

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE SAAD DAHLAB - BLIDA 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master dans le domaine SNV

Filière Sciences Biologiques

Option :

Biologie et physiologie de la reproduction

Thème

**Effets du rhizome de *Curcuma longa* L sur la morphologie de
l'épididyme chez le lapin mâle soumis à un régime
hyperlipidique**

Réalisé par :

M^{elle} BENARBIA Yasmine & M^{elle} MOUFFOK Nour El Houda

Soutenu le 13 / 07 / 2022 devant le jury composé de :

Présidente :	M^{me} BRADEA M.S.	Professeur	Université Blida 1
Examinatrice :	M^{me} CHAICHI W.	MCA	Université Blida 1
Promotrice :	M^{me} BIREM Z.	MCB	Université Blida1
Co Promotrice :	M^{me} CHABANE K.	MAA	FSB /USTHB

Année Universitaire : 2021-2022

Remerciements

Nous remercions en premier lieu ALLAH le tout puissant de nous avoir accordé la force, la Puissance, la volonté et la santé afin de pouvoir réaliser ce travail

À NOTRE MAITRE ET PRÉSIDENTE DE JURY, Madame BRADEA. M.S « Professeur, à la Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, à l'université Saad Dahleb Blida 1 »

D'avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury de cette soutenance. Nous vous prions, cher Maître, D'accepter dans ce travail le témoignage de notre haute considération, de notre profonde reconnaissance Et de notre sincère respect.

A NOTRE MAITRE ET JUGE DE MÉMOIRE, Madame CHAICHI.W

« Maître de Conférences A, Faculté des sciences de la nature et de la vie, à l'université Saad Dahleb Blida 1 »

Vous nous faites un honneur d'avoir accepté de nous consacrer de votre précieux temps, examiner et Juger cette étude. On ne cesse jamais d'exprimer à travers ces lignes toute nos reconnaissances et nos Profonds respects.

A NOTRE MAITRE ET RAPPORTEUR DE MÉMOIRE, Madame BIREM.Z « Maître de conférences B, Faculté des sciences de la nature et de la vie, à l'université Saad Dahleb Blida 1 »

On vous remercie chère maitre pour votre disponibilité, vos pertinents conseils, et d'avoir dirigé ce travail sans jamais épargner aucun effort pour nous guider, en nous faisant part de vos suggestions les plus judicieuses et de vos critiques les plus constructives. Qu'elle trouve ici notre grande estime et nos sentiments les plus sincères

A NOTRE MAITRE ET CO PROMOTRICE DE MÉMOIRE, Madame

CHABANE.K « Maître-assistant A, à la Faculté des Sciences Biologiques, de l'USTHB »

Vous nous faites un honneur d'accepter d'être notre Co promotrice, de nous diriger tout au long de notre Travail et pour toute l'aide et le temps qu'elle nous a consacré, nous la remercions pour sa patience et Ses encouragements.

Dédicace

A MA CHERE MERE Wahiba

Ma raison d'être, ma raison de vivre, la lanterne qui éclaire mon chemin, tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir. Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte. En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entouré

A LA MEMOIRE DE MON CHER PERE Tayeb

Pour le soutien et l'aide qu'il m'apporte sans cesse, qui peut être fière de trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privation pour m'avancer dans la vie.

A MA Très CHERE SŒUR Meriem et son mari zaied et leur fils Aymene

Merci d'être toujours à mes côtés, par votre présence, par votre amour, pour donner du gout et du sens à notre vie de famille.

A MES CHERES SŒURS, Yasmine et Nachoua

Merci d'être toujours à mes côtés, par votre présence, par votre amour, pour donner du gout et du sens à notre vie de famille. Que ce travail vous témoigne de ma sincère affection. Que dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

POUR MON BINOME Yasmine

Pour son soutien, sa patience et sa compréhension au long de ce travail et sa famille

A ma très chère copine Saadia

Ma Quatrième sœur ; le bon dieu te garde pour moi mon ange. Je te souhaite la bonne réussite dans ta vie.

A MES CHERE AMIES

Sarah, Narimene, Haïfa, Dodocha, et la liste est longue, pour votre fidèle Amitié et les bons moments passés ensemble tout au long de mes études et en dehors, Que dieu vous protège et vous bénisse.

Nour El Houda

Dédicace

Je dédie ce travail particulièrement

Ma chère mère

Quoi que je fasse ou dis, je ne peux pas te remercier comme je le dois, tu m'as toujours comblé de ton affection, et t'avoir à mes côtés a toujours été la source de ma force affronter les obstacles. Le jour que vous attendez depuis le début de mon parcours scolaire est arrivé, et vous n'êtes pas à mes côtés. Je vous offre ce cadeau de réussite pour vous dans votre tombe.

Mon Seigneur, aie pitié de ma mère, pardonne-lui et allume sa tombe.

À mon très cher père

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager et Prêt à m'aider tu as toujours été mon seul soutien quand je suis Fatigué, je lui confirme mon attachement et mon profond respect que Ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

À mes très chères sœurs

Sarah et Roua qui est toujours présente pour moi merci pour votre Soutien et pour m'avoir accompagné dans toutes les épreuves que j'ai traversées.

À mes très chers frères

Omar et Ilyas merci pour tous ce que vous m'as donnés vous étiez toujours le centre du pouvoir merci beaucoup.

À mes amis

Assala, Wissam, Rayan et Ikram, ce sont aussi des sœurs pour moi. Merci pour leur soutien et toujours à mes côtés et pour les beaux moments que nous avons partagés ensemble.

*Mes Sincères salutations à ma chère amie **Nour El-Houda** avant D'être binôme, je vous remercie de votre compréhension tout au Long de ce projet.*

Et enfin merci à vous tous, amis et collègues, tous ceux que j'ai

Connu durant mon cycle d'étude qui êtes présents en ce jour si

Particulier pour moi. Que cette thèse vous témoigne mon affection et Vous exprime ma reconnaissance.

Yasmin

Table des matières

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

INTRODUCTION 1

RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES

Chapitre I : *Curcuma Longa L*

1. Etymologie	3
2. Historique de la plante	3
3. Classification systématique.....	3
4. Les différentes appellations de <i>Curcuma longa</i>	4
5. Répartition géographique.....	4
6. Description botanique de la plante fraîche.....	4
6.1. La partie aérienne.....	5
6.1.1. Les feuilles.....	5
6.1.2. Les fleurs.....	6
6.1.3. Les fruits.....	6
6.2. Les parties souterraines : le rhizome	7
7. Composition chimique.....	7
8. Aspect et structure de la curcumine.....	9
9. Propriétés pharmacologiques.....	9
9.1. Antioxydant.....	9
9.2. Anti-inflammatoire.....	10
9.3. Traitement des problèmes digestifs.....	10
9.4. Anticancéreuse.....	10
10. La valeur nutritionnelle et énergétique de <i>Curcuma longa L</i>	11
11. Photochimie de <i>Curcuma longa L</i>	11
12. Utilisation de <i>Curcuma longa L</i>	12
1. Utilisation alimentaire.....	12
2. Utilisation médicinale.....	12
3. Utilisation cosmétique.....	13

Chapitre II : L'Épididyme

1. Anatomie de l'épididyme.....	14
2. Histologie de l'épididyme.....	15
2.1. Cellules principales.....	15
2.2. Cellules basales.....	16
2.3. Cellules claires.....	17
2.4. Cellules apicales.....	17
2.5. Cellules halo.....	17

Table des matières

2.6. Cellules étroites.....	17
2.7. Cellules dendritiques.....	17
3. Lumière du canal épидидymaire.....	18
4. Fonction de l'épididyme.....	18
4.1. Transport des spermatozoïdes.....	18
4.2. Modification de la membrane des spermatozoïdes.....	18
4.3. Protection du sperme.....	19
4.4. Stockage de sperme.....	19
4.5. Maturation du sperme.....	20
4.6. Acquisition de la motilité.....	20
5. Mode de sécrétion de l'épididyme.....	21
5.1. Sécrétion Mérocrine.....	21
5.2. Sécrétion Apocrine.....	21

MATERIEL ET METHODES

I. Matériel biologique.....	23
1. Matériel végétale.....	23
1.1. Huile de palme.....	23
1.2. Poudre de <i>Curcuma longa</i>	25
II. Matériel non biologique.....	25
III. Méthodes d'étude.....	25
1. Broyage.....	26
2. Extraction avec de l'eau distillée chaude.....	26
IV. Modèle expérimental.....	27
1. Période et lieu d'expérimentation.....	28
2. Animaux.....	28
3. Conditions d'élevage.....	28
4. Alimentation.....	28
5. Distribution de l'eau.....	29
V. Protocole expérimentale.....	29
1. Constitution des lots.....	29
2. Comportement des animaux.....	30
3. Signes de l'inflammation des gonades mâles.....	30
4. Technique opératoire.....	31
4.1. Suivi du poids corporel ou l'évolution pondérale.....	31
4.2. Prélèvement d'organes.....	31
4.3. Etude histologique.....	32
4.3.1. Fixation des organes.....	33
4.3.2. La circulation.....	33
4.3.3. Déshydratation.....	34
4.3.4. Eclaircissement.....	34
4.3.5. Imprégnation.....	34
4.3.6. Inclusion et confection des blocs déparaffine.....	34
4.3.7. Confection et étalement des coupes.....	35
4.3.8. Déparaffinage et réhydratation.....	36
4.3.9. Coloration topographique.....	36
4.3.10. Montage.....	37
4.3.11. Observation au microscope photonique.....	37

Table des matières

RESULTATS

1. Etude histologique de l'épididyme des lapins.....	38
a) Architecture des épидидymes des lapins témoins.....	38
b) Architecture des épидидymes des lapins expérimentaux soumis à un régime hyperlipidique par l'huile de palme pendant 10 semaines.....	41
c) Architecture des épидидymes des lapins traités par le <i>Curcuma longa</i> L.....	44

DISCUSSION

Histologie de l'épididyme proximal chez les lapins expérimentaux et traités par la poudre du rhizome de <i>Cucuma longa</i> L.....	47
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	50
----------------------------------------	-----------

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	51
-----------------------------------------	-----------

ANNEXE

Liste des Abréviations

AB :	Aposomes
CB :	Cellule basale
CP :	Cellule principale
EP :	Epididymosomes
Ep :	Epithélium
EPD :	Epididyme droit
EPG :	Epididyme gauche
G :	Gramme
Kg :	Kilogramme
L :	Litre
Lu :	Lumière
MM :	Millimètre
MV :	Microvillosité
SPZ :	Spermatozoïdes
St :	Stéréocils
ST :	Sécrétion tubulaire
TC :	Tissu Conjonctif
TD :	Testicule droit
TG :	Testicule gauche

Liste des figures

Liste des figures

Figure 1 : <i>Curcuma longa</i> L	5
Figure 2 : Les feuilles de <i>Curcuma longa</i> L.....	6
Figure 3 : L'Inflorescence de <i>Curcuma longa</i> L.....	6
Figure 4 : Rhizomes de curcuma long frais, séché et réduit en poudre	7
Figure 5 : Structure de quelques composants terpéniques retrouvés dans curcuma.....	8
Figure 6 : Les pigments curcuminoïdes responsables de la couleur jaune foncé du curcuma	8
Figure 7 : Tautomérie cétoénolique de la curcumine ; formes dicétone et énol	9
Figure 8 : Schéma de l'anatomie et de la régionalisation de l'épididyme	14
Figure 9 : Structure de l'épididyme	15
Figure 10 : L'épithélium épидидymaire	16
Figure 11 : Représentation schématique de la sécrétion apocrine dans les cellules principales de l'épididyme	22
Figure 12 : Palmier à huile, <i>Elaeis Guineensis</i>	23
Figure13 : Fruits de palmier à l'huile, <i>Elaeis Guineensis</i>	24
Figure14 : L'huile de palme.....	24
Figure 15 : Rhizome du <i>Curcuma Longa</i> L frais, séché et réduit en poudre	25
Figure 16 : Le broyage du <i>Curcuma Longa</i> L.....	26
Figure 17 : Transformation des granulées en poudre fine (alimentation).....	26
Figure 18 : Rhizome de <i>Curcuma Longa</i> L frais, séché et réduit en poudre	26
Figure 19 : Préparation de la solution de <i>Curcuma Longa</i> L avec l'eau distillée chaude	27
Figure 20 : Phénotype de la souche synthétique des lapins étudiés	28
Figure 21 : Aliment granulé distribué pour les lapins	29
Figure 22 : Mode de distribution d'eau.....	29

Liste des figures

Figure 23 : Perte des poils	30
Figure 24 : Inflammation au niveau du testicule	31
Figure 25 : Pesée des lapins dès leur arrivée à la station à l'aide de la balance	31
Figure 26 : Dissection du lapin et présentation de son appareil génital	32
Figure 27 : externe de l'épididyme	32
Figure 28 : représente les organes fixés par formol dilué.....	33
Figure 29 : Automate de circulation.....	33
Figure 30 : Inclusion des cassettes contenant des gonades dans des moules à paraffine	34
Figure 31 : Blocs réfrigéré	35
Figure 32 : Confection et étalement des coupes	35
Figure 33 : Série de bains de xylène et d'alcools	36
Figure 34 : Coupes histologiques de l'épididyme des lapins témoins.....	39
Figure 35 : Coupes histologiques de l'épididyme des lapins expérimentaux soumis à un régime hyperlipidique par l'huile de palme pendant 10 semaines.....	42
Figure 36 : Coupes histologiques de l'épididyme des lapins expérimentaux soumis à un régime hyperlipidique par l'huile de palme pendant 7 semaines et traités par le <i>Curcuma longa</i> L pendant 3 semaines.....	46

Liste des tableaux

Tableau 1 : Taxonomie du Curcuma.....	3
Tableau 2 : Noms vernaculaires de <i>Curcuma longa</i> L.....	4
Tableau 3 : Valeur nutritionnelle et Énergétique du <i>Curcuma Longa</i> L (pour100g)	11

Résumé

Cette présente étude a pour objectifs de mettre en évidence les effets protecteurs de *Curcuma longa* L sur les l'histophysiologie de l'épididyme, suite à un traitement hyperlipidique.

Notre travail a été réalisé sur un effectif de 24 lapins mâles âgés de 2 à 3 mois. Ces animaux sont répartis en 2 lots, dont un lot témoin de 6 lapins, ayant reçu de la nourriture standard, et 2 lots expérimentaux de 9 animaux chacun, tous soumis à un régime riche en matières grasses, avec des granulés complétés par l'huile de palme pendant 7 semaines. 9 de ces animaux expérimentaux sont ensuite traités par du *Curcuma longa* L pendant 3 semaines. Les lapins sont suivis par des pesées pondérales tout le long du traitement. A la fin de l'expérimentation, ils sont sacrifiés par décapitation, les testicules et les épидидymes ont été prélevés, dégraissés puis pesés, une partie est fixée dans le formol en vue d'une étude structurale.

L'examen microscopique a révélé que les épидидymes des lapins traités à l'huile de palme présentaient peu ou pas de spermatozoïdes dans la lumière des tubules par rapport aux animaux témoins. Le traitement par le *Curcuma longa* L semble restaurer ces altérations.

De ces résultats, il ressort que *Curcuma longa* L pourrait exercer un effet positif sur l'épididyme en agissant probablement sur la spermatogenèse et ainsi sur la fertilité des lapins.

Mots clés

Lapin mâle, Huile de palme, *Curcuma longa* L, Epididyme, Histologie.



Introduction

Introduction

Le déclin séculaire de la qualité spermatique fait débat depuis quelques décennies. L'impact de l'environnement tel que la pollution, les radiations, les toxiques environnementaux et les perturbateurs endocriniens pourrait expliquer en partie ce déclin. Les facteurs du mode de vie tels que le tabac, l'alcool, la qualité de l'alimentation, la sédentarité ou le manque d'activité physique régulière pourraient également être impliqués (**Sharpe et Irvine, 2004**). L'étude de l'impact des facteurs du mode de vie sur la fertilité masculine est intéressante, car les effets pourraient s'avérer réversibles, ouvrant ainsi la possibilité d'études prospectives interventionnelles (**Faure et al., 2014**). Une alimentation inadéquate, la sédentarité et/ou le manque d'activité physique pouvant conduire au surpoids, à l'obésité ou au syndrome métabolique, ces facteurs doivent être également pris en compte. Les mécanismes impliqués sont nombreux et complexes ; parmi les mieux décrits, on peut citer un déséquilibre hormonal, induit par les différentes composantes de l'obésité et du syndrome métabolique, une inflammation chronique et un stress oxydant systémique.

L'objectif de la présente étude s'intéresse, d'un côté, aux troubles métaboliques hormonaux et tissulaires, induits par un régime alimentaire à base d'huile de palme, riche en acides gras saturés à longues chaînes, et leurs répercussions sur un des organes de l'appareil reproducteur mâle, à savoir l'épididyme, et d'un autre côté, en utilisant des plantes médicinales, afin d'évaluer leurs propriétés thérapeutiques puissantes, pouvant agir sur le système endocrinien et avoir un impact sur les maladies métaboliques.

De récents travaux ont montré que la phytothérapie est de plus en plus utilisée, s'appuyant sur l'utilisation des plantes médicinales, qui fournissent des effets bénéfiques de grande envergure et améliorent les désordres métaboliques, en particulier l'hyperlipémie.

La *Curcuma longa* L, est une plante vivace, appartenant à la même famille que le gingembre, les *Zingiberaceae*. Il est cultivé sous les tropiques, mais l'essentiel de la production se fait en Inde et en Asie du Sud-est. Le rhizome est la partie utilisée de la plante. Celui-ci est réduit en poudre, se caractérisant par une saveur poivrée et amère, utilisée en tant qu'épice alimentaire pour renforcer la saveur des aliments et les conserver, et comme colorant des aliments et des textiles. Cette plante est utilisée depuis des siècles en médecine traditionnelle indienne et chinoise.

Historiquement, le Curcuma est utilisé en Orient d'abord en tant qu'épice, entrant notamment dans la composition du curry. Il est également utilisé en médecine ayurvédique, pour traiter l'asthme, les allergies, les désordres hépatiques comme la jaunisse, l'anorexie, les

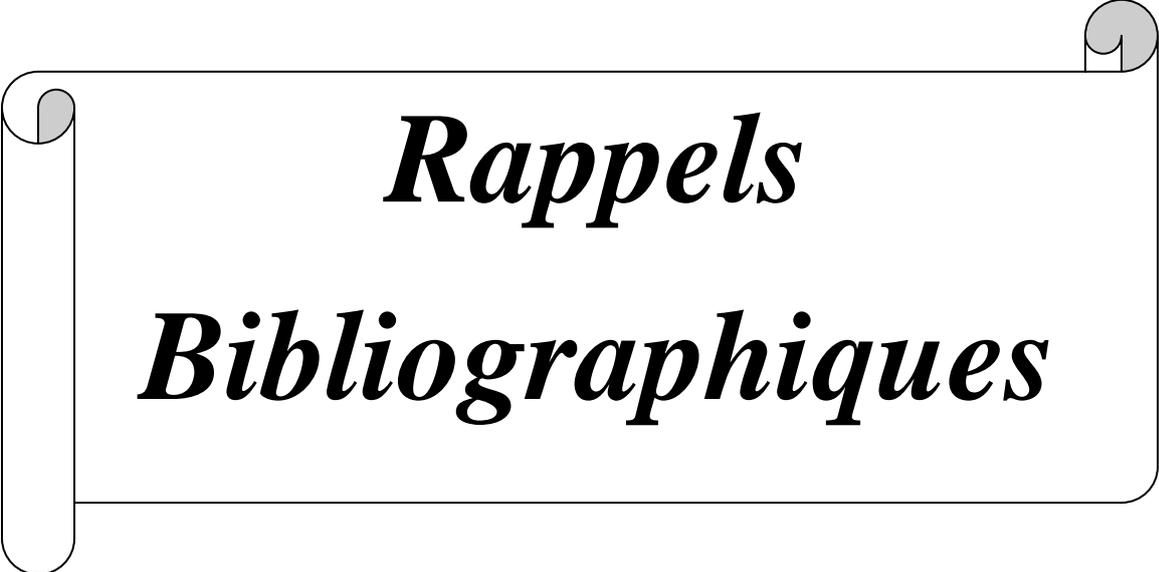
rhumatismes, le rhume, la sinusite. En médecine traditionnelle chinoise, celui-ci traite les douleurs abdominales. Ce dernier est encore reconnu pour ses propriétés anti-inflammatoires. Ainsi, des siècles de son utilisation en tant qu'aliment et de remède traditionnel, ont démontré son innocuité.

Les études *in vitro* et *in vivo* chez l'animal, ont démontré que la curcumine, un principal principe actif de la plante, est aussi un agent anti-inflammatoire, antioxydant, anticancéreux, cicatrisant, hypocholestérolémiant, anti-Alzheimer, protecteur contre la cataracte, la rétinopathie diabétique et de nombreuses autres pathologies (**Denke et Grandy, 1992**).

Le but de notre travail est d'évaluer et d'analyser les répercussions d'une diète enrichie en graisses, sur l'histologie de l'épididyme, qui est un organe essentiel pour la fertilité masculine, puisque, c'est à son niveau que les spermatozoïdes acquièrent leur mobilité et leur pouvoir fécondant ; ainsi que de montrer les éventuels effets thérapeutiques bénéfiques de la poudre du rhizome de *Curcuma longa* L, sur ces désordres chez le lapin, appartenant à une souche synthétique.

Ce manuscrit est organisé en 3 trois parties :

- ✓ La première partie est une synthèse bibliographique, rassemblant les informations nécessaires sur le *Curcuma longa* L et des rappels anatomo-histologiques de l'épididyme et son fonctionnement chez le lapin ;
- ✓ La deuxième partie, montre le matériel et la méthodologie de notre étude ;
- ✓ La troisième partie s'intéresse aux résultats obtenus et leurs discussions ;
- ✓ Nous finissons notre manuscrit par une conclusion générale et des perspectives.



Rappels
Bibliographiques

Chapitre I : Généralités sur le *Curcuma longa* L

I.1. Etymologie

Le terme de curcuma est d'origine irano-indienne. Il dérive du sanscrit Kar toma qui a donné en personne ancien, Kourkoum en arabe et Curcuma en latin (**Delaveau, 1987**).

I.2. Historique de la plante

Le curcuma est une épice qui fait l'objet d'échanges commerciaux. On pense cependant qu'il vient du sud ou du sud-est de l'Asie, peut-être plus spécifiquement de l'Inde, d'où il se serait répandu dans toute l'Asie. De même qu'au proche au Moyen-Orient, il y a des milliers d'années (**Penso, 1986 ; Perry, 2008**).

Le curcuma a été au commencement cité dans la médecine ayurvédique (médecine traditionnelle indienne), où il est prescrit pour traiter l'ictère (**Ravindran et al., 2007**). Il a été présenté en Chine avant le 7^{ème} siècle, et en Afrique vers le 13^{ème} siècle (**Aggarwal et al., 2007**). Le curcuma serait connu en Chine depuis très longtemps, puisqu'il est le plus vieux traitement de la médecine chinoise. **Sheng-nung Pen-ts'ao** écrit vers 2600 avant J.C, mentionne le curcuma dans les traitements des douleurs (**Penso, 1986**).

Il a été également énuméré comme agent de coloration dans les écritures de Marco Polo durant son voyage en 1280 vers la Chine et l'Inde, puis a été exposé en Amérique du Nord pendant la domination coloniale britannique au-dessus de l'Amérique (**Sharma et al., 2005**).

I.3. Classification systématique

On dénombre près de 80 espèces dans ce genre (**Guldner, 1986**). Le curcuma est décrit comme *C. longa* L par **Linnaeus**, et sa position taxonomique est la suivante (**Ishita et al., 2004**) (**Tableau 1**) :

Tableau 1. Taxonomie du Curcuma

Règne	Végétal, angiosperme, monocotylédone
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsidae
Ordre	Zingiberales
Famille	Zingiberaceae
Genre	Curcuma (Blois, 1958)

I.4. Les différentes appellations de *Curcuma longa* L (Swahn et Ciano, 1993)

Dans le tableau 2, sont citées les différentes appellations de *Curcuma longa* L :

Tableau 2. Noms vernaculaires de *Curcuma longa* L (Goel et al., 2008)

Français	Terra lerita, safran des Indes ou racine de safrane
Arabe	كركم(al-kourkoum)
Anglais	Turmeric, Indiansafron
Allemand	Kurkuma, Gelbwurzel
Italien	Curcuma
Suédois	Gurkmeja
Chinois	Tsan-lan
Egyptien	Timmer
Hind	Haldi
Indonésien	Kunyit, daunKunyit (feuilles)
Japonais	Ukon
Javanais, Malais	Temoe lawak
Sanskrit	Haridra
Thaïlandais	Kha min

I.5. Répartition géographique

Originaire du sud-est asiatique, le curcuma est cultivé essentiellement dans les régions tropicales jusqu'à 2000 m d'altitude, en Chine, aux (réunion-Jamaïque), en Malaisie, au Brésil, à Ceylan mais également au Japon, aux Philippines, à Java et Haïti.

I.6. Description botanique de la plante fraîche

Le curcuma est un genre très important de la famille des zingibéracées comprenant environ 110 espèces, réparties en Asie tropicale et dans la région Asie-Pacifique. La plus grande diversité de ce genre existe en Inde, au Myanmar et en Thaïlande, et s'étend à la Corée, à la Chine, à l'Australie et au Pacifique sud.

Le curcuma est surtout connu pour les épices que l'on obtient des rhizomes de plusieurs espèces, en particulier *Curcuma longa* L ou Safran des Indes. Les autres espèces produisent des épices plus amères. De nombreuses espèces de curcuma ont une valeur économique, la plus importante étant *Curcuma longa* L.

Le nom du genre *Curcuma* vient du mot arabe « Kurkum », qui signifiait à l'origine « safran », mais est maintenant utilisé uniquement pour le curcuma dans les régions tropicales et

subtropicales où un climat chaud et humide et un sol relativement léger sont nécessaires (Ravindran *et al.*, 2007). Sur le marché, le *C. longa* L est distribué et commercialisé sous différentes appellations.

Curcuma longa L est une plante herbacée touffue, haute de moins d'un mètre (Figure 1).



Figure 1. *Curcuma longa* L

I.6.1. La partie aérienne

C'est une plante herbacée de 0,6 m à 1 m de hauteur, vivace par des rhizomes, tuberculeux cylindrique présentant de nombreuses racines adventives.

I.6.1.1. Les feuilles

Le *curcuma longa* L possède de grandes feuilles pointues engainantes à limbe elliptique de couleur verte pouvant mesurer jusqu'à 45 cm de long et 18 cm de large. Elles sont munies d'une nervure médiane d'où partent de nombreuses nervures secondaires parallèles entre elles (penninerves). Les feuilles sont alternes et sortent directement du rhizome (Figure 2).



Figure 2. Les feuilles de *Curcuma longa* L

I.6.1.2. Les fleurs

Les fleurs sont regroupées par grandes bractées, elles sont organisées par paires. Elles sont verdâtres ou blanchâtres à sommet rose non parfumée, longues de 5 à 6 cm (Boullard, 2001).



Figure 3. L'inflorescence de *Curcuma longa* L

I.6.1.3. Les fruits

Le fruit du curcuma est une capsule globuleuse, mais il n'est pas produit chez l'espèce *Curcuma longa* L, plante stérile disséminée par division de son rhizome (Cheikh Ali, 2012).

I.6.2. Les parties souterraines : le rhizome

Le rhizome est la plus importante partie utilisée de la plante. De forme ovoïde fournissant le curcuma rond, et les secondaires, le curcuma long épais écailleux, charnu, tubéreux et très ramifié, comportant un tubercule d'environ 5 cm × 2,5 cm. De couleur jaune-orangée ; une odeur aromatique se dégage après section du rhizome (Delaveau, 1987 ; Jansen *et al.*, 2005 ; Rivera-Espinoza et Mariel, 2008).



Figure 4. Rhizomes de *Curcuma long* L frais, séché et réduit en poudre (Jourdan, 2015)

a. Composition chimique

En 1913, Srinivasan sépare et quantifie les composants du curcuma par chromatographie. La poudre de curcuma est composée d'huiles essentielles (molécules volatiles) et de curculionidés (molécules non volatiles). Les huiles essentielles sont responsables de l'odeur caractéristique du curcuma, elles sont composées de dérivés terpéniques (monoterpènes et sesquiterpènes), notamment l' α et le β Turmérone, l'ar-turmérone, le zingibérène, l' α et le β -curcumène (Figure 5).

Les curcuminoïdes de la fraction non volatile sont des dérivés phénoliques donnant au rhizome sa couleur jaune caractéristique (Figure 6).

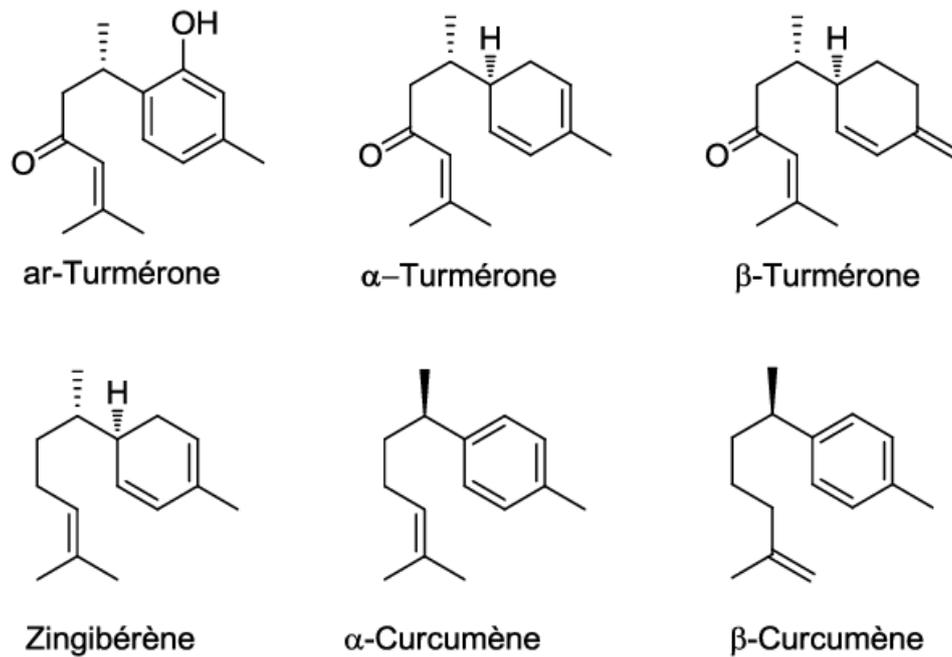


Figure 5. Structure de quelques composants terpéniques retrouvés dans le curcuma (Dohare *et al.*, 2008)

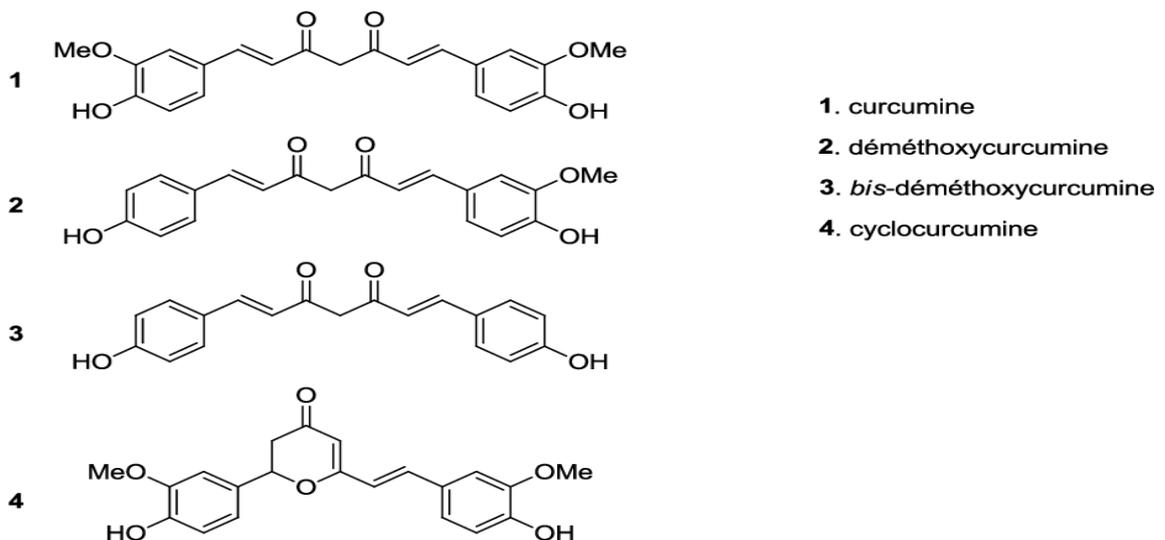


Figure 6. Les pigments curcuminoïdes responsables de la couleur jaune foncé du curcuma (Dohare *et al.*, 2008)

Dans les curcuminoïdes, la curcumine est le représentant principal (77%), suivie de la déméthoxy-curcumine (17%), de la bis-déméthoxy-curcumine (3%) et enfin de la cyclo curcumine. Les autres composants sont des glucides (69,4%), des protéines (6,3%) et des minéraux (3,5%).

La quantité de curcumine contenue dans les rhizomes de *Curcuma longa* L varie selon les régions géographiques à cause d'hybridation avec d'autres espèces de *Curcuma*. La sélection des plantes est donc importante pour obtenir une plus grande quantité de curcumine. La qualité d'un extrait de curcuma est déterminée par sa teneur en curcumine.

I.7. Aspect et structure de la curcumine

La curcumine est une poudre jaune-orange ayant un pH compris entre 2,5 et 7 ; et la rouge à un pH supérieur à 7. En conditions physiologiques, il existe un équilibre entre une forme énolique et une forme dicétonique (**Figure 7**). Cette propriété de la curcumine peut être d'une importance cruciale dans la détermination de la sélectivité de sa liaison aux protéines, y compris à la protéine amyloïde β dans les modèles de la maladie d'Alzheimer (**Yang et al., 2005**).

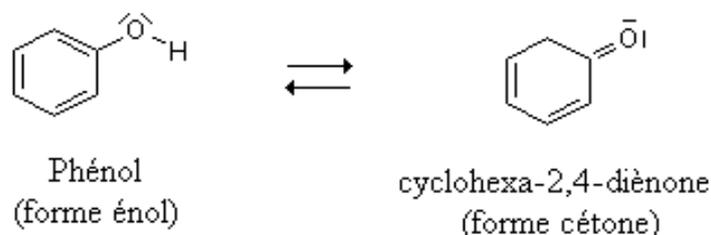


Figure 7. Tautomérie céto-énolique de la curcumine : formes dicétonique et énol (Kolev et al., 2005)

I.8. Propriétés pharmacologiques

« C'est une herbe contre toute souffrance », dit un proverbe bien connu en Inde. Le curcuma (*Curcuma longa* L), est une plante dont le rhizome (tige souterraine), est considéré dans les régions tropicales et subtropicales de l'Asie comme un remède universel (**Shahid, 2016**).

I.8.1. Effet antioxydant

Les radicaux libres sont impliqués, en tant que médiateur, dans la progression de nombreuses maladies chroniques et dans le vieillissement des cellules en général. Les radicaux sont des espèces réactives vis-à-vis des constituants organiques et des structures cellulaires (**Van Delden et Iglewski, 1998**). Plusieurs études ont montré que les curcuminoïdes et leurs dérivés (les tétrahydrocurcuminoïdes) sont des puissants antioxydants et que la curcumine est considérée comme un antioxydant dix fois plus actif que la vitamine E. Les tétrahydrocurcuminoïdes (THC) sont classés comme bio protecteurs. Ils agissent à deux

niveaux sur les radicaux libres sur la phase d'initiation en piégeant les amorceurs radicalaires et sur la phase de propagation des réactions radicalaires, en offrant d'autres possibilités de réactions aux intermédiaires radicalaires (Van Delden et Iglewski, 1998).

I.8.2. Effet anti-inflammatoire

Dans des études réalisées *in vitro* et *in vivo* chez l'homme, il a été rapporté que le curcuma a des propriétés anti-inflammatoires (Anand *et al.*, 2007).

Le curcuma se révèle très efficace pour prévenir toutes les maladies qui se développent à partir d'une inflammation passant souvent inaperçue. Le curcuma peut ainsi soigner l'arthrose, les tendinites, les névralgies, les sciaticques. Dans les pays d'Asie, il est prescrit contre toutes les douleurs (musculaire, articulaire), les rhumatismes, les polyarthrites, l'artériosclérose, les complications cérébrales et coronariennes, les maladies neurodégénératives (Alzheimer, parkinson) (Shahid, 2016).

I.8.3. Traitement des problèmes digestifs

Le curcuma est un remède ancestral contre l'acidité gastrique et autres troubles digestifs, car il stimule la sécrétion de mucus et protège ainsi l'estomac. Il atténue aussi les nausées. Il est tout à fait indiqué dans les troubles digestifs liés à la paresse du foie (Hombourger, 2010). Il est traditionnellement utilisé comme : cholérétique ou cholagogue, dans le traitement symptomatique des troubles fonctionnels digestifs attribués à une origine thérapeutique et comme stimulant de l'appétit (Hombourger, 2010).

I. 8.4. Effet anticancéreux

Plusieurs études indiquent que la curcumine est un puissant agent anticancer. Elle inhibe la croissance de cellules cancéreuses variées. Les tumorigenèses de la glande mammaire, de la cavité orale, des voies aérodigestives, de l'œsophage, de l'estomac, de l'intestin, du côlon, du poumon et du foie ont été stoppés par cette dernière (Hombourger, 2010).

La curcumine peut aussi supprimer l'activité tumorigénique d'une large variété de carcinogènes, notamment responsables des cancers du côlon, duodénum, œsophage, aérodigestif, foie, sein, buccaux et prostate (Hombourger, 2010).

I.9. La valeur nutritionnelle et énergétique de *Curcuma longa* L

Le tableau suivant résume la valeur nutritionnelle et énergétique calculée pour 100g de poudre de rhizome de *Curcuma longa* L, et qui est de 354 kcal, ce qui représente en moyenne 11,42% des besoins journaliers d'un adulte.

Tableau 3. Valeur nutritionnelle et énergétique de *Curcuma longa* L (pour 100g) (Shahid, 2016)

Energie	354 kcal	Minéraux		Vitamines	
L'eau	11,4 g	Calcium	183 mg	Vit B1	0,15mg
Protéine	7,8g	Magnésium	193 mg	Vit B2	0,23mg
Lipide	9,9g	Phosphore	268 mg	Vit B3	5,14mg
Glucide	64,9g	Fer	414mg	Vit B6	1,80mg
Fibre	21,1g	Zinc	44mg	Vit B9	39mg
Omega 9	3,12g	Potassium	2525mg	Vit C	26mg
Omega 3	0,48g	Manganèse	7,8mg	Vit E	3,1mg
Omega 6	1,69g	Cuivre	603mg	Vit K	13,4mg

I.10. Photochimie de *Curcuma longa* L

Le curcuma, encore appelé « safran des Indes », est décrit et utilisé depuis au moins 4000ans dans le système médical populaire traditionnel indien, où il se nomme Haridra ou Haldi en ancien Sanskrit. Il était et est toujours, une des pièces centrales du médecin ayurvédique, considérée comme symbole de prospérité et de bonne santé. La médecine ayurvédique utilise abondamment cette plante dans les cas d'arthrite et autres inflammations, de même que pour les problèmes de vision. Elle a aussi une longue tradition dans la médecine chinoise.

Le rhizome, séché puis réduit en poudre, était utilisé pour le traitement des voies respiratoires (asthme, allergie, hyperactivité bronchique, problèmes pulmonaires), pour des troubles hépatiques et de vésicule biliaire (jaunisse), pour ses propriétés carminatives, les douleurs abdominales, l'anorexie. Au cours des vingt dernières années, l'efficacité du curcuma dans le traitement des troubles digestifs et hépatiques a été confirmée par des études scientifiques. Les rhizomes de *C. longa* L et plusieurs autres espèces du genre sont liés à la présence des huiles essentielles terpéniques abondantes, ainsi que de celle de molécules quasi exclusivement spécifiques des zingiberaceae, les diarylheptanoïdes, dont le chef de file est la cur.

Les curd qui sont les principes colorants de la drogue, sont aussi les composés les plus intéressants au niveau médicinal. Leur teneur varie beaucoup selon le cultiva (0,3 à 5,4 % en général), et peut atteindre 8 % (Cheikh Ali, 2012).

I.11. Utilisation du *Curcuma longa* L

1. Utilisation alimentaire

Dans l'industrie agroalimentaire, l'intérêt du curcuma porte sur ses propriétés aromatiques, de colorant alimentaire jaune ING strié E.100, et de conservation. Le *curcuma longa* L, est une épice fréquemment consommée partout dans le monde.

En Asie, sa consommation moyenne avoisine les 1,5 g par jour et par personne, ce qui représente une cuillère à deux ajoutées dans la cuisson de plats et desserts traditionnels. En 1980, la direction de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes en France, a autorisé la coloration artificielle par la curcumine des articles suivants :« Moutardes, beurre, fromages, laits aromatisés, huiles, graisses (à l'exception des margarines), bouillons et potages, condiments, sauces, produits de charcuterie et salaisons, confitures, gelées, sucreries, pastillages, bonbons, glaces, pâtes de fruits, caviar, crevettes, sirops, croûtes défromages...» (Delaveau, 1987).

2. Utilisation médicinale

Le *Curcuma longa* L a fait l'objet de préparation thérapeutique en vertu de ses propriétés antioxydantes, antimicrobienne et anti-inflammatoire rapportées à travers les siècles dans différentes parties du monde. On lui attribue même des effets thérapeutiques semblables aux classes de médicaments suivants :

- Les médicaments anti-inflammatoires ;
- Antidépresseurs (Prozac) ;
- Chimiothérapie ;
- Antidouleur ;
- Anticoagulants (aspirine) ;
- Médicaments contre le diabète (Melpomène) ;
- Médicaments contre l'arthrite ;
- Médicaments contre les maladies inflammatoires de l'intestin ;
- Les stéroïdes (Chainani-Wu, 2003).

La curcumine et les curcuminoïdes réduisent également le cholestérol, réduisent l'agrégation plaquettaire, inhibent la prolifération des cellules cancéreuses et améliorent la digestion en augmentant le flux de bile de la vésicule biliaire.

Les propriétés thérapeutiques préventives ou putatives souhaitables de la curcumine ont été considérées comme étant associées à ses propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires.

3. Utilisation cosmétique

Le curcuma est peut-être le premier produit cosmétique connu, car il a été enduit traditionnellement sur la peau par les femmes. On pense qu'il réduit la croissance des poils du visage, réduit l'acné et améliore le teint. La couleur jaune a été utilisée dans les produits de soin de la peau. Il peut empêcher la rancidité des lipides lorsqu'il est ajouté aux hydratants. Les curcuminoïdes ont un potentiel dans les produits cosméceutiques en tant qu'agents antioxydant, anti-inflammatoire, et éclaircissant de la peau. Les curcuminoïdes *in vitro* inhibent la collagénase, l'élastase et l'hyaluronidase. Il a été rapporté que le gel de curcumine améliore l'apparence des affections cutanées photo découpées telles que les altérations pigmentaires, les élastoses solaires, la poïkilodermie actinique, les lentigines solaires et la kératose actinique lors d'une application prolongée d'une durée de six mois. Cela peut favoriser l'apoptose des cellules endommagées par l'ADN. Il est en cours d'évaluation en tant qu'agent de coloration des cheveux respectueux de l'environnement. Les huiles essentielles peuvent avoir un potentiel dans l'industrie des parfums, des cosmétiques et des savons (**Gopinath et Karthikeyan, 2018**).

2. L'épididyme

2.1. Anatomie

L'épididyme du lapin est situé au bord médial 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 allongée en croissant d'un pôle à l'autre du côté dorsal du testicule (**Figure 8**). Sa longueur diffère selon les espèces de rongeurs ; elle est de 6,38 cm environ chez les aulacodes (**Sickangueng, 2011**) et 1,5 à 3 cm chez les lapins (**Grasse, 1955 ; Barone, 1978**). L'épididyme comporte 3 parties (**Barone, 1978**) :

- une **tête (région proximale)** volumineuse, qui coiffe largement l'extrémité capitée du testicule ;
- un **corps (région médiane)** représentant la portion moyenne, qui est épaisse chez le lapin ;
- une **queue (région distale)**, bien détachée qui forme un appendice globuleux et mobile.

Chacune de ces parties elles-mêmes subdivisées en segments anatomiquement séparées par des travées conjonctives, les septa (**Abou-Haila et Fain-maurel, 1984**). **Hermo et al. (1991 ; 1992)** ont suggéré que c'est d'après les différentes caractéristiques structurales et fonctionnelles des cellules formant l'épididyme, que se fait la division de l'épididyme en plusieurs régions ou segments. Cependant, ces régions sont difficiles à distinguer et cela est dû à la forme tortueuse et entremêlée du tubule de l'épididyme.

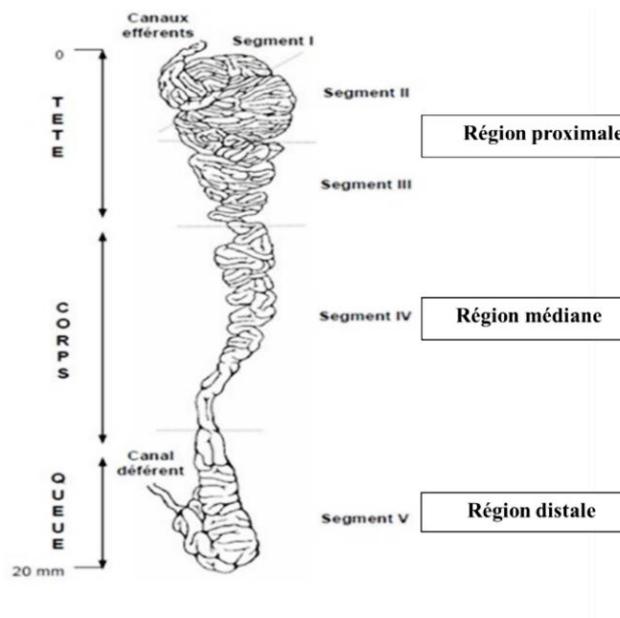


Figure 8. Schéma de l'anatomie et de la régionalisation de l'épididyme (**Hermo et Robaire, 2002**) « Modifiée »

2.2. Histologie

Le canal épiddymaire comprend deux compartiments : le premier compartiment est constitué d'un épithélium pseudostratifié reposant sur un chorion de tissu conjonctif richement innervé et vascularisé, lui-même entouré de 2 à 6 couches de fibres musculaires lisses ; tandis que le deuxième compartiment est constitué d'une lumière bordée par cet épithélium (**Robaire et al., 2002**) (**Figure 9**).

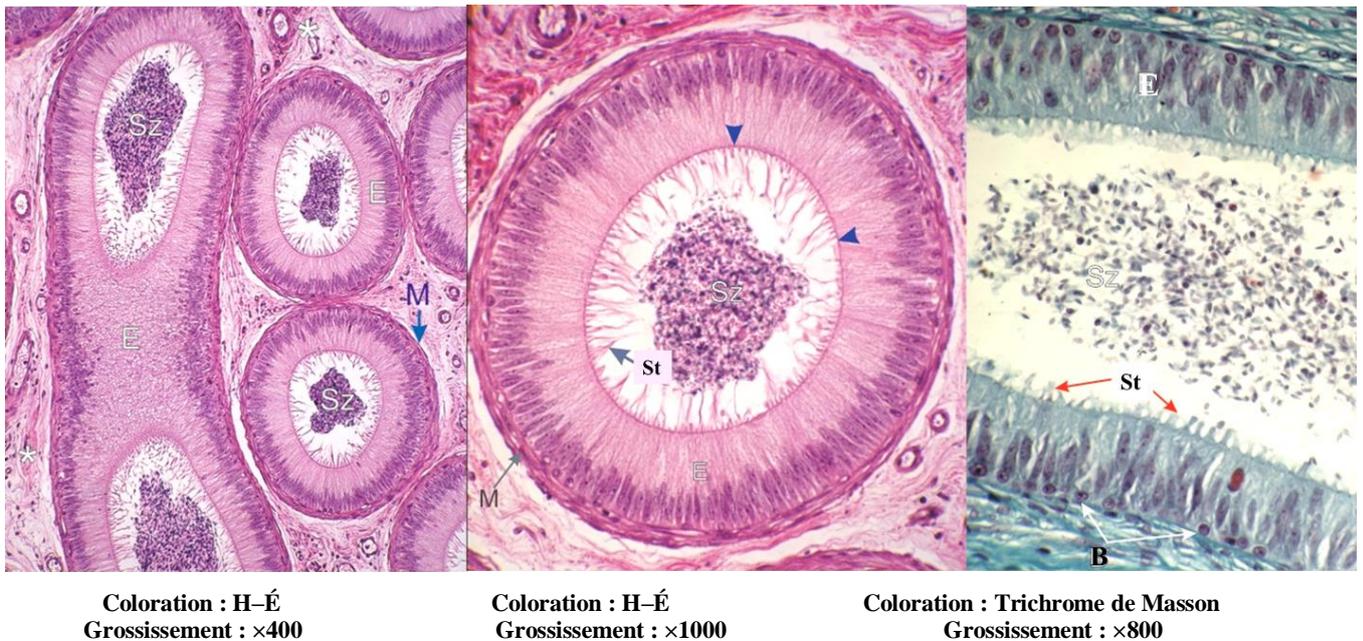


Figure 9. Structure de l'épididyme (Clermont et al., Atlas numérique d'histologie en microscope optique)

(Sz) : spermatozoïdes ; (E) : L'épithélium ; (M) : Membrane limitante épaisse formée de cellules myoïdes contractiles ; St : Stéréocils ; (B) : Cellules épithéliales basales ; (*) : Tissu conjonctif lâche

L'épithélium épiddymaire (**Figure 10B**) est un épithélium pseudostratifié cylindrique, composé de différents types cellulaires, dénommées ; *principales, étroites, claires, apicales, basales, halo et dendritiques*. La composition cellulaire de l'épithélium diffère selon les différents segments épiddymaires et les fonctions qui leurs sont associées (**Robaire et al., 2002**).

2.2.1. Cellules principales

Les cellules principales sont les plus abondantes au niveau de l'épithélium épiddymaire. Elles représentent 65 à 80% des cellules de l'épididyme et sont retrouvées dans la totalité du canal épiddymaire. Cependant, le nombre de cellules principales diminue graduellement tout le long de l'épididyme et représente 65% des cellules totales dans la queue de l'épididyme (**Robaire et Hermo, 1988**).

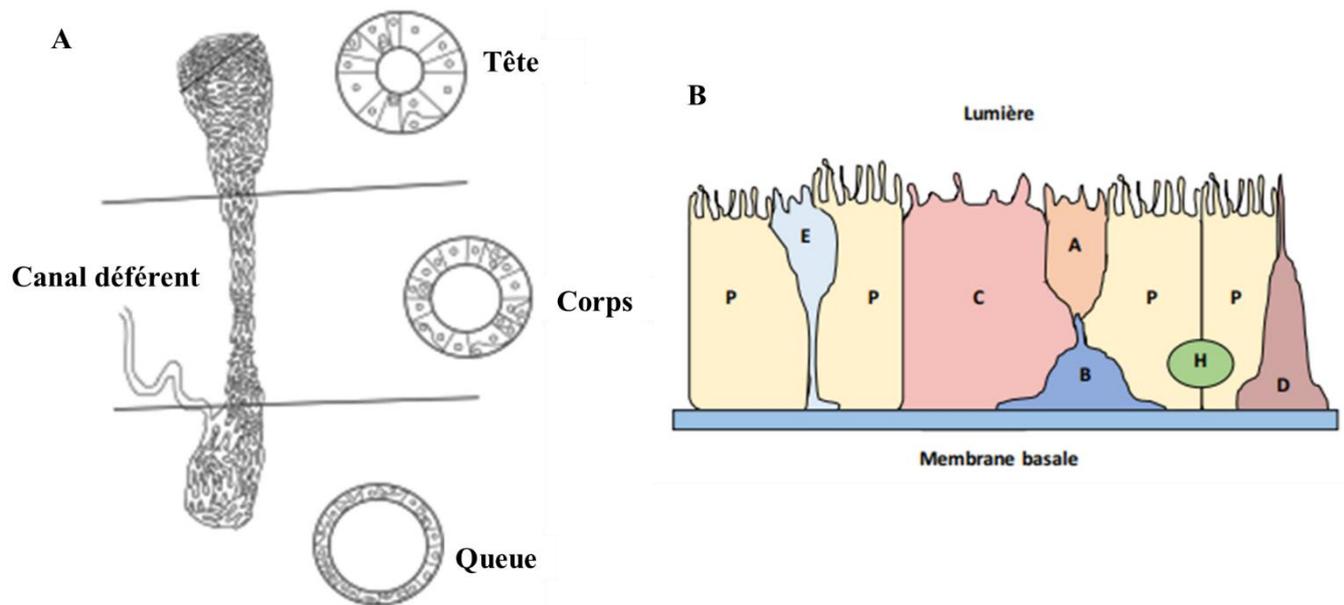


Figure 10. L'épithélium épiddymaire (Adam, 2017) « Modifiée »

A : L'épididyme est divisé en trois régions : la tête, le corps et la queue. Chaque partie a une composition cellulaire particulière. **B :** Schéma des différents types cellulaires retrouvés dans l'épididyme. P : cellule principale, E : cellule étroite, C : cellule claire, A : cellule apicale, B : cellule basale, H : cellule halo, D : cellule dendritique.

Ce sont des cellules prismatiques avec un noyau basal, elles présentent des stéréocils qui diminuent en longueur entre la tête et la queue épiddymaire. De plus, la hauteur des cellules principales diminue alors que leur largeur augmente tout au long du canal (**Figure 10A**). Leur structure et leurs fonctions varient donc de façon très importante entre les différentes régions épiddymaires (**Hermo et Robaire, 2002**). Ces cellules possèdent un appareil de Golgi très développé ainsi qu'un réticulum endoplasmique dense, ce qui suggère une intense activité sécrétoire (**Robaire et Hermo, 1988**). Ainsi, les cellules principales sont responsables de la sécrétion et de la régulation d'une grande partie des protéines contenues dans la lumière de l'épididyme (**Robaire et Viger, 1995**). Ces cellules ne se divisent pas chez l'adulte (**Hermo et Robaire, 2002**).

2.2.2. Cellules basales

Les cellules basales sont des petites cellules hémisphériques, situées à la base de l'épithélium, qui peuvent être en contact avec la lumière du tubule épiddymaire par des prolongements cytoplasmiques. Elles sont présentes tout au long de l'épididyme et représentent 10 à 20 % de l'ensemble des cellules épiddymaires selon les segments. Il semblerait que ces cellules participent à la protection contre les radicaux libres (**Veri et al., 1993**), ainsi que dans la protection immunitaire des spermatozoïdes en participant à ce qu'on appelle, la barrière hémato-épiddymaire (**Seiler et al., 2000**).

2.2.3. Cellules claires

Les cellules claires sont de grandes cellules prismatiques, présentes essentiellement dans le corps et la queue de l'épididyme (**Soranzo *et al.*, 1982**). Elles sont caractérisées par la présence de nombreuses vésicules claires en région apicale, de lysosomes en région médiane, et de nombreuses inclusions lipidiques dans leur région basale (**Robaire et Hermo, 1988**). D'après **Olson et Hinton (1985)**, elles joueraient un rôle dans l'absorption de certains composants du fluide épидидymaire.

2.2.4. Cellules apicales

Les cellules apicales sont présentes dans les quatre segments de l'épididyme avec une prédominance au niveau du segment initial (la partie proximale de la tête) (**Adamali *et al.*, 1996**). Elles présentent un noyau sphérique en position apicale, des microvillosités courtes et peu nombreuses, et ne sont pas en contact avec la membrane basale (**Hermo et Robert, 2002**). Ces cellules ont un cytoplasme dense, très riche en mitochondries et en lysosomes et de l'anhydrase carbonique impliquée dans la sécrétion des ions H⁺ et la réabsorption des bicarbonates (HCO₃). Elles seraient ainsi impliquées dans l'endocytose des éléments du fluide épидидymaire et dans l'acidification de ce fluide (**Martínez-García *et al.*, 1995**).

2.2.5. Cellules halo

Les cellules halo sont rondes et de petite taille, présentes tout au long de l'épididyme et se situent vers la base de l'épithélium épидидymaire. Elles ont un cytoplasme réduit contenant un nombre variable de granules denses. Il s'agirait de lymphocytes T ou de monocytes (**Hermo et Robaire, 2002**).

2.2.6. Cellules étroites

Les cellules étroites se retrouvent dans le segment initial et intermédiaire de l'épididyme, pourvus 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'elles leur confèrent un aspect en calice. Leur cytoplasme est riche en vacuoles, vésicules endocytiques, lysosomes et mitochondries, et leur membrane apicale émet des microvillosités courtes, épaisses et irrégulières (**Hermo *et al.*, 2000**).

2.2.7. Cellules dendritiques

Selon **Da Selva *et al.* (2011)**, des cellules dendritiques ont été découvertes en 2011 au sein de l'épididyme murin, elles forment un réseau dense situé à la base de l'épithélium avec

des projections dendritiques qui passent entre les cellules épithéliales et sont orientés en direction de la lumière du tubule. Ces cellules possèdent des marqueurs de cellules immunitaires, dont le rôle serait de maintenir l'homéostasie immunitaire afin de protéger les spermatozoïdes (Wang *et al.*, 2016).

2.3. Lumière du canal épидидymaire

La lumière du conduit épидидymaire est assez régulièrement circulaire sur les coupes histologiques (Barone, 2001). 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.

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).

2.4. Fonctions de l'épididyme

L'épididyme possède un rôle important dans l'acquisition de la fertilité masculine ; parmi ses fonctions, on distingue : le transport des spermatozoïdes, la concentration de sperme, la protection, le stockage, la maturation des spermatozoïdes et l'acquisition de leur motilité et pouvoir fécondant.

2.4.1. Transport des spermatozoïdes

La fonction la plus évidente de l'épididyme est de transporter les spermatozoïdes du *rete* testicule au canal déférent. Le temps de transit total à travers l'épididyme est généralement compris entre 10 et 15 jours (Robaire *et al.*, 2006). Le transport est réalisé principalement par des contractions rythmiques des couches musculaires lisses entourant l'épididyme. Alors que les contractions se produisent le plus souvent au niveau de la tête, elles sont plus amplifiées au niveau de la queue. De plus, il a été suggéré que les stéréocils sur les cellules épithéliales de l'épididyme pourraient aider à diriger le transit des spermatozoïdes à travers l'épididyme (Elfgen *et al.*, 2018).

2.4.2. Modification de la membrane des spermatozoïdes

La membrane cytoplasmique des gamètes va subir un profond remodelage lipidique et protéique, ce processus confère aux gamètes une mobilité vigoureuse et l'addition ou la

modification de protéines essentielles à la reconnaissance de l'ovocyte et de la fertiliser (Cooper, 1998 ; Saez *et al.*, 2011).

Saez *et al.* (2011), observent sur le plan lipidique une perte de phospholipides, une augmentation de la proportion d'acides gras polyinsaturés, une perte importante de cholestérol, contrebalancée par une acquisition de desmostérol (le dernier intermédiaire de la voie de biosynthèse du cholestérol), et une diminution du rapport cholestérol/phospholipides, indiquant une augmentation de la fluidité membranaire. Les protéines, quant à elles, peuvent être éliminées, incorporées ou associées à la membrane, relocalisées ou modifiées (Dacheux *et al.*, 2003, 2009).

Parmi ces modifications post traductionnelles générées par des enzymes et des molécules du fluide, se trouvent entre autres la glycosylation de certaines protéines membranaires (Tulsiani *et al.*, 1993), ainsi que leur phosphorylation par des protéines kinases (Nath et Majumder, 1999), et l'endocytose des glycoprotéines sécrétées par les cellules de l'épididyme (Liu *et al.*, 2000).

2.2.3. Protection du sperme

Une des fonctions de l'épididyme, est la protection des spermatozoïdes matures, qui sont les cibles de multiples agressions. La barrière hémato-épididymaire les protège contre les attaques du système immunitaire (Pollanen et Cooper, 1994). Certaines protéines sécrétées par l'épithélium épididymaire ont, quant à elles, une action protectrice contre les dommages protéolytiques et oxydatifs.

La barrière hémato-épididymaire protégerait ainsi les spermatozoïdes des dommages protéolytiques qui pourraient avoir lieu lors d'une libération prématurée des enzymes acrosomiales durant le transit épididymaire (Vernet *et al.*, 1996 ; 1999).

2.4.4. Stockage de sperme

Dans l'intervalle des éjaculations, les spermatozoïdes sont stockés dans la queue de l'épididyme (Barone, 2001), où ils baignent dans un liquide qui permettra de les conserver et qui servira de réservoir durant l'attente de prochaine éjaculation (Hinton et Palladino, 1995).

Lors de l'éjaculation, les spermatozoïdes sortent de la queue de l'épididyme et seront mélangés aux sécrétions des glandes annexes (vésicules séminales et prostate), et pourront ainsi commencer leur course à la rencontre de l'ovocyte afin de le féconder (Jones, 1999).

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

2.2.5. Maturation du sperme

La progression des spermatozoïdes immobiles et immatures dans l'épididyme est due à la fois, à la pression du fluide entrant, produit en permanence par le testicule, et aux mouvements péristaltiques des fibres musculaires lisses qui entourent l'épithélium épидидymaire. C'est en traversant les différents segments de l'épididyme et en s'exposant aux changements de la composition de fluide qui se varie tout au long du tubule, et grâce aux activités de sécrétion et d'endocytose de l'épithélium spécifique à chaque segment, que les spermatozoïdes acquièrent leur pouvoir fécondant et leur motilité (**Bedford, 1979 ; Saez et al., 2011**).

Dans les spermatozoïdes, on peut observer la migration d'une goutte cytoplasmique de la région du cou du flagelle jusqu'à la queue, pour finalement disparaître. Le contenu de cette goutte est retrouvé dans le fluide épидидymaire ainsi que dans le cytoplasme des cellules claires de la queue de l'épididyme. De plus, il y a une augmentation des ponts disulfures à l'intérieur du noyau des spermatozoïdes au fur et à mesure qu'ils rejoignent la queue de l'épididyme. Tous ces changements morphologique et biologique contribuent collectivement à la maturation des spermatozoïdes dans l'épididyme (**Robaire et Hermo, 1988**).

2.2.6. Acquisition de la motilité

Le contrôle de la motilité des gamètes mâleq dépend des facteurs exogène et endogène qui sont générés par le cytosquelette interne du spermatozoïde nommé axonème. L'activation de la motilité du flagelle est rendue possible grâce à l'environnement créé par l'épididyme dont le changement de concentration de différents ions et la présence de source d'énergie par plusieurs métabolites parmi eux ; le fructose et le glucose, qui permettent alors d'acquérir un taux élevé d'ATP dans la queue de l'épididyme pour activer les mouvements (**Ho et Suarez, 2001 ; Mukai et Okuno, 2004**). L'activation des mitochondries permet la production d'ATP et la mise en route de la phosphorylation des résidus tyrosines sur la totalité du flagelle du spermatozoïde, 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 (cauda), où le spermatozoïde est pleinement mature et acquiert la capacité de se mouvoir (**Aitken et al., 2007**).

L'absence de phosphorylation des spermatozoïdes dans la région proximale de l'épididyme serait due à l'absence de molécule d'ATP, molécule limitant dans la réaction des kinases. En

effet, dans les régions proximales de l'épididyme, les mitochondries sont réprimées par des facteurs qui disparaissent lorsqu'on s'approche des régions distales (Aitken *et al.*, 2004 ; Baker *et al.*, 2004).

2.5. Mode de sécrétion de l'épididyme

La sécrétion des protéines est réalisée essentiellement par les cellules principales et est accomplie selon deux modes de sécrétions différents : le mode mérocrine et le mode apocrine.

2.5.1. Sécrétion mérocrine

La sécrétion mérocrine est le mode de sécrétion protéique classique. Effectivement, Ce mode de sécrétion se produit dans la plupart des différents types cellulaires y compris les cellules principales de l'épithélium épididymaire. La séquence primaire en acides aminés des protéines sécrétées de cette façon est caractérisée par la présence d'un peptide signal à l'extrémité N-terminale, ce qui permet à la protéine de s'associer au réticulum endoplasmique. Ainsi, l'ARNm est traduit en protéine par les ribosomes associés au réticulum endoplasmique rugueux de la cellule. Les protéines sont ensuite transportées jusqu'à l'appareil de Golgi, afin d'y subir différentes modifications post-traductionnelles telles que la glycosylation et l'acylation. Les protéines sont ensuite transférées et emmagasinées dans des granules de sécrétion. Ces granules migrent jusqu'à la membrane plasmique de la cellule et libèrent leur contenu à l'extérieur lors de la fusion avec la membrane plasmique. Les protéines ne présentant pas d'ancrage membranaire sont libérées dans la lumière de l'épididyme (Girouard, 2009).

2.5.2. Sécrétion apocrine

La sécrétion apocrine a été mise en évidence par microscopie électronique dans les cellules principales de l'épididyme. Outre les cellules principales de l'épididyme, la sécrétion apocrine a aussi été observée dans le canal déférent et dans différentes glandes, telles que la glande mammaire, 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. La synthèse a donc lieu exclusivement sur des ribosomes libres (Girouard, 2009) (Figure 11).

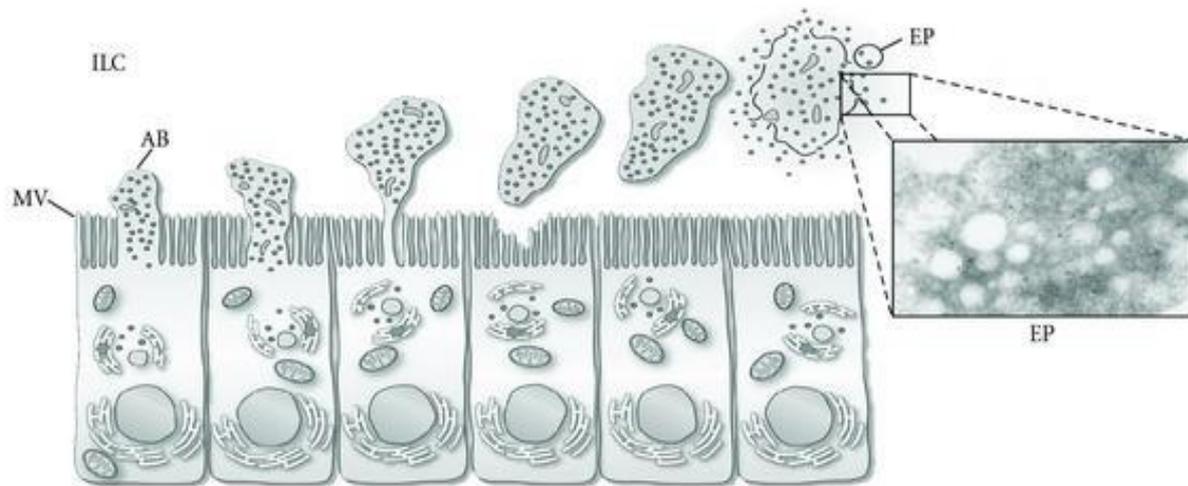
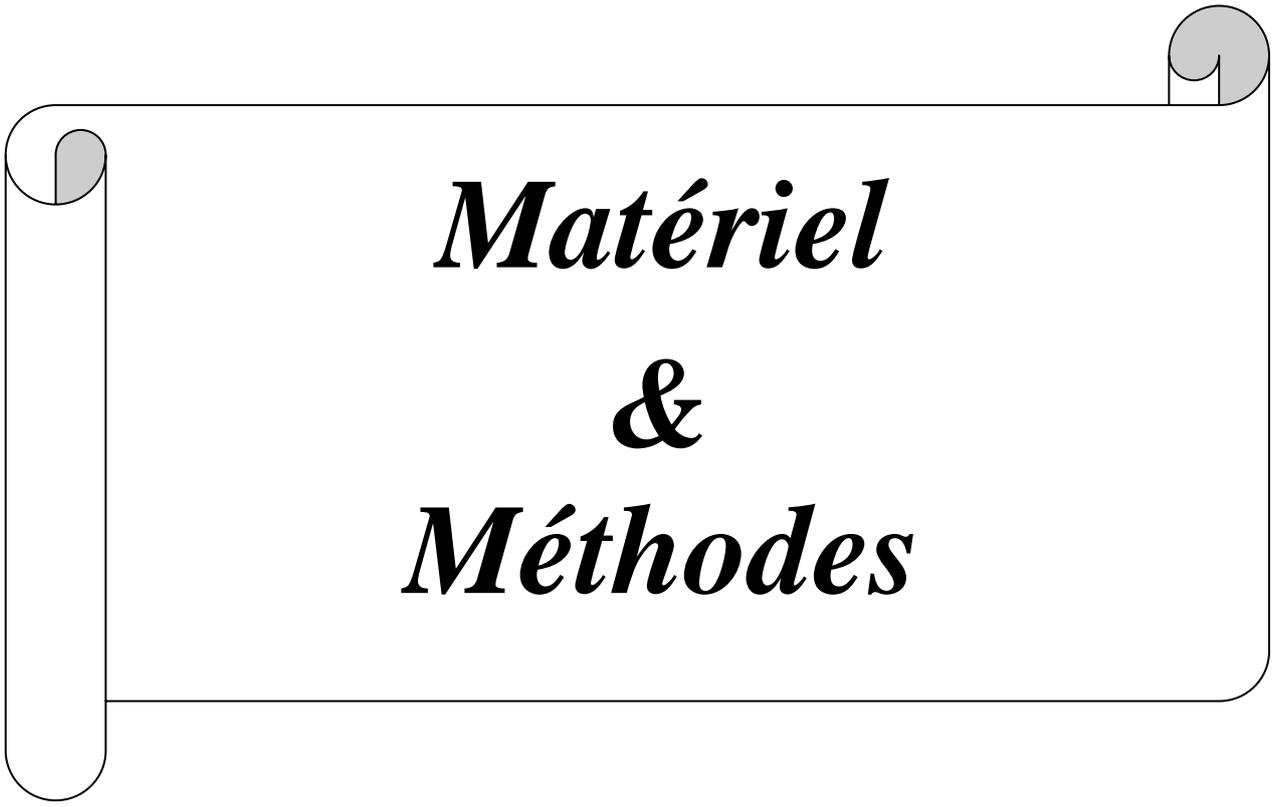


Figure 11. Représentation schématique de la sécrétion apocrine dans les cellules principales de l'épididyme (Girouard, 2009)

AB : Aposomes ; EP : Epididymosomes ; ILC : Compartiment Intra-Limal ; MV : Microvillosités

A decorative scroll graphic with a white background and a black border. The scroll is unrolled in the center, with the top and bottom edges curled up. The text is centered within the unrolled portion.

***Matériel
&
Méthodes***

I. Matériel biologique

1. Matériel végétal

1.1. Huile de palme

L'huile de palme est une huile végétale issue du fruit du "palmier", en général il est extrait par pression à chaud de la pulpe du fruit du palmier à huile. Il a deux types qui sont utilisés dans les aliments et un troisième type a des propriétés cosmétiques et thérapeutiques, et ils proviennent tous de différents types de palmiers. Le palmier à huile est une monocotylédone, appartenant à la famille des Arécacées. Ce dernier est largement cultivé pour ses fruits et ses graines riches en huile à usage alimentaire et industriel, il est devenu depuis quelques années la « première source de corps gras végétal sur le marché mondial » (**Jacquemard, 2012**). Cultivé dans toutes les régions tropicales et notamment en Asie. Le fruit est une drupe sessile, ovoïde, longue de 3 à 5cm. La coupe d'un fruit montre trois parties distinctes, l'*épiderme* cuisiné, lisse, luisant. Le *mésocarpe*, ou pulpe, jaune ou orange, très huileux. L'épaisseur de la pulpe varie de 2 à 10 mm, renfermant 45 à 50% de son poids frais d'huile de palme. L'*endocarpe*(coque) sclérifié, très dur, noir, son épaisseur varie de 0,5 à 4 ou 5 mm. A l'intérieur de la coupe se trouve l'amande blanche de forme plus ou moins ovoïde, occupe toute la cavité de l'endocarpe et constitue le palmiste. L'amande et coque constituent la graine ou noix de palme. Une graine pèse de 1 à 2 g. La chair du fruit, de couleur jaune à orange contient l'huile de palme (**Figure et 13**).



Figure 12. Palmier à huile, Elaeis Guineensis



Figure 13. Fruits de palmier à l'huile, *Elaeis Guineensis*

Depuis 5000 ans, 90% de l'huile de palme sont utilisés pour la préparation des aliments à différents niveaux d'oxydation (**Idris et Samsuddin, 1993 ; Edem, 2002**).

C'est une huile qui est très peu coûteuse à produire, c'est l'une des raisons pour laquelle elle est très présente dans l'industrie agroalimentaire.

L'huile de palme (**Figure 14**) contient une variété de vitamines antioxydantes nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme (**Bayorh et al., 2005**). Elle constitue une bonne source de vitamine A (**Oguntibeju et al., 2010 ; Aboua et al., 2011**) et de vitamine E (tocophérols et tocotriénols) qui piègent les radicaux libres néfastes au niveau des tissus (**Muharis et al., 2010**). L'huile de palme brute, contient 50 % d'acides gras saturés, 40 % d'acides gras monoinsaturés, et 10% seulement d'acides gras polyinsaturés (**Edem, 2002**). Elle contient aussi 5% d'acide stéarique (**Daquan et al., 2011**) et enfin 45% d'acide palmitique, qui provoque le syndrome métabolique, le diabète de type 2, et les maladies cardiovasculaires.



Figure 14. L'huile de palme (Originale)

Pour notre étude, nous avons choisi l'huile de palme raffinée, insoluble dans l'eau, son point de fusion est de 38 à 40C°, sa couleur est jaune. L'acide palmitique, est le constituant principal de l'huile de palme raffinée, qui augmente le LDLc dans le sang (Godswil *et al.*, 2016). Les normes de qualité alimentaire recommandent une teneur moyenne de 39 à 47,5% d'acide palmitique et de 36 à 44% d'acide oléique.

1.2. Poudre du rhizome de *Curcuma longa* L

Curcuma longa L est une plante herbacée, vivace et rhizomateuse, elle est originaire du sous-continent indien et de l'Asie du Sud-Est, elle est achetée sous forme d'un rhizome frais, chez un herboriste de la wilaya d'Alger. Les rhizomes sont bouillis pendant 45 minutes, ensuite ils sont séchés au soleil, pendant 10 à 15 jours. Ceux-ci sont ensuite broyés en poudre fine (Figure 15).



Figure 15. Rhizome du *Curcuma longa* L frais, séché et réduit en poudre (Originale)

II. Matériel non biologique

Le matériel utilisé au cours de notre expérimentation est le suivant :

- Une balance électrique et une balance de précision ;
- Une plaque chauffante ;
- Un robot électrique ;
- Un Mortier et un pilon ;
- L'eau distillée ;
- Un papier filtre.

III. Méthodes d'étude

1. Broyage

Dans un mortier et à l'aide de pilon, une quantité de rhizome sec du *Curcuma longa* L est broyée grossièrement, puis bouleversée en poudre fine à l'aide d'une moulinette (Figure 16).



Figure 16. Broyage du *Curcuma Longa* L

2. Extraction avec de l'eau distillée chaude

9 g de la poudre du rhizome est mélangé avec 100 g de l'aliment. On procède comme suit (Figures 17, 18 et 19) :

- 1) Peser 9 g de la poudre de *Curcuma longa* L ;
- 2) Ajouter 100 ml d'eau distillée chaude à la poudre, puis agiter manuellement et doucement ;
- 3) Laisser le mélange refroidir à une température ambiante ;
- 4) Filtrer le mélange avec un papier filtre ;
- 5) Lui ajouter 100 g de l'aliment granulé ;
- 6) Transformer la mixture en pastilles.



Figure 17. Transformation des granules en poudre fine (alimentation)(originale)



Figure 18. Rhizome de *Curcuma longa* L frais, séché et réduit en poudre (Originale)



A



B

Figure 19. Préparation de la solution de *Curcuma longa* L avec l'eau distillée chaude (A) (originale)

La préparation de la mixture est réalisée à partir du régime standard, supplémenté de **9 g** de curcuma, mélangé avec une petite quantité d'eau distillée chaude, puis cette mixture est transformée en pastilles (**Figure 19B**).

IV. Modèle expérimental

Le lapin de souche synthétique est le modèle expérimental choisi pour réaliser notre étude (**Figure 20**). Cette souche est issue d'un croisement entre la population locale et une souche INRA2666 sélectionnée pour sa prolificité qui est utilisée par des élevages familiaux, bien adaptée au milieu, grâce notamment à une faible sensibilité à la chaleur mais trop légère

et peu productive (Zerrouki *et al.*, 2005), puis diffusée auprès des éleveurs. Les mâles de la souche de l'INRA sont plus lourds et plus productifs, créé en 2003 par l'Institut Technique de L'élevage (ITELV), pour développer la cuniculture en Algérie (Gacem et bolet, 2005 ; Gacem *et al.*, 2008).



Figure 20. Phénotype de la souche synthétique des lapins étudiés (Originale)

1. Période et lieu d'expérimentation

Cette expérimentation a été réalisée par **DOURI Roumaïssa** et **SLIMANI Roumaïssa** au niveau de la station expérimentale, de l'Université Saad Dahleb, Blida. Cette étude s'est étalée entre le mois de mars jusqu'au mois de juin 2021.

2. Animaux

L'expérimentation a été réalisée sur **24** lapins mâles, appartenant à la souche synthétique. Nos lapins utilisés proviennent de l'ITELV (Institut Techniques des Elevages) de Baba Ali. Leur âge est de **2 mois ± 1mois** et d'un poids variant entre **1,250 kg** et **2,300 kg**. Tous ces animaux étaient en bonne santé.

3. Conditions d'élevage

Dès leur arrivée à la station ; les 24 lapins sont pesés et placés dans des cages individuelles, puis ils sont soumis à une période d'adaptation d'environ une semaine.

4. Alimentation

Les animaux sont nourris d'aliment granulé, distribué chaque matin, en raison de **100 g**, dans des trémies métalliques, équipant chacune des cages d'élevage. Le granulé spécial pour les lapins provenait de l'unité de fabrication de l'aliment de bétail de Khmis El Khechna de la

wilaya de Boumerdes. Cet aliment est fabriqué à base de maïs, de tourteaux de soja, de luzerne, de son phosphate bicalique et de CMV spécial lapin (**Figure 21**).



Figure 21. Aliment granulé distribué pour les lapins (Originale)

5. Distribution de l'eau

L'eau distribuée aux animaux provient du réseau local d'eau potable. Elle est disponible en permanence grâce à un système de conduits munis de tétines automatiques (**Figure 22**). Deux jerricans en plastique de 10 l et 5 l sont raccordés au système de conduits et sont remplis une fois par 2 jours d'eau potable et fraîche.



Figure 22. Mode de distribution d'eau (Originale)

V. Protocole expérimental

1. Constitution des lots

Nos recherches ont été menées à la station expérimentale de l'Université Saad Dahleb Blida 1. La période de traitement est de 10 semaines, et elle a couvert 24 lapins mâles âgés de 2 à 3 mois, avec un poids moyen de 1,25 kg à 2,30 kg. Ces animaux sont répartis comme suit :

- Un lot témoin (LT) de 6 animaux : a reçu 100 g de nourriture standard par jour.
- Un second lot de 18 animaux expérimentaux (LE), soumis tous les jours à un régime riche en matières grasses fournis sous forme de granulés de 100 g complétés par 10 g d'huile de palme.
- Après 7 semaines d'expérience, 9 des 18 animaux expérimentaux ont reçu le traitement par le curcuma mélangé avec une petite quantité d'eau distillée, ce mélange est alors transformé en granulés (Yasni *et al.*, 1993), et séché à l'air libre. D'après les travaux d'Ogbuewu *et al.* (2017), la quantité de poudre de curcuma est de 2 à 4 g/kg d'aliments. Le traitement à la poudre de curcuma dure 3 semaines.

2. Comportement des animaux

Les animaux soumis à un régime hyper-lipidique montrent de nombreux signes de stress ; ils se grattent les dents, deviennent très agressifs et perdent leurs poils (**Figure 23**).



Figures 23. Perte des poils (Originale)

3. Signes de l'inflammation des gonades mâles

Les lapins soumis à un régime enrichi en l'huile de palme présentent une inflammation au niveau des testicules. Celle-ci est révélée par une rougeur, enflure, blessure, chaleur, des abcès et des saignements (**Figure 24**).



Figures 24. Inflammation au niveau du testicule (Originale)

4. Techniques Opératoires

4-1. Suivi du poids corporel

Une première pesée des lapins a été effectuée dès leur réception à la station expérimentale. L'évolution du poids corporel est suivie par des pesées réalisées sur les lapins témoins et expérimentaux chaque semaine, pendant la durée de l'expérimentation (**Figure 25**).



Figure 25. Pesée des lapins dès leur arrivée à la station à l'aide de la balance (Originale)

4-2. Prélèvements d'organes

Juste après le sacrifice, les animaux sont immédiatement disséqués (**Figures 26 et 27**), les testicules droits et gauches et les épидидymes droits et gauches sont évacués de leurs bourses, dégraissés, prélevés rapidement et pesés individuellement à l'aide d'une balance de précision.

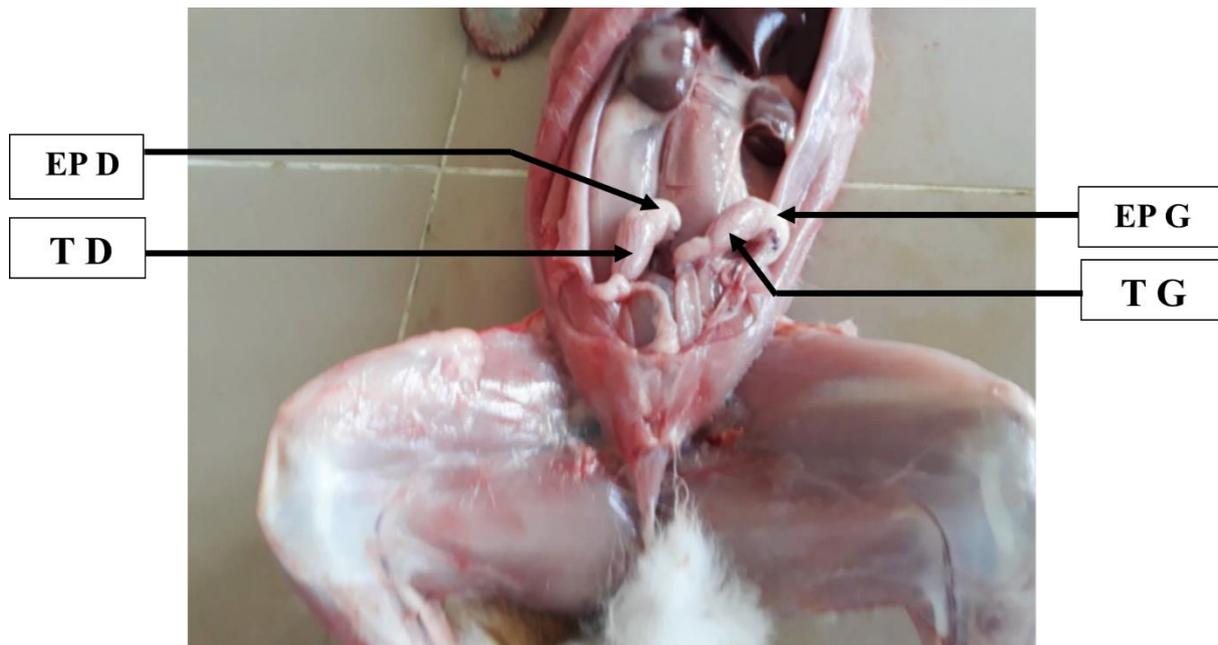


Figure 26. Dissection du lapin et présentation de son appareil génital (Originale, 2022)

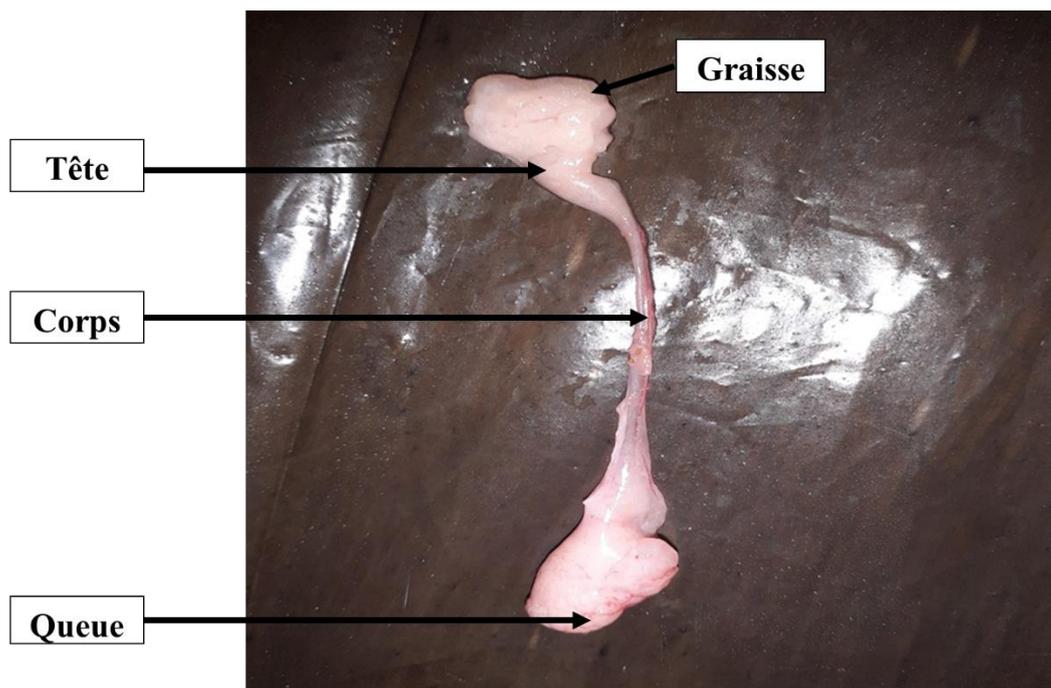


Figure 27. Vue externe de l'épididyme (originale, 2022)

4-3. Etude histologique

Nos échantillons sont soumis aux techniques histologiques classiques qui comprennent les étapes suivantes : la fixation, la déshydratation, l'inclusion, les coupes, la coloration et le montage suivi de l'observation au microscope photonique (Martoja et Martoja, 1967 ; Gabe, 1968).

4-3-1. Fixation des organes

Après le sacrifice des lapins des trois lots, les organes d'intérêt (les testicules droits et gauches, les épидидymes droits et gauches) sont prélevés, dégraissés, et pesés. Ils sont plongés directement dans le fixateur choisi pour cette étude, qui est le formol à 10%, dans des piluliers soigneusement étiquetés (**Figure 28**).

La fixation est une opération qui se fait très rapidement après le prélèvement des organes pour empêcher une putréfaction du tissu par autolyse et par altération microbienne.



Figure 28. Organes fixés par le formol à 10%

4-3-2. La circulation

C'est une étape qui consiste à faire pénétrer la paraffine au sein du tissu. Elle s'effectue en trois phases réalisées par un automate. Ce dernier est constitué de 12 cuves disposées en cercle (**Figure 29**). Les organes sont mis dans des cassettes en plastique étiquetés puis introduits dans l'automate.



Figure 29. Automate de circulation

4-3-3. Déshydratation

Cette étape permet l'élimination de l'eau des tissus afin de les préparer à une inclusion dans un milieu hydrophobe (la paraffine). Elle s'effectue par le passage des échantillons contenus dans des cassettes par 5 cuves remplies d'alcool à teneur croissante (50°, 70°, 90°, 96° et 100°) de 2 heures chacun. L'alcool est dilué à partir de l'alcool 100°.

4-3-4. Eclaircissement

Cette étape est appelée aussi clarification, elle se fait par un passage de l'organe dans 5 cuves de xylène de 2 heures chacun, elle permet l'élimination totale de traces d'alcool pour assurer une bonne imprégnation de la paraffine.

4-3-5. Imprégnation

Elle se fait à chaud dans 2 bains successifs de 40 min chacun, dans une étuve réglée à 2° au-dessus du point de fusion de la paraffine (56 à 58°C). Le premier bain est formé d'un mélange de xylène et de paraffine, l'autre de paraffine pure. Un séjour prolongé des pièces dans le deuxième bain ne présente aucun inconvénient à condition que la température ne dépasse pas 60°C.

4-3-6. Inclusion et confection des blocs de paraffine

Les organes sont placés dans des moules qui recevront la paraffine. Les cassettes respectives, 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 (-10 à -15°C) jusqu'à solidification du bloc (**Figures 30 et 31**).



Figure 30. Inclusion des cassettes contenant des gonades dans des moules à paraffine (originale, 2022)

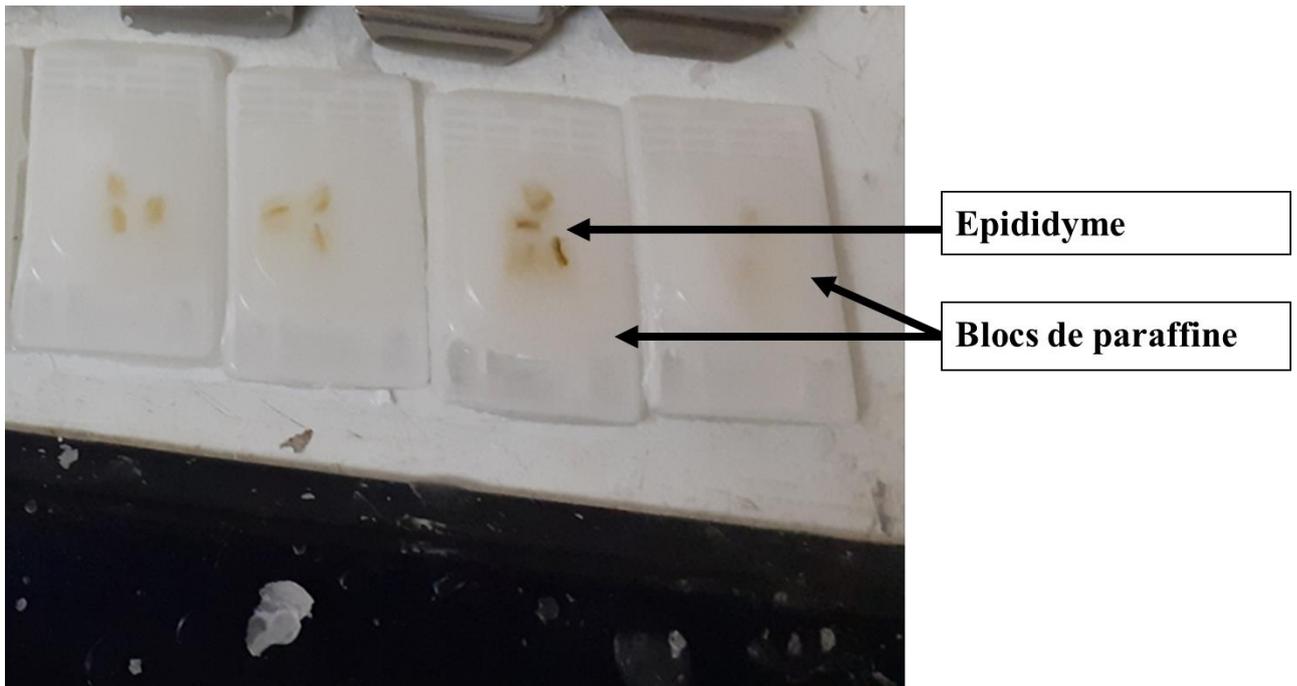


Figure 31. Blocs réfrigérés (Originale, 2022)

4-3-7. Confection et étalement des coupes

Des coupes fines (2 à 4 μm d'épaisseur) ont été réalisées sur les blocs d'organes, en utilisant un microtome de type Leica. Le ruban de coupes est recueilli à l'aide d'un pinceau et d'une aiguille montée, puis déposées dans un bain marie à 40°C. Les coupes sont ensuite étalées sur des lames en verres. On met le côté brillant sur le verre et on le colle avec l'eau gélatinée (**annexe 1, fiche technique 2**). Les lames seront égouttées par la suite et mises dans l'étuve à 37°C pendant 24 heures où à température ambiante pendant 48 heures pour qu'elles sèchent et s'adhèrent à la lame (**Figure 32**). Chaque lame porte les renseignements nécessaires identifiant l'organe coupé.

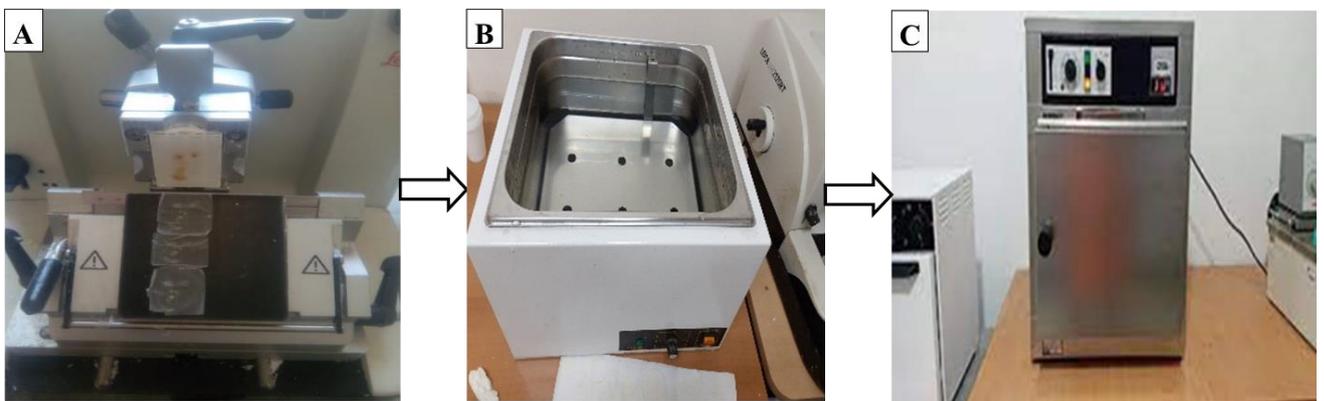


Figure 32. Confection et étalement des coupes (originale, 2022)

A) Confection des coupes ; B) Étalement des coupes au bain marie ; C) Séchage à l'étuve

4-3-8. Déparaffinage et réhydratation

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. Il est suivi d'une hydratation (**Figure 33**). Il consiste en deux bains de xylène pendant 5 min chacun, puis en 3 bains d'alcool à des degrés décroissants (100°, 90°, 70°), et enfin un bain d'eau distillée.



Figure 33. Série de bains de xylène et d'alcools (Originale)

4-3-9. Coloration topographique

La coloration topographique choisie pour notre étude est celle du trichrome de Masson ; elle 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 brun foncé, les cytoplasmes acidophiles et les nucléoles en rose, les muscles sont rouges et les fibres de collagène vertes.

Le mode opératoire adopté est le suivant :

- Coloration à l'hématoxyline de Groat, qui colore les noyaux en brun foncé, pendant 5 min puis rinçage à l'eau courante pendant 5 min ;
- Coloration au rouge de Mallory, qui colore le cytoplasme en rose, pendant 5 min puis rinçage à l'eau acétifiée à 1% pendant 3 min ;
- Un bain d'acide phosphomolybdique pendant 5 min, puis rinçage à l'eau acétifiée à 1% pendant 3 min ;
- Coloration au vert lumière qui colore les fibres de collagène, pendant 2 min puis rinçage à l'eau acétifiée à 1% pendant 3 min.

4-3-10. Montage

Le montage entre lame et lamelle s'effectue avec l'eukit ; mais il est nécessaire de déshydrater les coupes avant leur montage en les passant dans des alcools à degré croissant (70°, 80°, 90°, 100°), et nous terminons par deux bains de xylène.

4-3-11. Observation au microscope photonique

Les lames obtenues par la technique histologique sont observées au microscope photonique (de type Max300 : Première, équipé d'un appareil photo de type MA89 : Première), dans le but de rechercher toute modification histologique des structures étudiées (épididymes) après le traitement approprié.



Résultats

1- Etude histologique de l'épididyme des lapins

Les structures histologiques de l'épididyme des animaux témoins (T) et expérimentaux (Exp et Lc), observées au microscope photonique au faible et fort grossissement sont présentées dans les planches suivantes.

A) Architecture des épididymes des lapins témoins (Figure 34 A et B)

L'épididyme des lapins est un canal fortement pelotonné, relié au testicule en amont et le canal déférent en aval. Anatomiquement, il est divisé en trois grandes parties : une tête qui coiffe le testicule, un corps effilé et une queue épaisse.

A l'examen microscopique, ce tube contourné apparaît sous forme d'un ensemble de sections contenant de nombreux spermatozoïdes. Ces sections sont maintenues entre elles par du tissu conjonctif intertubulaire formé de fibres conjonctives, des faisceaux de collagène (F. Coll), mélangées aux fibroblastes et aux vaisseaux sanguins (VS) et entouré par une capsule conjonctive (CC) assez mince (cercle rouge).

Au fort grossissement, la paroi des tubes épididymaires apparaît bordée par une fine couche de cellules musculaires lisses, à laquelle adhère une couche d'épithélium de revêtement pseudostratifié prismatic à stéréocils, constitué de plusieurs catégories cellulaires : cellules principales, cellules basales, cellules apicales, cellules claires et cellules halo.

Les cellules principales (CP) sont les plus nombreuses, occupant presque la totalité de l'épithélium (Ep) et se trouvant dans chaque partie de l'épididyme. À la base de ces cellules, se trouvent des cellules basales (CB), réparties de façon discontinue le long de la lame basale. Elles sont caractérisées par un noyau ovoïde dense et une distribution irrégulière. Les tubes épididymaires délimitent une lumière large riche en spermatozoïdes (SPZ) avec un début de sécrétions épididymaires.

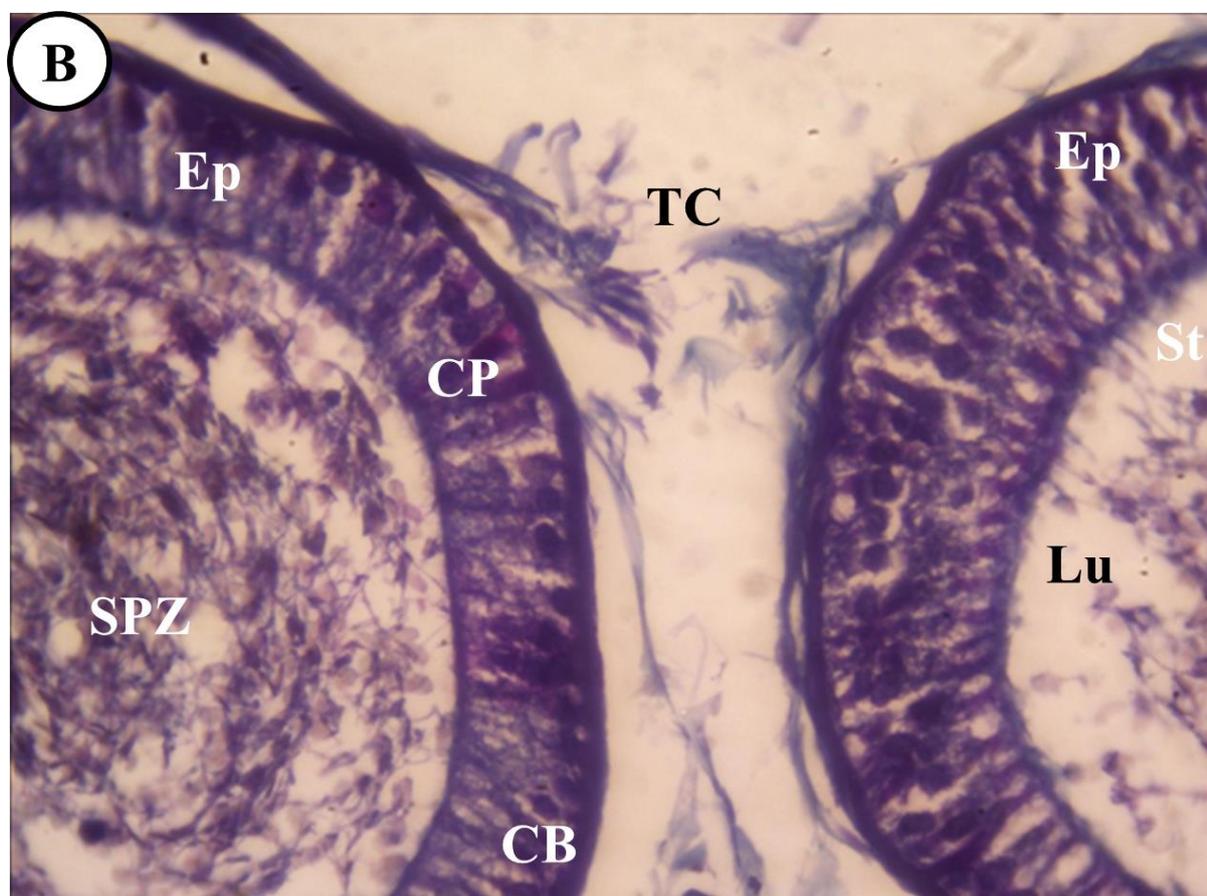
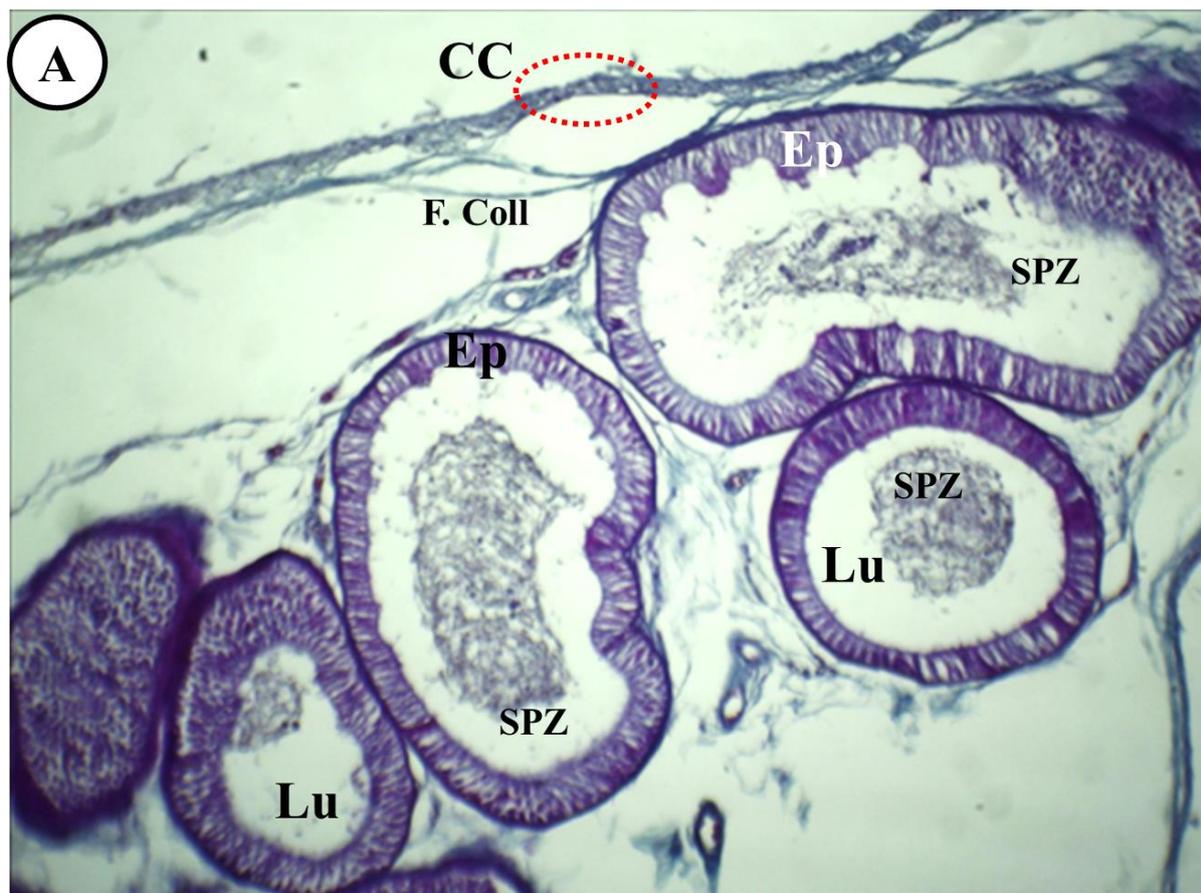


Figure 34. Coupes histologiques de l'épididyme des lapins témoins

A. Coupe au niveau de l'épididyme proximal de lapin témoin (G x 100)

B. Coupe au niveau de l'épididyme proximal de lapin témoin (G x 400)

Lu : Lumière ; **TC** : Tissu Conjonctif ; **CP** : Cellule principale ; **CB** : Cellule basale ; **St** : stéréocils ; **SPZ** : spermatozoïdes ; **Ep** : Epithélium.

Coloration : **Trichrome de Masson**

L'architecture histologique de l'épididyme proximal est normale chez les lapins témoins. Le canal épидидymaire, très contourné, est vu en majorité en coupes transversales. La lumière du canal contient de nombreux spermatozoïdes. L'épithélium est composé en majorité de grandes cellules prismatiques de taille identique. Cet épithélium est posé sur une membrane limitante épaisse formée de cellules myoïdes contractiles. Les espaces intertubulaires sont occupés par un tissu conjonctif lâche bien vascularisé.

B) Architecture des épидидymes des lapins expérimentaux soumis à un régime hyperlipidique par l'huile de palme pendant 10 semaines (Figure 35 A et B)

L'observation des épидидymes des animaux expérimentaux (Exp) au faible grossissement, montre que la structure histologique de ces organes révèle un épaississement de la capsule conjonctive (CC) qui tapisse extérieurement l'épididyme proximal (flèche noire), et que l'espace intertubulaire est traversé par des fibres conjonctives serrées, regroupées en faisceaux denses et mêlées à de nombreux fibroblastes et des vaisseaux sanguins.

Au fort grossissement, l'épithélium de revêtement présente des altérations épithéliales, avec des cellules désorganisées, les noyaux apparaissent superposés ce qui donne à l'épithélium un aspect pluristratifié (flèches rouges), le cytoplasme des cellules principales montre des vacuolisations (cercles rouges), et la membrane basale apparaît rétractée et plissée (têtes de flèches). Une perte de la cohésion et de l'adhésion entre les cellules de l'épithélium épидидymaire est également notée. De plus, un nombre important de tubes apparaissent dépourvus ou avec très peu de spermatozoïdes (astérisques). Certaines sections apparaissent plus affectées que les autres avec très peu de sécrétions.

Le tissu conjonctif intertubulaire apparaît très épais, formé de fibres de collagène désorganisées, condensées et désorientées, indiquant une fibrose, avec présence de cellules musculaires lisses, des fibroblastes, et de vaisseaux sanguins riches en globules rouges.

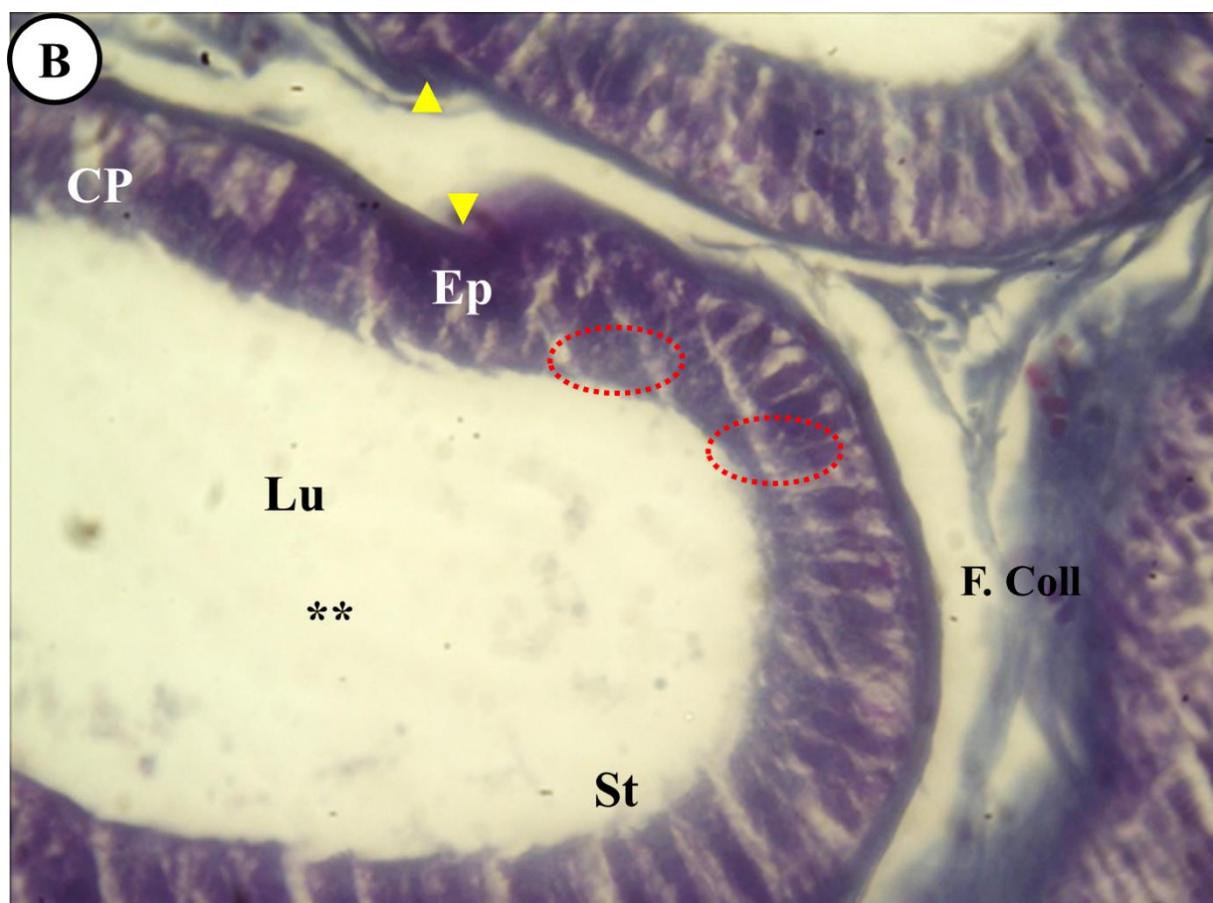


Figure 35. Coupes histologiques de l'épididyme des lapins expérimentaux soumis à un régime hyperlipidique par l'huile de palme pendant 10 semaines

- A. Coupe au niveau de l'épididyme proximal de lapin expérimental (G x 100)
- B. Coupe au niveau de l'épididyme proximal de lapin expérimental (G x 400)

Lu : Lumière ; **TC** : Tissu Conjonctif ; **CP** : Cellule principale ; **CB** : Cellule basale ; **St** : stéréocils ; **SPZ** : spermatozoïdes ; **Ep** : Epithélium.

Coloration : **Trichrome de Masson**

L'architecture histologique de l'épididyme proximal des lapins expérimentaux révèle plusieurs altérations. La lumière du canal contient très peu ou pas de spermatozoïdes. Les sécrétions tubulaires semblent aussi être affectées. L'épithélium est désorganisé avec perte de la cohésion et de l'adhésion entre ses cellules, quelques endroits sont devenus pluristratifiés. La membrane basale apparaît rétractée et plissée, et le tissu conjonctif intertubulaire apparaît très épais indiquant une fibrose.

C) Architecture des épидидymes des lapins traités par le *Curcuma longa* L (Figure 36 A et B)

Au faible grossissement, l'architecture de l'épididyme des lapins traités par le *Curcuma longa*, L apparait similaire à celle des lapins témoins. Les capsules conjonctives des tubes épидидymaires sont assez minces, et les espaces intertubulaires sont d'aspect et de volume normaux, rappelant ceux des animaux témoins.

Au fort grossissement, l'épithélium de revêtement reprend sa structure normale comparable à celle des témoins. Il est donc de type prismatique pseudostratifié, avec rétablissement de la taille et de la forme de ses cellules. Les cellules basales sont bien arrondies avec un noyau ovoïde et volumineux. Cependant, les vacuolisations persistent toujours au niveau du cytoplasme des cellules principales. Les stéréocils sont bien visibles, et les cellules de l'épithélium épидидymaire adhèrent bien les unes aux autres. La lumière de plusieurs sections de tubes est pourvue de nombreux spermatozoïdes.

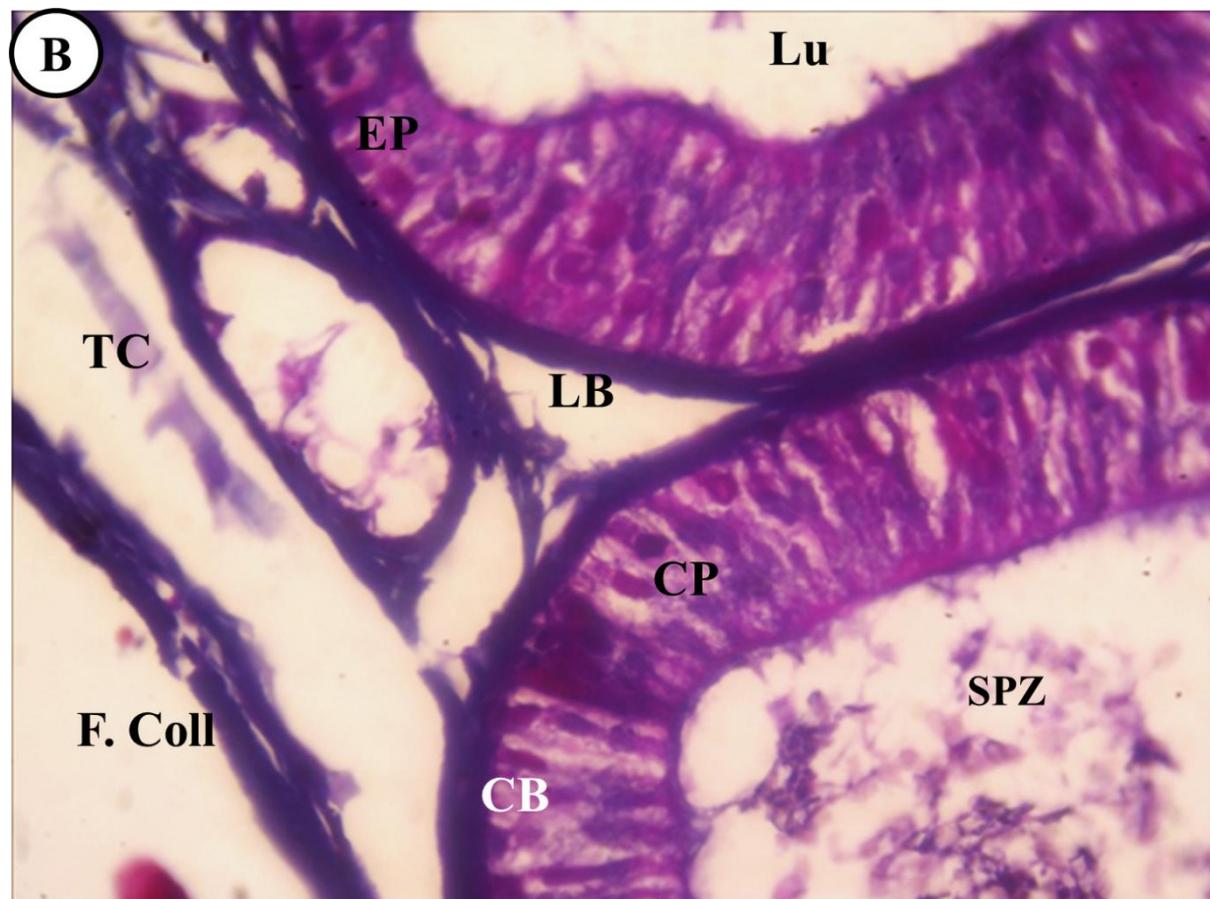
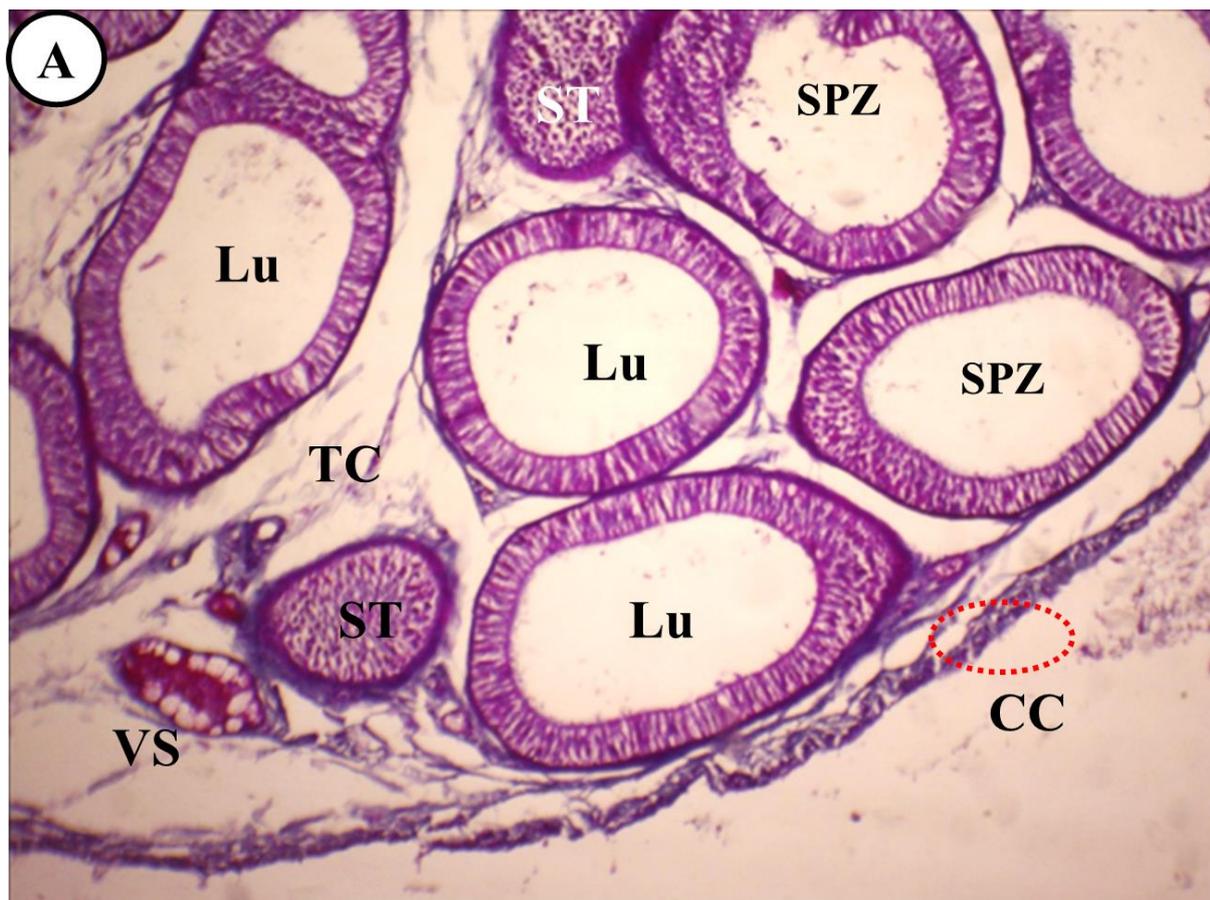


Figure 36. Coupes histologiques de l'épididyme des lapins expérimentaux soumis à un régime hyperlipidique par l'huile de palme pendant 7 semaines et traités par le *Curcuma longa* L pendant 3 semaines

- A. Coupe au niveau de l'épididyme proximal de lapin expérimental traité par le *Curcuma longa*, L (G x 100)
- B. Coupe au niveau de l'épididyme proximal de lapin expérimental traité par le *Curcuma longa*, L (G x 400)

Lu : Lumière ; **TC** : Tissu Conjonctif ; **CP** : Cellule principale ; **CB** : Cellule basale ; **St** : stéréocils ; **SPZ** : spermatozoïdes ; **Ep** : Epithélium ; **ST** : Sécrétion tubulaire ; **LB** : Lame basale

Coloration : **Trichrome de Masson**

L'architecture tissulaire est comparable à celle des animaux témoins après traitement des animaux par le Curcuma. La capsule enveloppante, les espaces intertubulaires et l'épithélium épидидymaire reprennent presque leur état normal. La lumière des tubes contient de nombreux spermatozoïdes.



Discussion

Histologie de l'épididyme proximal chez les lapins expérimentaux et traités par la poudre du rhizome de *Cucuma longa* L

L'obésité et le régime riche en graisses provoque des effets indésirables sur les paramètres de la reproduction, ceux-ci sont largement documentés dans la littérature (**Bakos et al., 2011 ; Guerin et al., 2003**).

La présente étude montre des modifications structurelles importantes au sein de l'épididyme proximal des lapins soumis à la diète enrichie en l'huile de palme, ces changements sont révélés par un épaississement de la paroi épидидymaire. L'augmentation de la hauteur de la paroi épидидymaire pourrait être due à la sécrétion importante de la testostérone, une hormone androgénique. **Mukhallad et al. (2009)**, ont noté que le processus de spermatogenèse et la fonction des organes reproducteurs accessoires dépendent de la forte concentration d'androgènes.

L'épithélium épидидymaire illustre une désorganisation de ses cellules épithéliales, une condensation nucléaire, une disparition des limites cellulaires, et des lésions des membranes plasmiques. Selon **Monir et al. (2017)**, ces modifications dégénératives peuvent résulter de la libération des ROS (espèces réactives de l'oxygène). Les radicaux libres entraînent souvent une distorsion architecturale, des altérations des membranes cellulaires, une désintégration mitochondriale et une pycnose certainement à l'origine de la nécrose (**Anju et al., 2016**). Également, la désorganisation cellulaire serait provoquée possiblement par l'infiltration excessive des fibres de collagène et par les cellules fibroblastiques et pro-inflammatoires.

La capsule qui entoure les tubes épидидymaires devient très épaisse, elle est constituée de fibres de collagènes très condensées, de fibroblastes et de capillaires sanguins gorgés du sang, cela pourrait rétrécir les espaces intertubulaires.

Au niveau de l'espace intertubulaire, s'observe une infiltration très importante par les fibres de collagène contribuant à l'installation d'une fibrose. Conjointement à tous ces changements, un remodelage de la matrice extracellulaire et une fibrose cicatricielle s'effectuent entre les tubes de l'épididyme proximal de nos lapins expérimentaux. Pareillement, **Mokrani et al. (2012)**, ont observé une fibrose au sein de la médullosurrénale des lapins obèses. Également, **Birem et al. (2017)**, ont observé une fibrose au sein de la médulla des rats Wistar soumis à la diète enrichie en l'huile de palme. **Ueha et al. (2012)**, expliquent qu'une inflammation chronique est souvent associée à une importante fibrose pouvant modifier le fonctionnement tissulaire. **Espinosa et Chillet (2010)**, pensent aussi qu'une insuffisance vasculaire engendre un manque d'apport de matières premières pour un éventuel remodelage

de tissu via les TGF β . Les zones nécrotiques au sein de cette zone sont souvent comblées par une accumulation des protéoglycanes et de protéines fibreuses collagéniques d'après **Espinosa et Chillet (2010)**. Les cellules de l'épithélium pseudostratifié apparaissent serrées et rendent l'épithélium pluristratifié, cela peut être expliqué par l'hyperplasie cellulaire qui augmente l'épaisseur de cet épithélium.

Les tubules épидидymaires apparaissent dépourvus de spermatozoïdes, chez nos lapins soumis à la diète enrichie en l'huile de palme. D'après, **Schinckel et al. (1983)** et **Chemes (2001)**, des variables microscopiques telles que l'apparition des spermatozoïdes dans les tubes épидидymaires, le diamètre du tube épидидymaire, la nature de son épithélium ou la taille de ses cellules sont utilisées comme indicateurs de la maturité sexuelle. Ces paramètres sont modérément en accord avec les variables macroscopiques, donnant des informations supplémentaires sur la maturation fonctionnelle de l'épididyme.

Les causes de l'infertilité sont largement diverses, comprenant des infections telles que la tuberculose génitale, ainsi que l'inflammation, les désordres hormonaux, la faible quantité des spermatozoïdes, la stérilité, des facteurs congénitaux, médicaments, traumatismes et troubles endocriniens.

Le traitement par la poudre du rhizome de *Curcuma longa* L améliore clairement la structure des tubes épидидymaires, révélé par des espaces intertubulaires identiques à ceux des lapins témoins, la capsule redevient mince, les cellules de l'épithélium reprennent leur taille et formes normales, et les lumières des tubes épидидymaires illustrent un nombre important de spermatozoïdes. Toutes ces améliorations structurelles sont dues aux effets antioxydants de la curcumine, principe actif majeur, présent dans la poudre du *Curcuma longa* L. Également, les composés possédant une activité antioxydante sont capables de piéger les radicaux libres, prévenant les dommages des organes (**Rafieian-Kopaie et Baradaran, 2013 ; Rouhi-Boroujeni et al., 2017**). De nombreuses plantes renferment des composés flavonoïdes révélant une activité antioxydante (**Sharafati-Chaleshtori et al., 2016 ; Rouhi-Boroujeni et al., 2017**).

Nos résultats concordent avec ceux de **Mukhallad et al. (2009)**, sur l'effet de la graine de *Nigella sativa* sur la spermatogenèse et la fertilité de rats mâles albinos, qui, selon un extrait aqueux de *Nigella sativa* à 300 mg/kg administré par voie orale, augmentait significativement la hauteur des cellules épithéliales et la sécrétion agissant au niveau de la tête et de la queue de l'épididyme chez les groupes traités par rapport aux groupes témoins. Ils ont découvert que le processus de spermatogenèse et la fonction des organes reproducteurs accessoires dépendent de la forte concentration d'androgènes.

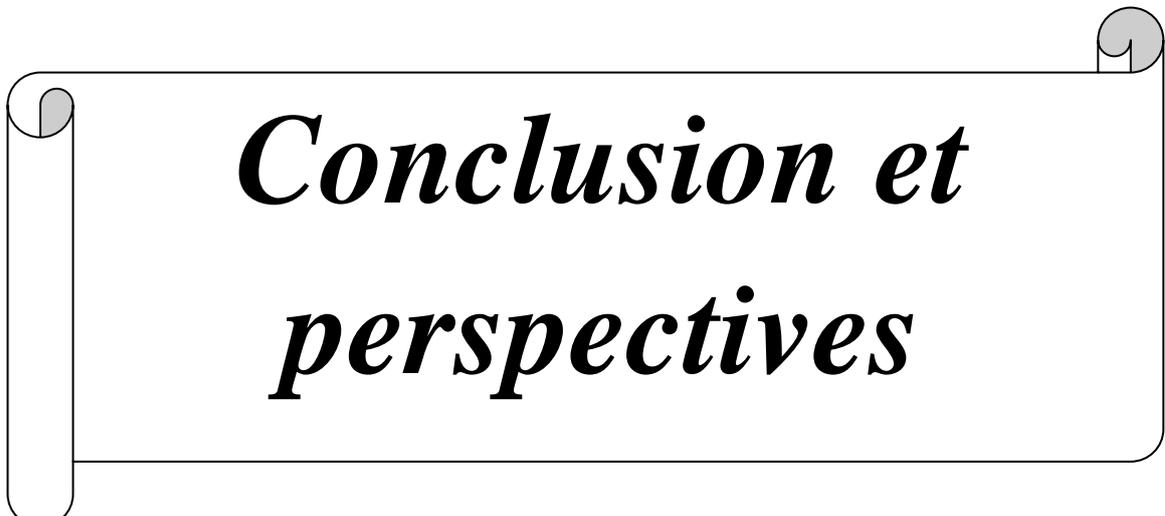
Par contre, le traitement avec le *Curcuma longa* L a considérablement amélioré l'état normal, la morphologie, le nombre, la motilité et la viabilité des spermatozoïdes.

Salama et Al-Bahr (2007), ont noté que l'utilisation de la curcumine a réduit les effets du cadmium sur la reproduction chez des rats mâles, en améliorant les dommages liés aux spermatozoïdes, en augmentant les taux de testostérone et en stimulant la défense antioxydante.

L'étude menée par **Nonn et al. (2007)** a constaté une structure normale des épидидymes, chez les animaux traités par le *Curcuma longa* L, celle-ci est similaire au groupe témoin ; tandis que le groupe consommant l'huile de palme présente des changements structuraux au niveau de leur épидидymes, quelques tubes dévoilent une hypoplasie et une oligospermie et de nombreux tubules révèlent une restauration de la distribution cellulaire normale et une augmentation de la spermatogenèse. Le rôle du curcuma dans la protection de l'épидидyme peut être dû à ses propriétés anti-apoptotiques.

Une augmentation significative de la motilité des spermatozoïdes a été observée dans l'épидидyme distal, chez le groupe traité. Cela est peut-être dû aux effets de l'activité de *Nigella sativa* sur les enzymes de phosphorylation oxydative (**Azzarito et al., 1996**) et c'est ce que nous avons observé chez des lapins traités au *Curcuma longa* L.

Chez les lapins traités par la poudre du *Curcuma longa* L, la capsule enveloppant l'épидидyme proximal redevient mince, le tissu conjonctif intertubulaire apparaît lâche et identique à celui des lapins témoins, Ainsi, la curcumine, est un principe actif naturel dérivé du rhizome du *Curcuma longa* L, révélant d'autres effets bénéfiques comme antioxydants, antimutatifs, anti-inflammatoires et anti-tumorigènes (**Li et al., 2007 ; Shen et al., 2007**).



***Conclusion et
perspectives***

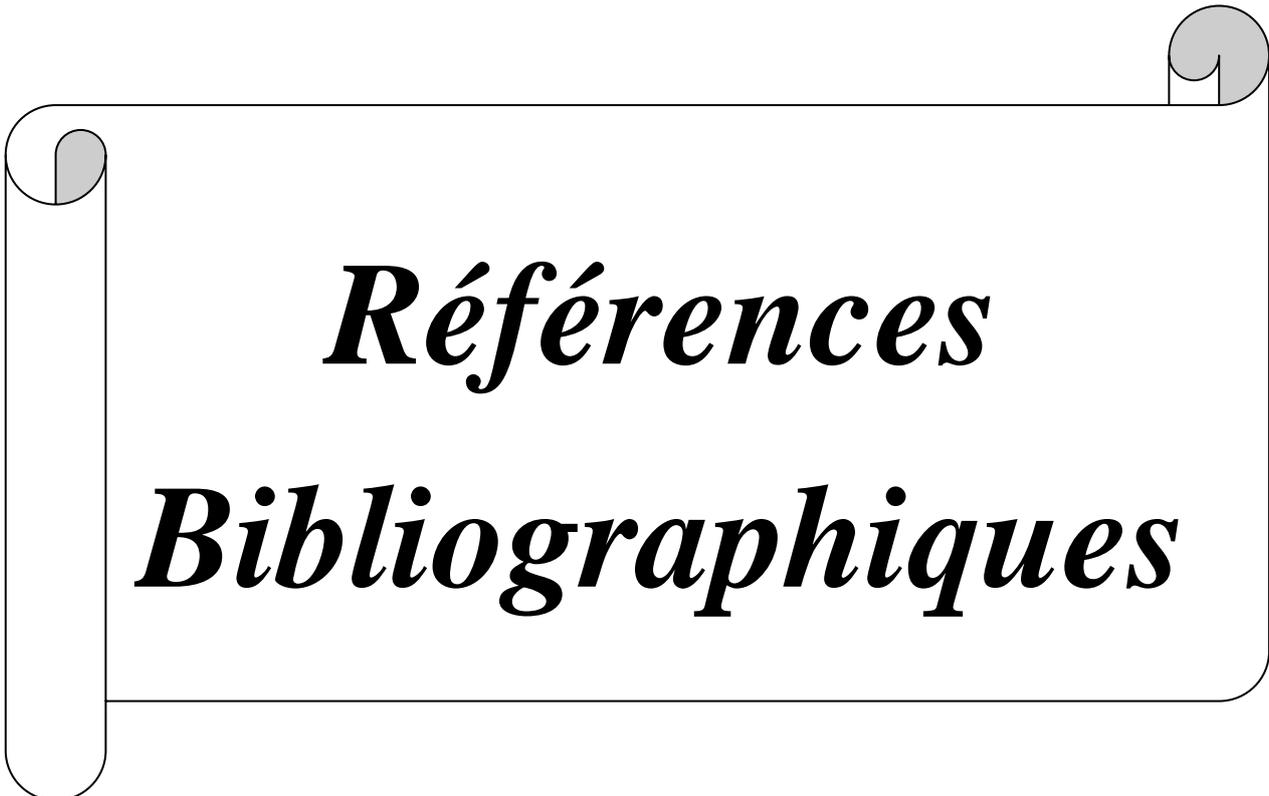
Conclusion

Au terme de ce travail portant sur la mise en évidence des répercussions d'un régime hyper-lipidique sur la morphologie de l'épididyme du lapin appartenant à la souche synthétique ; il en ressort que sur le plan histologique, l'huile de palme additionnée aux repas des animaux, induit plusieurs altérations structurales. Ainsi, l'épithélium épидидymaire est désorganisé avec perte de l'adhésion entre ses cellules. Quelques niveaux de cet épithélium sont passés d'un état pseudostratifié à un état pluristratifié. La membrane basale apparaît rétractée et plissée, et le tissu conjonctif intertubulaire apparaît très épais indiquant un état de fibrose. Quant aux lumières des canaux, elles sont soit dépourvues ou contiennent très peu de spermatozoïdes. De ce fait, il semblerait que l'huile essentielle de palme aux doses utilisées aurait un effet délétère sur le fonctionnement de l'épididyme.

Le traitement des animaux par la poudre de *Curcuma longa* L, ayant la curcumine, comme principe actif, semble représenter une stratégie thérapeutique. En effet, cette dernière améliore nettement les altérations et les dysfonctionnements provoqué par le régime hyper-lipidique.

Afin de mieux comprendre l'effet bénéfique et l'action précise du Curcuma, nous suggérons de réaliser dans l'avenir :

- Une étude pendant un laps de temps plus long ;
- Augmenter la quantité de l'huile de palme, ainsi que la dose de la poudre du rhizome de *Curcuma longa* L ;
- Effectuer cette expérimentation sur d'autres souches de lapins ;
- Augmenter l'effectif des lapins ;
- Renforcer cette étude par une étude histo-morphométrique afin d'étudier les effets de l'huile de palme sur des paramètres microscopiques (le diamètre des tubes épидидymaires, la hauteur des cellules épithéliales ...) ;
- Suivre cette expérimentation par l'évaluation de l'état des cellules germinales, sur la qualité nucléaire et les mouvements des spermatozoïdes ;
- Réaliser d'autres techniques d'étude, tel que l'immunohistochimie en ciblant certains marqueurs moléculaires, tel que les récepteurs des androgènes, la P450 aromatasase.....

A decorative scroll graphic with a black outline and grey shading on the rolled-up ends, framing the text.

Références
Bibliographiques

1. **Aboua, Y.G., Brooks, N., Mahfouz, R.Z., Agarwal, A., Du Plessis, S.S.** (2011). A red palm oil diet can reduce the effects of oxidative stress on rat spermatozoa. *Andrologia*: 1-9.
2. **Abou-Haila, A., Fain-Maurel, M.A.** (1984). Regional differences of the proximal part of mouse epididymis: morphological and histochemical characterization. *The Anatomical Record*, 209: 197-208.
3. **Adam, C.** (2017). Régulation de l'expression des connexines dans la différenciation de l'épithélium épидидymaire. Thèse pour le grade de Philosophiae Doctor (PhD) en biologie. Institut national de la recherche scientifique, Institut Armand Frappier, Université du Québec. 223P.
4. **Adamali, H.I., Somani, I.H., Huang, J.Q., Gravel, R.A., Trasler, J.M., Hermo, L.** (1999). Characterization and development of the regional- and cellular-specific abnormalities in the epididymis of mice with beta-hexosaminidase a deficiency. *Journal of Andrology*, 20 : 803-824.
5. **Aggarwal, B.B., Sundaram, C., Malani, N., Ichikawa, H.** (2007). Curcumin : The Indian Solid Gold. In : **Aggarwal, B.B., Surh, Y.J., Shishodia, S.** (eds) *The Molecular Targets and Therapeutic Uses of Curcumin in Health and Disease. Advances in experimental medicine and biology*, 595 : 1-75. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-387-46401-5_1.
6. **Aitken, R.J., Nixon, B., Lin, M., Koppers, A.J., Lee, Y.H., Baker, M.A.** (2007). Proteomic changes in mammalian spermatozoa during epididymal maturation. *Asian Journal of Andrology*, 9: 554-564.
7. **Aitken, R.J., Ryan, A.L., Baker, M.A., McLaughlin, E.A.** (2004). Redox activity associated with the maturation and capacitation of mammalian spermatozoa. *Free Radical Biology and Medicine*, 36: 994-1010.
8. **Anand, P., Kunnumakkara, A.B., Newman, R.A., Aggarwal, B.B.** (2007). Bioavailability of curcumin: problems and promises. *Molecular pharmaceutics*, 4(6) : 807-18. DOI : 10.1021/mp700113r.
9. **Anju, T.R., Akhilraj, P.R., Paulose, C.S.** (2016). Oxidative stress and cell death in the cerebral cortex as a long-term consequence of neonatal hypoglycemia. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 94 : 1015-1022.
10. **Azzarito, C., Boiardi, L., Vergoni, W., Zini, M., Portioli I.** (1996). Testicular Function in Hypercholesterolemic Male Patients During Prolonged Simvastatin Treatment. *Hormone and Metabolic Research*, 28(4) : 193-198. DOI: 10.1055/s-2007-979159.
11. **Baker, M.A., Hetherington, L., Ecroyd, H., Roman, S.D., Aitken, R.J.** (2004). Analysis of the mechanism by which calcium negatively regulates the tyrosine Phosphorylation cascade associated with sperm capacitation. *Journal of Cell Science*, 117: 211-222.

12. **Bakos, H.W., Mitchell, M., Setchell, B.P., Lane, M.** (2011). The effect of paternal diet-induced obesity on sperm function and fertilization in a mouse model. *International Journal of Andrology*, 34 : 402-10.
13. **Barone, R.** (1978). Anatomie comparée des Mammifères domestiques : Tome 3 : Splanchnologie 2 : Appareil uro-génital, fœtus et ses annexes, péritoine et topographie abdominale. Paris : Vigot. 896P.
14. **Barone, R.** (2001). Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 4 : splanchnologie II. Edition Vigot Frères. P : 241-516.
15. **Bayorh, M.A., Abukhalaf, I.K., Ganafa, A.A.** (2005). Effect of palm oil on blood pressure, endothelial function and oxidative stress. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 14 (4) : 325-339.
16. **Bedford, J.M.** (1979). Evolution of the sperme maturation and sperm storage functions of the epididymis. *In* : **Fawcett, D.W, Bedford J.M.** (eds). The spermatozoon. Urban & Schwarzenberg, Baltimore Munich, pp : 7-21.
17. **Birem, Z., Tabani, K., Lahfa, F., Djaziri, R., Hadj bekkouche, F., Koceir, E.A., Omari, N.** (2017). Effects of colocynth alkaloids and glycosides on Wistar rats fed high-fat diet. A biochemical and morphological study. *Folia Histochemica Cytobiologica*, 55(2): 74-85. DOI : 10.5603/FHC.a2017.0011.
18. **Blois, M.S.** (1958). Antioxidant Determination by the Use of a Stable Free Radical. *Nature*, 181(4617): 1199-1200.
19. **Boullard, B.** (2001). Dictionnaire des plantes médicinales du monde. Paris: Estem. 636P.
20. **Chainani-Wu, N.** (2003). Safety and anti-inflammatory activity of curcumin: A Component of Tumeric (*Curcuma longa*). *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 9(1). <https://doi.org/10.1089/107555303321223035>.
21. **Cheikh Ali, Z.** (2012). Études chimiques et biologiques d'Aframomum sceptrum (Zingiberaceae) et de la curcumine. Thèse de doctorat. Faculté de pharmacie de Châtenay-Malabry, université Paris Sud - Paris XI. 161P.
22. **Chemes, H.E.** (2001). Topical Review. Infancy is not a quiescent period of testicular development. *International Journal of Andrology*, 24 : 2-7.
23. **Clermont, Y., Lalli, M., Bencsath-Makkai, Z.** Atlas numérique d'Histologie en Microscopie Optique. Creative Commons Attribution-Noncommercial-No Derivative Works 2.5 Canada Licence. (Http://audilab.bmed.mcgill.ca/HA/html/mrs_11_F.html). Congress - June 10-13, 2008 - Verona - Italy, 85- 89.
24. **Cooper, T.G.** (1998). Interactions between epididymal secretions and spermatozoa. *Journal Reproduction and Fertility*, 53: 119-136.

25. **Da Silva, N., Cortez-Retamozo, V., Reinecker, H.C., Wildgruber M., Hill, E., Brown, D., Swirski, F.K., Pittet, M.J., et Breton, S.** (2011). A dense Network of dendritic cells Populates the murine epididymis. *Reproduction*, 141(5): 653-663.
26. **Dacheux, J.L., Belleannée, C., Jones, R., Labas, V., Belghazi, M., Guyonnet, B., Druart, X., Gatti, J.L., et Dacheux F.** (2009). Mammalian epididymal proteome. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 306(1-2): 45-50.
27. **Dacheux J.L., Gatti J.L. et Dacheux F.** (2003). Contribution of epididymal secretory proteins for spermatozoa maturation. *Microscopy Research and Technique*, 61(1) :7-17. DOI : 10.1002/jemt.10312.
28. **Da Silva, N., Cortez-Retamozo, V., Reinecker, H.C., Wildgruber, M., Hill, E., Brown, D., Swirsk, F.K., Pittet, M.J., and S., Breton.** (2011). A dense network of dendritic cells populates the murine epididymis. *Reproduction*, 141(5) : 653-663. DOI : 10.1530/REP-10-0493.
29. **Daquan, E., Sani, H.A., Abdullah, A., Kasim, Z.M.** (2011). Effect of different vegetable oils (red palmolein, palm olein, corn oil and coconut oil) on lipid profile in rat. *Food and Nutrition Sciences*, 2: 253-258.
30. **Delaveau, P.** (1987). Les épices. Histoire, description et usage des différents épices, aromates et condiments. Paris : Albin Michel. P :130-136.
31. **Denke, M.A., Grundy, S.M.M.** (1992). Comparison of effects of lauric and palmitic acid on plasma lipids and lipoproteins. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 56(5) : 895-8.
32. **Dohare, P., Garg, U., Et Al. (2008).** Neuroprotective efficacy and therapeutic window of curcuma oil: in rat embolic stroke model. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 8: 55.
33. **Edem, D.O.** (2002). Palm oil: biochemical, physiological, nutritional, hematological and toxicological aspects: A review: *Plant foods for Human Nutrition*, 57: 317-41.
34. **Elfgen, V., Mietens, A., Mewe, M., Hau, T., and Middendorff, R.** (2018). Contractility of the epididymal duct : function, regulation and potential drug effects. *Reproduction*, 156(4) : R125-R141.
35. **Espinosa, E., Chillet, P.** (2010). Immunologie. Edition Ellipses. 510P.
36. **Faure, C., Dupont, C., Baraibar, M.A., Ladouce, R., Cedrin-Durnerin, I., Wolf, J.P., Lévy, R.** (2014). In subfertile couple, abdominal fat loss in men is associated with improvement of sperm quality and pregnancy : a case-series. *PLoS One*, 9(2) : e86300.
37. **Gabe, M.** (1968). Techniques histologiques. Edition Masson, Paris. 1113P.
38. **Gacem, M., Bolet, G.** (2005). Création d'une lignée issue du croisement entre une population locale et une souche européenne pour améliorer la production cunicole en Algérie. 11^{ème} Journées de la Recherche Cunicole : 15-18. 29-30 novembre 2005, Paris.

39. **Gacem, M., Zerrouki, N., Lebas, F., Bolet, G.** (2008). Strategy for developing rabbit meat production in Algeria: creation and selection of a synthetic strain. 9th World Rabbit.
40. **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. Canada. 218P.
41. **Godswill, N.N., Constant, L-Li-N.B., Martin, B.J., Kingsley, T-M., Jean Albert, D-M., Thierry, K.S., Sastile, M.N., Hermine, N-B., Emmanuel, Y.** (2016). Effects of dietary fatty acids on human health: Focus on palm oil from *Elaeis guineensis* Jacq and useful recommendations. *Food and Public Health*, 6(3) : 75-85.
42. **Goel, A., Kunnumakkara, A.B., and Aggarwal. B.B.** (2008). Curcumin as "Curecumin": from kitchen to clinic. *Biochemical pharmacology*, 75(4): 787-809.
43. **Gopinath, H., and Karthikeyan, K.** (2018). Turmeric: A condiment, cosmetic and cure. *Indian Journal of Dermatology, Venereology, and Leprology*, 84(1): 16-21.
44. **Grasse, P.P.** (1955). Traité de Zoologie, anatomie, systématique, biologie : mammifères. Les ordres : anatomie, éthologie, systématique. Tome 17 fascicule 2. Paris : Masson et Cie. 1170 P.
45. **Guerin, M., Huntley, M.E., Olaizola, M.** (2003). Haematococcus as taxanthin : applications for human health and nutrition. *Trends in Biotechnology*, 21 : 210-6.
46. **Guldner, S.** (1986). Les Zingiberacées ; une famille à épices. 2000. Biochimie Végétale. 2^{ème} édition. Dunond. 188P.
47. **Hermo, L., Robaire, B.** (2002). Epididymal cell types and their functions; Dans: The Epididymis: From Molecules to Clinical Practice. Springer, Boston, MA. P : 81-102. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0679-9_5.
48. **Hermo, L., Adamali, H.I., Andonian, S.** (2000). Immunolocalization of CA II and H⁺ V-ATPase in epithelial cells of the mouse and rat epididymis. *Journal of Andrology*, 21(3): 376- 391.
49. **Hermo, L., Oko, R., Robaire, B.** (1992). Epithelial cells of the epididymis show regional variations with respect to the secretion or endocytosis of immobilin as revealed by light and electron microscope immune cytochemistry. *The Anatomical record*, 232 : 202-220.
50. **Hermo, L., Wright, J., Oko, R., Morales, C.R.** (1991). Role of epithelial cells of the male excurrent duct system of the rat in the endocytosis or secretion of sulfated glycoprotein-2(clusterin). *Biology of reproduction*, 44: 1113-1131.
51. **Hinton, B.T., Palladino, M.A.** (1995). Epididymal epithelium: its contribution to the formation of a luminal fluid microenvironment. *Microscopy Research and Technique*, 30: 67-81.

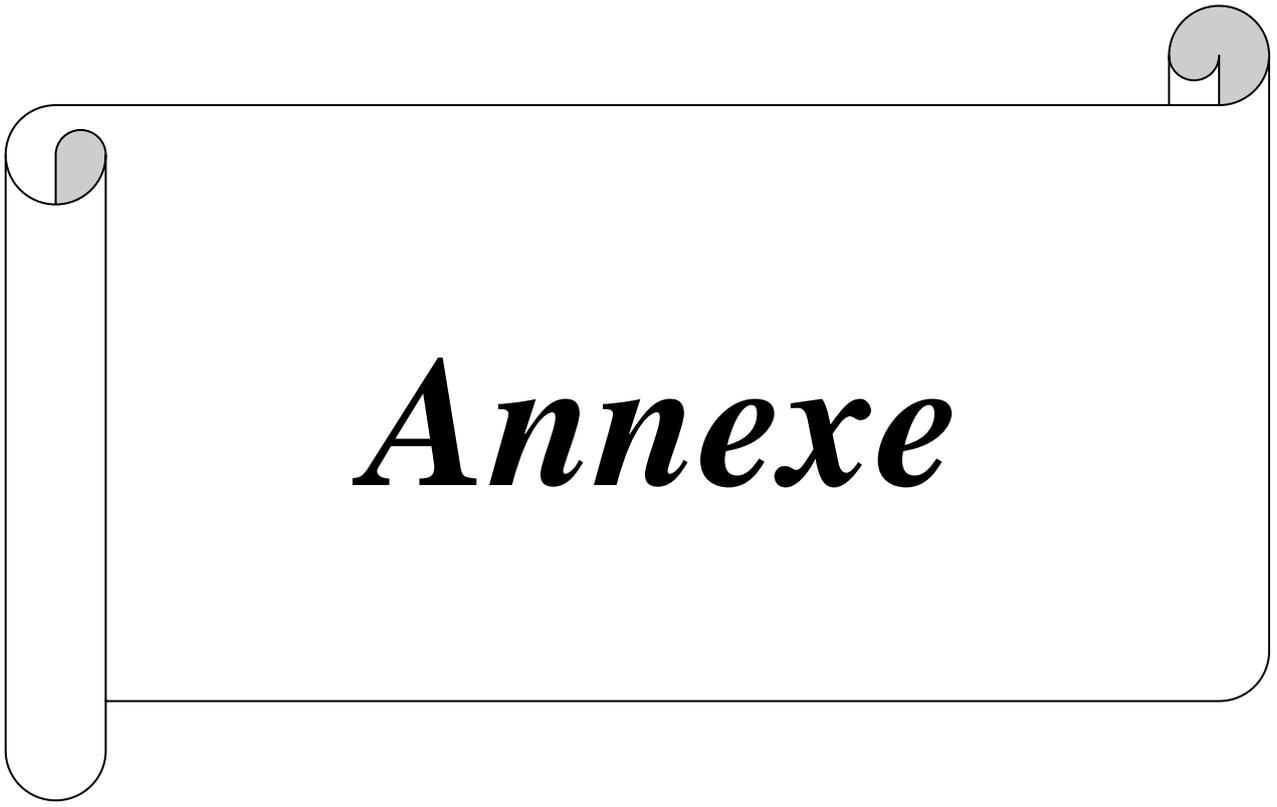
- 52. Ho, H.C., Suarez, S.S.** (2001). Hyperactivation of mammalian spermatozoa: function and regulation. *Reproduction*, 722 : 519-526.
- 53. Hombourger, Ch., (2010).** Le curcuma, de l'épice au médicament. Thèse pour l'obtention du diplôme d'état de docteur en pharmacie. Faculté de Pharmacie, université HENRI POINCAIRE, Nancy 1, France. 222P.
- 54. Idris, N.A., Samsuddin, S.** (1993). Developments in food uses of palm oil: a brief review. *Palmas*, 14(3): 66-69.
- 55. Ishita, C., Kaushik, B., Uday, B., Banerjee, R.K.** (2004). Tumeric and curcumin: Biological actions and medicinal applications. *Current Science*, 87(1): 44-53.
- 56. Jacquemard, J.C.** (2012). Le palmier à huile ; Ed Quae, Collection agriculture tropicale en poche. 240P.
- 57. Jansen, P.C.M., Grubben, G.I.H., Cardon, D.** (2005). Ressources végétales de l'Afrique Tropicale 3, Colorants et Tanins, Wageningen, Pays-Bas. PROTA. 238 P.
- 58. Jones, R.C.** (1999). To store or mature spermatozoa. The primary role of the epididymis. *International Journal of Andrology*, 22 : 57-67.
- 59. Li, M., Zhang, Z., Hill, DL., Wang, H., Zhang, R.** (2007). Curcumin, a dietary component, has anticancer, chemosensitization and radiosensitization effects by down-regulating the MDM2 oncogene through the PI3K/mTOR/ETS2 pathway. *Cancer Research*, 67 : 1988-1996.
- 60. Liu, H.W., Lin, Y.C., Chao, C.F., Change, S.Y. et Sun, Gh.** (2000). GP-83 and GP- 39, two glycoproteins secreted by human epididymis are conjugated to spermatozoa during maturation. *Molculaire human reproduction*, 6: 422-428.
- 61. Martinez-Garcia, F., Regadera, J., Cobo, P., Palacios, J., Paniagua, R., Nistal, M.** (1995). The apical mitochondria-rich cells of the mammalian epididymis. *Andrologia*, 27(4):195-206.
- 62. Martoja, M., Martoja, R.** (1967). Initiation aux techniques d'histologie animale. Edition Masson et Cie, Paris. 344P.
- 63. Mokrani, Z., Soltani, Y., Hadj Bekkouche, F.** (2012). Visceral obesity induced by a high-calorie diet leads to dyslipidemia, insulin resistance and impairs adrenal function in male rabbits. *World Rabbit Science Association, Proceedings 10 th World Rabbit Congress- September 3 - 6, 2012-Sharm El- Sheikh-Egypt*, 1213-1218.
- 64. Monir, A., Hegazy, A., Mandour, D.** (2017). Effect of Induced Hypoglycemia on Postnatal Development of The Adrenal Gland in Albino Rats. *British Journal of Science*, 16(1).
- 65. Muharis SP., Top AG., Murugan D., Mustafa MR.** (2010). Palm oil tocotrienol fractions restore endothelium dependent relaxation in aortic rings of streptozotocin-induced diabetic and spontaneously hypertensive rats. *Nutrition Research*, 30(3) : 209-216.

66. Mukai, C., Okuno, M. (2004). Glycolysis plays a major role for adenosine triphosphate supplementation in mouse sperm flagellar movement. *Biology of Reproduction*, 71: 540-547.
67. Mukhallad, A.M., Mohamad, M.J.M., and Dradka, H. (2009). Effects of Black Seeds (*Nigella Sativa*) on Spermatogenesis and Fertility of Male Albino Rats. *Research Journal of Medicine and Medical Sciences*, 4(2) : 386-390.
68. Nath, D., Majumber, G.C. (1999). Maturation-dependent modification of the protein phosphorylation profile of isolated goat sperm plasma membrane. *Journal of reproduction and fertilization*, 115(1): 29-37.
69. Nonn, L., Duong, D., Peehl, D.M. (2007). Chemopreventive anti-inflammatory activities of curcumin and other phytochemicals mediated by MAP kinase phosphatase-5 in prostate cells. *Carcinogenesis*, 28(6): 1188-1196,
70. Oguntibeju, O.O., Esterhuysen, A.J., Truter, E.J. (2010). Possible role of red palm oil supplementation in reducing oxidative stress in HIV/AIDS and TB patients. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(3): 188-196.
71. Ogbuewu, I.P., Okehi, M.C., Jiwuba, P.C. (2017). Effect of phytobiotic (turmeric) supplementation on semen and blood characteristics of rabbits. *Comparative Clinical Pathology*, 26 : 817-822.
72. Olson, G.E., Hinton, B.T. (1985). Regional differences in luminal fluid polypeptides of the rat testis and epididymis revealed by two-dimensional gel electrophoresis. *Journal of Andrology*, 6(1) : 20-34.
73. Penso, G. (1986). Les plantes médicinales dans l'art et l'histoire, Paris : Roger Du Costa ed. 306P.
74. Perry, M.C. (2008). Evaluation du curcuma comme agent anticancéreux dans le traitement des tumeurs cérébrales. Mémoire de la maîtrise en chimie. Université Du Québec, Montréal, Canada. 97P.
75. Pollanen, P., Cooper, T.G. (1994). Immunology of the testicular excurrent ducts. *Journal of reproductive immunology*, 26(3) :167-216.
76. Rafieian-Kopaie, M., Baradaran, A., Rafieian, M. (2013). Plants antioxidants : From laboratory to clinic. *Journal of Nephropathology*, 2(2) : 152-153.
77. Ravindran, P.N., Nirmal Babu, K., Sivaraman, K. (2007). Turmeric: The golden spice of life. Turmeric: The Genus Curcuma. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 2007: 1-14.
78. Rivera-Espinoza, Y., Mariel, P. (2008). Pharmacological actions of curcumin in liver diseases or damage. *Liver International*, 29(10) : 1457-1466.
79. Robaire, B., Hermo, L. (1988). Chapter 23 : Efferent ducts, epididymis and vas deferens : structure, functions and their regulation. *The Physiology of Reproduction*, Knobil E & Neill J (Édit.) Raven Press, New York. P : 999-1080.

- 80. Robaire, B., Viger, R.S.** (1995). Regulation of epididymal epithelial cell functions. *Biology Of Reproduction*, 52 ; 226-236.
- 81. Robaire B., Hinto, B.T., Orgebin-Cris, M.C.** (2006). The epididymis. In: Neill J.D. *Physiology of Reproduction*. Third. Edition. New York: Elsevier: 1071-1148.
- 82. Robaire, B., Hinton, B.T.** (2002). The Epididymis: From Molecules to Clinical Practice. A Comprehensive Survey of the Efferent Ducts, the Epididymis and the Vas Deferens. Springer New York, NY. Springer Book Archive. DOI : <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0679-9>.
- 83. Rouhi-Boroujeni, H., Heidarian, E., Rouhi-Boroujeni, H., Deris, F., Rafieian-Kopaei, M.** (2017). Medicinal Plants with multiple effects on cardiovascular diseases : a systematic review. *Current Pharmaceutical Design*, 23(7) : 999-1015.
- 84. Saez F., Ouvrier A. Drevet J.R.** (2011). Epididymis cholesterol homeostasis and sperm fertilizing ability. *Asian Journal of Andrology*, 13(1) : 11-17.
- 85. Salama, A.f., El Bahr, S.M.** (2007). Effect of curcumin on cadmium-induced oxidative testicular damage in rats. *Journal of the Medical Research Institute*, 28: 167-173.
- 86. Seiler, P., Cooper, T.G., Nieschlag, E.** (2000). Sperm number and condition affect the number of basal cells and their expression of macrophage antigen in the murine. *International Journal of Andrology*, 23(2) : 65-76.
- 87. Shahid, N.** (2016). Valeurs thérapeutiques du curcuma. Laboratoire Phytomisan France. Sources vitales 98. Laboratoire Phytomisan, France. www.phytomisan.com.
- 88. Sharafati-Chaleshtori, R., Shirzad, H., Rafieian-Kopaei, M., Soltani, A.** (2016). Melatonin and human mitochondrial diseases. *Journal of Research in Medicinal Sciences*, 22 : 2. DOI : 10.4103/1735-1995.199092.
- 89. Sharma, R.A., Gescher, A.G., Steward, W.P.** (2005). Curcumin: The story so far. *European journal of cancer*, 41(13): 1955-68. DOI : 10.1016/j.ejca.2005.05.009.
- 90. Sharpe, R.M., Irvine, D.S.** (2004). How strong is the evidence of a link between environmental chemicals and adverse effects on human reproductive health ? *BMJ*, 328 : 447-51.
- 91. Shen SQ., Zhang, Y., Xiang, J.J., Xiong, C.L.** (2007). Protective effect of curcumin against liver warm ischemia/reperfusion injury in rat model is associated with regulation of heat shock protein and antioxidant enzymes. *World Journal of Gastroenterology*, 13 : 1953-1961.
- 92. Sickangueng Mbouga, F.C.** (2011). Contribution à l'étude anatomique de l'appareil urogénitale mâle du grand aulacodes (*Thryonomys swinderianus*, TEMMINCK, 1827). Thèse de doctorat vétérinaire, Université Cheikh Anta Diop De Dakar, Ecole inter-état des sciences et médecine vétérinaires (E.I.S.M.V). 118P.

93. Schinckel, A., Johnson, R. K., Pumfrey, R. A., Zimmerman, D.R. (1983). Testicular Growth In Boars Of Different Genetic Lines And Its Relationship To Reproductive Performance. *Journal Of Animal Science*, 56(5) : 1065-1076.
94. Soranzo, L., Dadoune, J.P., Fain-Maurel, M.A. (1982). Segmentation of the epididymal duct in mouse: an ultrastructural study. *Reproduction Nutrition Development*, 22(6) : 999-1012.
95. Sullivan, R., Frenette, G., Legare, C. (2005). Sécrétions apocrines et glandes annexes. *Andrologie*, 15(1) : 35-40.
96. Tulsiani, D.R., Skudlarek, M.D., Holland, M.K., Orgebin-Crist, M.C. (1993). Glycosilation of rat sperm plasma membrane during epididymal maturation. *Biology of Reproduction*, 48(2) : 417-28. DOI : 10.1095/biolreprod48.2.417.
97. Ueha, S., Shand, F.H.W., Matsushima, K. (2012). Cellular and molecular mechanisms of chronic inflammation-associated organ fibrosis. *Frontiers in Immunology*, 3 :71. DOI : 10.3389/fimmu.2012.00071.
98. Van Delden, C., Iglewski, B.H. (1998). Cell-to-cell signal in and *Pseudomonas aeruginosa* infections. *Emerging Infectious Diseases*, 4(4): 551-560.
99. 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. *Journal of Andrology*, 14(1) : 23-44.
100. Vernet, P., Rigaudiere, N., Ghyselinck, N., Dufaure, J.P., Drevet, J.R. (1996). In vitro expression of a mouse tissue specific glutathione-peroxidase-like protein lacking the selenocysteine can protect stably transfected mammalian cells against oxidative damage. *Biochemistry and Cell Biology*, 74: 125-131.
101. Vernet, P., Rock, E., Mazur, A., Rayssiguier, Y., Dufaure, J.P., Drevet, J.R. (1999). Selenium in dependent epididymis-restricted glutathione peroxidase 5 protein (GPX5) can back up failing Se-dependent GPXs in mice subjected to selenium deficiency. *Molecular Reproduction and Development*. 54(4): 362-370.
102. Wang, P., Duan, Y.G. (2016). The role of dendritic cells in male reproductive tract. *American Journal of Reproductive Immunology*, 76(3): 186-192.
103. Yang, F., Lim G.P., Begum, A.N., Ubeda, O.J., Mychica R. Simmons, M.R., Ambegaokar, S.S., Chen, P., Kaye, R., Glabe, C.G., Frautschy, S.A., Cole, G.M. (2005). Curcumin Inhibits Formation of Amyloid β Oligomers and Fibrils, Binds Plaques, and Reduces Amyloid in Vivo. *The journal of biological chemistry*, 280(7) : 5892-5901.
104. Yasni, S., Imaizumi, K., Nakamura, M., Aimoto, J., Sugano, M. (1993). Effects of *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. and curcuminoids on the level of serum and liver lipids, serum apolipoprotein A-I and lipogenic enzymes in rats. *Food and Chemical Toxicology*, 31(3) : 213-8.

- 105. Zerrouki, N., BOLET, G., berchiche, M., Lebas, F.** (2005). Evaluation of breeding performance of a local algerian rabbit population raised inthe tizi-ouzou area (Kabylia). *Word Rabbit Science*,13(1): 29-37.



Annexe

Annexe 1 : Fiche technique d'histologie

Fiche technique N° 1

Trichrome de Masson (**Martoja et Martoja, 1967**)

Mode opératoire

Les coupes déparaffinées hydratées passent successivement dans :

L'hématoxyline de Groat5 minutes.

Lavage à l'eau courante5 minutes.

Rouge de Mallory.....5 minutes.

Eau acétifiée à 1% Rinçage 3 minutes.

Acide phosphomolybdique5 minutes.

Eau acétifiée à 1% Rinçage 3 minutes.

Vert lumière 2 minutes.

Eau acétifiée à 1%Rinçage 3 minutes.

Ensuite les coupes sont déshydratées et montées à l'eukit.

Résultats

Les noyaux sont colorés en brun noir.

Les cytoplasmes en rouge vif ou bleu.

Fiche technique N° 2

Eau gélatinée de Masson à 0,4 % : liquide d'étalement (**Martoja et Martoja, 1967**) :

- Gélatine en poudre..... 0,4 g.

- Eau distillée.....100 ml.

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

N.B :

La solution conservée à 4°C doit être renouvelée chaque semaine. L'addition de grain du thymol prolonge la durée de conservation.

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.

Vert lumière (Martoja et Martoja, 1967)

Vert lumière.....1g

Eau distillée.....100 ml

Acide acétique.....0,2 ml

Conservation illimitée

Résumé

Cette présente étude a pour objectifs de mettre en évidence les effets protecteurs de *Curcuma longa* L sur les l'histophysiologie de l'épididyme, suite à un traitement hyper-lipidique. Notre travail a été réalisé sur un effectif de 24 lapins mâles âgés de 2 à 3 mois. Ces animaux sont répartis en 2 lots, dont un lot témoin de 6 lapins, ayant reçu de la nourriture standard, et 2 lots expérimentaux de 9 animaux chacun, tous soumis à un régime riche en matières grasses, avec des granulés complétés par l'huile de palme pendant 7 semaines. 9 de ces animaux expérimentaux sont ensuite traités par du *Curcuma longa* L pendant 3 semaines. Les lapins sont suivis par des pesées pondérales tout le long du traitement. A la fin de l'expérimentation, ils sont sacrifiés par décapitation, les testicules et les épидидymes ont été prélevés, dégraissés puis pesés, une partie est fixée dans le formol en vue d'une étude structurale. L'examen microscopique a révélé que les épидидymes des lapins traités à l'huile de palme présentaient peu ou pas de spermatozoïdes dans la lumière des tubules par rapport aux animaux témoins. Le traitement par le *Curcuma longa*, L semble restaurer ces altérations. De ces résultats, il ressort que *Curcuma longa* L pourrait exercer un effet positif sur l'épididyme en agissant probablement sur la spermatogenèse et ainsi sur la fertilité des lapins.

Mots clés

Lapin mâle, Huile de palme, *Curcuma longa* L, Epididyme, Histologie.

Summary

This present study aims to highlight the protective effects of *Curcuma longa* L on the histophysiology of the epididymis, following a hyper-lipid treatment. Our work was carried out on a staff of 24 male rabbits aged 2 to 3 months. These animals are divided into 2 batches, including a control batch of 6 rabbits, having received standard food, and 2 experimental batches of 9 animals each, all subjected to a high-fat diet, with granules supplemented with oil palm for 7 weeks. 9 of these experimental animals are then treated with *Curcuma longa* L for 3 weeks. The rabbits are monitored by weight weighing throughout the treatment. At the end of the experiment, they are sacrificed by decapitation, the testicles and the epididymides were removed, degreased then weighed, a part is fixed in formalin for a structural study. Microscopic examination revealed that the epididymides of palm oil-treated rabbits showed little or no spermatozoa in the lumen of the tubules compared to control animals. Treatment with *Curcuma longa*, L seems to restore these alterations. From these results, it appears that *Curcuma longa* L could exert a positive effect on the epididymis by probably acting on spermatogenesis and thus on the fertility of rabbits.

Key words

Male rabbit, Palm oil, *Curcuma longa* L, Epididymis, Histology.

المخلص

تركزت الدراسة على تأثير كركم لونجا ل على البارامترات الميكروسكوبية (الدراسات النسيجية). تضمنت دراستنا 24 أرنبًا تتراوح أعمارهم بين 2 إلى 3 أشهر من الذكور إلى الأرانب الثقيلة. مقسمة إلى دفتين ، منها دفعة واحدة من 6 حيوانات تلقت طعامًا قياسيًا يوميًا ودفتان من 18 حيوانًا مختبريًا ، على نظام غذائي غني بالدهون ، وتقبل الحبيبات ، مع زيت النخيل طوال الأيام. تم وزن الحيوانات وعلاجها بزيت النخيل والكركم مرة واحدة عن طريق المستقيم ، وبعد أسبوع واحد من الإغطاء تم التضحية بالأرانب وإزالة الخصيتين والبربخ وإزالة الشحوم ثم وزنها. ثابت للدراسة النسيجية. ومع ذلك ، فإن زيت النخيل له تأثير أكثر وضوحًا من تلك التي عولجت بكركم لونجا إل. من الناحية النسيجية ، أظهر البربخ للأرانب المعالجة بزيت النخيل القليل من الحيوانات المنوية الطويلة أو لم تظهر على الإطلاق في بعض الحالات ، في حين أن المجموعة التي عولجت بكركم لولا لم تحفز عددًا أكثر وفرة في الحيوانات المنوية الطويلة و- يظهر عدد كبير من الحيوانات المنوية في تجويف المنوية. أنابيب. ومن ثم يبدو أن مستخدم الكركم لونجا له تأثير إيجابي على نمو البربخ وتكوين الحيوانات المنوية وخصوبة الأرانب قبل البلوغ مع تأثيرات أكثر وضوحًا على أولئك الذين عولجوا بزيت النخيل.

الكلمات الدالة

ذكر الارنب ، زيت النخيل ، كركم لونجا ، البربخ