



Projet de fin d'études en vue de l'obtention du
Diplôme de Master II en reproduction animale

**Evolution histomorphométrique de l'épididyme au cours de
l'installation de la puberté chez les agneaux de race D'Man**

Présenté par

OKBA Soumia

Soutenu le Septembre 2017

Devant le jury :

Présidente :	CHAICHI W.	MAA	BLIDA 1
Examineur :	LARBI DOUKARA K.	MCB	BLIDA 1
Promotrice :	BOUKENAOUI-FERROUK N.	MCB	BLIDA 1
Co-promoteur :	FERROUK M.	MCB	BLIDA 1

Année universitaire : 2016 -2017



Projet de fin d'études en vue de l'obtention du
Diplôme de Master II en reproduction animale

**Evolution histomorphométrique de l'épididyme au cours de
l'installation de la puberté chez les agneaux de race D'Man**

Présenté par

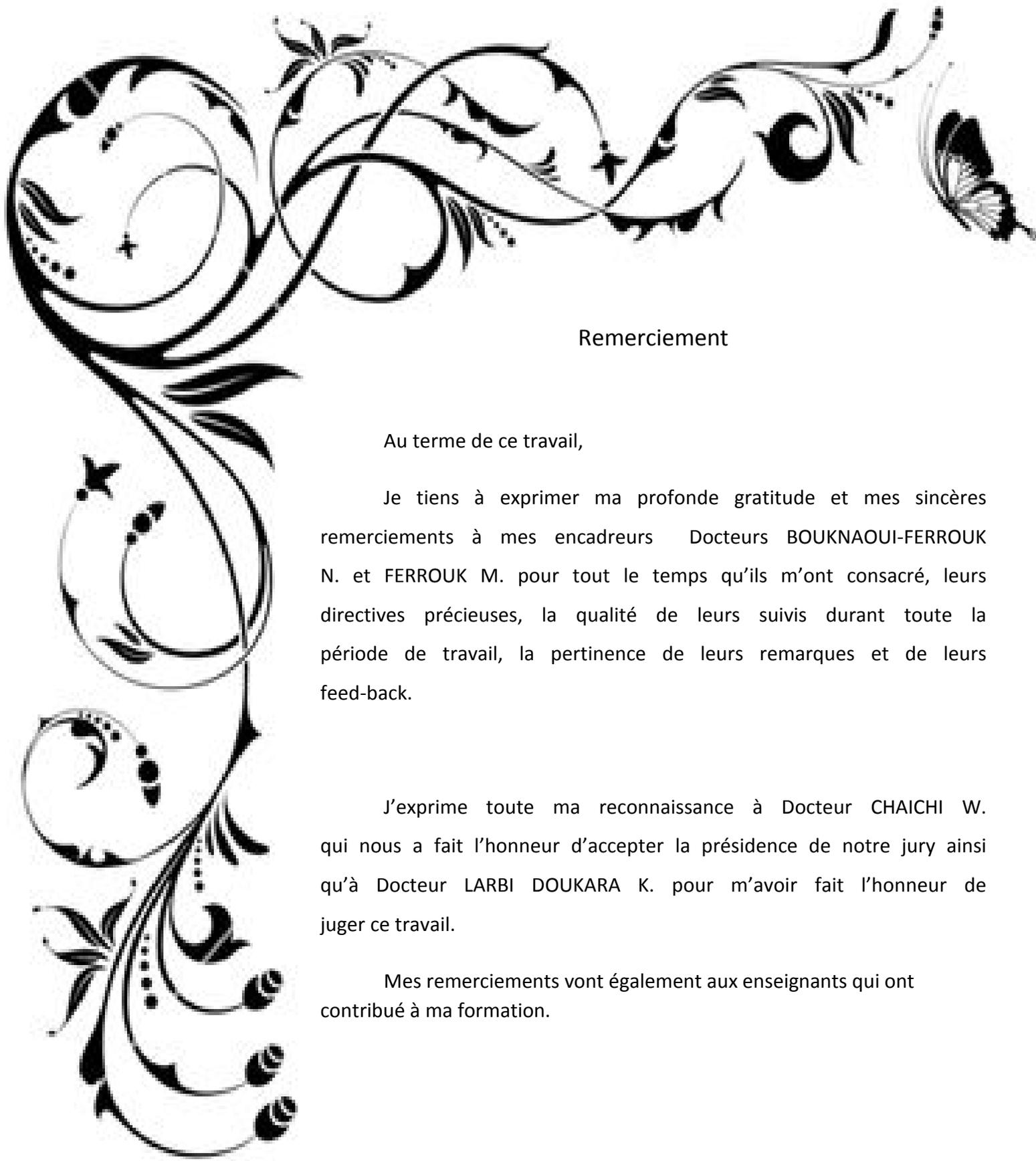
OKBA Soumia

Soutenu le Septembre 2017

Devant le jury :

Présidente :	CHAICHI W.	MAA	BLIDA 1
Examineur :	LARBI DOUKARA K.	MCB	BLIDA 1
Promotrice :	BOUKENAOUI-FERROUK N.	MCB	BLIDA 1
Co-promoteur :	FERROUK M.	MCB	BLIDA 1

Année universitaire : 2016 -2017



Remerciement

Au terme de ce travail,

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à mes encadreurs Docteurs BOUKNAOUI-FERROUK N. et FERROUK M. pour tout le temps qu'ils m'ont consacré, leurs directives précieuses, la qualité de leurs suivis durant toute la période de travail, la pertinence de leurs remarques et de leurs feed-back.

J'exprime toute ma reconnaissance à Docteur CHAICHI W. qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury ainsi qu'à Docteur LARBI DOUKARA K. pour m'avoir fait l'honneur de juger ce travail.

Mes remerciements vont également aux enseignants qui ont contribué à ma formation.

Dédicace



A ALLAH tout puissant, vous avez toujours été là, à l'écoute de ma prière.

A mes parents Mohamed et Meriem nulle phrase, aussi expressive soit-elle, ne saurait exprimer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour vous.

A mon mari que j'aime, Faouzi, l'homme de ma vie, mon âme sœur et la lumière de ma vie, la personne qui m'assiste et me soutient au quotidien et qui a su guider mes pas égarés vers un horizon plus clair, plus joyeux.

A mon beau père Abd-El-Hamid et ma belle-mère Zohra pour leurs soutiens et leurs bien accueils au sein de leurs famille.

A mes sœurs : Ismahane, Djamilia d'avoir jouées le rôle des grandes sœurs. Je vous suis profondément reconnaissant pour ce que vous avez fait pour moi. Une chose est sûre : je n'oublierais jamais.

A mes frères : Ahcen et Hocine, un énorme MERCI pour des personnes tout simplement géniales.

A mes belles sœurs : Atika et Dalila, tous les mots me manquent sauf un MERCI.

A ma nièce Khaoula et mes neveux Mohamed amine et Abd-errahmane : trois petites commettes pleines de vie et annonciatrices de beaucoup de bonheur.

A ma belle-famille pour l'amour et le respect qu'ils m'ont accordés.

Résumé

L'objectif de cette étude était d'examiner la morphométrie de l'épididyme de l'agneau D'Man pendant le développement postnatal. L'épididyme a été recueilli à partir des agneaux abattus, âgés de 2 à 5 mois. Le poids de l'épididyme a augmenté avec une différence significative à 3 mois. Le diamètre tubulaire du corps et du cauda ont augmenté respectivement de 2 à 4 mois et de 2 à 5 mois. Les diamètres luminaux des tubules épидидymaires du caput ont augmenté de manière significative à 3 mois. Les diamètres luminaux des tubules épидидymaires du corpus et de la cauda ont augmenté significativement de 3 à 4 mois respectivement. La hauteur épithéliale des tubules épидидymaires caput et cauda a augmenté significativement à 5 mois. La hauteur épithéliale des tubules épидидymaires du corpus a augmenté significativement à 3 mois.

En conclusion, les changements morphométriques pendant le développement postnatal de l'épididyme indiquent la nécessité d'un androgène pour la différenciation postnatal et le maintien de la structure de l'épididyme.

Mots-clés: Épididyme, morphométrie, développement postnatal, androgène, agneau D'Man.

ملخص

الهدفمنهذالدراسةهو لدراسةمورفولوجيالبربخلحمل عرق دمان خلالمرحلةمابعدالولادة. تمجمعالبربخمنالحملانالمذبوحة،الذينتتراوحأعمارهمبين 2 إلى 5 أشهر.ازدادوزنالبربخمعاختلافكبيرإلى 3 أشهر. قطرأنبوب البربخ على مستوى منطقةالجسموالذييزادمن 2 إلى 4 أشهرو 2 إلى 5 أشهر،علالتوالي.كذلك زادتالأقطاراللمعيةللنبيباتالبربخيةبشكلملحوظفي 3 أشهر. زادتالأقطاراللمعيةللأنابيب البربخية على مستوى منطقة الجسم و الذيلبشكلملحوظمن 3 إلى 4 أشهر،علالتوالي.ارتفع مستوالبظاهرة للأنابيب البربخية على مستوى منطقة الذيلبشكلملحوظفي 5 أشهر. ظهاريةأنبوب البربخ في مستوى منطقةالجسمزادبشكلملحوظفي 3 أشهر.فيالختام،التغيراتالمورفولوجية للبربخوالتحصينمنمستقبلاتالاندروجينخلالتطورمابعدالولادة للبربختشيرإلأهميةالاندروجينللتمايزبعدالولادةوصيانةهيكلالبربخ.

الكلماتالرئيسية:البربخ،مورفومتري،الاندروجين،التنميةبعدالولادة،حمل عرق دمان.

Abstract

The aim of this study was to examine the morphometry and the immunolocalization of androgen receptors in the epididymis of D'Man lamb during postnatal development. The epididymis was collected at the slaughtering lamb, aged of 2 to 5 month. The weight of the epididymis increased with a significant difference at 3 months. The tubular diameter of the corpus and the cauda epididymal tubules increased respectively from 2 till 4 months, and from 2 till 5 months. The luminal diameters of the caput epididymal tubules increased significantly at 3 months. The luminal diameters of the corpus and cauda epididymal tubules increased significantly from 3 and 4 months respectively. The epithelial height of the caput and cauda epididymal tubules increased significantly at 5 months. The epithelial height of the corpus epididymal tubules increased significantly at 3 months.

In conclusion, both the morphometric changes during the postnatal development of epididymis indicated the necessity of androgens for postnatal differentiation and maintaining the structure of the epididymis.

Keywords: Epididymis, morphometry, androgen, postnatal development, D'Man lamb.

Table de matières

Introduction.....	1
Partie bibliographique	
Chapitre I : Généralités sur la race ovine D'Man	
1. Situation de l'élevage ovin en Algérie.....	2
2. Origine des ovins D'Man.....	4
3. Caractéristiques de race D'Man.....	4
3.1. Systématique des ovins D'Man.....	4
3.2. Caractéristiques morphologiques de la race D'Man	5
Chapitre II : Anatomie, physiologie et physiopathologie de l'épididyme	
I. Anatomie de l'épididyme	7
I.1. Structure de l'épididyme.....	8
I.2. Vascularisation de l'épididyme.....	9
I.3. Innervation de l'épididyme.....	10
II. Physiologie de l'épididyme.....	10
II.1. Réabsorption.....	11
II.2. Concentration	11
II.3. Sécrétions.....	12
II.4. Maturation des spermatozoïdes.....	12
II.4.1. Changements morphologiques.....	12
II.4.2. Acquisition de la mobilité.....	13
II.4.3. Apparition du pouvoir fécondant.....	13
II.5. Transport des spermatozoïdes.....	14
II.6. Stockage des spermatozoïdes.....	15
III. Régulation des fonctions de l'épididyme	15
III.1. Facteurs testiculaires lumicrines.....	15
III.2. Facteurs spermatiques	16
III.3. Facteurs de croissance	16
III.4. Hormones stéroïdiennes	16
III.5. Autres facteurs	17
III.5.1. Pression	17
III.5.2. Variations thermiques	18

III.5. 3. Sécrétions épидидymaires.....	18
IV.Dysfonctionnement épидидymaire.....	18
IV.1. Epididymite aiguë	18
IV.2. Epididymite chronique	19
IV.3. Kystes.....	19
IV.5. Rupture du canal épидидymaire.....	19
IV.6. Granulome	20
V.7. Fibrose	21
Partie expérimentale	
I. Matériel et méthodes.....	22
I.1. Matériel animal.....	22
II. Protocole expérimental.....	22
III. Technique d'histologie.....	23
III.1. Coloration à l'Azan modifié.....	24
III.2. Résultats de la coloration observée au microscope photonique.....	24
III.3. Analyses des coupes histologiques.....	24
IV. Analyse statistique des résultats.....	25
V. Résultats.....	26
V.1. Evolution du poids de l'épididyme au cours de la croissance post-natal.....	26
V.2. Evolution du diamètre du tubule épидидymaire.....	26
V.3. Evolution du diamètre de la lumière des tubes épидидymaires.....	27
V.4. Evolution de l'épaisseur de l'épithélium des tubes épидидymaires.....	28
V.5. Evolution histologique de l'épididyme.....	29
V.5.1. Evolution histologique de l'épididyme proximale des agneaux âgés de 2 et 5 mois.....	30
V.5.2. Evolution histologique du corps de l'épididyme des agneaux âgés de 2 et 5 mois.....	32
V.5.3. Evolution histologique de l'épididyme distale des agneaux âgés de 2 et 5 mois.....	34
VI. Discussion.....	36
VII. Conclusion	43
Références bibliographiques.....	44

Liste des tableaux

Tableau 1 :Caractéristiques structurales et fonctionnelles des différents types cellulaires constituant l'épithélium épидидymaire chez les mammifères.....	42
---	----

Liste des figures

Figure 1 : Evolution de l'effectif national ovin d'après les statistiques agricoles (1876-2001) et FAOSTAT (1998-2008).....	2
Figure 2 : Répartition géographique des races ovines algériennes	3
Figure 3 : Bélier de race D'Man	5
Figure 4 :Appareil génital mâle des petits ruminants.....	6
Figure 5 : Coupe verticale d'un testicule.....	7
Figure 6 : Représentation schématique de l'épididyme de bélier.....	9
Figure 7 : Section de tête épидидymaire contenant un kyste.....	19
Figure 8 : Granulome interstitiel consécutif à la rupture d'un tubule épидидymaire	20
Figure 9 : Granulome céroïde, aboutissement de la dégénérescence histiocytaire.....	21
Figure 10 : Anatomie de l'épididyme.....	23
Figure 11 : Représentation schématique de la mesure du diamètre du tube, de la lumière du tube et de l'épaisseur de l'épithélium du tube épидидymaire.....	25
Figure 12 : Evolution du poids de l'épididyme au cours de la croissance post-natal chez les agneaux de race D'Man.....	26
Figure 13 :Evolution du diamètre de tube épидидymaire (μm) en fonction de l'âge chez les agneaux de race D'Man.....	27
Figure 14 :Evolution du diamètre de la lumière épидидymaire (μm) en fonction de l'âge chez les agneaux de race D'Man.....	28
Figure 15 :Evolution de l'épaisseur de l'épithélium épидидymaire (μm) en fonction de l'âge chez les agneaux de race D'Man.....	29
Figure 16 : Coupe histologique représentant les différentes cellules constituant l'épithélium du tube épидидymaire.....	30
Figure 17 :Evolution histologique de l'épididyme proximal des agneaux âgés de 2 et 5 mois.....	31
Figure 18 : Evolution histologique du corps de l'épididyme des agneaux âgés de 2 et 5 mois.....	33
Figure 19 : Evolution histologique de l'épididyme distal des agneaux âgés de 2 et 5 mois.....	35

Liste des abréviations

DHD : Dihydrotestostérone

Ed : Epididyme distal

Ec: Corps de l'épididyme

Ep : Epididyme proximal

FGF : Facteurs de croissance

G : Gramme

GGT : γ -glutamyl transpeptide

GPC : glycérophosphorylcholine

mM : millimole

Introduction

Les appareils génitaux mâles et femelles jouent un rôle déterminant dans la perpétuité des espèces. L'appareil génital mâle est formé par l'ensemble des organes chargés de l'élaboration du spermatozoïdes, de la maturation, du transport, du stockage et finalement du dépôt de celui-ci dans les voies génitales de la femelle (Barone, 1990 ; Noakes *et al.*, 2001).

La différenciation des gamètes mâles s'effectue dans le testicule. Au-delà, les spermatozoïdes ne sont pas matures : ils ne sont ni mobiles, ni féconds. Pour cela des modifications morphologiques et physiologiques sont nécessaires pour avoir des gamètes fiables pour la reproduction et surtout pour la pérennité de l'espèce. La différenciation se poursuit d'abord dans l'épididyme et constitue ce qu'on appelle «la maturation des spermatozoïdes».

Dans les situations pathologiques, l'infertilité mâle est souvent caractérisée par des spermatozoïdes dont la mobilité est réduite et qui interagissent faiblement avec l'ovule, paramètres acquis par les gamètes mâles lors de leur trajet dans l'épididyme.

Pour cela, l'objectif de notre travail est d'étudier les changements morphométriques et histologiques des différentes régions de l'épididyme au cours de la croissance postnatale chez les agneaux de race D'Man.

Ce mémoire comporte deux parties :

- Une revue bibliographique ayant pour objectif d'actualiser les connaissances sur l'anatomie, physiologie et régulation des fonctions de l'épididyme.
- Une partie expérimentale comportant le matériel et méthodes utilisés, les résultats obtenus qui sont par la suite discutés selon les données bibliographiques. Enfin, le travail est terminé par une conclusion et des perspectives.

Situation de l'élevage ovin en Algérie

Soixante-dix-huit pour cent de l'effectif total d'animaux d'élevage est constitué par le cheptel ovin (Benyoucef *et al.*, 1995 ; Benyoucef *et al.*, 2000). De 18 millions de têtes (Kerbouaet *al.*, 2003), l'effectif ovin national a subi une légère amélioration après l'indépendance malgré les problèmes persistants de sécheresse, de mortalité liée aux manque des soins vétérinaires (Chellig, 1992) et de mise en culture des parcours. Depuis l'année 1992, l'effectif national s'est stabilisé autour de 17 millions (Rondia, 2006) et depuis il n'a pas subi de grandes variations (Figure 1).

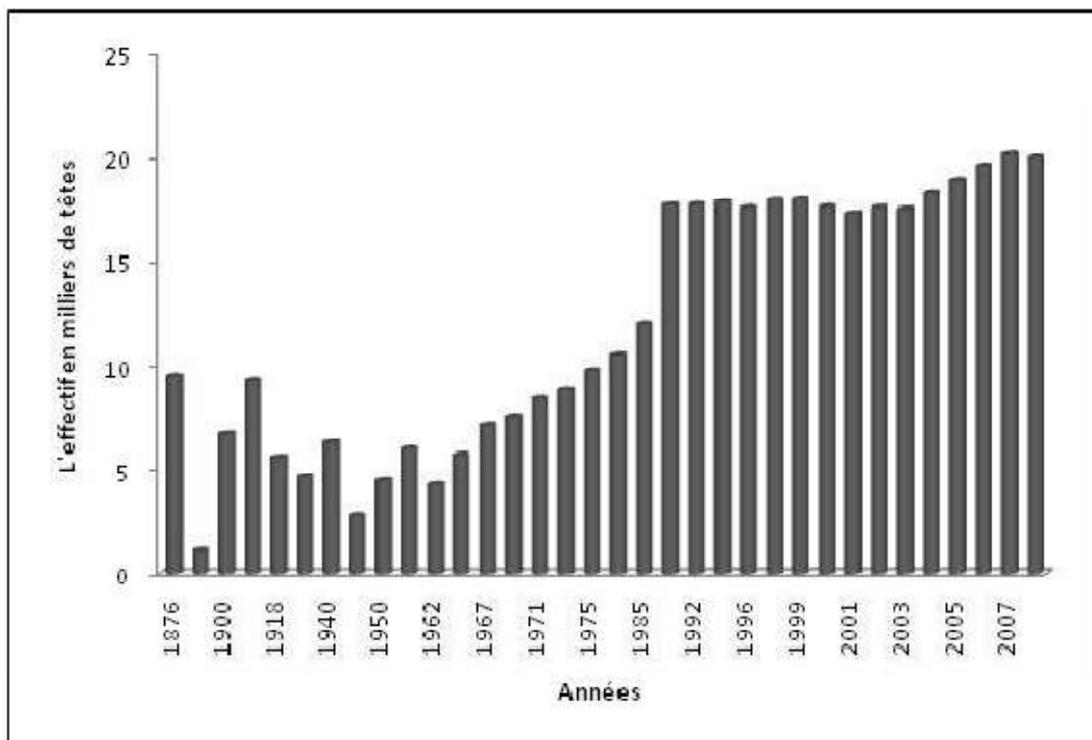


Figure 1: Evolution de l'effectif national ovin d'après les statistiques agricoles (1876-2001) et FAOSTAT (1998-2008)

Le déséquilibre observé dans la répartition de l'élevage ovin en Algérie est dû aux différents modes d'élevages utilisés qui comprend deux types nettement distincts (Figure 2): un élevage extensif nomade sur les zones steppique et saharienne, intéressant plus de 13 millions de têtes et un élevage semi-extensif sédentaire sur les hauts plateaux céréalières, le tell et le littoral intéressant environ 6 millions de têtes(Dehimi, 2005).

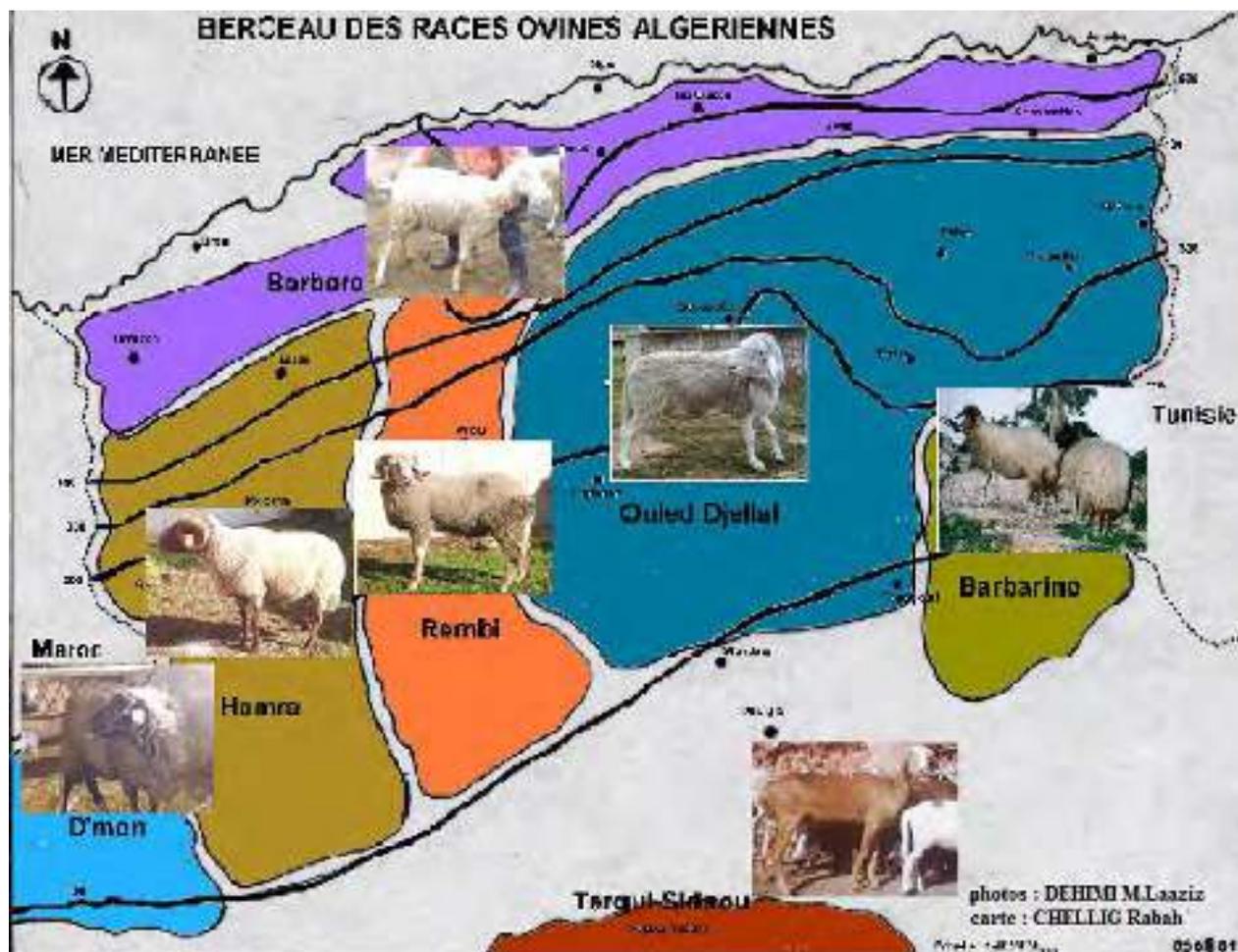


Figure 2: Répartition géographique des races ovines algériennes (Dehimi, 2005)

Le cheptel ovin, premier fournisseur en Algérie de viande rouge, est dominé par trois principales races bien adaptées aux conditions du milieu :

- La race arabe blanche *Ouled Djellal*, la plus importante, environ 58% du cheptel national, adaptée au milieu steppique, présente des qualités exceptionnelles pour la production de viande et de laine.
- La race *Rembi*, des djebels de l'Atlas Saharien, à tête et membres fauves, représente environ 12% du cheptel.
- La race rouge *Béni Ighil* (dite Hamra en rappel de sa couleur) des Hauts Plateaux de l'Ouest (21% du cheptel).
- Des races dites secondaires, à effectifs réduits, regroupant la race *Zoulai*, *D'Man*, *Barbarine*, la race *Targuia-Sidaou* et la *Taâdmit* (Chellig, 1992).

2. Origine des ovins D'man

L'élevage D'man est pratiqué également en Algérie dans les palmerais du Touat, du Tidikelt et du Gourara (Bouix et *al.*, 2002). Dans ces contrées sahariennes de l'Algérie ayant des liens historiques étroits avec le sud marocain notamment le Tafilalet, la dénomination "race de Tafilalet" a été réservée aux ovins D'Man. Le nom D'man est attribué à la couleur noire des animaux bien que d'autres phénotypes s'observent comme le brun et le blanc. D'autres dénominations ont été décrites comme "D'Man" ou "Demmane" (BOUJENANE, 2004.).

L'origine des ovins D'Man n'a pas été identifiée avec certitude. En se basant sur les ressemblances phénotypiques avec d'autres races marocaines, Barki (1974) a suggéré que la race D'Man est apparue suite à plusieurs croisements entre des races locales (Figure 3). Selon Bouix (2002), la race D'Man est issue par sélection naturelle exercée pendant plusieurs générations des ovins laineux colonisant les forêts de savane de l'Afrique Ouest.

3. Caractéristiques de race D'Man

3.1. Systématique des ovins

La systématique de l'espèce ovine est la suivante :

- Embranchement : Vertébrés
- Classe : Mammifères
- Super ordre : Ongulés
- Ordre : Artiodactyles
- Famille : *Bovidae*
- Genre : *Ovis* (Linnaeus, 1758)
- Espèce : *Ovis ovis*



Figure 3: Bélier de race D'Man (Chekkal et *al.*, 2015)

1.2. Caractéristiques morphologiques de la race D'Man

C'est une race saharienne répandue dans les oasis de l'ouest Algérien et de sud Marocain.

L'aire géographique de répartition de cette race s'étend du sud-ouest algérien (Bechar, Tindouf, Adrar) jusqu'à Ouargla (Chekkal et *al.*, 2015).

Les ovins de race D'Man sont :

- de petite taille et du type longiligne avec une ossature fine.
- à queue fine.
- tête étroite à profil légèrement busqué chez la femelle, nettement plus chez le mâle.
- couleur de la toison est hétérogène : blanche ; marron-brun à tachetées
- La brebis et le bélier ne sont pas cornus. L'absence de cornes chez le mâle différencie la race D'Man des autres races locales marocaines.
- cou long et mince et porte souvent des pendeloques chez la femelle.
- aplombs sont souvent défectueux et la toison de la race D'Man est légère, jarreuse et peu étendue (Laenser, 2005).

L'appareil reproducteur mâle (Figure 4) est formé de l'ensemble d'organes chargés d'élaborer et de déposer le sperme dans les voies génitales femelles et comprend :

- deux testicules
- des voies excrétrices génitales (canaux efférents, épididyme et canal déférent)
- des glandes annexes (vésicules séminales, prostate et glandes bulbo-urétrales)
- le pénis

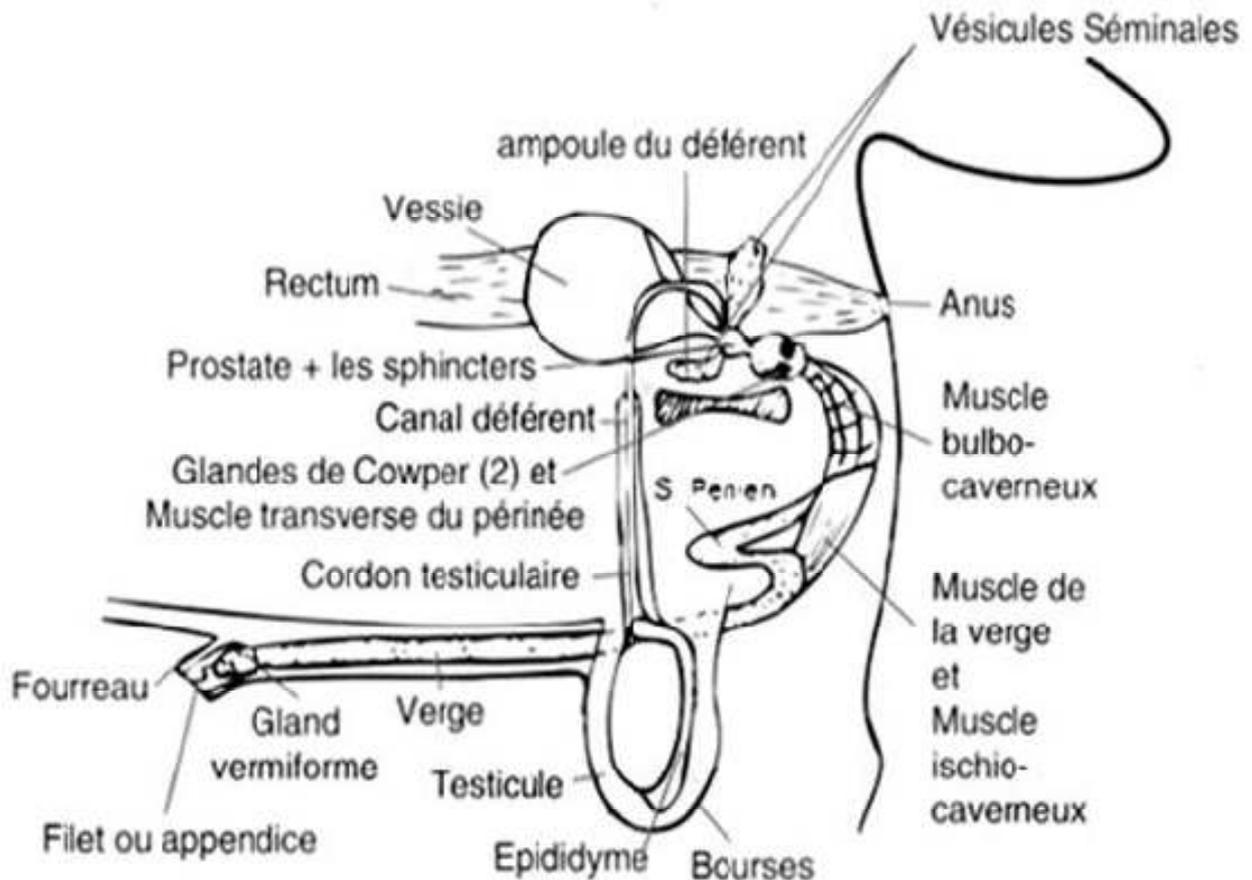


Figure 4: Appareil génital mâle des petits ruminants (Dudouet, 2003)

Les testicules des petits ruminants ont une forme ovoïde ou sphéroïde sont situés en position sous-inguinale, pendulaires, ils sont assez volumineux par rapport au format de l'animal, longuement pendants entre les cuisses (Figure 5) (Regaudie et Reveleau, 1977 ; Vaissaire, 1977; Barone, 1990). Chez le bélier, chaque testicule représente 0,4% du poids corporel soit 300g (Setchell, 1991). Il varie en fonction de l'âge, de la race, de la saison et de l'état nutritionnel (Baril *et al.*, 1993).

En générale, les deux glandes n'ont pas une situation tout à fait symétrique (le plus souvent, la gauche est située un peu plus bas ou plus caudalement que la droite) (Barone, 1978). Cette

disposition, jointe à la grande mobilité à l'intérieur des enveloppes (Habault, 1969 ; Barone, 1990), prévient la compression réciproque lors de l'adduction des cuisses (Barone, 1990).

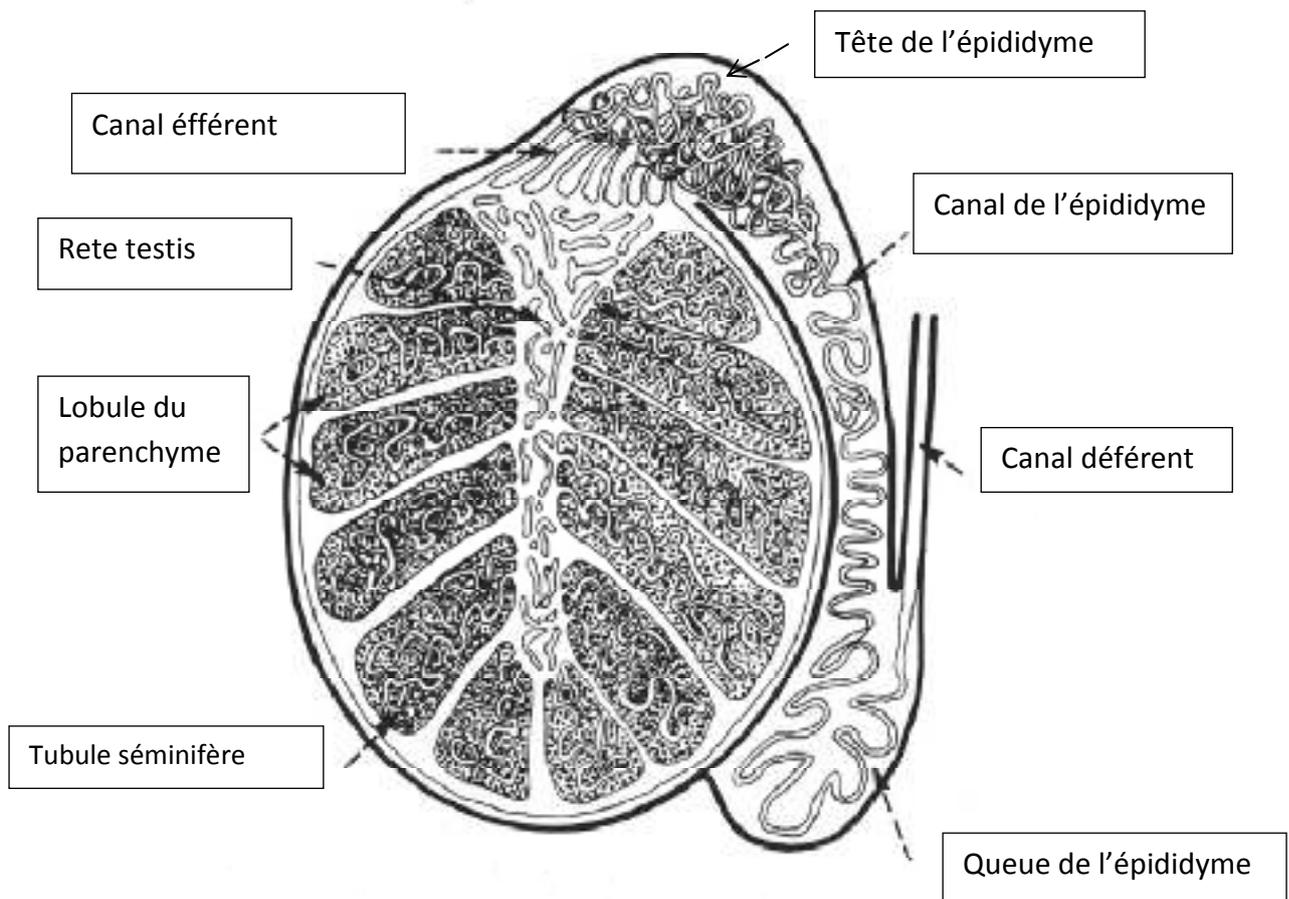


Figure 5: Coupe verticale d'un testicule (Brice et *al.*, 1995)

Les voies excrétrices de l'appareil reproducteur mâle sont composées de plusieurs tissus différents incluant les canaux efférents, l'épididyme et le canal déférent.

I. Anatomie de l'épididyme

L'épididyme, conduit unique extrêmement tortueux, reliant les canaux efférents au canal déférent. C'est l'un des principaux constituants des voies excrétrices de l'appareil reproducteur mâle (Robaire et Hermo, 1988). De longueur variable selon les espèces, chez le bélier, elle varie entre 60 mètres (Barone, 1990) et 80 mètres (Setchell, 1991).

Ce long canal flexueux, s'étend du bord postéro-supérieur du testicule, classiquement en cimier de casque, jusqu'au pôle inférieur du testicule où il devient le canal déférent

(Dacheux et *al.*, 2005). La partie proximale de l'épididyme est relié au testicule et plus particulièrement aux canaux séminifères, lieu de la formation des spermatozoïdes, par le rete testis. Le rete testis, que l'on nomme également réseau de Haller, est un système de cavités irrégulières largement anastomosées entre elles. Chez le bélier, le système lacunaire du réseau de Haller plonge dans le testicule en suivant son grand axe jusqu'au 2/3 et même aux 3 /4 de l'organe (Figure 5).

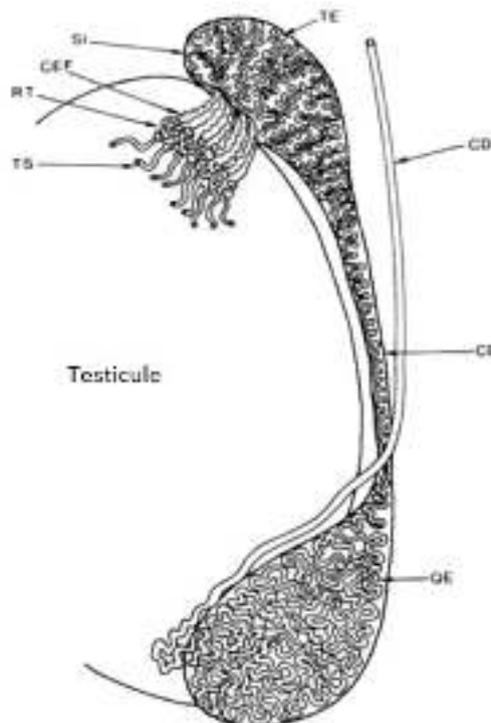
La jonction entre le rete testis et les tubes séminifères s'effectue par l'intermédiaire des canaux droits et la jonction avec le canal épидидymaire proprement dit se fait par les canaux efférents. Chez le bélier, les canaux efférents forment la majeure partie de la fraction proximale de l'épididyme (Myers-ward, 1989).

I.1. Structure de l'épididyme

Il a une forme d'une virgule, il est très flexueux et se pelotonne constituant ainsi ; la tête de l'épididyme (caput) la plus antérieure et la plus volumineuse, qui adhère intimement au testicule à son pôle supérieur, puis après un parcours plus au moins rectiligne, correspondant au corps de l'épididyme (corpus), il se pelotonne de nouveau formant ainsi sa queue (cauda) avant d'aller déboucher dans le canal déférent (Figure 6) (Bonnes *et al.*, 2005). La tête, le corps et la queue sont également sous-segmentés en parties distinctes par leur microenvironnement, formant des zones hautement spécialisées selon leurs fonctions de sécrétion, d'absorption (Dacheux et *al.*, 2005).

Les différentes régions sont divisées en segments dont le nombre varie d'une espèce à une autre. Sept segments sont décrits chez l'homme : canaux efférents, tête proximale, tête distale, corps proximal, corps distal, queue proximale, et la queue distale (Turner , 1995).Le canal déférent fait suite à la portion caudale de l'épididyme; c'est un canal régulier, d'environ 0.5 cm de diamètre, de consistance très dure. Il chemine au-dessus et en arrière de l'épididyme, dans un ensemble d'éléments qui constituent le cordon spermatique.

Le canal déférent se termine par une dilatation, l'ampoule différentielle avant de se jeter dans le conduit urogénital, l'urètre.



TS : tubes séminifères ; RT : Rete testis ; CEF : Canaux efférents ; SI : segment initial ; TE : tête ; CE : Corps ; QE : Queue ; CD : Canal déférent.

Figure 6: Représentation schématique de l'épididyme de bœuf (KATZ et *al.*, 1997)

I.2. Vascularisation de l'épididyme

Le testicule et l'épididyme sont surtout vascularisés par l'artère testiculaire anastomosée à l'artère du conduit déférent.

L'artère testiculaire naît de l'aorte abdominale donne naissance à l'artère épидидymaire qui pénètre la tête épидидymaire et s'anastomose avec les artères du conduit déférent et funiculaire (ou crémastérique). Elle se termine en deux branches, médiale et latérale, intraparenchymateuses qui se distribuent dans les septulums pour les lobules et le médiastinum testis (Dudouet, 2003).

Les veinules intraparenchymateuses se drainent dans le plexus pampiniforme qui draine aussi la tête et le corps de l'épididyme. Progressivement, le plexus devient 4 à 5 veines, puis une seule veine qui se draine dans la veine cave inférieure à droite et dans la veine rénale à gauche. Le plexus pampiniforme joue un rôle majeur dans les échanges thermiques et dans l'équilibre de la température. La variation de l'abouchement de la veine testiculaire gauche dans la veine rénale gauche explique la plus grande fréquence des varicocèles gauches (Dudouet, 2003).

Par ailleurs, il existe 4 à 5 veines funiculaires qui drainent le conduit déférent et la queue de l'épididyme dans un plexus veineux postérieur.

Les vaisseaux lymphatiques accompagnent les vaisseaux testiculaires et se drainent vers les nœuds lombaires, plus que vers les nœuds iliaques internes.

I.3. Innervation de l'épididyme

Ils ont issus des plexus aortico-rénaux et du plexus intermésentérique. Ils accompagnent l'artère testiculaire.

Il constitue un lieu de stockage, de maturation et de remaniement des spermatozoïdes. Ces rôles sont déterminés par les androgènes (Craplet et Thibier, 1977 ; Voglmayr *et al.*, 1977 ; Noakes *et al.*, 2001). C'est au niveau de l'épididyme (le corps épидидymaire) que les spermatozoïdes acquièrent leur mobilité et leur pouvoir fécondant (Chevrier et Dacheux, 1988 ; Barone, 1990 ; Setchell, 1991 ; Baril *et al.*, 1993 ; Noakes *et al.*, 2001).

Les facteurs qui conditionnent la progression des spermatozoïdes vers la portion proximale de l'épididyme sont mal connus. D'après Toothill et Young (1931) au moins quatre facteurs peuvent intervenir :

- l'action des cils vibratils bordant la lumière des canaux éfférent;
- les contractions péristaltiques du canal épидидymaire;
- la production constante du fluide testiculaire et des spermatozoïdes par les tubes séminifères;
- et enfin l'élimination des spermatozoïdes déjà formés selon le rythme des éjaculations.

Dans l'épididyme, le sperme se conserve fertile jusqu'à 40 jours après ce délai, les spermatozoïdes sont fragmentés et sont résorbés par les spermiophages (Hammond, 1961).

II. Physiologie de l'épididyme

L'épididyme possède plusieurs fonctions :

- Réabsorption de l'eau, des ions et des protéines,
- Captation et concentration des substances provenant du sang dans la lumière du tube
- Sécrétion dans la lumière des petites molécules organiques et des protéines spécifiques dont la plupart sont des enzymes.
- Maturation des spermatozoïdes
- Transport des spermatozoïdes vers le système éjaculateur,
- Stockage des spermatozoïdes

II.1. Réabsorption

L'épithélium épидидymaire réabsorbe des ions, des protéines et de l'eau. La fonction de réabsorption est très active dans la région antérieure de l'organe, entraînant une augmentation de la concentration en spermatozoïdes pour atteindre des valeurs de 5 à 8.10^9 spz/ml (Hinton et Turner, 1988).

Cette augmentation de la concentration en spermatozoïdes est la conséquence d'une très forte réabsorption de l'eau contenue dans la lumière du tube épидидymaire. Ce mouvement hydrique est accompagné par une réabsorption ionique intéressant principalement les ions de sodium.

La majorité des protéines présentes dans le liquide testiculaire disparaît dans les premières régions épидидymaires. Elles sont alors remplacées par de nouveaux composés sécrétés par les cellules de l'épithélium. Bien que cette voie d'échange soit d'importance mineure dans la composition du fluide, il a été suggéré que le passage direct de protéines sanguines à travers les cellules épидидymaires par transcytose serait une source possible d'immunoglobulines dans le fluide (Marie et *al.*, 2014).

II.2. Concentration

La carnitine présente dans le fluide est concentrée par transport actif à partir du sang. La concentration de carnitine dans le fluide augmente au cours du transit (Setchell et Maddocks, 1994). La carnitine est captée par les spermatozoïdes, transformée en acétylcarnitine qui s'accumule au cours de la maturation et sera utilisée comme substrat énergétique pour la motilité (Jeulin et Lewin, 1996). En effet, il y a une bonne corrélation entre l'accumulation de carnitine dans les spermatozoïdes, sa transformation en acétylcarnitine et l'augmentation de la motilité progressive.

L'inositol présent en grande concentration dans le fluide de la région caudale chez certaines espèces a trois origines ; Il provient du testicule, de la synthèse épидидymaire et du sang par transport actif et son rôle est incertain (Setchell et *al.*, 1994).

II.3. Sécrétion

L'épидидyme sécrète de petites molécules organiques comme la glycérophosphorylcholine (GPC) et de nombreuses protéines spécifiques dont la plupart sont des enzymes. La GPC est synthétisée dans la tête de l'épидидyme où sa concentration peut

atteindre des valeurs très élevées (40mM dans la tête proximale) mais son rôle est actuellement inconnu (Setchell et *al.*, 1994). Parmi les nombreuses enzymes : des phosphatases (acides et alcalines), des enzymes intervenant dans le métabolisme des protéines (protéases et inhibiteurs de protéases) et des sucres (glucosidases et glycosyltransférases).

Ces enzymes pourront modifier non seulement le milieu environnant les spermatozoïdes mais également leur revêtement membranaire (Marie et *al.*, 2014).

II.4. Maturation des spermatozoïdes

La maturation est l'ensemble des modifications morphologiques et physiologiques subies par les spermatozoïdes au cours de leur passage dans l'épididyme, modifications qui leur permettent d'acquérir la mobilité et le pouvoir fécondant. La durée de transit dans l'épididyme est variable selon les espèces de 8 à 15 jours.

Ces modifications sont morphologiques avec la migration de la gouttelette cytoplasmique proximale et la condensation de la chromatine stabilisée par l'augmentation des ponts disulfures au niveau des protamines. Elles sont également métaboliques (Dacheux et Dacheux, 2001).

II.4.1. Changements morphologiques

A la sortie du testicule, le spermatozoïde a une forme pratiquement définitive. Cependant, il présente un résidu cytoplasmique placé au pôle basal du noyau et appelé gouttelette cytoplasmique. Lors du transit dans la tête de l'épididyme, cette structure migre jusqu'à la pièce intermédiaire, cette migration est très rapide et se produit dans une région épидидymaire précise.

Elle se détache souvent du spermatozoïde lors de l'éjaculation (Dacheux et Paquingnon, 1987), ce phénomène est appelé spermiation.

II.4.2. Acquisition de la mobilité

A la sortie du testicule le spermatozoïde présente des mouvements lents d'oscillation du flagelle.

Le type de mobilité évolue avec la position épидидymaire (Dacheux et Dacheux, 2001) :

- dans la partie antérieure de la tête, les spermatozoïdes sont immobiles

-
- dans la partie distale de la tête, ils présentent une grande courbure statique avec quelques oscillations à l'extrémité du flagelle sans déplacement.
 - dans le corps ils présentent des mouvements transitoires selon une grande courbure, donc une distribution asymétrique des ondes entraînant des mouvements inefficaces
 - dans la queue ils produisent un mouvement mature avec une distribution symétrique des ondes de part et d'autre du flagelle permettant une trajectoire rectiligne (ce qu'on appelle « mobilité progressive » ou « fléchante »).

Ainsi l'apparition de la mobilité progressive est en rapport avec l'efficacité du battement flagellaire et en particulier avec sa fréquence qui s'accroît au cours du transit épидидymaire (Marie et *al.*, 2014).

II.4.3. Apparition du pouvoir fécondant

Au cours du transit épидидymaire, des modifications de la membrane des spermatozoïdes se produisent et leur confèrent la capacité de féconder le gamète femelle. Les changements de propriétés de la membrane et les modifications des protéines de surface constituent les principales modifications membranaires observées lors du transit épидидymaire.

L'apparition sur les gamètes mâles de sites de liaison de spermatozoïdes entre eux entraîne une agglutination potentielle des gamètes, maximale dans le corps de l'épididyme. Chez le bélier les spermatozoïdes sont agglutinés seulement *in vitro* après dilution mais pas *in vivo* grâce à une protéine spécifique, l'anti-agglutinine, qui masque les sites de liaison (Dacheux et Dacheux, 2001).

L'analyse biochimique globale des protéines de surface de la membrane des spermatozoïdes révèle trois phases importantes dans la maturation des gamètes mâles :

- une première phase de disparition des protéines testiculaires (de haut poids moléculaire) dans les premières régions épидидymaires
- une phase de transition avec apparition de protéines dans le corps amenées à disparaître dans la queue
- une troisième phase avec apparition de protéines de faible poids moléculaire et fortement sialylées, caractéristiques du spermatozoïde fécondant, dans la queue de l'épididyme.

Certaines protéines apparaissent sur le spermatozoïde testiculaire sous forme de précurseurs inactifs et subissent au cours de leur passage dans l'épididyme une maturation biochimique déclenchée par déglycosylation et/ou clivage protéique.

La membrane du spermatozoïde présente une structure classique de bicouche phospholipidique dans laquelle sont insérées des protéines. Cependant le spermatozoïde est une cellule polarisée et les protéines ne sont pas distribuées de façon homogène. On peut distinguer cinq régions spécialisées ou domaines sur un spermatozoïde mature :

- la région antérieure ou acrosome, impliquée dans l'adhésion à la zone pellucide
- le segment équatorial et la région post-acrosomique, impliquées dans la fusion à la membrane ovocytaire
- la pièce intermédiaire et la pièce principale, assurant la mobilité.

Les domaines commencent à apparaître dans le testicule et se mettent progressivement en place lors de la spermiogenèse mais ceux apparaissant tardivement dans le testicule sont modifiés au cours du transit épидидymaire (Marie et *al.*, 2014).

II.5. Transport des spermatozoïdes

L'épididyme intervient dans le transport des spermatozoïdes du testicule vers le système éjaculateur de l'animal. Les spermatozoïdes testiculaires sont entraînés en dehors des tubes séminifères par un liquide produit en continu par les cellules de Sertoli (fluide testiculaire). Le contenu de chaque tube séminifère aboutit dans la partie centrale du testicule (rete testis). La connection de cette région avec le tube formant l'épididyme s'établit grâce à une dizaine de tubules (canaux efférents). Ces canaux se rassemblent progressivement dans la région antérieure de l'épididyme.

La vitesse de passage des spermatozoïdes varie selon les régions de l'organe (Singh, 1962). Cette fonction de transport de l'épididyme est assurée par la contraction périodique de la gaine des fibres musculaires lisses entourant les tubules (Novak et *al.*, 1984).

II.6. Stockage des spermatozoïdes

La queue de l'épididyme assure la bonne conservation du pouvoir fécondant des spermatozoïdes, et il nous est indispensable d'en connaître le mode d'acquisition. L'absence d'androgènes annihile rapidement la capacité fonctionnelle des spermatozoïdes, sans doute en raison de changements profonds qui surviennent dans la composition chimique du liquide.

Par ailleurs, leur viabilité peut être altérée par certains facteurs tels que la chaleur, même en l'absence de changements sensibles dans la composition du milieu. Il est également de connaître avec plus de précision la pression partielle de l'oxygène dans la lumière de l'épididyme ainsi

que la pression osmotique du liquide afin de bien saisir le problème posé par la conservation des spermatozoïdes dans les voies génitales.

Les spermatozoïdes ne survivent cependant indéfiniment dans l'appareil génital masculin et l'ablation des testicules les fait rapidement disparaître même des régions complètement isolées par la ligature. Les mécanismes en jeu sont inconnus, et donc on ignore totalement s'ils interviennent chez les sujets intacts au cours de longues périodes d'inactivité sexuelle ou après vasectomie (Hamilton, 1971).

III. Régulation des fonctions de l'épididyme

Il existe une fine régulation sous le contrôle de plusieurs facteurs.

III.1. Facteurs testiculaires lumicrines

Le fluide, produit par les cellules de Sertoli et les cellules germinales, baignant les spermatozoïdes à leur sortie du rete-testis est riche en diverses molécules, dont les facteurs de croissance (FGF) et hormones stéroïdiennes couplés à des transporteurs (Cotton *et al.*, 2008). Des expériences d'ablation du testicule ou d'obstruction du vas efférent chez le rat et la souris, empêchant ainsi le passage du fluide et des spermatozoïdes du testicule vers l'épididyme, a résulté en une variation de l'expression des gènes épидидymaire, une baisse de la synthèse et sécrétion protéique et à de l'apoptose dans le segment initial (Holland *et al.*, 1992 ; Fan et Robaire, 1998 ; Hinton *et al.*, 1998 ; Lan *et al.*, 1998 ; Hermo *et al.*, 2000). Ces variations ne sont pas uniquement imputables aux hormones stéroïdes puisqu'un apport d'androgènes ne permet pas de renverser le phénotype apoptotique (Fawcett et Hoffer, 1979). Les facteurs impliqués dans cette régulation sont encore inconnus, mais des pistes mènent aux facteurs de croissance (Lan *et al.*, 1998) et à l'influence des spermatozoïdes eux-mêmes.

III.2. Facteurs spermatiques

Reyes-Moreno *et al.* (2008) ont pu montrer l'influence proliférative, température dépendante, des spermatozoïdes éjaculés, débarrassé du fluide séminal, sur des cultures primaires de cellules de l'épithélium de tête, du corps et de la queue de l'épididyme. Le facteur spermatique réel n'est lui aussi pas spécifiquement identifié, mais des évidences penchent sur l'activité de l'aromatase (production d'oestrogènes à partir de testostérone) présente sur les spermatozoïdes. L'oestrogène produit activerait plusieurs gènes de l'épididyme (Hess *et al.*,

1995) impliqués dans la résorption de l'eau (Belleannée *et al.*, 2009). Les spermatozoïdes testiculaires possèdent aussi l'enzyme gACE (germinal Angiotensin I-Converting Enzyme) qu'ils libèrent dans le fluide épидидymaire (Metayer *et al.*, 2002). Cette enzyme convertit l'angiotensine I en angiotensine II qui est impliquée dans la réabsorption de l'eau.

III.3. Facteurs de croissance

Le testicule produit, de façon continue, les facteurs de croissance qui sont utilisés par les cellules de l'épithélium du segment initial de l'épididyme. L'ajout de FGF2 (Fibroblast Growth Factor 2) à une expérience d'obstruction du canal efférent, permet de restaurer l'activité de l'enzyme GGT (γ -glutamyl transpeptidase) (Lan *et al.*, 1998). Cela implique donc une régulation de l'expression des gènes via les récepteurs à FGF (Fgfr) dans le segment initial (Kirby *et al.*, 2003). L'activation de la voie des récepteurs à FGF permettrait le maintien des voies de signalisations anti-apoptotiques dans le segment initial.

III.4. Hormones stéroïdiennes

Produite en grande quantité par les cellules de Leydig, la testostérone atteint l'épididyme par le fluide luminal et par la circulation sanguine. Elle joue un rôle très important dans le maintien de la structure de l'épididyme. Elle est impliquée dans les fonctions telles que le métabolisme, le transport d'ions, la synthèse et sécrétions des protéines épидидymaires ainsi que la maturation spermatique (Bilinska *et al.*, 2006). La testostérone dans le fluide est couplée à des ABP (androgen binding protein), elles aussi d'origine testiculaire (Danzo *et al.*, 1977), qui permettent l'internalisation de la testostérone dans les cellules principales de la tête de l'épididyme où l'effet des androgènes est le plus marqué (Sipila *et al.*, 2006 ; Hamzeh et Robaire, 2010). La testostérone γ est métabolisée par la 5-alpha réductase en DHT (Dihydrotestostérone) biologiquement plus actif ou en E2 (œstrogène) par l'aromatase que l'on retrouve aussi dans les spermatozoïdes (Joseph *et al.*, 2011).

Le rôle des androgènes ne se limite pas qu'à la régulation de l'expression génique, mais aussi à la survie cellulaire (Fan et Robaire, 1998).

L'œstrogène produit par l'aromatase testiculaire ou présent dans les spermatozoïdes, se fixe sur les récepteurs à œstrogène (ESR1 ou ESR2) qui à leurs tours se fixent sur les éléments de réponse aux œstrogènes (ERE) présents sur la région promotrice des gènes. L'œstrogène cible les gènes impliqués dans l'équilibre hydrique de la lumière de l'épididyme (AQP9; Angiotensine

II) (Bilinska *et al.*, 2006 ;Joseph *et al.*, 2011). Certains gènes possèdent des éléments de réponse aux androgènes et aux œstrogènes (AQP9), ce qui implique la nécessité d'un contrôle minutieux du niveau de ces deux hormones notamment par l'inactivation de l'E2 via sa sulfatation par l'enzyme EST chez le bovin (Frenette *et al.*, 2009).

III.5. Autres facteurs

III.5.1. Pression

La vasectomie est une intervention chirurgicale consistant à rompre la continuité entre la partie distale de la queue de l'épididyme et le vas déférent, obstruant ainsi la queue distale et empêchant le passage des spermatozoïdes lors de l'éjaculation. Les études ont montré une variation dans le profil d'expression de certains gènes épидидymaux suite à cette intervention (Thimon *et al.*, 2008, Sullivan *et al.*, 2011, Belleannee *et al.*, 2013). Ces variations peuvent être imputées à l'augmentation de la pression intraluminale exercée par les spermatozoïdes et le fluide qui s'accumule au niveau de la queue obstruée. Légare *et al.* (2001) ont montré un déplacement de la région d'expression du gène DCXR de la région du corps (région d'expression normale) vers les régions plus proximales. Ils ont postulé que cette variation serait due à la modification morphologique subie par l'épithélium de l'épididyme. Ces modifications ne touchent pour autant pas tous les gènes (Legare *et al.*, 2004).

III.5.2. Variations thermiques

La température joue un rôle important dans la physiologie de la reproduction chez les mammifères et cela s'observe par le positionnement extérieur des gonades mâles (testicules) dans le scrotum (sauf le cas de l'éléphant) à une température 1 à 2 °C inférieure à celle de l'organisme (Bedford, 1991 ;Wang *et al.*, 1997). De même que la spermatogenèse (cas de cryptorchidie), il a été démontré que le stockage des spermatozoïdes dans la queue de l'épididyme et les sécrétions protéiques par les cellules épидидymaires sont sensibles à la température (Bedford et Yanagimachi, 1991 ;Regalado *et al.*, 1993 ;Reyes-Moreno *et al.*, 2008). Lorsque la température de l'épididyme augmente pour atteindre celle de l'organisme, on observe une surexpression des gènes bcl-2 et bax, appartenant à la famille de gènes proapoptotique BCL2, et une induction de l'apoptose des cellules principales de l'épithélium (Jara *et al.*, 2002).

III.5. 3. Sécrétions épидидymaires

Les sécrétions épидидymaires sont contenus dans des structures appelées épидидymosomes. Le flux du fluide épидидymaire est continu. Les protéines produites par les cellules en amont sont acheminées en aval où elles agissent sur les spermatozoïdes ou sur les cellules de l'épithélium dressant ainsi un réseau de communication. Les microvésicules produites par les cellules principales contiennent des molécules, protéines et microARNs destinés aux spermatozoïdes, pour leur maturation, mais aussi aux cellules épithéliales situées en aval (Belleannée *et al.*, 2013).

La présence des microvillosités apicales permet aux cellules de percevoir toutes modifications de ces différents facteurs dans la lumière de l'épидидyme et de réagir en conséquence (Shum *et al.*, 2008 ; Shum *et al.*, 2009).

IV. Dysfonctionnement épидидymaire

IV.1. Epididymite aiguë

Elle est histologiquement caractérisée par de l'œdème interstitiel, un afflux de polynucléaires dans la lumière des tubes épидидymaires et dans l'interstitium. Le processus s'accompagne d'une congestion vasculaire et parfois d'un exsudat fibreux (Schoysman, 1975).

IV.2. Epididymite chronique

Elle est caractérisée par une infiltration inflammatoire de type lymphocytaire, une fibrose dont l'importance varie selon la durée d'évolution du processus pathologique, des micro-abcès plus ou moins enkystés et des remaniements de l'épithélium des canaux épидидymaires (métaplasie, formes syncytiales, noyaux bizarres). Les agents les plus fréquemment mis en cause sont l'E. Coli, le streptocoque, le staphylocoque, le pneumocoque. (Schoysman, 1975).

IV.3. Kystes

Ils sont localisés ou diffus. Au niveau du kyste, on observe une modification de l'épithélium du canal épидидymaire. Celui-ci est le plus souvent aplati. Le microscope électronique n'a pas démontré d'altération des jonctions inter-cellulaires. Selon leur localisation et leur importance les kystes entraînent la formation de blocs (Figure 7) (Schoysman, 1976).

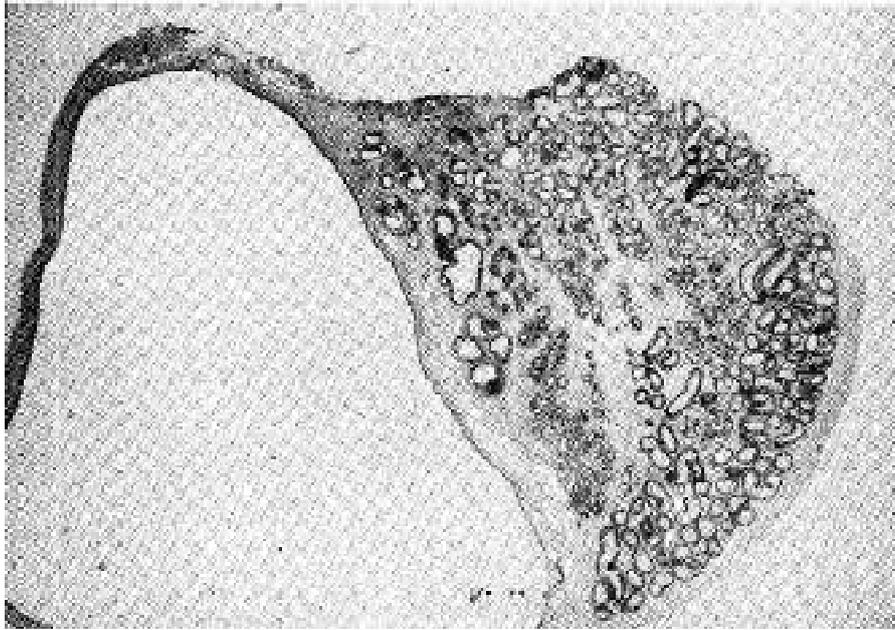


Figure 7: Section de tête épидидymaire contenant un kyste (Schoysman, 1976)

IV.4. Rupture du canal épидидymaire

La rupture du canal entraîne une extravasation de spermatozoïdes au niveau de l'interstitium, ceux-ci suscitent une réaction inflammatoire granulomateuse ou non. Au moment du prélèvement l'infiltrat inflammatoire est le plus souvent discret et de type lymphocytaire. Il n'est observé qu'au niveau du tissu fibreux cicatriciel (Schoysman, 1976).

IV.5. Granulome

Le granulome est une formation bien individualisée, essentiellement constituée par une prolifération d'histiocytes. Le granulome est accompagné ou non de cellules géantes. La partie centrale du granulome peut être nécrosée. La prolifération est parfois exubérante et peut atteindre une taille de plusieurs centimètres. Au départ le granulome est centré sur des spermatozoïdes (Figure 8). Petit à petit ceux-ci sont digérés par les histiocytes et laissent en place des acides gras. Il se forme à ce moment des granulomes céroïdes (Figure 9). Ces granulomes sont présents dans 2,6 % du matériel autopsique et dans plus de 15 % des cas de vasectomie (Schoysman, 1984).

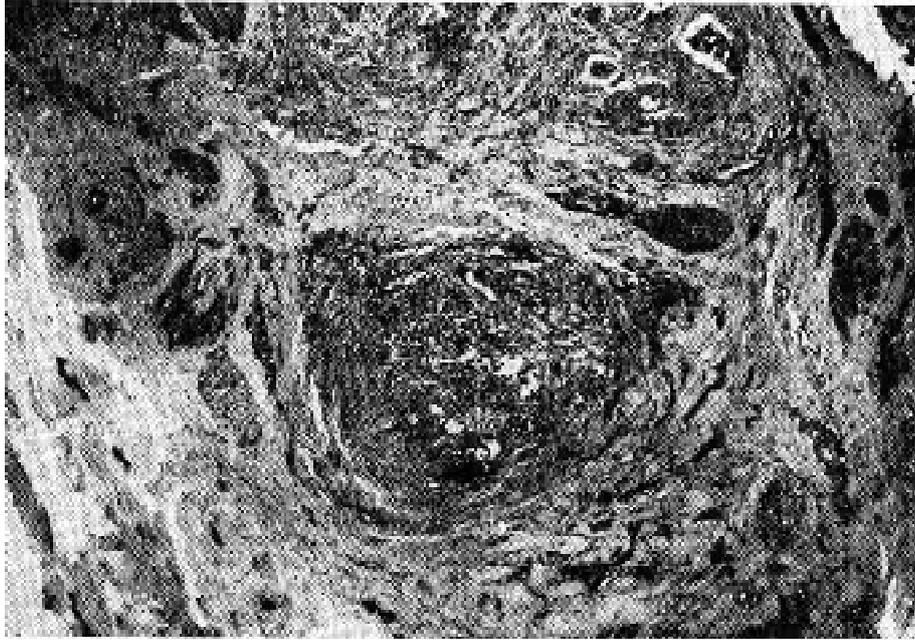


Figure 8: Granulome interstitiel consécutif à la rupture d'un tubule épидидymaire (Schoysman, 1984)

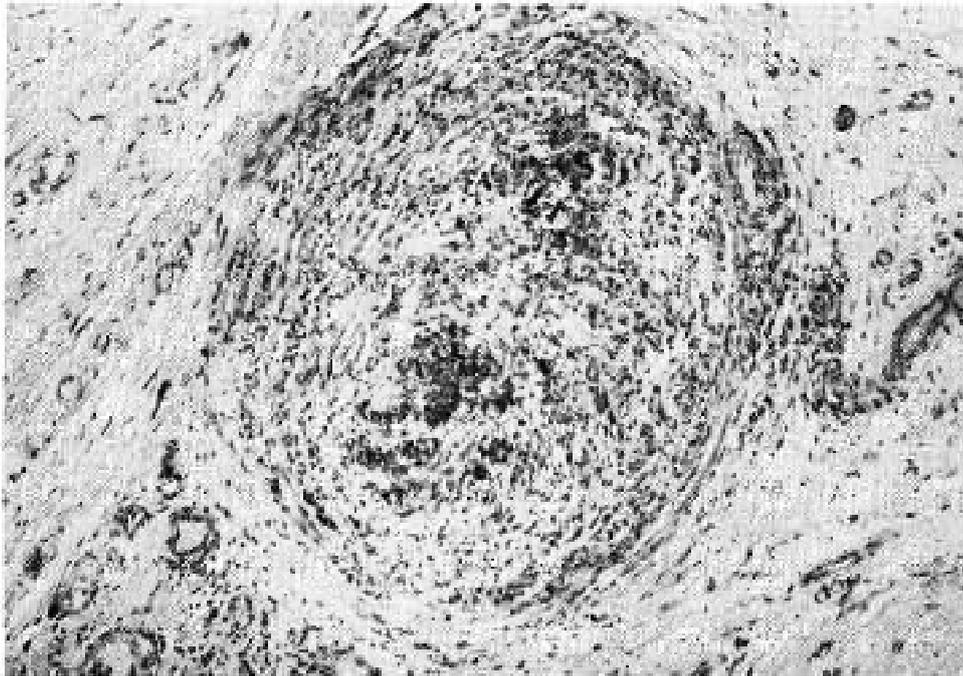


Figure 9: Granulome céroïde, aboutissement de la dégénérescence histiocyttaire (Schoysman, 1984)

V.6. Fibrose : la fibrose remplace progressivement le matériel inflammatoire par une cicatrice modifiant la topographie des tubes, cette fibrose comprend une prolifération de fibres de collagène et de fibres d'élastine (Schoysman, 1984).

I. Matériel et méthodes

I.1. Matériel animal

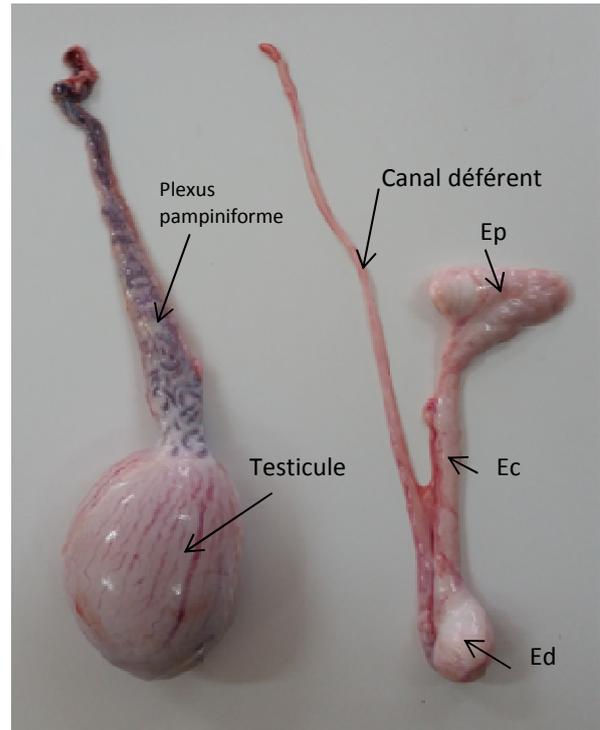
Notre travail a porté sur les agneaux de race ovine D'Man élevée dans un système semi-intensif à la station expérimentale d'El Menia (المنبوعة) (anciennement El Goléa) (30° 34' N., 02° 52' E.), qui est une commune de la [wilaya de Ghardaïa](#) en [Algérie](#). Cette zone est située à 267 km au sud-ouest de [Ghardaïa](#).

L'effectif total est de 12 agneaux, et pour chaque mois d'âge 3 agneaux sont sacrifiés.

II. Protocole expérimental

Au cours de cette expérimentation les agneaux sont soumis aux conditions de température et de lumière naturelles de la région et le jeune agneau reste près de sa mère jusqu'à l'âge de 3 mois qui correspond à l'âge du sevrage. Les animaux sont nourris à l'orge, luzerne fraîche et la paille d'orge. L'eau est mise à leur disposition *ad libitum*.

Mesures effectuées : Nous avons travaillé sur des agneaux de race «D'Man ». Après abattage, l'ensemble testicule-épididyme droit et gauche sont prélevés sur des agneaux âgés de 2, 3, 4 et 5 mois. L'épididyme est séparé du testicule puis pesé (Figure 10). Chaque région est identifiée et coupée puis fixées dans du formol tamponné (4%) avec le PBS pour l'étude histologique.



Ep : épидидyme proximal ; Ec : corps de l'épididyme ; Ed : épидидyme distal

Figure 10: Anatomie de l'épididyme

III. Technique d'histologie

- Les épидидymes prélevés sont immédiatement placés dans des cassettes d'histologie portant les références de l'animal puis immergés dans le formol tamponné dilué à 10 % pendant plus de 24h (dilution finale 4%).
- Après fixation, elles sont déshydratés dans des bains d'alcool à concentration décroissante (100, 96 et 70°), puis sont éclaircis et imprégnés dans des bains respectifs de xylène et de paraffine.
- Par la suite, les prélèvements sont inclus en paraffine pour confectionner des blocs de paraffine
- Après la confection des blocs, les prélèvements sont coupés au microtome avec une épaisseur de coupe de 5 μm .
- Afin de ne pas laisser de plis, les coupes sélectionnées sont déposées dans un bain-marie (42°C) et sont récupérées sur une lame porte objet d'histologie
- Enfin, les lames sont séchées à l'étuve (37°C) pendant 24 heures.

III.1. Coloration à l'Azan modifié

Les étapes de la coloration, après déparaffinage et hydratation des coupes, sont les suivantes :

- Rouge nucléaire : 15 mn
- Eau : rincer
- Orange G molybdique : 5 mn
- Eau : rincer
- Bleu d'aniline : 2 à 5 mn
- Eau distillée (elle élimine du bleu) : rincer
- Déshydratation : Ethanol 95°; 100°; Xylène
- Montage : Eukitt

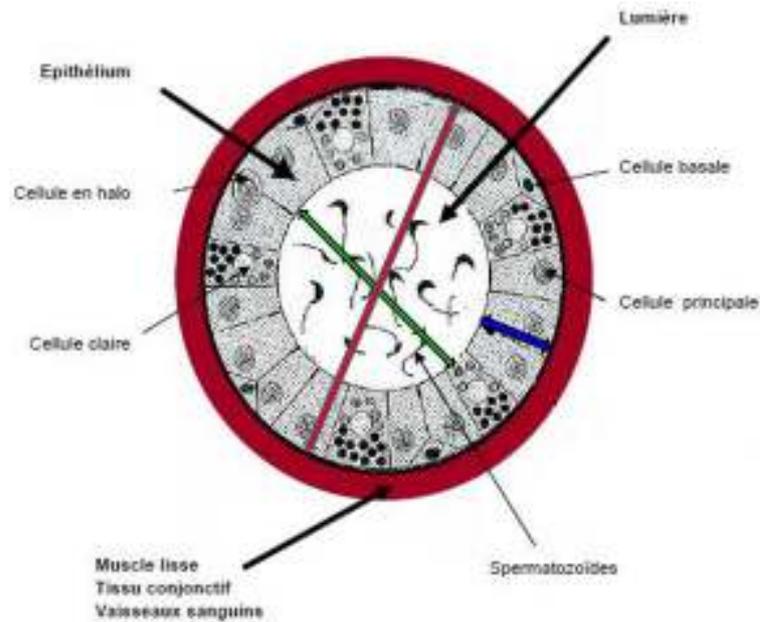
III.2. Résultats de la coloration observée au microscope photonique

- Les noyaux sont rouges.
- certains cytoplasmes sont rouges d'autres sont jaunes ou gris.
- Le collagène et les mucopolysaccharides acides sont bleus.
- Les sécrétions peuvent être de différentes couleurs selon leurs natures.

III.3. Analyses des coupes histologiques

Des sections de tissu pour la photomicroscopie ont été observées et photographiées en utilisant un programme informatique de microscope optique Nikon Eclipse E 400 éclipse de Nikon reliée à un appareil photo numérique 1200 de Nikon DXM. Par la suite, des mensurations ont été réalisées au niveau des différentes régions de l'épididyme à savoir la tête, le corps et la queue (Figure 11).

Les diamètres des tubules et de la lumière de l'épididyme ont été mesurés sur 10 sections transversales par animal. La hauteur des cellules épithéliales a été mesurée de la membrane basale à la membrane apicale en coupe transversale de 10 tubules.



↔ : Diamètre du tubule ; ↔ : Diamètre de la lumière tubulaire ; ↔ : Epaisseur de l'épithélium tubulaire

Figure 81 : Représentation schématique de la mesure du diamètre du tube, de la lumière du tube et de l'épaisseur de l'épithélium du tube épidermique

IV. Analyse statistique des résultats

Les résultats numériques sont représentés sous forme de moyenne arithmétique accompagnée de l'erreur standard à la moyenne (ESM).

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

✓ **Erreur standard à la moyenne :**
$$ESM = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$
 avec
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Où : x_i : valeurs individuelles

n : nombre de valeurs

σ : écart-type

V. Résultats

V.1. Evolution du poids de l'épididyme au cours de la croissance post-natal

À l'âge de 2 mois, le poids moyen de l'épididyme est de $2,8 \pm 0,03$ g. Puis, il augmente progressivement pour atteindre un poids de $10,7 \pm 0,07$ g à l'âge de 5 mois après la naissance (Figure 12).

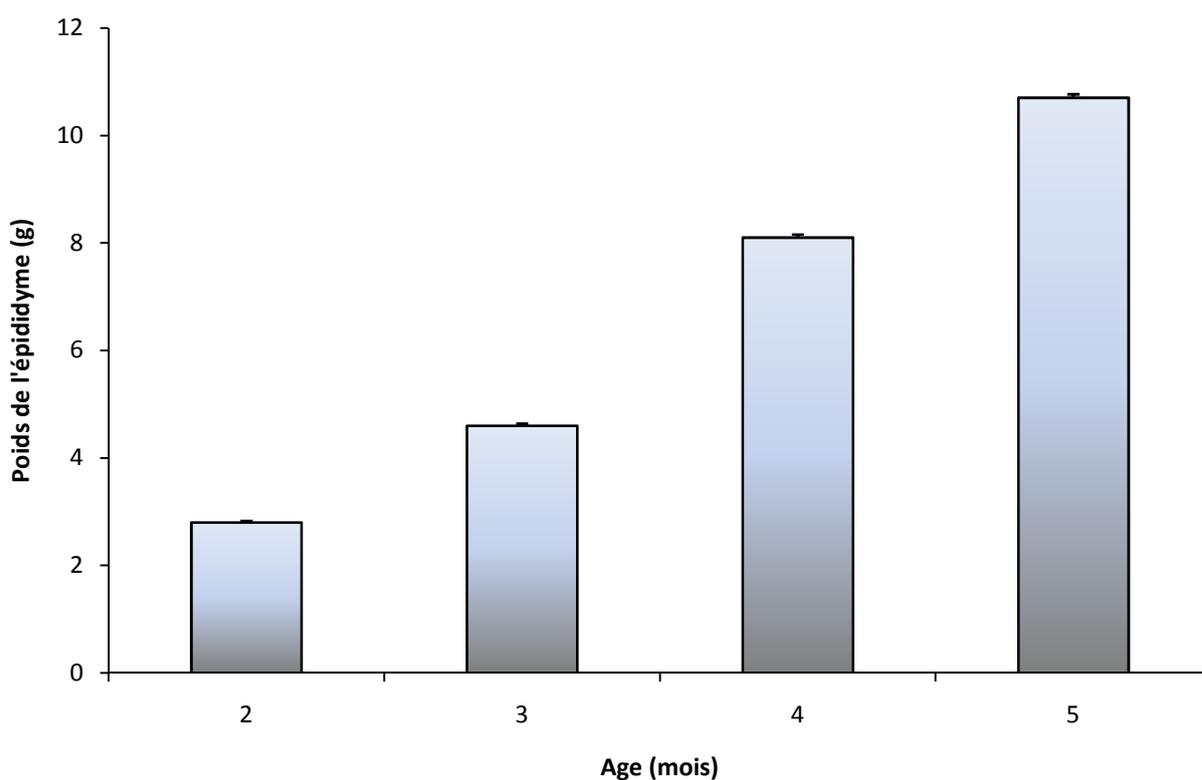


Figure 9: Evolution du poids de l'épididyme au cours de la croissance post-natal chez les agneaux de race D'Man

V.2. Evolution du diamètre du tubule épидидymaire

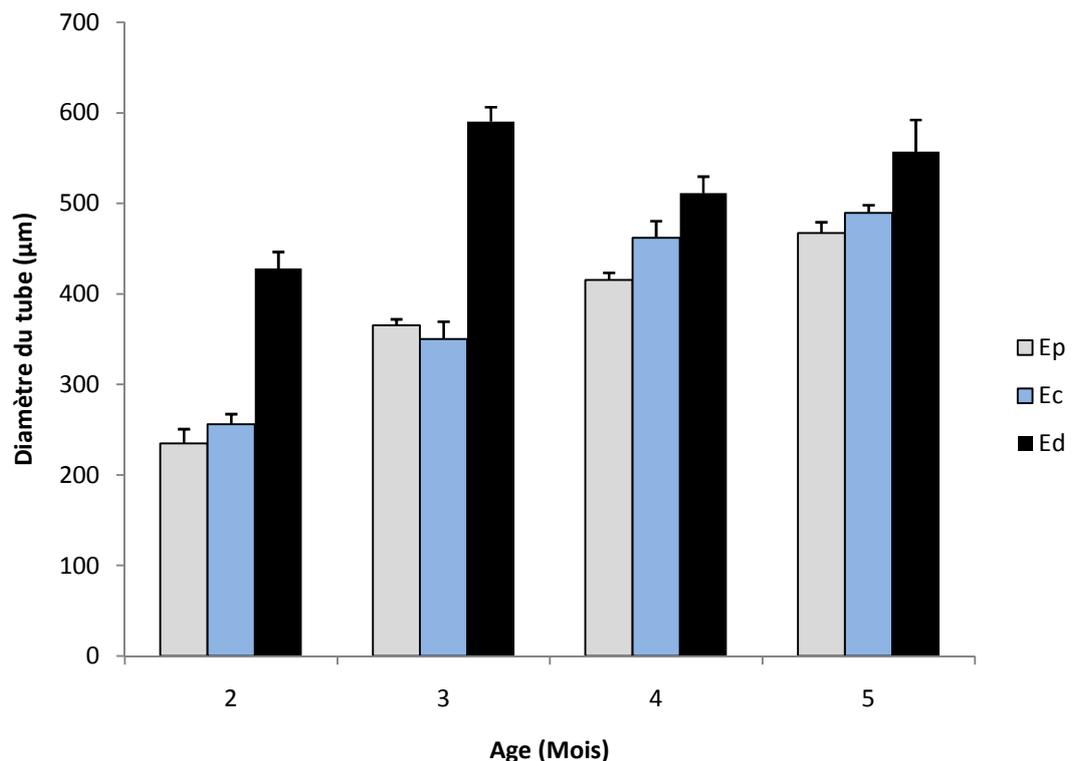
L'évaluation des effets de l'âge sur le diamètre tubulaire, le diamètre luminal et la hauteur épithéliale de l'épididyme est illustrée aux figures ci-dessous. Les mesures des diamètres tubulaires et luminaux et la hauteur épithéliale ont montré des différences régionales dans les trois régions de l'épididyme.

Epididyme comprend trois segments différents; épididyme proximal, le corps de l'épididyme et l'épididyme distale.

Le diamètre du tube de segment proximal a connu une augmentation de 235 approximativement $\pm 16 \mu\text{m}$ à l'âge de 2 mois, jusqu'au $467 \pm 12 \mu\text{m}$ à l'âge de 5 mois.

Et le diamètre du tubule du corps de l'épididyme a passé d'une valeur de $256 \pm 11.5 \mu\text{m}$ à l'âge de 2 mois, à une valeur de $489 \pm 9 \mu\text{m}$ à l'âge de 5 mois.

Tandis que l'épididyme distale montre une augmentation en passant de $428 \pm 18 \mu\text{m}$ (à 2 mois) à $590 \pm 16 \mu\text{m}$ à 3 mois. Suivi d'une diminution qui atteint une valeur de $511 \pm 18 \mu\text{m}$ pour augmenter jusqu'à une valeur de $557 \pm 35 \mu\text{m}$ à l'âge de 5 mois (Figure 13).



Ep : épididyme proximal, Ec : Corps de l'épididyme, Ed : épididyme distal

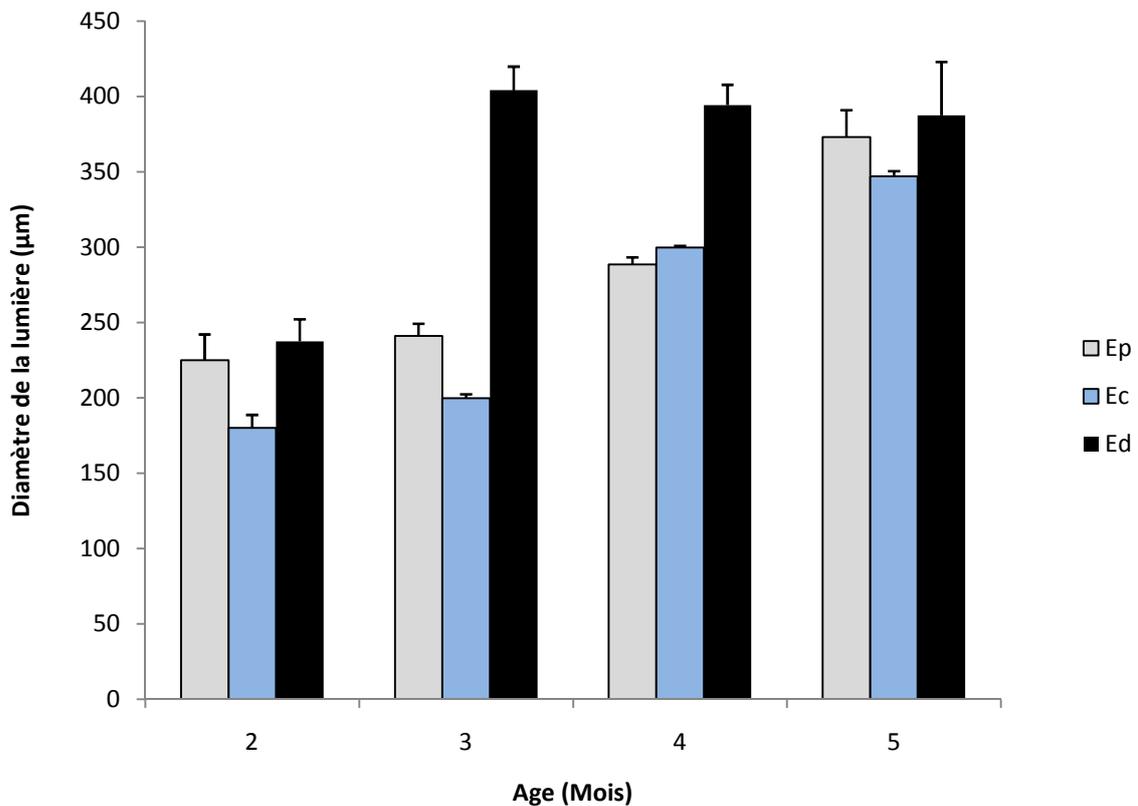
Figure 10: Evolution du diamètre de tube épididymaire (μm) en fonction de l'âge chez les agneaux de race D'Man

V.3. Evolution du diamètre de la lumière des tubes épididymaires

Le diamètre moyen de la lumière épididymaire de l'épididyme proximal est de $225 \pm 17 \mu\text{m}$ à l'âge de 2 mois, après il augmente au cours des mois pour atteindre le diamètre de $373 \pm 18 \mu\text{m}$ à 5 mois.

De même le diamètre moyen de la lumière du corps de l'épididyme augmente et passe d'une valeur de $180 \pm 8 \mu\text{m}$ (à 2 mois) à une valeur de $347 \pm 3 \mu\text{m}$ à 5 mois.

Alors que l'épididyme distal témoigne à l'âge de 2 mois une augmentation de $237 \pm 15 \mu\text{m}$ à $404 \pm 16 \mu\text{m}$ à 3 mois. Après il diminue progressivement pour atteindre la valeur de $388 \pm 35 \mu\text{m}$ à l'âge de 5 mois (Figure 14).



Ep : épидидyme proximal, Ec : Corps de l'épididyme, Ed : épидидyme distal

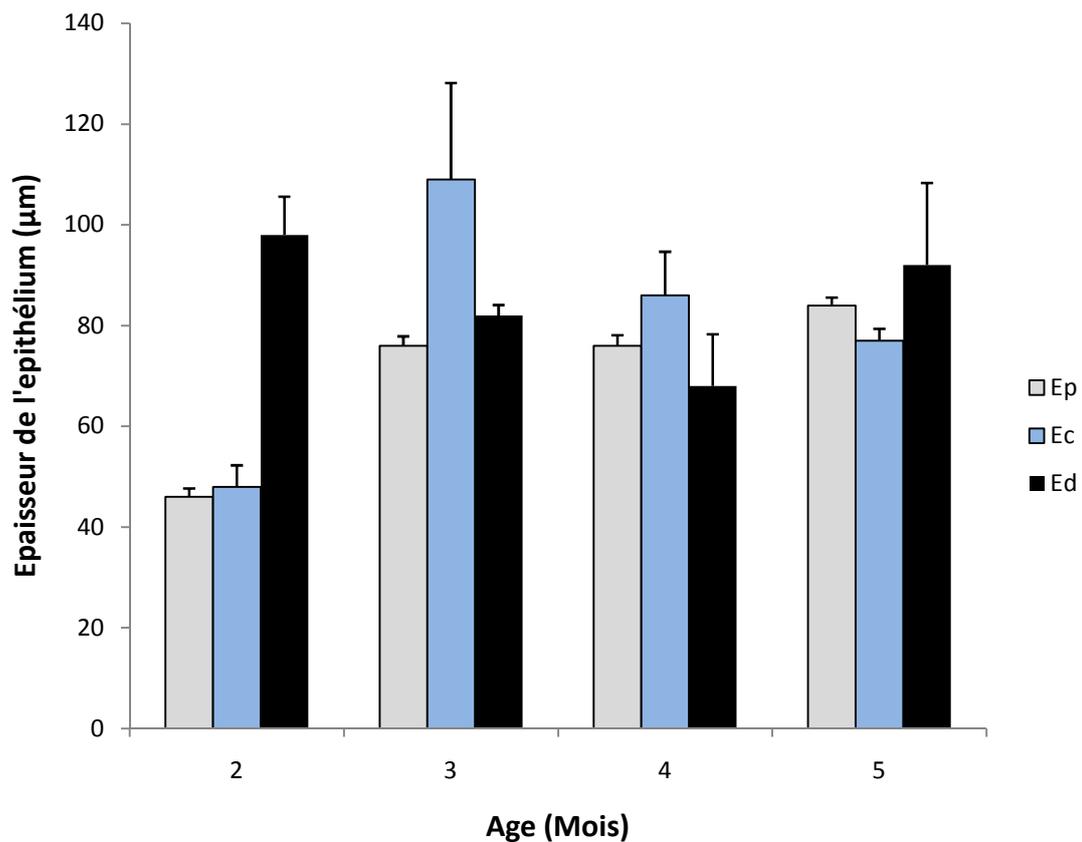
Figure 11 : Evolution du diamètre de la lumière épидидymaire (μm) en fonction de l'âge chez les agneaux de race D'Man

V.4. Evolution de l'épaisseur de l'épithélium des tubes épидидymaires

Entre 2 et 3 mois, l'épaisseur épithéliale moyenne de l'épididyme proximal augmente de $46 \pm 1.6 \mu\text{m}$ à $76 \pm 1.9 \mu\text{m}$. A 4 mois elle est de $76 \pm 2.1 \mu\text{m}$, pour atteindre une valeur de $84 \pm 1.5 \mu\text{m}$ à l'âge de 5 mois.

Le corps de l'épididyme ou le corpus montre une augmentation de l'épaisseur moyen de $48 \pm 4 \mu\text{m}$ à 2 mois à $109 \pm 19 \mu\text{m}$ à l'âge de 3 mois, qui précède une diminution jusqu'à la valeur de $86 \pm 8 \mu\text{m}$ (à 4 mois) pour atteindre la valeur de $77 \pm 2 \mu\text{m}$ à l'âge de 5 mois.

Tandis qu'au niveau de l'épididyme distal l'épaisseur moyen diminue progressivement d'une valeur $98 \pm 7 \mu\text{m}$ à 2 mois, $82 \pm 2 \mu\text{m}$ à 3 mois jusqu'à $68 \pm 10 \mu\text{m}$ à 4 mois, pour atteindre la valeur de $92 \pm 16 \mu\text{m}$ à l'âge de 5 mois (Figure 15).



Ep : épидидyme proximal, Ec : Corps de l'épididyme, Ed : épидидyme distal

Figure 12: Evolution de l'épaisseur de l'épithélium épидидymaire (µm) en fonction de l'âge chez les agneaux de race D'Man

V.5. Evolution histologique de l'épididyme

L'épididyme comprend 2 compartiments :

Un compartiment tubulaire constitué par un épithélium pseudo-stratifié reposant sur une lame basale et délimité extérieurement par des fibres musculaires lisses.

Un compartiment interstitiel constitué de tissu conjonctif.

La partie tubulaire centrale, à partir de 3 mois d'âge, est remplie de spermatozoïdes et des sécrétions tubulaires.

L'épithélium épидидymaire, est constitué de cinq types cellulaires présentant des caractéristiques structurales et fonctionnels très variés, d'une région à une autre et en fonction de l'âge (Figure 16).

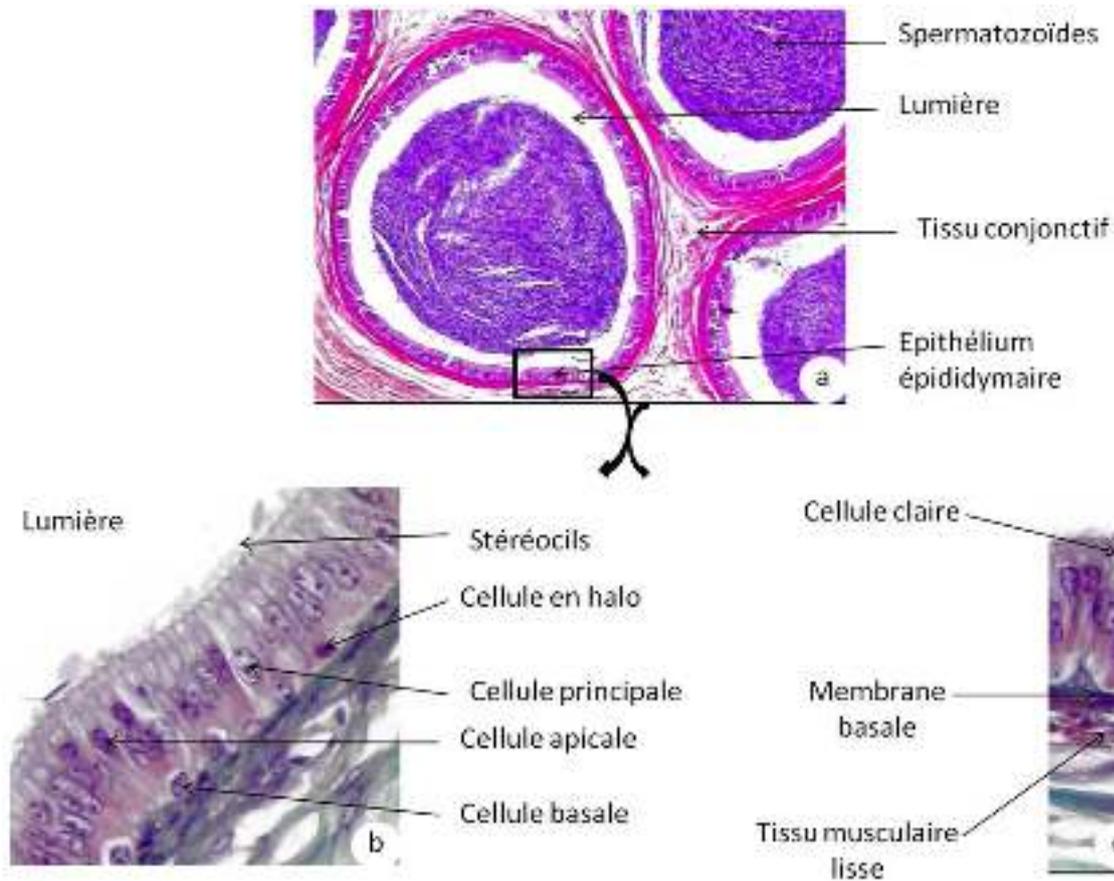


Figure 16 : Coupe histologique représentant les différentes cellules constituant l'épithélium du tube épидидymaire

V.5.1. Evolution histologique de l'épididyme proximale des agneaux âgés de 2 et 5 mois

A l'âge 2 mois, l'épididyme proximale présente des tubules épидидymaires de faible diamètre, entourés par du tissu conjonctif ($\times 40$), et un simple épithélium prismatique de faible épaisseur; seulement les cellules principales qui sont visibles avec absence totale des spermatozoïdes dans la lumière du tube épидидymaire ($\times 400$).

A l'âge 5 mois, on constate une lumière plus large des tubules épидидymaires ($\times 40$), une lame basale et un épithélium pseudo stratifié présentant des cellules principales avec des microvillosités bien développés et bien visibles dans la lumière du tube épидидymaire, et des cellules basales. On peut même voir des cellules apicales, qui sont caractérisées par leurs noyaux situés au pôle apicale des cellules avec un nombre très réduit voir absence des spermatozoïdes dans la lumière de l'épididyme proximale qui est entouré par du tissu conjonctif contenant quelques fibres musculaires lisses ($\times 400$) (Figure 17).

Age (mois)	Grossissement X40	Grossissement X400
2		
5		

Figure 17 : Evolution histologique de l'épididyme proximale des agneaux âgés de 2 et 5 mois

V.5.2. Evolution histologique du corps de l'épididyme des agneaux âgés de 2 et 5 mois

A l'âge de 2 mois, et au faible grossissement ($\times 40$) on constate un nombre assez important de tubules épидидymaires du diamètre moyen. Tandis qu'au fort grossissement ($\times 400$), le corps épидидymaire présente un simple épithélium prismatique avec absence totale des stéréocils et de spermatozoïdes dans la lumière épидидymaire. Mais on remarque un ensemble de fibres musculaires bien développées tout autour du tubule du corps de l'épididyme.

A l'âge de 5 mois, le corps de l'épididyme présente un épithélium assez développé à un point que nous permette de distinguer les différentes cellules qui le compose à savoir ; les cellules principales et leurs stéréocils, les cellules basales, les cellules claires qui sont caractérisées par la présence d'un certain nombre de vésicules claires au sein de leur cytoplasme. Et une lumière plus large que dans l'épididyme proximal, remplie de spermatozoïdes qui sont visibles même au faible grossissement ($\times 40$) (Figure 18).

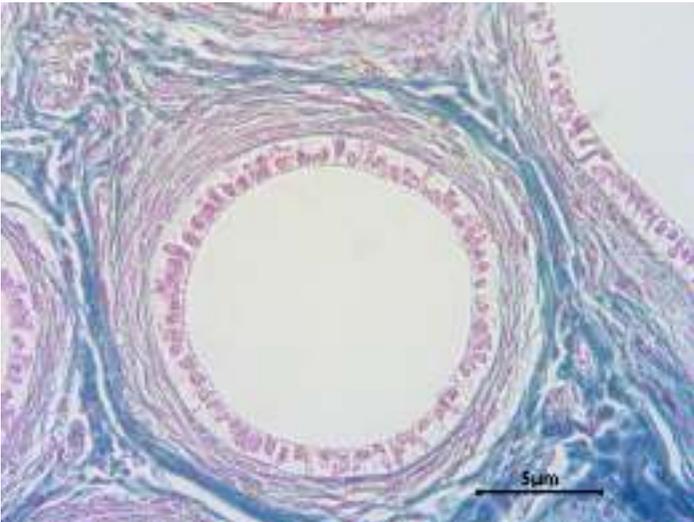
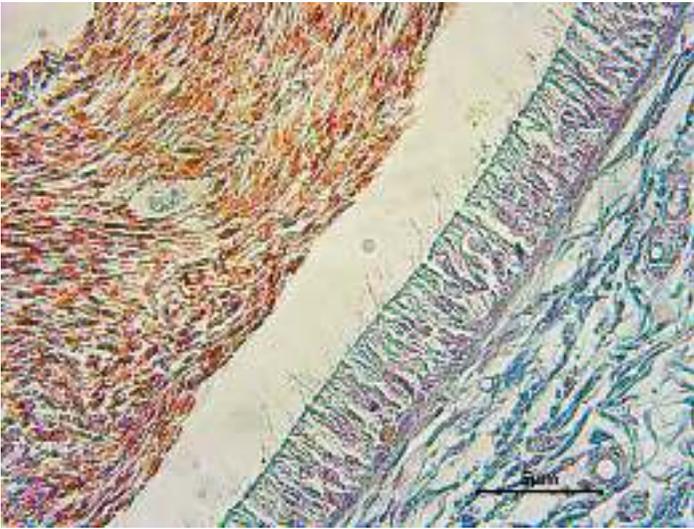
Age (mois)	Grossissement X40	Grossissement X400
2		
5		

Figure 18 : Evolution histologique du corps de l'épididyme des agneaux âgés de 2 et 5 mois

V.5.3. Evolution histologique de l'épididyme distale des agneaux âgés de 2 et 5 mois

Al'âge de 2 mois, on constate des tubes épидидymaires de diamètre important par rapport aux deux autres régions. Et contrairement aux segments précédents l'épididyme distal présente un épithélium assez développé d'une épaisseur importante, faisant apparaître ; les cellules principales et leurs stéréocils, les cellules basales, les cellules claires et une lame basale entourée par une couche épaisse de fibres musculaires lisses. Et une lumière ample et vide.

A l'âge de 5 mois, l'épididyme distal a augmenté du diamètre et son épithélium a connu une augmentation significative de son hauteur, et un nombre assez important de spermatozoïdes dans la lumière du tube épидидymaire qui a augmenté du diamètre.

Au fort grossissement ($\times 400$), on peut mettre en évidence les cellules claires qui sont abondantes et bien visibles (Figure 19).

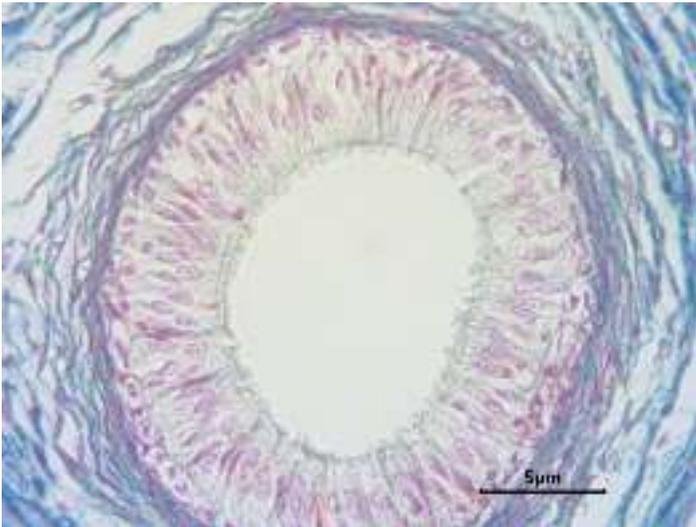
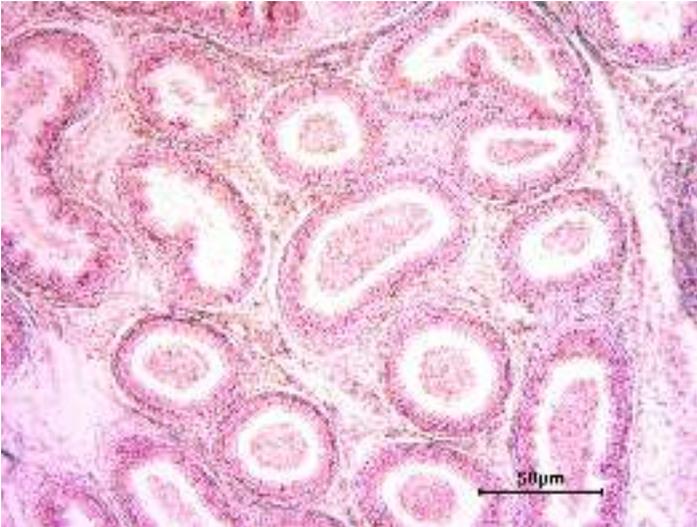
Age (mois)	Grossissement X40	Grossissement X400
2		
5		

Figure 19 : Evolution histologique de l'épididyme distale des agneaux âgés de 2 et 5 mois

VI. Discussion

Dans notre travail, on a constaté que le poids épидидymaire augmente progressivement en fonction de l'âge, à partir de 2 mois jusqu'à l'âge de 5 mois après la naissance.

D'autres résultats montrent que le poids de l'épididyme, chez le sanglier Meishan, augmente lentement de 1 à 45 jours, puis rapidement jusqu'à 150-180 jours, après cette augmentation a diminué. Le rapport du poids épидидymaire apparié a progressivement augmenté jusqu'à 150-180 jours d'âge (Harayma et al., 1992), lorsque le testicule s'est grandement développé (Kato et Harayama, 1990).

D'après d' Adebayo et al., (2010), on a observé que l'épididyme du plus grand rat de canne a un poids moyen de $0,0365 \pm 0,091$ g, formant environ 0,016% du poids corporel total.

Il y a eu une corrélation positive entre le poids épидидymaire, le poids testiculaire et le poids corporel chez cet animal.

De même dans Yorkshire (Ito et Niwa, 1946; Godinho et al., 1979), Berkshire (Niwa et Mizuho, 1954a), Large White (Niwa et Mizuho, 1954b), en Pologne et en Chine (Niwa et Mizuho, 1954b), une augmentation rapide du poids de l'épididyme est constatée entre environ 4 et 7-8 Mois d'âge.

Ils ont également enregistré que le poids corporel, chez *Antechinus stuartii* a augmenté rapidement pendant la période d'étude de $0,15 \text{ g} \pm 0,01 \text{ g}$ en septembre à $21,98 \text{ g} \pm 2,06 \text{ g}$ en février. Le poids testiculaire et épидидymaire a également augmenté régulièrement de $0,014 \text{ g} + 0,002 \text{ g} \times 10,2$ et $0,01 \text{ g} \pm 0,002 \text{ g} \times 10,2$ respectivement, en octobre, à $1,01 \text{ g} \pm 0,10 \text{ g} \times 10,2$ et $0,57 \text{ g} \times 10,2$ respectivement, en février.

Le poids épидидymaire a augmenté plus rapidement et était supérieur à celui du testicule entre octobre et décembre, mais ces relations de taille ont été inversées entre décembre et février (Taggart et al., 1993) .

Christopher et al., 2012 ,ont rapportés que le poids épидидymaire apparié, chez le sanglier, a augmenté de $8,10 \pm 0,7 \text{ g}$ à l'âge de 2 mois à $153,8 \pm 9,8 \text{ g}$ à 8 mois chez les animaux témoins.

Le diamètre du tube de l'épididyme proximal et du corps de l'épididyme a connu une augmentation.

Tandis que la partie distale montre une augmentation suivie d'une diminution pour augmenter de nouveau à l'âge de 5 mois.

Ces résultats sont en corrélation avec les résultats apportés par Taggart et *al.* en 1993, ils ont prouvés qu'entre 4 et 5 mois, le diamètre du conduit dans les régions du caput et du corpus a augmenté, par rapport à celui de la cauda, éventuellement par rapport aux variations de l'exposition aux androgènes à différentes régions le long du conduit de développement.

Taggart et *al.* (1993) a pu montrer aussi l'influence des variations saisonnières sur le diamètre de l'épididyme qui était relativement constant de caput à cauda entre octobre et décembre. En octobre et en novembre, le diamètre du conduit a été d'environ 20 g, mais en décembre, il avait augmenté à environ 27 g, au cours de janvier et février, le diamètre du conduit a augmenté de façon marquée dans les régions du caput et du corpus, mais a toujours été le plus grand dans la région du caput, où il a atteint $36,2 \text{ g} \pm 2,9 \text{ g}$ en février. Le diamètre du conduit dans les régions caudales est resté inchangé entre décembre (26,3 g) et février (26,7 g).

Noviana et *al.* (2000) ont rapporté chez les chèvres Kacang et le mouton local que le diamètre dans le corpus était plus petit que les régions de caput et de cauda, en raison de la structure anatomique rétrécie et allongée du corps de l'épididyme. Le diamètre tubulaire a augmenté de façon significative avec l'âge de la cauda, car les spermatozoïdes ont été stockés dans cette zone épididyme.

Par contre d'après Olukole le diamètre du conduit épididymatique était similaire tout au long des 3 premiers mois de l'étude chez le grand rat africain de canne.

En 2009 Olukole et *al.* Montrent que le diamètre et la surface épithéliale des conduits épididymaires augmentent lentement dans le caput jusqu'à 45 jours d'âge, suivis d'une augmentation rapide. D'autre part, ces paramètres ont augmenté de manière constante dans le corpus et la cauda après 1 à 8 jours. Après 105-120 jours d'âge, cependant, aucune augmentation significative n'a été observée dans le diamètre et la surface dans aucune région de l'épididyme.

Le diamètre moyen de la lumière épидидymaire de l'épididyme proximal et du corps de l'épididyme augmente au cours des mois.

Alors que l'épididyme distal témoigne à l'âge de 2 mois une augmentation après il diminue progressivement à l'âge de 5 mois.

De même dans le caput, le diamètre des tubules et de la lumière épидидymaire des animaux de contrôle a considérablement augmenté de 2 à 5 mois sans augmentation significative à 8 mois (Christopher et *al.*, 2012).

Pour le rat de canne africain adulte domestiqué (Olukole et *al.*, 2010) et dans l'étude liée à l'âge chez le rat (Markey et *al.*, 1992), les diamètres lumineux épидидymatiques ont augmenté progressivement de caput à cauda. Alors que la cauda epididymis agissait comme un réservoir de sperme, le caput et le corpus étaient responsables de la maturation du sperme (Sullivan et *al.*, 2005).

L'épaisseur épithéliale moyenne de l'épididyme proximal augmente progressivement à mesure que l'âge augmentait.

Alors que le corps de l'épididyme montre une augmentation de 2 à 3 mois qui précède une diminution à 5 mois d'âge.

Tandis qu'au niveau de l'épididyme distal l'épaisseur moyenne diminue progressivement. La hauteur épithéliale du caput était plus développée que dans le corpus et la cauda.

Nanjo et *al.* (1992) ont apportés qu'à l'âge de 1 jour, les conduits épидидymiques de l'épididyme proximal, corps de l'épididyme et de l'épididyme distal ont été caractérisés par un épithélium faible et simple. Au fur et à mesure que l'âge augmentait, l'épithélium de chaque région augmentait en hauteur.

En *Camelus dromedaries* (Zayed et *al.*, 2012), chez le rat (Markey et *al.*, 1992), l'épithélium le plus élevé a été observé dans le caput et a diminué progressivement vers la cauda; Le conduit épидидymique peut faciliter mécaniquement le passage des spermatozoïdes vers le segment terminal (Zayed et *al.*, 2012).

Le canal épидидymaire comprend deux compartiments :

- Un épithélium pseudostratifié, entouré de 2 à 6 couches de fibres musculaires lisses et du tissu conjonctif contenant des terminaisons nerveuses et des capillaires sanguins.
- Une lumière bordée par cet épithélium (Robaire et Hermo, 1988).

L'examen microscopique léger de l'épididyme a révélé le schéma histologique normal tel que décrit par Flechon et *al.* (1976) avec des cellules caractéristiques d'épithélium colonnaire pseudo-stratifié-stéréo-éclairé ayant une moyenne de $70 \pm 2 \mu\text{m}$ en hauteur attachée à la membrane basale, entourée de fibres musculaires lisses.

Le caput, le corpus et la cauda ont d'abord montré un épithélium pseudostratifié à 60, 7-30 et 7-8 jours d'âge, respectivement et leur structure était histologiquement établie à 60-70 jours de l'âge.

À l'âge de 60 à 75 jours, le caput a montré un épithélium irrégulier et pseudo-stratifié et un nombre important de grosses vacuoles dans les cellules principales jusqu'à 105 et 120 jours. Après 75 jours d'âge, les spermatozoïdes étaient présents dans la lumière du conduit épидидymaire de toutes les régions, bien que leur nombre soit inférieur à l'épididyme proximal que dans toute autre région (Nanjo et *al.*, 1992).

Selon les observations histologiques et histochimiques, le développement marqué des conduits dans l'épididyme proximal s'est produit après 45-60 jours d'âge. Dans les autres régions, les conduits épидидymatiques ont montré un épithélium pseudo-stratifié à un âge plus précoce que l'épididyme proximal (caput) et a augmenté régulièrement jusqu'à 105-120 jours. Ces résultats sont semblables à ceux rapportés pour le bélier (Carreau et *al.*, 1984).

Cinq types cellulaires entrent dans la composition de l'épithélium épидидymaire et présentent des caractéristiques structurales et fonctionnelles très variées de la région proximale à la région distale du tubule :

Les cellules principales comprennent environ 65 à 80% de la population totale de cellules épithéliales. La morphologie des cellules principales révèle des microvillosités absorbantes, ramifiées, proéminentes, mais la taille des cellules et la longueur des microvillosités diminuent tout au long de l'épididyme pour atteindre un minimum dans la région caudale (Joseph et *al.* 2011) (Tableau 1).

Ces cellules, reliées entre elles par des jonctions serrées et des desmosomes, sont très actives à différents niveaux : transport et sécrétion de petites molécules organiques, synthèse et sécrétion de protéines, et réabsorption du fluide épидидymaire (Robaire et Hermo, 1988 ; Robaire et Viger, 1995 ; Cooper, 1998).

Les cellules basales représentent 15 à 20% de l'épithélium tout au long de l'épididyme ces petites cellules allongées se caractérisent par leur emplacement contre la

membrane basale. Leur noyau est irrégulier, leur cytoplasme pauvre en organites (Soranzo *et al.*, 1982) (Tableau 1).

Elles possèdent de fines projections entre les cellules principales, qui leur permettent un contact avec la lumière de l'épididyme (Marengo et Amann, 1990 ; Adamali et Hermo, 1996). Leur fonction est inconnue mais il semblerait qu'elles jouent un rôle dans l'élimination des radicaux libres ainsi que dans la protection immunitaire des spermatozoïdes en participant à ce qu'on appelle, la barrière hémato-épididymaire (Seiler *et al.*, 2000).

Les cellules étroites et apicales se retrouvent dans l'épithélium de l'épididyme proximal (Adamali et Hermo, 1996). Ces deux types cellulaires ont une morphologie et une fonction uniques qui se chevauchent un peu avec les cellules claires. Les noyaux de ces cellules sont ovales à sphériques et résident dans la région apicale de la cellule. Le cytoplasme de cellules étroites se rétrécit entre les cellules principales car elle touche la membrane basale, mais son cytoplasme apical peut se gonfler légèrement dans la lumière avec de nombreux vacuoles, des vésicules endocytaires, des lysosomes et des mitochondries (Hermo *et al.*, 2000).

Elles sont impliquées dans la sécrétion des ions H^+ et la réabsorption des bicarbonates (HCO_3^-). Elles seraient ainsi responsables de l'acidification du fluide épидидymaire. Il a également été montré qu'elles sont capables d'endocyter des substances contenues dans la lumière épидидymaire (Martinez-Garcia *et al.*, 1995).

Les cellules claires sont de grandes cellules prismatiques et présentes essentiellement dans le corps et la queue de l'épididyme (Soranzo *et al.*, 1982), entrecoupées entre les cellules principales dans les régions du caput, du corpus et du cauda et sont caractérisées par la présence de nombreuses vésicules claires en région apicale, de lysosomes en région médiane et de nombreuses inclusions lipidiques dans leur région basale (Tableau 1) (Robaire et Hermo, 1988).

Les cellules claires sont riches, comme les cellules étroites, en mitochondries, vésicules, corps multivésiculaires, lysosomes et gouttelettes lipidiques (Hermo *et al.*, 1988 ; Hermo *et al.*, 1992 ; Joseph *et al.*, 2011) tous regroupés dans la région apicale de la cellule. L'activité endocytaire des cellules claires est supérieure à celle de tout autre type de cellule dans l'épididyme et est particulièrement active dans la cauda. Ces cellules sont responsables de l'absorption d'un certain nombre de différentes protéines excrétées par l'épithélium

épididymaire. Les cellules claires ou les cellules lumineuses se retrouvent principalement dans la région caudale (Flechon *et al.*, 1976).

Elles ont été décrites chez le rat (Hamilton 1975), le hamster (Nicander et Glover 1973) et le rat géant africain (Oke *et al.*, 1988) et sont également observés chez *M. radiata*. Cependant, l'absence de cellules claires a été signalée pour le singe rhesus (Ramos et Dym 1977), le cochon d'Inde (Hoffer et Greenberg 1978), le taureau (Goyal 1985), la chèvre (Goyal et Williams, 1991) et le chien (Schimming *et al.* 1997). Les cellules claires sont considérées comme un élément important de l'épididyme mammalien, en raison de sa présence dans l'épididyme du rat, considéré comme le prototype de la structure épидидymique en général.

Cellules à halo sont des cellules de type immunitaire (lymphocytes TH, lymphocytes T cytotoxiques, macrophages) que l'on retrouve tout le long de l'épididyme avec une abondance dans la région proximale (Nashan *et al.*, 1989 ; Seiler *et al.*, 1999).

Les spermatozoïdes transitent à travers l'épididyme au niveau de sa lumière, où ils baignent dans un milieu de nature très complexe : le fluide épидидymaire. Ce dernier est composé principalement d'ions, de petites molécules organiques, de protéines et de macromolécules. Mais en raison d'une forte régionalisation tissulaire et cellulaire des activités de synthèse, de sécrétion et réabsorption des cellules épithéliales, la composition du fluide épидидymaire varie tout le long du canal (Herms *et al.*, 2000).

Type cellulaire	Aspect	Régionalisation	Nombre (% relatif)	Fonctions présentes
PRINCIPALE	<ul style="list-style-type: none"> • Grandes cellules prismatiques • Aspect variable d'un segment à l'autre Ex : Hauteur des cellules et longueur des stéréocils au pôle apical plus élevées dans la tête que dans la queue épидидymaire • Liaison entre elles par des jonctions serrées et des desmosomes 	Tête Corps Queue	65-80 %	<ul style="list-style-type: none"> → Transport et sécrétion de produits organiques → Synthèse et sécrétion de produits organiques → Réabsorption du fluide épидидymaire → Appartient à la classe des cellules « de constitution », c'est-à-dire à forte signal extracellulaire
BASALE	<ul style="list-style-type: none"> • Cellules petites, allongées • Forme triangulaire • Reposent sur la membrane basale • Noyau irrégulier • Cytoplasme pauvre en organites • Jointes aux cellules principales avoisinantes par des desmosomes 	Tête Corps Queue	10-20 %	<ul style="list-style-type: none"> → Élimination des radicaux libres → Protection immunitaire des spermatozoïdes
EN HALO	<ul style="list-style-type: none"> • Lymphocytes intra-épithéliaux • Monocytes 	Tête Corps Queue	faible	→ Défense immunitaire
CLAIRE	<ul style="list-style-type: none"> • Cellules larges à l'aspect prismatique • <u>Zone apicale</u> : vésicules claires • <u>Région médiane</u> : lysosomes • <u>Région basale</u> : inclusions lipidiques 	Corps et Queue essentiellement	faible	<ul style="list-style-type: none"> → Absorption de composants → Endocytose de gouttelettes éliminées par les spermatozoïdes
APICALE <small>(assimilée aux cellules étroites [« narrow cells »] selon le segment)</small>	<ul style="list-style-type: none"> • Aspect caliciforme • Noyau situé dans le tiers apical • Lysosomes • Cytoplasme riche en anhydrase carbonique 	Tête (majoritairement segment initial)	faible	<ul style="list-style-type: none"> → Sécrétion d'ions H⁺ → Réabsorption de bicarbonate ⇒ acidification du fluide

Tableau 1 : Caractéristiques structurales et fonctionnelles des différents types cellulaires constituant l'épithélium épидидymaire

Conclusion

Les changements morphométriques de l'épididyme pendant le développement postnatal des agneaux indique la nécessité des androgènes et l'influence des facteurs lumineux pour la différenciation et le maintien de la structure de l'épididyme.

Le poids de l'épididyme a augmenté rapidement pendant la période comprise entre 2 et 5 mois. Le diamètre tubulaire a augmenté d'une manière significative avec l'âge de l'épididyme distal (cauda), car les spermatozoïdes ont été stockés dans cette zone d'épididyme. Les diamètres lumineux des tubes épididymaires ont diminué du l'épididyme proximal puis ils ont augmenté dans l'épididyme distal. Le temps que l'épididyme proximal agissait comme un réservoir de sperme, l'épididyme proximal et le corps de l'épididyme étaient responsables de la maturation du sperme. La hauteur de l'épithélium de chaque région a augmenté, à mesure que l'âge augmentait.

Les différentes cellules épithéliales enveloppant le tubule épididymaire travaillent d'une façon concertée afin d'établir et de maintenir un milieu luminal optimal à la maturation, concentration, conservation et stockage des spermatozoïdes. Tandis que l'épididyme joue un rôle primordial dans l'établissement et la régulation de la fertilité mâle. Il est nécessaire d'acquérir plus de données sur cet organe, afin de mieux comprendre les mécanismes cellulaires et moléculaires responsables du maintien et de la préservation de la fertilité mâle.

Adamali HI., Hermo L. 1996. Apical and narrow cells are distinct cell types differing in their structure, distribution, and functions in the adult rat epididymis. *J Androl* **17** 208-222.

Adebayo AO., Olurode SA. Nov 2010. The morphology and morphometry of the epididymis in the greater cane rat (*Thryonomys swinderianus* Temmincks) 69(4):246-52.

Baril G., Chemineau P., Cognie Y., Guerin Y., Leboeuf B., Orgeur P., Vallet J.C. .1993. Manuel de formation pour l'insémination artificielle chez les ovins et les caprins. Rome: FAO: 231p.

Barki, L.1974. *Contribution à l'étude de la race D'man. Analyses des structures ovines dans les zones de Goulmima et Jorf.* Mémoire de Fin d'Etudes, E.N.A. Meknès, Maroc, 45pp.

Barone R. 1978. Anatomie comparée des animaux domestiques. Tome 3. Splanchnologie Π. Appareil uro-génital. Foetus et Annexes. Péritoine et topographie abdominale. Ed. Vigot, Paris : 951 p.

Barone R. 1990. Anatomie comparée des animaux domestiques. Tome 4. Splanchnologie Π. Appareil uro-génital. Foetus et Annexes. Péritoine et topographie abdominale. Ed. Vigot, Paris : 951 p.

Bedford JM. 1991. Effects of elevated temperature on the epididymis and testis: experimental studies. *Adv Exp Med Biol* **286** 19-32.

Bedford JM. , Yanagimachi R. 1991. Epididymal storage at abdominal temperature reduces the time required for capacitation of hamster spermatozoa. *J Reprod Fertil* 91403-410.

Belleannee C., Da Silva N., Shum WW., Marsolais M., Laprade R., Brown D. & Breton S. 2009. Segmental expression of the bradykinin type 2 receptor in rat efferent ducts and epididymis and its role in the regulation of aquaporin 9. *Biol Reprod* **80** 134-143.

Belleannee C., Calvo E., Thimon V., Cyr DG., Legare C., Garneau L. et Sullivan R. 2012a. Role of microRNAs in controlling gene expression in different segments of the human epididymis. *PLoS One* **7** e34996.

Belleannee C., Legare C., Calvo E., Thimon V. et Sullivan R. 2013. microRNA signature is altered in both human epididymis and seminal microvesicles following vasectomy. *Hum Reprod* **28** 1455-1467.

Benyoucef M. T., Boutebila S., Kaidi R., Khellaf D., Benaissa T., Benzidour A., Zahaf A. 1995. Aspects organisationnels et techniques d'un programme d'étude génétique de la race

ovine Hamra dans la région de l'Ouest (Algérie). *Cahiers Options Méditerranéennes*, 11: 215-224.

Benyoucef M. T., Madani T., Abbas K. 2000. Systems d'élevage et objectifs de sélection chez les ovins en situation semi-aride algérienne. In : CABIÑÑA, D. (Ed.) Analysis and definition of the objectives in genetic improvement programs in sheep and goats: An economic approach to increase their profitability. Zaragoza, CIHEAM. *Option Méditerranéennes*: Serie A: 101-109.

Bilinska B., Wiszniewska B., Kosiniak-Kamysz K., Kotula-Balak M., Gancarczyk M., Hejmej A., Sadowska J., Marchlewicz M., Kolasa A. et Wenda-Rozewicka L. 2006. Hormonal status of male reproductive system: androgens and estrogens in the testis and epididymis. In vivo and in vitro approaches. *Reprod Biol* 6 Suppl 143-58.

Bjorkgren I., Saastamoinen L., Krutskikh A., Huhtaniemi I., Poutanen M. et Sipila P. 2012. Dicer1 ablation in the mouse epididymis causes dedifferentiation of the epithelium and imbalance in sex steroid signaling. *PLoS One* 7e38457.

Bonnes G., Desclaude J., Drogoul C., Gadoud R., Jussisau R., Le Loc'h A., Montmeas L., Robin G. et al. 2005. Reproduction des animaux d'élevages. 2^{ème} Ed. Dijon : Educagri (Ed.): 407 p.

Brice G., Jardon C. et Vallet A. 1995. Le point sur la conduite de la reproduction chez les ovins. Eds. Institut de l'élevage, Paris, France. 79 pp.

Bouix J., Laville E., Sayd T., Eychenne F., Marcq F., Leroy P.L., Elsen J.M., Bibe B. 2002. La conformation bouchère des agneaux. Etude d'après la variabilité génétique entre race. *INRA Prod. Anim.*, 15 : 53-66.

BOUJENANE I. 2004. Le croisement au service de la production ovine, Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture, Rabat, Maroc.

Chekkal F., Benguega Z., Meradi S., Berredjough D., Boudibi S., Lakhdari F. 2015. Guide de caractérisation phénotypique des races ovines de l'Algérie. Page 26-27

Chellig R. 1992. Les races ovines Algériennes. Office des Publications Universitaires. Alger, 80 p.

Cheuk BL., Leung PS., Lo AC. et Wong PY. 2000. Androgen control of cyclooxygenase expression in the rat epididymis. *Biol Reprod* **63** 775-780.

Chevrier C., Dacheux J. L. 1988. Maturation des spermatozoïdes de bélier : Etude préliminaire du mouvement flagellaire caractéristique des formes de transition du corps de l'épididyme. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 28: 1301-1305.

Christopher A. Pearl, Eeman At-Taras, Trish Berger and Janet F. Roser: Reduced endogenous estrogen delays epididymal development but has no effect on efferent duct morphology in boars.

Christopher A. Pearl, Renee Z., Chelsie H., 2012. In vitro expression of androgen and estrogen receptors in prepubertal and adult rat epididymis. *General and Comparative Endocrinology* 178-573-586. Androgens and estrogens regulate epididymal function but the mechanisms by which these hormones act is not fully understood.

Craplet C., Thibier M. 1977. Le mouton: Tome 4, 4e Ed., Vigot Frère (Ed.), Paris: : 575 p.

Cooper, T. G. 1998. Interactions between epididymal secretions and spermatozoa. *J Reprod Fertil Suppl* 53, 119-136.

Cotton LM., O'Bryan MK. et Hinton BT. 2008. Cellular signaling by fibroblast growth factors (FGFs) and their receptors (FGFRs) in male reproduction. *Endocr Rev* 29:193-216.

Dacheux J.L., Paquignon M. 1987. Maturation épидидymaire des spermatozoïdes, influence sur la qualité des gamètes. *J.R.P en France*, 19, 99-106.

Dacheux F., Dacheux J.L. 2001. L'épididyme et les glandes annexes. In THIBAUT C., LEVASSEUR M.C. La reproduction chez les Mammifères et chez l'Homme. Paris, éd. Ellipses, 290-315.

Dacheux J., Castella S., Gatti J., Dacheux F. 2005. Epididymal cell secretory activities and the role of proteins in boar sperm maturation. *Theriogenology* ; 63: 319-341.

Danzo BJ., Cooper TG. et Orgebin-Crist MC. 1977. Androgen binding protein (ABP) in fluids collected from the rete testis and cauda epididymidis of sexually mature and immature rabbits and observations on morphological changes in the epididymis following ligation of the ductuli efferentes. *Biol Reprod* 17:64-77.

Dehimi M.L. 2005. Chapter Three: Small ruminant breeds of Algeria. In : IÑGUEZ, L. (Ed.) Characterisation of small ruminant breeds in West Asia and North Africa. Vol.2: North Africa.

International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. (ICARDA), Aleppo, Syria, 196p.

Dudouet C. 2003. La production du mouton. 2e édition. France agricole, Paris (Ed.): 287 p.

Fan X. et Robaire B. 1998. Orchidectomy induces a wave of apoptotic cell death in the epididymis. *Endocrinology* **139** 2128-2136.

Fawcett DW. et Hoffer AP. 1979. Failure of exogenous androgen to prevent regression of the initial segments of the rat epididymis after efferent duct ligation or orchidectomy. *Biol Reprod* 20162-181.

Frenette G., Leclerc P., D'Amours O. et Sullivan R. 2009. Estrogen sulfotransferase is highly expressed along the bovine epididymis and is secreted into the intraluminal environment. *J Androl* 30580-589.

Habault P. 1969. Elément de zootechnie générale. 3e édition, Bailliere, J.B. et Fils (Ed.) :12-17.

Hamilton D. W. 1971. The mammalian epididymis .In Balin, H & Glasser,S. ed,. Reproductive biology, Amsterdam, Excerpta Medica.

Hammond J. 1961. Reproduction, croissance et hérédité des animaux de la ferme. 1 ère Ed., Vigot frères (Ed.): 268p.

Hamzeh M. et Robaire B. 2010. Identification of early response genes and pathway activated by androgens in the initial segment and caput regions of the regressed rat epididymis. *Endocrinology* 151 4504-4514.

Hamzeh M. et Robaire B. 2011. Androgens activate mitogen-activated protein kinase via epidermal growth factor receptor/insulin-like growth factor 1 receptor in the mouse PC-1 cell line. *J Endocrinol* 20955-64.

Harayma H., Nanjo I., Kanda S. et Kato S. Ajas. 1992. Développement de l'épididyme chez le sanglier meishan, Vol.5 (No.1) 165-171.

Heinlein CA. et Chang C. 2002. Androgen receptor (AR) coregulators: an overview. *Endocr Rev* 23175-200.

Hermo L., Adamali HI. et Andonian S. 2000. Immunolocalization of CA II and H+ V-ATPase in epithelial cells of the mouse and rat epididymis. *J Androl* **21** 376-391.

-
- Hess RA., Bunick D. et Bahr JM .**1995. Sperm, a source of estrogen. *Environ Health Perspect* 103 Suppl 759-62.
- Hermo L., Dworkin J. et Oko R.** 1988. Role of epithelial clear cells of the rat epididymis in the disposal of the contents of cytoplasmic droplets detached from spermatozoa. *Am J Anat* 183107-124.
- Hermo L., Oko R. et Robaire B.** 1992. Epithelial cells of the epididymis show regional variations with respect to the secretion of endocytosis of immobilin as revealed by light and electron microscope immunocytochemistry. *Anat Rec* 232202-220.
- Hinton B.,TURNER T.**1988.«Is the epididymis a kidney analogue ?».NIPS,3,28-31
- Hinton BT., Lan ZJ., Rudolph DB., Labus JC. et Lye RJ.** 1998. Testicular regulation of epididymal gene expression. *J Reprod Fertil Suppl* 5347-57.
- Holland MK., Vreeburg JT. et Orgebin-Crist MC.** 1992. Testicular regulation of epididymal protein secretion. *J Androl* 13266-273.
- Janne OA., Moilanen AM., Poukka H., Rouleau N., Karvonen U., Kotaja N., Hakli M. et Palvimo JJ.** 2000. Androgen-receptor-interacting nuclear proteins. *Biochem Soc Trans* **28** 401-405.
- Jara M., Esponda P. et Carballada R.** 2002. Abdominal temperature induces region-specific p53-independent apoptosis in the cauda epididymidis of the mouse. *Biol Reprod* 671189-1196.
- Jeulin C., Lewin L.M.**1996.«Role of free L-carnitine and acetyl-L-carnitine in post-gonadal maturation of mammalian spermatozoa».Hum Reprod Uptake, 2, 87-102.
- Joseph A., Shur BD. et Hess RA.** 2011. Estrogen, efferent ductules, and the epididymis. *Biol Reprod* 84207-217.
- Katz D.F., Slade D. A., et Nakajima S. T.** 1997. Analysis of pre-ovulatory changes in cervical mucus hydration and sperm penetrability. *Adv Contracept* 13, 143-151.
- Kaunisto K., Fleming RE., Kneer J., Sly WS. et Rajaniemi H.** 1999. Regional expression and androgen regulation of carbonic anhydrase IV and II in the adult rat epididymis. *Biol Reprod* 611521-1526.
- Kaur J., Ramakrishnan PR. et Rajalakshmi M.** 1992. Effect of cyproterone acetate on structure and function of rhesus monkey reproductive organs. *Anat Rec* 23462-72.

Kerboua M., Feliachi K., Abdelfettah M., Ouakli K., Selhab F., Boudjakdji A., Takoucht A., Benani Z., Zemour A., Belhadj N., Rahmani M., Khecha A., Haba A., Ghenim H. 2003. Rapport National sur les Ressources Génétiques Animales: Algérie. Ministère De l'Agriculture Et Du Développement Rural, Commission Nationale AnGR : 1-46.

Kirby JL., Yang L., Labus JC. et Hinton BT. 2003 . Characterization of fibroblast growth factor receptors expressed in principal cells in the initial segment of the rat epididymis. *Biol Reprod* 682314-2321.

Kohane AC., Pineiro L . et Blaquier JA. 1983. Androgen-controlled synthesis of specific proteins in the rat epididymis. *Endocrinology* 1121590-1596.

Laenser M. 2005. Rapport national sur l'état des ressources génétiques animales, royaume du Maroc, n° 4558. P : 26-27.

Lan ZJ., Labus JC. et Hinton BT. 1998. Regulation of gamma-glutamyl transpeptidase catalytic activity and protein level in the initial segment of the rat epididymis by testicular factors: role of basic fibroblast growth factor. *Biol Reprod* 58197-206.

Legare C., Thabet M., Picard S. et Sullivan R .2001 .Effect of vasectomy on P34H messenger ribonucleic acid expression along the human excurrent duct: a reflection on the function of the human epididymis. *Biol Reprod* 64 720-727.

Legare C., Verville N. et Sullivan R. 2004. Vasectomy influences expression of HE1 but not HE2 and HE5 genes in human epididymis. *J Androl* 2530-43.

Leung PS., Wong TP., Lam SY., Chan HC. et Wong PY. 2000. Testicular hormonal regulation of the renin-angiotensin system in the rat epididymis. *Life Sci* 661317-1324.

Macmillan E. W. 1958. The mechanical influence of the vasa efferentia on the transport of radiopaque medium through the ductus epididymidis of the rat. *Proc. Soc. Stud. Fertil.*, 9, 67-71.

Macmillan E. W. et Aukland J. 1960 . The transport of radioopaque médium through the initial segment of the rat epididymis. *J. Reprod. Fertil.*, 1, 139-145.

Malovannaya A., Lanz RB., Jung SY., Bulynko Y., Le NT., Chan DW., Ding C., Shi Y., Yucer N., Krenciute G., Kim BJ., Li C., Chen R., Li W., Wang Y., O'Malley BW. et Qin J. 2011. Analysis of the human endogenous coregulator complexome. *Cell* 145 787-799.

Marengo SR. et Amann RP. 1990. Morphological features of principal cells in the ovine epididymis: a quantitative and qualitative study. *Biol Reprod* 42 167-179.

Marie Saint-Dizier, Sylvie Chastant –Maillard, coordinatrices. Septembre 2014. La reproduction animale et humaine.

Markey CM., Meyer GT. 1992. A quantitative description of the epididymis and its microvasculature: an age-related study in the rat. *J Anat*, 180 (2), 255-262, 1992.

Martinez-Garcia F., Regadera J., Cobo P., Palacios J., Paniagua R., et Nistal M. 1995. The apical mitochondria-rich cells of the mammalian epididymis. *Andrologia* 27,195-206.

Metayer S., Dacheux F., Dacheux JL. et Gatti JL. 2002. Germinal angiotensin I-converting enzyme is totally shed from the rodent sperm membrane during epididymal maturation. *Biol Reprod* 67 1763-1767.

Myers-ward C. F. 1989. Preliminary note on the structure and function of the epididymis and vas deferens in the higher mammalia. *J. Anat., Lond.*, 32,135 -140.

Nashan D., Malorny U., Sorg C., Cooper T. et Nieschlag E. 1989. Immuno-competent cells in the murine epididymis. *Int J Androl* 1285-94.

Noakes D.E., Parkinson T.J., England G. C. W. 2001. Arthur's Veterinary reproduction and obstetrics (Theriogenology). 8 th Ed., Saunders Elsevier (Ed.): 868 p.

Novak R., Paquignon M., Signoret J.P. 1984 .Ann. Zootech. 33, 353-366.

Noviana C., Boediono A., Wresdiyati T. 2000. Morphology and Histomorphometry of Testis And Epididymis of Kacang Goat (*Capra sp.*) and Local Sheep (*Ovis sp.*). *Media Veteriner*, 7(2), 12-16.

Olukole S.G., Oyeyemi M.O., Oke B.O. 2009. Biometrical observations on the testes and epididymis of the domesticated adult African great cane rat (*Thryonomys swinderianus*) *Eur J Anat*, 13 (2): 71-75.

Olukole SG., Obayemi TE. 2010.Histomorphometry of the testes and epididymis in the domesticated adult African great cane rat (*Thryonomys swinderianus*). *Int J Morphol*, 28(4), 1251-1254.

Papaoannou MD. et Nef S. 2010. microRNAs in the testis: building up male fertility. *J Androl* 31 26-33.

Plasterk RH. 2006. Micro RNAs in animal development. *Cell* 124 877-881.

Prakash S., Suresh S., Prithiviraj E. 2009. Anatomical aspects of the male reproductive system in the bonnet monkey (*Macaca radiata*) *Anat Sci Int* (2009) 84:53–60.

-
- Regalado F., Esponda P. et Nieto A .**1993. Temperature and androgens regulate the biosynthesis of secretory proteins from rabbit cauda epididymidis. *Mol Reprod Dev* 36448-453.
- Regaudie R., Reveleau L.** 1977. Le mouton. 2ème Ed. J. B. Ballière (Ed.) : 567p.
- Reyes-Moreno C., Laflamme J., Frenette G., Sirard MA. et Sullivan R.** 2008. Spermatozoa modulate epididymal cell proliferation and protein secretion in vitro. *Mol Reprod Dev* 75 512-520.
- Rigaudiere N., Ghyselinck NB., Faure J. et Dufaure JP.** 1992. Regulation of the epididymal glutathione peroxidase-like protein in the mouse: dependence upon androgens and testicular factors. *Mol Cell Endocrinol* 8967-77.
- Risley P. L.** 1958 . The contractile behavior in vivo of the ductus epididymis and vasa efferentia of the rat. *Anal. Rec.* 130, 471.
- Robaire B., Hermo L.** 1988. Efferent ducts, epididymis, and vas deferens: structure, functions , and their regulation. In *The Physiology of Reproduction* pp 999-1080 Eds E Knobil and J Neill. Raven Press, New-York.
- Robaire B., and Viger R. S.** 1995. Regulation of epididymal epithelial cell functions. *Biol Reprod* 52, 226-236.
- Romero Y., Meikar O., Papaioannou MD., Conne B., Grey C., Weier M., Pralong F., De Massy B., Kaessmann H., Vassalli JD., Kotaja N. et Nef S.** 2011. Dicer1 depletion in male germ cells leads to infertility due to cumulative meiotic and spermiogenic defects. *PLoS One* 6e25241.
- Rondia P.** 2006. Aperçu de l'élevage ovin en Afrique du Nord. *Filière Ovine et Caprine*, 18 : 11-14.
- Rulli SB., Gonzalez-Calvar SI. et Calandra RS.** 1997. Ornithine decarboxylase activity and polyamine levels in the epididymis of prepubertal rat after antiandrogen administration. *Arch Androl* 38163-171.
- Schoysman R.** 1975. Epididymal oligospermia. Proc. int. Congr. Fertil. Steril., Miami.
- Schoysman R.** 1976. La recherche de difficultés du transit épидидymaire dans le diagnostic différentiel des patients oligospermiques. *Acta Eur. Fertil.*, No. 1, March
- Schoysman R.** 1984. Microsurgery in infertility. Cofese, Palermo.

-
- Seiler P., Cooper TG., Yeung CH. et Nieschlag E.** 1999. Regional variation in macrophage antigen expression by murine epididymal basal cells and their regulation by testicular factors. *J Androl* 20738-746.
- Seiler P., Cooper T. G., et Nieschlag E.** 2000. Sperm number and condition affect the number of basal cells and their expression of macrophage antigen in the murine epididymis. *Int J Androl* 23, 65-76.
- Setchell B.P.** 1991. Male reproductive organs and semen. In: CUPPS, P.T. (Ed.) *Reproduction in domestic animals*. 4th Ed., Academic Press, Inc. San Diego. New York. Boston. London. Sydney. Tokyo: 670 p.
- Setchell B.P., Maddocks S., Brooks D.E.** 1994. «Anatomy, vasculature, innervation, and fluids of the male reproductive tract». In: *The physiology of reproduction, seconde édition*, Knobil E, Neil J D coord., Raven Press Ltd, NY, 1063-1175
- Shum WW., Da Silva N., McKee M., Smith PJ., Brown D. et Breton S.** 2008. Transepithelial projections from basal cells are luminal sensors in pseudostratified epithelia. *Cell* 1351108-1117.
- Shum WW., Da Silva N., Brown D. et Breton S.** 2009. Regulation of luminal acidification in the male reproductive tract via cell-cell crosstalk. *J Exp Biol* 2121753-1761.
- Singh G.** 1962. *Ann. Biol. Anim. Biophys.* 2, 43-46.
- Sipila P., Pujianto DA., Shariatmadari R., Nikkila J., Lehtoranta M., Huhtaniemi IT. et Poutanen M.** 2006. Differential endocrine regulation of genes enriched in initial segment and distal caput of the mouse epididymis as revealed by genome-wide expression profiling. *Biol Reprod* 75240-251.
- Soranzo L., Dadoune J. P., et Fain-Maurel M. A.** 1982. [Segmentation of the epididymal duct in mouse: an ultrastructural study]. *Reprod Nutr Dev* 22, 999-1012.
- Sullivan R., Legare C., Thabet M. et Thimon V.** 2011. Gene expression in the epididymis of normal and vasectomized men: what can we learn about human sperm maturation? *J Androl* 32686-697.
- 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 Mol Dis*, 35(1), 1-10.

-
- Taggart D.A., Johnson J., Temple-Smith P.D.**1993 . Testicular and epididymal development in the brown marsupial mouse, *Antechinus stuartii* (Dasyuridae, Marsupialia). *Anat Embryol* 188:87-100.
- Thimon V., Calvo E., Koukoui O., Legare C. et Sullivan R.** 2008. Effects of vasectomy on gene expression profiling along the human epididymis. *Biol Reprod* **79** 262-273.
- Toothill M. C. et Young W. C.**1931 . The time consumed by spermatozoa in passing through the epididymis of the guinea-pig determined by india ink injections. *Anal. Rec.*, 50, 95-107.
- Turner T.**1995 .On the epididymis and its role in the development of the fertile ejaculate. *J Androl*; 16: 292-298.
- Vaissaire J.P.** 1977. Sexualité et reproduction des mammifères. Maloine S.A. Ed., Paris : 457 p.
- Voglmayr J. K., Musto N. A., Saksena S. K., Brown-woodman P. D. C., Marley P. B., White I. G.** 1977. Characteristics of semen collected from the cauda epididymidis of conscious rams. *J. Reprod. Fert.*, 49: 245-251.
- Wang C., McDonald V., Leung A., Superlano L., Berman N., Hull L. et Swerdloff RS.** 1997. Effect of increased scrotal temperature on sperm production in normal men. *Fertil Steril* 68:334-339.
- Yeung CH., Weinbauer GF. et Cooper TG.** 1999b. Effect of acute androgen withdrawal by GnRH antagonist on epididymal sperm motility and morphology in the cynomolgus monkey. *J Androl* 20:72-79.
- Zayed AE., Aly K., Ibrahim IA., Abd El-Maksoud FM.**2012. Morphological Studies on the Epididymal Duct of the One-Humped Camel (*Camelus dromedaries*). *Open J Vet Med*, 2, 245-254.