de mélange de concentré commercial ou à base de céréales conventionnelles (orge, maïs, avoine), donc d'aliments onéreux, et qui ne peut être rentable pour les petits élevages, peut se faire par l'incorporation de rebuts de dattes dans le concentré. En effet, un taux d'incorporation de 75% semble être une solution prometteuse pour stimuler et développer les différents paramètres liés aux capacités de reproduction des géniteurs mâles. En pratique, avec cette substitution, lorsque les animaux sont sur pâturages pauvres, les béliers pourront supporter en cas de lutte libre une activité physique élevée tout en présentant de bonnes capacités reproductives.

En outre, plusieurs auteurs (Scaramuzzi et al., 2006; Niyas et al., 2017; Sejian et al., 2017; Pereira et al., 2018), affirment que l'animal a tendance à s'adapter aux changements

environnementaux et nutritionnels de sorte que les relations entre les fonctions vitales et les composants essentiels du corps soient préservées ou modifiées pour donner à l'animal ses meilleures chances de survie et de reproduction. Quand les besoins des animaux sont supérieurs à ceux fournis par la ration surtout en énergie, les animaux utilisent leurs réserves corporelles pour compenser le déficit ; dans cette situation, l'animal est en état de balance énergétique négative. Toutefois, les animaux ayant la capacité de s'adapter à une faible disponibilité de l'énergie digestible dans leur ration modifient leurs exigences énergétiques, et les conséquences de cette mauvaise gestion nutritionnelle peuvent ne se manifester que plus tard, sur la longévité de la vie productive des reproducteurs, ou après la naissance du fœtus ou même après la maturité sexuelle du nouveau-né, et dans ce cas elles seront toujours associées à une mauvaise performance durant toute les périodes critiques (croissance, engraissement, production, et reproduction) de la vie de l'animal

## **CONCLUSION GENERALE**

### **Dans la première expérimentation :**

- Des effets intéressants de la mélatonine ont été observés sur la taille des testicules d'une part: (l'implant de la mélatonine a permis d'augmenter et de stabiliser les mensurations testiculaires chez le bélier durant toute la période de lutte) et d'autre part sur les performances reproductives des béliers (fertilité et fécondité en saillies naturelles lors de la lutte de printemps).
- Le traitement n'a pas favorisé une meilleure libido (exprimée par le taux plasmatique de testostérone) chez les béliers puisque la courbe d'évolution de la concentration plasmatique en testostérone était similaire chez les deux groupes durant toute la période de l'étude.
- Chez les béliers des deux groupes, les variations du poids corporel enregistrées sont la conséquence directe de la disponibilité alimentaire, et de la période de lutte.
- Les implants de mélatonine influent positivement sur les performances reproductives (fécondité et prolificité) des brebis des deux lots.

### **Dans la deuxième expérimentation :**

- D'une façon générale, et malgré les différences notées entre les groupes en termes de mensurations pondérales et scrotales, le flushing alimentaire a eu un effet positif sur le gain de poids corporel, la circonférence scrotale, le poids testiculaire et la production séminale des béliers des trois groupes.
- Il est possible d'introduire les rebuts de dattes dans le régime du flushing des béliers reproducteurs sans perturber leurs performances productives et reproductives
- Les rebuts de dattes peuvent être utilisés comme substitut au concentré commercial à un niveau de 75% (les résultats obtenus sont légèrement meilleurs qu'avec une substitution à 50%), cette substitution s'accompagne d'un impact positif significatif sur les mensurations scrotales et pondérales ainsi que sur les paramètres séminaux.
- L'évaluation de la circonférence scrotale est une mesure indirecte de la production spermatique.

## **RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES**

Pour obtenir des résultats plus approfondis, il serait intéressant de répéter le protocole de traitement hormonal à base d'implants de mélatonine, avec des races variées afin de valider la reproductibilité de nos conclusions à plus grande échelle. Il serait également intéressant d'étaler cette expérience sur différentes périodes de l'année (pendant et hors saison sexuelle). En outre, une étude économique qui permet d'évaluer la rentabilité de l'utilisation des implants de mélatonine chez les mâles et les femelles est nécessaire.

Par ailleurs, d'autres travaux de recherche sur les effets de l'incorporation d'aliments alternatifs produits localement, sur les performances reproductives des géniteurs mâles ou femelles doivent être entrepris afin de déterminer avec exactitude les proportions adéquates requises pour atteindre les performances visées.

Pour améliorer la capacité reproductive des béliers à moindre coût nous recommandons les actions suivantes:

- l'évaluation systématique des mensurations scrotales et plus particulièrement la circonférence.
- Le recours à un flushing alimentaire contenant jusqu'à 75% de rebut de datte en substitution au concentré commercial

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

**Références bibliographiques**

1. Abdelkader, A.A., Ata, N., Benyoucef, M.T., Djaout, A., Azzi, N., Yilmaz, O., Cemal, İ., Gaouar, S.B.S., 2018. New genetic identification and characterisation of 12 Algerian sheep breeds by microsatellite markers. *Italian Journal of Animal Science* 17, 38-48.
2. Abecia, J.-A., Sosa, C., Forcada, F., Meikle, A., 2006. The effect of undernutrition on the establishment of pregnancy in the ewe. *Reproduction Nutrition Development* 46, 367-378.
3. Abecia, J., Chemineau, P., Keller, M., Delgadillo, J., 2017. Extended day length in late winter/early spring, with a return to natural day length of shorter duration, increased plasma testosterone and sexual performance in rams with or without melatonin implants. *Reproduction in Domestic Animals* 52, 851-856.
4. Abecia, J.A., Chemineau, P., Gomez, A., Keller, M., Forcada, F., Delgadillo, J.A., 2016. Presence of photoperiod-melatonin-induced, sexually-activated rams in spring advances puberty in autumn-born ewe lambs. *Animal reproduction science* 170, 114-120.
5. Abecia, J.A., Forcada, F., Casao, A., Palacín, I., 2008. Effect of exogenous melatonin on the ovary, the embryo and the establishment of pregnancy in sheep. *Animal : an international journal of animal bioscience* 2, 399-404.
6. Abecia, J.A., Valares, J.A., Forcada, F., Palacín, I., Martín, S., Martino, A., 2007. The effect of melatonin on the reproductive performance of three sheep breeds in Spain. *Small Ruminant Research* 69, 10-16.
7. Abera, S., Debisa, L., 2017. Nutritive Value of Hyparrhenia anamesa Dominated Natural Pasture and its Impacts on Seminal Traits of Horro Rams. *Res. Rev. J Ecol. Environ. Sc* 5, 58-62.
8. Abu, H., Okwori, A., Ahemen, D., 2016. Evaluation of Scrotal and Testicular Characteristics of West African Dwarf Bucks Fed Guava Leaf Meal. *J Anim Sci Adv* 6, 1636-1641.
9. Adalsteinsson, S., 1979. The independent effects of live weight and body condition on fecundity and productivity of Icelandic ewes. *Animal Science* 28, 13-23.
10. Adnane, M., Miroud, K., Hanzen, C., Kaidi, R., 2018. The PGF2 $\alpha$ , a less costly and invasive means than progestogens to manipulate the sexual activity in out-breeding season of the “Ouled Djellal” Algerian ewes. *Livestock Research for Rural Development* 30.
11. Agabriel, J., Jocelyne, A., René, B., Bocquier, F., Jean-Claude, B., Pascal, C., 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins, besoins des animaux – valeurs des aliments Tables Inra 2007. Cemagref, Cirad, Ifremer, Inra Quæc ed. INRA
12. Aguirre, V., 2007. Seasonal variations in sexual behavior, testosterone, testicular size and semen characteristics, as affected by social dominance, of tropical hair rams (*Ovis aries*). *Animal science journal* = v. 78, pp. 417-423-2007 v.2078 no.2004.
13. Aguirre, V., Orihuela, A., Vázquez, R., 2007. Effect of semen collection frequency on seasonal variation in sexual behaviour, testosterone, testicular size and semen

- characteristics of tropical hair rams (*Ovis aries*). *Tropical Animal Health and Production* 39, 271-277.
14. Aissaoui, C., Chibani, J., Bouzebda, Z., 2004. Etude des variations de la production spermatique du bélier de race Ouled Djellal soumis à un régime pauvre. *Renc. Rech. Ruminants* 11, 402.
  15. Akpa, G., Alphonsus, C., 2012. Relationships between body and scrotal measurements, and semen characteristics in yankasa ram. *Continental J. Animal and Veterinary Research* 4, 7-10.
  16. Al-Anazi, Y., Al mutary, M., Al-ghadi, M., Alfuraiji, M.M., Al-himaidi, A.R., Ammari, A., 2017. Seasonal variations in scrotal circumference and semen characteristics of Naimi and Najdi rams in Saudi Arabia. *South African Journal of Animal Science* 47, 454-459.
  17. Alary, V., Aboul-Naga, A., El Shafie, M., Abdelkrim, N., Hamdon, H., Metawi, H.A., 2015. Roles of small ruminants in rural livelihood improvement–Comparative analysis in Egypt. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux* 68, 79-85.
  18. Albert, L., Jean, F., 2009. *Biologie du développement. Sciences de la vie*, Dunod.
  19. Alejandro, B., Pérez, R., Pedrana, G., Milton, J., Lopez, A., Blackberry, M., Duncombe, G., Rodriguez-Martinez, H., Martin, G., 2002. Low maternal nutrition during pregnancy reduces the number of Sertoli cells in the newborn lamb. *Reproduction, fertility, and development* 14, 333-337.
  20. Alejandro, C.-I., 2016. Best Practices in Animal Reproduction: Impact of Nutrition on Reproductive Performance Livestock. *Advances in Dairy Research* 4, 1-4.
  21. Alhamada, M., Debus, N., González García, E., Bocquier, F., 2017. Sexual behaviour in sheep is driven by body condition and the related nutritional and metabolic status. *Applied Animal Behaviour Science* 191, 24-30.
  22. Alhomidy, S.N., Basmakil, S., Al-Owaimer, A., El-Waziry, A., Koohmaraie, M., 2011. Effect of feeding different amounts of discarded dates on growth and efficiency of digestion in sheep. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 5, 636-640.
  23. Ali Ibrahim, A., Aliyu, J., Ashiru, R., A, M., 2012. Biometric study of the reproductive organs of three breeds of sheep in Nigeria. *Int. J. Morphol.*, 30, 1597-1603.
  24. Allaoui, A., 2012. Etude Des Principaux Facteurs De Variation De La Production De Semence Par Les Beliers Geniteurs De Race Ouled Djellal, Institut Des Sciences Veterinaires Et Des Sciences Agronomiques Universite El-Hadj Lakhdar Batna, Universite El-Hadj Lakhdar Batna, p. 111.
  25. Allaoui, A., Tlidjane, M., Safsaf, B., Laghrour, W., 2014. Comparative Study between Ovine Artificial Insemination and Free Mating in Ouled Djellal Breed. *APCBEE Procedia* 8, 254-259.
  26. Aller, J.F., Aguilar, D., Vera, T., Almeida, G.P., Alberio, R.H., 2012. Seasonal variation in sexual behavior, plasma testosterone and semen characteristics of Argentine Pampinta and Corriedale rams. *Spanish Journal of Agricultural Research* 10, 345-352.
  27. Almadaly, E.A., Farrag, F.A., Saadeldin, I.M., El-Magd, M.A., El-Razek, I.M.A., 2016. Relationship between total protein concentration of seminal plasma and sperm

- characteristics of highly fertile, fertile and subfertile Barki ram semen collected by electroejaculation. *Small Ruminant Research* 144, 90-99.
28. Almeida, A.M., Schwalbach, L.M.J., Cardoso, L.A., Greyling, J.P.C., 2007. Scrotal, testicular and semen characteristics of young Boer bucks fed winter veld hay: The effect of nutritional supplementation. *Small Ruminant Research* 73, 216-220.
  29. Alves, M.B.R., de Oliveira, B.M.M., Franci, C.R., Celeghini, E.C.C., Ravagnani, G.M., Batissaco, L., Nichi, M., Torres, M.A., Lanã, R., do Prado Filho, R.R., 2016. Recovery of normal testicular temperature after scrotal heat stress in rams assessed by infrared thermography and its effects on seminal characteristics and testosterone blood serum concentration. *Theriogenology*.
  30. Amann, R.P., Waberski, D., 2014. Computer-assisted sperm analysis (CASA): Capabilities and potential developments. *Theriogenology* 81, 5-17.e13.
  31. Ambreen, M., Bhat, A., Khan, H., Banday, M., Rashid, A., Gazalli, H., Ashraf, H., 2014. Effect of Flushing on the Growth, Body Condition Score and Reproductive Efficiency of Corriedale Ewes during Breeding Season and Gestation Period. *Iranian Journal of Applied Animal Science* 4.
  32. Ammar-Khodja, F., Brudieux, R., 1982. Seasonal variations in the cyclic luteal ovarian activity in the Tadmit ewe in Algeria. *Journal of reproduction and fertility* 65, 305-311.
  33. Anderson, G., Anderson, D., BonDurant, R., 1995. Semen characteristics and production of germ cells in male sheep-goat chimeras. *Animal Reproduction Sci.* 40:, 31-41.
  34. Andrade, O., Vázquez, R., Orihuela, A., 2010. Sexual Behaviour of Hair Rams (*Ovis aries*) Subjected to Frequent Collection and Free from Habituation to the Female. *Journal of Applied Animal Research* 37, 121-124.
  35. Arbouche, R., Arbouche, H., Arbouche, F., Arbouche, Y., 2013. Facteurs influençant les paramètres de reproduction des brebis Ouled Djellal. *Archivos de Zootecnia* 62, 311-314.
  36. Arbouche, R., Arbouche, Y., Mennani, A., Arbouche, H.S., Arbouche, F., 2017. Valorisation des issues de meunerie de quelques variétés de blé tendre endémiques à Algérie pour l'alimentation des ruminants. *Journal of Advanced Research in Science and Technology* 4, 529-545.
  37. Arendt, J., 1998. Melatonin and the pineal gland: influence on mammalian seasonal and circadian physiology. *Reviews of reproduction* 3, 13-22.
  38. Argiris, A., Ondho, Y.S., Santoso, S.I., Kurnianto, E., 2018. Effect of Age and Bulls on Fresh Semen Quality and Frozen Semen Production of Holstein Bulls in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 119, 012033.
  39. Argot, C.M., Smith, J.S., Kay, R.N.B., 1999. Seasonal changes of metabolism and appetite in Soay rams. *Animal Science* 69, 191-202.
  40. Arrebola, F., Abecia, J.A., 2017. Effects of season and artificial photoperiod on semen and seminal plasma characteristics in bucks of two goat breeds maintained in a semen collection center. *Veterinary world* 10, 521-525.

41. Asgari Safdar, A.H., Sadeghi, A.A., Chamani, M., 2017. Effects of different fat sources (saturated and unsaturated) on reproductive performance and biological indices of ewes during flushing period. *Trop Anim Health Prod* 49, 1447-1453.
42. Atchemdi, K.A., 2008. Impact des variations climatiques sur le prix des moutons sur le marché de gros de Djelfa (Algérie). *Cahiers Agricultures* 17, 29-37 (21).
43. Ayad, A., benhanifia, M., Benbarek, H., 2018. The ability of human electrochemiluminescence immunoassay to measure testosterone and progesterone in plasma ovine. *MALAYSIAN JOURNAL OF VETERINARY RESEARCH* 9, 22-30.
44. Badi, A., Benmoula, A., El Khalil, K., Allai, L., Essamadi, A., Nasser, B., El Amiri, B., 2018. Does advanced age affect reproductive variables, semen composition, and liquid semen storage during different seasons in Boujaad rams? *Animal reproduction science* 197, 40-47.
45. Bag, S., Joshi, A., Naqvi, S., Rawat, P., Mittal, J., 2002. Effect of freezing temperature, at which straws were plunged into liquid nitrogen, on the post-thaw motility and acrosomal status of ram spermatozoa. *Anim. Reprod. Sci* 72.
46. Balasse, M., Keller, M., Balasescu, A., Tresset, A., Chemineau, P., 2017. Cycle de reproduction des ovins et rythme saisonnier de l'élevage : un schéma plurimillénaire bouleversé par la recherche agronomique. *archives contemporaines*.
47. Balthazart, J., Fabre-Nys, C., 2001. Le comportement sexuel. Thibault, C., Levasseur, M-C. (ed), la reproduction chez les mammifères et l'Homme, Coédition INRA-Ellipses.
48. Bandeira, G.C., Nascimento Campos, A.C., Sales Pereira, E., Basilio Linard, M.A., Farias Castelo-Branco, K., Santos Evangelista, M.E., Lima de Sousa, D., Rodrigues Santos Rios, R., Rubens Montenegro, A., Figueiredo Gadelha, C.R., 2016. Effects of different hay: concentrate ratios on body and testicular-epididymal biometry and metabolic profile of Santa Ines lambs. *Semina: Ciências Agrárias* 37.
49. Baril, G., Chemineau, P., Cognie, Y., Guerin, Y., Leboeuf, B., Orgeur, P., Vallet, J., 1993. Manuel de formation pour l'insémination artificielle chez les ovins et les caprins. Food & Agriculture Org., Rome: FAO.
50. Barone, R., 1990. Appareil uro-génital. Foetus et Annexes. Péritoine et topographie abdominale, Anatomie comparée des animaux domestiques., Vigot, Paris, p. 951.
51. Barth, A.D., Oko, R.J., 1989. Abnormal morphology of bovine spermatozoa. Iowa State University Press, Ames.
52. Belkadi, S., Safsaf, B., Heleili, N., Tlidjane, M., Belkacem, L., Oucheria, Y., 2017. Seasonal influence on sperm parameters, scrotal measurements, and serum testosterone in Ouled Djellal breed rams in Algeria. *Veterinary world* 10, 1486-1492.
53. Belkasmi, F., 2012. Effet de la synchronisation et de l'insémination artificielle sur les performances de reproduction et la productivité de l'élevage ovin dans la région semi aride Algérienne., Faculté des sciences de la nature et de la vie Département des sciences agronomiques Université Ferhat Abbas –Setif, Faculté des sciences de la nature et de la vie Département des sciences agronomiques Université Ferhat Abbas –Setif, Faculté des sciences de la nature et de la vie Département des sciences agronomiques Université Ferhat Abbas –Setif.

54. Belkasmi, F., Madani, T., Semara, L., Allouche, L., Mouffok, C., 2010. Effet de la synchronisation et de l'insémination artificielle sur la productivité de l'élevage ovin dans la région semi aride algérienne, In: Ruminants, R.R. (Ed.), Renc. Rech. Ruminants, Renc. Rech. Ruminants.
55. Belkhiri, Y., Bouzebda, Z., Mouffok, C., 2017. Age and Season Effects on Sexual Parameters in Mature Rams Used in Artificial Insemination Centre (Algeria). *Global Veterinaria* 18, 31-40.
56. Ben Salem, H., Smith, T., 2008. Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. *Small Ruminant Research* 77, 174-194.
57. Bengoumi, M., Ameziane, T., 2014. Evolution and efficacy of transfer of technologies in small ruminant production systems in North Africa In: Chentouf (ed.), L.-F.e., Bengoumi (ed.), Gabina (ed.) (Ed.), Technology creation and transfer in small ruminants, CIHEAM Mediterranean seminars, pp. 15-24.
58. Benhenia, K., Lamara, A., Fatmi, S., Iguer-Ouada, M., 2016. Effect of cyclodextrins, cholesterol and vitamin E and their complexation on cryopreserved epididymal ram semen. *Small Ruminant Research* 141, 29-35.
59. Benia, Taïbi, K., Amrane, A., Belhamiti, Hammoudi, S., Kaidi, 2013. Study of seasonal sexual activity variations in Algerian rams: Sexual behaviour, testosterone concentration control and environmental factors. *African Journal of Biotechnology* 12, 6042-6048.
60. Benmoula, A., Badi, A., El Fadili, M., El Khalil, K., Allai, L., El Hilali, A., El Amiri, B., 2017. Effect of season on scrotal circumference, semen characteristics, seminal plasma composition and spermatozoa motility during liquid storage in INRA180 rams. *Animal reproduction science* 180, 17-22.
61. Benyoucef, M.T., Madani, T., Abbas, K., 2000. Systèmes d'élevage et objectifs de sélection chez les ovins en situation semi-aride algérienne, in: Gabiña, D. (Ed.), Analysis and definition of the objectives in genetic improvement programmes in sheep and goats. An economic approach to increase their profitability, Zaragoza : CIHEAM, pp. 101-109.
62. Benyoucef, M.T., Zahaf, A., Boutebila, S., Benaïssa, T., Kaidi, R., Khellaf, D., Benzidour, A., 1996. Aspects organisationnels et techniques d'un programme d'étude génétique de la race ovine Hamra dans la région de l'Ouest (Algérie) CIHEAM - Options Méditerranéennes 215-224.
63. Benyounes, A., Lamrani, F., 2013. Effet de La Saison sur La Reprise des Activites Ovarienne et Oestrals Apres le Part chez la Brebis Ouled Djellal. *Revue des Bioressources* 257, 1-6.
64. Bergstein-Galan, T.G., Busato, E.M., de Abreu, A.C.M.R., Weiss, R.R., 2017. Artificial Insemination and Embryo Transfer in Small Ruminants, *Reproduction Biotechnology in Farm Animals*, Avid Science.
65. Bester, N., 2006. Effect of different dietary energy levels on productive and Reproductive traits in Dorper rams, University of the Free State University of the Free State, <http://scholar.ufs.ac.za:8080/xmlui/handle/11660/387>, p. 175.
66. Bester, N., Schwabach, L., Van der Merwe, H., Greyling, J., Fair, M., 2004. The influence of dietary energy concentrations on scrotal, testicular and semen

- characteristics of young Dorper rams. *South African Journal of Animal Science* 34, 53-56.
67. Bhakat, M., Mohanty, T., Raina, V., Gupta, A., Khan, H., Mahapatra, R., Sarkar, M., 2011. Effect of age and season on semen quality parameters in Sahiwal bulls. *Tropical animal health and production* 43, 1161-1168.
68. Bielli, A., Gastel, T., Perez, R., LÓPEZ, A., CASTRILLEJO, A., REGUEIRO, M., FORSBERG, M., LUNDEHEIM, N., RODRIGUEZ-MARTINEZ, H., 1997. Influence of nutrition on seasonal variations in testicular morphology and function in Corriedale rams. *Journal of reproduction and development* 43, 171-180.
69. Bielli, A., Pérez, R., Pedrana, G., T B Milton, J., Lopez, A., Blackberry, M., Duncombe, G., Rodriguez-Martinez, H., Martin, G., 2002. Low maternal nutrition during pregnancy reduces the number of Sertoli cells in the newborn lamb. *Reproduction Fertility and Development* 14, 333-337.
70. Bittman, E.L., Karsch, F.J., 1984. Nightly Duration of Pineal Melatonin Secretion Determines the Reproductive Response to Inhibitory Day Length in the Ewe1. *Biology of reproduction* 30, 585-593.
71. Blache, D., Chagas, L.M., Blackberry, M.A., Vercoe, P.E., Martin, G.B., 2000. Metabolic factors affecting the reproductive axis in male sheep. *Journal of reproduction and fertility* 120, 1-11.
72. Blache, D., Maloney, S.K., Revell, D.K., 2008. Use and limitations of alternative feed resources to sustain and improve reproductive performance in sheep and goats. *Animal feed science and technology* 2008 v.147 no.1-3, pp. 140-157.
73. Blache, D., Zhang, S., Martin, G., 2003. Fertility in male sheep: modulators of the acute effects of nutrition on the reproductive axis of male sheep. *REPRODUCTION-CAMBRIDGE-SUPPLEMENT-*, 387-402.
74. Blache, D., Zhang, S., Martin, G., 2006. Dynamic and integrative aspects of the regulation of reproduction by metabolic status in male sheep. *Reproduction Nutrition Development* 46, 379-390.
75. Bodin, L., Elsen, J.M., Hanocq, E., François, D., Lajous, D., Manfredi, E., Mialon, M., Boichard, D., Foulley, J.L., San-Cristobal-Gaudy, M., 1999. Génétique de la reproduction chez les ruminants. *Productions Animales* 2 (12), 87-100.(1999).
76. Boland, M., Al-Kamali, A., Crosby, T., Haynes, N., Howles, C., Kelleher, D., Gordon, I., 1985. The influence of breed, season and photoperiod on semen characteristics, testicular size, libido and plasma hormone concentrations in rams. *Animal reproduction science* 9, 241-252.
77. Bonnes, G., Desclaude, J., Drogoul, C., Gadoud, R., Jussiau, R., Montméas, L., 2005. *Reproduction des animaux d'élevage*. Educagri édition, deuxième édition, 407 P.
78. Boshoff, N.H., 2014. The influence of genotype on sperm motility and sperm head morphometry of Merino ( *Ovis aries* ) sheep, Faculty of Agrisciences at Stellenbosch University, Stellenbosch University.
79. Boucif, A., Azzi, N., Tainturier, D., Niar, A., 2007. Variations saisonnières des paramètres reproductifs chez les béliers de deux races locales algériennes, *Renc. Rech. Ruminants*.

80. Boudechiche, L., 2009. Valorisation des rebutes de dattes dans des rations pour ovins, Université Badji Mokhtar. Annaba. p218.
81. Boudechiche, L., Araba, A., Ouzrout, R., 2010. Influence d'une complémentation de brebis en fin de gestation par des rebuts de dattes sur les performances d'allaitement. *Livestock Research for Rural Development* 22
82. Boukhliq, R., 1993. Rôles de la photopériode et de la nutrition dans le contrôle de la fonction de reproduction chez le mouton Ph D Thèse University of western Australia.
83. Boukhliq, R., El Allali, K., Tibary, A., 2018. Anatomie et examen échographique des organes génitaux chez le bélier et le bouc. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires* 6, 226-240.
84. Boukhliq, R., Martin, G., 1996. Nutrition and reproduction in the ram in a Mediterranean environment, *CIHEAM- Option Méditerranéennes*, pp. 227-232.
85. Boussena a, S., 2013. Performances de reproduction chez les ovins Ouled Djellal : Avènement de la puberté et évolution des caractéristiques séminales chez le mâle jusqu'à l'âge de 1 an, Institut des sciences vétérinaires El-Khroub, Université Mentouri 1 Constantine, p. 234.
86. Boussena a, S., Aimeur, R., Hireche, S., Bouaziz, O., Tainturier, D., 2014. Contrôle des performances de reproduction (corporelles, testiculaires et spermatiques) chez les antenais de race Ouled Djellal de la puberté jusqu'à la mise à la reproduction. *Revue de médecine vétérinaire* 165, 289-296.
87. Boussena b, S., Bouaziz, O., Dehimi, M., Hireche, S., Aimeur, R., Kabouia, R., 2013. The effects of electroejaculation on some physiological parameters (rectal temperature, respiratory and cardiac rates) in Ouled djellal breed. *Slovak J. Anim. Sci* 46, 16-21.
88. Boussena b, S., Zaiter, S., Aimeur, R., Hireche, S., Bouaziz, O., Derqaoui, L., 2014. Testicular and spermatoc performance in Ouled Djellal rams during the increasing of day length period. *Archives of Applied Science Research* 6, 102-107.
89. Boyeldieu, J., 1983. L'élevage ovin : Nouvelle encyclopédie des connaissances agricoles. Editions de l'Institut National Agronomique, PARIS.
90. Brice, G., Leboeuf, B., Boué, P., Signaleur, J., 1997. L'insémination artificielle chez les petits ruminants. *Le point vétérinaire* 28 1641-1647.
91. Brito, L., Silva, A., Rodrigues, L., Vieira, F., Deragon, L., Kastelic, J., 2002. Effects of environmental factors, age and genotype on sperm production and semen quality in *Bos indicus* and *Bos taurus* AI bulls in Brazil. *Animal reproduction science* 70, 181-190.
92. Brito, L.F.C., Althouse, G.C., Aurich, C., Chenoweth, P.J., Eilts, B.E., Love, C.C., Luvoni, G.C., Mitchell, J.R., Peter, A.T., Pugh, D.G., Waberski, D., 2016. Andrology laboratory review: Evaluation of sperm concentration. *Theriogenology* 85, 1-6.
93. Broster, W.H., Broster, V.J., 1998. Body score of dairy cows. *Journal of Dairy Research* 65, 155-173.
94. Brown, B.W., 1994. A review of nutritional influences on reproduction in boars, bulls and rams. *Reproduction, nutrition, development* 34, 89-114.
95. Buckett, W., Lewis-Jones, D., 2002. Fructose concentrations in seminal plasma from men with nonobstructive azoospermia. *Archives of andrology* 48, 23-27.

96. Buffoni, A., Vozzi, A., Gonzalez, D.M., Viegas, H., LaTorraca, A., Hozbor, F., Ledesma, A., Abecia, J.A., 2015. Melatonin modifies scrotal circumference but not plasma testosterone concentrations and semen quality of rams during the seasonal anestrus at 43°S. *Biological Rhythm Research* 46, 785-795.
97. Butler, W.R., 2003. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livestock production science* 83, 211-218.
98. Cameron, J., 2008. Quand sélection et conformation ne font qu'un!, GÉNÉTIQUE - CONFORMATION, CEPOQ, Centre d'Expertise en Production Ovine du Québec. , pp. 1-15.
99. Caprio, M., Fabbrini, E., Isidori, A.M., Aversa, A., Fabbri, A., 2001. Leptin in reproduction. *Trends in Endocrinology & Metabolism* 12, 65-72.
100. Caraty, A., Duittoz, A., Pelletier, J., Thiéry, J., Tillet, Y., Bouchard, P., 2001. Libération pulsatile des gonadotropines, de la prolactine et de la GH. Le contrôle de la pulsativité de LH. In Thibault, C., Levasseur, M-C. (ed), la reproduction chez les mammifères et l'Homme, 85-107 pp. Coédition INRA-Ellipses.
101. Carter, P.D., Hamilton, P.A., Dufty, J.H., 1990. Electroejaculation in goats. *Australian veterinary journal* 67, 91-93.
102. Carvajal-Serna, M., Cardozo, J.A., Grajales-Lombana, H., Cebrián-Pérez, J.A., Muiño-Blanco, T., 2018. Sperm quality and seminal plasma proteins in three sheep breeds under high altitude and tropical conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research* 16, 0403.
103. Casao, A., Vega, S., Palacín, I., Pérez-Pe, R., Laviña, A., Quintín, F., Sevilla, E., Abecia, J., Cebrián-Pérez, J., Forcada, F., Muiño-Blanco, T., 2010. Effects of Melatonin Implants During Non-Breeding Season on Sperm Motility and Reproductive Parameters in Rasa Aragonesa Rams. *Reproduction in Domestic Animals* 45, 425-432.
104. Cevik, M., Yilmazer, C., Kocyigit, A., 2017a. Comparison of sexual performance and testicular characteristics of melatonin treated Kivircik and Charollais rams during the non-breeding season. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 69, 278-284.
105. Cevik, M., Yilmazer, C., Kocyigit, A., 2017b. Effects of melatonin implantation on the fertility potentials of Kivircik and Charollais ewes and rams during the non-breeding season. *Polish journal of veterinary sciences* 20, 501-506.
106. Chastant-Maillard, S., Saint-Dizier, M., Tannoudji, J.C., Combarnous, Y., Counis, R., 2014. La reproduction animale et humaine. Quae.
107. Chehma, A., Longo, H., 2001. Valorisation des sous-produits du palmier dattier en vue de leur utilisation en alimentation du bétail. *Rev. Energ. Ren.: Production et Valorisation-Biomasse*, 59-64.
108. Chehma, A., Longo, H., Siboukeur, A., 2000. Estimation du tonnage et valeur alimentaire des sous-produits du palmier dattier chez les ovins. *Revue Recherche Agronomique, INRAA* 7, 7-15.

109. Chehma, A., Longo, H.F., Belbey, A., 2003. Utilisation Digestive De Regimes a Base De Rebutts De Dattes Chez Le Dromadaire Et Le Mouton. *Courrier du Savoir* 03, 17-21.
110. Chehma, A., Longo, H.F.H., 2004. Bilan azoté et gain de poids, chez le dromadaire et le mouton, alimentés à base de sous-produits du palmier dattier, de la paille d'orge et du drinn "Aristida pungens". *Cahiers Agricultures* 13.
111. Chehma, A., Senoussi, A., Tercha, Y., Benguegua, S., 2007. Fabrication de blocs multinutritionnels (BMN) à base de sous produits de palmier dattier et d'urée, Colloque international sur les Biotechnologies, Oran
112. Chekkal, F., Benguegua, Z., Meradi, S., Berredjough, D., Boudibi, S., Lakhdari, F., 2015. Guide de caractérisation phénotypique des races ovines de l'Algérie. Édition CRSTRA.
113. Chella, L., Kunene, N., Lehloenya, K., 2017. A comparative study on the quality of semen from Zulu rams at various ages and during different seasons in KwaZulu-Natal, South Africa. *Small Ruminant Research* 151, 104-109.
114. Chellig, R., 1992. Les races ovines algériennes. OPU.
115. Chemineau, P., Blanc, M., Caraty, A., Bruneau, G., Monget, P., 1999. Sous-nutrition, reproduction et systèmes nerveux central chez les mammifères: rôle de la leptine. *Productions Animales* 3 (12), 217-223.(1999).
116. Chemineau, P., Cognie, Y., Heyman, Y., 1996a. Maîtrise de la reproduction des mammifères d'élevage. *Production animale hors série*, 5-15.
117. Chemineau, P., Malpaux, B., Brillard, J., Fostier, A., 2009. Saisonnalité de la reproduction et de la production chez les poissons, oiseaux et mammifères d'élevage. *Productions animales* 22, 77.
118. Chemineau, P., Malpaux, B., Gu, Y., Maurice, F., Daveau, A., Pelletier, J., Chemineau, P., Malpaux, B., Gu, Y., Maurice, F., Daveau, A., 1992. Lumière et mélatonine pour la maîtrise de la reproduction des ovins et des caprins. *Ann Zootech* 41, 247-261.
119. Chemineau, P., Malpaux, B., Pelletier, J., Leboeuf, B., Delgadillo, J., Pobel, T., 1996b. Emploi des implants de mélatonine et des traitements photopériodiques pour maîtriser la reproduction saisonnière chez les ovins et les caprins. *Productions Animales* 9, 45-60.
120. Chemineau, P., Pelletier, J., Guerin, Y., Colas, G., Ravault, J., Toure, G., Almeida, G., Thimonier, J., Ortavant, R., Daveau, A., 1988. Photoperiodic and melatonin treatments for the control of seasonal reproduction in sheep and goats. *Reproduction Nutrition Développement* 28, 409-422.
121. Chemmam, M., Moujahed, N., Ouzrout, R., Kayouli, C., 2009. Variations des performances chez la brebis "Ouled Djellel" sur pâturage dans le Sud-est de l'Algérie: Effets de la saison et de la complémentation. *Livestock Research for rural development* 21.
122. Chenoweth, P.J., Lorton, S.P., 2014. *Animal andrology: theories and application*. . CAB international, pp 595.

123. Chevrier, C., Dacheux, J., 1988. Maturation des spermatozoïdes de bélier. Etude préliminaire du mouvement flagellaire caractéristique des formes de transition du corps de l'épididyme. *Reproduction Nutrition Développement* 28, 1301-1305.
124. Chilliard, Y., Bocquier, F., Doreau, M., 1998. Digestive and metabolic adaptations of ruminants to undernutrition, and consequences on reproduction. *Reproduction Nutrition Development* 38, 131-152.
125. Chilliard, Y., Delavaud, C., Bonnet, M., 2005. Leptin expression in ruminants: nutritional and physiological regulations in relation with energy metabolism. *Domestic animal endocrinology* 29, 3-22.
126. Clariget, R., Forsberg, M., Rodriguez-Martinez, H., 1998. Seasonal variation in live weight, testes size, testosterone, LH secretion, melatonin and thyroxine in merino and corriedale rams in a subtropical climate. *Acta Veterinaria Scandinavica* (Denmark).
127. Cloete, S., Gilmour, A., Olivier, J., Van Wyk, J., 2004. Genetic and phenotypic trends and parameters in reproduction, greasy fleece weight and liveweight in Merino lines divergently selected for multiple rearing ability. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44, 745-754.
128. Cloete, S., Misztal, I., Olivier, J., 2009. Genetic parameters and trends for lamb survival and birth weight in a Merino flock divergently selected for multiple rearing ability. *Journal of animal science* 87, 2196-2208.
129. Colas, G., Guerin, Y., 1980. Variations saisonnières de la qualité du sperme chez le bélier Ile-de-France. I. Etude de la morphologie cellulaire et de la motilité massale. *Reproduction Nutrition Développement* 20, 1789-1799.
130. Colas, G., Guerin, Y., Clanet, V., Solari, A., 1985. Influence of the photoperiod on the production and fecundity of spermatozoa in the adult Ile-de-France ram. *Reproduction, nutrition, developpement* 25, 101-111.
131. Colas, G., Lefèbvre, J., Guérin, Y., 1990. Étude de la transmission père-fils des variations saisonnières du diamètre testiculaire et du pourcentage de spermatozoïdes anormaux chez le bélier Ile-de-France. 1. Fils nés en février. *Reprod. Nutr. Dev.* 30, 589-503.
132. Colas, G., Personnic, D., Courot, M., Ortavant, R., Guérin, Y., 1975. Influence du rythme de récolte sur la production de spermatozoïdes chez le jeune bélier Romanov, *Annales de zootechnie*, pp. 189-198.
133. Colenbrander, B., Gadella, B., Stout, T., 2003. The predictive value of semen analysis in the evaluation of stallion fertility. *Reproduction in Domestic Animals* 38, 305-311.
134. Cook, R., Coulter, G., Kastelic, J., 1994. The testicular vascular cone, scrotal thermoregulation, and their relationship to sperm production and seminal quality in beef bulls. *Theriogenology* 41, 653-671.
135. Correa, J., Pace, M., Zavos, P., 1997. Relationships among frozen-thawed sperm characteristics assessed via the routine semen analysis, sperm functional tests and fertility of bulls in an artificial insemination program. *Theriogenology* 48, 721-731.

136. Coulter, G.H., Foote, R.H., 1979. Bovine testicular measurements as indicators of reproductive performance and their relationship to productive traits in cattle: a review. *Theriogenology* 11, 297-311.
137. Counis, R., Combarous, Y., Chabot, V., Taragnat, C., 2001. Régulation de la synthèse et de la libération des gonadotropines hypophysaires. In Thibault, C., Levasseur, M-C. (ed), la reproduction chez les mammifères et l'Homme, 65-84 pp. Coédition INRA-Ellipses.
138. Counis, R., Laverriere, J.N., Garrel, G., Bleux, C., Cohen-Tannoudji, J., Lerrant, Y., Kottler, M.L., Magre, S., 2005. Gonadotropin-releasing hormone and the control of gonadotrope function. *Reproduction, nutrition, development* 45, 243-254.
139. Couse, J.F., Yates, M.M., Walker, V.R., Korach, K.S., 2003. Characterization of the hypothalamic-pituitary-gonadal axis in estrogen receptor (ER) Null mice reveals hypergonadism and endocrine sex reversal in females lacking ERalpha but not ERbeta. *Molecular endocrinology (Baltimore, Md.)* 17, 1039-1053.
140. Cumming, I.A., Blockey, M.A.d.B., Winfield, C.G., Parr, R.A., Williams, A.H., 1975. A study of relationships of breed, time of mating, level of nutrition, live weight, body condition, and face cover to embryo survival in ewes. *The Journal of Agricultural Science* 84, 559-565.
141. Dacheux, F., Dacheux, J., 2001. L'épididyme et les glands annexes. In Thibault, C., Levasseur, M-C. (ed), la reproduction chez les mammifères et l'Homme, 290-315 pp. Coédition INRA-Ellipses.
142. Dacheux, J., Pisselet, C., Blanc, M., Hochereau-de-Reviere, M.-T., Courrot, M., 1981. Seasonal variations in rete testis fluid secretion and sperm production in different breeds of ram. *Journal of reproduction and fertility* 61, 363-371.
143. Dadoune, J., Demoulin, A., 2001. la reproduction chez les mammifères et l'Homme, Structure et fonction du testicule. In Thibault, C., Levasseur, M-C. (ed), 756-289 pp. Coédition INRA-Ellipses.
144. Daghigh Kia, H., Mohamadi Chapdareh, W., Hossein Khani, A., Moghaddam, G., Rashidi, A., Sadri, H., Alijani, S., 2012. Effects of flushing and hormonal treatment on reproductive performance of Iranian Markhoz goats. *Journal of animal physiology and animal nutrition* 96, 1157-1164.
145. Dana, N., Shenkoru, T., Tegegne, A., 2000. Growth rates and testicular characteristics of Ethiopian highland sheep offered chickpea haulm supplemented with incremental levels of *Leucaena leucocephala* leaf hay. *Livestock Production Science* 65, 209-217.
146. Dany, C.-M., 2008. Nutrition et alimentation des ovins. Université LAVAL.
147. David, I., 2008. Analyse génétique et modélisation de la production de semence et de la réussite de l'insémination artificielle en ovine, Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement UFR Génétique, Elevage et Reproduction, Agro Paris Tech, INRA.
148. David, I., Druart, X., Lagriffoul, G., Manfredi, E., Robert-Granié, C., Bodin, L., 2007. Genetic and environmental effects on semen traits in Lacaune and Manech tête rousse AI rams (Open Access publication). *Genetics Selection Evolution* 39, 405.

149. David, I., Kohnke, P., Lagriffoul, G., Praud, O., Plouarboué, F., Degond, P., Druart, X., 2015. Mass sperm motility is associated with fertility in sheep. *Animal reproduction science* 161, 75-81.
150. De, K., Kumar, D., Balaganur, K., Kumar Saxena, V., Thirumurugan, P., Khursheed Naqvi, S.M., 2017. Effect of thermal exposure on physiological adaptability and seminal attributes of rams under semi-arid environment. *Journal of thermal biology* 65, 113-118.
151. Deblay, S., Dragoul, C., Bihan-Poudec, F., Vanetti, A., 2002. *Mémento de la reproduction des mammifères d'élevage*. Edition Educagri. 241P.
152. Deghnouche, K., 2001. Etude de certains paramètres zootechniques et du métabolisme énergétique de la brebis dans les Régions arides (biskra), Institut des sciences vétérinaires et des sciences agronomiques, Université el-hadj lakhdar –Batna Université el-hadj lakhdar –Batna
153. Deghnouche, K., Aissaoui, M., Toufik, M., Majid, T., 2017. Reproductive performance of Ouled Djellal ewes in arid area of Algeria. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology, CSIEA* 29, , 2815-2819.
154. Dekhili, M., 2010. Fertilité des élevages ovins type «Hodna» menés en extensif dans la région de Sétif. *Agronomie*, 1-7.
155. Dekhili, M., Aggoun, A., 2007. Performances reproductives de brebis de race ouled-djellal, dans deux milieux contrastés. *Archivos de Zootecnia*, 963-966.
156. Del Gallego, R., Sadeghi, S., Blasco, E., Soler, C., Yaniz, J.L., Silvestre, M.A., 2017. Effect of chamber characteristics, loading and analysis time on motility and kinetic variables analysed with the CASA-mot system in goat sperm. *Animal reproduction science* 177, 97-104.
157. Deng, S.L., Wang, Z.P., Jin, C., Kang, X.L., Batool, A., Zhang, Y., Li, X.Y., Wang, X.X., Chen, S.R., Chang, C.S., Cheng, C.Y., Lian, Z.X., Liu, Y.X., 2018. Melatonin promotes sheep Leydig cell testosterone secretion in a co-culture with Sertoli cells. *Theriogenology* 106, 170-177.
158. DeNicolo, G., Morris, S.T., Kenyon, P.R., Morel, P.C., Parkinson, T.J., 2008. Melatonin-improved reproductive performance in sheep bred out of season. *Animal reproduction science* 109, 124-133.
159. Derivaux, J., Ectors, F., 1989. *Reproduction chez les animaux domestiques*. Éditeur Academia, 3e édition, 1141 P.
160. Dineshkumar, D., Selvaraju, S., Parthipan, S., Thayakumar, A., Rajendran, D., Ravindra, J.P., Krishnamoorthy, P., Reddy, I.J., Rao, S.B., 2013. Effect of detoxified karanja (*Pongamia* spp.) cake on testicular architecture and semen production in ram lambs. *Animal : an international journal of animal bioscience* 7, 1697-1703.
161. Diskin, M., Mackey, D., Roche, J., Sreenan, J., 2003. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Animal reproduction science* 78, 345-370.
162. Djaalab, I., 2017. Influence de l'alimentation sur la reproduction des petits ruminants, Institut des Sciences Vétérinaires ; Université des Frères Mentouri Constantine 1. , Université des Frères Mentouri Constantine 1. , Université des Frères Mentouri Constantine 1. , p. 284.

163. Djaalab, I., Bouaziz, O., Lakhdara, N., Djaalab, H., Haffaf, S., Allaoui, A., 2016. Effect of the ratio of incorporation of the date wastes at the end of gestation on the blood biochemical parameters in Oueld Djellal ewes. *Archives of Applied Science Research* 8, 22-26.
164. Djaout, A., Afri-Bouzebda, F., Chekal, F., El-Bouyahiaoui, R., Rabhi, A., Boubekour, A., Benidir, M., Gaouar, S., 2017. Etat de la biodiversité des «races» ovines Algériennes. *Genetic And Biodiversity Journal* 1, 11-26.
165. Donovan, A., Hanrahan, J., Lally, T., Boland, M., P. Byrne, G., Duffy, P., Lonergan, P., J. O'Neill, D., 2001. AI for sheep using frozen-thawed semen. Teagasc, Sheep Research Centre Athenry, Co. Galway.
166. Douet, D., 2000. Congélation de sperme de mammifères, application aux antilopes, Thèse Docteur vétérinaire. Ecole nationale de Nantes 111P, Thèse Docteur vétérinaire. Ecole nationale de Nantes 111P.
167. Drion, P., Beckers, J.F., Ectors, F., 1993. Physiologie de la reproduction. Université de Liège, Faculté de médecine vétérinaire.
168. Drogoul, C., Gadoud, R., Joseph, M.-M., 2013. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Educagri Editions.
169. Ducker, M., Boyd, J., 1977. The effect of body size and body condition on the ovulation rate of ewes. *Animal Science* 24, 377-385.
170. Dudouet, C., 2003. La production du mouton. France agricole,.
171. Dufour, J., Fahmy, M., Minvielle, F., 1984. Seasonal Changes in Breeding Activity, Testicular Size, Testosterone Concentration and Seminal Characteristics in Rams with Long or Short Breeding Season1. *Journal of animal science* 58, 416-422.
172. Duguma, G., Cloete, S.W.P., Schoeman, S.J., Jordaan, G.F., 2002. Genetic parameters of testicular measurements in Merino rams and the influence of scrotal circumference on total flock fertility. *South African Journal of Animal Science* 32, 76-82.
173. Eddy, E.M., Toshimori, K., O'Brien, D.A., 2003. Fibrous sheath of mammalian spermatozoa. *Microscopy research and technique* 61, 103-115.
174. Eduardo Villena, F., Jose Jimenez, R., Mendoza, E., Lopez, J., 2003. Technicien en élevage. Editions Cultural, S.A Tome2, MADRID – Espagne.
175. Egerszegi, I., Sarlós, P., Rátky, J., Solti, L., Faigl, V., Kulcsár, M., Cseh, S., 2014. Effect of melatonin treatment on semen parameters and endocrine function in Black Racka rams out of the breeding season. *Small Ruminant Research* 116, 192-198.
176. El Bouyahiaoui, R., Sebbagh, L., Zadi, M., Zerabib, M., 2017. Etude de l'effet de la mélatonine exogène chez les brebis et les béliers de races locales Algériennes (Rembi et Hamra) sur les performances de reproduction. *Revue Recherche Agronomique INRAA* 17, 1-9.
177. Elalfy, M., Aboumosalam, M., Ali, F., 2017. Biochemical, Hematological and Pathological Effects of Bispyribac Sodium in Female Albino Rats. *J Vet Sci Technol* 8, 467.

178. Eskandari, F., Momeni, H.R., 2016. Silymarin protects plasma membrane and acrosome integrity in sperm treated with sodium arsenite. *International Journal of Reproductive BioMedicine* 14, 47.
179. Esmailzadeh, A., Dayani, O., Mokhtari, M., 2009. Lambing season and fertility of fat-tailed ewes under an extensive production system are associated with liveweight and body condition around mating. *Animal Production Science* 49, 1086-1092.
180. FAO, 2012. Food and Agricultural Organization Corporate. Statistical Database. FAO, Rome.
181. Fernandez-Abella, D., Becu-Villalobos, D., Lacau-Mengido, I.M., Villegas, N., Bentancur, O., 1999. Sperm production, testicular size, serum gonadotropins and testosterone levels in Merino and Corriedale breeds. *Reproduction, nutrition, development* 39, 617-624.
182. Fernandez, M., Giraldez, F.J., Frutos, P., Lavin, P., Mantecon, A.R., 2004. Effect of undegradable protein supply on testicular size, spermiogram parameters and sexual behavior of mature Assaf rams. *Theriogenology* 62, 299-310.
183. Focșăneanu, V., Bogdan, L., Andrei, S., Bogdan, S., Blaga Petrean, A., 2014. Performance of some variables used as a procedure for estimating sexual capacity (fertility) of the ram. *Bulletin UASVM Veterinary Medicine* 71, 52-58.
184. Folch, J., 1984. The influence of age, photoperiodism and temperature on semen production of Rams, In: Courot, M., (ed) (Ed.), *The male in farm animal reproduction.*, EEC programme of co-ordination of research on animal production. Commission of the European Communities coordination of agricultural research.
185. Foote, R.H., 1978. Factors influencing the quantity and quality of semen harvested from bulls, rams, boars and stallions. *J Anim Sci Adv* 47, 1-11.
186. Foote, R.H., 2002. The history of artificial insemination: Selected notes and notables. *Journal of animal science* 80, 1-10.
187. Foote, R.H., 2003. Fertility estimation: a review of past experience and future prospects. *Animal reproduction science* 75, 119–139.
188. Forcada, F., Abecia, J., Cebrián-Pérez, J., Muino-Blanco, T., Valares, J., Palacín, I., Casao, A., 2006. The effect of melatonin implants during the seasonal anestrus on embryo production after superovulation in aged high-prolificacy Rasa Aragonesa ewes. *Theriogenology* 65, 356-365.
189. Forges, T., Monnier-Barbarino, P., Foliguet, B., 2001. La vitalité des spermatozoïdes. *Andrologie* 11, 45.
190. Fourie, P., M Schwalbach, L., Naser, F., Van der Westhuizen, C., 2004. Scrotal, testicular and semen characteristics of young Dorper rams managed under intensive and extensive conditions. *Small Ruminant Research* 54, 53-59.
191. Fournier, A., 2014. *L'élevage des moutons*. Artemis edition, 2ième édition 95P.
192. Fuerst-Waltl, B., Schwarzenbacher, H., Perner, C., Sölkner, J., 2006. Effects of age and environmental factors on semen production and semen quality of Austrian Simmental bulls. *Animal reproduction science* 95, 27-37.

193. Gadea, J., 2005. Sperm factors related to in vitro and in vivo porcine fertility. *Theriogenology* 63, 431-444.
194. Galal, E., El-Gamal, A., Aboul-Naga, A., El-Fouly, M., 1978. Male reproductive characteristics of Merino and Ossimi sheep and their crosses. *Animal Science* 27, 261-267.
195. Garde, J.J., Soler, A.J., Cassinello, J., Crespo, C., Malo, A.F., Espeso, G., Gomendio, M., Roldan, E.R.S., 2003. Sperm Cryopreservation in Three Species of Endangered Gazelles (*Gazella cuvieri*, *G. dama mhorh*, and *G. dorcas neglecta*)1. *Biology of reproduction* 69, 602-611.
196. Gatti, J.L., Castella, S., Dacheux, F., Ecroyd, H., Metayer, S., Thimon, V., Dacheux, J.L., 2004. Post-testicular sperm environment and fertility. *Animal reproduction science* 82-83, 321-339.
197. Gauiliard, L., 2008. La Congelation De La Semence De Chat Domestique, École Nationale Veterinaire D'alfort, Faculte De Medecine De Creteil, École Nationale Veterinaire D'alfort, p. 156.
198. Gayrard, V., 2007. Physiologie de la reproduction des mammifères. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse 198P.
199. Genovese, P., Núñez, M., Pombo, C., Bielli, A., 2010. Undernutrition during foetal and post-natal life affects testicular structure and reduces the number of Sertoli cells in the adult rat. *Reproduction in domestic animals* 45, 233-236.
200. Ghorbankhani, F., Souri, M., Moeini, M.M., Mirmahmoudi, R., 2015. Effect of nutritional state on semen characteristics, testicular size and serum testosterone concentration in Sanjabi ram lambs during the natural breeding season. *Animal reproduction science* 153, 22-28.
201. Ghozlane, F., Ziki, B., Yakhlef, H., 2005. Variations saisonnières des caractères quantitatifs du sperme de bélier de race Ouled-Djellal Seasonal variation of the quantitative parameters of adult ram semen of the Ouled-Djellal race *Renc. Rech. Ruminants* 12, 164.
202. Gilles, R., Anctil, M., Baguet, F., Charmantier, M., Charmantier, G., Péqueux, A., 2006. *Physiologie animale*. Edition De Boeck et Larciens. a., 677P.
203. Gleason, E.D., Fuxjager, M.J., Oyegbile, T.O., Marler, C.A., 2009. Testosterone release and social context: when it occurs and why. *Frontiers in neuroendocrinology* 30, 460-469.
204. Gonzalez, R., Labuonora, D., Russel, A., 1997. The effects of ewe live weight and body condition score around mating on production from four sheep breeds in extensive grazing systems in Uruguay. *Animal Science* 64, 139-145.
205. Gordon, I., 2017. *Reproductive technologies in farm animals*, 2nd Edition. Cabi Pub., Oxfordshire 342P.
206. Gundogan, M., 2006. Some Reproductive Parameters and Seminal Plasma Constituents in Relation to Season in Akkaraman and Awassi Rams. *Turk J Vet Anim Sci* 30, 95-100.
207. Gundoğan, M., Demirci, E., 2003. Monthly changes in some reproductive parameters and in testosterone and thyroxine values of rams throughout one year

- under continental climate conditions. DTW. Deutsche tierärztliche Wochenschrift 110, 450-453.
208. Gunn, R., 1936. Fertility in sheep. Artificial production of seminal ejaculation and the characters of the spermatozoa contained therein. Bull Coun. Sci. Industr. Res. Aust. , 94-99.
209. Gutierrez, J., Abecia, J.A., A. Valares, J., Palacin, I., Martín, S., Martino, A., Forcada, F., 2018. Uso de implantes de melatonina.
210. Hadjsmail, B., 2007. Essai de mise au point pour l'ovin d'un bloc multinutritionnel à base de rebuts de datte, Ecole Nationale Supérieure Agronomique Alger.
211. Hafez, E.S.E., Hafez, B., Jainudeen, M., Rosnina, Y., Garner, D., Wahid, H., 2000. Reproduction in farm animals. Lippincott Williams & Wilkins ed. John Wiley & Sons, USA.
212. Haim, A., Shanas, U., Zubidad, A.E.S., Scantelbury, M., 2005. Seasonality and Seasons Out of Time—The Thermoregulatory Effects of Light Interference. Chronobiology International 22, 59-66.
213. Hamadou, I., Moula, N., Mani, M., Issa, M., Antoine-Moussiaux, N., Farnir, F., Leroy, P., Marichatou, H., 2015. Contribution à l'étude des caractéristiques du cycle œstral chez la brebis et les caractéristiques spermatiques chez le bélier de race Koundoum, au Niger. Revue Méd. Vét 166, 113-120.
214. Harkat, S., Laoun, A., Benali, R., Outayeb, D., Ferrouk, M., Maftah, A., Silva, A., Lafri, M., 2015. Phenotypic characterization of the major sheep breed in Algeria. Revue de médecine vétérinaire 166, 138-147.
215. Hassan, M., Pervage, S., Ershaduzzaman, M., Talukder, M., 2009. Influence of age on the spermogrammic parameters of native sheep. Journal of the Bangladesh agricultural University 7, 301-304.
216. Herrera-Alarcón, J., Villagómez-Amezcuca, E., González-Padilla, E., Jiménez-Severiano, H., 2007. Stereological study of postnatal testicular development in Blackbelly sheep. Theriogenology 68, 582-591.
217. Hidiroglou, M., 1982. Selenium in the ruminant genital system and mammary glands. A review. Annales de recherches vétérinaires. Annals of veterinary research 13, 133-141.
218. Higdon, H.L., Spitzer, J.C., Hopkins, F.M., Bridges, W.C., 2000. Outcomes of breeding soundness evaluation of 2898 yearling bulls subjected to different classification systems. Theriogenology 53, 1321-1332.
219. Hoflack, G., Soom, A., Maes, D., Kruif, A., Opsomer, G., Duchateau, L., 2006. Breeding soundness and libido examination of Belgian Blue and Holstein Friesian artificial insemination bulls in Belgium and The Netherlands.
220. Holt, A.F., 1974. Insémination artificielle chez les animaux domestiques, in: Michelat, J., Chauvier, G. (Eds.), Encyclopédie Vétérinaire, Editions Vigot Frères, PARIS, p. 767.
221. Holt, W.V., O'Brien, J., Abaigar, T., 2007. Applications and interpretation of computer-assisted sperm analyses and sperm sorting methods in assisted breeding and comparative research. Reproduction, fertility and development 19, 709-718.

222. Hull, E.M., Rodríguez-Manzo, G., 2017. Male Sexual Behavior, in: Pfaff, D.W., Joëls, M. (Eds.), *Hormones, Brain, and Behavior*, Elsevier, Oxford: Academic Press, pp. 1–57.
223. Inmaculada, P., José-Alfonso, A., Fernando, F., Adriana, C., José-Álvaro, C., Teresa, M., Carlos, P., Pontes, J.M., 2008. Effects of exogenous melatonin treatment on out-of-season ram fertility. *Italian Journal of Animal Science* 7, 199-206.
224. Issa, M., Yenikoye, A., Marichatou, H., Banoin, M., 2001. Spermogramme de béliers Peuls bicolores et Touaregs: influence du type génétique et de la saison. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* 54, 269-275.
225. Jeyendran, R., Van der Ven, H., Perez-Pelaez, M., Crabo, B., Zaneveld, L., 1984. Development of an assay to assess the functional integrity of the human sperm membrane and its relationship to other semen characteristics. *Journal of reproduction and fertility* 70, 219-228.
226. Johnson, L., 1991. CHAPTER 5 - Spermatogenesis, in: Cupps, P.T. (Ed.), *Reproduction in Domestic Animals (Fourth Edition)*, Academic Press, San Diego, pp. 173-219.
227. Josso, N., Rey, R., 1995. La cellule de Sertoli, une cellule endocrine. *médecine/sciences* 11, 537-546.
228. Juyena, N.S., Stelletta, C., 2012. Seminal plasma: an essential attribute to spermatozoa. *Journal of andrology* 33, 536-551.
229. Kafi, M., Safdarian, M., Hashemi, M., 2004. Seasonal variation in semen characteristics, scrotal circumference and libido of Persian Karakul rams. *Small Ruminant Research* 53, 133-139.
230. Karagiannidis, A., Varsakeli, S., Alexopoulos, C., Amarantidis, I., 2000. Seasonal variation in semen characteristics of Chios and Friesian rams in Greece. *Small Ruminant Research* 37, 125-130.
231. Kasimanickam, R.K., Kasimanickam, V.R., Arangasamy, A., Kastelic, J.P., 2017. Associations of hypoosmotic swelling test, relative sperm volume shift, aquaporin7 mRNA abundance and bull fertility estimates. *Theriogenology* 89, 162-168.
232. Kastelic, J., Cook, R., Coulter, G., 1996. Contribution of the scrotum and testes to scrotal and testicular thermoregulation in bulls and rams. *J. Reprod. Fert.* 108, 81-85.
233. Kastelic, J.P., Cook, R.B., Coulter, G.H., 1997. Contribution of the scrotum, testes, and testicular artery to scrotal/testicular thermoregulation in bulls at two ambient temperatures. *Animal reproduction science* 45, 255-261.
234. Kaya, B., N, Yildiz, C., Kurtoglu, F., Ataman, M.B., Haliloglu, S.A., 2000. Influence of melatonin implantation on sperm quality, biochemical composition of the seminal plasma and plasma testosterone levels in rams. *Revue de Médecine* 151, 1143-1146.
235. Kendall, N., McMullen, S., Green, A., Rodway, R., 2000. The effect of a zinc, cobalt and selenium soluble glass bolus on trace element status and semen quality of ram lambs. *Animal reproduction science* 62, 277-283.

236. Kenyon, P., Maloney, S., Blache, D., 2014. Review of sheep body condition score in relation to production characteristics. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 57.
237. Kheradmand, A., Babaei, H., Ali Batavani, R., 2006. Effect of improved diet on semen quality and scrotal circumference in the ram. *Veterinarski arhiv* 76, 333-341.
238. Khetib chibahi, C., 2013. *Eléments princeps de la valeur alimentaire des fourrages algériens pour le ruminant*, Ecole nationale supérieure agronomique d'el Harrach Alger, Ecole nationale supérieure agronomique d'el Harrach Alger.
239. Khezri, A., Dayani, O., Tahmasbi, R., 2017. Effect of increasing levels of wasted date palm on digestion, rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. *Journal of animal physiology and animal nutrition* 101, 53-60.
240. Khilil, Z.B., Khnissi, S., Rekik, M., Lassoued, N., 2017. Feed supplementation improves estrus response and increases fertility of sheep induced to breed out of season. *Trop Anim Health Prod* 49, 607-612.
241. Kishore, P., Geetha, R., Sabiha, H.B., 2007. Intertubular tissue in the testis of ram – A postnatal histological study. *Indian Journal of Veterinary Anatomy* 19, 7-10.
242. Kolb, E., 1975. *Physiologies des animaux domestiques*. . Ed. Vigot Frères Paris (Ed.) : 974 p.
243. Kottler, M.L., Richard, N., 2008. La GnRH. *Médecine de la Reproduction* 10, 105-113.
244. Kridli, R., Abdullah, A., Momani Shaker, M., Al-Momani, A., 2010. Age at Puberty and Some Biological Parameters of Awassi and its First Crosses with Charollais and Romanov Rams. *ITAL.J.ANIM.SCI* 5, 193-202.
245. Kridli, R., Abdullah, A., Obeidat, B., I Qudsieh, R., Titi, H., Awawdeh, M., 2002. Seasonal variation in sexual performance of Awassi rams. *Anim. Reprod.* 1, 38-41.
246. Kridli, R., Momani Shaker, M., Abdullah, A., 2006. Sexual performance and reproductive characteristics of young adult Awass, Charollais-Awassi and Romonov-Awassi rams. *Sheep & Goat Research Journal* 21, 12-16.
247. Kridli, R., Tabbaa, M., Rm, S., Mg, A., 2005. Comparative study of scrotal circumference and semen characteristics of Mountain Black goat and its crossbred with Damascus goat as affected by different factors. *Jordan Journal of Agricultural Sciences* 1, 18-25.
248. Kridli, R.T., Momany Shaker, M., Abdullah, A.Y., Muwalla, M.M., 2007. Sexual behaviour of yearling Awassi, Charollais × Awassi and Romanov × Awassi rams exposed to oestrous Awassi ewes. *Tropical Animal Health and Production* 39, 229-235.
249. Krishna, B.G., Raju, N.K.B., Ramayya, P.J., Dhanalakshmi, N., Dhyana, R., 2017. Microanatomical studies on the testis of adult ram. *The Indian veterinary journal* 94, 35-37.
250. Kukovics, S., 1986. Use of highly prolific breeds and crossbreeding, In: *Consultation., P.o.a.E. (Ed.), Nutrition and management of sheep and goats; Small ruminant production in the developing countries., FAO Animal Production and Health Paper (FAO). Bulgaria, pp. 90-105.*

251. Kumar, D., De, K., Saxena, V.K., Naqvi, S.M.K., 2015. The effect of nutritional stress on sperm motion characteristics and sexual behaviour of rams in a semi-arid tropical environment. *Journal of Animal and Feed Sciences* 24, 107-112.
252. Kumar, D., De, K., Sejian, V., Naqvi, S., 2017a. Impact of Climate Change on Sheep Reproduction, *Sheep Production Adapting to Climate Change*, Springer, pp. 71-93.
253. Kumar, D., Joshi, A., Naqvi, S.M.K., 2010. Objective assessment of sperm motion characteristics of Malpura ram lambs raised under intensive management system in semiarid tropical environment. *Trop Anim Health Prod* 42, 653-658.
254. Kumar, D., Sejian, V., Gaughan, J.B., Naqvi, S.M.K., 2017b. Biological functions as affected by summer season-related multiple environmental stressors (heat, nutritional and walking stress) in Malpura rams under semi-arid tropical environment. *Biological Rhythm Research* 48, 593-606.
255. Kumar, N., Verma, R.P., Singh, L.P., Varshney, V.P., Dass, R.S., 2006. Effect of different levels and sources of zinc supplementation on quantitative and qualitative semen attributes and serum testosterone level in crossbred cattle (*Bos indicus*  $\times$  *Bos taurus*) bulls. *Reproduction Nutrition Development* 46, 663-675.
256. Lacroix, M., 1976. Circuit physique de la semence ovine. In *Insémination artificielle ovine* Editions SEARLE-PARIS, 81-93 pp, 105 P.
257. Lakhdara, N., 2014. Les sous-produits de l'agriculture en Algérie, Institut des Sciences Vétérinaires, Université Constantine 1, Université Constantine 1.
258. Lakhdara, N., Bererhi, H., Dib, A., Bouaziz, O., 2013. Effect of the incorporation of date pits in a diet composed of wheat straw and concentrate on daily gain weight of local sheep (Ouled Djellal). *Archives of Applied Science Research* 5, 164-166.
259. Larsson, B., Rodríguez-Martínez, H., 2000. Can we use in vitro fertilization tests to predict semen fertility? *Animal reproduction science* 60-61, 327-336.
260. Lassoued, N., Ben Salem, H., Mleil, S., Rekik, M., Wergui, A., 2013. Effect of alternate supplementary feeding on semen and sexual behavior traits of Barbarine rams, in: Ben Salem, H., López-Francos, A. (Eds.), *Feeding and management strategies to improve livestock productivity, welfare and product quality under climate change*, Zaragoza : CIHEAM / INRAT / OEP / IRESA / FAO, pp. 29-34.
261. Lassoued, N., Rekik, M., Ben Salem, H., Mahouachi, M., 2011. Utilisation des ressources alimentaires alternatives et performances de reproduction des ovins en Tunisie, in: Ben Hamouda, M., Gabiña, D., Khlij, E. (Eds.), *Mutations des systèmes d'élevage des ovins et perspectives de leur durabilité*, Zaragoza : CIHEAM / IRESA / OEP, pp. 67-72.
262. Leahy, T., Gadella, B.M., 2011. Sperm surface changes and physiological consequences induced by sperm handling and storage. *Reproduction* 142, 759-778.
263. Lezama, V., Orihuela, A., Angulo, R., 2003. Effect of restraining rams or change of the stimulus ewe on the libido and semen quality of rams. *Small Ruminant Research* 49, 219-222.
264. Li, C., Zhou, X., 2015. Melatonin and male reproduction. *Clinica chimica acta; international journal of clinical chemistry* 446, 175-180.

265. Lincoln, G., 1979. Photoperiodic control of seasonal breeding in the ram: participation of the cranial sympathetic nervous system. *Journal of Endocrinology* 82, 135-147.
266. Lincoln, G.A., Ebling, F.J.P., 1985. Effect of constant-release implants of melatonin on seasonal cycles in reproduction, prolactin secretion and moulting in rams. *Journal of reproduction and fertility* 73, 241-253.
267. Lincoln, G.A., Lincoln, C.E., McNeilly, A.S., 1990. Seasonal cycles in the blood plasma concentration of FSH, inhibin and testosterone, and testicular size in rams of wild, feral and domesticated breeds of sheep. *Journal of reproduction and fertility* 88, 623-633.
268. Lincoln, G.A., Maeda, K.-I., 1992. Reproductive effects of placing micro-implants of melatonin in the mediobasal hypothalamus and preoptic area in rams. *Journal of Endocrinology* 132, 201-215.
269. Liptrap, R.M., 1993. Stress and Reproduction in Domestic Animals. *Annals of the New York Academy of Sciences* 697, 275-284.
270. Locatelli, Y., Mermillod, P., 2005. Caractéristiques et maîtrise de la fonction de reproduction chez les cervidés. *INRA Productions Animales* 18, 3-25.
271. Lodhi, L., Zubair, M., Qureshi, Z., Ahmad, I., Jamil, H., 2008. Correlation between hypo-osmotic swelling test and various conventional semen evaluation parameters in fresh Nili-Ravi buffalo and Sahiwal cow bull semen. *Pakistan Veterinary Journal* 28.
272. Lu, Z., Ma, Y., Zhang, Q., Zhao, X., Zhang, Y., Zhang, L., 2018. Proteomic analyses of ram (*Ovis aries*) testis during different developmental stages. *Animal reproduction science* 189, 93-102.
273. Luna-Palomera, C., Cabrales, J.A., Peralta-Torres, J., Martínez, J.V., 2012. Effect of palm oil on growth and reproductive capacity in pubertal HAIR rams. *Archivos de Zootecnia* 62, 45-52.
274. Luridiana, S., Mura, M.C., Daga, C., Farci, F., Di Stefano, M.V., Zidda, F., Carcangiu, V., 2015. Melatonin treatment in spring and reproductive recovery in sheep with different body condition score and age. *Animal reproduction science* 160, 68-73.
275. Maarof, N.N., Omar, C.A., Mohammed, Z.A., 2018. Role of flushing on some semen characteristics and copulating behavior in local black bucks. *Journal of Zankoy Sulaimani*.
276. MADR, 2017. Ministry of Agriculture and Rural Development. *Agricultural Statistics (Areas and Productions Serie B)*. Algeria.
277. MADR, M.o.A.a.R.D., 2015. *Agricultural Statistics*, 3rd edition of the International Exhibition of Biskra Dates, Ziban Chamber of Commerce and Industry and the Algerian Chamber of Commerce and Industry, Algeria.
278. Mahmood, S., Kumar, A., Singh, R., Sarkar, M., Singh, G., Verma, M.R., Kumar, G., 2018. Scrotal circumference: A predictor of testosterone concentration and certain attributes of seminal vesicles influencing buffalo male fertility. *Veterinary world* 11, 739-747.

279. Mahmoud, G.B., 2013. Sexual behaviour , testosterone concentration , semen characteristics and testes size of ossimi rams as affected by age and scrotal circumference. *Egyptian J. Anim. Prod.* 50, 53-58.
280. Mahouachi, M., Chafri, N., Ben Hamouda, M., Rekik, M., Lassoued, N., 2011. Effets de la nutrition sur les performances reproductives chez l'agneau et le bélier, Options Méditerranéennes. Séries A. Mediterranean Seminars, OEP, Office de l'Élevage et des Pâturages, Tunis Belvédère (Tunisia); IRESA, Institution de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur Agricole, Tunis Belvédère (Tunisia); CIHEAM-IAMZ.
281. Maiorino, M., Ursini, F., 2002. Oxidative stress, spermatogenesis and fertility. *Biological chemistry* 383, 591-597.
282. Malejane, C.M., Greyling, J.P.C., Raito, M.B., 2014. Seasonal variation in semen quality of Dorper rams using different collection techniques. *South African Journal of Animal Science* 44, 26-32.
283. Malpaux, B., 2001. Environnement et rythmes de reproduction. In Thibault, C., Levasseur, M-C. (ed), la reproduction chez les mammifères et l'Homme, Coédition INRA-Ellipses.
284. Malpaux, B., Maurice, F., Daveau, A., Chemineau, P., 1995. Utilisation de la lumière et de la mélatonine pour la maîtrise de la reproduction des ovins et des caprins. *Renc. Rech. Ruminants* 2, 379-386.
285. Malpaux, B., Thiéry, J.C., Chemineau, P., 1999. Melatonin and the seasonal control of reproduction. *Reproduction, nutrition, development* 39, 355-366.
286. Malpaux, B., Viguie, C., Thiery, J., Chemineau, P., 1996a. Contrôle photopériodique de la reproduction. *Productions Animales, INRA* 9, 9-23.
287. Malpaux, B., Viguie, C., Thiéry, J., Chemineau, P., 1996b. La durée du jour est responsable du saisonnement de la reproduction dans de nombreuses espèces. Le cheminement du signal photopériodique de l'œil aux gonades fait intervenir des mécanismes variés, nerveux et endocriniens. *INRA Productions animales* 9, 9-23.
288. Mandiki, S., Derycke, G., Bister, J., Paquay, R., 1998. Influence of season and age on sexual maturation parameters of Texel, Suffolk and Ile-de-France rams: 1. Testicular size, semen quality and reproductive capacity. *Small Ruminant Research* 28, 67-79.
289. Manjunath, P., Thérien, I., 2002. Role of seminal plasma phospholipid-binding proteins in sperm membrane lipid modification that occurs during capacitation. *Journal of Reproductive Immunology* 53, 109-119.
290. Marco-Jimenez, F., Puchades, S., Gadea, J., Vicente, J.S., Viudes-de-Castro, M.P., 2005. Effect of semen collection method on pre- and post-thaw Guirra ram spermatozoa. *Theriogenology* 64, 1756-1765.
291. Marmet, R., 1971. La connaissance de bétail. Baillière et Cie.
292. Martí, J., Aparicio, I., García-Herreros, M., 2011. Sperm morphometric subpopulations are differentially distributed in rams with different maturity age in cryopreserved ejaculates. *Theriogenology* 76, 97-109.

293. Martí, J., Aparicio, I., Leal, C., García-Herreros, M., 2012. Seasonal dynamics of sperm morphometric subpopulations and its association with sperm quality parameters in ram ejaculates. *Theriogenology* 78, 528-541.
294. Martin, G., Boukhliq, R., Tjondronegoro, S., Hotzel, M., Fisher, J., 1992. The effects of nutrition on reproductive endocrinology, *Proceedings of the Nutrition Society of Australia*, pp. 177-185.
295. Martin, G., Milton, J., Davidson, R., Hunzicker, G.B., Lindsay, D., Blache, D., 2004a. Natural methods for increasing reproductive efficiency in small ruminants. *Animal reproduction science* 82, 231-245.
296. Martin, G.B., Blache, D., Miller, D.W., Vercoe, P.E., 2010. Interactions between nutrition and reproduction in the management of the mature male ruminant. *Animal : an international journal of animal bioscience* 4, 1214-1226.
297. Martin, G.B., Rodger, J., Blache, D., 2004b. Nutritional and environmental effects on reproduction in small ruminants. *Reproduction, fertility, and development* 16, 491-501.
298. Martin, G.B., Tjondronegoro, S., Boukhliq, R., Blackberry, M.A., Briegel, J.R., Blache, D., Fisher, J.A., Adams, N.R., 1999. Determinants of the annual pattern of reproduction in mature male Merino and Suffolk sheep: modification of endogenous rhythms by photoperiod. *Reproduction, Fertility and Development* 11, 355-366.
299. Martin, G.B., Tjondronegoro, S., Boukhliq, R., Blackberry, M.A., Briegel, J.R., Blache, D., Fisher, J.A., Adams, N.R., 2000. Determinants of the annual pattern of reproduction in mature male Merino and Suffolk sheep: modification of endogenous rhythms by photoperiod. *Reproduction, Fertility and Development* 11, 355-366.
300. Martin, G.B., Walkden-Brown, S.W., Boukhliq, R., Tjondronegoro, S., Miller, D.W., Fisher, J.S., Hötzel, M.J., Restall, B.J., Adams, N.R., 1994. Non-photoperiodic inputs into seasonal breeding in male ruminants, *Perspectives in comparative endocrinology*, National Research Council of Canada, Ottawa, pp. 574-585.
301. Martínez, J., Limas, T., Perón, N., 1994. Daily production and testicular and epididymal sperm reserves of Pelibuey rams. *Theriogenology* 41, 1595-1599.
302. Matthews, N., Bester, N., Schwalbach, L., 2003. A comparison of ram semen collected by artificial vagina and electro-ejaculation *S. Afr. J. Anim. Sci.* 4, 28-30.
303. Maurya, V.P., Sejian, V., Kumar, D., Naqvi, S.M., 2010. Effect of induced body condition score differences on sexual behavior, scrotal measurements, semen attributes and endocrine responses in Malpura rams under hot semi-arid environment. *Journal of animal physiology and animal nutrition* 94, e308-317.
304. Maurya, V.P., Sejian, V., Kumar, D., Naqvi, S.M., 2016. Impact of heat stress, nutritional restriction and combined stresses (heat and nutritional) on growth and reproductive performance of Malpura rams under semi-arid tropical environment. *Journal of animal physiology and animal nutrition* 100, 938-946.
305. Maurya, V.P., Sejian, V., Singh, G., Samad, H.A., Dimple, V., Dangi, S.S., Sarkar, M., Kumar, P., Naqvi, S.M.K., 2017. Significance of Body Condition Scoring System to Optimize Sheep Production, in: Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J., Malik, P.K., Naqvi, S., Lal, R. (Eds.), *Sheep Production Adapting to Climate Change*, Springer Nature Singapore Pvt Ltd, Singapore.

306. Mayouf, R., Arbouche, F., 2015. Seasonal variations in the chemical composition and nutritional characteristics of three pastoral species from Algerian arid rangelands *Livestock Research for Rural Development* 27.
307. McKeown, R.M., O'Callaghan, D., Roche, J.F., Boland, M.P., 1997. Effect of immunization of rams against bovine inhibin alpha 1-26 on semen characteristics, scrotal size, FSH, LH and testosterone concentrations. *Journal of reproduction and fertility* 109, 237-245.
308. McLachlan, R.I., Wreford, N.G., Robertson, D.M., de Kretser, D.M., 1995. Hormonal control of spermatogenesis. *Trends in endocrinology and metabolism: TEM* 6, 95-101.
309. Mebirouk-Boudechiche, L., Araba, A., 2011. Effet d'une addition de rebuts de dattes au pâturage sur les performances zootechniques de brebis berbères et de leurs agneaux. *Revue Méd. Vét* 162, 111-117.
310. Mebirouk-Boudechiche, L., Boudechiche, L., Araba, A., Ouzrout, R., 2008. Influence du type de complément énergétique (rebut de dattes vs orge) sur les performances d'engraissement et caractéristiques des carcasses d'agneaux Berbères à l'engraissement. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* 61.
311. Mebirouk, L., Araba, A., Ouzrout, R., 2008. Effet de la substitution de l'orge grain par les rebuts de dattes sur les performances zootechniques et le rendement en carcasse d'ovins de race Berbère. *Renc. Rech. Ruminants* 15, 312.
312. Meradi, S., Arbouche, F., Arbouche, R., 2016. Valorisation de l'engraissement de la race ovine Hamra par les sous-produits de la datte. *Livestock Research for Rural Development* 28.
313. Merghem, M., 2009. Caractérisation et paramètres zootechniques des ovins dans la région de Sétif, Faculté des Sciences Département d'agronomie, UNIVERSITE FERHAT ABBAS – SETIF -, UNIVERSITE FERHAT ABBAS – SETIF -.
314. Metafora, S., Peluso, G., Persico, P., Ravagnan, G., Esposito, C., Porta, R., 1989. Immunosuppressive and anti-inflammatory properties of a major protein secreted from the epithelium of the rat seminal vesicles. *Biochemical pharmacology* 38, 121-131.
315. Meyer, C., Faye, B., Karembe, H., Poivey, J.-P., Mohammedi, D., 2004. Guide de l'élevage du mouton méditerranéen et tropical. *Cirad-emvt*.
316. Michelat, J., Chauvier, G., 1974. *Encyclopédie Vétérinaire*. Editions Vigot Frères- Tome2. PARIS, 767 p.
317. Mickelsen, W.D., Paisley, L.G., Dahmen, J.J., 1982. The relationship of libido and serving capacity test scores in rams on conception rates and lambing percentage in the ewe. *Theriogenology* 18, 79-86.
318. Mieusset, R., Casares, P.Q., Partida, L.S., Sowerbutts, S., Zupp, J., Setchell, B., 1992. Temperature scrotale et fertilité chez le bélier. *Andrologie* 2, 56.
319. Migaud, M., Dardente, H., Keller, M., Batailler, M., Meurisse, M., Pillon-Ricaud, D., 2016. Contrôle neuroendocrinien de la reproduction chez les mammifères. *INRA Productions Animales* 29, 255-266.

320. Miller, D.W., Blache, D., Boukhliq, R., Curlewis, J.D., Martin, G.B., 1998. Central metabolic messengers and the effects of nutrition on gonadotrophin secretion in sheep. *Journal of reproduction and fertility* 112, 347-356.
321. Misztal, T., Romanowicz, K., Barcikowski, B., 1996. Seasonal changes of melatonin secretion in relation to the reproductive cycle in sheep. *Journal of Animal and Feed Sciences* 5, 35-48.
322. Monget, P., Etienne, M., Rosetta, L., 2001. Métabolisme énergétique et reproduction, in: Thibault, C., Levasseur, M.e. (Eds.), *La reproduction chez les mammifères et l'Homme*, Coédition INRA-Ellipses, pp. 749-769
323. Morgan-Davies, C., Waterhouse, A., Pollock, M., Milner, J., 2007. Body condition score as an indicator of ewe survival under extensive conditions. *ANIMAL WELFARE-POTTERS BAR THEN WHEATHAMPSTEAD*- 17, 71.
324. Morgan, K., Sellar, R., Pawson, A.J., Lu, Z.L., Millar, R.P., 2006. Bovine and ovine gonadotropin-releasing hormone (GnRH)-II ligand precursors and type II GnRH receptor genes are functionally inactivated. *Endocrinology* 147, 5041-5051.
325. Mortimer, S.T., 1997. A critical review of the physiological importance and analysis of sperm movement in mammals. *Human reproduction update* 3, 403-439.
326. Mosure, W.L., Meyer, R.A., Gudmundson, J., Barth, A.D., 1998. Evaluation of possible methods to reduce pain associated with electroejaculation in bulls. *The Canadian Veterinary Journal* 39, 504-506.
327. Moumène, A., Khammar, F., Miroud, K., Seboussi, R., Guedaoura, S., Bister, J., 2014. Traitements à base de progestagènes ou de mélatonine combinés à l'effet bélier chez la brebis Ouled-Djellal au printemps. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux* 67, 41-47.
328. Moura, A.B.B., Brandão, F.Z., Esteves, S.N., Nunes de Souza, G., Fonseca, J.F.d., Pantoja, M.H.A., Romanello, N., Botta, D., Giro, A., Garcia, A.R., 2018. Differences in the thermal sensitivity and seminal quality of distinct ovine genotypes raised in tropical conditions. *Theriogenology* 123, 123-131.
329. Movahed, E., Nejati, V., Sadrkhanlou, R., Ahmadi, A., 2013. Toxic effect of acyclovir on testicular tissue in rats. *Iranian journal of reproductive medicine* 11, 111-118.
330. Muñio-Blanco, T., Pérez-Pé, R., Cebrián-Pérez, J., 2008. Seminal plasma proteins and sperm resistance to stress. *Reproduction in domestic animals* 43, 18-31.
331. Muller, C.H., 2000. Rationale, Interpretation, Andrology Lab Corner Validation, and Uses of Sperm Function Tests. *Journal of andrology* 21, 10-30.
332. Murray, P., Rowe, J., Pethick, D., Adams, N., 1990. The effect of nutrition on testicular growth in the Merino ram. *Australian Journal of Agricultural Research* 41, 185-195.
333. Naqvi, S.M., Sejian, V., Karim, S.A., 2013. Effect of feed flushing during summer season on growth, reproductive performance and blood metabolites in Malpura ewes under semiarid tropical environment. *Trop Anim Health Prod* 45, 143-148.

334. Niar, A., Zidane, K., Kabir, A., Benallou, B., 2001. Algerian sheep are nonseasonal breeders: "clinical, cytological and histological studies". *Sciences & Technologie* 16, 81-84.
335. Nichi, M., Goovaerts, I.G., Cortada, C.N., Barnabe, V.H., De Clercq, J.B., Bols, P.E., 2007. Roles of lipid peroxidation and cytoplasmic droplets on in vitro fertilization capacity of sperm collected from bovine epididymides stored at 4 and 34 degrees C. *Theriogenology* 67, 334-340.
336. Nicolino, M., Forest, M., 2001. La puberté, in: Thibault, C., Levasseur, M-C. (ed) (Ed.), *la reproduction chez les mammifères et l'Homme*, Coédition INRA-Ellipses, pp. 655-679.
337. Niyas, P.A., Sejian, V., Bagath, M., Parthipan, S., Selvaraju, S., Manjunathareddy, G., Kurien, E., Varma, G., Bhatta, R., 2017. Effect of heat and nutritional stress on growth and testicular HSP70 expression in goats. *Journal of Agrometeorology* 19, 189-194.
338. Noakes, D.E., Parkinson, T.J., England, G.C.W., Arthur, G.H., 2001. *The male animals, Arthur's Veterinary Reproduction and Obstetrics*, Elsevier Health Sciences, Oxford.
339. Noirault, J., Brillard, J., 1999. Effects of Frequency of Semen Collection on Quantitative and Qualitative Characteristics of Semen in Turkey Breeder Males1. *Poultry Science* 78, 1034-1039.
340. Oberst, E.R., Smirdele, W.A., Brito, M.A., Marschner, T.R., Ribeiro, L.A., Mattos, R.C., 2011. Seasonal variation in semen quality of Lacaune rams in Brazil. *Braz J Vet Res Anim Sci* 48, 319-324.
341. Okano, T., Murase, T., Tsubota, T., 2004. Electroejaculation and Semen Cryopreservation of Free-Ranging Japanese Black Bears. *Journal of Veterinary Medical Science* 66, 1371-1376.
342. Oliveira, M.E.F., de Almeida, O.M., Pinho, R.O., Vicente, W.R., Rodrigues, L.F.S., 2012. Behavioural and seminal characteristics of Santa Ines rams subjected to successive semen collections in the Amazonian region. *Italian Journal of Animal Science* 11, e67.
343. Ollero, M., MUIÑO-BLANCO, T., LÓPEZ-PÉREZ, M., CEBRIÁN-PÉREZ, J., 1996. Viability of ram spermatozoa in relation to the abstinence period and successive ejaculations. *International journal of andrology* 19, 287-292.
344. Oregui, L., Gabiña, D., Vicente, M., Bravo, M., Treacher, T., 1997. Relationships between body condition score, body weight and internal fat deposits in Latxa ewes. *Animal Science* 65, 63-69.
345. Ortavant, R., Bocquier, F., Pelletier, J., Ravault, J., Thimonier, J., Volland-Nail, P., 1988. Seasonality of reproduction in sheep and its control by photoperiod. *Australian journal of biological sciences* 41, 69-86.
346. Ortavant, R., Pelletier, J., Ravault, J., Thimonier, J., VOLLAND, N.P., 1985. Photoperiod: main proximal and distal factor of the annual cycle of reproduction in farm mammals. *Oxford Rev reprod Biol* 7, 305-345.

347. Patel, J., Dugwekar, Y., 1999. Physical characteristics of Patanwadi, Rambouillet X Patanwadi and Merino x Patanwadi ram spermatozoa. *Indian veterinary journal* 76, 391-394.
348. Pereira, E.S., Campos, A.C.N., Castelo-Branco, K.F., Bezerra, L.R., Gadelha, C.R.F., Silva, L.P., Pereira, M.W.F., Oliveira, R.L., 2018. Impact of feed restriction, sexual class and age on the growth, blood metabolites and endocrine responses of hair lambs in a tropical climate. *Small Ruminant Research* 158, 9-14.
349. Perez-Clariget, R., Bermudez, J., Andersson, H., Burgueno, J., 1998. Influence of nutrition on testicular growth in Corriedale rams during spring. *Reproduction, nutrition, development* 38, 529-538.
350. Perkins, A., Fitzgerald, J.A., Price, E.O., 1992. Luteinizing hormone and testosterone response of sexually active and inactive rams. *Journal of animal science* 70, 2086-2093.
351. Perkins, A., Roselli, C.E., 2007. The ram as a model for behavioral neuroendocrinology. *Hormones and behavior* 52, 70-77.
352. Petridou, B., Cassy, S., Djiane, J., 2001. La prolactine, ses récepteurs et ses actions biologiques, in: Thibault, C., Levasseur, M.C. (Eds.), *La reproduction chez les mammifères et l'homme*, INRA, p. 122\_141.
353. Pevet, P., Klosen, P., Felder-Schmittbuhl, M.P., 2017. The hormone melatonin: Animal studies. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism* 31, 547-559.
354. Pfeffer, M., Korf, H.W., Wicht, H., 2018. Synchronizing effects of melatonin on diurnal and circadian rhythms. *General and comparative endocrinology* 258, 215-221.
355. Philippe, C., Ignacia, B.d.H., Agnes, D., Loys, B., 1996. High repeatability of the amplitude and duration of the nycthemeral rhythm of the plasma melatonin concentration in the Ile-de-France ewe. *Journal of pineal research* 21, 1-6.
356. Phythian, C.J., Michalopoulou, E., Jones, P.H., Winter, A.C., Clarkson, M.J., Stubbings, L.A., Grove-White, D., Cripps, P.J., Duncan, J.S., 2011. Validating indicators of sheep welfare through a consensus of expert opinion. *Animal : an international journal of animal bioscience* 5, 943-952.
357. Picard-Hagen, N., Gayrard, V., Chemineau, P., Malpoux, B., Berthelot, X., 1996. Photopériode et reproduction chez le petits ruminants : rôle de la mélatonine. *Le Point Vétérinaire* 28, 927-932.
358. Ponthier, J., van den Berghe, F., Parrilla Hernandez, S., Hanzen, C., Deleuze, S., 2014. Congélation de sperme dans l'espèce équine: état des lieux et perspectives, *Annales de Médecine Vétérinaire, Université de Liège*, pp. 56-71.
359. Pourseif, M., Moghaddam, G., Rafat, S., Daghighkia, H., Pourseif, A., 2013. Photoperiod as a Factor for Studying Fluctuations of Seminal Traits during Breeding and Non-Breeding Season. *Iranian Journal of Applied Animal Science* 3.
360. Prado, V., Orihuela, A., Lozano, S., Perez-Leon, I., 2002. Management of the female stimulus during semen collection and its association with libido re-establishment and semen characteristics of goats. *Journal of animal science* 80, 1520-1523.

361. Price, E.O., Erhard, H., Borgwardt, R., Dally, M.R., 1992. Measures of libido and their relation to serving capacity in the ram. *Journal of animal science* 70, 3376-3380.
362. Rahal, H., 2015. L'orge en ALGERIE: passe, présent et importance pour la sécurité alimentaire, face aux nouveaux défis. *Recherche Agronomique* 27.
363. Raji, A., Igwebuiké, J., Aliyu, J., Aliyu, J., 2008. Testicular biometry and its relationship with body weight of indigenous goats in a semi arid region of Nigeria. *Journal of Agricultural and Biological Science* 3, 6-9.
364. Rashamol, V.P., Sejian, V., Madijagan, B., Krishnan, G., Archana, P., Bhatta, R., 2018. Physiological adaptability of livestock to heat stress: an updated review. *J Anim Behav Biometeorol* 6, 62-71.
365. Rattu, S.P.G., Enne, G., Ligios, S., Molle, G., 2004a. Nutrition and Reproduction, in: Pulina, G., Bencini, R., (ed) (Ed.), *Dairy Sheep Nutrition*, CABI Publishing, pp. 109-128.
366. Rattu, S.P.G., Enne, G., Sebastiano, L., Giovanni, M., 2004b. *Dairy Sheep Nutrition*. CABI Publishing ed.
367. Rekik, M., Ben Salem, H., Khbou, M., Khbou, M., 2014. Challenges to generate adaptable technologies and to build up strategic alliances for small ruminants research in low input systems: case of Tunisia, In: Chentouf (ed.), L.-F.e., Bengoumi (ed.), Gabina (ed.) (Ed.), *Technology creation and transfer in small ruminants*, IAMZ-CIHEAM Mediterranean Agronomic Institute of Zaragoza, pp. 15 -24
368. Rekik, M., Lassoued, N., Ben Salem, H., Mahouachi, M., 2008. Effects of incorporating wasted dates in the diet on reproductive traits and digestion of prolific D'Man ewes. *Animal Feed Science and Technology* 147, 193-205.
369. Rekik, M., Lassoued, N., Salem, H.B., Mahouachi, M., 2007. Interactions between nutrition and reproduction in sheep and goats with particular reference to the use of alternative feed sources, *Options Méditerranéennes, Series A, Mediterranean seminars*, pp. 375-383.
370. Robel, P., 2001. La stéroïdogénèse : les enzymes et la régulation de leur expression génomique. In Thibault, C., Levasseur, M-C. (ed), *la reproduction chez les mammifères et l'Homme*, 144-154pp. Coédition INRA-Ellipses.
371. Robelin, J., Geay, Y., 1995. Les recherches en élevage et nutrition des animaux. *INRA Productions animales* 8, 369-378.
372. Robinson, J., 1996. Nutrition and reproduction. *Animal reproduction science* 42, 25-34.
373. Robinson, J.J., Ashworth, C.J., Rooke, J.A., Mitchell, L.M., McEvoy, T.G., 2006. Nutrition and fertility in ruminant livestock. *Animal Feed Science and Technology* 126, 259-276.
374. Rondia, P., 2006. Aperçu de l'élevage ovin en Afrique du Nord. *Filière Ovine et Caprine* 18, 11-14.
375. Rosa, H., Juniper, D., Bryant, M., 2000. Effects of recent sexual experience and melatonin treatment of rams on plasma testosterone concentration, sexual behaviour and ability to induce ovulation in seasonally anoestrous ewes. *Journal of reproduction and fertility* 120, 169-176.

376. Rosa, H.J.D., Bryant, M.J., 2003. Seasonality of reproduction in sheep. *Small Ruminant Research* 48, 155-171.
377. Rosa, H.J.D., Silva, C.C., Bryant, M.J., 2012. The effect of melatonin treatment in rams on seasonal variation of testicular size and semen production parameters. *Small Ruminant Research* 102, 197-201.
378. Ruckebusch, Y., 1981. *Physiologie pharmacologie thérapeutique*. Maloin. a., éditeur, 611P.
379. Russel, A., 1984. Means of assessing the adequacy of nutrition of pregnant ewes. *Livestock Science* 11, 429-436.
380. Saez, F., Ouvrier, A., Drevet, J.R., 2011. Epididymis cholesterol homeostasis and sperm fertilizing ability. *Asian journal of andrology* 13, 11-17.
381. Safsaf, B., 2014. Effet de la sous-alimentation sur certains Paramètres de reproduction des brebis De race ouled djellal, Institut des sciences vétérinaires et des sciences agronomiques, Université HADJ LAKHDAR - BATNA, UNIVERSITE HADJ LAKHDAR - BATNA, p. 274.
382. Safsaf, B., Tlidjane, M., 2010. Effet du type de synchronisation des chaleurs sur les paramètres de la reproduction des brebis Ouled Djellal dans la steppe algérienne *Renc. Rech. Ruminants* 17, 170.
383. Sagot, I., 2009. Un régime d'athlète pour les béliers, In: ovine, F.t.e.p. (Ed.), *Conduite de la reproduction*, Institut de l'Élevage/Ciirpo, Idele France.
384. Sakly, C., Rekik, M., Fabre-Nys, C., Scaramuzzi, R., 2013. Sexual behavior Ile-de-France rams receiving a short term flushing with lupins, Feeding and management strategies to improve livestock productivity, welfare and product quality under climate change, CIHEAM Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes, p. 305 p.
385. Salhab, S., Zarkawi, M., Wardeh, M., Al-Masri, M., Kassem, R., 2003. Characterization and evaluation of semen in growing Awassi ram lambs. *Tropical animal health and production* 35, 455-463.
386. Salisbury, G.W., VanDemark, N.L., Lodge, J.R., 1978. *Physiology of reproduction and artificial insemination of cattle*. W.H. Freeman and Company., San Francisco.
387. Santos, S.I., Sánchez-Dávila, F., Vázquez-Armijo, J.F., Ledezma-Torres, R.A., del Bosque-González, A.S., Palomera, C.L., Bernal-Barragán, H., 2015. Changes in Sexual Behaviour and Semen Quality Associated with Age and Type of Enclosure of Saint Croix Rams in Different Seasons of the Year. *Italian Journal of Animal Science* 14, 3890.
388. Sarder, M., 2005. Scrotal circumference variation on semen characteristics of artificial insemination (AI) bulls. *J. Anim. Vet. Adv* 4, 335-340.
389. Sari, I.P., Rao, A., Smith, J.T., Tilbrook, A.J., Clarke, I.J., 2009. Effect of RF-amide-related peptide-3 on luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone synthesis and secretion in ovine pituitary gonadotropes. *Endocrinology* 150, 5549-5556.

390. Sarlós, P., Egerszegi, I., Balogh, O., Molnár, A., Cseh, S., Rátky, J., 2013. Seasonal changes of scrotal circumference, blood plasma testosterone concentration and semen characteristics in Racka rams. *Small Ruminant Research* 111, 90-95.
391. Sayed, M.S., Abdalla, M.A., 2010. Effects of Level of Feeding and Season on Thermoregulation and Semen Characteristics in Desert Rams (*Ovis aries*). *Global Veterinaria* 4, 207-215.
392. Sayed, M.S., Abdalla, M.A., 2013. Effects of Seasonal Changes and Shearing on Thermoregulation, Blood Constituents and Semen Characteristics of Desert Rams (*Ovis aries*). *Pakistan Journal of Biological Sciences* 16, 1884-1893.
393. Scaramuzzi, R.J., Campbell, B.K., Downing, J.A., Kendall, N.R., Khalid, M., Muñoz-Gutiérrez, M., Somchit, A., 2006. A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reproduction Nutrition Development* 46, 339-354.
394. Schoeman, S., Combrink, G., 1987. Testicular development in Dorper, Dohne Merino and crossbred rams. *South African journal of animal science= Suid-Afrikaanse tydskrif vir veekunde*.
395. Sejian, V., Bahadur, S., Naqvi, Syed M.K., 2014. Effect of nutritional restriction on growth, adaptation physiology and estrous responses in Malpura ewes. *Animal Biology* 64, 189-205.
396. Sejian, V., Kumar, D., Gaughan, J.B., Naqvi, S.M.K., 2017. Effect of multiple environmental stressors on the adaptive capability of Malpura rams based on physiological responses in a semi-arid tropical environment. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research* 17, 6-13.
397. Sejian, V., Maurya, V.P., Naqvi, S.M., 2010. Adaptability and growth of Malpura ewes subjected to thermal and nutritional stress. *Trop Anim Health Prod* 42, 1763-1770.
398. Senoussi, A., Behir, T., 2010. Etude des Disponibilités des Aliments de Bétails dans les Régions Sahariennes *Revue du chercheur* 08, 65-74.
399. Setchell, B.P., Garner, D., 1991. CHAPTER 6/7 - Male Reproductive Organs and Semen/Artificial Insemination, in: Cupps, P.T. (Ed.), *Reproduction in Domestic Animals (Fourth Edition)*, Academic Press, San Diego, pp. 221-249/251-274.
400. Sheikheldin, M.A., Howland, B.E., Palmer, W.M., 1992. Seasonal profiles of melatonin in adult rams. *Journal of pineal research* 12, 58-63.
401. Sherwood, L., Klandorf, H., Yancey, P., Cornec, J.P., 2016. *Physiologie animale. De Boeck supérieur*.
402. Shipley, C., Brian, C., Buckrell, M., JP, M., Hunton, J., 2007 *Artificial Insemination and Embryo Transfer in Sheep Elsevier Health Sciences*.
403. Silverthorn, D., Ober, W.C., Garrison, C., Silverthorn, A., Johnson, B., 2007. *Physiologie humaine. Une approche intégrée*. Pearson education France, 976 P.
404. Simitzis, P.E., Deligeorgis, S.G., Bizelis, J.A., 2006. Effect of breed and age on sexual behaviour of rams. *Theriogenology* 65, 1480-1491.
405. Smith, J., 1988. Influence of nutrition on ovulation rate in the ewe. *Australian journal of biological sciences* 41, 27-36.

406. Smith, M.F., Geisert, R.D., Parrish, J.J., 2018. Reproduction in domestic ruminants during the past 50 yr: discovery to application. *Journal of animal science* 96, 2952-2970.
407. Snowder, G., Stellflug, J., Van Vleck, L.D., 2002. Heritability and repeatability of sexual performance scores of rams. *Journal of animal science* 80, 1508-1511.
408. Snowder, G.D., Stellflug, J.N., Van Vleck, L.D., 2004. Genetic correlation of ram sexual performance with ewe reproductive traits of four sheep breeds. *Applied Animal Behaviour Science* 88, 253-261.
409. Somayeh, M., Farhad Farrokhi, A., 2014. Effects of diluting medium and holding time on sperm motility analysis by CASA in ram. *Veterinary Research Forum* 5, 101-105.
410. Soro, D., Fantodji, A., Yavo, M.T., 2009. Caractéristiques spermatiques et maturité des gonades des aulacodes males d'élevage en Côte d'Ivoire. *Revue de Medecine Veterinaire* 160, 44.
411. Stehle, J., Foulkes, N., Molina, C., Simonneaux, V., Pévet, P., Sassone-Corsi, P., 1993. Adrenergic signals direct rhythmic expression of transcriptional repressor CREM in the pineal gland. *Nature* 365, 314-320.
412. Stellflug, J., Berardinelli, J., 2002. Ram mating behavior after long-term selection for reproductive rate in Rambouillet ewes 1. *Journal of animal science* 80, 2588-2593.
413. Stellflug, J.N., Lewis, G.S., Moffet, C.A., Leeds, T.D., 2008. Evaluation of three-ram cohort serving capacity tests as a substitute for individual serving capacity tests. *Journal of animal science* 86, 2024-2031.
414. Sullivan, R., Saez, F., Girouard, J., Frenette, G., 2005. Role of exosomes in sperm maturation during the transit along the male reproductive tract. *Blood cells, molecules & diseases* 35, 1-10.
415. Sweeney, T., Fox, J., Robertson, L., Kelly, G., Duffy, P., Lonergan, P., O'Doherty, J., Roche, J.F., Evans, N.P., 2007. Postnatal exposure to octylphenol decreases semen quality in the adult ram. *Theriogenology* 67, 1068-1075.
416. Tabbaa, M., Kridli, R., Al-Ghalban, A., Barakeh, F., 2006a. Age-related changes in scrotal circumference and some semen characteristics in Awassi rams. *Animal Reproduction* 3, 431-438.
417. Tabbaa, M., Kridli, R., Amashe, M., Barakeh, F.S., 2006b. Factors Affecting Scrotal Circumference and Semen Characteristics of Awassi Rams. *Jordan Journal of Agricultural* 2, 243-250.
418. Taherti, M., 2016. Caractérisation de l'activité sexuelle du bélier et de la brebis de la race Ouled Djellal élevés dans les conditions environnementales de la région de Chlef, Université Hassiba Benbouali De Chlef, Université Hassiba Benbouali De Chlef, Université Hassiba Benbouali De Chlef.
419. Taherti, M., Kaidi, R., 2018. Productivité de la brebis ouled djellal selon le mode de conduite de la reproduction *Lebanese Science Journal*, Vol. 19, No. 1 19, 47-58.

420. Taherti, M., Zidane, K., Kaidi, R., 2014. Sexual Activity of the Ram Ouled Djellal Bred Raised in the Region of Chlef. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research* 17, 283-287.
421. Tamarkin, L., Baird, C., Almeida, O., 1985. Melatonin: a coordinating signal for mammalian reproduction? *Science* 227, 714-720.
422. Tejaswi, V., Narayanaswamy, M., Neerasa, G., 2016. Studies On Certain Fresh Semen Characteristics In Rams Of Indiantwinnig Breed -The Nari Suvarna During Winter Months (Short Photoperiod). *International Journal of Science, Environment* 5, 1697 – 1706.
423. Thériault, M., Castonguay, F., Element-Boulianne, C., 2012. Amélioration de la productivité des troupeaux ovins par le contrôle de la reproduction des béliers. Centre d'expertise en production ovine du Québec (CEPOQ).
424. Thimonier, J., Cognié, Y., Lassoued, N., Khaldi, G., 2000. L'effet mâle chez les ovins: une technique actuelle de maîtrise de la reproduction. *Productions Animales* 4 (13), 223-231.(2000).
425. Thwaites, C.J., 1995. The comparative effects of undernutrition, exercise and frequency of ejaculation on the size and tone of the testes and on semen quality in the ram. *Animal reproduction science* 37, 299-309.
426. Tibary, A., Boukhliq, R., El Allali, K., 2018. Examen de l'aptitude à la reproduction chez le bélier et le bouc. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires* 6, 241-255.
427. Tjondronegoro, S., Martin, G., Sutherland, S., Boukhliq, R., 1996. Interactions between nutrition, testosterone and inhibin in the control of gonadotrophin secretion in mature rams. *Reproduction, Fertility and Development* 8, 855-862.
428. Toe, F., Lahlou-Kassi, A., Mukasa-Mugerwa, E., Mugerwa, E., 1994. Semen characteristics of Ile-de-France rams of different age and physical condition. *Theriogenology* 42, 321-326.
429. Toe, F., Rege, J.E., Mukasa-Mugerwa, E., Tembely, S., Anindo, D., Baker, R.L., Lahlou-Kassi, A., 2000. Reproductive characteristics of Ethiopian highland sheep. I. Genetic parameters of testicular measurements in ram lambs and relationship with age at puberty in ewe lambs. *Small ruminant research : the journal of the International Goat Association* 36, 227-240.
430. Tsutsui, K., Ubuka, T., 2018. Photoperiodism in Mammalian Reproduction, in: Skinner, M.K. (Ed.), *Encyclopedia of Reproduction (Second Edition)*, Academic Press, Oxford, pp. 415-419.
431. Tsutsui, K., Ubuka, T., Bentley, G.E., Kriegsfeld, L.J., 2012. Gonadotropin-inhibitory hormone (GnIH): discovery, progress and prospect. *General and comparative endocrinology* 177, 305-314.
432. Tsutsui, K., Ubuka, T., Bentley, G.E., Kriegsfeld, L.J., 2013. Review: regulatory mechanisms of gonadotropin-inhibitory hormone (GnIH) synthesis and release in photoperiodic animals. *Frontiers in neuroscience* 7, 60.
433. Tufarelli, V., Lacalandra, G.M., Aiudi, G., Binetti, F., Laudadio, V., 2011. Influence of feeding level on live body weight and semen characteristics of Sardinian rams reared under intensive conditions. *Trop Anim Health Prod* 43, 339-345.

434. Umar, S., Ahmad, M., Ahmad, I., Zubair, M., Umar, Z., Qureshi, A.S., Manzoor, A., Murtaza, A., Shaukat, A., 2018. Correlation of biochemical constituents of seminal plasma with semen quality in Teddy goat (*Capra hircus*) bucks. *Andrologia* 50.
435. Ungerfeld, R., Bielli, A., 2012. Seasonal and social factors affecting reproduction, in: González-Bulnes, A., Astiz, S. (Eds.), *Livestock reproduction: bovine, swine, and ruminants Encyclopaedia of life support systems (EOLSS)*, EOLSS.
436. Vaissaire, J., 1977. *Sexualité et reproduction des mammifères domestiques et de laboratoires*. Editions Maloine S.A, éditeur PARIS, 457 p. .
437. Vásquez, J.H., Núñez, V.H., Florentini, E.A., Gonzales, J.M., Camargo, L.A., Valdivia, M.E., 2013. Effects of five cryoprotective agents on quality of sheep epididymal spermatozoa during pre-freezing. *Livestock Science* 152, 94-99.
438. Vázquez, M., Forcada, F., Casao, A., Sosa, C., Palacín, I., Abecia, J., 2008. Effects of melatonin and undernutrition on the viability of ovine embryos during anestrus and the breeding season.
439. Visconti, P.E., Westbrook, V.A., Chertihin, O., Demarco, I., Sleight, S., Diekman, A.B., 2002. Novel signaling pathways involved in sperm acquisition of fertilizing capacity. *Journal of Reproductive Immunology* 53, 133-150.
440. Walker, W.H., 2011. Testosterone signaling and the regulation of spermatogenesis. *Spermatogenesis* 1, 116-120.
441. Wolter, R., 1992. *Alimentation de la vache laitière*. France Agricole.
442. Yahiaoui, A., 2011. *Carital nutritionnel pour ovis aries de différents supports alimentaires en zones agro-pastorales de l'ouest algérien*, Ecole nationale supérieure d'el-harrach. Alger.
443. Yerou, H., 2014. *Dynamique des systèmes d'élevage et leur impact sur l'écosystème steppique: cas de la région de Naâma (Algérie occidentale)*, Département des sciences agronomiques et forestières, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen, Université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen.
444. Yotov, S., Fasulkov, I., Vassilev, N., 2011. Effect of ejaculation frequency on spermatozoa survival in diluted semen from Pleven Blackhead rams. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 35, 117-122.
445. Yu, K., Deng, S.-L., Sun, T.-C., Li, Y.-Y., Liu, Y.-X., 2018. Melatonin Regulates the Synthesis of Steroid Hormones on Male Reproduction: A Review. *Molecules* 23, 447.
446. Zaiem, I., Chemli, J., Slama, H., Tainturier, D., 2000. Amélioration des performances de reproduction par l'utilisation de la melatonine chez la brebis à contre saison en Tunisie. *Revue de Médecine Vétérinaire* 151, 517-522.
447. Zamiri, M., Khalili, B., Jafaroghli, M., Farshad, A., 2010. Seasonal variation in seminal parameters, testicular size, and plasma testosterone concentration in Iranian Moghani rams. *Small ruminant research* 94, 132-136.

448. Zamiri, M.J., Khodaei, H.R., 2005. Seasonal thyroidal activity and reproductive characteristics of Iranian fat-tailed rams. *Animal reproduction science* 88, 245-255.
449. Zhang, S., Wang, H., Wang, J., 1999. Analysis of change in sperm quality of Chinese fertile men during 1981-1996. *Reproduction and contraception* 10, 33.
450. Zohara, B.F., Bari, F.Y., Alam, G.S., 2013. Effects of concentrate supplementation on reproductive performances and semen quality of indigenous rams in Bangladesh. *Journal of Embryo Transfer* 28, 325-335.
451. Zubair, M., Ahmad, M., Jamil, H., 2015. Review on the screening of semen by hypo-osmotic swelling test. *Andrologia* 47, 744-750.
452. Zuniga, O., Forcada, F., Abecia, J.A., 2002. The effect of melatonin implants on the response to the male effect and on the subsequent cyclicity of Rasa Aragonesa ewes implanted in April. *Animal reproduction science* 72, 165-174.

## Effect of increasing levels of wasted date palm in concentrate diet on reproductive performance of Ouled Djellal breeding rams during flushing period

A. Allaoui<sup>1</sup>, B. Safsaf<sup>1</sup>, M. Tlidi<sup>1</sup>, I. Djaalab<sup>2</sup> and H. Djaalab Mansour<sup>2</sup>

1. Department of Veterinary Sciences, Veterinary and Agricultural Sciences Institute, Laboratory ESPA, Hadj Lakhdar Batna-1 University, Batna - 05000, Algeria; 2. Department of Animal Productions, Veterinary Sciences Institute, Laboratory GSPA, Mentouri University, Constantine -25000, Algeria.

Corresponding author: A. Allaoui, e-mail: [allaouiassia@yahoo.fr](mailto:allaouiassia@yahoo.fr)

Co-authors: BS: [saf2\\_b@yahoo.fr](mailto:saf2_b@yahoo.fr), MT: [ayathir@gmail.com](mailto:ayathir@gmail.com), ID: [imendjaalab@yahoo.fr](mailto:imendjaalab@yahoo.fr), HDM: [feha\\_25@yahoo.fr](mailto:feha_25@yahoo.fr)  
Received: 28-01-2018, Accepted: 27-04-2018, Published online: 28-05-2018

doi: 10.14202/vetworld.2018.712-719 How to cite this article: Allaoui A, Safsaf B, Tlidi M, Djaalab I, Mansour HD (2018) Effect of increasing levels of wasted date palm in concentrate diet on reproductive performance of Ouled Djellal breeding rams during flushing period, *Veterinary World*, 11(5): 712-719.

### Abstract

**Aim:** The aim of the study was to assess the effect of two levels of wasted date (WD) by replacing commercial concentrate on the reproductive performance of Ouled Djellal (OD) rams.

**Materials and Methods:** Eighteen mature (2-year-old) OD rams were equally allocated to three groups and fed during 11 weeks with one of three different experimental diets, that contained 0% (0 WD), 50% (50 WD), or 75% (75 WD) of WDs in concentrate diet. Live body weight (LBW), body condition scoring (BCS), scrotal circumference (SC), testicular weight (TW), sperm production and quality, plasma testosterone concentration (T), and sexual behavior (reaction time and number of mounts with ejaculation) were regularly recorded from every ram.

**Results:** LBW, SC, and TW changed significantly among diet groups and during the experimental period ( $p < 0.001$ ), the highest averages were recorded in (0 WD) group. LBW, BCS, SC, TW, semen volume, and percentage of the positive hypo-osmotic swelling test were ( $p < 0.001$ ) positively influenced by flushing period. Nevertheless, sperm concentration showed a significant ( $p < 0.001$ ) decrease at day 30, followed by a return to the initial values afterward. There were no differences ( $p > 0.05$ ) between diet groups for plasma testosterone concentration and semen attributes, except that (50 WD) group expressed the lowest overall value of semen concentration. Furthermore, neither time nor diet affected ( $p > 0.05$ ) sperm motility and reproductive behavior parameters.

**Conclusions:** It is possible to introduce WD as unconventional local feeding resources in flushing diet of breeding rams without disturbing their reproductive performance.

**Keywords:** body weight, flushing period, rams, semen, wasted date.

### Introduction

In Algeria, the sheep occupy an important socio-economic position that can be appreciated through the high effective population which exceeds 26 million [1] and the diversity of races [2,3].

The local sheep breeds are mostly reared in an agro-pastoral extensive system under an arid to semi-arid climate [4]. In this system, grazing pastures play a paramount role in livestock feed. However, over-grazing and climatic variations cause instability of the quantitative and qualitative nutritive value of the forage, which remains mediocre and below the needs of animals [5]. In addition, the potential for using conventional cereals for sheep feed is limited, due to their low yields, irregular production, and high cost [6,7]. This often leads to deficient and unbalanced diets

impacting negatively on the reproductive performance of both male and female [8].

Ovine artificial insemination is insufficiently developed in Algeria [9]. Farmers usually use the natural mating method, with two seasons on the program: Spring (March-May) and autumn (September-November) [10]. Breeding rams are crucial in this management system; their individual impact on multiple pregnancies is major. Flushing, i.e., increased energy and protein availability, in the ration, during 2 months before the fight, has a determining effect on the fertility of rams, by conditioning their quality of semen, sexual behavior, and body condition at mating [11]. However, the seasonal availability of pasture and the sustained rise in the price of primary animal feed ingredients leave farmers with little choice for improving the diet of spawners.

A wide range of alternative feed sources has proved efficient in maintaining or even improving the reproductive performance of the flock [12]. With a total production of 990.000 tonnes of date [13], Algeria is the fourth important countries in date world production [14]. Date residues may constitute a good alternative to other cereal products as they

Copyright: Allaoui, et al. Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated.

contain carbohydrates and minerals. In addition, they present a high digestibility coefficient except for proteins [15]. These by-products provide one solution to optimize our livestock productive and reproductive performance at low cost. The specific effects of their incorporation in diets were studied on growing sheep [16,17] and reproductive ewes [18,19]. However, only a few results on the response of breeding rams are presented.

In the light of these observations, this study was planned to compare the effect of incorporation of wasted date (WD) palm in concentrate diet at a ratio of 0% (WD), 50% (WD), or 75% (WD), on the performance of reproduction of ram, during the flushing period, to determine which diet has the best influence on sperm production and body measurements.

## Materials and Methods

### Ethical approval

The ethical considerations in accordance to the Institute Animal Ethics Committee related to animal handling were observed to ensure no pain to animal during the different samplings.

### Site, animals, and experimental diets

The study was conducted on the state experimental farm of Bouaoun Rabah, which is located in El-khroub (Constantine, Eastern Algeria, with a Mediterranean climate type continental semi-arid) at latitude 36°15'47"North and longitude 6°41'36"East at a mean altitude of 630 meters above sea level. 18 healthy sexually mature (2-year-old) Ouled Djellal (OD) rams, with a mean ( $\pm$  standard error of mean [S.E.M.]), live body weight (LBW) of 63.66 $\pm$ 0.42 kg and scrotal circumference (SC) of 31.32 $\pm$ 0.11 cm, were selected with proven libido from the main flock in the experimental farm. Rams, previously raised on natural pastures, were separated from ewes since June 7, and reared in individually 2.5 m $\times$ 1.5 m pens in a well-ventilated covered building. They were randomly allocated equally to three groups, for each group the diet was changed gradually during the first 2 weeks, the data collection started after this adaptation period and lasted 11 weeks. Table-1 shows the ingredients, the quantities and the chemical composition of the diet fed to the rams. Group (0 WD) was kept as a control and was fed the flushing diet used usually in the farm. The second (50 WD) and third (75 WD) groups were fed an experimental diet in which 50% and 75%, respectively, of a commercial concentrate (80% crushed barley, 10% wheat bran, 7% soybean oilcake, and 3% Mineral-vitamin mixture) were replaced with discarded dates (low-quality date fruits with kernels and unfit for human consumption). Feeding was designed to supply approximately 1.2 times the maintenance requirements of animals [20]. Concentrate mixture was distributed in two equal portions at 9:00 and 16:00 h daily before hay feeding. Freshwater and a salt block were freely available.

**Table 1:** Ingredients and chemical composition of experimental diets.

Ingredients and chemical composition	Diets		
	0 WD	50 WD	75 WD
Ingredients			
Hay (kg/head/day)	1.5	1.5	1.5
Concentrated mixture (kg/head/day)	1	1	1
Wasted date (% of CM)	0	50	75
Commercial concentrate (% of CM) concentrate	100	50	25
Chemical composition			
DM (g/kg)	930.6	912.3	903.2
Organic matter (% of DM)	97.30	96.52	96.13
Crude protein (% of DM)	11.80	10.29	9.54
Neutral detergent fiber (% of DM)	56.08	49.53	46.25
Acid detergent fiber (% of DM)	27.06	25.19	24.25
Cellulose (% of DM)	17.57	14.28	12.63
Hemicelluloses (% of DM)	29.02	24.34	22.00
Lignin (% of DM)	9.49	10.91	11.62

CM=Concentrated mixture, DM=Dry matter, WD=Wasted date

### Physical measurements and blood samples

LBW, body condition scoring (BCS), SC, testicular weight (TW), and plasma testosterone concentration (T) were recorded from every ram on days 1, 15, 29, 43, 57, and 71. All these measurements were done in the morning before feeding. LBW was performed using an electronic beast scale, then the body weight gain percentage (BWG %) [21] and the average daily gain (ADG g/day) were calculated. BCS was judged by palpation of the sacrolumbar area and noted from 1 to 5 as previously described by Maurya *et al.* [22]. SC was measured with a metrical tape at the widest scrotal diameter. TW was measured volumetrically, using the Archimedes principles of water displacement. The ram was in a standing position, the whole scrotal sac was immersed in beaker filled with water of 2 L capacity, the amount of water displaced corresponds to the testicular volume, knowing that the mass of 1 mL (1 cm<sup>3</sup>) equals 1 g; therefore, the TW can be deduced from the scrotal sac volume [23]. Blood samples (10 ml) were collected from the jugular vein using heparinized evacuated tubes and immediately centrifuged at 3500 $\times$  g for 20 min. Plasma was prepared and stored at -20°C until assay. T was determined using a testosterone Electrochemiluminescence Kit (Roche Diagnostics, Germany, Measuring range: 0.025-15.0 ng/mL).

### Semen collection and evaluation

Semen samples were collected, at 06:30 h, on days 2, 30, 58, and 72 of the experimental period. Semen was harvested using electroejaculation [24]. The automatic mode (Electro Ejaculator e320 minitub Germany) suitable for small ruminants was used by increasing the power output of the rectal probe linearly from 0.5 to 7 V at 2 s intervals. Immediately after ejaculation, volume (measured directly from

the graduated collecting tube), appearance, and consistency (scored on a scale of 0-5) of semen were estimated [25]. Following this macroscopic evaluation semen samples were diluted 1:1 v/v with a pre-warmed (37°C) commercial extender (Andromed), kept in a hot/cold thermoelectric cooler (12/230 V) at 37°C and transported to the laboratory of the biotechnology research center, for evaluation within 35 min after collection. At the laboratory, the ejaculates were transferred to a water bath (37°C) and were evaluated for mass motility (score from 0 [immotile] to 5 [rapid wave motion, eddies present]) [26], concentration (using a photometer previously calibrated with a hemocytometer), total motility (TM %) (using a computer-assisted semen analyzer [CASA] [Sperm class analyzer, SCA Microptic, S.L., Version 3.2.0, Barcelona, Spain]) [27], and membrane integrity of sperm (using the hypo-osmotic swelling test [HOST]) [28].

#### Sexual behavior

Reaction time (time from entry into the mating pens to the first mount with ejaculation) and number of mounts with ejaculation were recorded on days: 7, 35, and 77 of the experimental period. The test was conducted by exposing each ram to four estrous ewes for 15 min [29]. The induction of estrus in ewes was done by hormonal treatments, as previously described by Allaoui *et al.* [9].

#### Statistical analysis

The effect of fixed factors, diet (0 WD, 50 WD, and 75 WD) and time (day) of the trial and also their interaction, on the various studied parameters, were analyzed using a two-way analysis of variance. Tukey's multiple comparisons test was conducted to test significance between means of the different sub-groups. Differences were considered significant when  $p < 0.05$ . All mean values are expressed as the mean  $\pm$  S.E.M. Correlation coefficients (Pearson correlations) between various physical and seminal parameters were calculated. All analyses were performed using GraphPad Prism 7.00 software.

## Results

### LBW, BCS, and scrotal measurements

The effect of diet and day on LBW, ADG, and BCS and scrotal measurements was described in Table-2. Furthermore, correlation coefficients between physical measurements, plasma testosterone concentration, and experimental day were described in Table-3. For all groups LBW increased significantly ( $p < 0.001$ ) during the study period, mean values were higher ( $p < 0.001$ ) in 0 WD than 50 WD and 75WD with observed BWG% of  $21.57 \pm 2.17\%$ ,  $12.52 \pm 1.52\%$ , and  $14.59 \pm 1.64\%$  for 0 WD, 50 WD, and 75 WD, respectively. ADG was significantly ( $p < 0.001$ ) affected by the experimental day, averages were significantly ( $p < 0.05$ ) higher in 0WD as compared with 50 WD. BCS was strongly correlated with LBW and experimental day (Table-3), it increased significantly ( $p < 0.001$ ) during the study period, mean values were higher ( $p < 0.05$ ) in 0 WD group. Overall, the effect of diet and the experimental day was significant ( $p < 0.001$ ) on SC and TW, values were higher ( $p < 0.001$ ) in 0 WD than 75 WD group but there was no difference ( $p > 0.05$ ) between 0 WD and 50 WD.

### Plasma testosterone concentration

The average values of testosterone levels are presented in Figure-1. Means were of  $2.20 \pm 0.54$  ng/mL,  $2.36 \pm 0.41$  ng/mL, and  $2.43 \pm 0.50$  ng/mL for 75 WD, 50 WD, and 0 WD group, respectively, with no significant ( $p > 0.05$ ) variance noted between groups. For all groups, values increased significantly ( $p < 0.001$ ) from day 1 to day 43 then they did not vary significantly ( $p > 0.05$ ) afterward.

### Seminal attributes and sexual behavior

The effects of diet and time on seminal parameters are detailed in Table-4. Overall means of reaction time and number of mount with service were, respectively,  $27.96 \pm 2.5$  s and  $2.76 \pm 0.20$ . The data did not show significant differences in semen attributes between diet groups at any sampling time. However, the overall value of semen concentration

**Table-2:** Effects of diet and experimental day on LBW, BCS, and scrotal measurement of OD rams receiving 75%, 50%, or 0% of wasted date in the concentrate diet.

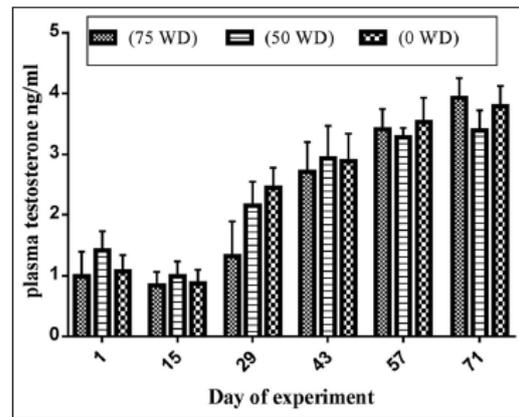
Factors	LBW (kg)	ADG (g/day)	BCS (1-5)	SC (cm)	TW (g)
Diet	***	*	*	***	***
75 WD	68.91 $\pm$ 1.69	137.68 $\pm$ 16.46	2.72 $\pm$ 0.06	31.45 $\pm$ 0.18	689.86 $\pm$ 13.79
50 WD	68.22 $\pm$ 0.63	110.83 $\pm$ 12.57	2.73 $\pm$ 0.03	32.14 $\pm$ 0.27	781.53 $\pm$ 21.77
0 WD	72.13 $\pm$ 1.08	193.90 $\pm$ 18.40	2.85 $\pm$ 0.08	32.64 $\pm$ 0.65	794.36 $\pm$ 32.39
Day	***	***	***	***	***
1	63.71 $\pm$ 0.27		2.38 $\pm$ 0.00	31.87 $\pm$ 0.16	691.39 $\pm$ 13.35
15	66.31 $\pm$ 0.67	173.15 $\pm$ 37.28	2.58 $\pm$ 0.02	31.47 $\pm$ 0.42	678.89 $\pm$ 35.10
29	69.23 $\pm$ 1.30	195.26 $\pm$ 52.04	2.78 $\pm$ 0.07	30.99 $\pm$ 0.13	699.17 $\pm$ 37.53
43	71.93 $\pm$ 1.64	180.00 $\pm$ 41.93	2.85 $\pm$ 0.06	31.93 $\pm$ 0.55	776.78 $\pm$ 36.37
57	73.18 $\pm$ 1.74	84.26 $\pm$ 23.83	2.99 $\pm$ 0.05	33.03 $\pm$ 0.47	844.17 $\pm$ 38.50
71	74.18 $\pm$ 1.85	66.48 $\pm$ 23.18	3.04 $\pm$ 0.06	33.18 $\pm$ 0.44	841.11 $\pm$ 40.84
Diet x Day	NS	NS	NS	NS	NS

\* $p < 0.05$ , \*\*\* $p < 0.001$ . LBW=Live body weight, ADG=Average daily gain, BCS=Body condition scoring, SC=Scrotal circumference, TW=Testicular weight. NS=Non-significant, OD=Ouled Djellal, WD=Wasted date

**Table-3:** Correlation coefficients between physical measurements, plasma testosterone concentration, and day of trial in rams receiving 75%, 50%, or 0% of wasted date in the concentrate diet.

Diet	(75 WD)				(50 WD)				(0 WD)						
	BSC (1-5)	LBW (Kg)	SC (cm)	TW (g)	T (ng/mL)	BSC (1-5)	LBW (Kg)	SC (cm)	TW (g)	T (ng/mL)	BSC (1-5)	LBW (Kg)	SC (cm)	TW (g)	T (ng/mL)
LBW	0.76***					0.74***					0.90***				
SC	0.30 NS	0.48**				0.40*	0.35*				0.43**	0.50**			
TW	0.43**	0.58***	0.79***			0.46**	0.47**	0.57***			0.66***	0.79***	0.79***		
T	0.47***	0.57***	0.61***	0.64***		0.53***	0.76***	0.30 NS	0.27 NS		0.75***	0.83***	0.34*	0.57***	
Day	0.74***	0.63***	0.46**	0.57***	0.77***	0.81***	0.85***	0.39*	0.59***	0.71***	0.72***	0.86***	0.44**	0.69***	0.79***

\*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001. BCS=Body condition scoring, LBW=Live body weight, SC=Scrotal circumference, TW=Testicular weight, T=Plasma testosterone concentration, NS=Non-significant



**Figure-1:** Mean±(standard error of mean) plasma testosterone concentrations on days 1, 15, 29, 43, 57, and 71 for Ouled Djellal rams receiving 75%, 50%, or 0% of wasted date in the concentrate diet.

(Table-4), for 50 WD appeared to be lower ( $p<0.05$ ) compared to 0 WD group. Mean semen volume and percentage of sperm that was HOST test positive increased significantly ( $p<0.001$ ) between day 2 and day 58 then remained invariable. Sperm concentration decreased significantly ( $p<0.001$ ) from day 2 to day 30, afterward average values of both semen concentration and total production showed a rise ( $p<0.001$ ) from day 30 to day 72. Sperm mass and TM, reaction time and number of mount with service were not affected ( $p>0.05$ ) by either diet, time or diet x time interaction. The color of fresh semen was white creamy in all rams. Semen consistency was strongly correlated with semen concentration ( $r=0.91$   $p<0.001$ ), and SC had the highest correlation coefficients with seminal parameters with correlation values ranging from 0.73 for total sperm production, 0.56 and 0.53 for sperm concentration and volume, respectively ( $p<0.001$ ).

**Discussion**

All components of the reproductive cycle are energy spending process. The expenditure of energy differs in its timing between the sexes, females invest most of their energy following fertilization, while the male needs more energy before fertilization, rams should thus be fed correctly for 2 months before mating [11,12].

As expected, for all groups, flush feeding influenced the nutritional condition of the animals positively consequently increasing the live weight and score body condition. Several studies [30-32] have demonstrated that feed supplementation in the form of flushing diet improves LBW, BCS, and reproductive performance of ewes. Similar observations have been reported in the mature Sardinian rams receiving a different level of concentrate (1.2 times or 1.5 times their maintenance requirements) [33]. However, Sakly

**Table-4:** Effects of diet and time on seminal parameters of OD rams receiving 75%, 50%, or 0% of wasted date in the concentrate diet.

Factors	Semen volume (ml)	Sperm concentration ( $\times 10^9$ /ml)	Total sperm/ ejaculate ( $\times 10^9$ )	Sperm mass motility (0-5 scale)	Sperm TM (%)	HOST (%)
Diet	NS	*	NS	NS	NS	NS
75 WD	2.13 $\pm$ 0.15	2.38 $\pm$ 0.27	4.76 $\pm$ 0.66	4.83 $\pm$ 0.08	87.87 $\pm$ 2.52	55.79 $\pm$ 3.01
50 WD	2.08 $\pm$ 0.22	1.81 $\pm$ 0.21	4.02 $\pm$ 0.74	4.63 $\pm$ 0.13	87.36 $\pm$ 1.42	52.75 $\pm$ 2.96
0 WD	1.95 $\pm$ 0.19	2.56 $\pm$ 0.25	5.16 $\pm$ 0.74	4.48 $\pm$ 0.17	84.68 $\pm$ 3.57	51.21 $\pm$ 2.32
Day	***	***	***	NS	NS	***
2	1.61 $\pm$ 0.14	2.71 $\pm$ 0.28	4.39 $\pm$ 0.29	4.58 $\pm$ 0.08	85.70 $\pm$ 1.41	45.89 $\pm$ 1.64
30	1.81 $\pm$ 0.12	1.37 $\pm$ 0.07	2.41 $\pm$ 0.17	4.56 $\pm$ 0.15	84.85 $\pm$ 1.88	46.94 $\pm$ 1.79
58	2.46 $\pm$ 0.07	2.28 $\pm$ 0.28	5.78 $\pm$ 0.59	4.83 $\pm$ 0.10	89.12 $\pm$ 0.48	60.06 $\pm$ 1.58
72	2.33 $\pm$ 0.08	2.64 $\pm$ 0.32	6.01 $\pm$ 0.41	4.61 $\pm$ 0.15	86.88 $\pm$ 0.60	60.11 $\pm$ 1.47
Diet x Day	NS	NS	NS	NS	NS	NS

\* $p < 0.05$ , \*\*\* $p < 0.001$ . NS=Non-significant, HOST (%): Mean percentage of sperm that was HOST test positive. OD=Ouled Djellal, TN=Total motility, HOST=Hypo-osmotic swelling test

*et al.* [34] noted that in Ile-de-France rams, short-term flushing with lupins does not cause any change in these parameters. In our study, LBW was too low at the beginning of the trial (Table-2), this can be justified by the fact that rams were involved in the previous mating season (spring season) which can lead to the weight loss [35]. After 2 months of supplementation, BCS increased significantly, reaching approximately the standard range (between 3 and 3.5) recommended by Maurya *et al.* [36] for breeding rams to exhibit better reproductive efficiency.

On the other hand, as the daily feeding level intake was similar for all groups, the gap observed between 0 WD group and the latter two groups in terms of live weight, BWG %, and ADG can probably be attributed to the differences in crude protein and fiber levels of the rations (Table-1). Rekik *et al.* [37] Boudechiche *et al.* [38], and Djaalab [39] found that compared to barley grains and hay, WDs were lower in crude protein and fiber, but higher in energy. Rekik *et al.* [37] added that partial or total substitution of barley by WDs resulted in a decrease of nitrogenous matter digestibility, associated with live weight decline in prolific D'Man ewes. To compensate for this shortage, some previous studies [40-42] suggested the addition of supplemental protein in the ration.

The general pattern of variation for scrotal measurements, semen volume, total sperm production, and percentage of sperm that was HOST test positive, showed a trend to increase during the experimental period, this is in agreement with several results [29,33,43-45] that confirm a strong relationship between nutrition and reproductive variables of ram. Martin *et al.* [11], Maurya *et al.* [36], and Blache *et al.* [46] also supported this hypothesis by explaining that in the long-term, a sustained increase in nutrition leads to an increase in both testis size and sperm production. On the contrary, Bester *et al.* [47] indicated that although higher energy concentration accelerates testicular development, it has no significant effect on semen quality and quantity of young Dorper rams.

For all experimental rams, semen attributes values were similar during all the trial period, except for concentration which appeared to be slightly lower in 50 WD group as compared to 0 WD and 75 WD. These differences may be related to the diet effect, or simply to a lower genetic potential of some rams of the group. In fact, for the OD ram, a previous study [40] suggested that inclusion of WD in the concentrate at level 75% has the best result on the digestibility of nutrients, in addition, for (0 WD) diet, the high energy level of the ration can result in better semen concentration. However, it is probably necessary to mention that the genetic potential and the adaptability of each animal play the most important role than other factors [11]. In this study also, exposure of the animals to combined stresses (change in the management system and nutritional stresses) during the adaptation period may explain the significant decreased in semen concentration observed at day 30 of the experiment (6 weeks later). These results are consistent with those obtained by Maurya *et al.* [48], who reported less concentration of sperm in Malpura rams maintained under conditions of nutritional or combined stresses.

It is well known that sperm motility is one of the important factors in semen evaluation and a convincing indicator of fertility in sheep [49]. The most of wave motion scoring recorded were between 4 and 5. Likewise, the proportions of actively motile spermatozoa evaluated using a CASA were mostly  $\geq 70\%$ , which means that ejaculates produced by rams were of high-quality [27,49] during all the study period.

Concerning testosterone production and sexual behavior, Martin *et al.* [11] noted that, except for extreme undernutrition, nutrition effects are not linked to major changes in these parameters. Thus, in our study, it seems clear that seasonal variations are the main factor influencing plasma testosterone concentration in the three groups. The greatest averages were recorded during the months (mid-July-August) that indicate the resumption of the natural breeding season in OD rams [23,50]. It should be noted that

in our ovine breeds, the effect of season on testosterone levels is more marked than on live weight, testicular volume, and semen characteristics [23,50,51]. Furthermore, reaction time and number of mount with service remained invariable during all the experimental period and between dietary groups, similar observations were reported by Luna-Palomera *et al.* [52] in pubertal hair rams and Fernandez *et al.* [29] in mature Assaf rams receiving different levels of undegradable protein supply. Nevertheless, recent studies have demonstrated a significant effect of greater nutrition supplementation [22,45], or nutritional stress [48,53], on testosterone production, and sexual behavior expression in rams.

### Conclusion

In this study, we used the flushing diet used usually in the farm, the three groups are different only by the nature of the given energetic complements (WD vs. commercial concentrate), without adjusting the protein or caloric levels of the experimental diets. Our objective was to test if WDs (unconventional local feeding resources, of low cost) can economically and effectively substitute the conventional feedstuffs for breeding rams. As a result, we found that: (1) In general, and despite the variations between groups, flushing diets have a positive effect on growth performance, scrotal measurement, and seminal production of breeding rams. (2) It is possible to introduce WD in flushing diet of breeding rams without disturbing their productive and reproductive performance; therefore, it is possible to reduce the cost of feedstuffs and offer the possibility to the farmers to improve the diet of rams during the crucial times. (3) WD can be exploited as a substitute to the commercial concentrate at the level of 75% (the obtained results are slightly better than with a substitution at 50%) with a significant increase in LBW and seminal parameters of rams.

### Recommendations

To the best of our knowledge, this is the first study in which the effect of rations containing WD palm, on semen production, plasma testosterone concentration, and testicular size has been investigated in OD rams, that is why our future studies are going to be focused on using the same rations with adjusted protein level for a longer feeding period to see if there will be an improvement of the reproductive performance of males.

### Authors' Contributions

MT, BS, AA, ID, and HDM designed the experiment protocol. AA carried out the experiment work at the experimental farm and the laboratory of biotechnology research center. ID performed the biochemical analysis of the wasted date, hay, and commercial concentrate used in the ration. AA, ID, BS, HDM, and MT were involved in data analysis and scientific

discussion. All authors read and approved the final manuscript.

### Acknowledgments

The authors are thankful to the staff of the experimental farm and the laboratory of biotechnology research center for all sorts of assistance. Furthermore, AA would like to express his special thanks to the veterinary doctors: Loughreib S, Deghmous I, Deribine H, Allouèche A, and Attik M, for their contribution to this study. This research received no specific grant from any funding agency in the public or commercial sectors.

### Competing Interests

The authors declare that they have no competing interests.

### References

- MADR (Ministry of Agriculture and Rural Development). (2014) Agricultural Statistics (Areas and Productions Serie B). Ministry of Agriculture and Rural Development, Algeria.
- Djaout, A., Afri-Bouzebda, F., Chekal, F., El-Bouyahiaoui, R., Rabhi, A., Boubekeur, A., Benidir, M., Ameer, A.A. and Gaouar, S.B.S. (2017) Etat de la biodiversité des «races» ovines algériennes. *Gen. Biodiv. J.*, 1: 11-26.
- Ameer, A.A., Nezih, A., Benyoucef, M.T., Djaout, A., Azzi, N., Yilmaz, O., Cemal, I. and Gaouar, S.B.S. (2018) New genetic identification and characterisation of 12 Algerian sheep breeds by microsatellite markers. *Ital. J. Anim. Sci.* 17: 38-48.
- Bengoumi, M. and Ameziane, T. (2014) Evolution and efficacy of transfer of technologies in small ruminant production systems in North Africa. In: Chentouf, M., Lopez-Francos, A., Bengoumi, M. and Gabina, D., editors. Technology Creation and Transfer in Small Ruminants: CIHEAM. Series a Mediterranean Seminars No. 108. p15-24.
- Arbouche, H.S., Arbouche, R., Arbouche, Y. and Arbouche, F. (2016) Effects of phenological stage of flood meadows Northeastern Algeria on their production and nutritional values. *IASP Proc.* 2: 151-154.
- Rekik, M., Ben Salem, H. and Khbou-Khamassi, M. (2014) Challenges to generate adaptable technologies and to build up strategic alliances for small ruminants research in low input systems: Case of Tunisia. In: Chentouf, M., Lopez-Francos, A., Bengoumi, M., Gabina, D., editors. Technology Creation and Transfer in Small Ruminants: CIHEAM. Series A Mediterranean Seminars No. 108. p211-215.
- Arbouche, R., Arbouche, Y., Mennani, A., Arbouche, H.S. and Arbouche, F. (2017) Valorisation des issues de meunerie de quelques variétés de blé tendre endémiques à Algérie pour l'alimentation des ruminants. *J. Adv. Res. Sci. Technol.* 4: 529-545.
- Cordova-Izquierdo, A. (2016) Best Practices in Animal Reproduction: Impact of Nutrition on Reproductive Performance Livestock. *J Adv Dairy Res.*, 4: 152.
- Allaoui, A., Safsaf, B., Djaalab, I., Laghrour, W., Haffaf, S. and Tlidjane, M. (2014) Efficiency of ovine artificial insemination in Ouled Djellal breed. In: Chentouf, M., Lopez-Francos, A., Bengoumi, M., Gabina, D., editors. Technology Creation and Transfer in Small Ruminants: CIHEAM. Series a Mediterranean seminars No. 108. p61-65.
- Taherti, M. and Kaidi, R. (2016) Body condition variations and sheep breeding systems in the region of Chlef, Algeria. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 69: 105-109.
- Martin, G.B., Blache, D., Miller, D.W. and Vercoe, P.E. (2010) Interactions between nutrition and reproduction

- in the management of the mature male ruminant. *Animal*, 4: 1214-1226.
12. Blache, D., Maloney, S. and Revell, D. (2008) Use and limitations of alternative feed resources to sustain and improve reproductive performance in sheep and goats. *Anim. Feed Sci. Technol.* 147: 140-157.
  13. MADR. (Ministry of Agriculture and Rural Development). (2015). Agricultural Statistics in 3<sup>rd</sup> edition of the International Exhibition of Biskra Dates; Ziban Chamber of Commerce and Industry and the Algerian Chamber of Commerce and Industry. Ministry of Agriculture and Rural Development, Algeria.
  14. FAO. (2012) Food and Agricultural Organization Corporate Statistical Database. FAO, Rome.
  15. Lakhdara, N., Bererhi, H., Dib, A.L. and Bouaziz, O. (2013) Effect of the incorporation of date pits in a diet composed of wheat straw and concentrate on daily gain weight of local sheep (Ouled Djellal). *Arch. Appl. Sci. Res.* 5: 164-166.
  16. Mebirouk-Boudechiche, L., Araba, A. and Ouzrout, R. (2008) Influence of the type of energy supplementation (date stones vs Barley) on fattening performances and carcass characteristics of fattening berber lambs (Influence du type de complément énergétique (rebut de dattes vs orge) sur les performances d'engraissement et caractéristiques des carcasses d'agneaux Berbères à l'engraissement). *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 61: 209-214.
  17. Meradi, S., Arbouche, F. and Arbouche, R. (2016) Fattening of the ovine Hamra breed with date by-products (Valorisation de l'engraissement de la race ovine Hamra par les sous-produits de la dattte). *Livestock Res. Rural Dev.* 28: 70.
  18. Boudechiche, L., Aissaoui, C. and Ouzrout, R. (2011) Effect of date refuse as a supplement booster for milk production from sheep (Effet des rebuts de dattes comme complément d'appoint sur la production laitière de brebis). *Algerian J. Arid Environ.* 1: 61-66.
  19. Djaalab, I., Bouaziz, O., Lakhdara, N., Djaalab, H., Haffaf, S. and Allaoui, A. (2016) Effect of the ratio of incorporation of the date wastes at the end of gestation on the blood biochemical parameters in Ouled Djellal ewes. *Arch. Appl. Sci. Res.* 8: 22-26.
  20. INRA Tables. (2007) in Alimentation Des Bovins, Ovins Et Caprins, Besoins Des Animaux-Valeurs Des Aliments. Éditions Quac, France. p307.
  21. Elalfy, M.M., Aboumosalam, M.S. and Ali, F.R. (2017) Biochemical, hematological and pathological effects of bispyribac sodium in female albino rats. *J. Vet. Sci. Technol.*, 8: 467.
  22. Maurya, V.P., Sejian, V., Kumar, D. and Naqvi, S.M.K. (2010) Effect of induced body condition score differences on sexual behavior, scrotal measurements, semen attributes and endocrine responses in Malpura rams under hot semi-arid environment. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 94: e308-e317.
  23. Belkhiiri, Y., Bouzebda-Afri, F., Bouzebda, Z. and Mouffok, C. (2017) Age and Season effects on sexual parameters in mature rams used in artificial insemination centre (Algeria). *Glob. Vet.* 18: 31-40.
  24. Shipley, C.F.B., Brian, C., Buckrell, M.J.A., Pollard, M.J. and Hunton, J.R. (2007) Artificial insemination and embryo transfer in sheep chapter 86-in current therapy. In: Large Animal Theriogenology. 2<sup>nd</sup> ed. WB Saunders, Philadelphia.
  25. Chella, L., Kunene, N. and Lehloeny, K. (2017) A comparative study on the quality of semen from Zulu rams at various ages and during different seasons in KwaZulu-Natal, South Africa. *Small Ruminant Res.* 151: 104-109.
  26. Hafez, B. and Hafez, E.S.E. (2000) Reproduction in Farm Animals. Semen Evaluation. Ch. 25. Lippincott Williams and Wilkins, USA. p368-369.
  27. Benhenia, K., Lamara, A., Fatmi, S. and Iguer-Ouada, M. (2016) Effect of cyclodextrins, cholesterol and vitamin E and their complexation on cryopreserved epididymal ram semen. *Small Ruminant Res.* 6: 9.
  28. Arrebola, F. and Abecia, J.A. (2017) Effects of season and artificial photoperiod on semen and seminal plasma characteristics in bucks of two goat breeds maintained in a semen collection center. *Vet. World*, 10: 521-525.
  29. Fernandez, M., Giraldez, F.J., Frutos, P., Lavin, P. and Mantecon A.R. (2004) Effect of undegradable protein supply on testicular size, spermogram parameters and sexual behavior of mature Assaf rams. *Theriogenology*, 62: 299-310.
  30. Alhamada, M., Debus, N., González-García, E. and Bocquier, F. (2017) Sexual behaviour in sheep is driven by body condition and the related nutritional and metabolic status. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 191: 24-30M.
  31. Khilil, Z.B., Khmissi, S., Rekik, M. and Lassoued, N. (2017) Feed supplementation improves estrus response and increases fertility of sheep induced to breed out of season. *Trop. Anim. Health Prod.*, 49: 607-612.
  32. Safdar, A.H.A., Sadeghi, A.A. and Chamani, M.D. (2017) Effects of different fat sources (saturated and unsaturated) on reproductive performance and biological indices of ewes during flushing period. *Trop. Anim. Health Prod.*, 49: 1447-1453.
  33. Tufarelli, V., Lacalandra, G.M., Aiudi, G., Binetti, F. and Laudadio, V. (2011) Influence of feeding level on live body weight and semen characteristics of Sardinian rams reared under intensive conditions. *Trop. Anim. Health Prod.*, 43: 339-345.
  34. Sakly, C., Rekik, M., Fabre, C. and Scaramuzzi, R.J. (2013) Sexual behavior of Il-de-France rams receiving a short-term flushing with lupins. In: Salem, H.B., López-Francos, A., editors. Feeding and Management Strategies to Improve Livestock Productivity, Welfare and Product Quality Under Climate Change. CIHEAM/INRAT/OEP/IRESA/FAO, (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 1 07), Zaragoza. p115-119.
  35. Argot, C., Mc, G., Smith, J.S. and Kay, R.N.B. (1999) Seasonal changes of metabolism and appetite in Soay rams. *Anim. Sci.* 69: 191-202.
  36. Maurya, V.P., Sejian, V., Singh, G., Samad, H.A., Domple, V., Dangi, S.S., Sarkar, M., Kumar, P. and Naqvi, S.M.K. (2017) In: Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J., Malik, P.K., Naqvi, S.M.K., Lal, R., editors. Significance of Body Condition Scoring System to Optimize Sheep Production (Chapter 19) in Sheep Production Adapting to Climate Change. Springer Nature Singapore Pvt Ltd., Singapore.
  37. Rekik, M., Lassoued, N., Ben Salem, H. and Mahouachi, M. (2008) Effects of incorporating wasted dates in the diet on reproductive traits and digestion of prolific D'Man ewes. *Anim. Feed Sci. Technol.* 147: 193-205.
  38. Mebirouk-Boudechiche, L. and Araba, A. (2011) Effet d'une addition de rebuts de dattes au pâturage sur les performances zootechniques de brebis berbères et de leurs agneaux. *Rev. Méd. Vét.*, 162: 111-117.
  39. Djaalab, I. (2017) Influence of Feeding on Reproduction of Small Ruminants. *Phd thesis*. Institute of Veterinary Sciences. University Mentouri Constantine 1 Algeria.
  40. Chehma, A., Longo, H.F. (2001) Valorisation des Sous-Produits du Palmier Dattier en Vue de leur Utilisation en Alimentation du Bétail. *Rev. Energ. Ren Prod. Valorisation Biomasse*, 2001: 59-64.
  41. Alhomidy, S.N., Basmaeil, S., Al- Owaimer, A.N., El-Waziry, A.M., Koohmaraie, M. (2011) Effect of feeding different amounts of discarded dates on growth and efficiency of digestion in sheep. *Aust. J. Basic. Appl. Sci.* 5: 636-64.
  42. Khezri, A., Dayani, O. and Tahmasbi, R. (2017) Effect of increasing levels of wasted date palm on digestion, rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 101: 53-60.
  43. Danaa, N., Tegegneb, A. and Shenkorua, T. (2000) Feed intake, sperm output and seminal characteristics of

- Ethiopian highland sheep supplemented with different levels of leucaena (*Leucaena leucocephala*) leaf hay. *Anim. Feed Sci. Technol.* 86: 239-249.
44. Kheradmand, A., Babaei, H. and Batavani, R.A. (2006) Effect of improved diet on semen quality and scrotal circumference in the ram. *Vet. Arhiv.*, 76: 333-341.
  45. Ghorbankhani, M., Souri, M.M., Moeini, R. and Mimahmoudi, F. (2015) Effect of nutritional state on semen characteristics, testicular size and serum testosterone concentration in Sanjabi ram lambs during the natural breeding season. *Anim. Reprod. Sci.* 153: 22-28.
  46. Blache, D., Zhang, S. and Martin, G.B. (2006) Dynamic and integrative aspects of the regulation of reproduction by metabolic status in male sheep. *Reprod. Nutr. Dev.*, 46: 379-390.
  47. Bester, N., Schwalbach, L.M.J., Merwe, H.J. van der., Greyling, J.P.C. and Fair, M.D. (2004) The influence of dietary energy concentrations on scrotal, testicular and semen characteristics of young Dorper rams. *South Afri. J. Anim. Sci.* 34: 53-55.
  48. Maurya, V.P., Sejian, V., Kumar, D. and Naqvi, S.M.K. (2016) Impact of heat stress, nutritional restriction and combined stresses (heat and nutritional) on growth and reproductive performance of Malpura rams under semi-arid tropical environment. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 100: 938-946.
  49. David, I., Kohnked, P., Lagriffoule, G., Praud, O., Plouarboué, F., Degond, P. and Druart, X. (2015) Mass sperm motility is associated with fertility in sheep. *Anim. Reprod. Sci.*, 161: 75-81.
  50. Belkadi, S., Safsaf, B., Heleili, N., Tlidjane, M., Belkacem, L. and Oucheriah, Y. (2017) Seasonal influence on sperm parameters, scrotal measurements, and serum testosterone in Ouled Djellal breed rams in Algeria. *Vet. World*, 10: 1486-1492.
  51. Benmoula, A., Badi, A., El Fadili, M., El Khalil, K., Allai, L., El Hilali, A. and El Amiri, B. (2017) Effect of season on scrotal circumference, semen characteristics, seminal plasma composition and spermatozoa motility during liquid storage in INRA180 rams. *Anim. Reprod. Sci.*, 180: 17-22.
  52. Luna-Palomera, C., Aguilar Cabrales, J.A., Peralta-Torres, J.A. and Velázquez Martínez, J.R. (2013) Effect of palm oil on growth and reproductive capacity in pubertal hair rams. *Arch. Zootec.* 62: 45-52.
  53. Kumar, D., De1, K., Saxena, V.K. and Naqvi, S.M.K. (2015) The effect of nutritional stress on sperm motion characteristics and sexual behaviour of rams in a semi-arid tropical environment. *J. Anim. Feed Sci.*, 24: 107-112

\*\*\*\*\*

## ملخص:

الهدف العام من هذا العمل هو توفير بعض العناصر اللازمة لزيادة الكفاءة التناسلية لقطعان الأغنام. وذلك من خلال تحسين القدرة الانجابية للكباش المخصبة. من أجل تحقيق هذا الهدف قمنا بإجراء تجربتين علميتين ركزنا من خلالهما على تحسين معايير معينة متعلقة بخصوبة الكباش منها :

الحالة المادية ووزن الكباش، قياسات الصفن، نوعية و كمية السائل المنوي، و القدرة الجنسية عند الكباش.

التجربة الأولى تتعلق بدراسة تأثير العلاج الهرموني عن طريق زراعة الميلا تونين على خصوبة الكباش شملت التجربة عشرون (ن=20) كبش صنف أولاد جلال (OD) قسموا بالتساوي على مجموعتين :

(M): معالج بالميلاتونين

(C): غير معالج بالميلاتونين

المعايير التالية : وزن الجسم ( Pcp )، الحالة المادية للجسم ( SBC )، محيط الصفن ( SC )، طول الصفن ( LS )، وزن الخصية ( PT ) ، و تركيز هرمون التستوستيرون في الدم ( T ) و سجلت بإنتظام لكل كبش.

بالإضافة الى ذلك، و من أجل إختبار الخصوبة في الجسم الحي ، ثلاثمئة نعجة (OD) استخدمت لتلقح من قبل كباش المجموعتين، خلال فترة التكاثر في الربيع.

زراعة الميلا تونين سمحت بتطور و نمو الخصية (  $P < 0,05$  الى  $P < 0,001$  ) و زيادة في نسبة التلقيح ( % 6.67 ) و الخصوبة ( % 9.34 ) لكنها لم تؤثر على ( T ) و على القدرة الجنسية للكباش.

التجربة الثانية شملت هدفا مزدوجا الأول هو دراسة تأثير الإضافة الغذائية على المعايير :

Pcp، SBC، SC، PT، الخصائص المنوية، T، و القدرة الجنسية.

الثاني تركز على تقييم النواتج المهملة من التمور بإدماجها في الحصاة الغذائية المركزة للكباش المخصبة.

لهذا ثمانية عشر كبشا (ن= 18) ناضج، قسموا الى ثلاث مجموعات متساوية، و تلقوا لمدة 11 أسبوعا واحد من ثلاث حصص الغذائية التالية :

(RD 0) : الحصاة الطاقوية تحوي على % 0 تمور مهملة (RD)

(RD 50) : الحصاة الطاقوية تحوي على % 50 تمور مهملة (RD)

(RD 75) : الحصاة الطاقوية تحوي على % 75 تمور مهملة (RD)

تظهر النتائج المتحصل عليها أن SC، Pcp و PT اختلفت بشكل كبير بين المجموعات (  $P < 0.001$  ) مع تسجيل أعلى المعدلات في المجموعة (RD 0) بالنسبة للمعايير Pcp، BCS، SC و PT و لحجم السائل المنوي و نسبة الحيوانات المنوية الإيجابية في إختبار HOST فنلاحظ أنها تأثرت إيجابيا بالزيادة الغذائية (  $P < 0.001$  ) في الحصاة اليومية.

من جهة اخرى ، لم تسجل أي إختلافات (  $P > 0.05$  ) بين الثلاث مجموعات فيما يخص سيمات السائل المنوي و خصائص النطفات و كذلك ( T ) بإستثناء تركيز الحيوانات المنوية حيث (RD 50) سجل أدنى المعدلات.

و أخيرا لم يؤثر لا الوقت و لا النظام الغذائي و لا نوعه على حركية و حيوية الحيوانات المنوية و لا على السلوك الجنسي للكباش.

بشكل عام يمكننا ان نستنتج أن زراعة الميلا تونين عند الكباش يمكن ان تحسن نمو الخصية و تحدث زيادة طفيفة في نسبة الخصوبة وأن إستخدام RD في النظام الغذائي المحفز عند الكباش في فترة التكاثر يسمح بزيادة القدرة على التخصيب بتكلفة أقل إرتفاعا.

## الكلمات الدالة

الكباش المخصبة ; الميلا تونين ; الخصوبة ; السائل المنوي ; الحصاة الغذائية المركزة.

## Summary

The general objective of this study is to provide elements to increase the efficiency of sheep flocks reproduction by improving the reproductive capacity of rams. For this, two experiments have been carried out. In which, the focus was on improving some parameters related to the fertility of breeding rams (body condition and weight, scrotal measurements, quality and quantity of semen and sexual ardor) in order to better manage environmental variation (diet, photoperiod and seasonality of reproduction) that can influence the reproductive performance of spawners during the natural mating.

The main aim of the first experiment is to study the effect of hormone treatments based on melatonin implants on the fertility of breeding rams. It involved a total of twenty ( $n = 20$ ) Ouled Djellal (OD) breeders distributed equally in two groups: melatonin-treated group M and untreated control group C. The following parameters: body weight (Pcp), score body condition (SBC), scrotal circumference (SC), scrotal length (LS), testicular weight (PT), and plasma testosterone concentration (T) were regularly recorded for each ram. In addition, and in order to test the *in vivo* fertility of these breeding rams, three hundred OD ewes were used for the natural mating of spring season. The treatment of rams with melatonin improved ( $p < 0.05$  to  $p < 0.01$ ) testicular development. On the other hand, fertility, fecundity and prolificacy rates did not vary significantly ( $p > 0.05$ ) between the two groups. Finally, this treatment has no influence on (T) or on (Pcp) and (SBC) of rams.

The second study has two objectives: firstly the study of the influence of the preparation of rams by a flushing diet on the following parameters: Pcp, SBC, SC, PT, (T), seminal characteristics, and libido, and secondly, the valorization of wasted date (RD) by their incorporation into the energetic ration. For this, eighteen mature OD rams were divided into three groups and received for 11 weeks one of three experimental diets each containing 0% (0 RD), 50% (50 RD) or 75% (75 RD) wasted dates incorporated in the concentrate. The results obtained show that Pcp, SC and PT differed significantly between the experimental groups ( $p < 0.001$ ), the highest averages were recorded in the group (0 RD). Pcp, SBC, SC, PT, sperm volume, and percentage of sperm positive to HOS test were ( $p < 0.001$ ) positively influenced by flushing period. No differences ( $p > 0.05$ ) between groups for sperm attributes and (T) were recorded except for sperm concentration where (50 RD) expressed the lowest overall mean. Finally, neither the time nor the type of diet affected ( $p > 0.05$ ) the motility and the viability of the spermatozoa as well as the sexual behavior of rams.

In general, we can conclude that the treatment of rams with melatonin can improve fertility and fecundity of the herd, and that the use of RD in the diet of the flushing diet remains effective to improve the reproductive performance of rams at low cost.

**Key words:** Breeding rams, melatonin, fertility, flushing ration, semen.

## Résumé

L'objectif général de ce travail, est de fournir des éléments permettant d'augmenter l'efficacité de la reproduction des troupeaux ovins par l'amélioration de la capacité reproductive des béliers. Pour cela deux expérimentations ont été réalisées, dans lesquelles nous nous sommes concentrés sur l'optimisation de certains paramètres liés à la fertilité des géniteurs mâles (état d'embonpoint, mensurations scrotales, qualité et quantité de semence et ardeur sexuelle).

La première expérimentation a pour objectif principal d'étudier l'effet des traitements hormonaux à base d'implants de mélatonine sur la fertilité des béliers géniteurs. Elle a porté sur un nombre total de vingt ( $n=20$ ) béliers de race Ouled Djellal (OD) répartis équitablement en deux lots : groupe M traité par la mélatonine et groupe C non traité qui sert de contrôle. Les paramètres suivants : Poids corporel Pcp, Score de condition corporelle SBC, Circonférence scrotale SC, Longueur scrotale LS, poids testiculaire PT, et concentration plasmatique de testostérone (T), ont été régulièrement enregistrés pour chaque bélier. De plus, et afin de tester la fertilité in vivo de ces géniteurs trois cents brebis OD ont été utilisées pour la lutte de printemps. Le traitement des béliers par la mélatonine a favorisé ( $p<0,05$  à  $p<0,01$ ) le développement testiculaire. A contrario, les taux de fertilité de fécondité et de prolificité, n'ont pas variés significativement ( $p>0,05$ ) entre les deux lots. Enfin ce traitement n'a influencé ( $p>0,05$ ) ni l'état d'embonpoint des béliers ni (T).

La deuxième expérimentation est à double objectif : le premier étant l'étude de l'influence du flushing alimentaire sur les paramètres suivants : Pcp, SBC, SC, PT, (T), les caractéristiques séminales, et la libido. Le deuxième a porté sur la valorisation des rebuts de dattes (RD)) incorporés dans la ration énergétique. Pour cela dix-huit béliers OD matures ont été répartis sur trois groupes et ont reçu pendant 11 semaines un des trois régimes expérimentaux contenant chacun: 0% (0 RD), 50% (50 RD) ou 75% (75 RD) de RD mélangés au concentré. Les résultats obtenus montrent que Pcp, SC et PT ont différencié significativement entre les groupes expérimentaux ( $p < 0,001$ ), les moyennes les plus élevées ayant été enregistrées chez le groupe (0 RD). Pcp, BCS, SC, Pt, alors que le volume de sperme et le pourcentage des spermatozoïdes à HOS test positif ont été positivement influencés par le flushing alimentaire ( $p < 0,001$ ). Pour les attributs du sperme et (T), aucune différence ( $p > 0,05$ ) entre les groupes n'a été enregistrée, sauf pour la concentration de sperme où (50 RD) a exprimé la plus faible moyenne globale. Enfin le temps et le type du régime alimentaire n'ont affecté ( $p > 0,05$ ) ni la motilité et la viabilité des spermatozoïdes, ni le comportement sexuel des reproducteurs.

De façon générale, nous pouvons conclure que le traitement des béliers par la mélatonine peut améliorer et stabiliser le développement testiculaire durant toute la période de lutte, et que l'emploi des RD dans la ration du flushing alimentaire est efficace pour augmenter les performances reproductrices des béliers à un coût moins élevé.

**Mots clé :** Béliers géniteurs, mélatonine, fertilité, flushing alimentaire, semence.