



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques
Département Biologie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie et Physiologie de la reproduction (BPR)

Thème

Effet de l'huile essentielle *d'Eucalyptus globulus* à deux doses différentes (200 et 400 μ l/kg) sur les testicules des lapins mâles infantiles de la population locale

Présenté par : M^{elle} Sadi Kamelia

Soutenu devant le jury composé de :

Présidente	M ^{me} Guendouzi S.	M C B	UMMTO
Promotrice	M ^{me} Lakabi L. Ep. Ahmanache	M C A	UMMTO
Co-promotrice	M ^{me} Mehalli N.	Doctorante	UMMTO
Examineur	M ^r Kheddache A.	M C B	UMMTO

2020/2021

Remerciements

Je tiens à exprimer ma gratitude et grand merci à ma chère promotrice **M^{me} Lakabi L. Ep. Ahmanache, Maître de Conférences A à UMMTO**, de me diriger tout au long de mon travail et pour toute l'aide et le temps qu'elle m'a consacré, pour sa patience sa bonne humeur et sa disponibilité.

J'adresse ma gratitude à ma Co-promotrice **M^{me} Mehalli N., Doctorante**, pour son aide et sa contribution à la réussite de ce modeste mémoire.

Je voudrais aussi exprimer mes sincères remerciements à **M^{me} Guendouzi S., Maître de Conférence B à UMMTO** pour l'intérêt qu'elle porte à ce travail et d'avoir témoigné sa confiance en acceptant de présider la commission d'examen.

J'exprime mes reconnaissances à **M^r Kheddache A., Maître de Conférence B à UMMTO** qui a bien voulu m'accorder une partie de son temps pour examiner et juger ce travail.

Je ne manquerai pas de remercier **M^{me} Medjdoub-Bensaad F.** Professeur à UMMTO, pour son accueil au sein de son laboratoire de recherche ainsi qu'à toute son équipe qui a contribué à l'accomplissement de ce modeste travail, un grand merci.

Un chaleureux merci pour le responsable de l'élevage cunicole a Ouagnoun, Da Brahim de nous avoir ouvert les portes de sa station et faciliter le déroulement de notre expérimentation

DÉDICACES

En premier je remercie le bon dieu, al hamdoulilah hamdan kathiren hata yablogha al hamdo montahah

Je dédie ce modeste travail

À mon très cher papa,

Qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études, merci d'être le père que tu es, de croire en moi, merci d'être la raison de ma réussite pour ton soutien, tous tes sacrifices.

À ma très chère maman,

Qui m'a toujours encouragé, merci pour ton amour, ton affection et ta bienveillance, tes douaas d'être derrière moi à m'aider à me relever après chaque chute, de me motiver

À mes chers frères

Mohand Arab, mon exemple et mon repère
Said, mon jumeau merci pour tout ce que tu fais pour moi derrière l'ombre
Ilyas, mon petit merci pour tous tes petits gestes attentionnés

A mon unique sœur

Kanimana, ma deuxième maman mon idole. Merci pour tous tes conseils si précieux la distance ne t'a pas empêché d'être toujours à mes côtés à m'éclairer la bonne voie et faire les choix justes. Si seulement tu savais à quel point j'aurais aimé que tu sois présente ce jour-là et partagé ma joie avec toi .

A mes neveux

Assil, Bilili, Arezki merci de me donner cette chance d'être la tante des trois merveilleux princes

A ma belle sœur

Fayrouz, Merci de me soutenir, m'encourager, d'être à l'écoute à chaque fois et d'être de mon côté quand tout le monde est contre moi. Merci

À mes très chers amis

Meriem, Abdou Plus que des amis des êtres avec qui j'ai partagé les pires et meilleurs moments grâce à vous, cette dernière année restera à jamais parmi mes meilleures années d'études et la plus marquante. Merci de répondre présent à chaque besoin, merci à mon binôme pour tout ton aide, gentillesse et surtout ta générosité, merci à ma binôme pour tout ton attention, bienveillance surtout ton bon cœur et ta bonté

A toi Youcef

Merci d'avoir toujours cru en moi jusqu'à la fin

À toute la promotion MII BPR (2020-2021)

Un énorme merci à Ramadan Ramdini pour ton aide et surtout ta modestie

Au groupe jus light un honneur de faire partie de vous, les douze

Merci à toute personne qui me connaît et me veut du bien, qui a cru en moi, qui m'aime d'un amour inconditionnel sans attendre un retour, m'ont soutenu ou aidé durant la réalisation de ce travail



Liste des

Figures

Liste des figures

Figure 1 : Représentation schématique de l'appareil génital du lapin mâle (Barone <i>et al.</i> , 1973).	2
Figure 2 : Schéma des enveloppes testiculaires (Barone, 2001)	3
Figure 3 : Vascularisation du testicule (Bailleul et Mauroy, 1991).....	4
Figure 4 : Représentation d'un épидидyme	5
Figure 5 : Schéma de la structure intra-testiculaires (Muller et Clos, 1997).....	8
Figure 6 : Détail d'une portion de tubule séminifère de lapin (Junqueira et Carneiro, 2007)...	8
Figure 7 : Cellule de Sertoli (Siffroi, 2001)	9
Figure 8 : Schéma d'un spermatozoïde de mammifère (Le Moigne et Foucrier, 2009).....	12
Figure 9 : Représentation schématique de l'épithélium épидидymaire (Girouard, 2009)	14
Figure 10 : Développement chronologique de la différenciation de l'appareil reproducteur du lapin mâle (Alvarino, 2000).....	18
Figure 11 : Différentes étapes de la spermatogenèse (Marieb, 2006)	20
Figure 12 : Etapes de la spermiogénèse (Gayrard, 2007).....	22
Figure 13 : Représentation schématique de l'épithélium sécrétoire épидидymaire (Pons-Rejaji et Drevet 2004).....	24
Figure 14 : Complexe hypothalamus-hypophyse-testicule (Dizier <i>et al.</i> , 2014).....	27
Figure 15 : Lapin infantile âgé en moyen d'un mois (Original, 2021).....	34
Figure 16 : Pesée des lapins et administration des deux huiles essentielles aux doses (200 et 400µl/Kg) (Original, 2021)	37
Figure 17 : sacrifices des lapins (Original, 2021).....	37
Figure 18 : Dissection d'un lapin mâle et prélèvement de l'appareil génital (Original, 2021).....	38
Figure 19 : Séparation et pesage du testicule (Original, 2021).	38
Figure 20 : Série de bains d'alcool éthylique et bain de xylène (Original, 2021).....	40
Figure 21 : Organes placés dans des moules des paraffine et blocs de paraffines après inclusion (Original, 2021)	40

Listes des Figures

Figure 22 : Photographie d'un microtome à gauche et du bain Marie à droite (Lakabi, 2017).	41
Figure 23 : Déparaffinage et hydratation (Original, 2021).....	41
Figure 24 : Coloration topographique (Original, 2021)	42
Figure 25 : Représentation graphique du poids corporels des lapins infantiles de la population locale traités par l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> à deux doses	44
Figure 26 : Représentation graphique montrant l'évolution du poids moyen des testicules gauche et droits des lapins de 1 mois traité par l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i>	45
Figure 27 : Représentation graphique du poids total des testicules des lapins âgés de 1 mois après l'administration de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i>	46
Figure 28 : Représentation graphique des poids relatifs des testicules des lapins de 1 mois d'âges en fonction de la dose d'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i>	47
Figure 29 : Représentation histologique du testecule des lapins du lot témoins (Original, 2021).....	48
Figure 30 : Structure histologique du testicule des lapins traité par la dose 1 de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> (Original, 2021).....	49
Figure 31 : Structure Histologique du testicule des lapins traité par la dose 2 de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> (Original, 2021)	49

Abréviations

Abreviations

3b-HSD:	3b- Hydrox stéroïde déhydrogénase
ABP:	Androgen Binding Protein
Ad :	Spermatogonie à chromatine fine et sombre
ADN :	Acide Désoxyribonucléique
AMPc :	Adénosine Monophosphate Cyclique
Ap :	Spermatogonie à chromatine Claire
ARNm :	Acide Ribo-Nucléique Messenger
ATP:	Adénosine Triphosphate
CHU :	Centre Hospitalier Universitaire
ESM :	Erreur Standard lié à la Moyenne
FSH:	Folliculo Stimulating Hormone
GnRH :	Gonadotropine Releasing Hormone
HCG :	Human Chorio-Gonadotropine
HCO₃:	Bicarbonate
INRA :	Institut National de la Recherche Agronomique
LH :	Luteinizing Hormone
LHRH:	Luteinizing Hormone Releasing Hormone
ONAB :	Office National de l'Aliment de Bétail
REG :	Réticulums Endoplasmiques Granuleux
REL :	Réticulum Endoplasmique Lisse
R-GnRH :	Récepteur à Gonadotropin-Releasing Hormone



Sommaire

Sommaire

Liste des figures et tableaux Abréviations

Introduction	1
---------------------------	---

Chapitre I : Rappels anatomiques et histologiques de l'appareil génital mâle

1. Anatomie de l'appareil génital mâle.....	2
1.1. Anatomie des testicules.....	3
1.2. Anatomie d'épididyme.....	4
1.3. Canal déférent.....	5
1.4. Glandes annexes.....	6
1.4.1. Vésicule séminale.....	6
1.4.2. Glande vésiculaire.....	6
1.4.3. Prostate.....	6
1.4.4. Glandes para prostatiques.....	6
1.4.5. Glandes bulbo-urétrales ou glandes de Cowper.....	6
1.5. Canal éjaculateur.....	7
1.6. Urètre.....	7
1.7. Voies externes d'excrétion et organe copulateur (pénis).....	7
2. Histologie du testicule.....	7
2.1. Compartiment germinal.....	8
2.1.1. Cellule de Sertoli.....	9
2.1.2. Cellules germinales.....	10
2.2. Compartiment interstitiel.....	13
2.2.1. Liquide des compartiments intra testiculaires.....	13
2.2.2. Cellule de Leydig.....	13
3. Histologie épидидymaire.....	14
3.1. Lumière du canal épидидymaire.....	14
3.2. Epithélium épидидymaire.....	14
3.2.1. Cellules principales.....	15
3.2.2. Cellules basales.....	15
3.2.3. Cellules en halos.....	15
3.2.4. Cellules claires.....	16

Sommaire

3.2.5. Cellules apicales.....	16
3.2.6. Cellules étroites.....	16

Chapitre II : Physiologie de la Reproduction

1. Développement des gonades et puberté.....	17
1.1. Différenciation et développement des gonades.....	17
1.2. Développement pondéral.....	18
1.3. Développement comportemental.....	18
1.4. Maturation sexuelle.....	18
1.4.1. Phase infantile.....	19
1.4.2. Phase pré-pubère.....	19
1.4.3. Phase pubertaire.....	19
1.4.4. Maturité sexuelle.....	19
2. Fonctions physiologiques du testicule.....	20
2.1. Fonction exocrine du testicule : Spermatogenèse.....	20
2.1.1. Spermatocytogenèse.....	21
2.1.2. Méiose.....	21
2.1.3. Spermiogénèse.....	21
2.2. Fonction endocrine du testicule : Stéroïdogénèse.....	22
3. Fonctions physiologiques de l'épididyme.....	23
3.1. Fonction physiologique de l'épithélium.....	23
3.1.1. Sécrétion mérocrine.....	23
3.1.2. Sécrétion apocrine.....	24
3.2. Fonction physiologique de la lumière.....	25
3.2.1. Maturation des spermatozoïdes.....	25
3.2.2. Acquisition de la motilité.....	25
3.2.3. Protection.....	26
3.2.4. Stockage.....	26
4. Régulation de la fonction de reproduction.....	26
4.1. Régulation interne.....	26
4.1.1. Axe hypothalamo-hypophysio-gonadique.....	26
4.1.2. Rétrocontrôle de la sécrétion des gonadotrophines par les testicules.....	29

Sommaire

4.1.3. Régulation des fonctions de l'épithélium épидидymaire.....	29
4.2. Régulation externe.....	30
4.2.1. Température.....	30
4.2.2. Saison.....	30
4.2.3. Eclairage.....	31
4.2.4. Humidité (l'hygrométrie).....	31
4.2.5. Alimentation.....	31
4.2.6. Age.....	32
4.2.7. Etat sanitaire.....	32
4.2.8. Huiles essentielles.....	32

Chapitre III : Matériels et Méthodes

1. Matériels biologiques	33
1.1. Modèle animal.....	33
1.2. Matériels végétal.....	34
1.2.1. Huile essentielle de la Eucalyptus globulus.....	35
1.3. Autres matériels.....	36
2. Expérimentation.....	36
2.1. Protocole expérimental.....	37
2.2. Pesée et administration de l'huile essentielle.....	38
2.3. Sacrifice des animaux et prélèvement des organes génitaux.....	39
3. Etude histologique.....	39
3.1. Fixation des échantillons.....	39
3.2. Déshydratation et éclaircissement.....	39
3.3. Imprégnation.....	40
3.4. Inclusion.....	40
3.5. Confection des coupes et étalement.....	41
3.6. Déparaffinage et hydratation.....	41
3.7. Coloration topographique.....	42
3.8. Observation au microscope optique.....	42
4. Etude statistique.....	43

Chapitre IV : Résultats et Discussions

1.	Résultats	44
1.1.	Résultats de l'étude macroscopique	44
1.1.1.	Poids corporel.....	44
1.1.2.	Poids des testicules droits et gauches.....	45
1.1.3.	Poids total des testicules.....	46
1.1.4.	Poids testiculaire relatif à 100g de poids corporel.....	46
1.2.	Résultats de l'étude microscopique du testicule.....	47
1.2.1.	Structure histologique des testicules des lapins témoins.....	48
1.2.2.	Structure histologique des testicules des lapins traités par la dose 1.....	48
1.2.3.	Structure histologique des testicules des lapins traités par la dose 2.....	49
2.	Discussion des résultats.....	50
2.2.	Paramètres macroscopiques.....	50
2.3.	Paramètres microscopiques.....	51
	Conclusion.....	53
	Référence Bibliographiques.....	54
	Annexes	
	Résumé	

Introduction

Introduction

Cette étude entre dans le cadre des activités de recherche de Dr. Lakabi sur l'étude histologie fonctionnel du développement gonadique et de la maturité sexuelle des lapins mâles de la population locale

Le lapin (*Oryctolagus cuniculus*) est une espèce considérée à la fois comme animale domestique, animal de compagnie et animal modèle de recherche. Cette situation lui confère un statut particulier, notamment, dans le domaine de la reproduction où il offre beaucoup d'avantage intéressant concernant sa productivité et sa reproductivité. En effet, il est caractérisé par un court intervalle entre les générations et par une prolificité importante. C'est pour cette raison qu'il est fortement apprécié par les chercheurs.

La fertilité masculine est marquée par une différenciation gonadique adéquate, une maturité de l'axe hypothalamo-hypophyso-testiculaire, une différenciation des cellules testiculaires néonatales, une descente des testicules et un début de la puberté couplée avec la prolifération et la maturité des cellules testiculaires (Vigueras-Villasenor et *al.*, 2013).

Le testicule est une glande amphicrine qui assure deux fonctions : la spermatogenèse et la stéroïdogenèse qui est la synthétise des androgènes, principalement la testostérone, jouant un rôle dans le maintien de la spermatogenèse (Curtis et Amann, 1981 ; Eurell et Frappier, 2006).

Les huiles essentielles sont des produits aromatiques riches en phyto-œstrogène, ces composés sont susceptibles de modifier le processus physiologique de la reproduction soit en l'améliorant ou la perturbant (Nozhat et *al.*, 2014).

De ce fait, ce travail est subdivisé en quatre chapitres dont le premier abordera les différentes connaissances bibliographiques sur l'appareil reproducteur mâle, le deuxième chapitre traitera la physiologie de la reproduction, le troisième chapitre exposera les matériels et méthodes utilisés et le quatrième chapitre exposera les résultats obtenus lors de notre expérimentation, suivis de leur discussion. Ce document sera clos par une conclusion et un ensemble de perspectives.

CHAPITRE I :

Rappels anatomiques et

histologiques de

l'appareil génital mâle

Le terme « appareil génital mâle » désigne tous les organes et structures qui participent à la formation, la maturation, l'émission sous pression des différents constituants du sperme (Jardin et De Fourmestaux, 1984).

1. Anatomie de l'appareil génital mâle

L'organisation générale de l'appareil génital du lapin mâle est voisine à celle des autres mammifères, sauf pour la capacité supplémentaire de pouvoir rétracter les testicules dans l'abdomen ou de les extérioriser dans les bourses grâce à un tissu musculaire qui est le crémaster (Boussit, 1989), ainsi que quelques différences concernant la taille, le poids et la forme des organes (Hamon *et al.*, 1999).

Il comporte 3 grandes parties : la partie glandulaire constituée par les testicules, la partie tubulaire constituée par l'épididyme, le canal déférent, l'urètre et en fin la partie copulatrice constituée par le pénis (Barone, 1976), ainsi que les glandes annexes qui sont ; la prostate, les vésicules séminales, la glande de Cowper... (Figure 1).

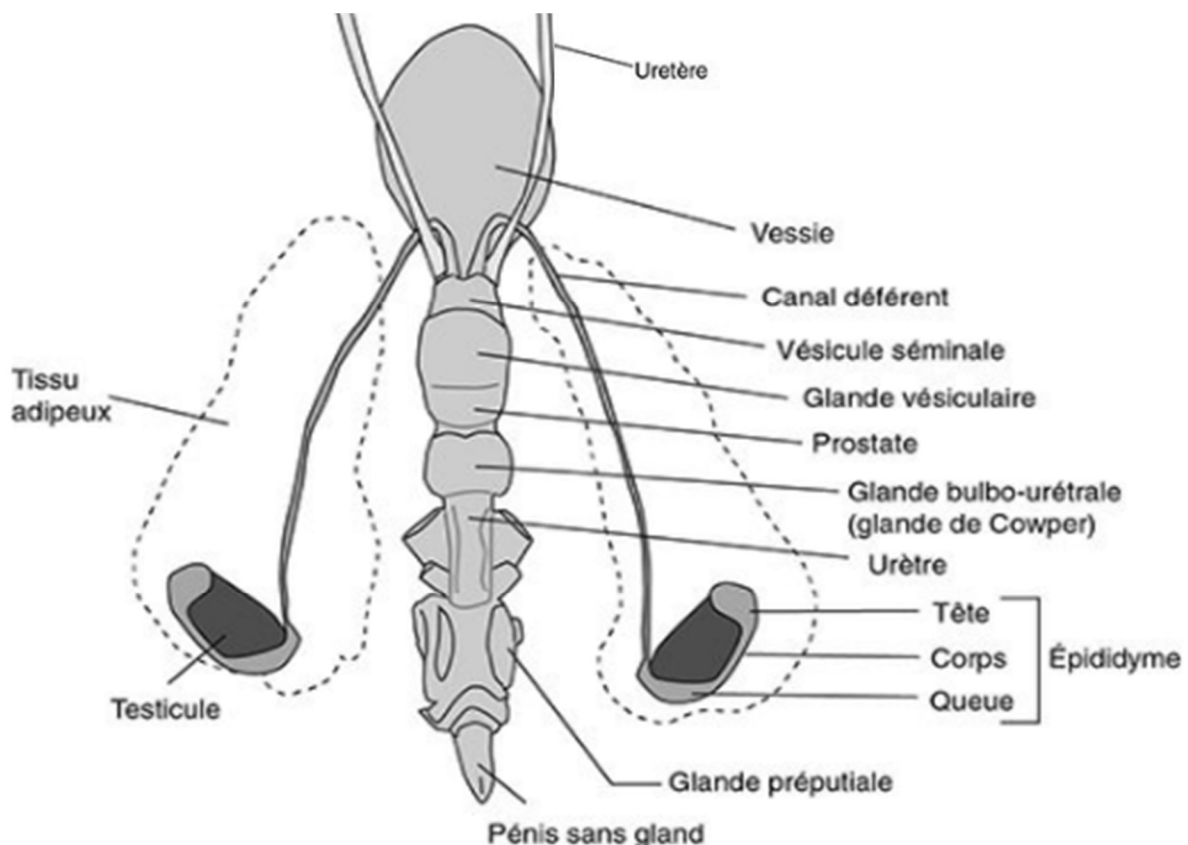


Figure 1 : Représentation schématique de l'appareil génital du lapin mâle (Barone *et al.*, 1973).

1.1. Anatomie des testicules

Les testicules sont les glandes génitales mâle, qui sont des organes pairs, pleins, ovales et allongés, amincis aux extrémités, de couleur rosée, de consistance ferme et élastique, situés de part et d'autre de la ligne inguinale et logés dans deux scrotums bien distincts à l'extérieur de la cavité abdominale.

Cette situation leur permet de se maintenir à une température inférieure de 2 à 3 degrés de la température corporelle, une température de 34°C à 35°C est essentielle pour une spermatogenèse normale (Barone, 1984 ; Van Nguyen, 2007). Selon Barone (2001), le testicule d'un lapin adulte mesure 3 à 3,5 cm de longueur, 1 à 1,5 cm de largeur et pèse environ 1 à 2g.

Les testicules montent dans la cavité abdominale en raison de la fermeture du canal inguinal sous l'effet de la frayeur ou lors de combats avec d'autres mâles, ou ils redescendent dans les bourses, et cela sous l'effet d'un tissu musculaire appelé crémaster (Boussit, 1989).

Ces enveloppes protègent et soutiennent la glande testiculaire ainsi que ses premières voies d'excrétion (épididyme et début du conduit déférent) et ses vaisseaux sont protégés et soutenus par des enveloppes, dont on peut distinguer 6 plans membraneux, dont 2 plans superficiels, le scrotum et le dartos, un plan intermédiaire représenté par la tunique celluleuse ou *fascia spermaticque* externe et 3 plans profonds à savoir le crémaster, la tunique fibreuse ou *fascia spermaticque* interne et la tunique séreuse vaginale (Figure 2).

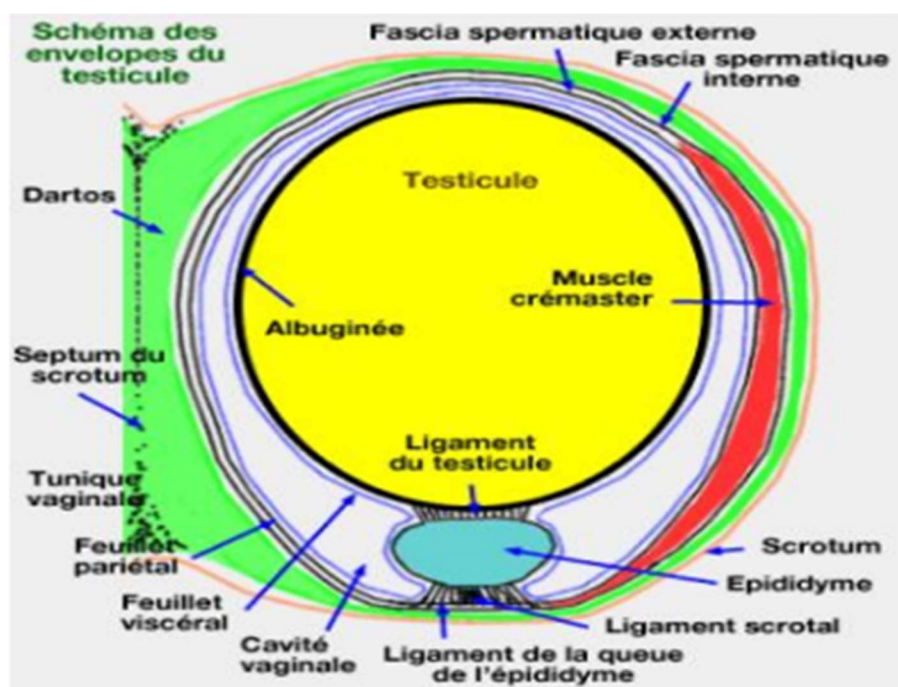


Figure 2 : Schéma des enveloppes testiculaires (Barone, 2001)

Les testicules sont définis par leur rôle principal qui consiste à la synthèse des gamètes mâles (les spermatozoïdes) depuis des cellules souches vers leur migration dans le *rète testis*.

Les testicules sont irrigués par les artères testiculaires qui naissent de l'aorte abdominale et sont drainés par les veines testiculaires qui constituent une ramification du plexus pampiniforme autour de l'artère testiculaire située sous la vaginale du testicule.

L'innervation dépend de 2 plexus nerveux ; le plexus spermatique qui est parasympathique et le plexus différentiel qui est sympathique (Figure 3) (Jardin et De Fourmestreaux, 1984).

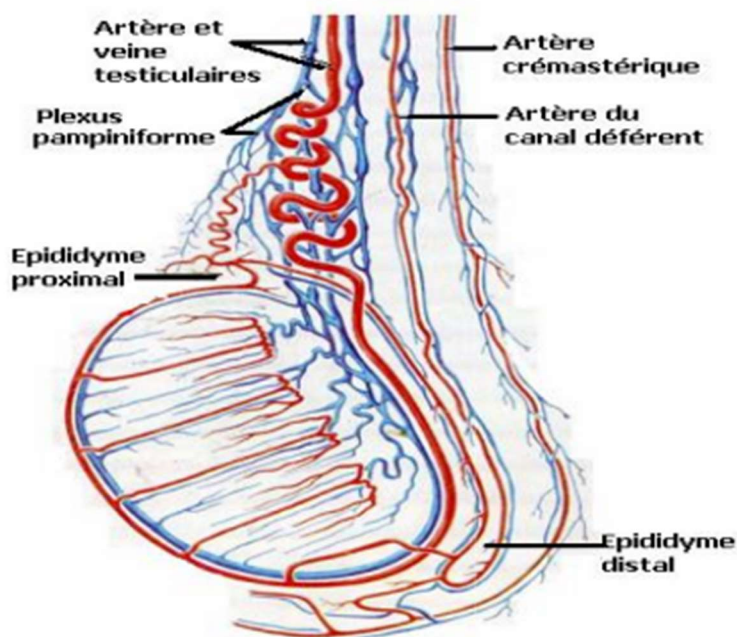


Figure 3 : Vascularisation du testicule (Bailleul et Mauroy, 1991)

1.2. Anatomie d'épididyme

Les spermatozoïdes quittent le *rète testis* vers les canaux efférents pour être dirigés dans l'épididyme où ils subissent leur maturation (Hamilton, 1975 ; Robaire et Hermo, 1988).

L'épididyme du lapin est situé au bord médian du testicule avec lequel il est lié, c'est un canal extrêmement replié sur lui-même à l'intérieur d'une tunique conjonctive qui lui confère une forme globale et allongée en croissant d'un pôle à l'autre du côté dorsal du testicule (Thibault et Levasseur, 2001).

Selon Barone (1978) ; Thibault et Levasseur, (2001), l'épididyme forme des lobules séparés par des travées conjonctives ou *septa* et comporte trois parties (Figure 4) :

- Une tête (caput ou région proximale) volumineuse qui coiffe largement l'extrémité supérieure du testicule dans laquelle pénètrent les cônes efférents.
- Un corps (corpus ou région médiane) représentant la portion moyenne qui est épaisse chez le lapin, très pelotonnée, constituée essentiellement par le canal épидидymaire.
- Une queue (cauda ou région distale) bien détachée formant un appendice globuleux et mobile, suivi par le canal déférent.

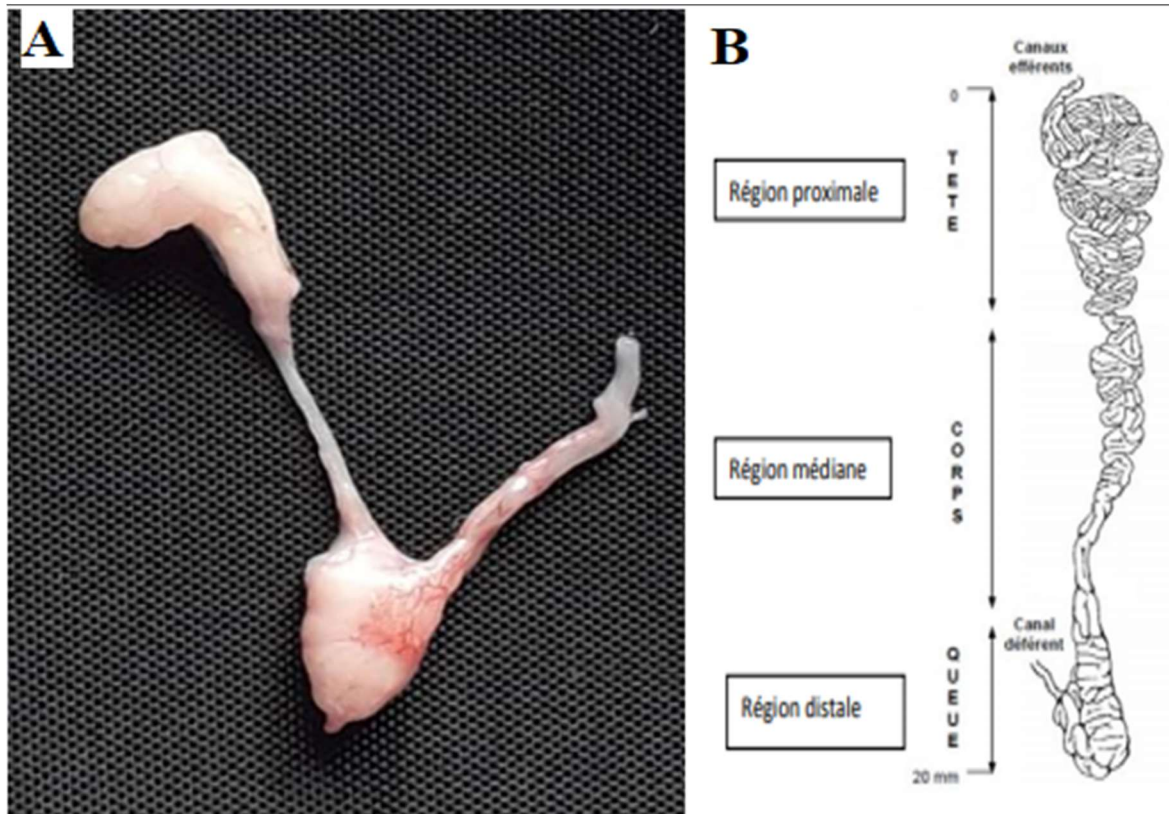


Figure 4 : Représentation d'un épидидyme ; A : Photo d'un épидидyme (Original 2021), B : Schéma des différentes parties d'un épидидyme (Hermo et Robaire, 2002).

1.3. Canal déférent

La queue de l'épididyme se poursuit par le canal déférent qui fait suite au canal épидидymaire, il mesure 12 à 15cm de longueur chez le lapin (Barone, 2001).

Ce canal pénètre dans la cavité abdominale et atteint la face dorsale de la vessie formant un très léger renflement pelvien avant de se jeter dans l'urètre. Le canal déférent assure le transit jusqu'à l'urètre grâce à un péristaltisme basal, additionné d'une motricité brusque lors de l'éjaculat (Barone, 1978 ; Bonnes et *al.*, 2005).

1.4. Glandes annexes

Plusieurs types de glandes sont associées au tractus génital mâle ; la vésicule séminale, la glande vésiculaire, la prostate, les glandes para-prostatiques et la glande de Cowper.

L'ensemble de leurs sécrétions constitue le liquide spermatique lequel mélangé aux spermatozoïdes, constitue le sperme (Tortora et *al.*, 1995).

1.4.1. Vésicule séminale

Sous forme de petits organes, glandulaires, bosselés dont sa partie caudale fusionne avec les canaux déférents pour former un canal éjaculateur impair qui s'ouvre dorsalement dans l'urètre. Ces glandes élaborent un liquide clair, gélatineux, épais et blanc. Le plasma séminal constituant une partie du sperme (Barone, 1984 ; Abraham et Kiersznbaum, 2002 ; Welsch, 2002).

1.4.2. Glande vésiculaire

Aussi appelée glande pro prostatique ou prostate crâniale, elle est de forme ovale, relativement volumineuse, bilobée avec une couleur blanchâtre liée à l'accumulation des sécrétions granulaires blanches. Sur la face dorsale, elle s'ouvre dans l'urètre par deux canaux excréteurs (Holtz et Foot, 1978).

1.4.3. Prostate

La prostate, chez le lapin, est remplacée par un complexe de plusieurs glandes tubulo-alvéolaires qui sécrète environ 1/3 du volume de sperme (Lebas, 1996), cette sécrétion est légèrement acide et contient divers ions. Elle est située en position antérieure à la vessie et aux vésicules séminales et elle s'ouvre dans l'urètre (Setchell et Brooks, 1988).

1.4.4. Glandes para prostatiques

Selon Holtz et Foot (1978), tous les lapins ont au moins une paire de glandes para prostatiques qui sont de petite taille et de forme arrondie, situées ventralement à la prostate et de part et d'autre de l'urètre où elles se débouchent par un nombre variable de petits conduits (Barone, 2001).

1.4.5. Glandes bulbo-urétrales ou glandes de Cowper

Ce sont des formations sphériques paires, bilobées, volumineuses chez les lapins et placées postérieurement à la prostate et dorsalement à l'urètre dans lequel elle s'ouvre par au moins 4 canaux (Sabbagh, 1983). Ces glandes, entourées chacune par une capsule conjonctive (Roger, 2002), sécrètent un liquide mucoïde semblable au liquide prostatique qu'elles déversent dans la région postérieure de l'urètre membraneux (Boussit, 1989).

1.5. Canal éjaculateur

C'est un canal court, qui se situe derrière la vessie et qui est un prolongement du canal déférent après l'abouchement des vésicules séminales et traverse la prostate pour s'ouvrir dans l'urètre. Ce canal éjecte les spermatozoïdes dans l'urètre prostatique juste avant l'éjaculation (Tortora et *al.* 1995).

1.6. Urètre

L'urètre détermine la partie terminale de la voie génitale mâle partant de la vessie vers l'extrémité du pénis en tapissant son intérieur (Marieb, 1999 ; Barone, 2001). C'est un conduit long de 12 à 13 cm, dont 8 à 9 seulement pour la partie pénienne, il sert à l'excrétion de l'urine et du sperme lors de l'éjaculation (Barone, 2001).

1.7. Voies externes d'excrétion et organe copulateur (pénis)

Selon Boussit (1989), le pénis est l'organe mâle de copulation, de miction et de transfert de sperme chez les mammifères, mesurant environ 3 à 5 cm de longueur. Il est dépourvu de glandes et il est dirigé obliquement vers l'arrière au repos, dans ce cas il est enfermé dans un replie tégumentaire qui est le fourreau, par contre pendant l'érection, le pénis prend une position horizontale dirigé vers l'avant.

2. Histologie du testicule

Les testicules sont recouverts de deux tuniques ; une tunique superficielle qui est la vaginale dérivant du feuillet péritonéale et une capsule fibreuse qui est l'albuginée, constituée de faisceaux de collagène et renfermant des cellules musculaires lisses (Muller et Clos, 1997).

Cette tunique s'épaissit encore au niveau de la coiffe épидидymaire et s'enfonce à l'intérieur du testicule pour former le corps d'Highmore qui est un cône fibreux. Ce dernier est parcouru par un réseau de canalicules appelé le *rète testis*.

Du corps d'Highmore partent des cloisons conjonctives qui sont les *septa testis*, en délimitant 200 à 300 lobules testiculaires, ainsi chaque lobule testiculaire contient 2 à 4 tubes séminifères très longs qui débouchent par de courts segments rectilignes, les tubes droits, dans le *rète testis* (Figure 5) (Vacheret, 1999).

Selon Thibault et Levasseur (2001), le testicule comprend deux compartiments cellulaires distincts issus de la partie interne de l'ébauche gonadique qui sont le compartiment germinal composé de cellules germinales et de cellules somatiques appelées cellules de Sertoli et le compartiment interstitiel composé principalement de cellules endocrines dites cellules de Leydig.

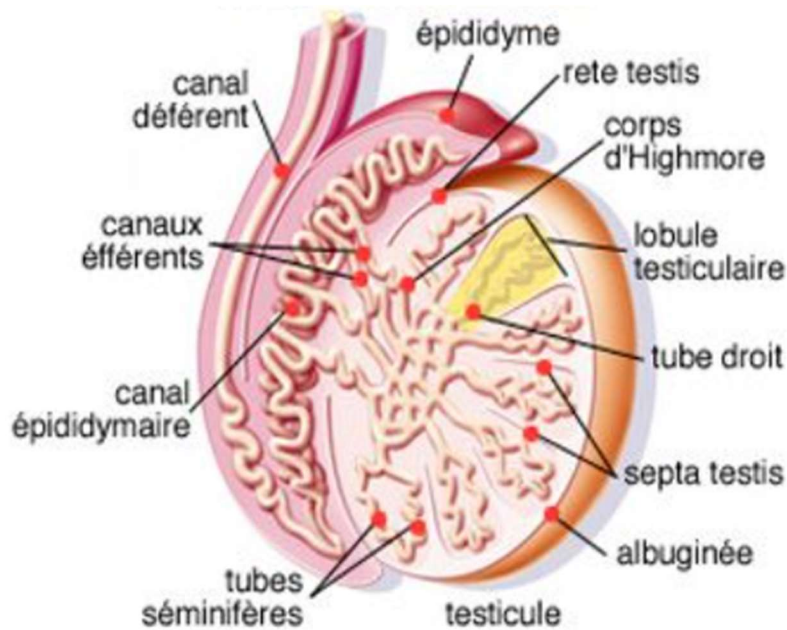


Figure 5 : Schéma de la structure intra-testiculaire (Muller et Clos, 1997)

2.1. Compartiment germinal

Le tube séminifère est l'unité fonctionnelle du testicule, très long et pelotonné, constitué d'un épithélium séminifère reposant sur une lame basale, qui est principalement un ensemble de cellules de soutien (cellules de Sertoli) et de cellules germinales à des différents stades de développement (spermatogonies, spermatocytes, spermatides et spermatozoïdes), ainsi d'une lumière bordée par cette épithélium (Figure 6) (Wrobel, 1990 ; Martine, 2009).

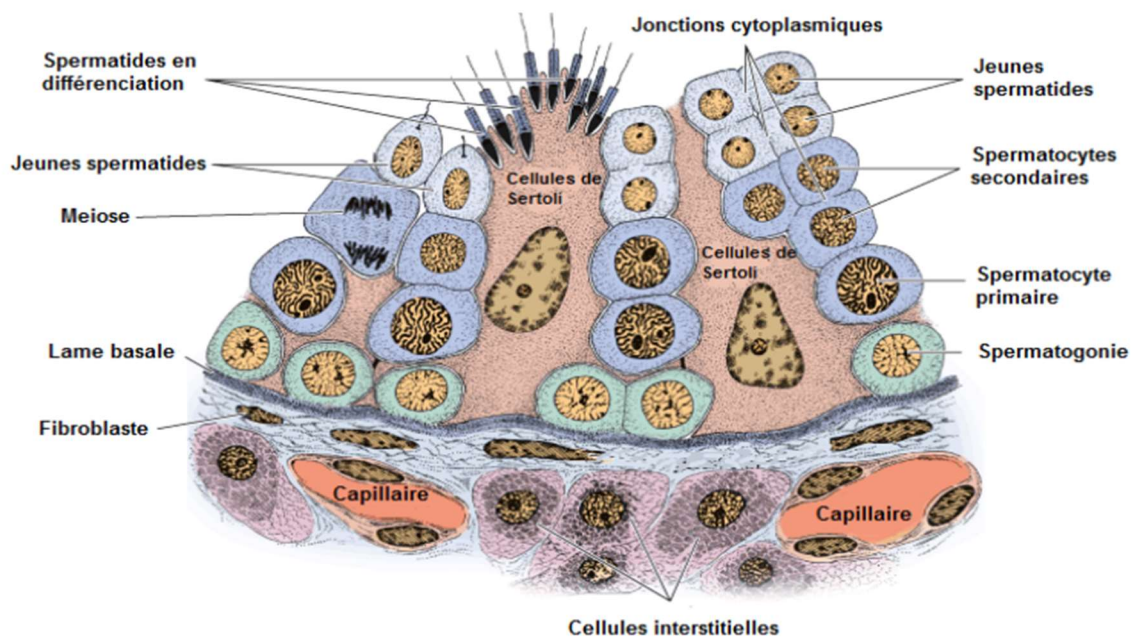


Figure 6 : Détail d'une portion de tubule séminifère de lapin (Junqueira et Carneiro, 2007).

Chaque tube séminifère est limité par une paroi propre, la gaine péri tubulaire et entouré d'une fine couche de cellules contractiles appelées cellules myoïdes péri tubulaires qui ont pour rôle la propulsion et l'évacuation des spermatozoïdes immobiles dans le testicule (Dadoune, Siffroi *et al.*, 2000).

Le liquide contenu dans ces tubes séminifères assure le transport des spermatozoïdes dans la lumière (Barone, 2001 ; Thibault, 2001).

2.1.1. Cellule de Sertoli

La cellule de Sertoli est une grande cellule pyramidale caractérisée par des réticulum endoplasmiques granuleux (REG) et réticulum endoplasmique lisse (REL) très développés, un cytosquelette formé de microtubules et un réseau dense de microfilaments d'actine et de filaments intermédiaires (Lakabi, 2017).

Chaque cellule de Sertoli est connectée aux cellules adjacentes par des jonctions serrées, disposées au pôle basal liant deux compartiments, basal ou périphérique et central ou adluminal. D'autres types de jonctions relient les cellules de Sertoli entre elles et avec les cellules germinales, dont des jonctions d'ancrage et des jonctions communicantes de type Gap (Figure 7) (Little et Holyoak, 1992 ; Amann, 1993).

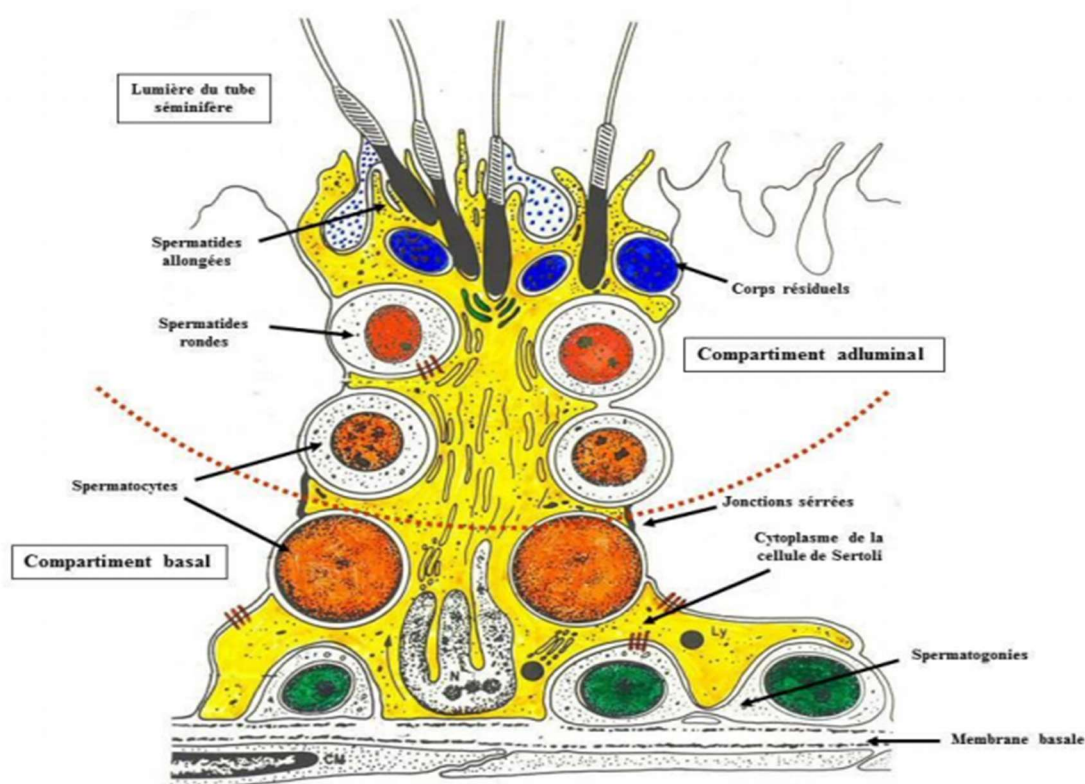


Figure 7 : Cellule de Sertoli (Siffroi, 2001).

Hazard et Perlemuter (2000) rappellent les différents rôles des cellules de Sertoli qui sont principalement :

- Contrôle de la maturation et de la migration des cellules germinales ;
- Phagocytose des cellules germinales dégénérantes ;
- Sécrétion tubulaires et interstitielles ;
- Synthèse des stéroïdes et des protéines ;
- Protection contre les réactions immunitaires.

2.1.2. Cellules germinales

En allant de la lame basale du tube séminifère vers sa lumière, tous les types de cellules germinales s'organisent en plusieurs assises au niveau de l'épithélium séminifère, à savoir ; les spermatogonies (Ad, Ap, B), les spermatocytes de premier ordre ou spermatocytes I, les spermatocytes de deuxième ordre ou spermatocytes II, les spermatides et les spermatozoïdes (Vacheret, 1999 ; Siffroi, 2001).

2.1.2.1. Spermatogonies

Les spermatogonies sont les cellules les moins différenciées, elles se trouvent en contact directe avec la lame basale et elles sont reconnaissables grâce à l'état de condensation de leur chromatine (Vacheret, 1999 ; Siffroi, 2001).

Vacheret (1999) rappelle que les spermatogonies sont de petites cellules diploïdes arrondies ou ovalaires, de 10 à 15 μm de diamètre. On distingue trois sortes de spermatogonies selon l'aspect de leur noyau ;

- Les spermatogonies Ad (dark), cellules souches de réserve à noyau arrondi et dense, avec nucléole périphérique et des vacuoles nucléaires, qui se divisent pour donner les spermatogonies Ap.
- Les spermatogonies Ap sont des cellules de renouvellement à chromatine claire, avec nucléoles centraux et sans vacuoles nucléaires, qui se divisent pour donner les spermatogonies B.
- Les spermatogonies B qui sont des cellules filles constituées d'un noyau ovalaire clair à chromatine en agrégat périphérique et un nucléole bien visible, qui se divisent pour donner les spermatocytes.

2.1.2.2. Spermatocytes

D'après Marthin et Barryn (2001), Deux types de spermatocytes sont produits au cours de cette activité spermatique :

- Les spermatocytes de 1er ordre (spermatocytes I) sont caractérisés par un cytoplasme abondant et un noyau volumineux contenant une chromatine disposée en amas grossiers ou en fins filaments, facilement reconnaissable.

- Les spermatocytes de 2ème ordre (spermatocytes II) sont le résultat de la première division de la méiose. Des spermatocytes II, sont des cellules plus petites qui vont rapidement terminer la deuxième division de la méiose. Elles engendrent des cellules à (n) chromosomes ; les spermatides.

2.1.2.3. Spermatides

Les spermatides sont des cellules haploïdes de petite taille (de 6 à 7 μm de diamètre), ovoïdes avec un noyau rond et clair contenant un appareil de Golgi juxta nucléaire (Dadoune et *al.*, 2000). Elles se localisent à proximité de la lumière des tubes séminifères (Junqueira et Carneiro, 2007).

Ces cellules vont subir une différenciation durant laquelle elles vont devenir plus petites et effilée, aboutissant à la formation des spermatides allongé puis des spermatozoïdes via la spermiogénèse (Ramé et *al.*, 2007).

2.1.2.4. Spermatozoïdes

Les spermatozoïdes, résultat final de la spermatogénèse, disposés en bouquet à l'apex des cellules de Sertoli, sont des cellules très petites, allongées, de 55 à 57 μm de diamètre chez le lapin (Robert et Vincent 1995), dotées d'une motilité flagellaire et d'une forme filiforme constitués de trois parties distinctes la tête, la pièce intermédiaire et le flagelle (queue) (Figure 8).

La tête est piriforme et rétrécie caudalement, mesurant environ 6,5 μm de longueur sur 4 μm de largeur, elle constitue la partie essentielle car elle renferme une masse homogène de chromatine représentant le noyau, coiffée à sa partie antérieure par l'acrosome qui est aplati et pourvu de glycoprotéines et d'enzymes utilisées pour la pénétration de la membrane de l'ovocyte lors de la fécondation.

La pièce intermédiaire, longue de 7 à 8 μm , est une partie cytoplasmique, rétrécie, qui représente le segment unissant la tête à la queue. Elle renferme la majorité des mitochondries qui sont le siège de la production énergétique nécessaire au mouvement.

La queue ou flagelle assurant la mobilité du spermatozoïde, forme la quasi-totalité de la cellule et présente une pièce principale de 45 μm de diamètre constitué de neuf faisceaux de fibres denses, ainsi que d'une gaine protéique fibreuse périphérique et une pièce terminale de 1 à 2 μm de diamètre qui comporte le filament axial (Barone, 2001 ; Smith et Wargo, 2003 ; Turner, 2003).

La production journalière de spermatozoïdes chez le lapin est estimée de 25 à 60 millions par gramme de testicule, soit une production de 100 à 250 millions de spermatozoïdes par animal et par jour. Celle-ci varie en fonction de la race (surtout selon le format), de l'âge (en fonction des variations de poids testiculaire) et de l'environnement (Boussit, 1989).

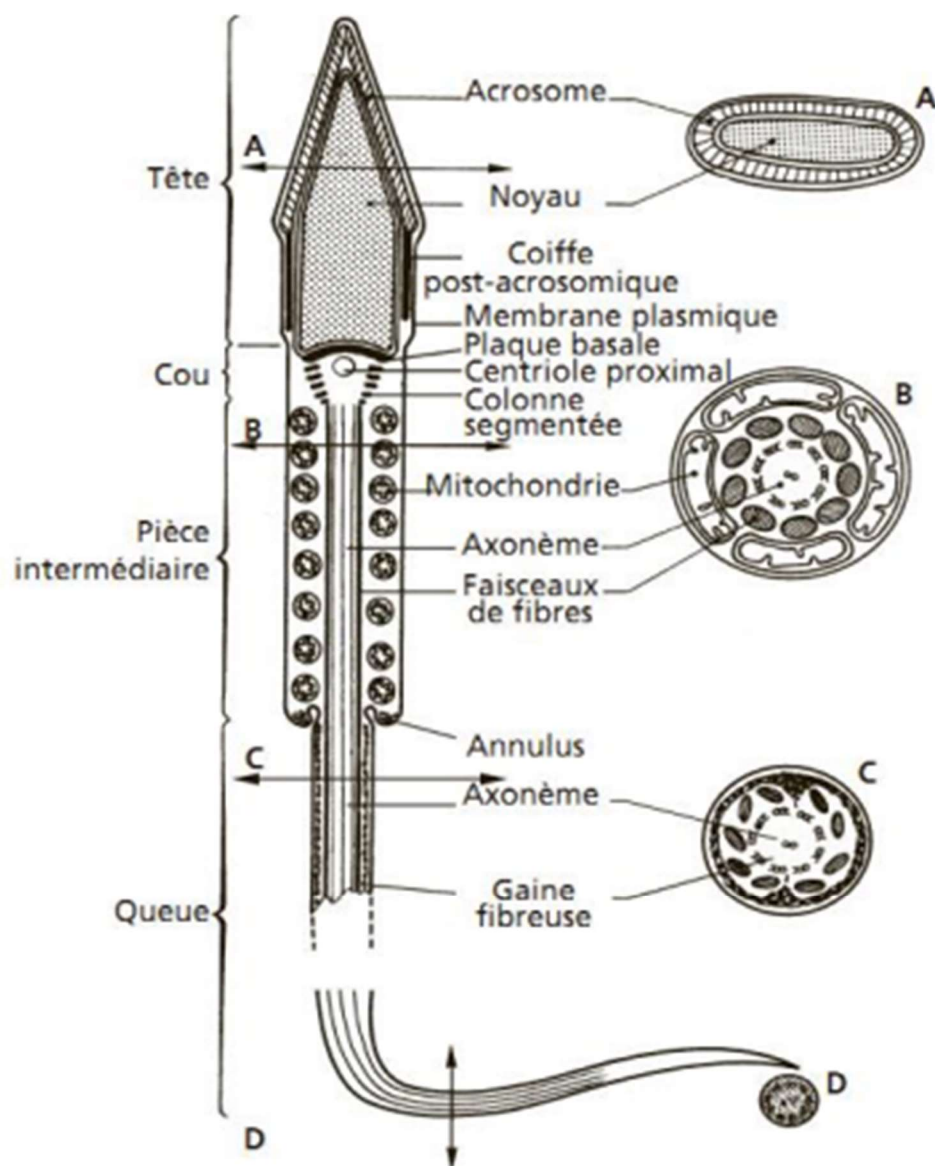


Figure 8 : Schéma d'un spermatozoïde de mammifère (Le Moigne et Foucrier, 2009).

2.2. Compartiment interstitiel

Ce compartiment est constitué par un tissu interstitiel, liquide des compartiments intra-testiculaire et essentiellement les cellules de Leydig.

2.2.1. Liquide des compartiments intra testiculaires

Dans les espaces inter tubulaires, le tissu interstitiel apparaît comme un tissu conjonctif lâche, vascularisé et innervé, se trouvent les cellules de Leydig, productrices d'hormones stéroïdiennes.

Le tissu interstitiel contient des vaisseaux lymphatiques plus au moins développés et des capillaires sanguins propices à la circulation des hormones périphériques et testiculaires, des fibroblastes, des macrophages, des leucocytes, des mastocytes et de nombreux autres composés du sang (Frend et *al.*, 1973).

Les cellules interstitielles et les tubes séminifères logés dans les espaces péri tubulaires baignent dans le liquide interstitiel qui participe aux fonctions endocrines et paracrines du testicule (Hazard et Perlemuter, 2000).

Ce liquide est composé de 90% d'eau et a pour origine le plasma sanguin (Marieb, 2006). Il est riche en minéraux essentiellement en potassium, en magnésium, en phosphate, en calcium, en chlore. Il est très riche en Androgène Binding Protéine (ABP) et pauvre en autres protéines (Hocheau de Reviers et Royere, 1996). Il contribue au transport des spermatozoïdes ainsi qu'à leur nutrition. Cependant, sa composition subit des remaniements au niveau du *rète testis*.

2.2.2. Cellule de Leydig

Les cellules de Leydig sont des cellules polygonales, qui sont soit dispersées, soit groupées en amas autour des capillaires sanguins et entourées par une lame basale discontinue (Lakabi, 2017).

Elles contiennent un noyau ovoïde dont la chromatine est périphérique, un volumineux nucléole, un cytoplasme dense riche en citernes de REL, des mitochondries peu nombreuses de taille variable garnies de crêtes tubulaires et d'enclaves lipidiques abondantes dans le cytoplasme des cellules matures. De nombreuses jonctions, de type Gap, desmosome et plus rarement des jonctions septées ont été mises en évidence au niveau de la membrane plasmique (Dadoune et Demoulin, 2001).

Les cellules de Leydig sont les cellules stéroïdogènes qui se différencient dans le deuxième compartiment du testicule, l'espace interstitiel. Ces cellules produisent des androgènes qui sont essentiels pour la masculinisation et l'apparition des caractères sexuels primaires et secondaires (Dizier et *al.*, 2014).

3. Histologie épидидymaire

Le canal épидидymaire comprend deux compartiments : une lumière bordée par un épithélium pseudo-stratifié, entouré de 2 à 6 couches de fibres musculaires lisses et un tissu conjonctif contenant des terminaisons nerveuses et des capillaires sanguins (Hermo et Robaire, 1988).

Autour du canal épидидymaire, on note la présence d'une mince couche de fibres musculaires lisses, qui par leurs contractions péristaltiques régulières contrôlées par les fibres nerveuses, permettent le transit des spermatozoïdes de la tête vers la queue de l'organe (Setchell *et al.*, 1994).

3.1. Lumière du canal épидидymaire

Pour rejoindre le système éjaculateur depuis les gonades mâles, 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.

Cependant 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 (Adamali *et al.*, 1999 ; Hermo et Robaire, 2002).

3.2. Epithélium épидидymaire

Six types cellulaires entrent dans la composition de l'épithélium épидидymaire : les cellules basales, étroites, apicales, claires, en *halos* et principales, qui présentent des caractéristiques structurales et fonctionnelles très variées de la région proximale à la région distale du tubule (Figure 9) (Robaire *et al.*, 2006).

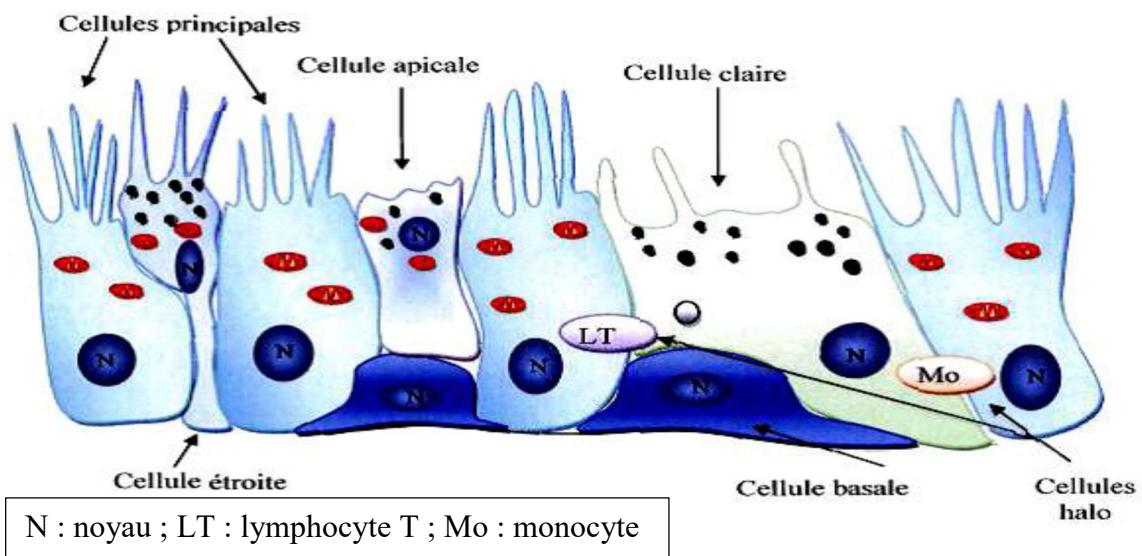


Figure 9 : Représentation schématique de l'épithélium épидидymaire (Girouard, 2009).

3.2.1. Cellules principales

Les cellules principales sont les cellules les plus abondantes de l'épithélium épидидymaire. Elles constituent environ 80% de la population cellulaire totale dans le segment initial et ne représentent que 65% de la population cellulaire totale dans la queue de l'épididyme (Trasler *et al.*, 1988).

Ces cellules présentent des caractéristique structurales variables d'un segment à l'autre de l'épididyme, elles sont reliées entre elles par des jonctions serrées et des desmosomes. En effet, leur hauteur est plus élevée dans la tête que dans la queue, tout comme la longueur des microvillosités qui tapissent leur pôles apical (Ramos et Dym, 1977 ; Flickinger *et al.*, 1978 ; Jones *et al.*, 1979).

Les cellules principales appartiennent à la classe de cellule « sécrétrices de constitution » (Moore et Kelly, 1985) et assure plusieurs fonction tels que le transport et la sécrétion de petites molécules organique, la synthèse et sécrétion de protéines, la réabsorption du fluide épидидymaire (Robaire et Hermo, 1988 ; Robaire et Viger, 1995 ; Cooper, 1998).

3.2.2. Cellules basales

Les cellules basales représentant 10 à 20% de la population cellulaire totale de l'épithélium épидидymaire (Soranzo *et al.*, 1982). Ces petites cellules allongées, localisées tout le long du canal épидидymaire, reposent sur la membrane basale formant ainsi un réseau en dessous des cellules principales. Les cellules basales contient un noyau irrégulier et un cytoplasme pauvre en organites et possèdent de longues projections pouvant s'étendre jusqu'à la lumière de l'épididyme (Soranzo *et al.*, 1982 ; Veri *et al.*, 1993 ; Cooper, 1998 ; Seiler *et al.*, 2000).

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-épидидymaire (Veri *et al.*, 1993 ; Cooper, 1998 ; Seiler *et al.*, 2000).

3.2.3. Cellules en *halos*

Les cellules en *halos* sont des petites cellules à bord étroit avec un cytoplasme clair et un noyau dense (Robaire *et al.*, 2006), qui sont présentent tout au long de l'épithélium et se situent vers la base de l'épithélium épидидymaire.

Elles ont été décrite comme des cellules d'origine immunitaire et identifier comme des lymphocytes intra épithéliaux ou des macrophages qui contribuent à former une barrière immunologue au niveau de l'épididyme (Hoffer *et al.*, 1973 ; Serre et Robaire, 1999).

3.2.4. Cellules claires

Ces grandes cellules prismatiques sont présentes essentiellement dans le corps et la queue de l'épididyme (Soranzo et *al.*, 1982). Elles sont caractérisées par la présence de vésicules claires en position apicale, de lysosomes en partie médiane et de nombreuses inclusions lipidiques en position basale (Robaire et Hermo, 1988).

D'après Olson et Hinton (1985), elles joueraient un rôle dans l'absorption de certains composants du fluide épидидymaire.

3.2.5. Cellules apicales

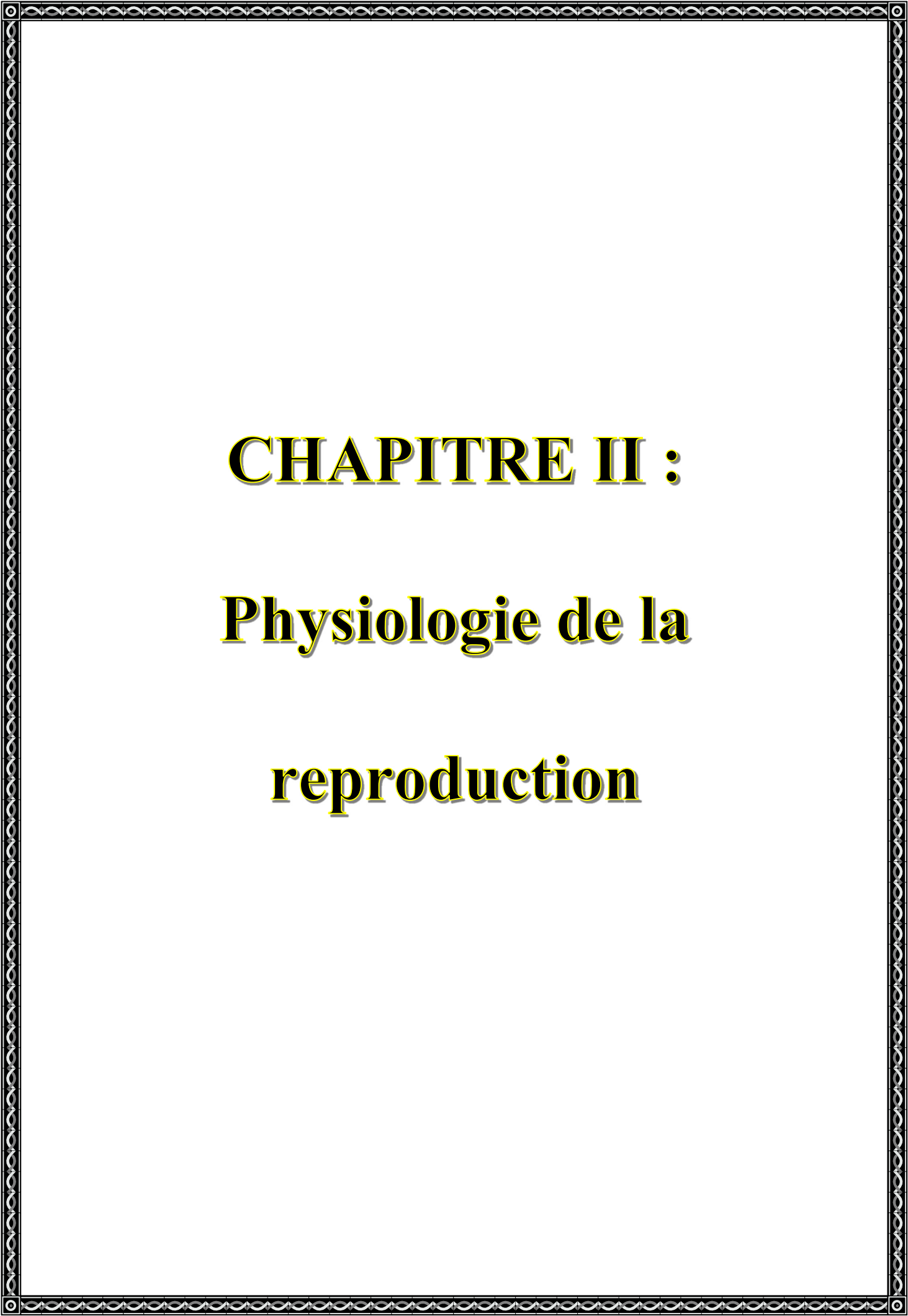
Qualifiées ainsi en raison de la localisation de leur noyau au pôle apical de l'épithélium, elles présentent un cytoplasme dense très riche en mitochondries. Elles se trouvent principalement dans le segment initial où elles représentent 10% de la population cellulaire totale de l'épididyme, leur nombre diminue tout au long de l'organe pour ne représenter que 1% des cellules dans la queue de l'épididyme (Adamali et Hermo, 1996).

Elles participent à l'acidification du fluide épидидymaire ; grâce à la production d'anhydrase carbonique qui permet la sécrétion des ions H⁺ et la réabsorption des bicarbonates (HCO₃⁻) (Martínez-García et *al.*, 1995 ; Hermo et *al.*, 2005) et sont aussi capables d'endocyter des substances présentes dans la lumière (Hermo et Robaire, 2002).

3.2.6. Cellules étroites

Les cellules étroites se retrouvent dans le segment initial et intermédiaire de l'épididyme, pourvue d'un noyau allongé en position apicale. Ces cellules se prolongent entre les cellules principales pour atteindre la région basale de l'épithélium épидидymaire, ce qu'ils leur confèrent un aspect en calice. Leur cytoplasme est riche en vacuole, vésicules endocytiques, lysosome et mitochondrie et leur membrane apicale émet des villosités courte, épaisse et irrégulière (Hermo et *al.*, 2000).

Elles semblent participer à l'acidification du fluide épидидymaire car elles possèdent une activité anhydrase carbonique et sont capables de sécréter des protons dans la lumière (Cohen et *al.*, 1976 ; Hermo et *al.*, 2005).



CHAPITRE II :

Physiologie de la

reproduction

Le pouvoir de reproduction est une des propriétés élémentaires des êtres vivants, elle a pour but d'assurer la perpétuation de l'espèce.

De même que chez les autres mammifères, les mécanismes régulant la fonction de la reproduction chez les lapins sont complexes et reposent sur l'inter-coordination cellulaire, hormonale et chimique des différentes composantes anatomiques, non seulement de l'appareil génital, mais aussi de celui du système neuroendocrinien qui comprend l'axe hypothalamo-hypophyso-gonadique (Joly et Theau Clément, 2000).

1. Développement des gonades et puberté

Avant la puberté plusieurs développements ont été observés au niveau organique (organes génitaux) et corporel.

1.1. Différenciation et développement des gonades

La différenciation des organes reproducteurs du lapin mâle a lieu pendant la vie fœtale (Figure 10) avec formation de l'albuginée entre le 14^{ème} et 15^{ème} jour de gestation, quelques jours plus tard les tubes séminifères apparaissent entourés de cellules germinales, au 19^{ème} jour de gestation il y a la production d'androgènes (Alvarino, 2000).

Les canaux de Müller régressent à partir du 20^{ème} jour, la formation de la prostate commence le 21^{ème} jour et au 24^{ème} jour le développement des canaux de Wolf et la régression des canaux de Müller sont bien établis.

Entre le 21^{ème} et 30^{ème} jours de gestation, la testostérone est présente au niveau des testicules de fœtus mâle (Skinner, 1967). A la naissance, les testicules se trouvent en position abdominale et la descente de ces derniers dans les sacs scrotaux coïncide avec la puberté (Alvarino, 1993).

La spermatogenèse commence entre le 40^{ème} et 50^{ème} jour avec apparition du premier spermatozoïde dans l'épididyme au 130^{ème} jour, ce qui correspond à la fin de la différenciation de l'épididyme distale (Berger et *al.*, 1982).

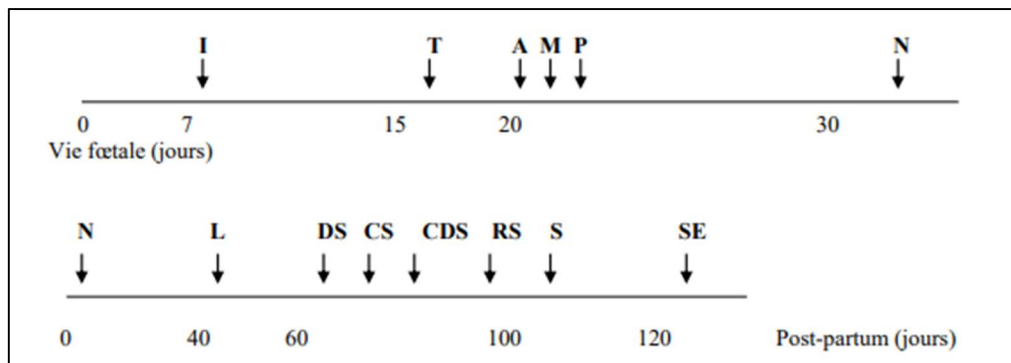


Figure 10 : Développement chronologique de la différenciation de l'appareil reproducteur du lapin mâle (Alvarino, 2000).

I= implantation ; N= naissance ; L= maturation des cellules de Leydig ; A= sécrétion d'androgènes ; T= différenciation des testicules ; CDS= développement complet de la spermatogénèse ; P= croissance de la prostate ; RS= premiers rapports sexuels. CS= premier comportement sexuels ; S= apparition du premier spermatozoïde ; M= dégénérescence des canaux de Müller ; DS= début de la spermatogénèse ; SE= apparition des premiers spermatozoïdes dans l'épididyme.

1.2. Développement pondéral

Le poids adulte est très variable selon les races (1 à 7 kg avec les individus atteignant les 10kg), il se situe autour de 3,5 et 4 kg pour les types génétiques couramment utilisés pour la production de viande (Roustan, 1992).

Le développement pondéral testiculaire est très long par rapport au développement du poids corporel du lapin jusqu'à l'âge de 5 mois. Le rapport entre le poids du testicule et le poids corporel augmente pour atteindre 2.86 après 5 semaines d'âge, l'évolution du poids des testicules en fonction de l'âge montre une accélération de croissance testiculaire, entre 70 et 110 jours environs (Alvarino, 2000 ; Lebas, 2009).

1.3. Développement comportemental

Les premières manifestations de comportement sexuel apparaissent vers 60-70 jours : le jeune lapin commence alors à faire des tentatives de chevauchement.

A partir de la 12^{ème} semaine d'âge, les jeunes lapins montrent un certain nombre de manifestations sexuelles (reniflement de la région Ano-génitale de la femelle, agressivité et tentatives de monte) (Berger et al., 1982 ; Bell et Mitchell, 1984).

Les premiers coïts peuvent survenir vers 100 jours mais, dans ces premiers éjaculats, la viabilité des spermatozoïdes est faible à nulle, il faut donc attendre 135 à 140 jours pour les premiers accouplements (Lebas et al., 1996).

1.4. Maturation sexuelle

La maturation sexuelle chez le lapin s'effectue en quatre (4) étapes dont ; la phase infantile, la phase pré-pubère, la phase de la puberté et en fin la phase de la maturité sexuelle.

1.4.1. Phase infantile

Cette étape est la période allant de la naissance à l'âge de 40 jours, et qui est caractérisée par une croissance lente des testicules et des vésicules séminales, ainsi que par des niveaux faibles de FSH et de testostérone circulant dans le sang (Martinet, 1973).

1.4.2. Phase pré-pubère

La phase pré-pubère commence vers l'âge de 40 jours et se caractérise par une augmentation importante des niveaux de testostérone (+921%) et de FSH (+384%) qui se produit entre 40 et 60 jours.

Durant cette phase, la croissance des testicules s'accélère et les cellules de Leydig responsable de la spermatogenèse commence à fonctionner (Martinet, 1973), entraînant les premières divisions goniale vers 45 jours qui s'accélèrent vers 70 jours, quand les niveaux d'androgène circulants sont les plus élevés et les premiers spermatozoïdes apparaissent vers l'âge de 110 jours (Skinner, 1967).

1.4.3. Phase pubertaire

La puberté est définie comme le moment où les organes reproducteurs du mâle sont capables de produire de façon constante des spermatozoïdes féconds, elle est atteinte vers 4 ou 5 mois, peu après la descente des testicules dans le scrotum.

L'âge de la puberté varie avec la race et les conditions d'élevage, notamment l'alimentation et la saison de naissance (Fortun et *al.*, 2015).

1.4.4. Maturité sexuelle

La maturité sexuelle est définie comme le moment où la production quotidienne de sperme n'augmente plus. En effet, la production quotidienne de sperme qui est dépendante de nombreux facteurs, est de l'ordre de $2 \cdot 10^7$ spermatozoïdes (Fortun et *al.*, 2015).

Garcia-Thomas et *al.* (2009) a démontré qu'à l'âge de 20 semaines, les mesures testiculaires et le pourcentage des tubes séminifères qui contiennent des spermatozoïdes ne représentent que 70% de leur valeur par rapport à l'âge adulte (33 semaines d'âge) et que l'évolution du volume de l'éjaculat et la motilité individuelle des spermatozoïdes augmentent considérablement entre la 20^{ème} et la 33^{ème} semaine.

2. Fonctions physiologiques du testicule

Le testicule est une glande amphicrine possédant une double fonction, une fonction exocrine qui permet la production des gamètes mâles par le processus de spermatogénèse et une fonction endocrine qui permet la production des hormones stéroïdes masculines (androgènes, essentiellement la testostérone) (Dadoune et Demoulin, 2001).

2.1. Fonction exocrine du testicule : Spermatogénèse

La spermatogénèse est le processus de différenciations cellulaire qui permet la production des gamètes mâles matures haploïdes (n) : les spermatozoïdes, à partir de cellules souches diploïdes ($2n$) (Figure 11) (Tortora et Derrickson, 2007).

Chez le lapin, elle débute entre 40^{ème} et 50^{ème} jours d'âge, et elle dure de 38 à 41 jours (Martinet, 1973), et avec l'apparition des premiers spermatozoïdes peu viables dans les éjaculats à 110 jours d'âge (Lebas, 2009).

Selon Amann (1993), la spermatogénèse se déroule au niveau des tubules séminifères des testicules en passant par trois (3) grandes étapes qui sont ; la spermatocytogénèse, la méiose et la spermiogénèse.

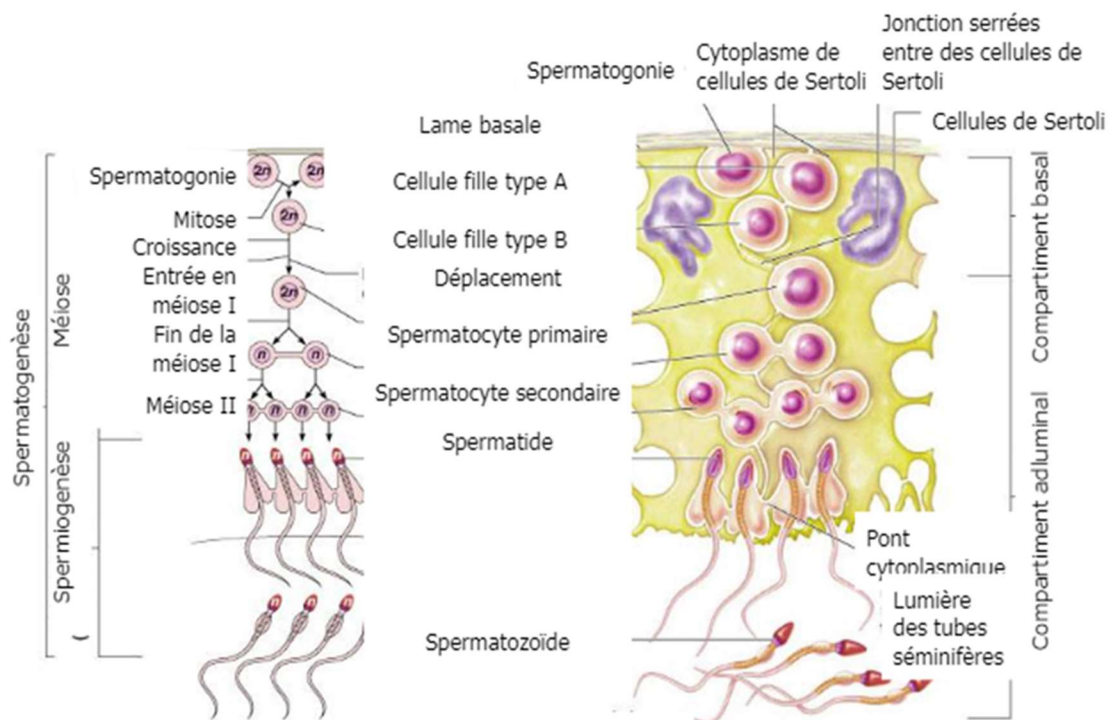


Figure 11 : Différentes étapes de la spermatogénèse (Marieb, 2006).

2.1.1. Spermatocytogenèse

La spermatocytogenèse est caractérisée par une phase de multiplication (par mitoses) et de différenciation des spermatogonies, ce qui aboutit à la formation des spermatocytes primaire, observée vers le 60^{ème} jour d'âge chez le lapin, qui possède encore le nombre diploïde de chromosomes caractéristiques de l'espèce (lapin : 44 chromosomes) (Martinet, 1973).

La phase de multiplication cellulaire assure également le renouvellement des spermatogonies, nécessaires au maintien d'un nombre suffisant de cellules souches (Little et Holyoak, 1992 ; Barone, 2001).

2.1.2. Méiose

La deuxième étape, fait intervenir le phénomène de méiose caractérisée par l'échange de matériel génétique entre les chromosomes homologues des spermatocytes primaires, induisant à la production des spermatocytes secondaires, ensuite deux divisions successives de la méiose produisent des spermatides haploïdes à n chromosome (Amann, 1993).

2.1.3. Spermiogénèse

C'est l'étape où les spermatides subissent une série remarquable de modifications qui aboutissent à la libération de spermatozoïdes mûrs (Figure 12) (Barone, 2001).

Selon Gayrard (2007), la spermiogénèse est caractérisée principalement par :

- La condensation du noyau et la déshydratation de la chromatine.
- La formation de l'acrosome au départ d'une vésicule golgienne.
- Le développement de l'appareil flagellaire à partir du centriole distal.
- Le glissement du cytoplasme le long de l'axe flagellaire et la différenciation de diverses structures fibreuses qui se condensent autour de celui-ci.
- Le repositionnement des mitochondries en une rangée hélicoïdale autour de la partie initiale du flagelle (pars intermedia).
- L'élimination de la plus grande partie du cytoplasme (corps résiduel).

A partir de ce stade il n'y a plus de divisions cellulaires, par contre des métamorphoses extrêmement complexes à l'échelle moléculaire et cellulaire apparaissent (Schulz *et al.*, 2005).

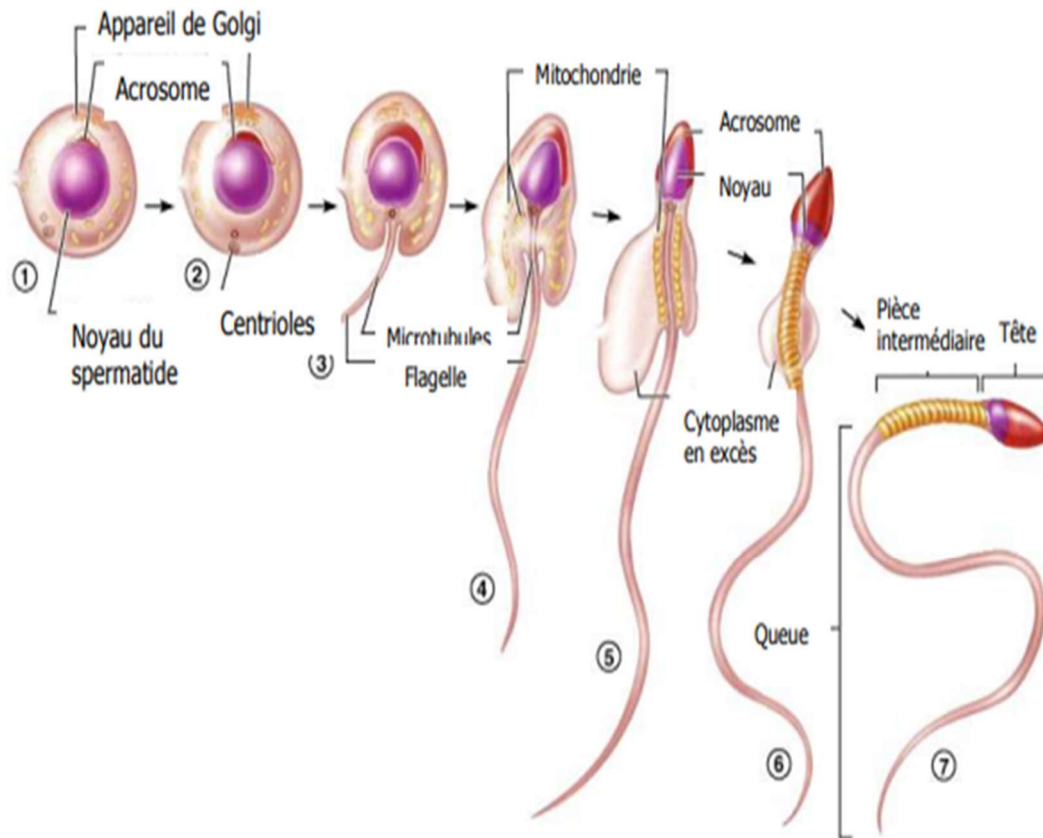


Figure 12 : Etapes de la spermiogenèse (Gayrard, 2007).

2.2. Fonction endocrine du testicule : Stéroïdogénèse

La fonction endocrine du testicule est assurée par de petits amas d'endocrinocytes interstitielles appelés : cellules de Leydig, qui sécrètent les androgènes en particulier la testostérone nécessaire à la spermatogenèse ainsi qu'au développement et au maintien morphologique et fonctionnel des glandes accessoires de l'appareil génital mâle. Cette sécrétion contrôle en outre les caractères sexuels secondaires et l'activité sexuelle (Barone, 2001).

La biosynthèse des androgènes nécessite l'intervention d'un certain nombre d'enzymes agissant en cascade à partir d'un précurseur commun à tous les stéroïdes, le cholestérol (Saez, 1994).

En effet, la testostérone agit directement sur la différenciation des canaux de Wolf, le développement et le maintien des caractères sexuels secondaires, après son métabolisme en dihydrotestostérone par l'enzyme 5- α réductase dans les tissus périphériques (prostate, épидидyme, vésicule séminale), elle a une action anabolisante au niveau de tous les tissus, en particulier musculaire et osseux et intervient dans le dimorphisme sexuel cérébral et la physiologie du comportement sexuel.

En association avec la FSH, la testostérone est essentielle pour l'initiation et le maintien de la spermatogenèse. Elle agit sur les cellules de Sertoli et sur les cellules péri tubulaires, via des récepteurs spécifiques, stimulant indirectement la spermiogénèse par une voie paracrine (Wosnitzer et Paduch, 2013).

3. Fonctions physiologiques de l'épididyme

L'épididyme est formé d'un épithélium pseudostratifié qui assure toutes les sécrétions et aussi d'une lumière qui assure à son tour le transit des spermatozoïdes.

3.1. Fonction physiologique de l'épithélium

Les sécrétions protéiques de l'épithélium épидидymaire s'effectuent essentiellement par les cellules principales dites aussi stéréociliées qui le composent, et ceci selon deux modes différents : sécrétion mérocrine et sécrétion apocrine (Figure 13).

3.1.1. Sécrétion mérocrine

Ce mode de sécrétion est le mode le plus fréquent chez les différents types cellulaires. Les protéines sécrétées selon ce mode sont issues de la traduction d'ARNm par les ribosomes au niveau du réticulum endoplasmique rugueux.

Ces protéines se caractérisent par la présence d'un peptide signal au niveau de l'extrémité N-terminale de la séquence d'acides aminés, et elles sont ensuite véhiculées vers l'appareil de Golgi pour subir des modifications post-traductionnelles (Pons-Rejraji et Drevet 2004) telles que la glycosylation et l'acylation, qui seront transportées dans des granules de sécrétion (Thibault et Levasseur, 2001).

Ces granules à leur tour migrent jusqu'au pôle apical de la cellule afin de libérer leur contenu à l'extérieur, ceci par fusion de leur membrane avec la membrane plasmique cellulaire (Pons-Rejraji et Drevet 2004).

3.1.2. Sécrétion apocrine

La sécrétion apocrine a été mise en évidence dans les cellules principales de l'épididyme, le canal déférent et les différentes glandes telles que la prostate et les glandes accessoires (Girouard, 2009).

Contrairement au mode mérocrine, la synthèse de même que les modifications post traductionnelles des protéines sécrétées selon le mode apocrine, s'accomplissent dans le cytoplasme des cellules (Sullivan *et al.*, 2005).

Effectivement, puisque la séquence primaire de ces protéines est dépourvue de peptide signal, les protéines ne peuvent s'associer au réticulum endoplasmique et la synthèse a donc lieu exclusivement sur des ribosomes libres (Girouard, 2009).

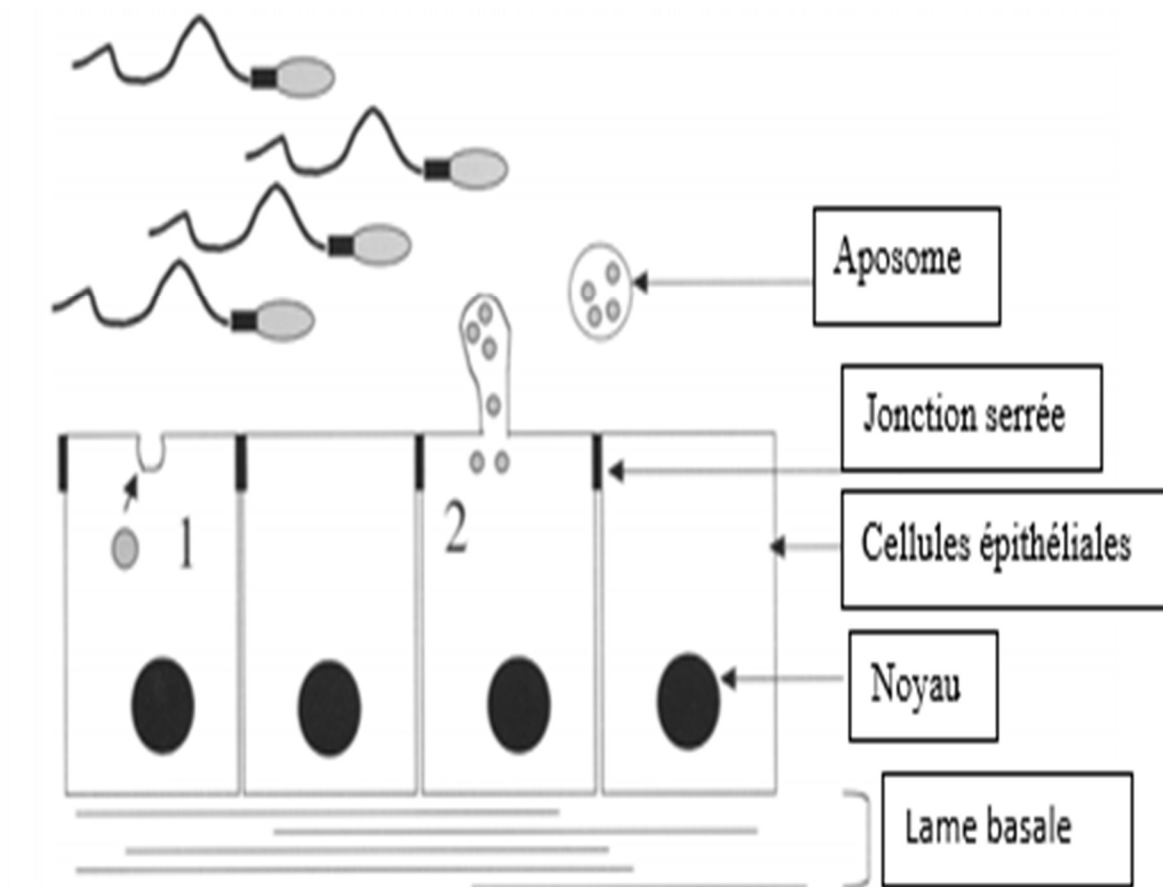


Figure 13 : Représentation schématique de l'épithélium sécrétoire épидидymaire (Pons-Rejraji et Drevet 2004). 1-sécrétion mérocrine, 2- sécrétion apocrine.

3.2. Fonction physiologique de la lumière

D'après Badran et Hermo (2002), l'épididyme doit assurer plusieurs fonctions : maturation des spermatozoïdes, l'acquisition de la motilité, protection, stockage des spermatozoïdes.

3.2.1. Maturation des spermatozoïdes

La maturation post-testiculaire des spermatozoïdes recouvre un ensemble de processus complexes qui vont progressivement modifier structurellement et fonctionnellement les gamètes en transit dans l'épididyme et ainsi leur conférer leurs aptitudes fécondantes, c'est-à-dire l'expression de leur motilité et la capacité à reconnaître la zone pellucide de l'ovule et à fusionner avec ce dernier, ces différentes propriétés sont acquises au cours de leur transit (Noblanc et *al.*, 2012).

Chez le lapin le taux de fécondation est seulement 1 à 2% avec des spermatozoïdes prélevés dans la tête de l'épididyme, alors qu'il atteint 95 à 98% avec ceux prélevés dans la queue de l'organe (Barone, 2001).

3.2.2. Acquisition de la motilité

La durée de transit des spermatozoïdes dans l'épididyme est de l'ordre de 12 jours environ (Rowley et *al.*, 1970). Chez la plupart des mammifères les spermatozoïdes commencent à osciller dans la tête de l'épididyme avec de mouvements vibratoires de la queue alors que dans le corps il y a apparition des mouvements inefficaces, mais la mobilité progressive n'est acquise que dans la région caudale (Gaddum, 1968 ; Boussit, 1989).

Le contrôle de cette mobilité dépend de facteurs exogènes et endogènes et l'activation de la motilité du flagelle se fait grâce aux changements de concentration de différents ions et énergie produite par les mitochondries.

L'ATP produit permet la mise en place de la phosphorylation de la tyrosine sur la totalité du flagelle (Ho et Suarez, 2001 ; Mukai et Okuno, 2004), qui se produit d'une façon graduelle au cours de sa progression dans la lumière de l'épididyme pour atteindre son maximum dans la queue où le spermatozoïde est pleinement mature et acquiert la capacité de se mouvoir. La concentration intra-spermatique en AMPc augmente aussi lors du transit épидидymaire et permet d'induire la motilité (Aitken et *al.*, 2007).

3.2.3. Protection

Les spermatozoïdes matures sont les cibles de multiples agressions cependant la barrière hémato-épididymaire les protège contre les attaques du système immunitaire (Pollanen et Cooper, 1994) et certaines protéines sécrétées par l'épithélium épididymaire ont une action protectrice contre les dommages protéolytiques et oxydatifs durant le transit épididymaire (Cornwall et Hsia, 2003).

3.2.4. Stockage

Les spermatozoïdes matures atteignent la queue de l'épididyme qui servira de réservoir durant l'attente de prochaine éjaculation. Ils baignent dans un liquide qui permet de les conserver dans un stade quiescent, pour une période pouvant aller de quelques jours à plus d'un mois (Hinton et Palladino, 1995).

4. Régulation de la fonction de reproduction

La fonction de reproduction subit deux régulations, une régulation interne grâce l'axe hypothalamo-hypophyso-gonadique et une régulation externe par les différents facteurs environnants.

4.1. Régulation interne

La fonction de reproduction chez les lapins mâles est sous le contrôle d'un système hormonal complexe ceci par l'intervention de l'axe hypothalamo-hypophyso-gonadique (Figure 14).

4.1.1. Axe hypothalamo-hypophyso-gonadique

La régulation de la reproduction est assurée par l'axe hypothalamo-hypophyso-gonadique, la communication entre ces différents niveaux est assurée grâce à des neurohormones et hormones (Migaud et *al.*, 2016).

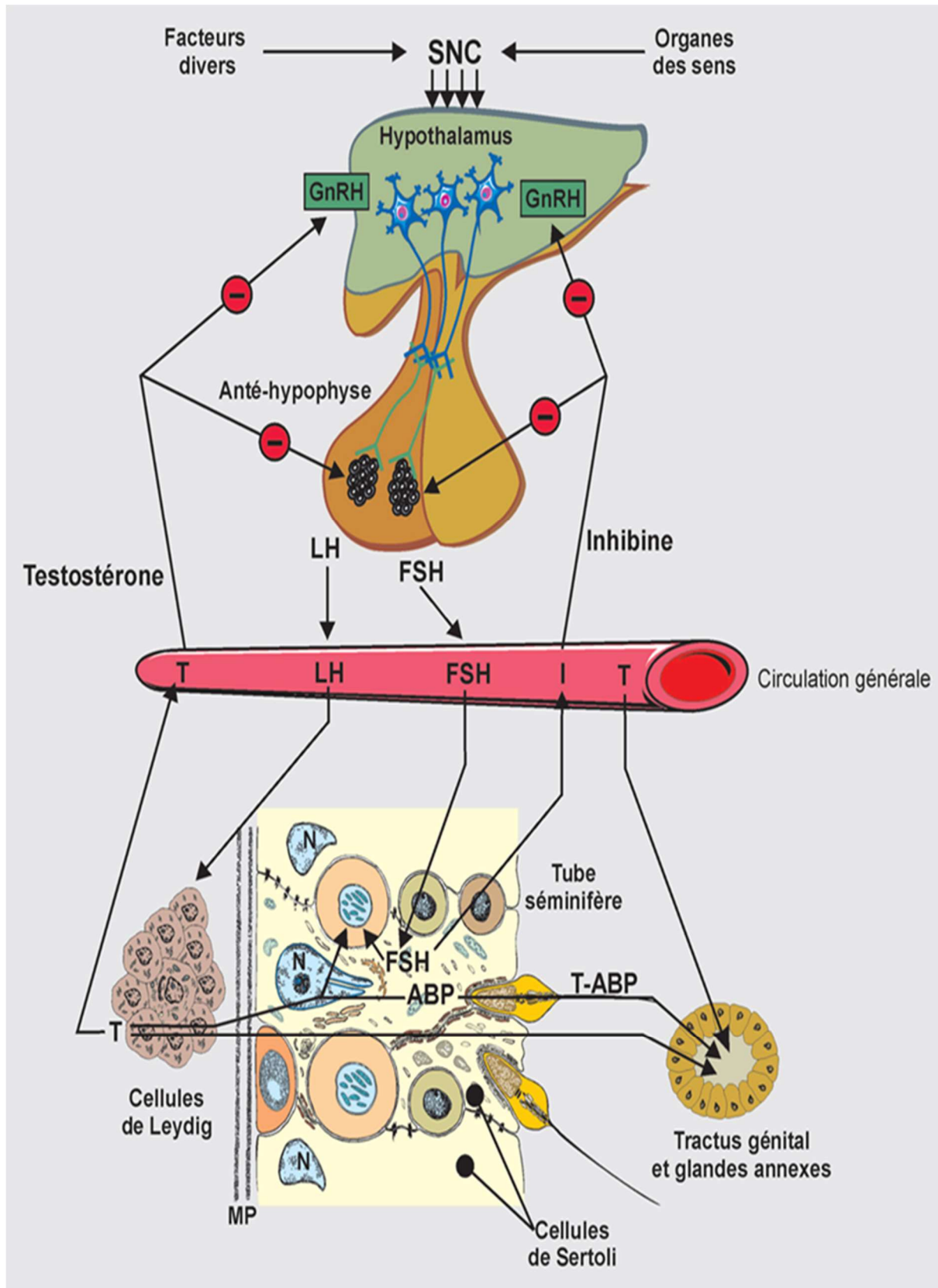


Figure 14 : Complexe hypothalamus-hypophyse-testicule (Dizier et al., 2014).

SNC : système nerveux central ; T : testostérone ; I : inhibine ; ABP : Androgen Bindin Protein ; MP : membrane plasmique

4.1.1.1. Hypothalamus

L'hypothalamus contrôle l'hypophyse par le biais de la GnRH qui est un décapeptide d'un poids moléculaire faible, non antigénique, secrété de manière pulsatile par le noyau arqué et les noyaux pré et supra optique de l'hypothalamus, induisant la sécrétion de LH et FSH via des récepteurs membranaires spécifiques R-GnRH des cellules gonadotropes de l'antéhypophyse (Hammoud et *al.*, 1997 ; Thibault et Levasseur, 2001 ; Bonnes et *al.*, 2005).

Les neurones à GnRH sont modulés par de nombreux neurotransmetteurs et neuropeptides. Parmi les sécrétagogues du GnRH, le neuropeptide Kiss1 (Pinilla et *al.*, 2012 ; Beltramo et *al.*, 2014).

4.1.1.2. Hypophyse

La GnRH, libérée dans l'antéhypophyse via la circulation portale hypophysaire, se lie à un récepteur spécifique (GnRH) exprimé par les cellules gonadotropes de l'hypophyse. Cette liaison déclenche la production et la sécrétion des deux gonadotrophines, la LH «*Luteinizing Hormone*» et la FSH «*Follicle Stimulating Hormone*» (Migaud et *al.*, 2016).

4.1.1.3. Gonades (testicules)

La sécrétion de la testostérone ainsi que la production des spermatozoïdes sont sous le contrôle des gonadotrophines hypophysaires FSH et LH circulant dans le sang pour atteindre le testicule.

La FSH agit sur les cellules de Sertoli en se fixant sur ses récepteurs pour activer la production des facteurs Sertoliens tel que l'ABP, la transferrine et divers agents nécessaire au bon déroulement de la spermatogenèse (Widmaier et *al.*, 2009).

Tandis que la LH agit sur les cellules de Leydig pour la sécrétion de la testostérone qui favorise la spermatogenèse, le développement des organes génitaux masculins et les caractères sexuels secondaires (Nguyen et Bourouina, 2008).

La régulation de la fonction gonadotrope est caractérisée par un rétrocontrôle négatif par les sécrétions testiculaires, exercé au niveau de l'axe hypothalamo-hypophysaire et gonadique.

En effet La concentration élevée de la testostérone ainsi d'autre molécules tel que l'inhibine ont une action inhibitrice sur la sécrétion de la LH et à moindre degré de la FSH par l'hypophyse et sur celle de la GnRH par l'hypothalamus (Bridges et *al.*, 1993 ; Dohle et *al.*, 2003).

4.1.2. Rétrocontrôle de la sécrétion des gonadotrophines par les testicules

Le contrôle de la fonction reproductrice par le système hypothalamo-hypophysaire est accompagné d'un rétrocontrôle gonadique assuré par les sécrétions testiculaires stéroïdiennes (testostérone) et protéiques (inhibine) (Roser, 2008).

L'inhibine empêche la production de testostérone par les cellules de Leydig, alors que l'activine stimule la production de testostérone par les cellules de Leydig in vitro (Lin et *al.*, 1989).

Selon l'intensité de la spermatogenèse, les cellules de Sertoli sécrètent l'inhibine β dans le sang, qui exerce un rétrocontrôle inhibiteur de la FSH par l'hypophyse (Ying, 1988 ; Tilbrook et Clarke, 2001 ; Dohle et *al.*, 2003).

La testostérone sécrétée par les cellules de Leydig stimulées par la LH exerce une rétroaction négative de deux façons sur la sécrétion de celle-ci :

- Elle réduit la production de GnRH par son action directe sur l'hypothalamus ce qui a pour effet de réduire la sécrétion de LH et de FSH par l'hypophyse antérieure
- Elle réduit par un effet direct la réponse à la GnRH des cellules sécrétrices de LH de l'hypophyse antérieure (Sherwood et Ectors, 2015).

4.1.3. Régulation des fonctions de l'épithélium épидидymaire

La régulation des fonctions de l'épithélium épидидymaire fait appel à un réseau complexe de molécules biochimiquement très variées et d'origines diverses, qui vont agir spécifiquement au niveau des cellules de l'épithélium épидидymaire pour réguler l'expression de gènes-cibles, et par conséquent, agir sur les fonctions physiologiques de cet organe.

Selon leur proximité par rapport aux cellules-cibles, on distingue des facteurs endocrines arrivant par la voie systémique ; des facteurs lumicrines apportés par la lumière du canal épидидymaire et enfin, des facteurs paracrines et/ou autocrines produits par les cellules avoisinantes ou les cellules elles-mêmes (Robaire et *al.*, 2003).

4.2. Régulation externe

Les lapins font partis des espèces dont la fonction de reproduction peut être influencée par divers facteurs : température, saison, éclairage, humidité, alimentation, âge, état sanitaire, les huiles essentielles... (Theau-Clément, 2005).

4.2.1. Température

La température est un facteur qui influence significativement la spermatogenèse, en affectant la qualité du sperme, la concentration et le volume des éjaculats (Joly et Theau, 2000).

L'exposition des mâles à des températures élevées (34 C° pendant 8 h) déprime l'activité sexuelle et perturbe la spermatogénèse, en augmentant sensiblement le pourcentage des spermatozoïdes morts (Boussit, 1989 ; Kasa et Thwaites, 1992).

Selon Finzi et *al.* (2000), l'effet de l'hyperthermie est plus rapide sur l'apparition des anomalies que sur la chute de la concentration spermatique.

La température favorable pour la reproduction se situe entre 15 et 18°C, avec une humidité relative maintenue entre 55 et 80% (Lebas, 2009).

4.2.2. Saison

Selon Frolich (1948), le volume des éjaculats et leur concentration en spermatozoïdes atteignent le maximum en mars, et son minimum est observé en juillet (Brambell, 1944).

Ces variations s'accompagnent d'une réduction de la taille des testicules de mars à juillet, de l'ordre de 60 % du poids maximum et d'un accroissement testiculaire dès août.

Il s'en suit une « stérilité estivale » associée à une augmentation du pH du sperme, une baisse de la motilité et la concentration des spermatozoïdes, une augmentation du pourcentage de spermatozoïdes anormaux et une baisse de la *libido* (Hiroe et Tomizuka, 1965).

4.2.3. Eclairage

Selon Boyd (1985) et Theau-Clément, (1994), l'éclairage joue un rôle important dans la reproduction des lapins, car ils ont observé une augmentation du poids testiculaire et du pourcentage de spermatozoïdes vivants après un passage de 8 heures à 16 heures d'éclairement et une diminution du même paramètre si l'opération est inversée.

De plus, les caractéristiques quantitatives et qualitatives des éjaculats étaient significativement plus élevées pour le lot de 16 heures par jour, seul le volume était plus élevé pour le lot de 8 heures d'éclairement.

De ce fait, une bonne conduite de l'élevage implique un éclairage de 30 à 40 lux à condition que la lumière soit répartie de façon uniforme dans toute la pièce (Lebas et *al.*, 1990).

4.2.4. Humidité (l'hygrométrie)

Dans les normes recommandées, l'humidité relative doit être maintenue entre 60 et 70% (Lebas, 2009) car une humidité relative trop basse (moins de 50%) est néfaste tandis qu'une hygrométrie trop élevée se traduit par une réduction des performances de reproduction et aboutit à la prostration des animaux (Finzi et *al.*, 2000).

4.2.5. Alimentation

L'alimentation des lapins affecte les caractéristiques de la semence lorsque le niveau des apports nutritionnels est insuffisant, la *libido* et la quantité de sperme par éjaculat sont touchés par le facteur de l'alimentation sans toucher à la qualité de la semence (Joly et Theau, 2000).

Les mâles nourris à volonté montrent une augmentation en volume de la semence, des spermatozoïdes par éjaculat, et une meilleure *libido*. Cependant la concentration du sperme est comparable à celles des mâles nourris avec un régime limité.

Les restrictions alimentaires sévères peuvent affecter le volume du sperme et le nombre de spermatozoïdes par éjaculat. Notant aussi que la composition des aliments pendant la période d'élevage a un effet direct sur les performances de tous les animaux d'élevage (Luzi et *al.*, 1996).

Une alimentation basée uniquement sur les fourrages grossiers est insuffisante pour la couverture des besoins de production chez le lapin (Lebas et *al.*, 1984 ; Berchiche et Zerrouki, 2000).

4.2.6. Age

L'âge des mâles influence significativement sur la concentration et le nombre de spermatozoïdes motiles obtenus par éjaculat. En effet les mâles adultes de 9 à 12 mois ont une semence de concentration et un nombre de spermatozoïdes motiles plus élevé que celle des mâles jeunes de 4 à 5 mois (Theau et *al.*, 2009).

4.2.7. Etat sanitaire

Il a été largement vérifié que l'inflammation de l'appareil reproducteur masculin altère les fonctions testiculaires et séminales (Boiti, 2005), et qu'une forte concentration de leucocytes provoquée par une inflammation ou une infection peut altérer la spermatogenèse (Castellini, 2008).

4.2.8. Huiles essentielles

Des études récentes ont montrés que d'autres facteurs peuvent influencer positivement ou négativement sur la fertilité des lapins mâles comme : facteurs génétiques, facteurs environnementaux et l'administration des huiles essentielles.

En effet, Kammerer et *al.*, (2012) ont mise en évidence que les huiles essentielles administrées sont capables de modifier le processus physiologique de la reproduction soit en l'améliorant ou en la perturbant et cela selon la plante et la dose utilisée.

CHAPITRE III :

Matériels et Méthodes

Cette étude fait partie des activités de recherche de Dr Lakabi et s'inscrit dans le cadre de l'étude histo-fonctionnelle du développement gonadique et de la maturité sexuelle des lapins de la population blanche. L'objectif de ce présent travail est de voir l'impact de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* sur la structure des testicules des lapins mâles infantiles (un mois) à deux doses différentes, à travers une étude histologique de leurs structures et la relation des poids vifs avec les poids des gonades.

1. Matériel biologique

La réalisation de cette étude nécessite l'utilisation de matériel animal (lapins infantiles) et de matériel végétal (huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*).

1.1. Modèle animal

Le lapin (*Oryctolagus cuniculus*) (Figure 17) est un modèle essentiel en recherche scientifique car il offre beaucoup d'avantage dans le domaine de la reproduction et permet la mise en évidence de quelques processus reproducteurs comme les changements morphologiques de cycle épithéliale séminifère (Ewuola et Equinike, 2010). Cette souche est caractérisée par une prolificité importante (9 lapereaux par mi-bas), un poids adulte sensiblement plus élevé et une meilleure aptitude à la croissance que la population locale (Lebas et al., 2010).

Selon Grasse (1949) ; Lebas et al. (1984), la position taxonomique du lapin (*Oryctolagus cuniculus*) est :

Règne : Animal ;

Embranchement : Vertébrés ;

Classe : Mammifères ;

Super Ordre : Glires ;

Ordre : Lagomorphes ;

Famille : Léporides (lièvre et lapin) ;

Sous-famille : Leporinae ;

Genre : *Oryctolagus* ;

Espèce : *Oryctolagus cuniculus*.

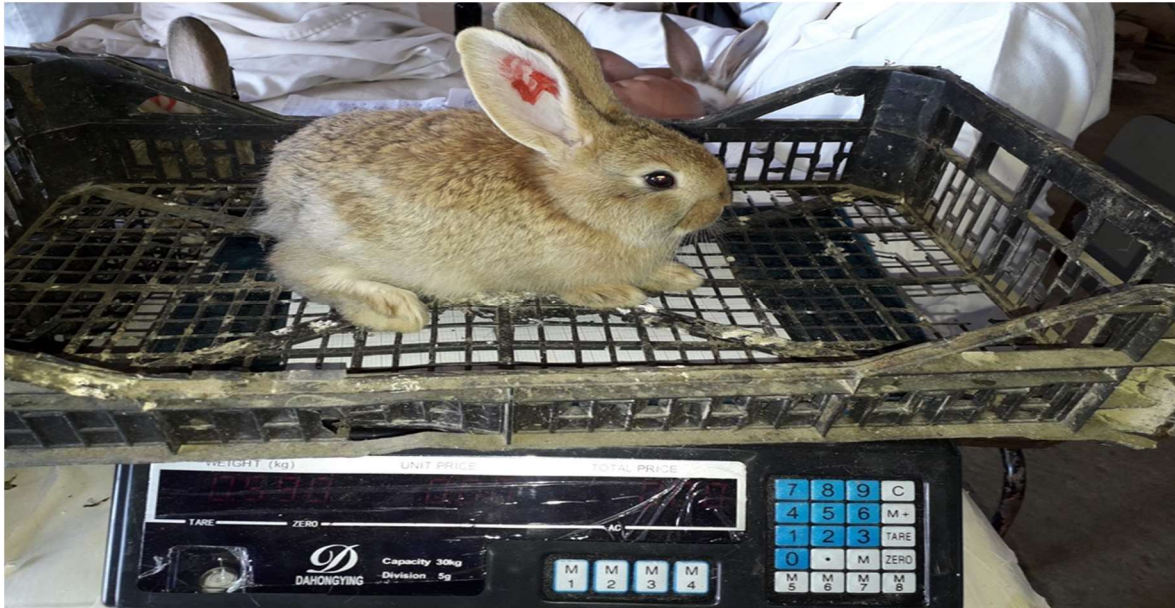


Figure 17: Lapin infantile âgé en moyen d'un mois (Original, 2021).

1.2. Matériels végétal

L'Eucalyptus commun ou Gommier bleu (*Eucalyptus globulus*) est un arbre sempervirent de la famille des Myrtaceae originaire d'Australie. Il est largement cultivé et peut croître jusqu'à 92 m de hauteur. Selon Labill (1800) ; la systématique d'*Eucalyptus globulus* est la suivante :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Myrtales

Famille : Myrtaceae

Genre : *Eucalyptus*

Espèce : *Eucalyptus globulus*

1.2.1. Huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*

Les huiles essentielles sont liquides à température ambiante mais aussi volatiles au fait de leur masse moléculaire relativement faible, ce qui leur confère la propriété olfactive qui les différencie des huiles dites fixes. Elles sont liposolubles et solubles dans les solvants organiques et les huiles végétales, entraînaibles à la vapeur d'eau mais très peu solubles dans l'eau. Elles présentent une densité en générale inférieure à celle de l'eau avec un indice de réfraction élevé (El Kalamouni, 2010 ; Bonnafous, 2013). L'huile essentielle obtenue à partir d'une matière première végétale botaniquement est obtenue, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage

Selon Couic-Marinier et Lobstein (2013), la composition chimique d'une huile essentielle peut varier considérablement :

- Dans une même plante selon l'organe distillé (feuille, fleur, fruit, bois) ;
- Pour une même plante dans la même année selon la saison ;
- Pour une même espèce selon les conditions de culture (ensoleillement, humidité, Longueur du jour, fertilité du sol) ;
- Pour une même espèce selon les races chimiques ou chémotypes (l'exemple classique est le thym avec 7 races chimiques).

Autres propriétés :

- Elles sont inflammables et ne contiennent aucun corps gras ;
- Elles ont un fort pouvoir de pénétration : en les appliquant sur la peau, il suffit de quelques heures pour en retrouver des traces dans les urines ;
- Elles sont altérables et sensibles à l'oxydation ; par conséquent, leur conservation nécessite de l'obscurité et de l'humidité ; de ce fait l'utilisation de flacons en verre opaque est conseillée.

1.3. Autres Matériels

Notre expérimentation a nécessité l'utilisation d'autres matériels tel que les gants, bavettes, papier filtres, portoirs, micropipettes (10-100 μ l; 100-1000 μ l), ciseaux, balance de précision, pince, spatule, poire, pissettes, eppendorfs, cassettes d'inclusion, cryotubes, moules à paraffine, lames et lamelles, Centrifugeuse, étuve, microtome, microscope optique ...

2. Expérimentation

La présente étude est portée sur 14 lapins mâles de la population locale âgés d'un mois, L'expérimentation s'est déroulée dans la station d'élevage privée cunicole de DJEBLA située dans la commune de DJEBLA, Daïra de OUAGUENOUN, à 18 km au nord de la ville de Tizi-Ouzou. Durant la période allant du mois d'Avril à Juillet.

L'administration de l'huile et les sacrifices sont effectués au niveau de l'élevage cunicole, tandis que l'étude histologique est effectuée au niveau du laboratoire de recherche de protection, sauvegarde des espèces menacés et des récoltes, influence des variations climatiques (PSEMRVC) à l'université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou.

2.1. Protocole expérimentale

Des lapins mâles âgés d'un mois sont pris au hasard, placés dans des cages spécialement aménagées pour l'élevage cunicole, Ils sont tous exposés aux mêmes conditions de température, de lumière et d'humidité qui sont celles de l'environnement ambiant et répartis en 3 lots :un lot : témoin est constitué de 7 lapins. 2 lots traité par l'huile essentielle *Eucalyptus globulus* dose 1 (5 lapins) et dose 2 (4 lapins) à doses respectives de 200 μ l/kg et 400 μ l/kg.

2.2. Pesée et administration de l'huile essentielle

Les lapins des différents lots ont été pesés afin de déterminer la quantité de l'huile essentielle à administrer pour chaque animal et chaque dose, le volume de l'huile essentielle pipeté est mélangé avec 0.5 ml d'eau et administré par voie orale aux lapins le matin en une dose unique (Figure 18).



Figure 18 : Pesée des lapins et administration des deux huiles essentielles aux doses (200 et 400 μ l/Kg) (Original, 2021).

2.3. Sacrifices des animaux et prélèvement des organes génitaux

Une semaine après l'administration de l'huile essentielle, les lapins ont été pesés puis sacrifiés par saignement (Figure 19) le matin entre 9h : 00 et 12h : 00 au niveau de l'élevage cynicole. Le sang est immédiatement recueilli dans des tubes secs et centrifugé pour des dosages hormonaux ultérieurs puis congelé à -20°C.



Figure 19 : sacrifices des lapins (Original, 2021)

Les animaux sont disséqués (Figure 20), leurs testicules sont prélevés puis dégraissés et pesés grâce à une balance de précision de 0,01g (Figure 21). Les testicules droits sont mis dans des cassettes étiquetés puis fixé au Bouin Hollande pour une étude histologique, alors que les testicules gauches sont placés dans des Eppendorfs et congelés à -20°C, jusqu'à leur utilisation ultérieure.



Figure 20 : Dissection d'un lapin mâle et prélèvement de l'appareil génital (Original, 2021).



Figure 21 : Séparation et pesage du testicule (Original, 2021).

3. Étude histologique

L'étude histologique se déroule en une série d'étapes successives obligatoires qui vont aboutir à l'obtention de coupes fines prêtes à recevoir la coloration histologique d'intérêt. Le protocole expérimental est résumé dans les étapes suivantes : fixation des échantillons, déshydratation et éclaircissement, imprégnation, inclusion, confection des coupes et collage, déparaffinage et réhydratation, coloration topographique et déshydratation, observation des lames.

3.1. Fixation des échantillons

La fixation est un traitement chimique ou physique effectué sur des cellules vivantes permettant de pratiquer ultérieurement certaines manipulations avec un minimum de dommages pour les structures cellulaires. Elle permet notamment de les conserver dans un état aussi proche que possible de l'état vivant et d'éviter les raccourcissements et les distorsions possibles, mais aussi de protéger les cellules de l'attaque bactériennes ou encore de celle des enzymes.

Le fixateur utilisé est le Bouin Hollande sublimé (mélange de formol et d'acide picrique) appartenant à la famille des fixateurs coagulants à base de métaux lourds. Les organes sont placés dans des cassettes d'inclusion puis déposés dans des piluliers contenant un volume de « Bouin Hollande » trois fois supérieur à celui de l'organe, afin de l'immerger totalement. Les organes sont maintenus ainsi pendant 7 jours dans le fixateur à température ambiante.

3.2. Déshydratation et éclaircissement

La déshydratation est la suppression de toute l'eau contenue dans l'organe, ce qui va permettre l'inclusion de l'échantillon dans la paraffine.

La technique de déshydratation se fait en passant progressivement l'organe dans des bains d'alcool éthylique à degrés croissants (50°, 70°, 96°, 100°) pendant 40 minutes chacun, ceci permet d'éviter la désorganisation des structures (Figure 22). L'éclaircissement est un bain de xylène pour compléter la déshydratation et préparer l'imprégnation de l'organe à la paraffine, car l'éthanol n'est pas miscible à la paraffine.

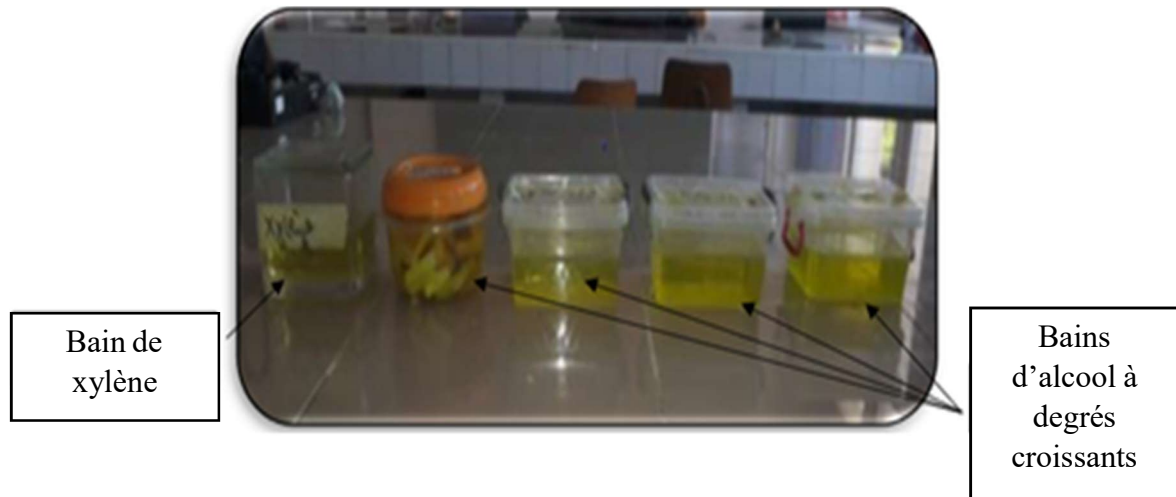


Figure 22 : Série de bains d'alcool éthylique et bain de xylène (Original, 2021)

3.3. Imprégnation

Elle se fait à chaud dans 2 bains successifs de 40 min chacun à la température de fusion de la paraffine (56 à 58°C). Le premier bain est formé d'un mélange de toluène et de paraffine, Les 2 derniers bains comprend de la paraffine pure. Un séjour prolongé des pièces dans le dernier bain ne présente aucun inconvénient à condition que la température ne dépasse pas 60°C.

3.4. Inclusion

L'inclusion a pour but de réaliser des coupes fines et régulières. Cette opération consiste à enrober l'organe déshydraté dans de la paraffine fondue à 60°C, Les organes sont placés dans des moules qui recevront la paraffine. Les cassettes identifiant chaque échantillon, sont placées à la surface des moules .De la paraffine est coulée dans les moules jusqu'à immersion totale de l'échantillon. Le dispositif est déposé sur une plaque refroidissante de l'appareil (-10 à -15°C) jusqu'à solidification du bloc (Figure 23).



Figure 23 : Organes placés dans des moules des paraffine et blocs de paraffines après inclusion (Original, 2021).

3.5. Confection des coupes et étalement

Nous avons réalisé des coupes fines de 2 à 5 μ m d'épaisseur sur les blocs d'organes, en utilisant un microtome à paraffine de type Leica (Figure 24) au niveau du laboratoire d'Anatomopathologie du CHU de Tizi-Ouzou. Les coupes sont déposées sur de l'eau chaude (40°C) et récupérées sur des lames porte-objet propres qui seront incubées pendant une heure à 30°C dans une étuve.



Figure 24 : Photographie d'un microtome à gauche et du bain Marie à droite. (Lakabi, 2017).

3.6. Déparaffinage et hydratation

Avant de procéder à la coloration des lames nous devons les déparaffiner et les placer dans un milieu aqueux, car les colorants les plus utilisés en histologie sont aqueux.

Le déparaffinage est une opération qui permet de retirer la paraffine qui imprègne la coupe grâce à deux bains de xylène suivi d'une réhydratation dans des bains d'alcool éthylique à degrés décroissants (100°, 96°, 70°, 50°) (Figure 25).



Figure 25 : Déparaffinage et hydratation (Original, 2021).

3.7. Coloration topographique

La coloration topographique choisie est le Trichrome de Masson (voir Annexe) (Figure 26) qui possède plusieurs avantages tels que la résistance au lavage, la rapidité d'exécution et les teintes obtenues de manière quasi-automatique.

Les colorants utilisés permettent de reconnaître les différents tissus, le cytoplasme, le noyau et les principales inclusions cytoplasmiques. Les noyaux sont colorés en noir, les cytoplasmes acidophiles et les nucléoles en rose, les sécrétions sont soit rouges soit vertes, les muscles sont rouges et les fibres collagènes vertes.



Figure 26 : Coloration topographique (Original, 2021)

A : Hématoxyline (5min), B : Eau de robinet, C : Fuchisine penceau (15s), D : Eau acétifiée, E : Acide phosphomolibdique (3 à 5min), F : Eau acétifiée, G : Vert lumière (passage), H : Eau acétifiée.

3.8. Observation des lames

Les lames obtenues par la technique histologique sont observées au microscope photonique dans le but de rechercher toute modification histologique des structures étudiées après le traitement approprié.

Des photographies sont prises grâce à un appareil photos numérique, de ce fait le grossissement de l'observation change et est calculée de la manière suivante :

$$G = V_{obj} \times V_z \times \text{Agrandissement de l'appareil}$$

G : Grossissement ; V_{obj} : Grossissement de l'objectif ; V_z : Facteur de zoom d'optovar = 2.5.

4. Etude statistique

Les variables poids vif, poids et volumes des épидидymes obtenus dans cette étude sont soumis à une analyse de variance « ANOVA ». Le traitement statistique des données et les présentations graphiques des résultats ont été réalisés sous Microsoft Office Excel 2007.

La moyenne arithmétique des valeurs individuelles est calculée pour chaque paramètre, elle est suivie par la valeur de l'erreur standard à la moyenne «ESM ».

La validité statistique des différences entre les moyennes est évaluée d'après le test d'ANOVA est réalisés à l'aide d'un logiciel informatique « Origin Lab » 2007 et la valeur des probabilités « p » :

Si $P < 0.001$: La différence est hautement significative=****

Si $P < 0.01$: La différence est très significative=***

Si $P < 0.02$: La différence est significative=**

Si $P < 0.05$: La différence est peu significative=*

Si $P > 0.05$: La différence est non significative = ns.

CHAPITRE IV :

Résultats et

Discussion

Ce travail porte sur les effets d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* à deux doses différentes sur la fertilité des lapins mâles de la population locale en déterminant les poids corporels, les poids relatifs testiculaires des lapins âgés de 1 mois, ainsi qu'une étude histologique des structures testiculaires.

1. Résultats

Les résultats porteront sur les paramètres macroscopiques (le poids corporel, le poids des gonades) et les paramètres microscopiques (étude histologique).

1.1. Résultat de l'étude macroscopique

L'étude macroscopique porte sur le poids corporel ainsi que les poids testiculaire et le poids relatif à 100 g de poids corporel des lapins infantiles traités par l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* à deux doses différentes (D1 : 200 μ l/kg ; D2 : 400 μ l/kg).

1.1.1. Poids corporel

Le poids corporel, en kilogramme (kg), est exprimé par la valeur moyenne \pm l'erreur standard liée à la moyenne (ESM).

Le poids corporel des lapins infantiles avant et après administration de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* à deux doses est représenté dans la Figure 27.

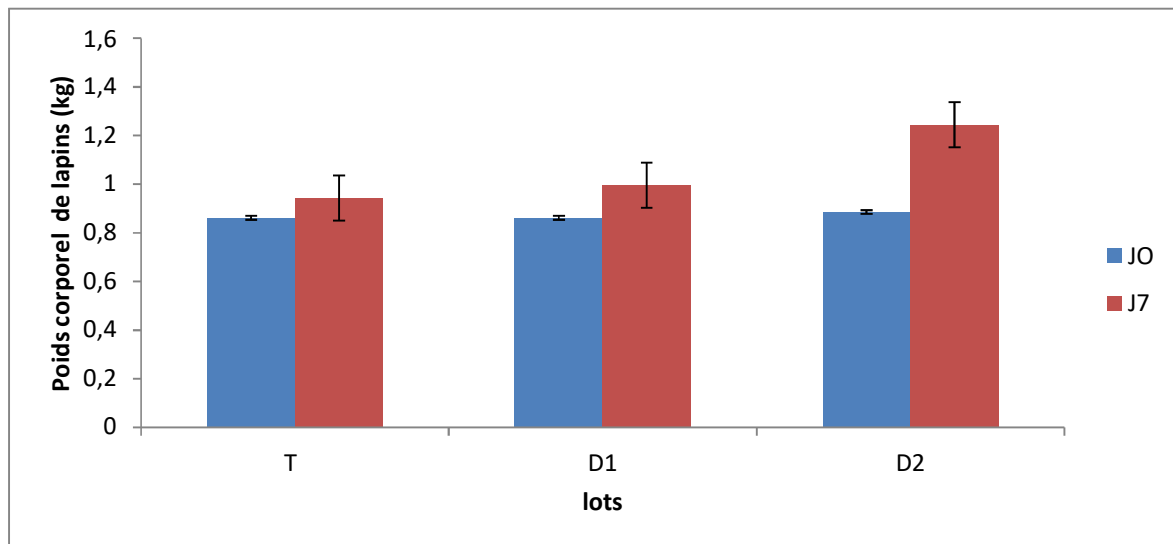


Figure 27 : Représentation graphique du poids corporels des lapins infantiles de la population locale traités par l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* à deux doses.

T : Témoin ; D1 : 200 μ l/kg ; D2 : 400 μ l/kg ; J0 : Avant traitement ; J7 : Après traitement,

Une évolution du poids corporel entre J0 et j7 est observé chez les différents lots avec un écart important chez les animaux traité par l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a la dose deux avec un écart de 0,358 Kg suivit par ceux traité par la dose 1 avec un écart de 0,134Kg tant dis que chez les témoins est le plus faible avec un écart de 0,081Kg.

Le poids corporel moyen des lapins du lot témoin est de $0,942 \pm 0,084$ kg, de $0,995 \pm 0,074$ Kg pour le lot de la dose 1 de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* est de $1,243 \pm 0,139$ Kg pour le lot de la dose 2 de la même huile après le traitement a révélé que la dose 2 (D2) a induit la valeur la plus élevé de $400 \mu\text{l}/\text{kg}$ suivit de lapins traité par la dose 1.

1.1.2. Poids des testicules droits et gauches

Poids de testicule en gramme est exprimé par la valeur moyenne \pm l'erreur standard lié à la moyenne (ESM).

Le poids des testicules gauches et droits des lapins de 1 mois en fonction de la dose de l'huile essentielle de «*Eucalyptus globulus*» administrée est représenté dans la Figure 28.

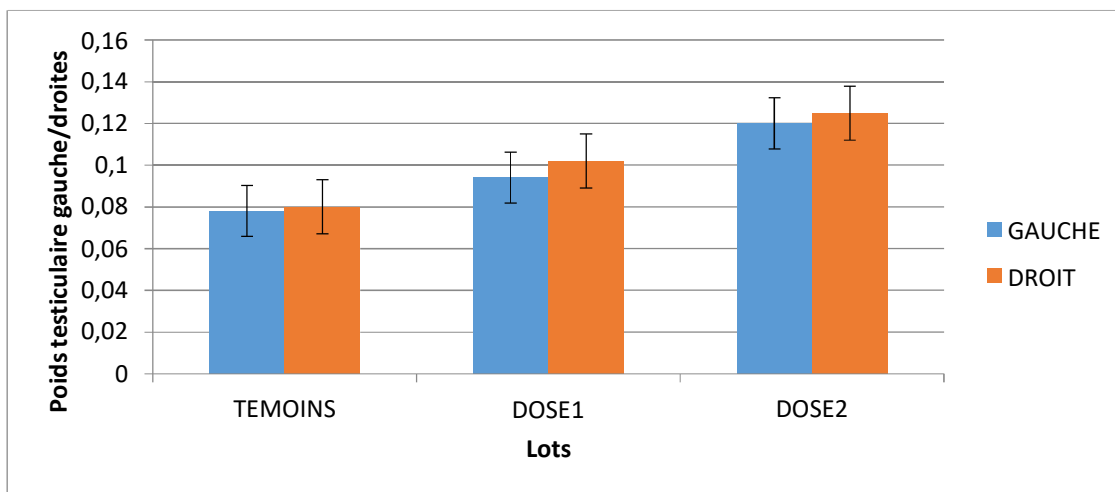


Figure 28 : Représentation graphique montrant l'évolution du poids testiculaire (gauche et droits) des lapins de 1 mois traité par l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*

T : Témoin ; D1 : $200 \mu\text{l}/\text{kg}$; D2 : $400 \mu\text{l}/\text{kg}$; TG : testicule gauche ; TD : testicule droit

La valeur des poids testiculaires gauches est un peu plus importante que celles des testicules droits, et cela dans tous les lots. Néanmoins l'écart entre eux est plus important chez le lot traité par la dose 2 avec l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* qui est de 0,05.

1.1.3. Poids total des testicules

Les poids testiculaire totaux des lapins de 1 mois d'âge en fonction de la dose de l'huile essentielle de «*Eucalyptus globulus*» administré sont représentés dans la Figure 29.

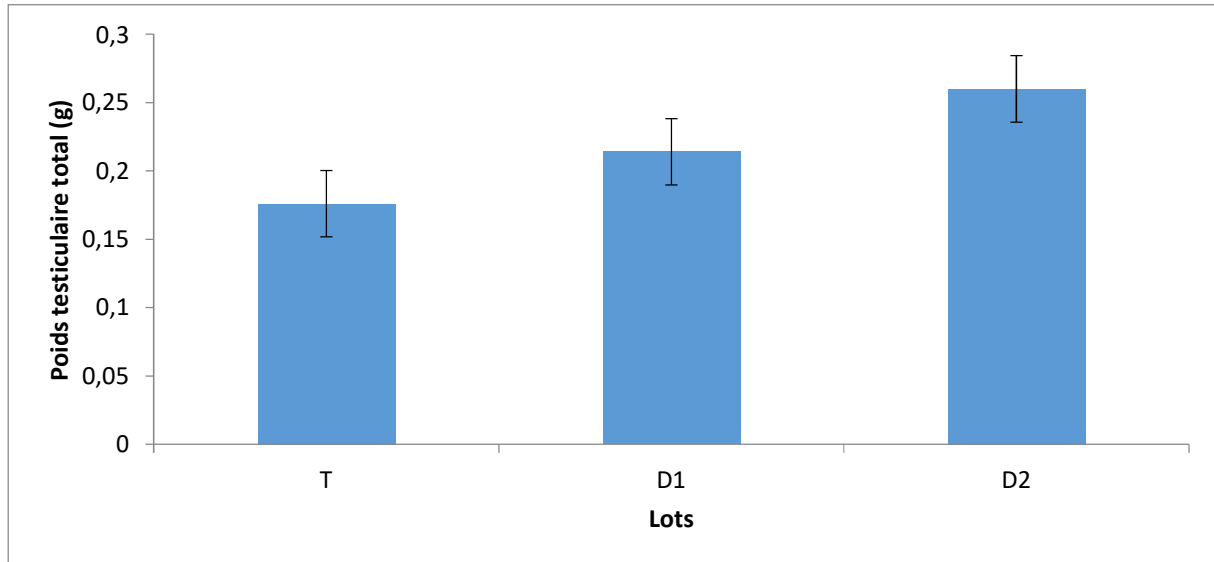


Figure 29 : Représentation graphique du poids total des testicules des lapins âgés de 1 mois après l'administration de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*

T : Témoin ; D1 : 200µl/kg ; D2 : 400µl/kg

Les valeurs moyennes du poids total des testicules présentant une augmentation progressive où les valeurs passent de 0,176±0.015 g au lot témoin(T) à 0,214±0.026 g au lot dose 1(D1) jusqu'à 0,26± 0.085 g du lot de deuxième dose (D2).

Néanmoins les valeurs moyennes du poids des testicules gauches sont plus élevées que celle des testicules droits chez les lapins traités.

L'évolution du poids total des testicules des lapins de 1 mois après l'administration de l'huile essentielle de l'*Eucalyptus globulus*.

1.1.4. Poids testiculaires relatifs à 100g du poids corporel

Les valeurs moyennes des poids relatifs à 100 g de poids corporel des testicules des lapins infantiles âgés en moyen de 1mois traités à l'huile essentielle de l'*Eucalyptus globulus* est présentée dans la Figure 30.

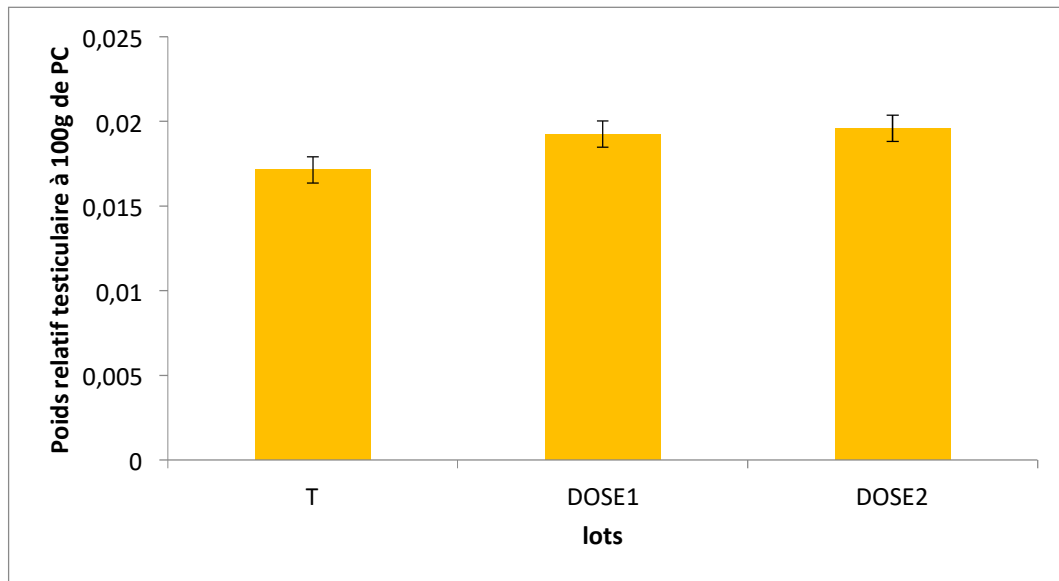


Figure 30: Représentation graphique des poids relatifs des testicules des lapins de 1 mois d'âges en fonction de la dose d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*

T : Témoin ; D1 : 200 μ l/kg ; D2 :400 μ l/kg

La valeur moyenne des poids relatifs à 100 g du poids corporel des testicules augmente progressivement en fonction de la dose de l'huile essentielle «*Eucalyptus globulus*» administrée.

En effets les valeurs passent de 0.0171 \pm 0.00192g au lot témoin (T) à 0.0193 \pm 0.006g au lot de la première dose (D1) puis atteint 0.0196 \pm 0.018g au lot de deuxième dose(D2).

1.2. Résultats de l'étude microscopique du testicule

L'étude microscopique porte sur les changements des structures histologiques du testicule sous l'effet de l'administration de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* à deux doses différentes tout en les comparants avec les structures histologiques du lot témoin.

Les observations au microscope optique ont été réalisées en deux différents grossissements ; le premier consiste au faible grossissement qui permet l'observation globale des structures, tandis que le fort grossissement (x400) sert à une observation plus détaillée de ces structures histologiques.

À la naissance, l'animal dispose d'un faible stock de cellules souches appelées spermatogonies, qui vont subir la spermatogenèse à partir de la puberté et assurer ainsi la formation des gamètes mâles ou spermatozoïdes tout au long de la vie du mâle. Le cycle spermatogénique représente l'ensemble des divisions et des différenciations cellulaires aboutissant à la formation des spermatozoïdes (Boussit, 1989).

1.2.1. Structure histologique des testicules des lapins témoins

Le testicule des lapins témoins est formé de tubes séminifères dépourvus de lumière, bordés par un épithélium séminifère constitué d'une part ; des cellules germinales, spermatogonies, qui sont des cellules peu volumineuses, avec des noyaux arrondis et une chromatine condensée et très colorée ces cellules sont distribuées sur les centres et/ou les périphéries de toute la section du tube séminifère (Figure 31).

D'autre part, cet épithélium est constitué par les cellules somatiques, cellules de Sertoli, qui sont des grandes cellules reposant sur la lame basale, avec un noyau à encoches de forme irrégulière conique pyramidale ou triangulaire (Figure 31).

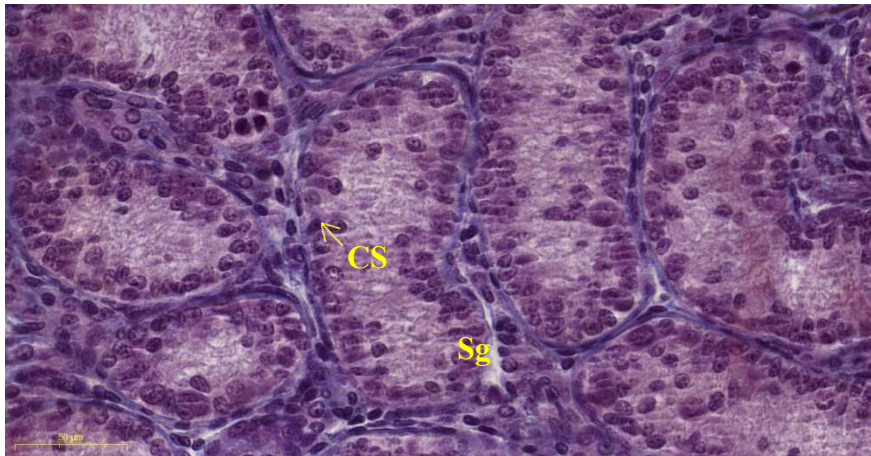


Figure 31 : Histologie du testicule des lapins du lot témoin (Original, 2021)

CS : Cellule de Sertoli ; Sg : Spermatogonie

1.2.2. Structure histologique des testicules des lapins traités par la dose 1

Dans de nombreux tubes séminifères, des spermatocytes sont observés chez les lapins traité par l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a la dose 1 (200µl/kg) par rapport au lot témoin, tandis que les autres cellules germinales ainsi que les lumières des tubes séminifère sont toujours absents (Figure 32).

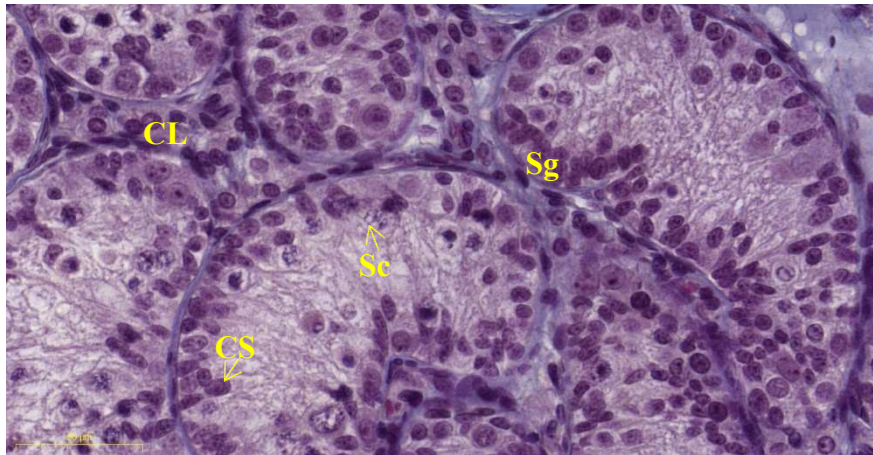


Figure 32 : Structure histologique du testicule des lapins traité par la dose 1 de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* (Original, 2021).

CS : Cellule de Sertoli ; Sg : Spermatogonie ; CL : Cellule de Leydig ;
Sc : Spermatocyte I

1.2.3. Structure histologique des testicules des lapins traités par la dose 2

Chez les lapins du lot traité par l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a la dose 2 (400 μ l/kg), il y'a apparition de plusieurs spermatocytes dans les différents tubes séminifère, par rapport au lot traité par la dose 1 par cette huile. Les autres cellules de la lignée germinale ainsi que la lumière des tubes séminifère sont totalement absents (Figure 33).

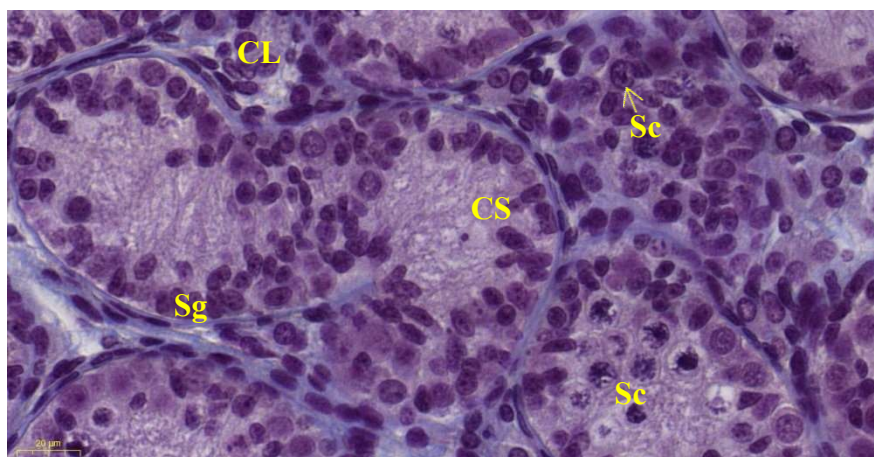


Figure 33 : Structure Histologique du testicule des lapins traité par la dose 2 de l'huile essentielle d'*Eucalyptus Globulus* (Original, 2021).

CS : Cellule de Sertoli ; Sg : Spermatogonie ; CL : Cellule de Leydig ;
Sc : Spermatocyte

2. Discussion des résultats

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a induit des modifications des paramètres macroscopiques (poids corporel, poids testiculaire et poids relatif), ainsi que des variations structurales des testicules des lapins infantiles Paramètres macroscopiques

2.1. Paramètres macroscopiques

Les variables macroscopiques tels que le poids corporels, testiculaire et relatif ont été considérés comme des marqueurs de la maturité sexuelle chez divers mammifères (Schinckel *et al.*, 1983 ; Salhab *et al.*, 2001 ; Mandal *et al.*, 2004).

Selon Piles *et al.* (2003), la croissance pondérale d'un animal est un caractère extrêmement variable en fonction des facteurs génétiques, alimentaires et/ou environnementaux. Après la naissance la régulation de la croissance pondérale chez le lapin n'atteint la pleine efficacité qu'au bout de 100 jours (Vézinhet, 1968). La croissance pondérale d'un animal résulte d'un développement en poids de chacun des éléments constitutifs de son corps (Micol *et al.*, 1993).

L'étude des paramètres macroscopiques (poids corporel, poids testiculaire et poids relatif à 100g de poids corporel) montrent des valeurs plus importantes chez les lapins traités par l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* par rapport à celles des témoins. L'augmentation de ces paramètres macroscopiques est en corrélation positif avec la dose de l'huile essentielle administrée.

De ce fait, on constate que l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a un effet positif sur le poids corporel, le poids testiculaire et le poids testiculaire relatif à 100g de poids corporel.

Nos résultats corroborent avec ceux obtenu par Fellag et Fethoun (2018) qui ont constatés une augmentation des poids corporels, testiculaires et épидидymaire qui est dose dépendante suite à un traitement par l'huile essentielle de la Menthe poivrée.

Les effets des huiles essentielles Sauge officinale et Romarin à verbenone sur les paramètres macroscopiques (poids vifs, poids total et volume) sont plus élevé chez les lapins traités par rapport aux témoins (Nessah et Zaatri, 2018).

De même, les résultats sur l'augmentation du poids corporels sont similaires à ceux d'études antérieures sur la supplémentation des régimes de poulets de chair avec des huiles essentielles d'origan, romarin, sauge et de lavande (Alçiçk et *al.*, 2003 ; Alçiçk et *al.*, 2004 ; Botsoglou et *al.*, 2004 ; Bozkurt et *al.*, 2009 ; Bozkurt et *al.*, 2012).

Cependant, Kumar et *al.* (2014) n'a observé aucun changement significatif au niveau du système reproducteur chez les rats mâles albinos après l'utilisation de l'extrait de benzène de fleurs d'hibiscus rosa sinensis à court terme, mais l'utilisation à long terme a causé des dommages irréversibles à ce système, tels qu'une diminution significative du poids des vésicules séminales, épидидyme, testicule et prostate avec changements histopathologies significatifs dans ces tissus.

2.1. Paramètres microscopiques

Les variables microscopiques comme l'apparition des cellules de la ligné germinal plus développées dans les tubes séminifères ainsi que l'apparition de la lumières de ces tubes sont utilisées comme indicateurs de la maturité sexuelle. Ces paramètres concordent modérément avec les variables macroscopiques en donnant une information supplémentaire quant à la maturité fonctionnelle des testicules (Schinckel et *al.*, 1983 ; Chemes, 2001 ; Sahlab et *al.*, 2001 ; Lunstra et Cundiff, 2003 ; Mandal et *al.*, 2004).

L'étude des paramètres microscopiques des testicules des lapins infantiles traités par l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a montré des variations structurelles avec l'apparition des première spermatocytes dans de nombreux tubes séminifère dont le nombre est un plus élevé chez le lot traité par cette huile à la dose deux, alors qu'ils sont totalement absents chez les lapins du lot témoins.

De ce fait, l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* fait partit des huiles essentielles stimulatrices de la spermatogénèse comme il a été démontré par Merabti et Sellah (2020).

Les résultats obtenus corroborent avec ceux obtenus par Yayaoui (2018) qui a constaté que l'huile essentielle de la Menthe poivrée a engendré le déclanchement de la spermatogénèse chez le lapin mâle de la souche synthétique.

Les résultats obtenus par Mohammad *et al.* (2009), sur l'effet des grains de nigelle sur la spermatogenèse et la fertilité des rats mâles albinos auxquels l'extrait aqueux de *nigella sativa* à 300mg/kg a été administré par voie orale, a entraîné l'augmentation significative de la hauteur des cellules épithéliales et de la fonction sécrétoire au niveau de la tête et la queue de l'épididyme chez les groupes traités par rapport aux groupes témoins.

Akdogan *et al.* (2004) rapportent lors de leur étude sur l'effet de la *Mentha Piperita* sur la reproduction du rat mâle, que le diamètre des tubes séminifères augmente.

A l'inverse les résultats obtenus par Bashandy (2007) démontrent qu'il y'a une diminution significative du poids du testicule après 2 mois de traitement par l'huile essentielle de *Nigella sativa* par rapport aux rats témoins.

Selon The Jashwini *et al.* (2012), une réduction significative du nombre de spermatozoïdes, du poids des organes reproducteurs et du niveau de testostérone sérique et une réduction du diamètre des tubes séminifères et du diamètre des cellules de Leydig chez des souris Swiss albinos traités par l'extrait éthanolé de gousses de *Cyamopsis psoralioides* (gomme guar) aux doses de 200 et 400 (mg/kg).

Conclusion

Conclusion

Au terme de notre étude sur les effets de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* sur le développement testiculaire chez les lapins infantiles de la population locale à deux doses différentes (200 µl/kg, et 400 µl/kg), il en ressort que cette huile a engendrée des modifications sur les paramètres macroscopiques et microscopiques, à savoir le poids corporel, le poids testiculaires ainsi que la structure histologique des testicules

Les résultats obtenus ont permis de constater que l'huile essentielle utilisée a induit une valeur plus élevée des différents paramètres étudiés (poids corporel et poids testiculaire) chez les lapins traités par rapport aux témoins d'une part. D'autre part cette augmentation est dose dépendante de façon proportionnelle avec l'augmentation de la dose de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* administrée.

Sur le plan histologique, l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a induit aux niveaux testiculaires l'apparition des premiers spermatocytes 1 dans les tubes séminifères chez les lapins traités par cette huile à la dose 1 (200 µl/kg) qui deviennent plus abondant chez ceux traités par la dose 2 (400 µl/kg)

De ce fait, il semblerait que l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* utilisée a un effet positif sur le développement des testicules, la spermatogenèse et la fertilité des lapins infantiles de la population locale.

Il serait donc intéressant de compléter cette étude en élargissant le spectre d'étude par :

- L'étude de l'impact de ces huiles sur la qualité de la semence ;
- L'étude les variations hormonales pour appuyer les résultats obtenus ;
- Utilisation des effectifs plus grands et réalisation de cette étude dans un temps plus large et des doses plus élevées ;
- Renforcer cette étude par une étude Histomorphométrique ;
- Suivre cette expérimentation sur l'évaluation des cellules germinales sur la quantité nucléaire et les mouvements des spermatozoïdes ;
- Etudier l'effet de cette huile essentielle sur l'appareil reproducteur féminin ;
- Des essais cliniques chez l'homme afin de trouver une place possible dans les thérapies des troubles de la fertilité.

Références

Bibliographiques

A

- **Abraham L. et Kierszenbaum M.D. (2002).** Histologie et biologie cellulaire : une introduction à l'anatomie pathologique. édition médicales internationales, Paris : 619-532.
- **Adamali H.I. et 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.
- **Adamali H.I., Somani I.H., Huang J.Q., Gravel R.A., Trasler J.M. et Hermo L. (1999).** II: characterization and development of the regional and cellular specific abnormalities in the epididymis of the mice with beta-hexosaminidase A deficiency. *J. Androl.* 20 (6) : 803-824.
- **Aitken R.J., Nixon B., Lin M., Koppers A.J., Lee Y.H. et Baker M.A. (2007).** Proteomic changes in mammalian spermatozoa during epididymal maturation. *Asian J. Androl.* 9 : 554-564.
- **Akdogan M., Ozguner M., Kocak., Oncu M. et Çicek E. (2004).** Effects of peppermint teas of plasma testosterone, follicle-stimulating hormone, and luteinizing hormone levels and testicular tissue in rats. *Urology.* 64 (2) : 394-398.
- **Alçiçek A., Bozkurt M. et Çabuk M. (2003).** The effect of an essential oil combination derived from selected herbs growing wild in Turkey on broiler performance. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 33 : 89-94.
- **Alçiçek A., Bozkurt M. et Çabuk M. (2004).** The effect of a mixture of herbal essential oils, an organic acid or a probiotic on broiler performance. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 34, 217-222.
- **Al-Saaidi J.A.A., Al-Khuzai A.L.D. et Al-Zobaydi N.F.H. (2009).** Effect of alcoholic extract of *Nigella sativa* on fertility in male rats. *Iraqi J. Vet. Sci., Suppl II* : 123-128.
- **Alvarino J.M.R. (1993).** Control de la reproducción en el conejo. *Mundi-Prensa* (1) :137p.
- **Alvarino J.M.R. (2000).** Reproductive performance of male rabbits. *In: Proc. 7th World Rabbit Congr., Valencia*, vol. A : 13-35.
- **Amann R.P. (1993).** Physiology and Endocrinology. *Physiology and Endocrinology. In: McKinnon AO, VOSS JL (eds), Equine Reproduction (1ed.), Lea et Febiger eds, Philadelphia* : 1137-1154.

B

- **Badran H.H. et Hermo L. (2002).** Expression and regulation of aquaporins 1, 8 and 9 in the testis, efferent ducts, and epididymis of adult rats and during postnatal development. *J. of androl.*, vol. 23 : 358-373.
- **Bailleul J.P. et Mauroy B. (1991).** Anatomie des testicules et voies spermatiques et des bourses, éd. *techniques E.M.Cnéphrologie-urologie*, France : 1860 p.
- **Barone R., Paveux C., Blin P.C. et Cuq P. (1973).** *Atlas d'anatomie du lapin*, Masson éditions, Paris 220p.
- **Barone R. (1976).** Anatomie comparée des Mammifères domestiques. Tome 3 : Splanchnologie 2 : Appareil uro-génital, foetus et ses annexes, *péritoine et topographie abdominale*. Paris: 896 p.
- **Barone R. (1978).** Color atlas of veterinary anatomy. *Anat.Rec.*, vol.1-2: 59-64.
- **Barone R. (1984)** .Anatomie comparée des mammifères domestique, tome 2 : Splanchnologie 1, appareil digestif, appareil respiratoire. Eds. *Vigot, Paris* (France) : 853p.
- **Barone R. (2001).** Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 4 : splanchnologie II. *Edition Vigot Frères*, Paris : 241-516.
- **Bashandy S. (2007).** Effect of fixedoil of nigella Sativa on male fertility in normal and hyperlipidemicrats. *International. J. pharmaco.*, 1 : 27-33.
- **Bell D.J. et Mitchell S. (1984).** Effects of Female Urine on Growth and Sexual Maturation in Male Rabbits. *Journal of Reproduction and Fertility*, 71 : 155-160.
- **Beltramo M., Dardente H., Cayla X. et Caraty A. (2014).** Mécanismes cellulaires et synchronisation intégrative du contrôle neuroendocrinien de la sécrétion de GnRH par la kisspeptine. *Endocrinol. moléc. et cell.*, 382 (1) : 387-399.
- **Berchiche M. et Zerrouki N. (2000).** Reproduction des femelles de population locale: essai d'évaluation de quelques parameters en elevage rationnelle 3ème JRPA (*conduit et performances d'élevage*).
- **Berger M., Jean-Faucher C.H., De-Turckheim M., Veyssiere G., Blanc M.R., Poirier J.C. et Jean C. (1982).** Testosterone, luteinizing hormone (LH) and follicle stimulating hormone (FSH) in plasma rabbit from birth to adulthood. Correlation with sexual and behavioural development. *Eur. J. Endocrinol.*, 99 (3) : 459-465.

Références Bibliographiques

- **Bessah R. et Benyoussef E.H. (2015).** La filière des huiles essentielles Etat de l'art, impacts et enjeux socioéconomiques. *Journal of Renewable Energies*, 18 (3) : 513-528.
- **Boiti C. (2005).** Guidelines for the handling of rabbit bucks and semen. *Worl. Rabbit Sci.* 13 : 71-91.
- **Bonnafous C. (2013).** Traité scientifique Aromathérapie - Aromatologie et aromachologie édition *Dangles*.
- **Boussit D. (1989).** Reproduction et insémination artificielle en cuniculture chez. Edition *Association française de cuniculture*, France ; Diffusion *Lavoisier* TEC et DOC : 17-34p.
- **Bonnes G., Desclaude J., Desclaude J., Drogoul C., Gadoud R., Jussiau R., Le Loc'h A., Montémas L. et Robin G. (2005).** Reproduction des animux d'élevage. 2ème Edition *Educagri* : 407p.
- **Botsoglou N.A., Christaki E., Florou-Paneri P., Giannenas I., Papageorgiou G. et Spais A.B. (2004).** Effect of a mixture of herbal essential oils or α -tocopheryl acetate on performance parameters and oxidation of body lipid in broilers. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 34 : 52-61
- **Boyd I.L. (1985).** Effect of photoperiod and melatonin on testis development and regression in wild European rabbits. *Biol. of Repro.*, 33 : 21-29.
- **Bozkurt M., Küçükylmaz K., Çatlı A.U. et Çınar M. (2009).** Effect of dietary mannan olig saccharide with or without oregano essential oil and hop exctrat supplementation on the perfomance and slaughter characteristics of male broilers. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 39 (3) : 223-232.
- **Bozkurt M., Küçükylmaz K., Çatlı A.U., Özyıldız Z., Çınar M., Çabuk M. et Çöven F. (2012).** Influences of an essential oil mixture supplementation to corn versus wheat-based practical d ets on growth, organ size, intestinal morphology and immune response of male and female broilers. *Ital. J. Anim. Sci.* 11 : 290-297
- **Brambell F.W.R. (1944).** The reproduction of the wild rabbit, *oryctolagus cuniculus*. *proc. zool. Soc. lond.* 114 : 1-114.
- **Bridges N.A., Hindmorsh P.C., Pringle P.J., Matthews D.R. et Brouk C.G. (1993).** The relationship between endogenous testosterone and gonadotrophin secretion. (edition *oxford*) *Clin Endocrinol*, 38 : 373-378.

C

- **Castellini C. (2008).** Semen production and management of rabbitbucks. *9th World. Rabbit. Congress., Verona (Italy)* : 10-13.
- **Chemes H.E. (2001).** Infancy is not a quiescent period of testicular development. *Int. J. Andrology*. 24 : 2-7.
- **Cohen J.P., Hoffer A.P. et Rosen S. (1976).** Carbonic anhydrase localization in the epididymis and testis of the rat: histochemical and biochemical analysis. *Biol. Reprod.* 14 : 505-517.
- **Cooper T.G. (1998).** Interactions between epididymal secretions and spermatozoa. *J. Repro. and Fert. Suppl.*, vol 53 : 119-136.
- **Cornwall G.A., Hsia N. (2003).** A new subgroup of the family 2 cystatins. *Mol. Cell. Endocrinol*, 200 : 1-8.
- **Couic-Marinier F., Lobstein A. (2013).** Les huiles essentielles gagnent du terrain à l'officine. *Actualités pharmaceutiques*.
- **Curtis S.K. et Amann R.P. (1981).** Testicular development and establishment of spermatogenesis in Holstein bulls. *J. Anim. Sci.*, 53: 1645-1657.

D

- **Dadoune J.P., Hadjisky P., Siffroi J.P. et Vendrely G. (2000).** Histologie : de la biologie à la clinique. 2ème édi. *Méd.sci. Flammarion*, Paris : 960p.
- **Dadoune J.P. et Demoulin A. (2001).** Structure et fonction du testicule in Thibault C. et Levasseur M.C. (2001). La reproduction chez les mammifères et chez l'homme. *Edition INRA*, Paris : 256-289.
- **Daoud N. (2020).** Étude des effets des huiles essentielles Romarin à verbénone et Sauge officinale à deux doses différentes sur la structure épидидymaire des lapins mâles prépubères de la souche synthétique, mémoire de Master, UMMTO : 69p.
- **Dizier S.M., Chastant M.S. et coordinatrices (2014).** La reproduction animale et humaine. *Ed. Quæ, France* : 750p.
- **Dohle G.R., Smit M. et Weber R.F. (2003).** Androgens and male fertility. *World J. Urol.*, 21 (5) : 341-345.

- **Duittoz A., Prevot V., Saint-Dizier M. et Chastand M.S. (2014).** Développement neuroanatomie et fonction des neurones à Gonadotropin Releasing Hormone. In la reproduction animales et humaine. *Quae*, France : 839 p.

E

- **Eurell J.N. et Frappier B.L. (2006).** Dellmann's textbook of veterinary histology. *Blackwell Pub.* Ames. Iowa.
- **EL kalamouni (2010).** Caractérisations chimiques d'extraits de plantes : 22-38.
- **Ewuola E.O. et Equinike G.N. (2010).** Effects of dietary of fumonisin B1 on the onset of puberty, semenquality, fertility rates and testicular morphology in male rabbits. *Reprod.*,139 : 439-450.

F

- **Fan X. et Robaire B. (1998).** Orchidectomy induces a wave of apoptotic cell death in the epididymis. *Endocrinol.* 139 : 2128-2136.
- **Fellag M. et Fethoun M. (2018).** Étude préliminaire sur les effets de l'huile essentielle de la menthe poivrée sur la structure des testicules et épидидymes des lapins mâle de la souche synthétique, au sevrage et pré pubère, université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou : 73p.
- **Finzi A., Daader A., Yamani K., Soliman A. et Askar A. (2000).** Influence of chronique high relative humidity on semen quality of hot stressed bucks. *7th world Rabbit congress.*
- **Flickinger C.J., Howards S.S. et English H.F. (1978).** Ultrastructural differences in efferent ducts and several regions of the epididymis of the hamster. *Am. J. Anat.* 152 : 557-585.
- **Fortun-Lamothe L., Theau-Clément M., Combes S., Allain D., Lebas F., Le Normand B. et Gidenne T. (2015).** Chapitre 2 : Physiologie. In Gidenne T., Le Lapin; de la biologie à l'élevage. Editions *Quæ*, Versailles (France) : 39-83.
- **Frend R., Bogerd J., França L. et Vilela D.A.R. (1973).** La fonction reproductive masculine. *Organisation de la Santé, Genève, vol.* 520 : 6-11.
- **Frolich A. (1948).** Some factors affecting semen production in rabbits. *prim. Congo intern. fisiopat. h.iprod. animal fecond. artif., milano* : 173p

G

- **Gabe M. (1968).** Techniques Histologiques. *Massie e Cie*, Paris : 1113 p.
- **Gaddum P. (1968).** Sperm maturation in male reproductive tract - development of motility. *Anatom. rec.*, 161 (4) : 471-482.
- **Garcia-Tomas M., Sanchez J. et Piles M. (2009).** Post-natal sexual development of testis and epididymis in the rabbit: variability and relationships among macroscopic and microscopic markers. *Animal Reproduction*, 110 : 347-355.
- **Gayrard V. (2007).** Physiologie de la reproduction des mammifères : 97p.
- **Girouard J. (2009).** Rôle des domaines membranaires rafts dans le transfert et la compartimentation des protéines impliquées dans la maturation épидидymaire des spermatozoïdes bovins. *Thèse de Doctorat en physiologie-endocrinologie*. Département d'obstétrique et gynécologie faculté de médecine université Laval QUÉBEC.
- **Grasse P.P. (1949).** Traité de zoologie Anatomie, Systématique, Biologie. Paris : *Editon Masson et Cie.* : 979p.

H

- **Hamilton D.W. (1975).** Structure and function of the epithelium lining the ductuli efferentes, ductus epididymis, and ductus deferens in the rat. In *R.O. Geep et E.B. Astwood (éd). Handbook of physiology, Section 7, Volume 5. Washington, DC: American Physiology Society* : 259-301.
- **Hammoud G.I., Koivisto M., Kouvalainen K. et Vinko R. (1997).** Serum steroids and pituitary hormones in infants with particular reference to testicular activity. *Journal Clin Endocrinol Metab*, 49 : 49-45, 420p.
- **Hamon R., Thepot N. et Salaun G. (1999).** Biologie de la reproduction des mammifères d'élevage. *Editions Educagri* : 132p.
- **Hancock A.D., Robertson D.M. et Kretser D.M. (1992).** Inhibin and inhibin alpha-chain precursors are produced by immature rat Sertoli cells in culture. *Bio. Reprod.*, 46 : 155-161.
- **Hazard J. et Perlemuter L. (2000).** Endocrinologie, Abrégé. *Edition Masson*, Paris : 363-375.

Références Bibliographiques

- **Hermo L. et Robaire B. (1988).** Efferent ducts, epididymis and vas deferens: structure functions, and their regulation. In: *Knobil E., Neill J.(éd.). The physiology of Reproduction*, New York : 1085p.
- **Hermo L., Adamali H. I. 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.
- **Hermo L. et Robaire B. (2002).** Epididymal cell types and their functions; Dans : The Epididymis: From Molecules to Clinical Practice. *Kluwer Academic/Plenum.*, 42 : 81–102.
- **Hermo L., Chong D.L., Moffatt P., Sly W.S., Waheed A. et Smith C.E. (2005).** Region and cell-specific differences in the distribution of carbonic anhydrases II, III, XII, and XIV in the adult rat epididymis. *J. Histochem. Cytochem.*, 53 : 699–713.
- **Hinton B.T. et Palladino M.A. (1995).** Epididymal epithelium : its contribution to the formation of a luminal fluid microenvironment. *Microsc. Res. Tech.* 30 : 67–81.
- **Hiroe K. et Tomizuka T. (1965).** Effets d'un environnement à température élevée sur la production de sperme chez les animaux domestiques. (jap) - *bulletin of the national Institute of animal industry*, Japan, 9 : 27-3s.
- **Ho H.C. et Suarez S.S. (2001).** Hyperactivation of mammalian spermatozoa: function and regulation. *Reprod.*, 722 : 519-526.
- **Hochereau De Reviers M.T.H. et Royere D. (1996).** Anatomie fonctionnelle du testicule adulte in Drosdowsky M.A., Belaisch J. et Vermeulen A. *Endocrinol. Mascul. Edition Doin*, Paris : 35-46.
- **Hoffer A.P., Hamilton D.W. et Fawcett D.W. (1973).** The ultrastructure of the principal cells and intraepithelial leucocytes in the initial segment of the rat epididymis. *Anat. Rec.* 175 : 169-201.
- **Holtz W. et Foot R.H. (1978).** The Anatomy of the reproductive system in male Dutch Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) with special emphasis on the accessory sex glands. *J. Morph.* 58 : 1-20.

J

- **Jardin A. et De Fourmestraux N. (1984).** In Mauvais-Jarvis P. Médecine de la reproduction masculine. *Edition Flammarion Med. Sci.* : 15-23.

Références Bibliographiques

- **Joly T. et Theau-Clément M. (2000).** Reproduction et physiologie de la reproduction. 7^{ème} Congrès mondial de cuniculture. *A.S.F.C. Valencia "Ombres et Lumières"* : 19-24.
- **Jones R., Hamilton D.W. et Fawcett D.W. (1979).** Morphology of the epithelium of the extratesticular rete testis, ductuli efferentes and ductus epididymidis of the adult male rabbit. *Am. J. Anat.* 156 : 373-400.
- **Junqueira L.C. et Carneiro J. (2007).** Basic histology. 11th ed. Copyright © The McGraw Hill companies, Chikago : 260-265.

K

- **Kasa I.W. et Thwaites C.J. (1992).** Semen quality in bucks exposed to 34°c for 8h on either 1 or 5 days. *J. App. Rabbit Res.* 15 : 500-568.
- **Kammerer M., Leclerc S. et Poncet A. (2012).** 100 Intoxications chez les animaux de compagnie. *Edition Maloine*, Paris : 986 p.
- **Korabi K. (2020)** Etude des effets des huiles essentielles *Salvia officinalis* et *Mentha peperita* à deux doses différentes sur la structure des épидидymes des lapins mâles pré pubères (3 mois) de la souche synthétique, mémoire de Master à l'UMMTO : 95p.
- **Kumar D., Agrawal C.P., Mishra D.D. et Singh V. (2014).** Effet anti-fertilité de l'extrait de benzène de fleurs d'*Hibiscus rosa sinensis* L. sur le système reproducteur chez des rats mâles albinos. *J. Appli. & Pure Bio., Indian* 29 (2) : 215-217.

L

- **Labill (1800).** *Eucalyptus globulus*, *Rel. Voy. Rech. La pérouse*, 1 :153p.
- **Lakabi L. (2017).** Etude du développement postnatal des structures testiculaire et épидидymaire du lapin mâle de la population blanche et qualité de la semence. *Thèse de Doctorat* université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou : 161p.
- **Lebas F., Coudert P., Rouvier R. et Rochambeau H. (1984).** Le lapin : élevage et pathologie *édition FAO*, Rome : 1984-298.
- **Lebas F., Coudert P. et De Rochambeau H. (1990).** Le lapin : élevage et pathologie. *Collection F.A.O : production et santé animale* : 210p.
- **Lebas F. Coudert P. De Rochambeau H. et Thebaut R.G. (1996).** Le Lapin, Elvage pilet Phathologie (nouvelle édition révisée). *FAO éditeur*, Rome : 227p.

Références Bibliographiques

- **Lebas F. (1996).** Reproduction and reproduction physiology, Genetics and selection, General physiology, Ethology and welfare. Proceedings of the 6th World Rabbit Congress, *AFC Edition. Lempdes*, Toulouse France, vol. 2 : (France) : 440p.
- **Lebas F. (2009).** Biologie du lapin. Sous chapitre 7.2. Reproduction du mâle. [Lapin & Cuniculture : index biologie](#).
- **Lebas F., Gacem M., Meftah I., Zerrouki N., Bolet G. (2010).** Comparison of reproduction performances of a rabbit syntheticline and of rabbits of local populations in Algeria, in 2 breedinglocations - First results. 6th Conference on Rabbit Production in Hot Climates, Assiut (Egypt) February, 1-4.
- **Le Moigne A. et Foucrier J. (2009).** Biologie du développement. 7^{ème} Edition. DUNOD Inc. : 416p.
- **Lin T., Calkins J.K., Morris P.L., Vale W. et Bardin C.W. (1989).** Regulation of Leydig cell function in primary culture by inhibin and activin. *Endocrinol.* 125 (4) : 2134-40.
- **Little T.V. et Holyoak G.R. (1992).** Reproductive anatomy and physiology of the stallion. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.*, 8 (1) : 1-29.
- **Lunstra D.D. et Cundiff L.V. (2003).** Growth and pubertal development in Brahman, Boran, Tuli, Belgian Blue, Hereford and Angus sired F1 bulls. *J. Anim. Sci.* 81 (6) : 1414- 1426.
- **Luzi F., Meartens L., Mijten P. et Pizzi F. (1996).** Effect of feeding level and dietary protein content on libido and semen characteristics of bucks. 6th world Rabbit Congress. Toulouse (France).

M

- **Marieb E.N. (1999).** Anatomie et physiologie humaines 2ème édition *DeBoeck université*, France : 1014p.
- **Marieb E.N. (2006).** Anatomie et physiologie humaines. 6ème édition *renouveau pédagogique*, France : 1096p.
- **Martine A. (2009).** Histologie embryologie, biologie de la reproduction cytogénétique et génétique médicale, in exploration de la fonction de reproductionversant masculin, Edition *BIOFORMA*, Paris : 217p.

Références Bibliographiques

- **Martinez-Garcia F., Regadera J., Cobo P., Palacios J., Paniagua R. et Nista I.M. (1995).** The apical mitochondria-rich cells of the mammalian epididymis. *Andrologia*, 27 : 199-206.
- **Martinet L. (1973).** Quelques aspects de la physiologie de la reproduction du lapin. Conférence, *Session ITAVI, Toulouse*.
- **Marthin H.J. et Barryn J.E. (2001).** Reproduction. Edition, *DeBoeck Université*, Paris : 298p.
- **Martoja R. et Martoja M. (1967).** Initiation aux techniques de l'histologie animale. Edition *Masson et cie*, Paris : 343p.
- **Mandal D.K., Singh K. et Tyagi S. (2004).** Age related changes in body size and gonadal development of growing Frieswal bulls. *Indian J. Anim. Sci.* 74 (1) : 31-34.
- **Merabti A. et Sellah D. (2020).** Effet de l'huile essentielle de *Mentha peperita* à différentes doses sur les structures testiculaires chez les lapins mâles infantiles de la population blanche, *mémoire de Master à l'UMMTO* : 68p.
- **Micol D., Robelin J. et Geay Y. (1993).** Composition corporelle et caractéristique biologiques des muscles chez les bovins en croissance et à l'engrais. *INRA Prod. Anim.*, 6(1) : 61-69.
- **Migaud M., Dardente H., Keller M., Batailler M., Meurisse M. et Pillon-Ricaud D. (2016).** Contrôle neuroendocrinien de la reproduction chez les mammifères. *INRA Prod. Anim.*, Paris, 29 (4) : 255-266.
- **Mohammad M.A., Mohamad M.M., et Dradka, H. (2009).** Effects of black seeds (*Nigella sativa*) on spermatogenesis and fertility of male albino rats. *Research Journal of Medicine and Medical Sciences*, vol 4 (2) : 386-390.
- **Moore H.P. et Kelly R.B. (1985).** Secretory protein targeting in a pituitary cell line: differential transport of foreign secretory proteins to distinct secretory pathways. *J. Cell. Biol.* 101 : 1773-1781.
- **Muller Y. et Clos J. (1997).** La reproduction (Gonades, gamètes et fécondation). Edition *Nathan*, Paris : 9-31.
- **Mukai C. et Okuno M. (2004).** Glycolysis plays a major role for adenosine triphosphate supplementation in mouse sperm flagellar movement. *Biol. Reprod.*, 71 : 540-547.

N

- **Nessah N. et Zaatiri S. (2018).** Etude préliminaire sur les effets des huiles essentielles (Romarin à verbénone et Saugue officinale) sur la structure des testicules et épидидymes des lapins mâles âgés de 3 mois pré pubère de la souche synthétique. Mémoire fin d'étude pour l'obtention du Master, option biologie et physiologie de la reproduction. université UMMTO : 65p.
- **Nguyen S.Y. et Bourouina R. (2008).** Manuel d'anatomie et de physiologie : Les fondamentaux. *Editions Lamarre*, Paris : 421p.
- **Noblanc A., Kocer A. et Drevet J.R. (2012).** Le rôle de l'épididyme. *Méd. Sci.*, 28 : 519-25.
- **Nozhat F., Alae S., Behzadi K. et Chegini N.A. (2014).** Evaluation of possible toxic effects of spearmint (*Mentha spicata*) on the reproductive system, fertility and number of offspring in adult male rats. *Avicenna journal of phytomedicine*, 4 (6) : 420–429.

O

- **Olson G.E. et Hinton B.T. (1985).** Regional differences in luminal fluid polypeptides of the rat testis and epididymis revealed by two dimensional gel electrophoresis. *J. Androl.*, 6 : 20-34.

P

- **Pinilla L., Aguilar E., Dieguez C., Millar R.P. et Tena-Sempere M. (2012).** Kisspeptines et reproduction : rôles physiologiques et mécanismes de régulation. *Rev. physio.*, 92 (3) : 1235-1316.
- **Piles M., Gianola D., Varona L. et Blasco A. (2003).** Bayesian inference about parameters of a longitudinal trajectory when selection operates on a correlated trait. *J. Anim. Sci.*, 81 : 2714–24.
- **Pollanen P. et Cooper T.G. (1994).** Immunology of the testicular excurrent ducts. *J. Reprod. Immunol.*, 26 : 167-216.
- **Pons-Rejraji H. et Drevet J. (2004).** Secretions apocrines dans le tractus genital male : Roles potentiels dans la maturation des gametes. *Androl.*, 14 : 22-33.

R

- **Ramé A., Sylvie T. et Héron N. (2007).** Anatomie et physiologie. *Elsevier Masson SAS*, Paris : 592 p.
- **Ramos A.S.Jr. et Dym M. (1977).** Fine structure of the monkey epididymis. *Am. J. Anat.*, 149 : 501-531.
- **Robaire B. et Hermo L. (1988).** Efferent ducts, epididymis, and vas deferens: structure, functions, and their regulation. In the *Physiology of Reproduction*. Edition *Knobil E. et Neill, J. Rav. Pres.*, New-York : 999-1080.
- **Robaire B. et Viger R.S. (1995).** Regulation of epididymal epithelial cell functions. *Biol. Reprod.*, vol. 52 : 226-236.
- **Robaire B., Jervis K.M. et Ezer N. (2003).** Cell Dynamics and Cell Death in the Epididymal Epithelium. In: Hinton B.T. et Turner T.T. Third International Conference on the Epididymis. Edition *The Van Doren Company, Charlottesville, Virginia, USA* : 35-49
- **Robaire B., Hinton B.T. et Orgebin-Crist M.C. (2006).** The epididymis. Edition Neill J.D., *Physiol. of Reprod*, New York : 1071-1148.
- **Robert C. et Vincent P. (1995).** Biologie physiologie humaine. Edition *Vuibert*. Paris : 700p.
- **Roger T. (2002).** Anatomie comparée des Animaux de Laboratoire. Edition *Méd. Sci. Flammarion*, Lyon : 200p.
- **Roser J.F. (2008).** Regulation of testicular function in the stallion: an intricate network of endocrine, paracrine and autocrine systems. *Anim. Reprod. Sci.*, 107 (3-4) : 179-96.
- **Roustan A. (1992).** L'amélioration génétique en France: le contexte et les acteurs. Le lapin. *Prod. Anim.*, France : 45-47.
- **Rowley M.J., Teshima F. et Heller C.G. (1970).** Duration of transit of spermatozoa through the human male ductular system. *Fertil. Steril.*, 21 : 390-396.

S

- **Sabbagh M. (1983).** Etude de la sexualité et de la reproduction du lapin domestique *Oryctolagus cuniculus* à des températures élevées en corrélation avec la régulation thermique, le comportement alimentaire et le fonctionnement thyroïdien et surrénalien

Références Bibliographiques

en période d'adaptation au stress thermique. *Thèse de Doctorat Vétérinaire*, Université de DAKAR, *Ecole inter-états des Sciences et Vétérinaires* : 113p.

- **Salhab S.A., Zarkawi M., Wardeh M.F., Al-Masri M.R. et Kassem R. (2001).** Development of testicular dimensions and size, and their relationship to age, bodyweight and parental size in growing ram lambs. *Small Ruminant Res.*, 40 : 187-191.
- **Saez J.M. (1994).** Leydig cells: endocrine, paracrine régulation. *Endocr. Rev.*, 15 (5) : 547-626.
- **Schinckel A., Johnson R.K., Pumfrey R.A. et Zimmerman D.R. (1983).** Testicular growth in boars of different genetic lines and its relationship to reproductive performance. *J. Anim. Sci.*, 56 (5) : 1065-1076.
- **Schulz R.W., Menting S., Bogerd J., França L.R. et Vilela D.A.R. (2005).** Sertoli cell proliferation in adult testi evidence from two fish species belonging to different orders. *Biol.Reprod.*, 73 : 891-898.
- **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.
- **Serre V. et Robaire B. (1999).** Distribution of immune cells in the epididymis of the aging Brown Norway rat is segment specific and related to the luminal content. *Biol. Reprod.*, 61 : 705-714.
- **Setchell B.P. et Brooks D.E. (1988).** Anatomy, vasculature, innervation and fluids of the male reproductive tract. Edition *E. Knobil et J. Neil. The physiology of Reproduction. Raven. Press. Ltd.*, New York : 753-836.
- **Setchell B.P., Maddocks S. et Brooks D.E. (1994).** Anatomy, vasculature, innervation, and fluids of the male reproductive tract. *The physiology of reproduction* : 1063-1175.
- **Sherwood L. et Ectors F. (2015).** Physiologie humaine. 3e édition. Louvain-la-Neuve. Edition *De Boeck*. USA : 746p.
- **Siffroi J.P. (2001).** L'appareil génital masculin. Service d'Histologie, Biologie de la Reproduction et Cytogénétique Hôpital. Edition *Teno*. France : 1-45.
- **Skinner J.D. (1967).** Puberty in the male rabbit (Brief communication). *J. Reprod. Fert.*, 14 : 151-154.

Références Bibliographiques

- **Smith E.F. et Wargo M.J. (2003).** L'asymétrie de l'appareil central définit l'emplacement du glissement des microtubules actifs dans les flagelles de *Chlamydomonas*. *Actes de l'Acad. nationale des sci.*, 100 (1) : 137-142.
- **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., Frenette G. et Legare C. (2005).** Sécrétions apoclines et glandes annexes. *Endrol.*, 15 (1) : 35-40.

T

- **Theau-Clément M. (1994).** Etude de quelques facteurs de variation de la fertilité des femelles et de la production de semence des mâles, pour le développement de l'insémination artificielle chez le lapin : *Oryctolagus cuniculus*. *Thèse d'ingénieur*, école nationale supérieure agronomique de Toulouse (France) : 103p.
- **Theau-Clément M. (2005).** Préparation de la lapine à l'insémination : analyse bibliographique. *11ème journées de la recherche cunicole*, Paris (France) : 67-82.
- **Theau-Clément M., Sanchez A., Duzert R., Saleil G. et Brun J.M. (2009).** Etude de facteurs de variation de production spermatique chez le lapin. *13ème journée de la recherche cunicole*. Edition le Mans, France.
- **Thibault C. (2001).** La reproduction chez les mammifères et l'homme. Edition *Ellipses* : 936 p.
- **Thibault C. et Levasseur M.C. (2001).** La reproduction chez les mammifères et l'homme. Edition *Quae* (Paris) : 940p.
- **Tilbrook A.J. et Clarke I.J. (2001).** Negative feedback regulation of the secretion and actions of gonadotrophin-regulating hormone in males. *Biol. Reprod.*, 64 (3) : 735-742.
- **Tortora G.J., Grabowski S.R. et Parent J.C. (1995).** Biologie humaine Cytogénétique régulation reproduction. Edition *CEC, collégial et universitaire* : 311-322.
- **Tortora G. et Derrickson B. (2007).** Introduction to the human body, the essentials of anatomy and physiology. *John Willey and Sons*, New York : 728 p
- **Trasler J.M., Hermo L. et Robaire B. (1988).** Morphological changes in the testis and epididymis of rats treated with cyclophosphamide: a quantitative approach. *Biol. Reprod.*, 38 : 463-479.

- **Turner R.M. (2003).** Tales from the tail: what do we really know about sperm motility? *J. Androl.*, 24 (6) : 790-803.

V

- **Vacheret N. (1999).** Histologie fonctionnelle des organes. *Faculté de Médecine. Laennec.* Université Claude Bernard, Lyon 1, France : 1-4.
- **Van Nguyen T. (2007).** La sénescence cellulaire induite par des dommages à l'ADN est suffisante pour supprimer la tumorigenèse : un modèle murin. *Le journal de médecine expérimentale* 204 (6) : 1453-1460.
- **Veri J.P., Hermo L. et Robaire B. (1993).** Immunocytochemical localization of the Yf subunit of glutathione S-transferase P shows regional variation in the staining of epithelial cells of the testis, efferent ducts, and epididymis of the male rat. *J. Androl.* Department of Anatomy & Cell Biology, McGill University, Montreal, Quebec, Canada, 14 : 23-44.
- **Vézinhet A. (1968).** Effets de l'hypophysectomie sur la croissance pondérale du lapin. *Acad. Sci. Ser., vol. 266* : 2348-2351.
- **Viger R.S. et Robaire B. (1996).** The mRNAs for the steroid 5alpha-reductase isozymes, types 1 and 2, are differentially regulated in the rat epididymis. *J. of Androl., vol. 17* : 27-34.
- **Vigueras-Villasenor R.M., Montelongo-Solís P., Chávez-Saldana M.D., Gutiérrez-Pérez O., Arteaga-Silva M. et Rojas-Castaneda J.C. (2013).** Postnatal testicular development in the Chinchilla rabbit, *Acta. Histochem.*, : 9.

W

- **Welsch U. (2002).** Précis d'histologie. Cytologie, Histologie, Anatomie Microscopique : Edition *Médicales internationales.* Tournai (Belgique) : 597p.
- **Widmaier H., Raff K. et Strang T. (2009).** Physiologie humaine. Edition *maloine.* Paris : 703p.
- **Wosnitzer M.S. et Paduch D.A. (2013).** Endocrinological issues and hormonal manipulation in children and men with Klinefelter syndrome. *Am. J. Med. Genet. Semin.*, 163 (1) : 16-26.
- **Wrobel K.H. (1990).** Male reproduction system. In : *Textbook of Veterinary Histology,* 2ème Edition : 226-243.

Y

- **Yayaoui M. (2018).** Obtention du Diplôme de Master. Etude préliminaire sur l'effet de l'huile essentielle « *Mentha piperita* » sur la structure histologique des épидидymes des lapins mâle « *Oryctolagus cuniculus* » de la souche synthétique pubères et prépubères (3 et 5 mois).
- **Ying S.Y. (1988).** Inhibins, activins, and follistatins: gonadal proteins modulating the secretion of follicle stimulating-hormone. *Endo. Rev.*, 9 : 267-293.

Annexes

Annexe 1 : Fiche technique d'histologie

Fiche technique N° 1 :

Bouin hollandaise : fixateur (GABE, 1968)

Broyer à froid dans un mortier :

Acétate de cuivre 2,5 g

Eau distillée..... 100 ml

Agiter puis ajouter peu à peu :

Acide picrique..... 4 g

Le liquide se conserve indéfiniment.

Filtrer après complète dissolution et ajouter :

Formaldéhyde 36- 40% (en solution saturée)..... 10ml

Acide acétique cristallisable..... 1ml

Fiche technique N° 2 :

Eau gélatinée de Masson (MARTOJA et MARTOJA, 1967).

Gélatine en poudre 0,1 à 0,5g

Eau distillée..... 100 ml

Verser la poudre dans l'eau distillée et laisser gonfler pendant un moment puis tiédir sur une platine chauffante.

Conservation limitée.

Fiche technique N° 3 :

Trichrome de Masson (MARTOJA et MARTOJA, 1967)

Mode opératoire :

Les coupes déparaffinées hydratées passent successivement dans :

L'hématoxyline de Groat..... 3 minutes.

Lavage à l'eau courante 5 minutes.

Mélange fuchsineponceau 5 minutes.

Eau acétifiée à 1% Rinçage.

Orange G 5 minutes.

Eau acétifiée à 1% Rinçage.

Vert lumière 5 minutes.

Eau acétifiée à 1% Rinçage.

Ensuite les coupes sont déshydratées et montées au baume de Canada.

Résultats :

Les noyaux sont colorés en brun noir.

Les cytoplasmes en rouge vif ou bleu.

Hématoxyline de Groat (MARTOJA et MARTOJA, 1967) :

Préparation à froid :

Première solution : Acide sulfurique concentré.....0,8 ml
Alun de fer.....1g Eau
distillée.....50 ml

Deuxième solution :

Hématoxyline.....0,5g
Alcool à 95°.....50 ml

Après dissolution, mélanger les deux solutions, laisser reposer pendant une heure et filtrer.
Se conserve pendant trois mois environ.

Mélange fuchsine acide ponceau (MARTOJA et MARTOJA, 1967) :

Préparation à froid :

Fuchsine acide.....0,1g
Ponceau.....0,2g Eau
distillée.....300 ml

Après dissolution ajouter :

Acide acétique.....0,6 ml

Conservation illimitée

Orange G (MARTOJA et MARTOJA, 1967) :

Acide phosphomolybdique ou phosphotungstique.....3 à 5g Eau
distillée.....100 ml Orange
G.....2g

Conservation illimitée

Vert lumière (MARTOJA et MARTOJA, 1967) :

Vert lumière.....1g
Eau distillée.....100 ml
Acide acétique.....0,2 ml

Conservation illimitée

Résumé

Ce travail a pour but d'étudier les effets de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* à deux doses différentes sur les paramètres macroscopiques (poids corporel et poids testiculaire) et sur les paramètres microscopiques (structure histologique des testicules) des lapins mâles infantiles appartenant à la population locale. Cette étude est menée sur 14 lapins répartis en 3 lots dont 1 lot témoin et 2 lots traités respectivement par cette huile essentielle à 200 et 400 µl/Kg. Ces animaux ont été pesés puis traités par l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* par voie orale en une prise unique. Une semaine après l'administration de l'huile, les lapins ont été sacrifiés et les testicules sont prélevés, pesés et fixés pour effectuer l'étude histologique. Les résultats obtenus montrent que les paramètres macroscopiques sont plus élevés chez les lapins traités par l'huile essentielle par rapport aux témoins, dont ceux traités à la dose 2 (400µl/Kg) présente des valeurs plus importantes que ceux traités à la dose 1 (200µl/Kg). Sur le plan histologique, cette huile a induit l'apparition des premiers spermatozoïdes dans les tubes séminifères des lapins traités par rapport aux témoins, dont le nombre augmente relativement à la dose administrée. De ce fait, il semblerait que l'huile essentielle utilisée aux deux différentes doses a un effet positif sur la structure des testicules, la spermatogenèse et la fertilité des lapins mâles infantiles de la population locale.

Mots clés : huile essentielle, *Eucalyptus globulus*, testicule, lapin mâle infantile, reproduction.

Abstract

This work aims to study the effects of the essential oil of *Eucalyptus globulus* at two different doses on the macroscopic parameters (body weight and testicular weight) and on the microscopic parameters (histological structure of the testes) of infantile male rabbits belonging to the local population. This study was carried out on 14 rabbits divided into 3 batches, including 1 control batch and 2 batches treated respectively with this essential oil at 200 and 400 µl / Kg. These animals were weighed and then treated with the essential oil of *Eucalyptus globulus* orally in a single dose. One week after the administration of the oil, the rabbits were sacrificed and the testes were removed, weighed and fixed for histological study. The results obtained show that the macroscopic parameters are higher in the rabbits treated with essential oil compared to the controls, of which those treated at dose 2 (400 µl / Kg) have higher values than those treated at dose 1 (200µl / Kg). Histologically, this oil induced the appearance of the first spermatozoïdes in the seminiferous tubules of treated rabbits compared to controls, the number of which increased relative to the dose administered. Therefore, it appears that the essential oil used at two different doses has a positive effect on the testicular structure, spermatogenesis and fertility of infant male rabbits in the local population.

Key words: essential oil, *Eucalyptus globulus*, testis, infant male rabbit, reproduction.