

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université SAAD DAHLEB Blida -1-



Faculté Des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME MASTER

Option : Biologie et Physiologie de la Reproduction

Thème

Effet thérapeutique du *Zingiber officinale* sur la testostéronémie et le poids des testicules chez les lapins mâles soumis à un régime hyperlipidique.

Réalisé par :

Soutenue le : 15 / 07 / 2021

❖ **BOUBAYA Rania**

❖ **GUESMIA Amina**

Jury d'évaluation :

Présidente: Mme. ZATRA Y. MCB U.BLIDA 1

Examineur : Mr. LAARBI DOUKARA K. MCA U.BLIDA 1

Promotrice: Mme BIREM Z. MCB U.BLIDA 1

Année universitaire : 2020/2021



REMERCIEMENT BENEBECIENEM

Avant tout, nous remercions ALLAH le tout puissant Qui nous a donné la force et la volonté pour bien mener ce modeste travail.

Notre mémoire a atteint son terme grâce à l'assistance et la collaboration de nombreuses personnes.

Nous profitons de cette occasion de gratitude et de reconnaissance pour remercier tous ceux qui, de loin ou de près y ont contribué.

On tient tout d'abord à exprimer toutes notre gratitude à l'ensemble des membres du jury ;

Madame ZATRA Y. Maitre et présidente de jury,

Monsieur LAARBI DOUKARA K. Maitre et examinateur du mémoire,

Nous vous remercions vivement d'avoir accepté de juger notre travail, c'est un grand honneur pour nous.

Madame BIREM Z. Maitre et promotrice du mémoire,

Vos orientations et vos conseils pertinents ont permis à ce travail de voir le jour; vos remarques judicieuses ont permis de l'affiner, Croyez seulement à nos sincères reconnaissances pour votre gentillesse et votre disponibilité.

Un grand MERCI à Monsieur BESSAD M.A. Notre professeur, pour sa contribution et son aide en nous confiant le box animalier, sans lui ce travail aurait pu être dur à se réaliser.

Nos remerciements vont également aux agents et aux employés de la station expérimentale d'USDB pour leurs aides concernant toutes difficultés qu'on a pu avoir durant notre expérimentation.





DEDICACE DEDICACE

Avec l'expression de ma reconnaissance, Je dédie ce travail,

A ma maman, qui n'a jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, m'a soutenu avec ses encouragements jouant une part importante dans la réussite de mes études, You've always been an idol to me with your loving and blissful personality, you never failed to show me your love, I hope I'll never fail my part on that to you as well. Love you !

A mon père, qui a joué un grand rôle dans ce travail depuis le début jusqu'à la fin, Ton inéluctable patience et pour tous les efforts que tu as consenti pour mon éducation et mon bien être. Que dieu te garde et te donne santé et longue vie.

A mon frère et sœur ; Ziane et Anaïs.

A Dorya, ma chère cousine et ma meilleure amie, you've always been at my hearing. We always gained knowledge throughout debating..love you for that, I hope you'll appreciate this !

*A mon binôme **Amina**, on a vécu tous les bons et mauvais moments ensemble. Avec ta gentillesse et ta fidélité, tu es un exemple d'amitié pour moi, qu'Allah te protège.*

A toute ma famille.

Rania





DEDICACE DEDICACE

*A mon père **Lounes** m'inculquait le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Tes conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Ta patience sans fin, ta compréhension et ton encouragement sont pour moi le soutien indispensable que tu as toujours su m'apporté. Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester ta fierté et ne jamais te décevoir. Qu'ALLAH, le tout puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et te protège de tout mal.*

*A ma mère **Hayet** qui m'a apporté son appui durant toutes mes années*

d'études pour son sacrifice et soutien qui m'ont donné confiance, courage et sécurité.

*A mes soeurs **Nerdjs**, **Khadidja** et **Bessma** qui m'ont toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études..*

*A mon binôme **Rania**, je te remercie pour ton amitié et ton soutien, tu es pour moi une sœur et une amie sur qui je peux compter.*

*Et enfin, dédicaces à toute la Famille **Guesmia**.*

Amīna



Résumé

Objectif : Le régime alimentaire riche en lipides affecte énormément la fonction de la reproduction, perturbant le fonctionnement de l'axe gonadotrope mâle. L'objectif principal de cette expérimentation est de suivre, évaluer et analyser les effets thérapeutiques de la poudre du rhizome du gingembre sur la testostéronémie et le poids des testicules des lapins soumis à un régime hyperlipidique.

Matériel et Méthodes :

- L'expérimentation a été réalisée sur **25** lapins mâles de souche synthétique en bonne santé.
- Le suivi de cette expérimentation concerne :
 - Le poids corporel.
 - Le poids du tissu adipeux.
 - Le poids des testicules et d'épididymes.
 - Dosage hormonal de la Testostérone.

Résultats et discussion : Nos résultats montrent que le régime hyperlipidique pendant **10** semaines induit : une augmentation du poids corporel et une obésité viscérale chez les lapins du lot expérimental. Cette dernière a affectée sur la morphométrie des testicules, ainsi, sur le statut hormonal de ces lapins, induisant une hypertestostéronémie, donc, un dysfonctionnement de l'axe gonadotrope.

La poudre du rhizome de *Zingiber officinale* réduit le poids corporel des lapins du lot expérimental. Cette plante exerce un effet anti-obésité, anti-inflammatoire et antioxydants. Avec ses principes actifs, le gingembre corrige le poids testiculaire en diminuant l'apoptose testiculaire et régule le fonctionnement de l'axe gonadotrope en régulant la surproduction et la libération de la testostérone. Cela indique que le gingembre pourrait avoir un effet bénéfique dans le traitement de l'infertilité masculine.

Mots clés : *Zingiber officinale.*, régime hyperlipidique, lapin souche synthétique, testicule, épидидyme, hypertestostéronémie.

Abstract

Purpose : The high fat diet greatly affects reproductive function, disrupting the functioning of the male gonadotropic axis. The main purpose of this experiment is to monitor, evaluate and analyze the therapeutic effects of the powder of the ginger rhizome on the testosterone and the weight of the testes of rabbits subjected to a high fat diet.

Material and methods :

- The experiment was realized on **25** healthy male rabbits belonging to the synthetic stock.
- The follow-up of this experiment concerns:
 - Body weight.
 - The weight of adipose tissue.
 - The weight of the testes and epididymis.
 - Hormonal dosage of Testosterone.

Results and discussion: Our results show that the high lipid diet of **10** weeks induced: an increase in body weight and visceral obesity in rabbits of the experimental batch. The latter affected the morphometry of the testes, as well as the hormonal status of these rabbits, inducing hypertestosteronemia, therefore, dysfunction of the gonadotropic axis.

The powder of the rhizome of *Zingiber officinale* reduced the body weight of the rabbits in the experimental batch. This plant has an anti-obesity, anti-inflammatory and antioxidant effect. With its active ingredients, ginger corrects testicular weight by reducing testicular apoptosis and regulates the functioning of the gonadotropic axis by regulating the overproduction and release of testosterone. This indicates that ginger may have a beneficial effect in the treatment of male infertility.

Keywords: *Zingiber officinale.*, high lipid diet, synthetic strain rabbit, testis, epididymis, hypertestosteronemia.

الهدف: يؤثر النظام الغذائي الغني بالدهون بشكل كبير على الوظيفة الإنجابية، مما يعطل عمل المحور الموجه للغدد التناسلية الذكرية. الهدف الرئيسي من هذه التجربة هو رصد وتقييم وتحليل الآثار العلاجية لمسحوق جذور الزنجبيل على هرمون التستوستيرون في الدم ووزن شكل الخصية للأرانب الخاضعة لنظام غذائي غني بالدهون.

المواد والطرق:

- أجريت التجربة على 25 ذكور أرنا سليما من الماشية الاصطناعية.
- تتعلق متابعة هذه التجربة بما يلي:
 - وزن الجسم.
 - وزن الأنسجة الدهنية.
 - وزن الخصيتين والبربخ.
 - الجرعة الهرمونية من هرمون التستوستيرون

النتائج والمناقشة: أظهرت نتائجنا أن النظام الغذائي عالي الدهون لمدة 10 أسابيع يحث على: زيادة وزن الجسم والسمنة الحشوية في أرانب المجموعة التجريبية. وقد أثر هذا الأخير على قياس شكل الخصيتين، وكذلك الحالة الهرمونية لهذه الأرانب، مما تسبب في ارتفاع ضغط الدم، وبالتالي، خلل في محور الغدد التناسلية .

قلل المسحوق من جذور *Zingiber officinale* من وزن جسم الأرانب في الدفعة التجريبية. هذا النبات له تأثير مضاد للسمنة ومضاد للالتهابات ومضاد للأكسدة. بمكوناته النشطة، يصحح الزنجبيل وزن الخصية عن طريق تقليل موت الخلايا المبرمج للخصية وينظم عمل محور موجهة الغدد التناسلية عن طريق تنظيم الإفراط في إنتاج هرمون التستوستيرون وإفرازه. وهذا يدل على أن الزنجبيل قد يكون له تأثير مفيد في علاج العقم عند الرجال.

كلمات مفتاحية. *Zingiber officinale*: نظام غذائي عالي الدهون، سلالة اصطناعية، أرنب، خصية، بربخ، ارتفاع هرمون التستوستيرون في الدم

Liste des abréviations

AA	Acides Aminés
AG	Acides Gras
ABP	Androgen-Binding protein
ADN	Acide Désoxyribonucléique
AGS	Acides Gras Saturés
AMH	Anti-Mullerian Hormone
ARNm	Acide Ribo-Nucléique messenger
ARNr	Acide Ribo-Nucléique ribosomique
ARNt	Acide Ribo-Nucléique de transfert
ATP	Adénosine Tri-Phosphate
CASAP	Coopérative Agricole de Service des Approvisionnements
CRP	C-Reactive Protein
DHEA	Déhydroépiandrostérone
DHT	Dihydrotestostérone
DIO	Diet Induced Obesity
EPD	Epididyme Droit
EPG	Epididyme Gauche
ERO	Espèces Réactives de l'oxygène
FSH	Follicle Stimulating Hormone
GnRH	Gonadotropin Releasing Hormone
HDL	High Density Lipoprotein
HFD	High Fat Diet
HFS	High Fat Sucrose Diet
HSP	Heat Shock Protein
H2O2	Peroxyde d'hydrogène
IL-1	Interleukine-1
IL-6	Inrerleukine-6
IL-12	Inrerleukine-12
IL-10	Inrerleukine-10

Liste des abréviations

INRA	Institut Nationale de la Recherche Agronomique
ITELV	Institut Technique des Elevages
LDLc	Low Density Lipoprotein cholesterol
LH	Luteinizing Hormone
LE	Lot Expérimental
LG	Lot Gingembre
LT	Lot Témoin
NF-κB	Nuclear Factor-kappa B
NO	Oxide Nitrique
NrF2	Nuclear Erythroid 2
O₂	Oxygène
O⁻²	Superoxyde
OH	Hydroxyle
P450_{ssc}	Cytochrome P450 cholesterol side chain cleavage
PBR	Peripheral Benzodiazepine Receptor
PGE₂	Prostaglandine E₂
PRL	Prolactine
RA	Récepteur des Androgènes
REL	Réticulum Endoplasmique Lisse
RHL	Régime Hyperlipidique
ROS	Reactive Oxygen Species
SHBG	Steroid Hormones Binding Globulin
StAR	Steroidogenic Acute Regulatory protein
T	Testostérone
TD	Testicule Droit
TG	Testicule Gauche
TNF	Tumor Necrosis Factor
TNF-α	Tumor Necrosis Factor Alpha
ZO	Zingiber officinale

Sommaire

Introduction Générale	1
-----------------------------	---

Partie I : Rappels bibliographiques

Chapitre 1 : Le gingembre « *Zingiber officinale* »

I. Historique.....	3
II. Origine du nom	3
1. Etymologie	3
2. Nom vernaculaire.....	3
III. Description botanique	3
1. Aspect général	3
1.1. Partie souterraine	4
1.2. Partie aérienne.....	5
IV. Classification systématique.....	6
V. Ecologie	6
1. Culture et production	6
2. Répartition géographique.....	7
VI. Activité thérapeutique	8
1. Chimie du gingembre.....	8
1.1. Composants bioactifs	8
1.2. Propriétés pharmacologiques du gingembre	10
2. Action anti-inflammatoire.....	11
2.1. Physiopathologie de l'inflammation	11
2.2. Mécanisme d'action du gingembre	11
3. Action antioxydant.....	12
3.1. Physiopathologie du stress oxydatif	12
3.2. Mécanisme d'action du gingembre	12
VII. Toxicité du gingembre	13

Chapitre 2 : Appareil reproducteur mâle

I. Axe gonadotrope.....	14
1. Sécrétions hypothalamiques	14
1.1. Les gonadolibérines	14
2. Sécrétions hypophysaires.....	14
2.1.. Les gonadotrophines	14
3. Le Testicule	15
3.1. Anatomie et caractéristiques du testicule.....	15
II. Physiologie de la reproduction.....	17
1. Développement des gonades et puberté	17
1.1. La différenciation des gonades	17
1.2. La spermatogenèse.....	17

Sommaire

1.3. La maturité sexuelle	19
III. Fonction endocrine	19
1. Cellules de Leydig	19
1.1. Biosynthèse des androgènes	20
1.2. Mode d'action de la testostérone	21
1.3. Rôle de la testostérone et ses principaux métabolites	22
2. Cellules de Sertoli	23
2.1. Fonctions sécrétoires de la cellule de Sertoli	24
3. Régulation hormonale des fonctions testiculaires.....	25

Partie II : Partie expérimentale

Matériel et méthodes

I. Modèle expérimentale.....	26
1. Période et lieu d'expérimentation.....	26
2. Les Lapins	26
3. Conditions d'élevage	26
4. Alimentation et abreuvement	27
II. Protocole expérimentale.....	28
1. Constitution des lots.....	28
III. Matériel biologique	28
1. Matériel végétale	28
1.1. Huile de palme	28
1.2. Poudre du gingembre	29
1. Matériel et produits	29
2.1. Méthodes d'études	29
2. Comportement des animaux	31
3. Signes d'une Alopécie et d'inflammation des gonades mâles	31
IV. Techniques opératoires	32
1. Suivi du poids corporel	32
2. Prélèvement des échantillons biologiques testiculaires et sanguin	32
2.1. Prélèvement sanguin	32
2.2. Prélèvement d'organes	33
V. Techniques analytique	34
1. Testostérone	34
VI. Analyse statistique	34

Résultats et discussion

I. Poids et Testostéronémie	36
1. Poids corporel	36

Sommaire

2. Poids du tissu adipeux.....	37
2.1. Poids absolu du tissu adipeux	37
2.2. Poids relatif du tissu adipeux	39
3. Poids des testicules et épидидymes	42
3.1. Poids absolu des testicules	42
3.2. Poids relatif des testicules	44
3.4. Poids absolu d'épididymes	47
3.5. Poids relatif d'épididymes	49
4. Testostéronémie	52
Conclusion et perspectives	55
Références bibliographiques	56
Annexes	

INTRODUCTION
INTRODUCTION

GENERALE
GENERALE

Introduction générale

La phytothérapie est l'utilisation des plantes médicinales dont une partie de ces dernières procède des avantages médicamenteuses. Le but de cette expérimentation est de mettre en évidence les effets thérapeutiques de la plante du gingembre.

Le régime alimentaire à base de l'huile de palme, riche en acides gras saturés, entraîne plusieurs troubles hormonaux et tissulaires en agissant sur le système endocrinien et immunitaire, ce qui résultent des maladies inflammatoires à voir même l'infertilité.

Le gingembre ; *Zingiber officinale.*, appartient à la famille des *Zingiberaceae*. Sa partie active *Rhizoma zingiberis.*, dérivé du rhizome séché du gingembre, est généralement utilisé comme arôme dans le monde, mais surtout en Chine, en Asie du Sud-Est, en Inde et au Japon (**Wu et al., 2018; Yin et al., 2018**). Des expériences ont également montrées que le gingembre présente un large éventail d'avantages potentiels pour la santé (**Choi et al., 2018**).

Le gingembre possède des effets bénéfiques sur la sensibilité à l'insuline et les profils glycémique et lipidique. **Wang et al. (2017)** ainsi plusieurs chercheurs ont rapporté des effets bénéfiques du gingembre sur l'obésité.

L'huile de palme est extraite du mésocarpe des fruits de palmiers à huile ; *Elaeis guineensis.*, elle contient **50%** d'acides gras saturés (**AGS**) et **50 %** d'acides gras insaturés. L'huile de palme brute est très riche en tocotriénols et en caroténoïdes, responsables de sa couleur rouge. En Occident, ce sont ses fractions raffinées qui sont souvent utilisées (**Lecerf, 2017**).

C'est le processus d'hydrogénation partielle qui entraîne la formation d'acides gras transartificiels, leur consommation serait liée à plusieurs maladies métabolique (**Hiroko Shimizu et Pierre Desrochers, 2012**). De nombreuses études ont rapporté une augmentation de la fraction athérogène **LDL** cholestérol et celle cardioprotectrice **HDL** cholestérol (**Lecerf, 2017**) et certaines maladies métaboliques comme ; l'insulinorésistance, les maladies cardiovasculaires et le stress oxydatif (**Benson et al., 2010**).

Une consommation accrue de cette huile peut emmener à un état d'obésité. D'après **Carroll et al. (1996)**, les jeunes lapins maintenus sous régime enrichi en graisse de **type high fat libitum** gagnent rapidement du poids, dont **86%** est formé de tissus adipeux.

Chez les sujets obèses, le fonctionnement de l'axe gonadotrope mâle : **hypothalamo-hypophyso-testiculaire** est perturbé, ce dysfonctionnement endocrinien affecte plusieurs hormones, telles **GnRH** (Gonadotropine Releasing Hormone), **LH** (Luteinizing Hormone), testostérone, œstradiol, leptine, cortisol et celle de la protéine liante Sex Hormone Binding Globuline (**SHBG**), ainsi que la stéroïdogénèse (**Vermeulen et al., 1993 ; Clarke et Henry, 1999, Tena-sempéré et al., 1999 ; Hayes, 2000**).

Introduction générale

Les perturbations du fonctionnement des hormones de la reproduction peuvent induire un état d'infertilité ainsi une dysfonction testiculaire.

Du fait des propriétés thérapeutiques de la partie active du gingembre, L'objectif de cette expérimentation est de suivre, évaluer et analyser les effets thérapeutiques de la poudre du rhizome du gingembre sur le dérèglement hormonal des gonades mâles spécifiquement la testostérone, les changements pondéraux testiculaires, ainsi, le changement pondéral corporel des lapins mâles soumis à un régime enrichi en huile de palme.

Le manuscrit que nous présentons s'articule autour de :

- Une partie de rappels bibliographique pour but d'introduire la plante du gingembre et ses informations nécessaires, ainsi, le fonctionnement de l'appareil reproducteur mâle.
- Une seconde partie, où nous présentons les matériels et méthodes utilisés au cours de notre expérimentation, ainsi, aux résultats obtenus et discussion.
- Et enfin conclusion des résultats obtenus.

Rappels

Bibliographiques

CHAPITRE 1 :
LE GINGEMBRE

Zingiber Officinale

I. Historique :

Depuis l'Antiquité, l'Homme utilise les plantes que ce soit dans un but thérapeutique ou alimentaire. A travers les siècles, beaucoup de plantes ont été découvertes, notamment grâce au commerce intercontinental.

Le gingembre est une racine cultivée principalement en Chine et en Inde où son utilisation est largement développée. La pharmacopée chinoise lui reconnaît une action contre les vomissements, les refroidissements, les gastralgies et la toux grasse. En médecine indienne, il est utilisé comme fortifiant de la mémoire, digestif et carminatif, mais aussi dans le traitement préventif de la migraine. La médecine arabe lui attribue la propriété aphrodisiaque et des vertus dans le traitement de troubles sexuels (Allais, 2009).

II. Origine du nom :

1. Etymologie :

L'origine étymologique du gingembre émane du Sanskrit, langue Indo-européenne, « *Singabera* » («en forme de corne» ou «en forme de bois de cerf») signifiant la forme des jeunes pousses sortant de son rhizome.

« *Zigiberis* » en grec, qui dérivait du nom arabe « *Zanjabile* ». Le terme latin « *Zingiber* » apparaît plus tard, et est à l'origine du nom de genre botanique « *Zingiber* ». Il est adapté en vieux français en « *Gingibre* », pour finalement s'écrire « **Gingembre** » à partir du 13^{ème} siècle.

2. Nom vernaculaire :

Le gingembre porte plusieurs appellations, depuis ces dernières on trouve (Tableau I) :

Tableau I : Appellations du gingembre en plusieurs langues (Aouadhi, 2010).

Langue	Appellation
ARABE	Zanjabile
FRANÇAISE	Gingembre
ANGLAISE	Ginger

III. Description botanique :

1. Aspect général :

Il existe environ 100 variétés d'espèce que l'on ne rencontre plus que rarement à l'état sauvage, du moins en ce qui concerne le *Zingiber officinale* qui est une plante vivace par son rhizome (Allais, 2009) qui préfère un climat tropical ou subtropical, peut atteindre 3m de hauteur. Sa multiplication se fait par voie asexuée par fragmentation du rhizome (Figure 01).



Figure 01 : Aspect général de la plante du gingembre *Zingiber officinale.*, (Koehler, 1887).

La plante est divisée en deux parties :

1.1. Partie souterraine :

Le rhizome et les racines qui en découlent constituent la partie souterraine de *Zingiber officinale*. Le rhizome (Figure 02), est la partie utilisée en thérapeutique, horizontale et ramifiés. Il possède une peau beige et une chair jaune parfumée et juteuse. Il devient de plus en plus fibreux avec l'âge (Faivre et al., 2006), mesure en moyenne 10cm de longueur, jusqu'à 2cm de largeur et 1.5cm d'épaisseur.



Figure 02 : Rhizome du Gingembre *Rhizoma zingiberis.*, (Oreka, 2016).

1.2. Partie aérienne :

Cette partie est formée des feuilles et une tige ;

Les tiges et feuilles se forment annuellement suite au bourgeonnement du rhizome. La tige fait 1.50 mètre et peut atteindre jusqu'à 3 mètre de hauteur (**Braga et al., 2006 ; Gigon, 2012**).

On trouve deux sortes de tiges ; les hautes tiges qui sont stériles, servent à l'assimilation et portent des feuilles alternes, longues et étroites, alors que les basse tiges servent à la reproduction et ne présentent pas de feuilles (**Braga et al., 2006**).

Ses feuilles sont persistantes bisériées, longues, étroites, lancéolées, pointues et longues de **20 cm** (**Faivre et al., 2006**), dont les plus petites sont fertiles et se terminent par une inflorescence aux nombreuses fleurs (**Ross, 2010**).

Les inflorescences sont soit portées par la partie terminale des tiges les plus courtes, soit issues directement du rhizome, et sortent donc du sol. Ce sont de courts épis, possédant de grosses bractées cireuses de couleur jaune vert formant un spadice dense, et dont la conformation superposée permet de protéger les fleurs avant leur éclosion. Les fleurs, organes reproducteurs, zygomorphes (symétrie bilatérale), trimères, parfumées de couleur blanc jaunâtre, avec des traînées violettes sur le labelle, faisant vaguement penser à des fleurs d'orchidée (**Figure 03**).

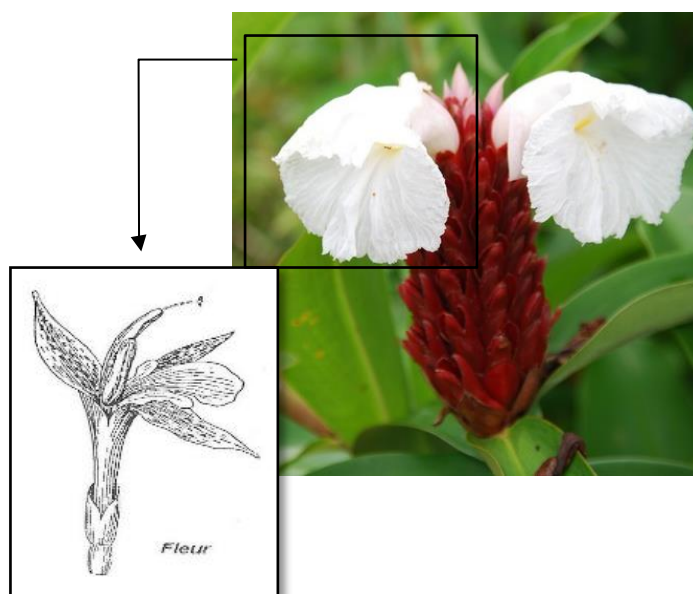


Figure 03 : Inflorescences et fleurs du gingembre (**Euring, 2016**).

IV. Classification systématique:

Tableau II : Classification systématique du gingembre (Kaufman, 2016).

Domaine	Eucaryotes
Règne	Plantae
Phylum	Spermatophyta
Sous phylum	Angiospermae
Classe	Monocotyledonae
Ordre	Zingiberales
Famille	Zingiberaceae
Genre	Zingiber
Espèces	Zingiber officinale

V. Ecologie:

1. Culture et production :

Le gingembre est cultivé dans de nombreux pays tropicaux et subtropicaux (Ding et al., 2012 ; Charles, 2013 ; Ashraf et al., 2014; Semwal et al., 2015) du monde entier. Il est peu exigeant pour la qualité des sols mais épuise beaucoup les sols ;

- **Température** : Il préfère cependant les zones ombragées et humides, température doit être élevée, au minimum 21° Celsius, pendant une grande partie de l'année pour permettre une croissance optimale. Il peut néanmoins supporter des périodes de gel car la plante se met dans un repos végétatif.
- **Le sol** : il peut être celui d'un jardin riche en humus, léger et acide. Ce sol doit aussi être bien drainé pour éviter l'excès d'humidité.
- **Cycle végétatif** : Le cycle végétatif du gingembre peut durer 9 à 10 mois, Planté aux environs du mois d'août, il y a alors un développement de germes au niveau latéral qui formeront de nouveaux rhizomes en se ramifiant successivement. Une tige sort et croît jusqu'en avril environ puis des parties aériennes comme des feuilles ou des fleurs partiront du rhizome formé. Avant que la mousson (saison favorable) ne se termine, les plantes posséderont des fleurs et les parties aériennes jauniront jusqu'au mois de juin avec une production de graines. Ensuite que les parties aériennes tombent au sol quand le temps redeviendra moins humide, les rhizomes pourront être récoltés. Si ces derniers sont laissés en terre, ils entreront dans un état de dormance jusqu'à ce que la période de moussons revienne.
- **Production** : Les plus grands producteurs sont l'Inde, la Chine, l'Indonésie, et le Nigeria (Li et al., 2016), le Brésil et le Japon (Sangwan et al., 2014). Le gingembre jamaïcain et indien est considéré comme le gingembre ayant une qualité supérieure (Charles, 2013). La Production mondiale du gingembre de 2008 à 2012 est illustrée dans le tableau III.

VI. Activité thérapeutique:

1- Chimie du gingembre :

1.1. Composants bioactifs :

Le Rhizome de *Zingiber officinale*, représente la partie active de la plante. Les constituants du gingembre peuvent varier d'une plante à l'autre. Selon (Sang et al., 2020), cette variation dépend de deux facteurs :

- la fraîcheur ou la sécheresse des rhizomes
- le lieu d'origine de la plante

Il existe deux groupes de produits chimiques présents dans le gingembre qui contribuent à sa perception sensorielle :

- ❖ Huiles volatiles : contribuent à l'arôme et aux goûts distincts du gingembre. Ses principaux composants sont : le zingiberène (constituant prédominant de l'huile de gingembre, contribué jusqu'à 30% des huiles essentielles dans les rhizomes de gingembre), le curcumène et le farnésène
- ❖ Composés piquants non volatils : responsables de la sensation de la chaleur du gingembre dans la bouche. Ses principaux composants sont : les gingérols (le composant le plus active), les shogaols, les paradols et la zingérone. (Figure 05, Tableau IV).

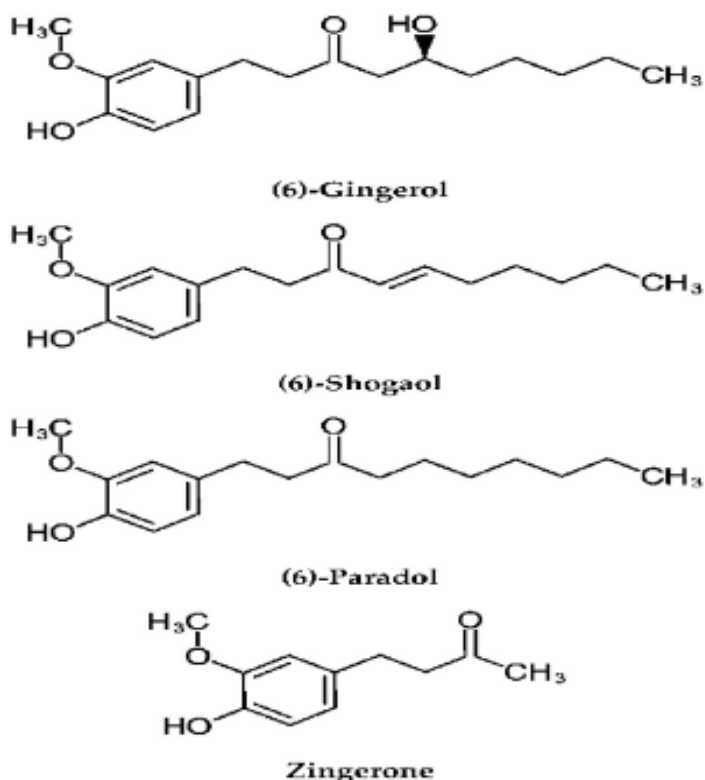


Figure 05 : Composés piquants non volatils du gingembre (Menon et al., 2021).

Tableau IV : Les principaux composants du gingembre (Faivre et al., 2006).

<i>Huiles volatiles</i>		
<i>Huile essentielle</i>	Sesquiterpènes	<p>Monoterpènes : U-pinène, camphène, β-pinène, myrcène, limonène, phellandrène</p> <p>Monoterpénols : linalol, citronellol</p> <p>Monoterpénals : Citronnellal, myrténal, phellandral, néral, Géraniol</p> <p>Sesquiterpènes : dont zingibérène, β-sesquiphellandrène, germacrène B, germacrène D, β-curcumène, ar-curcumène</p>
	Alcools sesquiterpéniques	Géraniol, néral, citral, chavicol, esters acétique et caprylique, gingérol-6, alpha-curcumène
	Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques	Toluène, Alcools aliphatiques (butanol heptanol), Alcool cuminique, Aldéhydes aliphatiques (butanol, pentanol), Cétones aliphatiques (acétoneheptanone méthyl heptanone)
<i>Composés piquants non volatiles</i>		
<i>Oléorésine</i>	Diarylheptanoïdes	<p>Gingerol, shogaol, zingérone, gingédiol, paradols. Ces composés ont une chaîne latérale de longueur variable de 7 à 16 carbones. Certains composés ne sont pas présents dans la drogue fraîche : les shogaols sont produits par la déshydratation des gingerols et seraient plus irritants et plus acres.</p> <p>Une autre catégorie de molécules ne se retrouve pas dans la drogue fraîche, ce sont les gingérones A et B arylheptanoïdes se développent au cours de la dessiccation.</p>

En plus des composants mentionnés, les graisses, les cires, les glucides, les vitamines et les minéraux sont d'autres constituants du rhizome de gingembre (Yi *et al.*, 2019; Vedashree *et al.*, 2020). Le tableau V donne une indication sur la composition chimique pour 100 g de rhizome de gingembre.

Tableau V : Composition moyenne pour 100 g de gingembre (Gigon, 2012).

Racine de gingembre (valeur nutritive pour 100 g)			
Energie ~ 20 Kcal			
Hydrate de carbone	17.77 g	VIT. B6 (PYRIDOXINE)	0,16 mg
Protéines	1.82 g	VIT. C	05 mg
Lipides	0.75 g	PHOSPHORE	34 mg
Vit. B1 (thiamine)	0.025 mg	CALCIUM	16 mg
Vit. b2 (riboflavine)	0,034 mg	MAGNESIUM	43 mg
Vit. B3 (niacine)	0,075 mg	POTASSIUM	415 mg
Vit. B5 (Ac. pantothénique)	0,203 mg	FER	0,6 mg
Vit. B6 (Pyridoxine)	0,16 mg	ZINC	0,34 mg

1.2. Propriétés pharmacologiques du gingembre :

Il existe plusieurs applications médicinales du gingembre. Ces applications médicinales sont principalement attribuées à son activité anti-inflammatoire et antioxydante. (Menon *et al.*, 2021). De nombreuses activités pharmacologiques lui ont été attribuées (Figure 06), ainsi qu'à ses principaux constituants ; l'extrait acétonique et le zingibérène sont anti-ulcéreux ; l'extrait aqueux fait décroître le taux de lipidémie ; la drogue possède des activités anti-inflammatoires (par inhibition de la biosynthèse des prostaglandines et des leucotriènes), immunomodulatrice et antioxydante (Daovy Allais, 2009).

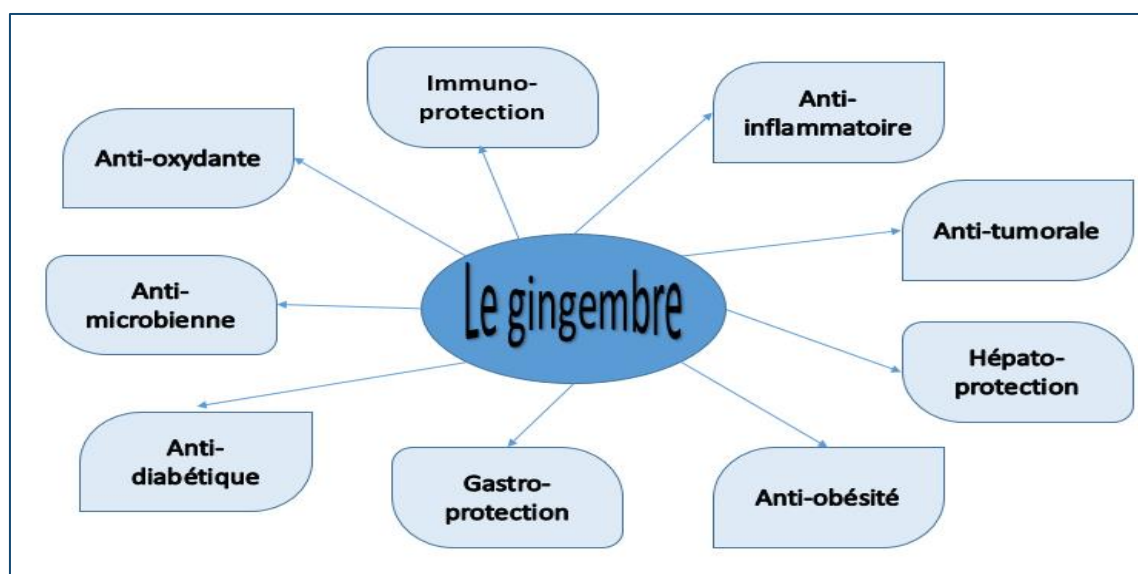


Figure 06: Propriétés pharmacologiques du gingembre (Menon *et al.*, 2021).

2- Action anti-inflammatoire :

2.1. Physiopathologie de l'inflammation:

L'inflammation correspond à un processus physiologique de l'organisme contre une agression qui entraîne une altération tissulaire. Ce phénomène déclenche et régule une réaction immunitaire, et peut être aigu ou chronique (on parle alors de syndrome ou de maladie inflammatoire) (Butin, 2017).

L'inflammation est caractérisée par quatre signes :

- la tuméfaction, ou oedème (tumor)
- la douleur (dolor)
- la chaleur (calor)
- la rougeur, ou érythème (color)

2.2. Mécanisme d'action du gingembre :

L'acide arachidonique qui est un des médiateurs néoformés lors de la phase d'amplification (C'est lors de cette phase que se met en place la réponse immunitaire, avec action des lymphocytes B et T) du processus inflammatoire, entraîne la formation via la voie des cyclooxygénases ; les prostaglandine et le thromboxane A2 ainsi via la voie des lipooxygénases formant les leucotriènes ;

En premier temps, le *Zingiber officinale* est capable d'inhiber l'action de la cyclooxygénase-2 et de la 5-lipooxygénase, ce qui entraîne une inhibition de la synthèse de prostaglandines (dont la PGE2), hormones pro-inflammatoires (Figure 07).

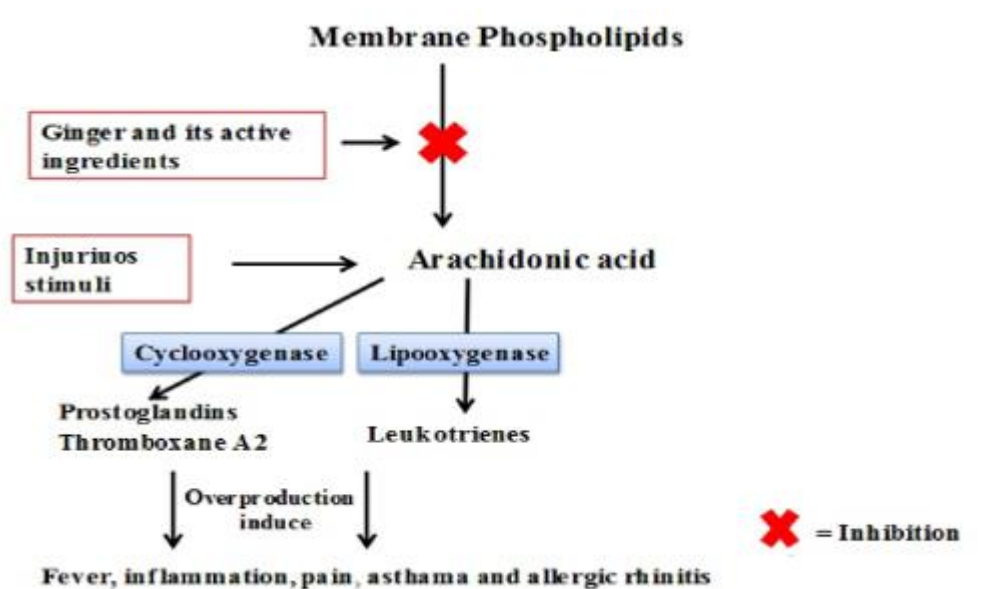


Figure 07: Effet du gingembre sur les divers médiateurs inflammatoires induit par l'acide arachidonique lors d'une inflammation (Gupta et al., 2016).

Les cytokines, produites par les macrophages : certaines sont pro-inflammatoires, notamment les interleukines **IL-1**, **IL-6**, **IL-12**, et le facteur de nécrose tumorale **TNF** ; d'autres sont anti-inflammatoires, telle que l'interleukine **IL-10**. Les gingérols et les shogaols ont une action inhibitrice sur certaines cytokines (Cette inhibition serait due au blocage de l'expression de gènes pro-inflammatoires) (**Butin, 2017**).

De plus, les gingérols ayant une chaîne alkyl latérale plus longue seraient plus efficaces : ainsi, le **(10)-gingérol** serait plus actif que le **(6)-gingérol**, composé majeur du rhizome du gingembre (**Ho et al., 2013**)

Des études sur l'effet anti-inflammatoire du gingembre rouge, on également démontré que ce dernier inhibe la synthèse d'oxyde nitrique (**NO**).

En résumant les résultats démontrés précédemment, les composants piquants du gingembre, majoritairement les gingérols, shogaols et gingerdiones agissent à trois niveaux différents :

- Inhibition des prostaglandines pro-inflammatoires par blocage des cyclooxygénases et lipooxygénases.
- Inhibition des cytokines notamment l'interleukine-1 (**IL-1**) et l'interleukine-6 (**IL-6**) par blocage de l'activation des macrophages.
- Inhibition de la synthèse d'oxyde nitrique, dérivé nitré jouant un rôle majeur dans l'inflammation

3- Action antioxydante :

3.1. Physiopathologique du stress oxydatif :

Le stress oxydant, ou stress oxydatif, correspond à une agression cellulaire/ accumulation par / des molécules pro-oxydante (qui favorisent l'oxydation). Ce qui va entraîner une importante oxydation de divers composés, notamment les bases nucléiques, les acides aminés, certaines protéines, ou encore les acides gras insaturés. A terme, ce phénomène entraîne une mort précoce des cellules. Ce dernier favorise l'apparition de pathologies variées liées au vieillissement cellulaire : maladies dégénératives, cancer, diabète, maladies cardiovasculaires... (**Barouki, 2006**).

3.2. Mécanisme d'action du gingembre :

Les composés antioxydants sont nombreux et appartiennent à diverses familles moléculaires. De nombreux fruits (et surtout les fruits rouges) et épices en contiennent. Le gingembre, qui contient plus d'une quarantaine de composés antioxydants appartenant aussi bien à la classe des polyphénols (gingérols, shogaols) qu'à celle des sesquiterpènes, est ainsi une plante très prisée pour lutter contre le vieillissement prématuré de l'organisme (**Butin, 2017**).

Les composés phénoliques du gingembre inhibent la production de certaines cytokines, tout comme celle de l'inflammation, ce qui altère la synthèse des espèces réactives de l'oxygène. Ces mêmes composés inhibent également l'oxyde nitrique (**NO**) et bloquent l'action de l'eau oxygénée (**H₂O₂**), deux espèces réactives de l'oxygène majeures (**Arshad et al., 2014**).

Les composés sesquiterpéniques tels que le farnésène, le bêta-sesquiphellandrène, le zingibérène, ainsi que les aldéhydes (citral) et le camphène sont capables de bloquer les radicaux hydroxyls (OH^*), et dans une moindre mesure, les radicaux oxygénés (O_2^*) (Höferl et al., 2015).

La consommation de gingembre aide à lutter contre l'action des radicaux libres (réactives de l'oxygène), et de prévenir les maladies neurodégénératives et certains cancers comme le cancer de la prostate (Aggarwal et Shishodia, 2006 ; karna et al., 2012). Aussi bien il améliore l'efficacité d'un traitement du cancer cervical (Sharma et al., 2009). L'intérêt supplémentaire est que certains de ces antioxydants résistent à la cuisson, et sont même activés par la chaleur ce qui pourrait expliquer l'augmentation de l'activité anti-oxydante du gingembre cuit (Shobana et Naidu, 2000).

VII. Toxicité du gingembre :

Aucune toxicité aiguë ou chronique lors de la prise de rhizome de gingembre aux doses habituellement prescrites n'a été relevée alors que des crampes intestinales et un blocage de l'activité de l'estomac ont été notés en cas de surdosage. Aucun effet indésirable notable ne semble avoir été signalé. Des brûlures gastriques ont été parfois mentionnées. Par mesure de sécurité, bien que le gingembre stimule la digestion, il est conseillé de le consommer avec modération car il peut irriter le tube digestif. Il est à éviter également en cas de gastrites ou de maladie inflammatoire de l'intestin en phase aiguë. (Daovy Allais.,2009). A forte dose, le gingembre peut irriter la peau et déclencher des allergies, en effet, il augmente la photosensibilité de la peau (Aouadhi.,2010). L'application de l'huile de gingembre est déconseillée aux femmes enceintes, car elle peut déclencher des contractions comme elle peut causer des effets tératogènes (Aouadhi.,2010).

CHAPITRE 2 :
APPAREIL REPRODUCTEUR MÂLE

I. Axe gonadotrope :

La fonction reproductrice est un mécanisme essentiel pour la pérennité des espèces.

Chez les mammifères, L'axe gonadotrope est un ensemble de structures physiologiques intervenant dans la régulation de la reproduction chez les mammifères : hypothalamus, hypophyse et gonades. On peut aussi dire que c'est le système endocrinien contrôlant la fonction de reproduction chez les vertébrés.

La communication entre ces entités est assurée par des neuropeptides, neurohormones, et hormones qui vont agir de manière précise et permettre la régulation fine de la reproduction (Nihoul, 2019).

1. Sécrétions hypothalamiques :

1.1. Les gonadolibérines :

Chez les mammifères, la fonction de reproduction est sous le contrôle d'une petite population de neurones située dans une région spécifique du cerveau : l'hypothalamus. Ces neurones se projettent au niveau de l'éminence médiane, où ils déversent dans la circulation porte hypophysaire ; la gonadolibérine ou **GnRH** (Gonadotropine Releasing Hormone) (Barbotin et al., 2017). A été découverte depuis les années 1970 et dont le rôle dans la fonction de reproduction a largement été étudiée.

La **GnRH** sera ensuite transportée vers l'antéhypophyse afin de commander la sécrétion des gonadotrophines, l'hormone lutéinisante (**LH**) et l'hormone folliculo-stimulante (**FSH**), qui vont réguler à leur tour l'activité gonadique en agissant sur leurs organes cibles, les testicules et ovaires (Barbotin et al., 2017).

2. Sécrétions hypophysaires:

2.1. Les gonadotrophines :

L'hypophyse antérieure constitue la glande maîtresse de notre système endocrine (Bonfont et al., 2006). Les gonadotrophines (**LH** et **FSH**) sont produites au niveau de cette dernière sous l'influence du **GnRH**. Ce sont des hormones glycoprotéiques formées d'une sous-unité Alpha (α) commune formée de 92 acides aminés (aa) , et une sous-unité Béta (β) spécifique (Figure 08) formée de 121 aa pour la **LH** et 118 aa pour **FSH** ; c'est elle qui donne sa spécificité à l'hormone (Papandreou et al., 1991).

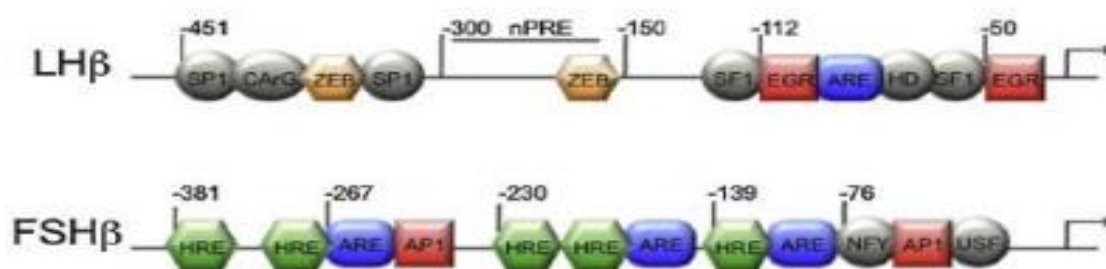


Figure 08 : structure du gène de la sous-unité β de LH et FSH (Varykina et al. , 2010).

3. Le Testicule:

Les testicules sont deux gonades faisant partie de l'appareil génital mâle (**Figure 09**).

Le testicule adulte assure une double fonction ; d'une part la synthèse des hormones stéroïdes mâles, en particulier la testostérone, et d'autre part, la gamétogénèse (**Livera et al., 2002**).

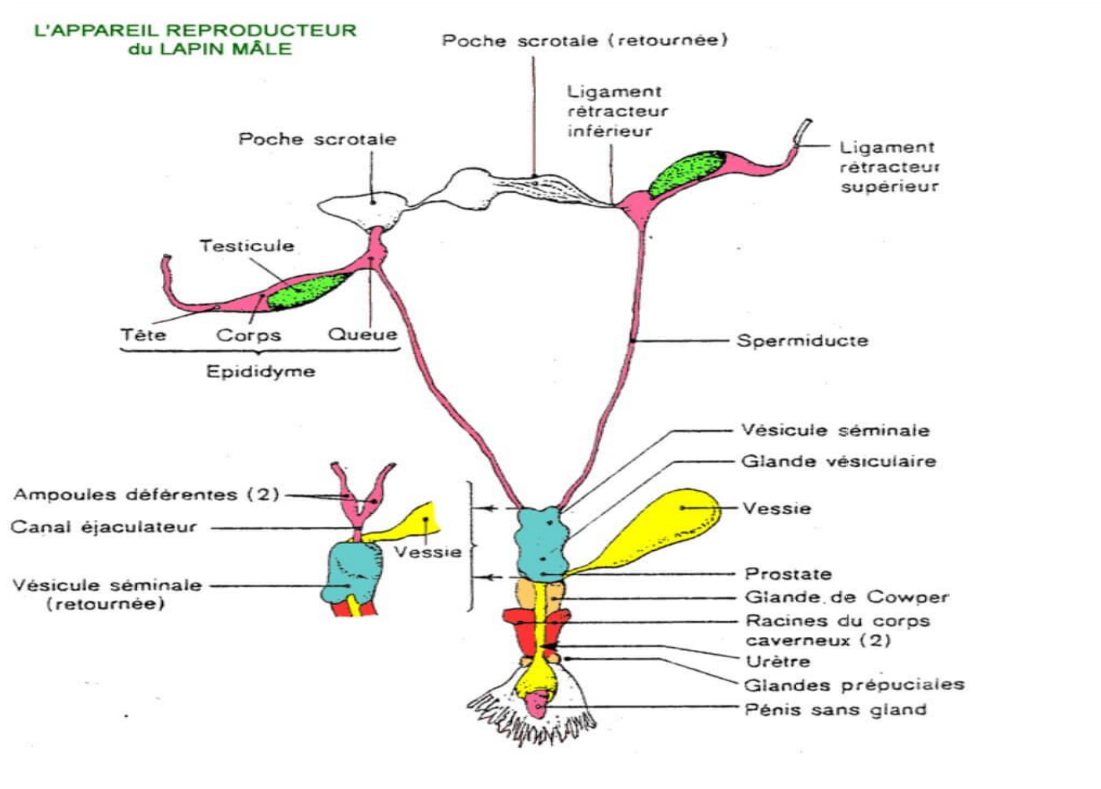


Figure 09 : Appareil génitale du lapin mâle (**Lebas et al., 1996**).

Cette double fonction correspond à une organisation anatomique du testicule ;

3.1. Anatomie et caractéristiques du testicule :

Le testicule (**Figure 10**) a une forme ovoïde aplatie transversalement, une couleur blanc-bleutée, pesant en moyenne de **20 g**, mesurant **4,5 cm** de longueur, **2,5 cm** de largeur, **3cm** d'épaisseur.

Le testicule présente deux faces (interne et externe), deux bords (antéro-inférieur et postéro-supérieur) et deux pôles (supérieur et inférieur). L'extrémité antérieure est surmontée par la tête de l'épididyme (**Gouanou, 1994**). L'épididyme présente ; une tête, un corps et une queue (**Hammoudi, 2016**).

De fines cloisons conjonctives partent du corps d'highmore, constituant des septa testis, délimitant 200 à 300 lobules intra-testiculaires. A l'intérieur de chaque lobule, se trouvent 2 à 3 tubules séminifères très long et contournés, lieu de formation des spermatozoïdes.

Les tubules séminifères de chaque lobule confluent en un tube droit qui vient s'aboucher dans le rête testis, ce dernier est drainé par des canaux pelotonnés correspondant aux canaux efférents qui se prolongent par le canal de l'épididyme, qui devient ultérieurement le canal déférent (Siffroi, 2001).

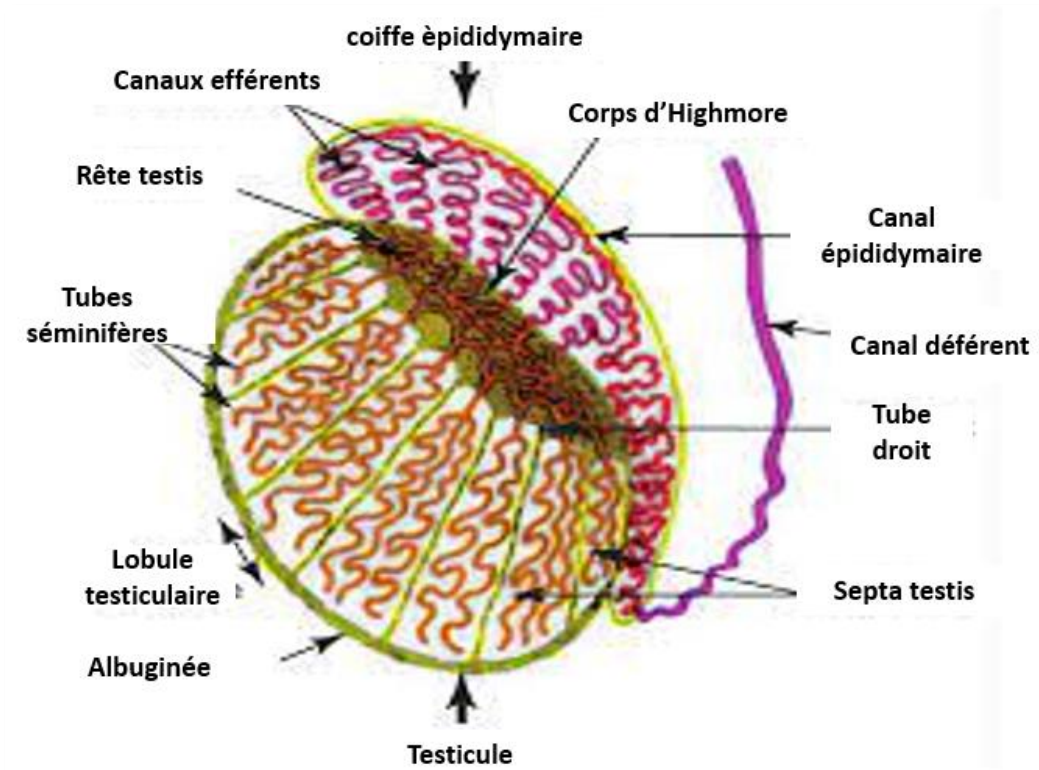


Figure 10 : Anatomie du testicule (Young, 2016).

La double fonction du testicule correspond à cette organisation anatomique en deux compartiments fonctionnels ; le **tissu interstitiel**, conjonctif et vascularisé, contenant les **cellules de Leydig** responsables de la production de testostérone, et les **tubes séminifères**, de nature épithéliale et avasculaires, contenant les cellules germinales et les **cellules de Sertoli** qui servent de support à la spermatogenèse (Livera et al., 2002).

a- Enveloppes testiculaires : Les enveloppes testiculaires (Figure 11) sont formées de 3 couches (Aznague, 2011) ;

- **La couche inférieure :** Le testicule est entouré d'une séreuse: la vaginale,
- **La couche moyenne :** On reconnaît de la profondeur à la superficie plusieurs tuniques:
 - **Tunique fibreuse profonde ;** enveloppe le testicule et l'épididyme.
 - **Tunique musculaire ;** constituée de fibres musculaires striées parvenant du muscle crémaster
 - **Tunique fibreuse superficielle ;** c'est la tunique celluleuse ou fibreuse externe
 - **Dartos ;** Représente au niveau des bourses le grand peaucier abdominal. Il constitue une lame doublant: le scrotum et lui adhère fortement.
- **La couche extérieure :**
 - **Le scrotum ;** constitué d'une peau mince et particulièrement extensible.

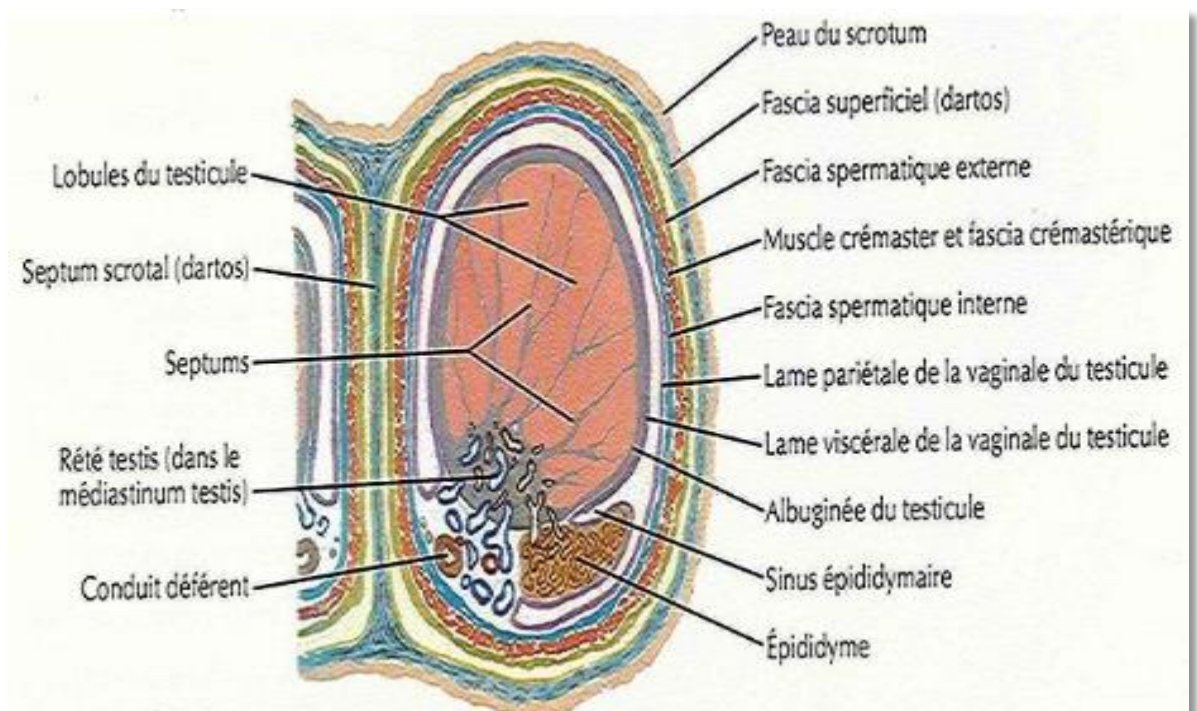


Figure 11 : Coupe transversale du scrotum et du testicule montrant les enveloppes du testicule (Frank Netter, 2007).

II. Physiologie de la reproduction :

1. Développement des gonades et la puberté :

1.1. La différenciation des gonades :

Commence le **16^{ème}** jour qui suit la fécondation. Après la naissance, les testicules se développent moins vite que le reste du corps, puis connaissent une croissance extrêmement rapide après l'âge de cinq semaines. Les glandes annexes ont une croissance de même type mais légèrement décalée dans le temps et plus tardive.

1.2. La spermatogenèse :

Chez le lapin ; commence entre 40 et 50 jours. Les tubes testiculaires sont actifs vers 84 jours (May et Simpson, 1975). Les premiers spermatozoïdes sont présents dans l'éjaculat vers 110 jours.

La spermatogenèse se déroule en 3 étapes (Figure 12) ; La division mitotique ; Accroissement et division méiotique et au finale la spermiogénèse.

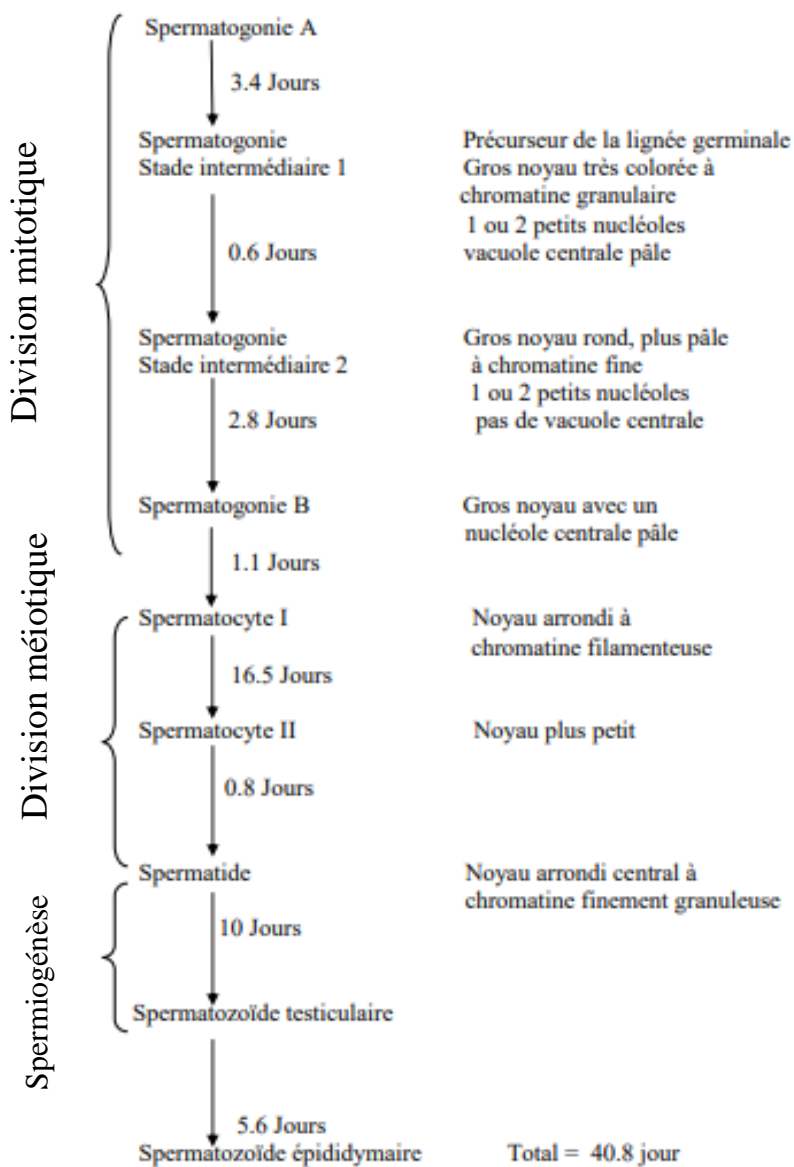


Figure 12: Cycle spermato-génétique chez le lapin (Boussit, 1989).

Elle se met en place à la puberté, se déroulant à l'intérieur du tube séminifère de la périphérie de ce dernier vers la lumière (Figure 13). C'est un processus complexe de multiplication et de différenciation cellulaire (chez le lapin $2n= 44$ chromosomes) conduisant à la formation d'une cellule haploïde : le spermatozoïde (Marret, 2000).

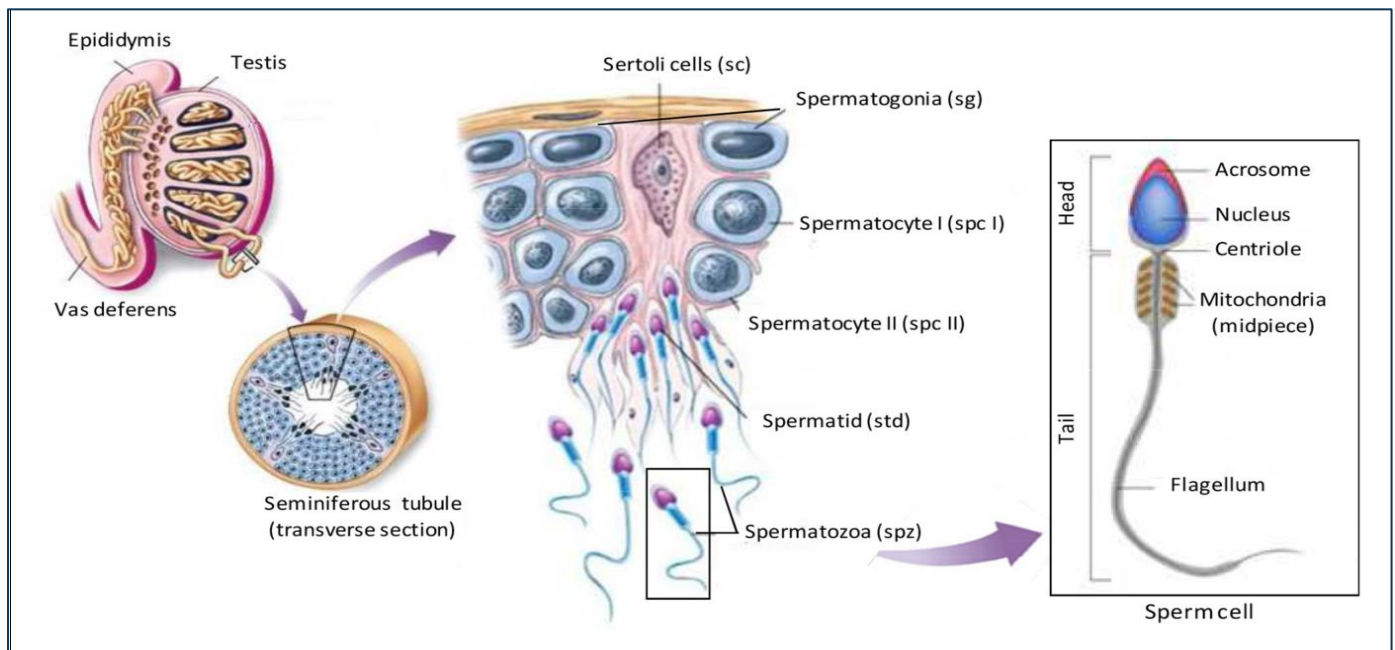


Figure 13: Détails en image du cycle spermato-génétique (Allais-Bonnet et Pailhoux, 2014).

1.3. La maturité sexuelle :

Définie comme le moment où la production quotidienne de sperme n'augmente plus, est atteinte à **32** semaines par la race Néo-Zélandaise en climat tempéré. Toutefois, dans les mêmes conditions, un jeune mâle peut être utilisé pour la reproduction dès l'âge de **20** semaines. En effet, les premières manifestations de comportement sexuel apparaissent vers **60-70** jours ; le jeune lapin commence alors à faire des tentatives de chevauchement. Les premiers coïts peuvent survenir vers **100** jours mais, dans ces premiers éjaculats, la viabilité des spermatozoïdes est faible à nulle. Il faut donc attendre **135 à 140** jours pour les premiers accouplements. Toutes ces données sont à considérer comme un ordre de grandeur.

Il existe en effet des différences raciales dans l'âge de la puberté, mais les conditions d'élevage jouent aussi un rôle essentiel, en particulier l'alimentation (plus encore que le climat).

2. Fonction endocrine :

1. Cellule de Leydig :

Sont des éléments polyédriques de **15 à 20** um de diamètre, possédant un noyau arrondi avec un cytoplasme dense et riche en citernes de réticulum endoplasmique lisse ; peu de mitochondries de taille variable et des enclaves lipidiques abondantes dans les cellules matures (Dadoune, 2000).

1.1. Biosynthèse des androgènes :

Les androgènes sont des hormones stéroïdiennes permettant la différenciation et la maturation des gonades. Ils stimulent les caractères sexuels secondaires pour aboutir à un phénotype masculin normal ;

- La **testostérone** est la principale hormone androgénique chez les hommes. Elle joue un rôle essentiel dans la spermatogenèse directement ou par le biais de ses métabolites actifs (**Tostain et al., 2004**) ; Synthétisée à partir du cholestérol (**Figure 14**), la testostérone est produite et sécrétée en grande partie (environ 95%) au niveau des cellules interstitielles de Leydig du testicule (**Schulze, 1984**) sous le contrôle de la LH. Ces cellules délivrent également d'autres stéroïdes : des précurseurs hormonaux (déhydroépiandrostérone (**DHEA**), Δ 4-androstènedione, androstènediol) et des métabolites biologiquement actifs tels que la **5 α -dihydrotestostérone (DHT)** (**Kaufman et Vermeulen, 2005**).

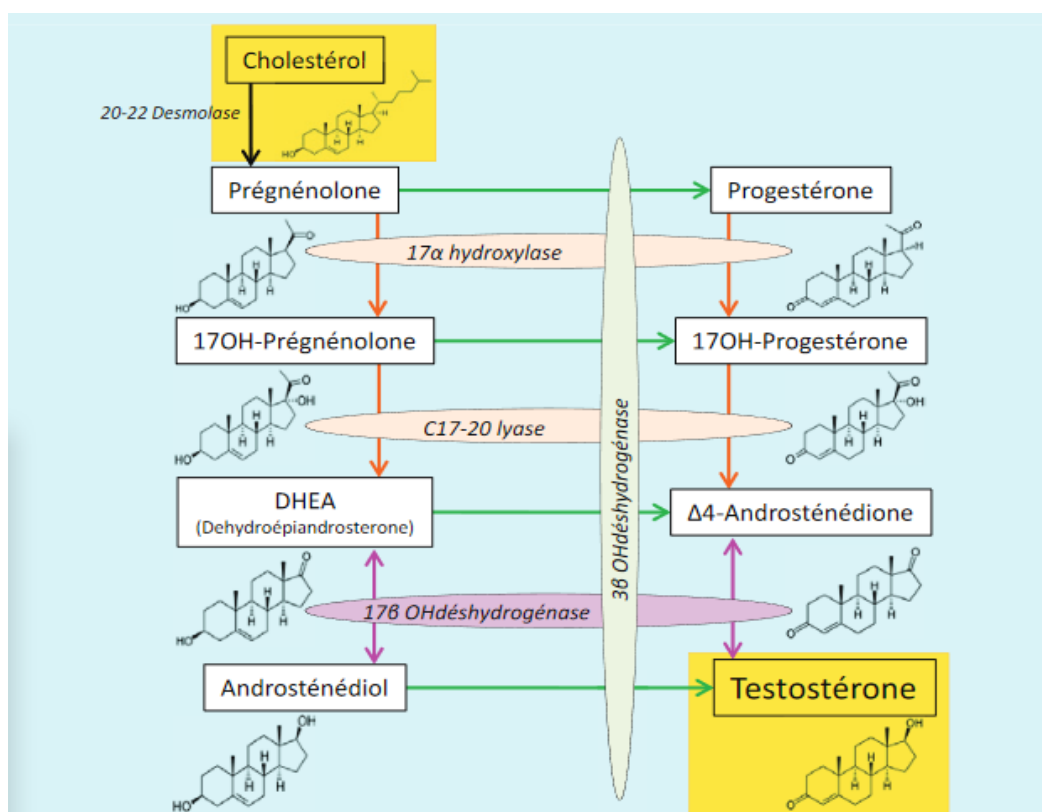


Figure 14: Biosynthèse de la testostérone à partir du cholestérol (**Desprat, 2015**).

-Dans la cellule de Leydig, la synthèse de la testostérone (**Figure 15**) à partir du cholestérol (**C27**), est réalisée au niveau des mitochondries et nécessite l'intervention d'une protéine de transfert : **StAR** (Steroidogenic Acute Regulatory protein) (**Soisson, 2013**). Ce transfert intra-mitochondrial du cholestérol est l'étape limitante de la stéroïdogénèse. Aussi, ce type de transport s'exerce par la **PBR** (Peripheral Benzodiazepine Receptor), qui contribue de façon minoritaire (**Li et Papadopoulos, 1998**).

Cette protéine régulatrice de la stéroïdogénèse transporte le cholestérol à travers la membrane mitochondriale externe et contribue à la production de la prégnénolone (**C21**). Plusieurs enzymes, issues de la famille du cytochrome **P450sc** (side-chain clivage) oxydante, interviennent alors dans la synthèse des stéroïdes en transformant notamment la prégnénolone en **DHEA** puis en testostérone au niveau du réticulum endoplasmique lisse (**REL**) (**Soisson, 2013**).

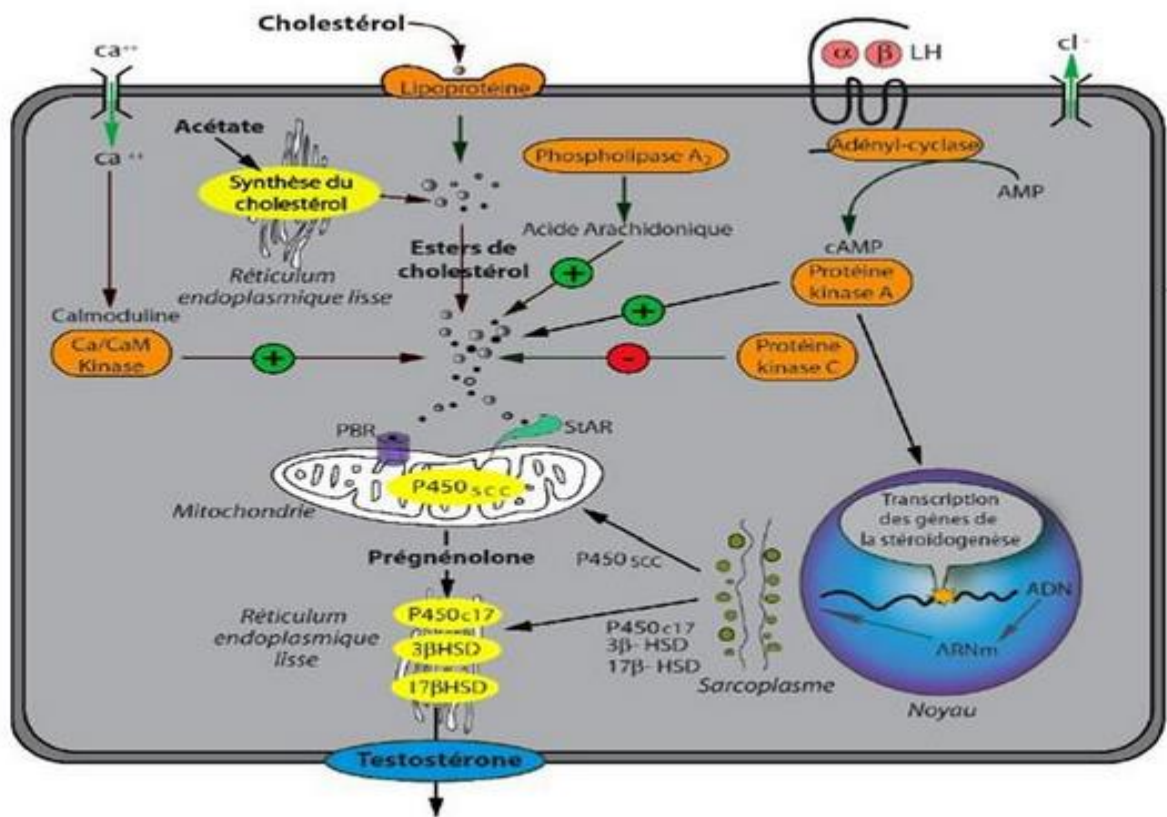


Figure 15: Régulation de la stéroïdogénèse dans la cellule de Leydig (Tostain et al., 2004).

1.2. Mode d'action de la testostérone :

La testostérone libre, après son passage transmembranaire, Au sein d'une cellule cible, la testostérone trouve dans le cytoplasme un récepteur protéique spécifique (Liao et Fang, 1969). Elle joue le rôle de pro-hormone et doit être métabolisée en androgène plus puissant. La dihydrotestostérone (DHT) qui activera le récepteur des androgènes (RA) (Figure 16), ou en oestrogène, l'oestradiol qui activera un récepteur différent. L'action globale de la testostérone reflète ainsi la réponse intégrée de chaque tissu à la testostérone, la DHT et l'oestradiol. Elle peut enfin être transformée et éliminée. De cet équilibre entre système de synthèse et systèmes de transformation et de dégradation dépend la stabilité du taux de testostérone (Tostain et al., 2004).

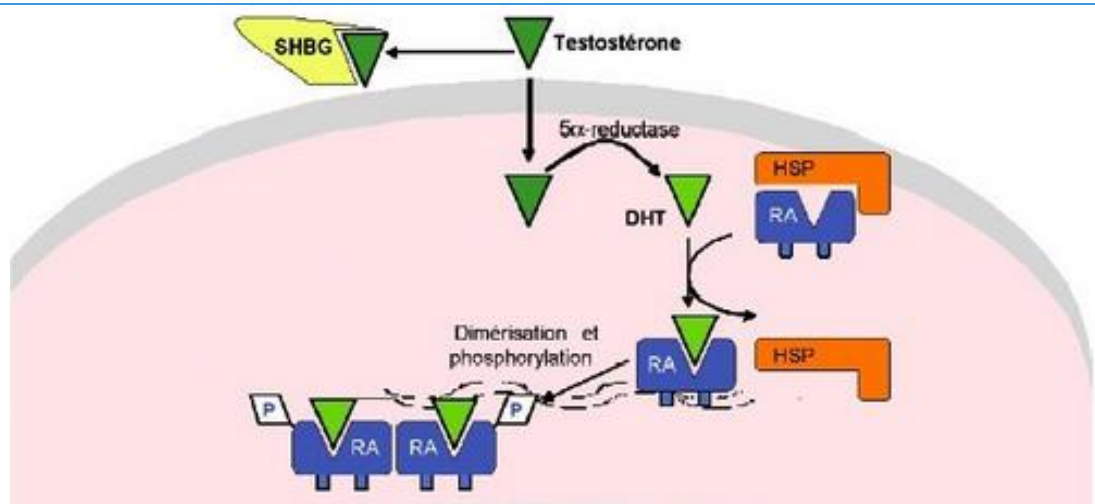


Figure 16: Mécanismes moléculaires de l'interaction androgène-RA au niveau d'une cellule cible androgène (Feldman et al., 2001).

(SHBG : Steroid Hormones Binding Globulin ; HSP : Heat Shock protein)

1.3. Rôle de la testostérone et ses principaux métabolites:

-A la puberté ; la testostérone va jouer un rôle majeur dans la masculinisation du cerveau, le comportement sexuel masculin, et l'initiation de la spermatogenèse pendant la puberté. Par ailleurs, la testostérone réduite en **5 α -DHT** favorise le développement des organes génitaux externes (augmentation de la taille des testicules, croissance du pénis) et la croissance des poils du visage et du corps (Thibault et al., 2001 ; Hiort et al., 2002).

-Pendant la vie adulte ; Les androgènes vont permettre le maintien de la spermatogenèse et des caractères sexuels secondaires (Mooradian et al., 1987), participent à l'induction de la fonction reproductrice et sont responsables de leur maintenance à l'âge adulte (Dohle et al., 2003).

En plus de leur action sur la fonction reproductrice, ils influencent le métabolisme de différents tissus tels les os ; les muscles ; la peau et le tissu adipeux ainsi que le comportement (Li et Al-Azzawi, 2009 ; Zouboulis et al., 2007).

Le développement des organes génitaux internes et externes masculins induit donc normalement le sexe phénotypique masculin (Figure 17), est accompagné d'une puberté et d'une fécondité normales (Aklil, 2011).



Figure 17: Activités tissulaires et fonctionnelles spécifiques de la testostérone et de ses principaux métabolites (Tostain *et al.*, 2004).

2. Cellule de Sertoli :

Elles sont des cellules somatiques présentes dans l'épithélium du tube séminifère. , de forme pyramidale et allongée, s'intercalent avec les cellules de la lignée germinales. Leur base repose sur la membrane basale de la gaine péri-tubulaire, alors que l'apex atteint fréquemment la lumière du tube séminifère (Dadoune, 2000). Chaque cellule de Sertoli est connectée aux cellules adjacentes par les jonctions serrées, disposées au pôle basal liant deux compartiments : un compartiment basal, périphérique et un compartiment central ou adjacent à la lumière, D'autres types de jonctions relient les cellules de Sertoli entre elle et avec les cellules germinales, dont des jonctions d'ancrage et des jonctions communicantes de type **Gap** (Figure 18), (Hazard et Perlemuter, 2000).

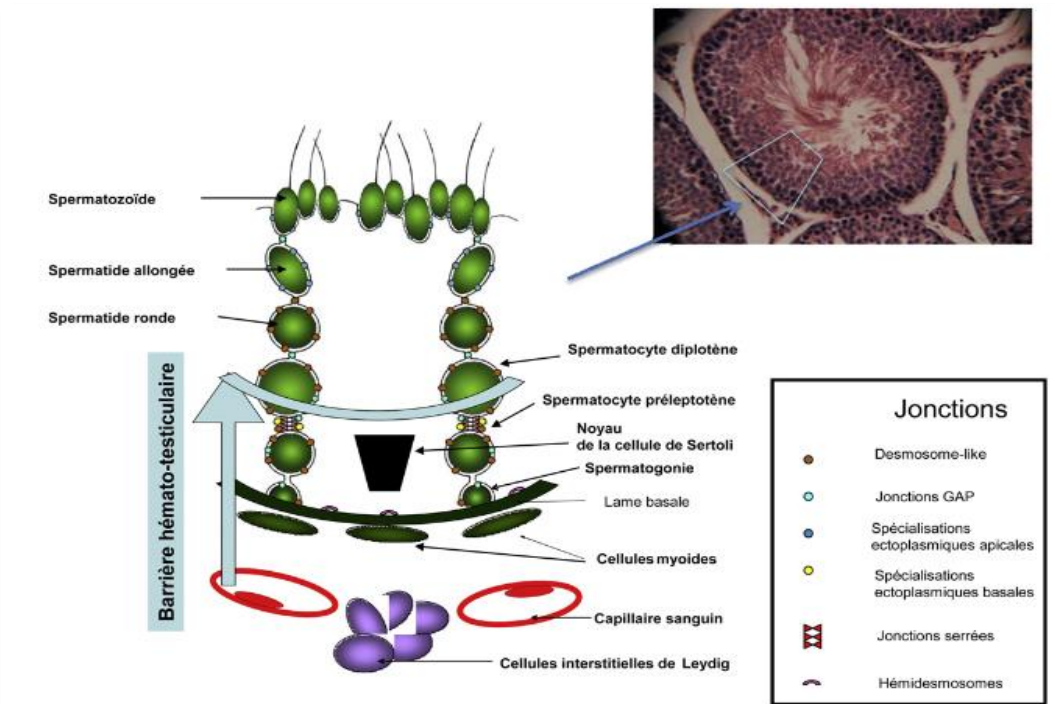


Figure 18: Détails d'une portion du tubule séminifère du testicule (Ravel et Jaillard, 2011).

2.1. Fonctions sécrétoires de la cellule de Sertoli :

La cellule de Sertoli joue un grand rôle dans la régulation de la spermatogénèse ainsi l'organisation fonctionnelle du testicule. Elle sécrète nombreuses protéines et facteurs de croissance nécessaires à la spermatogénèse (Jégou, 1995 ; Russell et Grisworld, 1993).

Dans les tubes séminifères, les cellules de Sertoli, outre leur rôle de soutien des cellules germinales, ont une fonction endocrine importante. Très tôt dans le développement du fœtus masculin, les cellules de Sertoli sécrètent l'hormone antimüllérienne (AMH) responsable de la régression des canaux de Müller. La sécrétion d'AMH persiste élevée jusqu'à la puberté, époque à laquelle elle disparaît, réglée négativement par la testostérone

Chez l'adulte, deux autres membres sont sécrétés par les cellules de Sertoli et de Leydig, l'**activine** et l'**inhibine** ;

- **Inhibine**, dont la sécrétion par la cellule de Sertoli est activée par la **FSH** (Follicle Stimulating Hormone), exerce un rétrocontrôle négatif sur la sécrétion hypophysaire de FSH.
- **Activine**, à l'inverse, potentialise localement la stimulation par la **LH** (Luteinizing Hormone) de la synthèse des androgènes par les cellules de Leydig et stimule la sécrétion de **FSH** par l'hypophyse (Josso et Rey, 1995).
- L'**ABP** (Androgène Binding Protein) est une protéine possédant une grande affinité pour la testostérone et la dihydrotestostérone. Celle-ci est sécrétée dans la lumière des tubes séminifères, libérée sous l'influence de la **FSH** et de la testostérone. Elle transporte les androgènes vers l'épididyme (Dadoue et Demoulin, 2001).

3. Régulation hormonale des fonctions testiculaires :

Comme mentionné précédemment ; la spermatogénèse est régulée par des interactions endocriniennes entre l'hypothalamus, l'hypophyse, les cellules de Sertoli et les cellules de Leydig (Dohle et al., 2003). Ce système endocrinien englobe une série de mécanismes qui sont impliqués entre autres dans le contrôle de la quantité de testostérone qui va se lier à son récepteur dans la cellule de Sertoli. Cette liaison est essentielle au bon déroulement de la spermatogénèse. Elle permet notamment le déclenchement et l'entretien de la spermatogénèse et inhibe l'apoptose des cellules germinales (Singh et al., 1995).

Deux mécanismes de rétrocontrôle sont mis en jeu ;

L'**inhibine** sécrétée par la cellule de Sertoli sous l'influence conjointe de **FSH** et de la testostérone **diminue** la sécrétion hypophysaire de **FSH** alors que l'**activine** la **stimule**. Le taux d'androgènes circulants et secondairement le taux d'œstrogènes produits par aromatisation ont une action inhibitrice sur la libération spontanée du **GnRH** et, au niveau de l'hypophyse (Figure 19), freine non pas la synthèse mais la libération de **LH** induite par la **GnRH** (Dadoune, 2006).

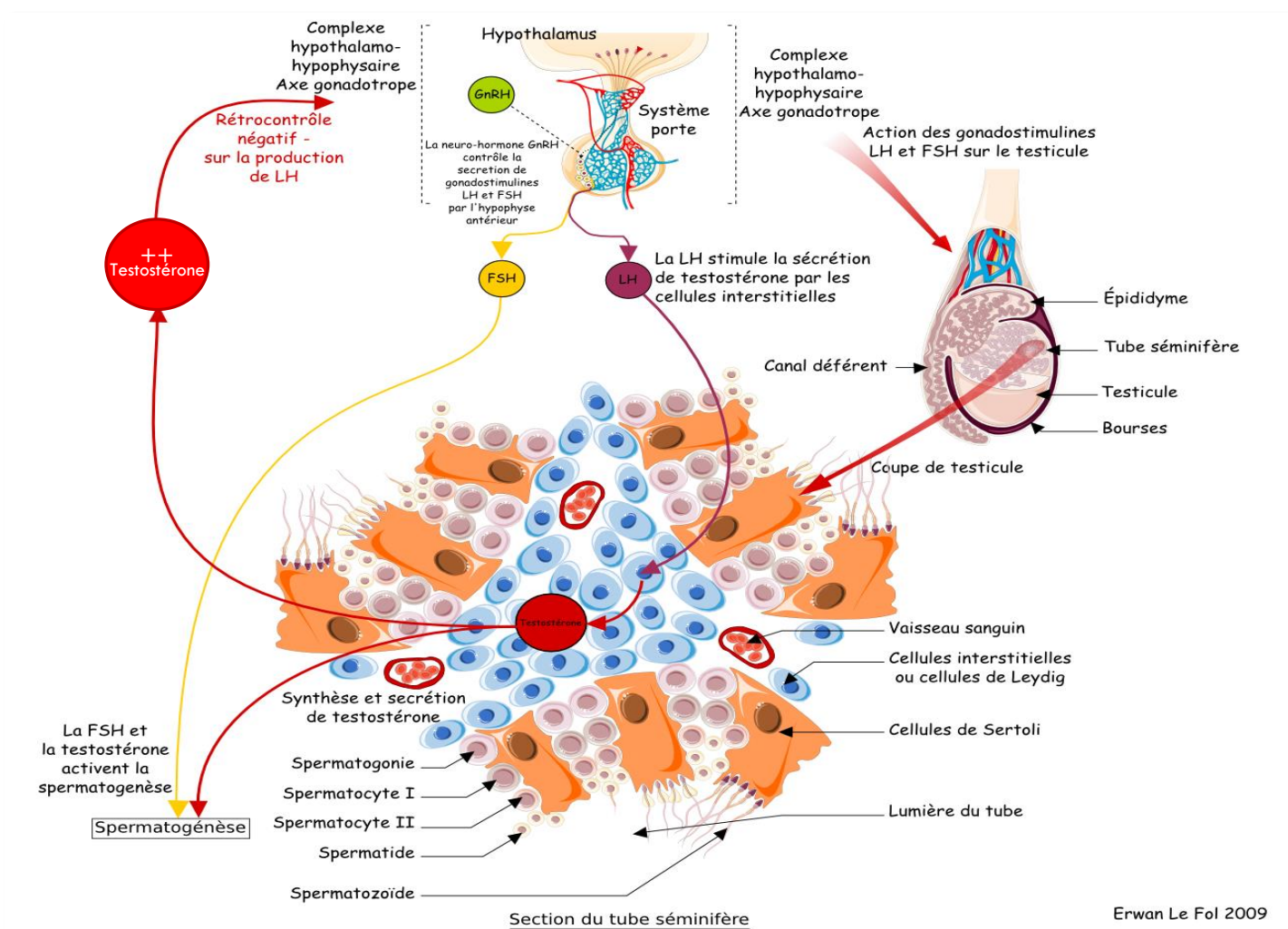


Figure 19 : schéma de la coordination spermatogénèse (Erwan Le Fol, 2009).

PARTIE
ЪАЪЛЛЕ

EXPERIMENTALE
EXЪЕЪIWEMLATE

MATERIEL ET METHODES

I. Modèle expérimentale :

1- Période et lieu d'expérimentation :

L'expérimentation a eu lieu au niveau de la station d'expérimentation de l'université de Blida-1, dont la durée était de **10 semaines** ; du **23 mars** au **10 juin 2021**.

2- Les lapins :

Le présent travail a été réalisé sur **25** lapins mâles de souche synthétique (**Figure 20**) en bonne santé. Ces lapins expérimentaux sont acquis auprès de l'**ITELV** (Institut Techniques des Elevages) de Baba Ali. L'âge moyen de ces lapins entre **2.5mois±1mois**, et leurs poids variant entre **1600g** et **2070g**,



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

Cette souche est issue d'un croisement entre la population local et une souche **INRA2666** sélectionnée pour sa prolificité. La souche synthétique créée en **2003** afin d'améliorer le potentiel génétique des lapins destinées à la production des viande en Algérie (**Gacem et al., 2008**), a été maintenue en population fermée au niveau de la station de l'**ITELV** jusqu'en **2011**, puis diffusée auprès des éleveurs.

3- Conditions d'élevage :

Dès leur arrivée à la station ;

- Les **25** lapins ont été pesés et placés dans des cages individuelles, puis soumis à une période d'adaptation de 7 jours.

4- Alimentation et abreuvement :

L'alimentation des lapins était à base de granulé (**Figure 21**), distribué chaque matin ; **100g** pour chaque dans des trémies métalliques qui équipent chacune des cages d'élevage. L'aliment granulé provenait de **CASAP** (Coopérative Agricole de Service des Approvisionnements) de Blida. Ce dernier est fabriqué à base de Maïs, de Luzerne, de tourteaux de Soja, de Son Phosphate bicalique et de **CMV** spécial lapin.



Figure 21 : Aliment granulé distribué aux lapins (**Originale**).

Afin que les lapins puissent atteindre l'eau facilement, un système de conduite munis de tétines automatiques a été placé, deux jerricans de **20 L** et **10 L** lui ont été placés ; rempli une fois par deux jours avec de l'eau fraîche et buvable (**Figure 22**).



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

II. Protocole expérimentale :

Selon El-Sayed et Ibrahim (2019) ;

1- Constitution des lots :

- Au début de l'expérimentation, deux lots de lapins (**n=25**) ont été séparés dans des cages à installation identique ;
- **LT (Lot Témoin)** : **06** lapins témoins reçoivent **100g** d'alimentation standard jusqu'à la fin de l'expérimentation.
- **LE (Lot Expérimental)** : **19** lapins expérimentaux sous un régime hyper lipidique ; reçoivent **100g** de granulé plus **10g** de l'huile de palme par jour.
- Après **7** semaines d'expérimentation ; le lot expérimental (**LE**) a été divisé en deux :
- **LG (Lot Gingembre)** : **10** lapins expérimentaux ont été traités par les pastilles préparés de la poudre du rhizome du Gingembre (**ZO**), pendant **3** semaines.

09 lapins expérimentaux ont terminés leur régime hyper lipidique jusqu'à la fin de l'expérimentation.

III. Matériel Biologique :

1. Matériel végétale :

1.1. Huile de palme :

L'huile de palme brute est appelée huile de palme rouge, en raison de sa couleur rouge, liée à sa richesse en caroténoïdes. Cette huile est, le plus souvent, vendue et consommée **raffinée**, c'est-à-dire après décoloration et désodorisation. Pour notre expérimentation, nous avons utilisé l'huile de palme raffinée (**Figure 23, (A)**), **10g/jour** pour chaque lapin expérimenté (**Figure 23, (B)**).insoluble dans l'eau, son point de fusion est de **38** à **40 C°** (**Figure 23, (C)**), de couleur jaune.

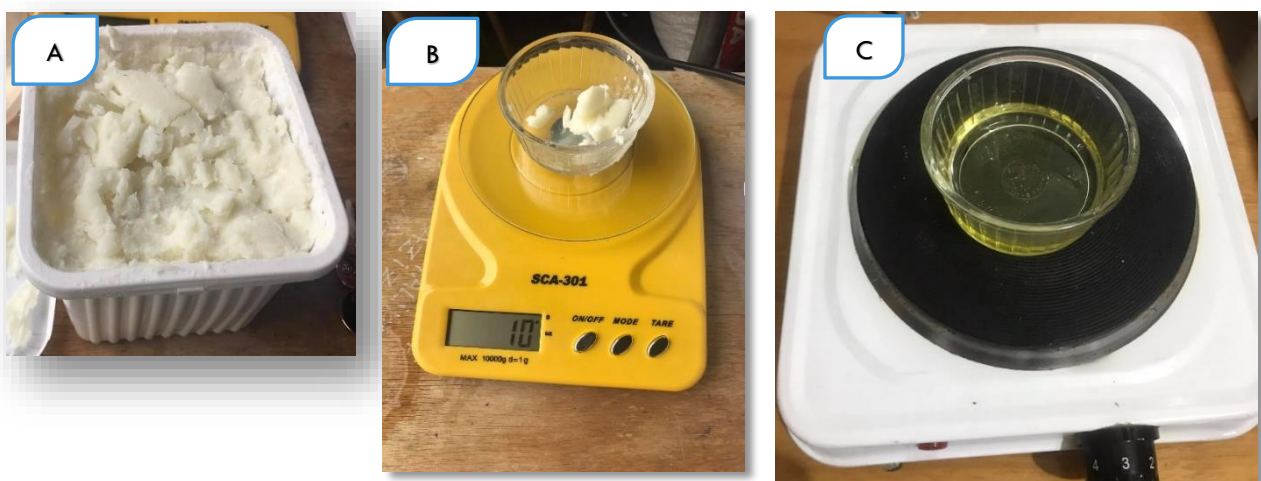


Figure 23 : Huile de palme utilisée (originale)

A : huile de palme raffinée, B : pesée de l'huile, C : huile de palme liquéfiée

1.2. Poudre du gingembre :

Le rhizome du gingembre a été utilisé pour cette expérimentation. Ceci acheté sous forme fraîche chez un herboriste ; Le rhizome frais (**Figure 24, (A)**) a été bouilli pendant **45min** puis séché au soleil pendant **10 à 14 jours** (rhizome sec) (**Figure 24, (B)**) qui sera ensuite broyé en poudre fine pour obtenir la poudre du rhizome du gingembre (**Figure 24, (C)**).



Figure 24 : Le rhizome de *Zingiber officinale* frais, séché et réduit en poudre (**originale**).
A : rhizome frais, B : rhizome sec, C : poudre du rhizome

1. Matériel et produits:

- Balance
- Mortier et pilon
- Eau distillé
- Moulinette

2.1. Méthodes d'études :

Selon Mancini et *al.*, (2018) ;

➤ Broyage :

Dans un mortier et à l'aide d'un pilon, une quantité de **100g** du rhizome du gingembre sec a été broyée en gros, puis pulvérisée en poudre à l'aide d'une moulinette (**Figure 25**).

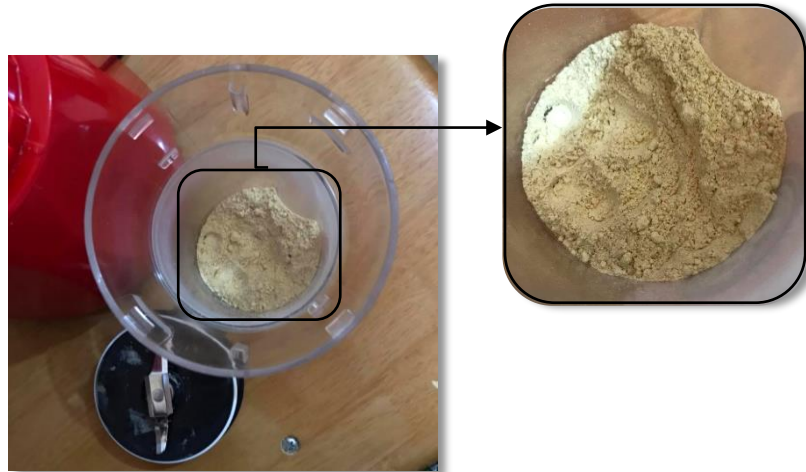


Figure 25 : Broyage du rhizome de *Zingiber officinale* (**Originale**).

➤ **Extraction avec de l'eau distillée :**

Pour faciliter l'accès des lapins expérimentaux au gingembre afin de les traiter, nous avons préparé des pastilles du gingembre, pour cela ;

- Nous avons pesé la poudre du gingembre selon le poids du lapin ; pour chaque **1000g** du poids de lapin, **4g** de la poudre du gingembre.
- Nous avons ensuite mélangé avec cette dernière, **100g** d'alimentation standard pulvérisée.
- Nous avons ajouté à ce mélange végétal, de l'eau distillé au fur et à mesure jusqu'à ce qu'il se tienne pour qu'on puisse le former en pastilles. (**Figure 30**).



Figure 26 : pastilles préparés du rhizome de *Zingiber officinale* (**Originale**).

2- Comportement des animaux :

Les lapins expérimentaux soumis au régime hyper lipidique montraient des signes de stress ; agressivité, grincement des dents.

3- Signes d'une Alopécie et d'inflammation des gonades mâles :

- Les lapins traités au gingembre perdaient beaucoup de poils (Alopécie) (**Figure 27**).
- Les lapins expérimentés soumis à régime hyper lipidique présentaient une inflammation au niveau des testicules, celle-ci est révélée par une rougeur et une enflure (**Figure 28**).

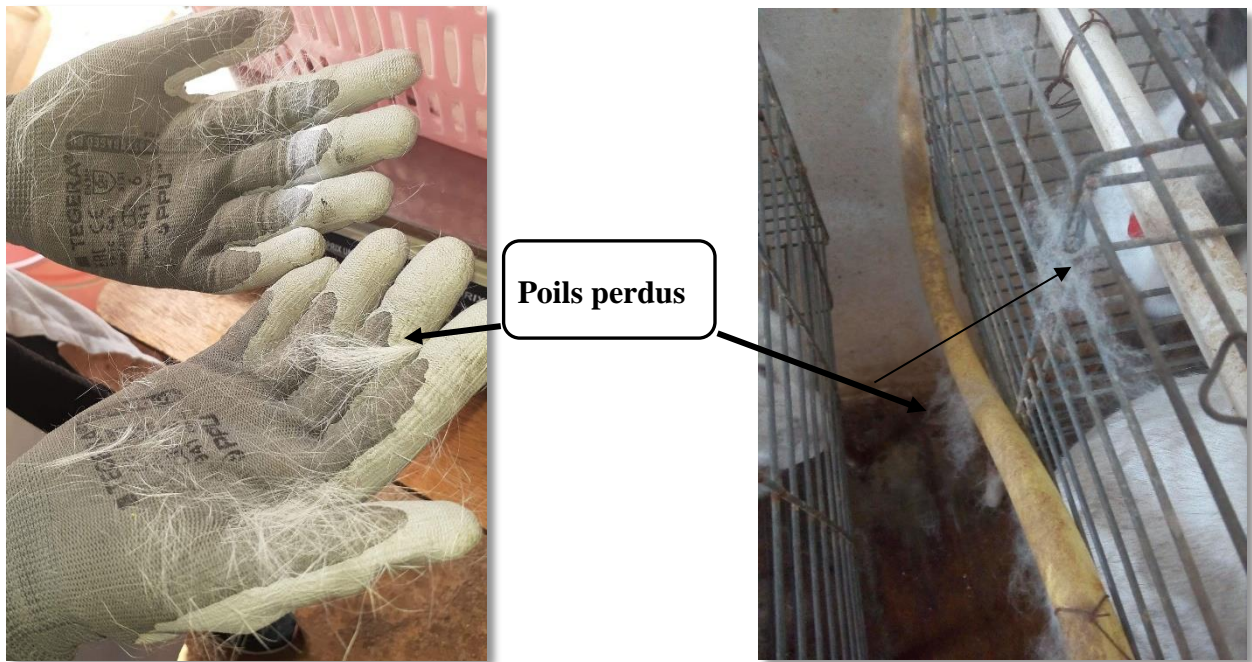


Figure 27 : Perte de poils (Alopécie) (**Originale**).



Figure 28 : Inflammation au niveau du testicule (**Originale**).

IV. Techniques opératoires :

1- Suivi du poids corporel :

Une première pesée des lapins été effectuée dès leur réception à la station expérimentale, le suivi du poids corporel est réalisé par des pesées de tous ces lapins, une fois par semaine jusqu'à la fin de l'expérimentation (Figure 29).



Figure 29 : Pesée des lapins sur une balance (Originale).

2- Prélèvement des échantillons biologiques tissulaires et sanguin :

2-1- Prélèvement sanguin :

Au bout de 10 semaines d'expérimentation, les lapins des deux lots sont sacrifiés par saignement en matinée, après un jeûne de 12 heures. Puis rapidement le sang est recueilli dans des tubes héparines en plastique (Berson et Yalow, 1968), (Figure 30).

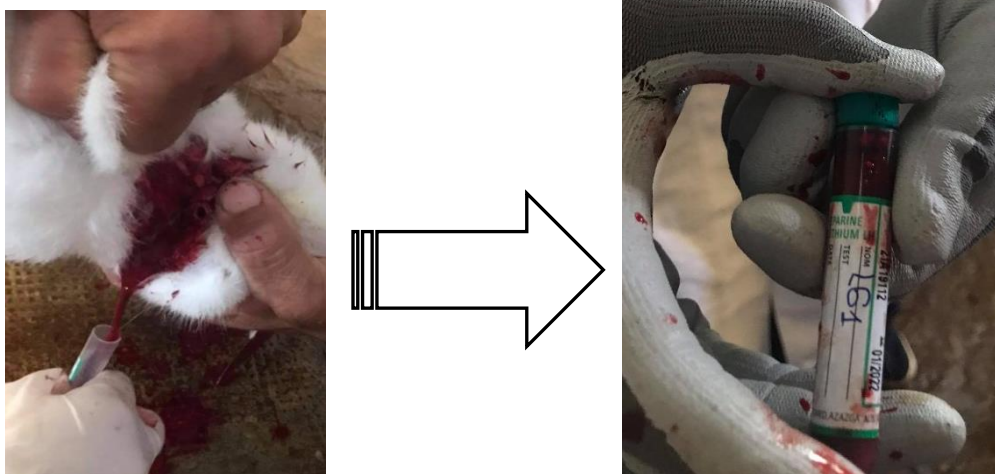


Figure 30 : Prélèvement du sang (Originale).

Matériel et Méthodes

Le sang est centrifugé à **3000 tours/min**, pendant **15 minutes**, le plasma récupéré est stocké dans des tubes Eppendorff à **-25°C** jusqu'au moment des dosages, subissant une seule décongélation. Le dosage de l'hormone sexuelle mâle « testostérone » est effectué.

2-2- Prélèvement d'organes :

Après le sacrifice, les animaux ont été immédiatement disséqués, les testicules droits et gauches ainsi que les épididymes droits et gauches évacués de leurs bourses, dégraissés, prélevés (**Figure 31**) et pesés individuellement sur une balance de précision. Ces derniers ainsi qu'aux organes ont été fixés dans le formol dilué à **10%** contenu dans des boites étiquetées (**Figure 32**). Le tissu adipeux a été séparé des organes et pesé individuellement.

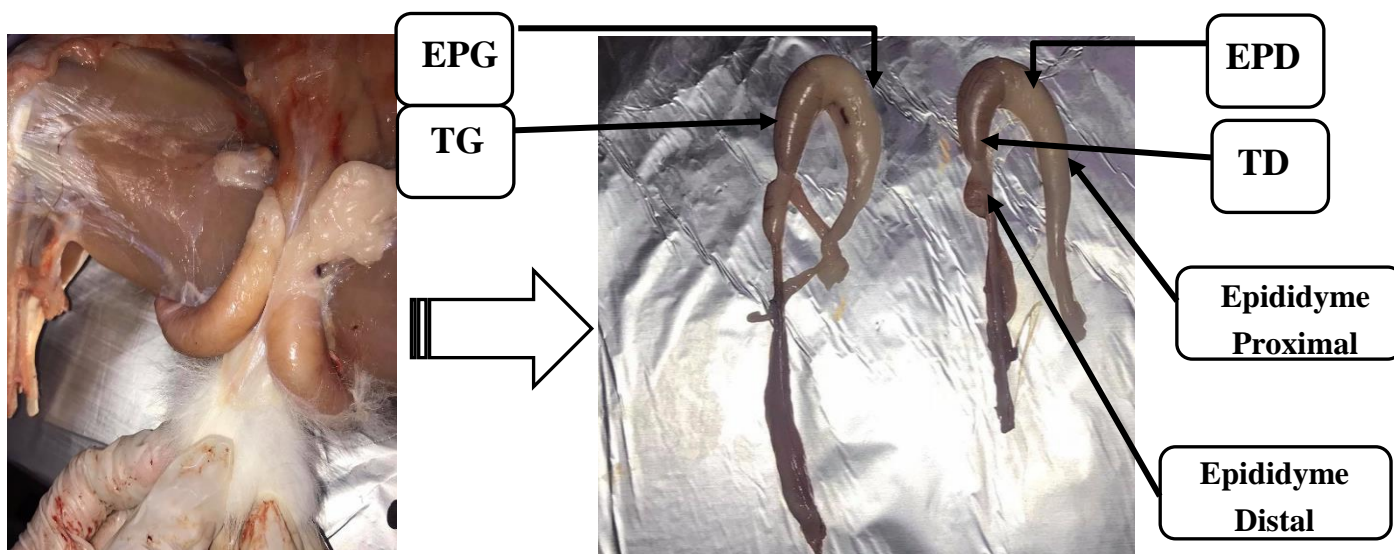


Figure 31: Appareil reproducteur mâle (**Originale**).

(*TD : Testicule Droit, EPD : Epididyme Droit, TG : Testicule Gauche, EPG : Epididyme gauche.*)

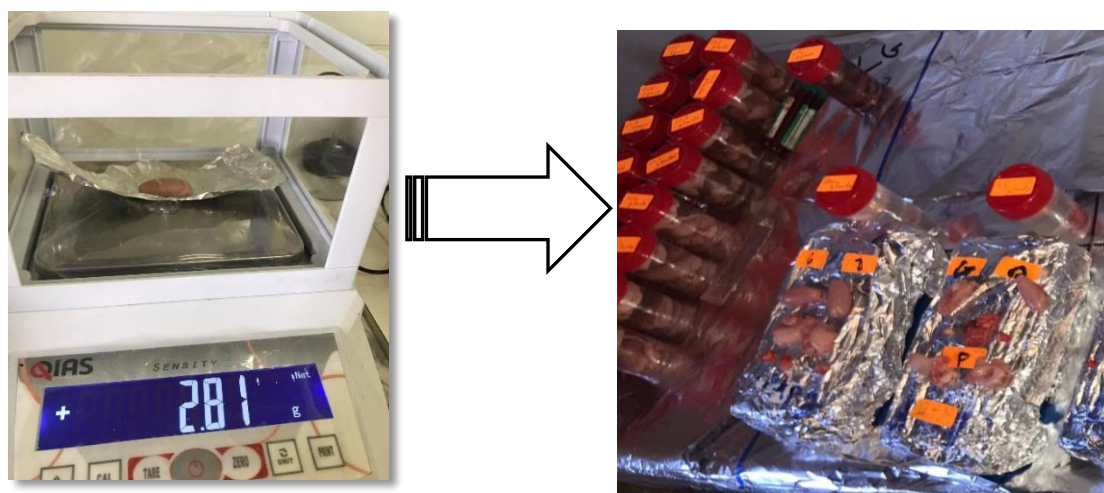


Figure 32 : La pesée de l'appareil reproducteur des deux lots (**Originale**).

V. Techniques analytique :

1- Testostérone :

VIDAS Testostérone II (test 2), est un test quantitatif automatisé sur les instruments de la famille **VIDAS**, permettant la mesure quantitative du taux de la testostérone totale dans le sérum ou plasma, par technique **ELFA (Enzyme Linked Fluorescent Assy)**.

Le principe de la réaction :

Le principe du dosage associe la méthode immuno-enzymatique sandwich, en une étape, à une détection finale en fluorescence (**ELFA**).

L'échantillon prétraité est prélevé, puis transféré dans les puits contenant une anti-testostérone, marquée à la phosphatase alcaline. Il s'effectue une compétition entre l'antigène présent dans l'échantillon et l'antigène testostérone fixé sur le cône vis-à-vis des sites de l'anticorps spécifique anti-testostérone conjugué.

Des étapes de lavage éliminent les composés non fixés ; lors de l'étape finale de révélation le substrat (4-méthyl-ombelliferyl phosphate) est aspiré puis refoulé dans le cône ; l'enzyme du conjugué catalyse la réaction d'hydrolyse de ce substrat en un produit (4-méthyl-ombelliférone) dont la fluorescence émise est mesurée à **450 nm**. La valeur du signal de fluorescence est inversement proportionnelle à la concentration de l'antigène présent dans l'échantillon.

A la fin du test, les résultats sont calculés automatiquement par l'instrument par rapport à une courbe de calibration mémorisée, puis imprimés

VI. Analyse statistique :

➤ La moyenne arithmétique (\bar{X}) :

La moyenne arithmétique (\bar{X}) d'une série statistique est égale à la somme des valeurs de la variable divisé par l'effectif total. Soit une série statistique comportant **n** observations dont les valeurs respectives sont:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} X_i}{n}$$

$\sum_{i=1}^{i=n} X_i =$ Somme des valeurs individuelles.

➤ **Erreur standard à la moyenne ESM :**

$ESM = ET / (\sqrt{n-1})$ ET= Ecart type et n= nombre des valeurs.

$$ET = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

X_i = valeurs individuelles comparées.

X = moyenne \bar{x} des valeurs individuelles comparées.

L'analyse statistique des données obtenues est effectuée à l'aide de logicielle **Graph Pad Prism** version 7. La validité statistique des différences est calculée selon deux tests non paramétriques, le premier est celui de Student, qui s'utilise pour comparer deux échantillons indépendants. Le deuxième correspond à l'Anova , appliqué pour comparer les distributions de plus de deux groupes indépendants.

Le degré de significativité « **p** » s'écrit comme suit :

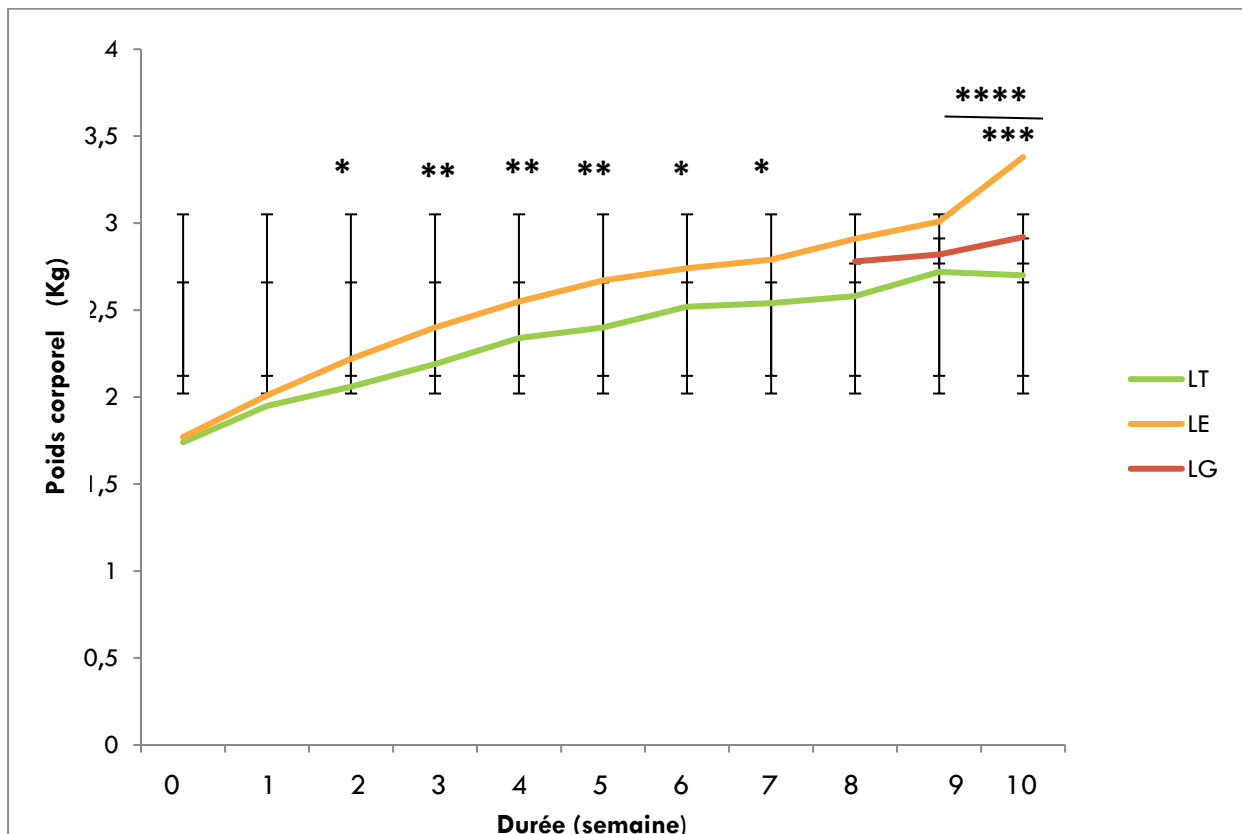
Si **p>0.05** : la différence n'est pas significative (**NS**)
Si **0.01<p<0.05** : la différence est significative (*)
Si **0.001<p<0.01** : la différence est très significative (**)
Si **p<0.001** : la différence est hautement significative (***)
Si **p<0.0001** : la différence est extrêmement significative (****)

RESULTATS ET DISCUSSION

I. Poids et Testostéronémie :

Les valeurs moyennes du poids corporel, poids du tissu adipeux, poids testiculaires et épидидymes, ainsi des taux de la testostérone chez les lapins témoins, soumis au régime hyper lipidique et ceux traités à la poudre du rhizome du gingembre sont présentés sous formes de tableaux et de graphes ;

1. Poids corporel :



Les valeurs moyennes du tableau représentent la moyenne \pm ESM

[LE vs LT] : * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$: LT : Lot Témoin ; LE : Lot Expérimental.

Figure 33 : Variation pondérale moyenne chez le lot témoin, expérimental et gingembre semaine pendant 10 semaines.

Selon la figure 33 ; A la 2^{ème} semaine du régime hyper lipidique le poids de lapins du lot expérimental a augmenté avec 7.76%, par rapport aux lapins témoins, le test de Student montre que celle-ci est significative ($p < 0.05$), la valeur moyenne est de 2.22 ± 0.03 (kg), et celle des lapins témoins est de 2.06 ± 0.05 (kg). A la 3^{ème} semaine, le poids des lapins soumis au régime hyper lipidique a augmenté avec 9.58% par rapport aux lapins témoins, celle-ci est très significative ($p < 0.01$), la valeur moyenne est de 2.4 ± 0.03 (kg), et celle des lapins témoins est de 2.19 ± 0.03 (kg).

Résultats et discussion

De la 4^{ème} jusqu'à la 5^{ème} semaine, le poids des lapins expérimentaux continuait son augmentation progressivement, d'une différence très significative par rapport aux lapins témoins. A la 7^{ème} semaine, le poids des lapins expérimentaux montre une augmentation pondérale de **9.84%** par rapport aux lapins témoins, celle-ci est significative ($p < 0.05$), la valeur moyenne est de **2.79±0.05 (kg)**, et celle des lapins témoins est de **2.54±0.06 (kg)**.

D'après la figure 33 ; A la 10^{ème} semaine d'expérimentation, le test de Student montre une diminution pondérale moyenne hautement significative ($p < 0.001$) chez les lapins traités à la poudre du rhizome du gingembre, cette diminution est de **13,60%** par rapport aux lapins soumis au régime hyper lipidique, la valeur moyenne du **LG** est de **2.92±0.08 (kg)** et **3.38±0.06 (kg)** du **LE**.

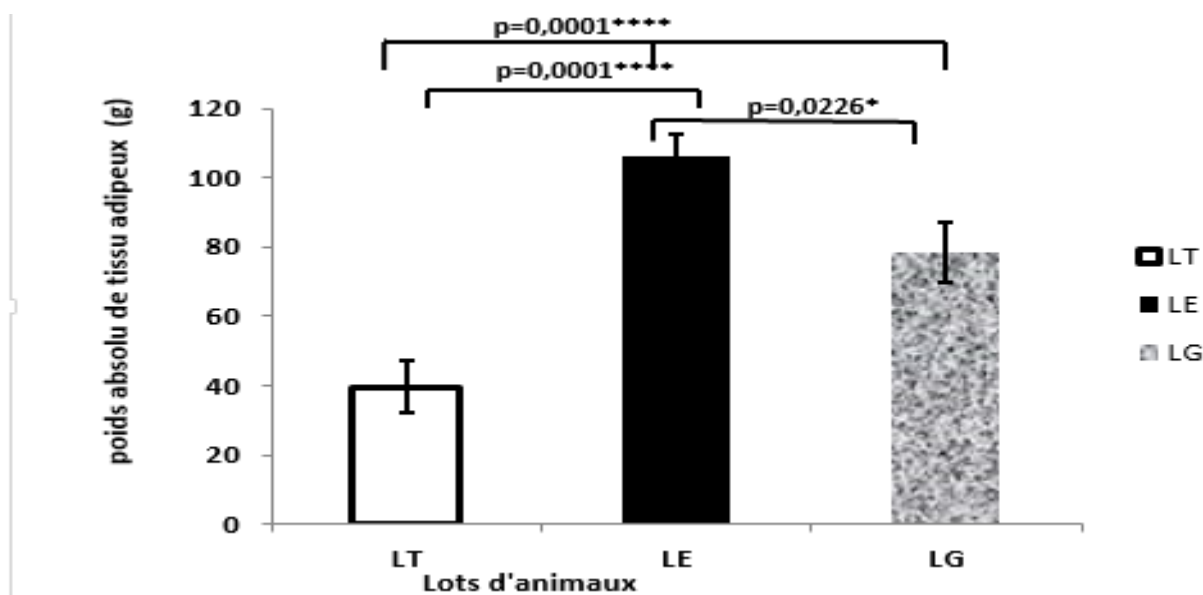
Le test d'Anova relève une variation extrêmement significative ($p < 0.0001$) entre les lapins témoin, expérimentaux et traités par la poudre du rhizome du gingembre.

2. Poids du tissu adipeux :

2.1. Poids absolu du tissu adipeux :

Tableau VI : Valeurs moyennes du poids absolu du tissu adipeux (g) des lapins témoins, expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome du gingembre.

Lots	LT (Lot Témoins) n=6	LE (Lot Expérimental) n = 9	LG (Lot Gingembre) n = 10
Moyenne du poids absolu de tissu adipeux ± ESM	39,5±7,5	106±6,35	78,4±8,73



Les valeurs moyennes du tableau représentent la moyenne \pm ESM

[LE vs LT] :****p<0.0001; [LE vs LG] : *p< 0.05 ; [LG vs LT vs LE] : ****p<0.0001, LG : lot gingembre ; LT: lot témoin ; LE : lot expérimental.

Figure 34: Valeurs moyennes du poids absolu du tissu adipeux (g) des lapins expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome du gingembre.

A la 10^{ème} semaine d'expérimentation (Tableau VI ; Figure 34), selon le test de Student ;

- Le poids absolu du tissu adipeux des lapins expérimentaux a augmenté à **168.35%**, cette valeur est de **106 \pm 6.35 (g)**, cette augmentation extrêmement significative (**p<0.0001**).
- Le poids absolu du tissu adipeux des lapins a diminué de **26.03%** par rapport aux lapins expérimentaux, cette valeur est de **78,4 \pm 8,73 (g)**, cette diminution est significative (**p<0.05**).

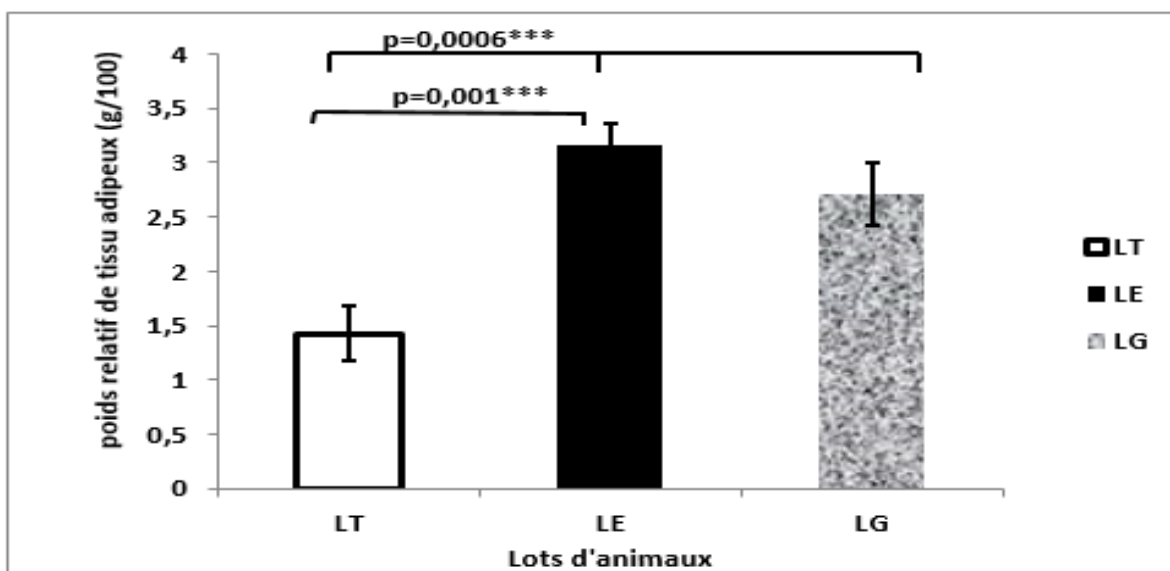
D'après le test d'Anova;

- Le poids absolu du tissu adipeux des lapins des trois lots relève une variation pondérale moyenne extrêmement significative (**p<0.0001**).

2.2. Poids relatif du tissu adipeux :

Tableau VII : Valeurs moyennes du poids relatif du tissu adipeux (g) des lapins témoins, expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome du gingembre.

Lots	LT (Lot Témoins) n=6	LE (Lot Expérimental) n = 9	LG Lot Gingembre) n = 10
Moyenne du poids relatif de tissu adipeux ± ESM	1,43±0,25	3,16±0,2	2,71±0,28



Les valeurs moyennes du tableau représentent la moyenne ± ESM

[LE vs LT] :***p<0.001; [LG vs LT vs LE] : ***p<0.001, LG : lot gingembre ; LT: lot témoin ; LE : lot expérimental.

Figure 35 : Valeurs moyennes du poids relatif du tissu adipeux (g) des lapins expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome.

A la 10^{eme} semaine d’expérimentation (Tableau VII ; Figure 35), selon le test de Student ;

- Le poids relatif du tissu adipeux des lapins expérimentaux a augmenté à **120.97%**, cette valeur est de **3,16±0,2 (g)**, cette augmentation hautement significative (**p<0.001**).

- Le poids relatif du tissu adipeux des lapins traités a diminué de **14.24%** par rapport aux lapins expérimentaux, cette valeur est de **2,71±0,28 (g)**, cette diminution est significative (**p<0.05**).

D’après le test Anova;

- Le poids relatif du tissu adipeux des lapins des trois lots relève une variation pondérale moyenne hautement significative (**p<0.001**).

Discussion :

Les lapins du lot expérimental soumis à un régime hyperlipidique ont montrés un gain pondéral très important tout le long de la diète enrichi en l'huile de palme, enregistrant une hausse significative de **9.84%** au cours de la 7^{ème} semaine.

D'une autre part, à la 10^{ème} semaine d'expérimentation, le poids relatif du tissu adipeux viscéral augmente d'une manière hautement significative, chez les lapins soumis sous le régime hyperlipidique, la hausse est de **120.97%**, la valeur notée correspond à **3,16±0,2 (g)**.

Ces lapins présentent un gain de poids progressif et hautement significatif, par rapport aux lapins témoins. La prise du poids est due au dépôt excessif de la graisse dans le tissu adipeux, au niveau abdominal, conduisant à une obésité viscérale. Le régime enrichi en l'huile de palme est à l'origine de cette obésité viscérale, ce type de régime peut être classifié autant que **DIO** (Diet Induced Obesity) et/ou **HFD** (High Fat Diet).

Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés chez les lapins Néo-Zélandais et Angora, soumis au régime hyperlipidique pendant **10** semaines (**Singha et al., 2009**), et ceux rapportés chez les lapins Néo-Zélandais sous un régime d'engraissement à haute teneur en lipides et en glucides pendant **15** semaines (**Aklil, 2011**).

Les adipocytes sont le principal composant cellulaire des tissus adipeux. Le développement de celui-ci peut être dû à une hyperplasie, c'est-à-dire une augmentation du nombre des adipocytes par différenciation adipocytaire et/ou une hypertrophie par augmentation de la taille des adipocytes.

D'après **Kitajima et al., (2004)**, ainsi, **Koike et al., (2004)** l'augmentation significative du tissu adipeux, chez les lapins nourris avec un régime **HFSD** (High Fat Sucrose Diet), résultait d'une hypertrophie des adipocytes. La taille et le nombre des adipocytes augmentent avec la sévérité de l'obésité (**Hirsch et al., 1976**).

La cellule adipeuse peut ainsi se différencier et se charger en triglycérides jusqu'à atteindre une taille critique, qui est déterminée par des facteurs génétiques et spécifique de chaque dépôt. De laquelle, l'adipocyte va recruter un nouvel adipocyte, provoquant une augmentation du nombre des adipocytes ou hyperplasie (**Basdevant, 2006**).

A la 10^{ème} et dernière semaine d'expérimentation, le poids corporel des lapins traités à la poudre du rhizome de Zingiber Officinale a montré une diminution hautement significative, la baisse est de **13.60%**, de valeur de **2.92±0.08 (kg)**, par rapport aux lapins soumis au régime hyperlipidique, qui présentaient une valeur de **3.38±0.06 (kg)**.

Le poids relatif du tissu adipeux des lapins traités a diminué de **14.24%** par rapport aux lapins expérimentaux, cette valeur est de **2,71±0,28 (g)**. Cette diminution peut être expliquée à l'effet du gingembre sur la masse viscérale, formée par stockage des triglycérides au sein des adipocytes.

Nos résultats corroborent ceux de **Nazish et al. (2016)**, qui ont montré l'effet anti-obésité de *Zingiber officinale*, sur des rats soumis sous **HFD** (High Fat Diet), pendant **6** semaines, ces animaux ont montré une diminution significative du poids corporel ainsi de l'insuline, leptine et des lipides.

Résultats et discussion

Selon les résultats de **Habbouche et Larbi, (2020)**, le traitement par le *Curucuma longa* qui est une plante de la même famille du gingembre ; les Zingiberaceae, a induit un effet hypolipémiant, s'expliquant par une diminution du taux de triglycérides, chez les lapins soumis à un régime enrichi en l'huile de palme, pendant **19** semaines.

Le tissu adipeux sécrète de nombreuses cytokines pro-inflammatoires telles que l'**IL-6** et la **TNF- α** . Il est aussi la cible des hormones ; estrogènes, androgènes, hormones de croissance et les glucocorticoïdes (**Ouchi et al., 2011**).

Une fois les adipocytes augmentent de taille de façon critique, ces derniers deviennent incapables de fonctionner comme des cellules de stockage d'énergie, développent rapidement une apoptose et modifient leur fonction endocrinienne ; devenant résistant à l'insuline au biais d'une accumulation ectopique d'acides gras (**Aon et al., 2014**) ou d'une inflammation du tissu adipeux ; l'apoptose excessif des adipocytes entraîne une inflammation locale induisant une adiposité, en réaction de cette dernière, une accumulation de macrophage et la production de plusieurs cytokines pro-inflammatoires auront lieu, qui augmenteront la production locale de la **TNF- α** et l'insuline-résistance (**González-Castejón et al., 2011**).

Le régime **DIO** ou **HFD**, diminue les taux de HDL-cholestérol (**Adegbola et al., 2021 ; Soltani et al., 2011 ; Chen et al., 2010**). L'extrait du gingembre empêche ou retarde l'absorption des graisses (**Nazish et al., 2016**), selon **Gu et Zhu (2011)**, la fraction cardioprotectrice « **HDLc** » est impliquée dans le transport «reverse» du cholestérol, le gingembre peut augmenter la synthèse des acides biliaires comme moyen d'éliminer le cholestérol. D'autres recherches ont démontré que l'extrait du gingembre augmentait l'excrétion fécale du cholestérol, ce qui suggère un blocage d'absorption du cholestérol au niveau intestinal (**Han et al., 2005**).

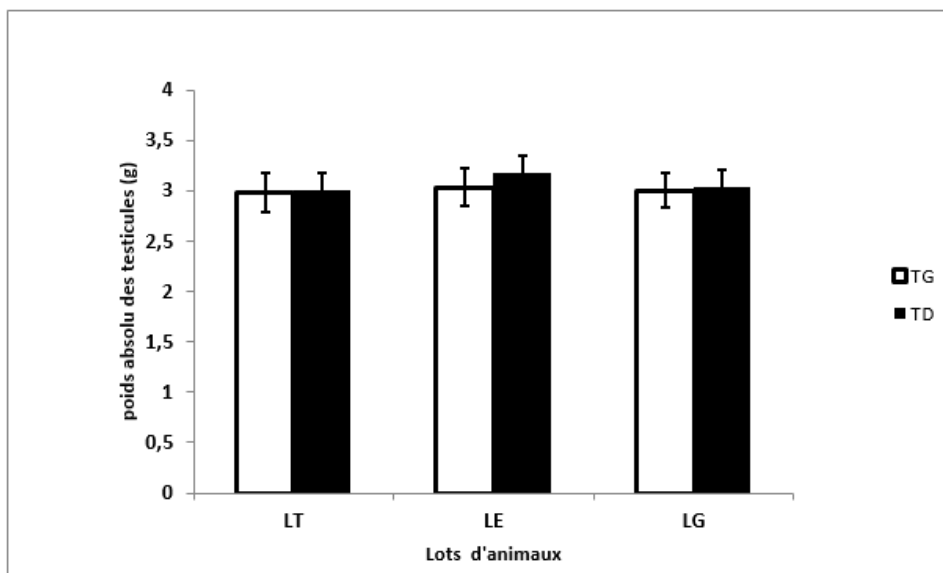
De cela, nous pouvons conclure que les principes actifs du gingembre, révèlent de diverses activités bénéfiques: anti-inflammatoire et anti-obésité ; celles-ci ont permis de réduire le taux d'accumulation des triglycérides au niveau des adipocytes, ainsi, celui des adipocytes morts, ceci en augmentant la réaction immunitaire contre l'inflammation, provoquée par ces derniers ; par inhibition de la libération des cytokines proinflammatoires et régulant ainsi la libération de la **TNF- α** , intervenant dans la diminution du taux de cholestérol total, circulant dans le sang. La réduction de ce taux permet de diminuer le poids corporel, empêcher l'accumulation du tissu adipeux viscéral formée au cours du régime enrichi en l'huile de palme.

3. Poids des testicules et épididymes :

3.1. Poids absolu des testicules:

Tableau VIII : Poids absolu des testicules droits et gauches (g) des lapins témoins et expérimentaux et traités par la poudre du rhizome du gingembre.

Lots	LT (Lot Témoin) n=6	LE (Lot Expérimental) n = 9	LG (Lot Gingembre) n = 10
Moyenne du poids absolu du testicule droit ± ESM	3,02±0,17	3,19±0,17	3,05±0,16
Moyenne du poids absolu du testicule gauche ± ESM	2,99±0,20	3,04±0,19	3,01±0,17
Moyenne du poids absolu du testicule droit + gauche ± ESM	6,02±0,34	6,25±0,32	6,06±0,33



Les valeurs moyennes du tableau représentent la moyenne ± ESM

[LE vs LT] : $p > 0.05$; [LG vs LE] : $p > 0.05$; [LG vs LE vs LT] : $p > 0.05$, LG : lot gingembre ; LT: lot témoin ; LE : lot expérimental.

Figure 36 : Valeurs moyennes du poids absolu des testicules droits et gauches (g) des lapins expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome.

Résultats et discussion

A la 10^{ème} semaine d'expérimentation (**Tableau VIII ; Figure 36**), le poids absolu des testicules droits (**TD**) et gauches (**TG**) augmente chez les lapins du lot expérimental par rapport aux lapins du lot témoin avec **5.62%** pour le **TD** et **1.67%** pour le **TG** avec les valeurs respectivement de ; **3,19±0,17 (g)** et **3,04±0,19 (g)**, cette augmentation est non significative.

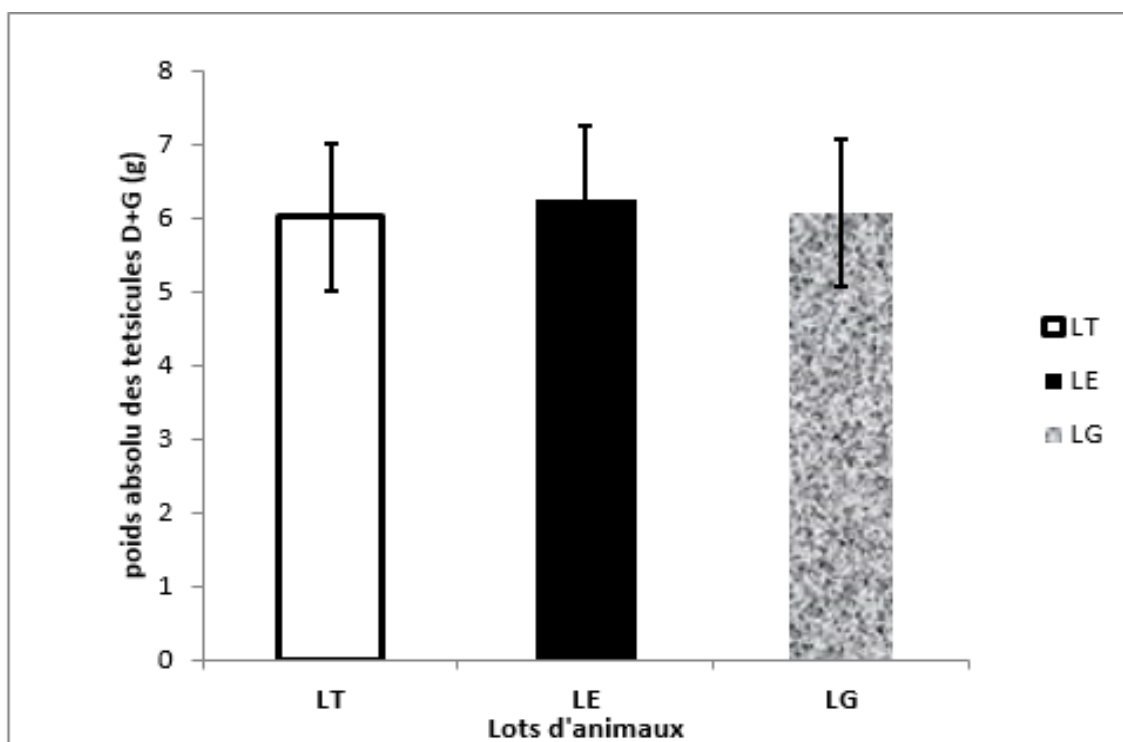
Le poids absolu des testicules droits (**TD**) et gauches (**TG**) diminue chez les lapins du lot gingembre par rapport aux lapins du lot expérimental avec **4.38%** pour le **TD** et **0.98%** pour le **TG** avec les valeurs respectivement de ; **3,05±0,16 (g)** et **3,01±0,17 (g)**, le test de Student indique que cette diminution est non significative.

Le test de Anova indique ainsi, une différence non significative chez les trois groupes d'animaux.

Selon Student ; Le poids absolu total des testicules droits et gauches (**Tableau VIII ; Figure 37**), une diminution de **3.82 %**, chez les animaux soumis au régime hyper lipidique, selon Student, cette régression est non significative.

Par rapport aux expérimentaux et témoins, le traitement par le gingembre induit une baisse de **3.04%** pour les lapins expérimentaux et une augmentation de **0.66%** pour les lapins témoins, celle-ci est statistiquement non significative.

Le test d'Anova indique ainsi, une différence non significative chez les trois groupes d'animaux.



Les valeurs moyennes du tableau représentent la moyenne \pm ESM

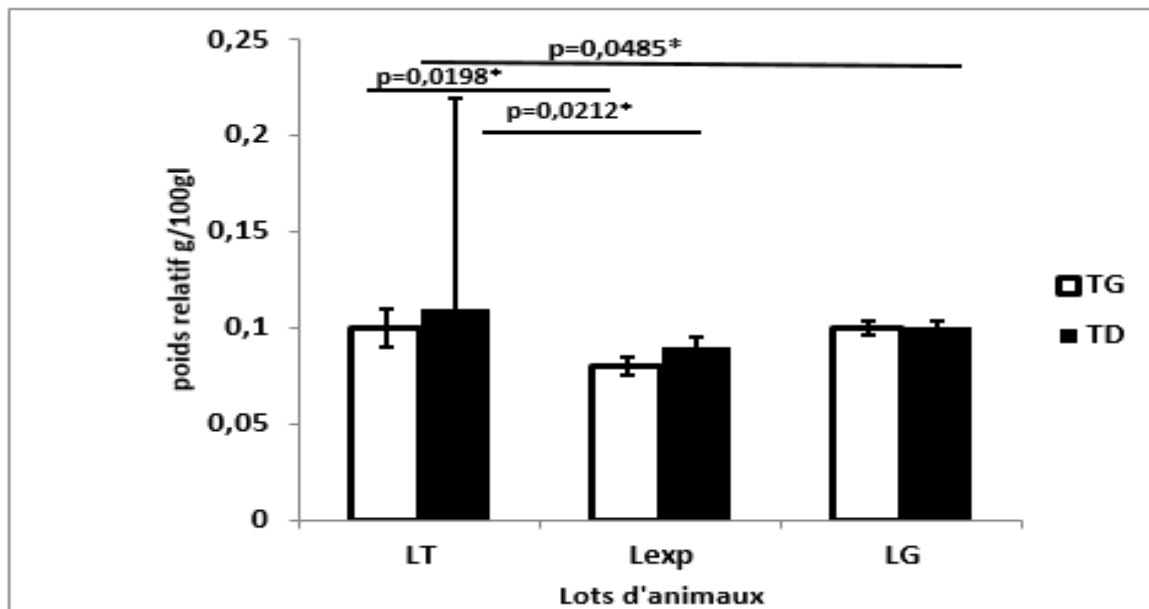
[LE vs LT] : $p > 0.05$; [LG vs LE] : $p > 0.05$; [LG vs LE vs LT] : $p > 0.05$, LG : lot gingembre ; LT: lot témoin ; LE : lot expérimental.

Figure 37 : Poids absolu total des testicules droits et gauches (g) des lapins témoins, expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome du gingembre.

3.2. Poids relatif des testicules:

Tableau IX : Poids relatif des testicules droits et gauches (g) des lapins témoins et expérimentaux et traités par la poudre du rhizome du gingembre.

Lots	LT (Lot Témoins) n=6	LE (Lot Expérimental) n = 9	LG (Lot Gingembre) n = 10
Moyenne du poids relatif du testicule droit ± ESM (g/100g)	0,11± 0,004	0,09± 0,005	0,1± 0,004
Moyenne du poids relatif du testicule gauche ± ESM (g/100g)	0,1± 0,01	0,08± 0,005	0,1± 0,004
Moyenne du poids relatif du testicule droit ± testicule gauche ± ESM (g/100g)	0,21 ±0,008	0,18±0,009	0,2± 0,008



Les valeurs moyennes du tableau représentent la moyenne ± ESM

[LE vs LT] : *p<0.05 ; [LG vs LE] : p>0.05 ; [LG vs LE vs LT] : *p<0.05, , LG : lot gingembre ; LT: lot témoin ; LE : lot expérimental.

Figure 38 : Valeurs moyennes du poids relatif des testicules droits et gauches (g) des lapins expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome.

Résultats et discussion

A la **10^{ème}** semaine de l'expérimentation (**Tableau IX ; Figure 38**), le poids relatif des testicules droits (**TD**) et gauches (**TG**) diminue chez les lapins du lot expérimental par rapport aux lapins du lot témoin avec **18.18%** pour le **TD** et **20%** pour le **TG** avec les valeurs respectivement de ; **0,09±0,005 (g)** et **0,08± 0,005 (g)**, cette diminution est significative (**p<0.05**).

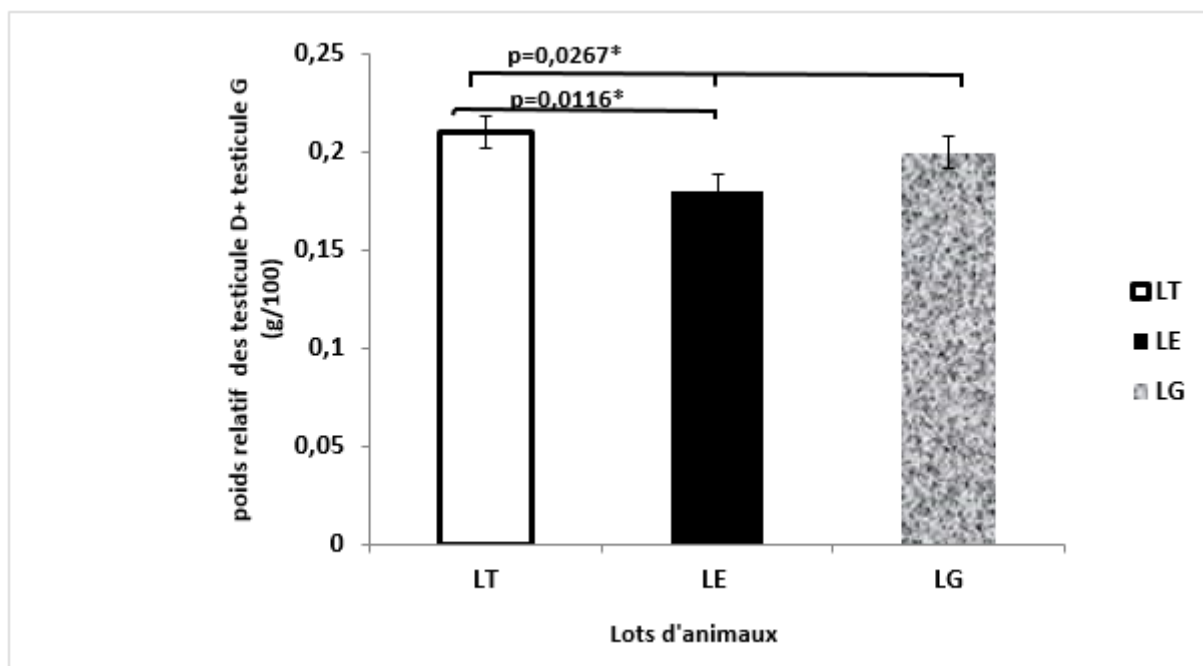
Le poids relatif des testicules droits (**TD**) et gauches (**TG**) augmente chez les lapins du lot gingembre par rapport aux lapins du lot expérimental avec **11.11%** pour le **TD** et **25%** pour le **TG** avec les valeurs respectivement de ; **0,1± 0,004 (g)** et **0,1± 0,004 (g)**, le test de student indique que cette augmentation est non significative (**p>0.05**).

Le test de Anova indique, une différence significative (**p<0.05**) chez les trois groupes d'animaux.

Le poids relatif total des testicules droits et gauches (**Tableau IX ; Figure 39**), diminue de **18.18 %**, chez les animaux soumis au régime hyper lipidique par rapport aux lapins témoins, cette régression est significative (**p<0.05**),

Par rapport aux expérimentaux et témoins, le traitement par le gingembre induit une augmentation de **11.11%** pour les lapins expérimentaux et une diminution de **4.76%** pour les lapins témoins, ces dernières sont statistiquement non significative.

Le test de Anova indique, une différence significative (**p<0.05**) chez les trois groupes d'animaux.



Les valeurs moyennes du tableau représentent la moyenne \pm ESM

[LE vs LT] : * $p<0.05$; [LG vs LE vs LT] : * $p<0.05$, , **LG** : lot gingembre ; **LT**: lot témoin ; **LE** : lot expérimental.

Figure 39 : Poids relatif total des testicules droits et gauches (g) des lapins témoins, expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome du gingembre.

Discussion :

A la 10^{ème} semaine d'expérimentation, le poids relatif des testicules droits et gauches diminue significativement, chez les lapins du lot expérimental par rapport aux lapins du lot témoin, ces baisses sont respectivement **18.18%** pour le **TD** et **20%** pour le **TG**. Nos résultats sont en accord avec ceux de **Hebbouche et Larbi (2020)** qui ont déclaré une légère diminution du poids relatif des testicules droits, la baisse est de **12.12%**, alors que les testicules gauches affichent une très faible diminution du poids relatif, la réduction atteint **2.27%**

De nombreuses études antérieures ont prouvées des lésions histopathologiques testiculaires et une diminution du poids des organes reproducteurs, résultant du régime enrichi en lipides (**Gujjala et al., 2016 ; Bisht et al., 2017**). En effet, selon **Abdel-Fadeil et al. (2019)**, l'obésité et le diabète seuls ou combinés, avaient des effets négatifs sur les paramètres de qualité du sperme, la testostérone et les taux de **LH**, avec des modifications dégénératives au sein des testicules. Les dommages testiculaires et la diminutions du poids relatifs des testicules peuvent être dus à la génération d'un stress oxydatif (**Wang et al., 2019**), à l'apoptose élevés au niveau des cellules testiculaires (**Miao et al., 2018**). L'apoptose excessive des cellules germinales joue un rôle clé dans le dysfonctionnement du système reproducteur masculin induit par un régime hyperlipidique (**Erdemir et al., 2012 ; Bisht et al., 2017**), celle-ci contribue à l'atrophie testiculaire et l'infertilité masculine (**Maneesh et al., 2005**). De nombreuses études effectuées sur le régime de type cafétéria, ont montré une relation entre l'augmentation du stress oxydatif et l'inflammation (**Carillon et al., 2013 ; Johnson et al., 2016 ; Gil-Cardoso et al., 2017**), perturbant la morphofonction des testicules.

Nos lapins expérimentaux soumis au régime hyperlipidique présentaient une inflammation marquée par une rougeur et une enflure au niveau des testicules. Nos observations rejoignent celles de **Hebbouche et Larbi (2020)** qui ont observé aussi une inflammation au niveau des testicules des lapins soumis au même régime, celle-ci se révélait par une rougeur, un gonflement, un abcès et des saignements. L'obésité est associée à un état inflammatoire chronique. L'inflammation active la production d'espèces réactives de l'oxygène (**ERO**), induisant une apoptose testiculaire et perturbant la barrière hémato-testiculaire, cette perturbation entraîne des modifications dégénératives des cellules germinales et une altération de la spermatogenèse (**Fan et al., 2018**). D'après **Hernandez-Rodas et al. (2017)**, les voies de signalisation dites **NF-KB** et Nuclear Erythroid 2 (**Nrf 2**)/**Keap-1** sont impliquées dans l'obésité et la sténose hépatique, dues à la consommation de **RHL**. La voie de **Nrf-2** régule contre les dommages oxydatifs déclenchés par l'inflammation (**Tu et al., 2019**). D'un autre côté, le **TNF- α** peut induire la production des **ROS**, en se liant à un récepteur spécifique, favorisant par la suite la voie de signalisation de **NF-KB** (**Chandel et Schumacker, 2001**).

Le poids relatif des testicules droits (**TD**) et gauches (**TG**) augmente de manière non significative chez les lapins du lot gingembre par rapport aux lapins du lot expérimental avec une hausse de **11.11%** pour le **TD** et **25%** pour le **TG**.

Résultats et discussion

Les études de **Adegbola et al., (2021)** ont marqué que les extraits des plantes médicinales possèdent une activité antioxydante, spécifiquement le gingembre, celle-ci a abouti à une augmentation des taux de marqueurs antioxydants, et par conséquent une augmentation de l'activité des enzymes antioxydantes, neutralisant directement l'oxydant.

Par ailleurs, ces mêmes chercheurs ont montré une augmentation des taux de protéines antioxydantes et une baisse des taux de cytokines proinflammatoires, indiquant que les extraits pourraient avoir médiés ses effets protecteurs, en supprimant la voie **NF-KB** et en induisant la stimulation de celle de **Nrf2**, impliquée dans la production de protéines antioxydantes.

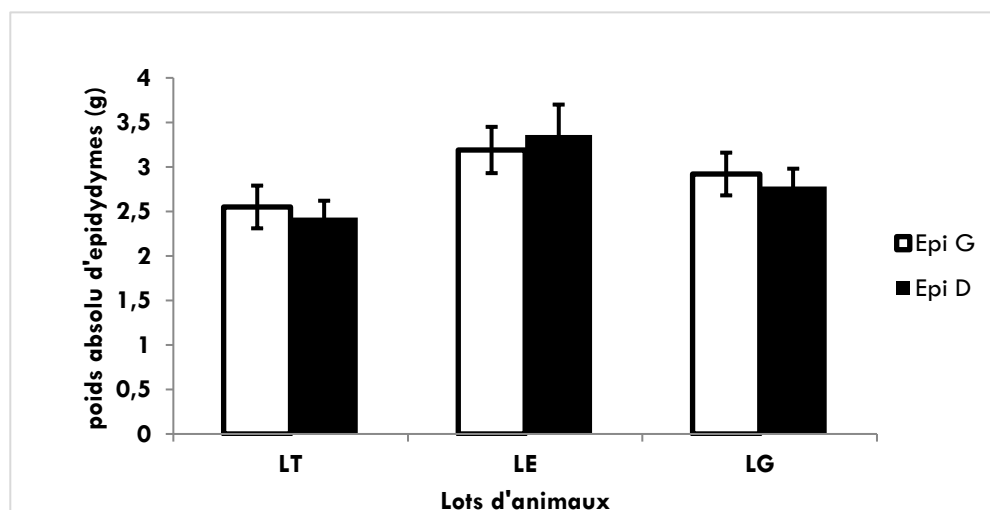
En appliquant le test d'**Anova** entre les trois lots (**LT, LE, LG**), l'augmentation du poids relatif des testicules devient significative, ceci pourrait être expliqué à la dose utilisée, à la période du traitement qui était de 3 semaines et qui devrait être prolongée.

Le Zingiber officinale possède une activité antioxydante, qui se réfère aux composants actifs, comme les gingeroles, ses effets antioxydants corrigent l'apoptose testiculaire et les modifications dégénératives des cellules germinales, causées par la surproduction des cytokines pro inflammatoires et les **ERO**, en diminuant et régulant la synthèse de ces derniers.

3.3. Poids absolu d'épididymes:

Tableau X: Poids absolu d'épididymes droits et gauches (g) des lapins témoins et expérimentaux et traités par la poudre du rhizome du gingembre.

Lots	LT (Lot Témoin) n=6	LE (Lot Expérimental) n = 9	LG (Lot Gingembre) n = 10
Moyenne du poids absolu d'épididyme droit ± ESM	2,34±0,19	3,36±0,34	2,78±0,20
Moyenne du poids absolu d'épididyme gauche ± ESM	2,55±0,24	3,19±0,26	2,92±0,24
Moyenne du poids absolu d'épididyme droit + gauche ± ESM	5,00±0,42	6,54±0,60	5,69±0,44



Les valeurs moyennes du tableau représentent la moyenne \pm ESM

[LE vs LT] : $p > 0.05$; [LG vs LE] : $p > 0.05$; [LG vs LE vs LT] : $p > 0.05$, LG : lot gingembre ; LT: lot témoin ; LE : lot expérimental.

Figure 40 : Valeurs moyennes du poids absolu des épидидymes droits et gauches (g) des lapins expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome.

A la 10^{ème} semaine d'expérimentation (Tableau X ; Figure 40), le poids absolu de d'épididyme droits (EPD) et gauches (EPG) augmente chez les lapins du lot expérimental par rapport aux lapins du lot témoin avec 43.58% pour l'EPD et 25.09% pour l'EPG avec les valeurs respectivement de ; 3,36 \pm 0,34 (g) et 3,19 \pm 0,26 (g), cette augmentation est non significative ($p > 0.05$).

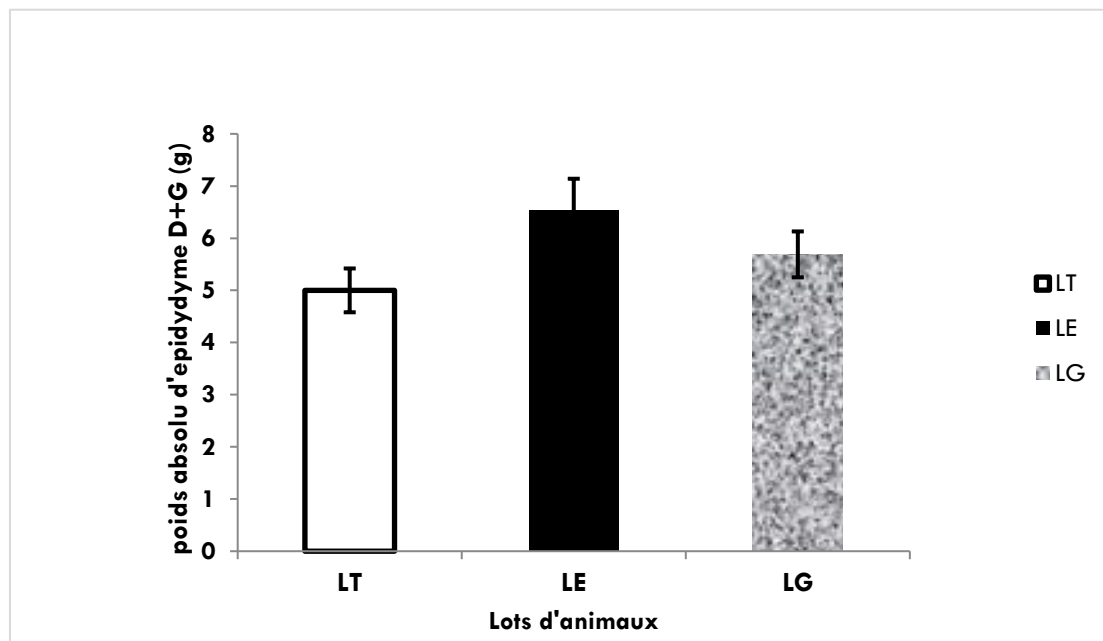
Le poids absolu d'épididyme droits (EPD) et gauches (EPG) diminue chez les lapins du lot gingembre par rapport aux lapins du lot expérimental avec 17.26% pour l'EPD et 8.46% pour l'EPG avec les valeurs respectivement de ; 2,78 \pm 0,20 (g) et 2,92 \pm 0,24 (g), le test de Student indique que cette diminution est non significative.

Le test de Anova indique, une différence non significative ($p > 0.05$) chez les trois groupes d'animaux.

Le poids absolu total d'épididymes droits et gauches ensemble (Tableau X ; Figure 41), augmente de 30.8%, chez les animaux soumis au régime hyper lipidique par rapport aux lapins témoins, cette augmentation est non significative ($p > 0.05$).

Par rapport aux expérimentaux et témoins, le traitement par le gingembre induit une diminution de 12.99% pour les lapins expérimentaux et une augmentation de 13.8% pour les lapins témoins, celle-ci est statistiquement non significative.

Le test de Anova indique, une différence significative ($p < 0.05$) chez les trois groupes d'animaux



Les valeurs moyennes du tableau représentent la moyenne \pm ESM

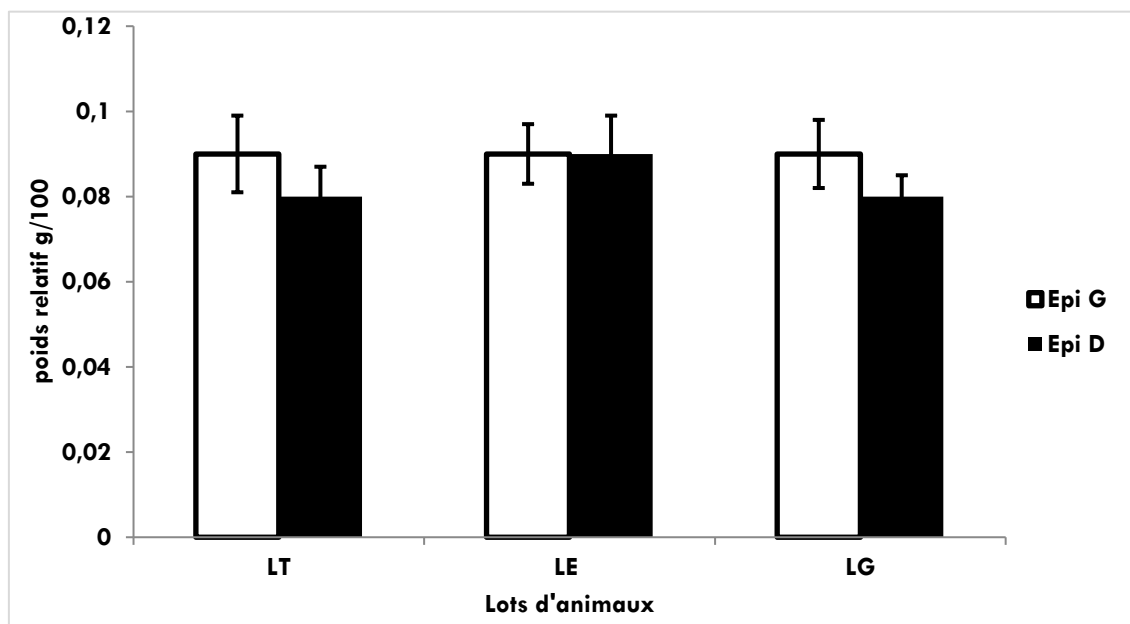
[LE vs LT] : $p > 0.05$; [LG vs LE] : $p > 0.05$; [LG vs LE vs LT] : $p > 0.05$, LG : lot gingembre ; LT: lot témoin ; LE : lot expérimental.

Figure 41: Poids absolu total des épидидymes droits et gauches (g) des lapins témoins, expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome du gingembre

3.4. Poids relatif d'épididymes:

Tableau XI : Poids relatif d'épididymes droits et gauches (g) des lapins témoins et expérimentaux et traités par la poudre du rhizome du gingembre.

Lots	LT (Lot Témoin) n=6	LE (Lot Expérimental) n = 9	LG (Lot Gingembre) n = 10
Moyenne du poids relatif d'épididyme droit \pm ESM	0,08 \pm 0,007	0,09 \pm 0,009	0,08 \pm 0,005
Moyenne du poids relatif d'épididyme gauche \pm ESM	0,09 \pm 0,009	0,09 \pm 0,007	0,09 \pm 0,008
Moyenne du poids relatif d'épididyme droit + gauche \pm ESM	0,17 \pm 0,02	0,18 \pm 0 ,02	0,19 \pm 0,01



Les valeurs moyennes du tableau représentent la moyenne \pm ESM

[LE vs LT] : $p > 0.05$; [LG vs LE] : $p > 0.05$; [LG vs LE vs LT] : $p > 0.05$, LG : lot gingembre ; LT: lot témoin ; LE : lot expérimental.

Figure 42 : Valeurs moyennes du poids relatif des épидидymes droits et gauches (g) des lapins expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome.

A la 10^{ème} semaine d'expérimentation (**Tableau XI ; Figure 42**), le poids relatif de d'épididyme droits (EPD) et gauches (EPG), augmente chez les lapins du lot expérimental par rapport aux lapins du lot témoin avec 12.5% pour l'EPD et reste constant avec 0% pour l'EPG avec les valeurs respectivement de ; $0,09 \pm 0,009$ (g) et $0,09 \pm 0,007$ (g), ces dernières sont non significatif ($p > 0.05$).

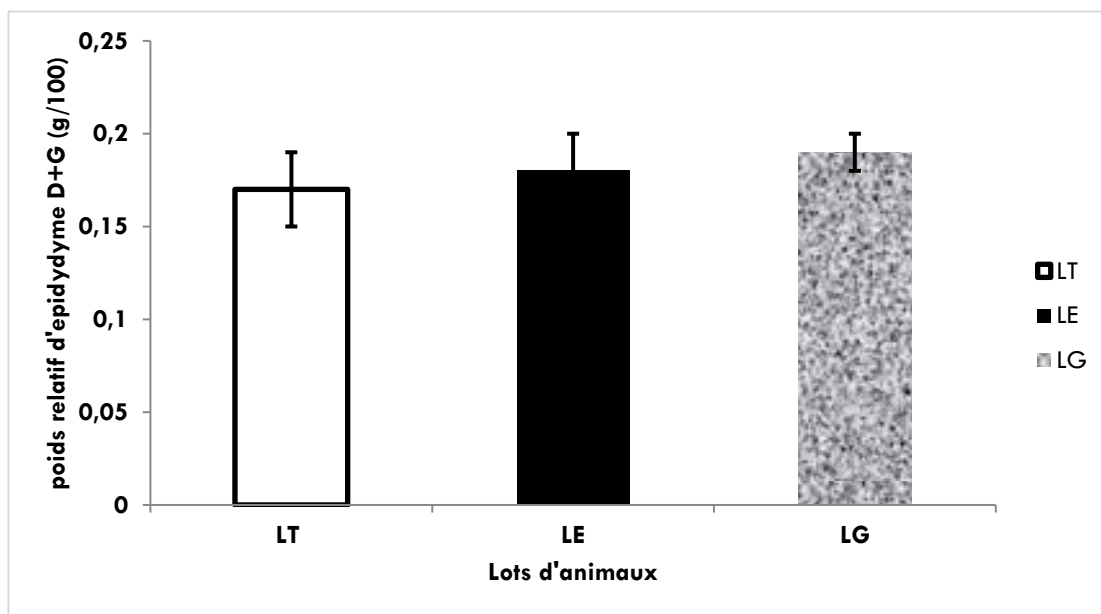
Le poids relatif d'épididyme droits (EPD) et gauches (EPG) diminue chez les lapins du lot gingembre par rapport aux lapins du lot expérimental avec 11.11% pour l'EPD et reste constant avec 0% pour l'EPG avec les valeurs respectivement de ; $0,08 \pm 0,005$ (g) et $0,09 \pm 0,008$ (g), le test de Student indique que cette diminution est non significative.

Le test de Anova indique, une différence non significative ($p > 0.05$) chez les trois groupes d'animaux.

Le poids relatif total d'épididymes droits et gauches ensemble (**Tableau XI ; Figure 43**), augmente de 5.88%, chez les animaux soumis au régime hyper lipidique par rapport aux lapins témoins, cette augmentation est non significative ($p > 0.05$).

Par rapport aux expérimentaux et témoins, le traitement par le gingembre induit une augmentation de 5.55% pour les lapins expérimentaux et une diminution de 11.76% pour les lapins témoins, celle-ci est statistiquement non significative.

Le test de Anova indique, une différence non significative ($p > 0.05$) chez les trois groupes d'animaux.



Les valeurs moyennes du tableau représentent la moyenne \pm ESM

[LE vs LT] : $p > 0.05$; [LG vs LE] : $p > 0.05$; [LG vs LE vs LT] : $p > 0.05$, LG : lot gingembre ; LT: lot témoin ; LE : lot expérimental.

Figure 43: Poids relatif total des épидидymes droits et gauches (g) des lapins témoins, expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome du gingembre.

Discussion :

Chez les lapins expérimentaux soumis au régime hyperlipidique, le poids relatif de l'épididyme droits (EPD) et gauches (EPG), augmente non significativement chez les lapins du lot expérimental par rapport aux lapins du lot témoin, les hausses sont respectivement de **12.5%** pour l'EPD et reste constant **0%** pour l'EPG.

Nos résultats sont en accords avec ceux de **Habbouche et Larbi, (2020)**, qui ont découvert une augmentation légère et non significative du volume de l'épididyme droit chez les lapins nourris de la diète enrichi en l'huile de palme, l'augmentation enregistre **18.28 %**, celui de l'épididyme gauche, la hausse enregistre **20.48 %**.

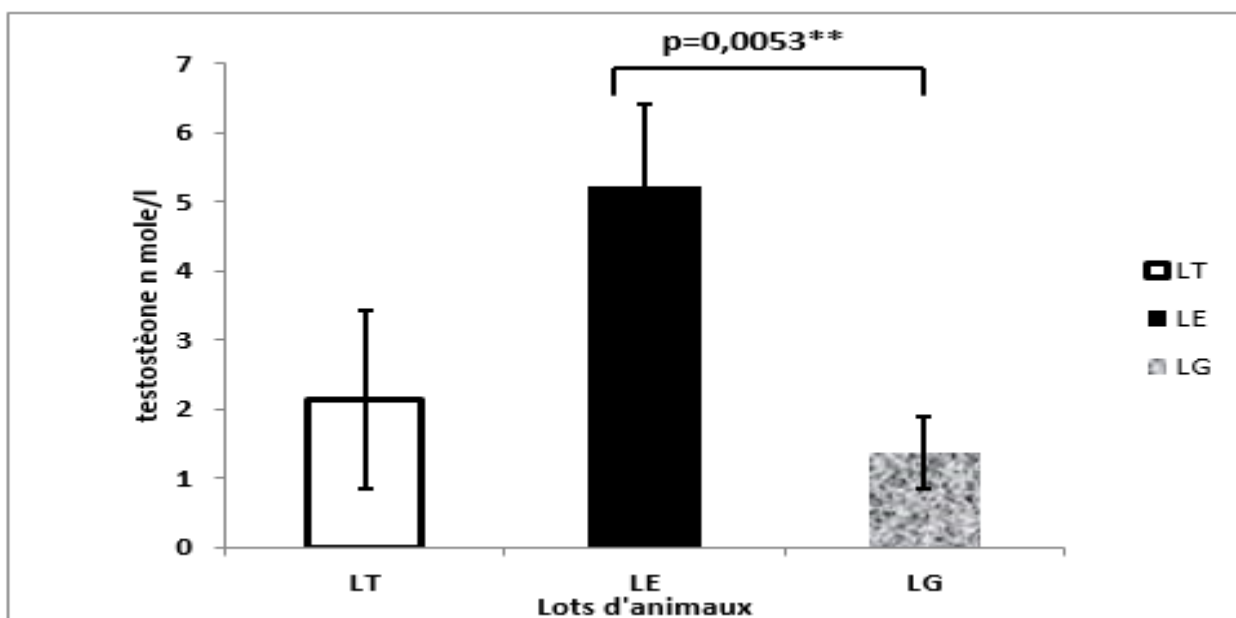
L'augmentation du poids de l'épididyme droit et gauche peut être expliquée à l'augmentation du nombre de spermatozoïdes au sein de l'épididyme. Cela coïncide avec l'hypertestostéronémie. Il peut être expliqué par l'augmentation du nombre d'adipocytes au sein du tissu épидидymaire.

Le poids relatif des épидидymes droits (EPD) et gauches (EPG) diminue non significativement chez les lapins du lot gingembre par rapport aux lapins du lot expérimental avec respectivement une baisse de **11.11%** pour l'EPD et reste constant **0%** pour l'EPG. D'après **Hebbouche et Larbi (2020)**, la thérapie par la poudre du rhizome de *Curcuma longa* augmente le volume des épидидymes droits et gauches, notant une augmentation qui est respectivement de **18.28 %** et **36%**.

4. Testostéronémie :

Tableau XII : Valeurs moyennes des taux plasmatiques de la testostérone (**nano mole/ l**) des lapins expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome du gingembre.

Lots	LT (Lot Témoins) n=6	LE (Lot Expérimental) n = 9	LG (Lot Gingembre) n = 10
Moyenne du testostérone ± ESM	2,12±1,29	5,34±1,17	1,37±0,53



Les valeurs moyennes du tableau représentent la moyenne ± ESM

[LE vs LT] : $p>0.05$; [LE vs LG] : $**p< 0.01$; [LG vs LT] : $p>0.05$, , LG : lot gingembre ; LT: lot témoin ; LE : lot expérimental.

Figure 44 : Valeurs moyennes des taux plasmatiques de la testostérone (**nano mole/ l**) des lapins expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome.

A la 10^{eme} semaine de l'expérimentation (**Tableau XII** ; **Figure 44**), la testostéronémie augmente considérablement, marquant **151%** chez les lapins expérimentaux, la valeur est de **5.34±1.17 (nano mole/l)**, celle-ci est non significative ($p>0.05$).

La testostéronémie diminue considérablement, marquant **74.34%** chez les lapins traités à la poudre du rhizome du gingembre par rapport aux lapins expérimentaux, cette valeur est de **1.37±0.53 (nano mole/l)**. Le test de Student indique que cette diminution est très significative ($p< 0.01$).

Discussion :

Les résultats de notre expérimentation ont montré une augmentation non significative de la testostérone plasmatique, notant une hausse de **151%** chez les lapins expérimentaux soumis au **RHL**, pendant **10** semaines. Nos résultats sont en accord avec ceux de **Aklil (2011) ; Mokrani (2011 ; Soltani et al. (2013)**, qui ont marqué une augmentation de la testostérone plasmatique, œstradiol testiculaire, la **LH** et l'insuline plasmatique chez les lapins males obèses, montrant donc une perturbation des sécrétions hormonales de l'axe gonadotrope mâle, chez les lapins provoqué par le régime d'engraissement.

Selon **Azza et al. (2015)**, les altérations du profil hormonal provoquées par l'obésité, induisent aussi un état d'infertilité masculine. Parmi ces altérations ; l'obésité augmente la conversion de la testostérone (**T**) en œstrogène (**E2**) via l'aromatisation et une réduction ultérieure des taux plasmatiques de la testostérone (**Erdemir et al., 2012**). Ces résultats contradictoires peuvent être expliqués à l'espèce choisie, à l'âge de l'espèce et à la durée du régime hyperlipidique.

L'hyperinsulinémie peut stimuler aussi la synthèse de la testostérone ; l'insuline capable de stimuler, in vivo, la sécrétion de la GnRH par les neurones hypothalamiques (**Burcelin et al., 2003**), et augmente la liaison de la **LH** à son récepteur, ainsi, stimuler la synthèse de la testostérone (**Adashi et al., 1982 ; Lin et al., 1986**) respectivement par les cellules hypophysaires et les cellules de Leydig en culture (**Burcelin et al., 2003**).

La leptine est une protéine-hormone synthétisée et sécrétée par les adipocytes. Son rôle physiologique est de réguler l'appétit et le poids corporel, mais en raison de l'excès de tissu adipeux, chez les sujets obèses, les taux de leptine sont souvent élevés, entraînant des effets indésirables, en particulier sur la fertilité masculine (**Phillips et al., 2010**). Le plus important de ces effets est que des taux accrus de leptine peuvent agir comme un signal inhibiteur pour la synthèse de (**T**) (**Khullar et al., 2012**), en affectant l'expression du facteur **SF1**, de la protéine **StAR** et du cytochrome **P450scc**, exerçant ainsi un effet hypogonadique.

Selon **Aklil, (2011)**, leurs résultats montraient que le rôle de l'insuline était prédominant sur la fonction testiculaire par rapport à l'effet hypogonadique de la leptine, car sa sécrétion ne contrarie pas l'effet stimulateur de l'insuline sur la sécrétion de la testostérone, en effet ces deux hormones augmentent de manière concomitante. La testostéronémie diminue de manière significative enregistrant **74.34%**, chez les lapins traités à la poudre du rhizome du gingembre, par rapport aux lapins expérimentaux. Ces lapins marquaient aussi des signes d'alopecies dues à la diminution de cette dernière.

La diminution significative de la testostéronémie peut être expliquée par l'effet thérapeutique du Zingiber officinale sur les taux de l'insuline et cholestérol. Plusieurs études ont établi une augmentation de la synthèse de la testostérone, suite au traitement par les plantes médicinales (**Azza et al., 2015 ; Wang et al., 2019 ; Habbouche et Larbi, 2020**). Nos résultats ne rejoins pas ces derniers car nos lapins nourris au régime hyperlipidique à l'huile de palme montraient une augmentation de la testostérone, en effet sa régulation exige une diminution à ces taux.

les plantes médicinales montrent des effets bénéfiques, en stimulant la fertilité, corrigeant les différents troubles tels que l'inflammation de la prostate, l'oligospermie, la faible mobilité des spermatozoïdes, le déséquilibre hormonal, l'impuissance et varicocèle (**Madihi et al., 2013**).

Résultats et discussion

Compte tenu de nos interprétations et résultats, Le Zingiber officinale montre un effet thérapeutique puissant sur l'infertilité masculine ; Ce dernier réduit les taux élevés de l'insuline, la baisse de l'insulinémie induit à son tour, une diminution de la surproduction de la testostérone. La baisse des taux de lipides sériques peut aussi affecter la synthèse de la testostérone, cette hormone stéroïde est synthétisée à partir du cholestérol des lipoprotéines, au sein des testicules.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES
COMCTN2IOM EL ƧEƧ2ƧEC11AE2

Conclusion :

Durant les 10 semaines d'expérimentation, le régime hyperlipidique à base d'huile de palme a conduit à un développement d'un surpoids et d'une obésité viscérale chez les lapins du lot expérimental. Cette dernière avait un impact sur le poids des testicules et épидидymes dû à une inflammation et une génération d'un stress oxydatif, ainsi, sur la testostéronémie marquée par une augmentation de ses taux, induisant une hypertestostéronémie donc un dysfonctionnement de l'axe gonadotrope.

D'après cette expérimentation nous avons pu analyser les effets thérapeutiques de la poudre du rhizome du gingembre ; effets antioxydants et anti-inflammatoires, marqués par l'amélioration du poids des testicules, donc régulation du fonctionnement de l'axe gonadotrope. Et ses effets bénéfiques sur la régulation de la synthèse et la libération de la testostérone, par régulation des taux de sécrétion de l'insuline, représentant une des causes de la surproduction de la testostéronémie, cela pourrait avoir un effet bénéfique dans le traitement de l'infertilité masculine.

En perspectives, Il serait intéressant dans l'avenir d'approfondir cette étude par l'analyse des effets du *Zingiber officinale* sur l'insulinémie et la testostéronémie chez les sujets obèses des deux sexes, ainsi, d'étudier les propriétés phytothérapeutiques d'autres plantes médicinales plantées en Algérie sur la reproduction animale, et les comparer avec celles du gingembre.

REFERENCES
REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES
BIBLIOGRAPHIQUES

A

- **Abdel-Fadeil M.R., E.S.H. Abd Allah, H.M. Iraqy, et al. (2019).** Experimental obesity and diabetes reduce male fertility: Potential involvement of hypothalamic Kiss-1, pituitary nitric oxide, serum vaspin and visfatin *Pathophysiology* 26 (2019) 181–189
- **Adashi E.Y., Fabics C.H., Hsueh A.J.W. (1982).** Insulin Augmentation of Testosterone Production in a Primary Culture of Rat Testicular Cells. *Biology Of Reproduction.* 26 :270-280
- **Adegbola P. I., Olumide S.F., Bamidele S.A., Adebola O.A., Olubukola S.O. (2021).** Combined ginger and garlic extract improves serum lipid profile, oxidative stress markers and reduced **IL-6** in diet induced obese rats. *Obesity Medecine* 23. 2021. 100336.
- **Aggarwal BB et Shishodia S. (2006).** Molecular targets of dietary agents for prevention and therapy of cancer. *Biochem Pharmacol May, 14(10):1397-421p.*
- **Aklil B. (2011).** Répercussions d'un régime d'engraissement sur la fonction gonadotrope mâle chez le lapin adulte « *oryctolagus cuniculus* » aspects morphologiques, métaboliques et endocriniens. *Thèse de Magister, USTHB. Alger.*
- **Allais D. (2009).** L'efficacité du gingembre sur les troubles fonctionnels de l'appareil digestif est connue depuis longtemps. Par son action sédatrice sur l'estomac, il réduit nausées et vomissements. *Actualités pharmaceutiques n° 483.*
- **Allais-Bonnet, A. and E. Pailhoux.** "Role of the prion protein family in the gonads." *Frontiers in Cell and Developmental Biology* 2 (2014): n. pag.
- **Aon M. A., Niraj B., Sonia C. Cortassa. (2014).** Mitochondrial and cellular mechanisms for managing lipid excess. *Front Physiol.* 2014; 5: 282. doi: 10.3389/fphys.2014.00282
- **Arshad H, Fahad M, Salah M. (2014).** Active ingredients of ginger as potential candidates in the prevention and treatment of diseases via modulation of biological activities. *International Journal of Physiology, Pathophysiology and Pharmacology.* 6 (2), pp 125-136.
- **Aznague Y. (2011).** Ectopie testiculaire – Enfant – Traitement médical et chirurgical. Thèse de doctorat en médecine. *Université de Mohammed V –Rabat- .*
- **Azza M. El-Wakf , El-Sayed M. Elhabibi, Eman A. (2015).** Preventing male infertility by marjoram and sage essential oils through modulating testicular lipid accumulation and androgens biosynthesis disruption in a rat model of dietary obesity. 167-175.

B

- **Barbotin A., Vincent P., P. Giacobini. (2017).** Développement des neurones à GnRH dans le cerveau d'embryons humains. *m/s n° 4, vol. 33, DOI : 10.1051/ medsci / 20173304003*

Références bibliographiques

- **Barouki R. (2006).** Stress oxydant et vieillissement. *Médecine/Sciences*, 22 (3), pp 266-272.
- **Butin A. (2017).** Le gingembre : de son utilisation ancestrale à un avenir prometteur. *Sciences pharmaceutiques*. *hal-01932085*
- **Basdevant A. (2006).** L'obésité : origines et conséquences d'une épidémie. *C.R. Biologies.*, 329 :562-569.
- **Benson MK., Devi K., Fattepur SR. (2010).** Effect of saturated fatty acid rich-dietary vegetable oils on profil, antioxidant enzymes and glucose tolerance in diabetics rats. *Indian J Pharmacol.* 42(3):142-145.
- **Berson SA and Yallow RS.(1968).** Radioimmunoassay of ACTH in plasma. *J of ClinInvestig.* 47,2725-2751.
- **Bisht S., Faiq M., Tolahunase M., Dada R. (2017).** Oxidative stress and male infertility. *Nat Rev Urol.* 14: 470–485.
- **Bonnefont X., A. Lacampagne, Nathalie Courtois-Coutry, Iain C.A.F. Robinson and Patrice Mollard. (2006).** A 3D cell network which brings out relief in the pituitary gland. <https://id.erudit.org/iderudit/013165ar>
- **Boussit D. (1989).** Reproduction et insémination artificielle en cuniculture.
- **Braga M.E.M., Moreschi S.R.M., Meireles M.A.A. (2006).** Effects of Supercritical Fluid Extraction on Curcuma longa L. and Zingiber officinale R. *Starches, Carbohydrate Polymers*, 63: 340-346p.

C

- **Carroll J.F., Dwyer T. M., Grady A. W., Reinhart G. A., Montani J. P., Cockrell K., Meydrech E. F., Mizelle H. L. (1996).** Hypertension cardiac hypertrophy, and neurohumoral activity in a new animal model of obesity. *Am J Physiol.* , 271 : H373-8.
- **Charles D.2013.** Antioxidant properties of spices, herbs and other sources in ginger, 235-245.
- **Chen,Z.,Ichetovkin,M.,Kurtz,M.,Zyband,E.,Kawka,D.,Woods,J.,He,X.,Plump,A.S.,Hailman,E. (2010).**Cholesterol in human atherosclerotic plaque is a marker for underlying disease state and plaque vulnerability. *LipidsHealthDis.*9,61.
- **Choi, J. G., Kim, S. Y., Jeong, M., & Oh, M. S. (2018).** Pharmacotherapeutic potential of ginger and its compounds in age-related neurological disorders. *Pharmacology Therapeutics*, 182, 56–69.
- **Clarke I.J., Henry B.A. (1999).** Lepton and reproduction. *J Reprod and Fertil.*, 4 : 48-55.

D

- **Dadoune JP., 2000.** Histologie du Testicule. Flammarion, No 520.P 229-241.
- **Dadoune J.P., Demoulin A. (2001).** La reproduction chez les mammifères et chez l'homme. In structure et fonction du testicule. *Eds INRA, Paris* : 256-28.

Références bibliographiques

- **Desprat J. L. (2015).** La testostérone, médiateur de l'honnêteté des signaux sexuels chez le mâle *Hyla arborea*?. *Ecologie, Environnement. Université Claude Bernard - Lyon I, 2015. Français. NNT:2015LYO10355. tel-01314415.*
- **Ding S.H., An K.J., Zhao C.P., Li Y., Guo Y.H. et Wang Z.F., (2012),** Effects of drying methods on volatiles of Chinese ginger (*Zingiber officinale* Roscoe), *Food et bioproducts processing, 90: 515-524.*
- **Dohle G.R., Smit M., Weber R.F. (2003).** Androgens and male fertility. *World J Urol., 21 : 341-345.*

E

- **Ebuehi, A.T., Alagbada, B.C., (2016).** Orlistat and garlic curtailed antioxidant Enzymes' Activities and ameliorated high fat diet induced obese Sprague-Dawley rats. *Int. J. Biol. Med. Res. 7 (3), 5635–5639.*
- **El-Sayed S.M., H.M. Ibrahim. (2019).** Effect of high-fat diet-induced obesity on thyroid gland structure in female rats and the possible ameliorating effect of metformin therapy. *DOI: 10.5603/FM.a2019.0100*
- **Erwan Le Fol. (2009).** La coordination de la spermatogénèse. *Banque de schémas. http://www.svt-monde.org/IMG/png/La_coordination_spermatogenese.png*
- **Euring A.** Le gingembre. Plante médicinale et plante à épice. [En ligne]. Disponible: *abergol.e-monsie.com/medias/files/ginger1.doc* (page consultée le 17/06/2016).
- **Evans AN, Wilson AF, Pandian MR, Chune G, Utsumi A, Kayaleh R, et al. (1991).** Corticotropin releasing hormone and gonadotropine secretion in physically active males after acute exercise. *Eur J Appl Physiol ; 62 : 171-4.*

F

- **Faivre Cl., Lejeune L., Staub H., Goetz P. (2006).** *Zingiber officinale* Roscoe. *Phytothérapie, 2 : 99-102.*
- **Faust I.M., Johnson P.R., Stern J.S., Hirsh J. (1978).** Diet-induced adipocyte number increase in adults rats : a new model of obesity. *J physiol., 235 : E279-E286.*
- **Feldman BT. Feldman D., (2001).** Nature Cancer Reviews. *https://www.urofrance.org/fileadmin/documents/data/PU/2004/PU-2004-00140639/Images/fig_9.jpg*
- **Frank.H, Netter. MD. (2007),** Atlas d'anatomie humaine, section3: pelvis et periné, *Planche 36*
- **Foine A. (2017);** Les Zingiberaceae en phytothérapie : l'exemple du gingembre.
-

G

- **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 Congress - June 10-13, 2008 Verona - Italy, 85- 89.*

- **Références bibliographiques**

-
-
- **Gigon. F. (2012).** Le gingembre, une épice contre la nausée. *Phytothérapie*, 10:87–91.
 - **González-Castejón M., A. Rodriguez-Casado. (2011).** Dietary phytochemicals and their potential effects on obesity: a review. *Pharmacol Res.* 2011 Nov;64(5):438-55. Doi : 10.1016/j.phrs.2011.07.004. Epub 2011 Jul 21.
 - **Gouanou D. J. (1994).** Les défauts de la migration testiculaire en milieu hospitalier : Aspects épidémiologique, clinique et thérapeutique. *Thèse de doctorat en médecine.*
 - **Gromadzka-Ostrowska J., Przepiorka M., Romanowicz K. (2002).** *Reprod Biol.* 2: 277–293
 - **Gu, X., Zhu, Y.Z., (2011).** Therapeutic applications of organosulfur compounds as novel hydrogen sulfide. *Expert Rev. Clin. Pharmacol.* 4, 123–133.
 - **Gujjala S., Putakala M., Gangarapu V., Nukala S., Bellamkonda R., Ramaswamy R. and Desireddy S. (2016).** Protective effect of *Caralluma ombriata* against high-fat diet induced testicular oxidative stress in rats. *Biomed Pharmacother.* 83: 167–176.
 - **Gupta R., Pradeep Kumar Singh, Rajani Singh and *Ram Lakhan Singh. (2016).** PHARMACOLOGICAL ACTIVITIES OF ZINGIBER OFFICINALE (GINGER) AND ITS ACTIVE INGREDIENTS: A REVIEW. *International Journal of Scientific and Innovative Research*; 4(1) P-ISSN 2347-2189, E-ISSN 2347-4971.

H

- **Habbouche A., Larbi R., (2020).** Effet de la poudre du *Curcuma Longa L* sur l'hyperlipidémie, les taux plasmatiques de la testostérone et poids testiculaire chez le lapin mâle soumis au régime enrichi en lipides. *Mémoire de Master. USDB. Blida.*
- **Hammoudi. (2016).** Appareil génital masculin. FACULTÉ DE MÉDECINE D'ALGER DEUXIÈME ANNÉE DE MÉDECINE (2015-2016) MODULE D'ANATOMIE.
- **Han, L., Gong, X., Kawano, S., Saito, M., Kimura, Y., Okuda, H., (2005).** Antiobesity actions of *Zingiber officinale* Roscoe. *Yakugaku Zasshi* 125, 213–217.
- **Hayes F.J. (2000).** Testosterone-fountain of youth or drug of abuse. *J Clin Endocrinol Metab.*, 85 :3020-3023.
- **Hazard J. et L. Perlemuter. (2000).** Endocrinologie, 4^e édition Broché- Livre grand format.
- **Hernández-Rodas MC, Valenzuela R, Echeverría F, Rincón-Cervera MÁ, Espinosa A, Illesca P, Muñoz P, Corbari A, Romero N, Gonzalez-Mañan D, Videla LA. (2017).** Supplementation with Docosahexaenoic Acid and Extra Virgin Olive Oil Prevents Liver Steatosis Induced by a High-Fat Diet in Mice through PPAR- α and Nrf2 Upregulation with Concomitant SREBP-1c and NF-kB Downregulation. *Mol Nutr Food Res.* 2017 Dec;61(12). doi: 10.1002/mnfr.201700479. Epub 2017 Nov 13. PMID: 28940752.

Références bibliographiques

- **Hiort O., Snjezana M.M., M. Bals-Pratsch, P. Holterhus, C. Marschke, D. Struve. (2002)** . A novel homozygous disruptive mutation in the SRD5A2-gene in a partially virilized patient with 5alpha-reductase deficiency. *DOI:10.1046/j.1365-2605.2002.00325.x*
- **Hiroko Shimizu et pierre Desrochers., (2012)**. L'huile de palme : avantages sanitaires, environnementaux et économiques. *IEM*
- **Hirsch J., Batchelor B. (1976)**. Adipose tissue cellularity in human obesity. *Clin Endocrinol Metab., 5 :299-311.*
- **Ho SC., Chang KS., Lin CC. (2013)**. Anti-neuroinflammatory capacity of fresh ginger is attributed mainly to 10-gingerol. *Food Chemistry. 2013, 141 (3), pp 3183-3191*
- **Hui Y, P. Li, G. Zhou, Y. Wang, B. Bao, Q. Wu, S. Huang. (2021)**. Rapid and practical qualitative and quantitative evaluation of non fumigated ginger and sulfur-fumigated ginger via Fourier-transform infrared spectroscopy and chemometric methods. *Food chemistry 341: 128241.*

J

- **Jégou B. (1995)**. La cellule de Sertoli : actualisation du concept de cellule nourricière. *Médecine/sciences., 11 : 519-27.*
- **Josso, N ; Rey, R. (1995)**. La cellule de Sertoli, une cellule endocrine, *Med Sci (Paris), Vol. 11, N° 4; p.537-46.*

K

- **Karna P., Chagani S., Gundala SR., Rida PC., Asif G., Sharma V.,Gupta MV.,Aneja R., Br J Nutr. (2012)**. Benefits of whole ginger extract in prostate cancer. Feb, *doi: 10.1017/S0007114511003308. Epub 2011 Aug 18, 107(4):473-84 p.*
- **Kaufman S, (2016)**. Zingiber officinale (ginger). *Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CABI. DOI:10.1079/ISC.57537.20203482903.*
- **Kaufman JM, Vermeulen A. (2005)**. The decline of androgen levels in elderly men and its clinical and therapeutic implications. *Endocrine reviews 26:833-876*
- **Key TJ, Appleby PN, Reeves GK, Roddam A, Dorgan JF, et al. (2003)**. Body mass index, serum sex hormones, and breast cancer risk in postmenopausal women. *J Natl Cancer Inst. 2003 Aug 20;95(16):1218-26. doi: 10.1093/jnci/djg022. PMID: 12928347.*
- **Khullar K, Agarwal A, du Plessis SS. (2012)**. A hormonal, physical, and proteomic view of obesity-induced effects on male infertility and possible lifestyle modifications. *Pac J Reprod 2012;1(2):161e8.*
- **Koehler., (1887)**. Le gingembre, Zingiber officinale. Chromolithographie après une illustration botanique de Hermann Adolph Koehler's *Plantes médicinales. Allemagne ; FY3AP6*

Références bibliographiques

- **Kitajima S., Morimoto M., Liu E., Koike T., Higaki Y., Taura Y., Mamba K., Itamoto K., Watanabe T., Tsutsumi K., Yamada N., Fan J. (2004).** Overexpression of lipoprotein lipase improves insulin resistance induced by a high-fat diet in transgenic rabbits. *Diabetologia.*, 47 : 1202-1209.
- **Koike T., Lian J.Y., Wang X., Ichikawa T., Shiomi M., Liu G., Sun H., Kitajima S., Morimoto M., Watanabe T., Yamada N., Fan J. (2004).** Overexpression of lipoprotein lipase in transgenic Watanabe heritable hyperlipidemic rabbits improves hyperlipidemia and obesity. *J Biological Chemistry.* 279 : 7521-7529.

L

- **Lebas F., Coudert P., De Rochambeau H. et Thébault R.G. (1996).** Le lapin, élevage et pathologie (nouvelle édition révisée). *FAO éditeur, Rome: 227p.*
- **Lecerf JM. (2013).** L'huile de palme : aspects nutritionnels et métaboliques. Rôle sur le risque cardiovasculaire. *OCL 2013; 20(3): 147-159.*
- **Lecerf J.-M. (2017).** L'huile de palme. *Palm oil. Médecine des maladies Métaboliques - Juin 2017 - Vol. 11 - N°4*
- **Li J., Al-Azzawi F. (2009).** Mechanism of androgen receptor action. *Maturitas.*, 63 : 142-148.
- **LI H., PAPADOPOULOS V. (1998).** Peripheral-type benzodiazepine receptor function in cholesterol transport. Identification of a putative cholesterol recognition/interaction amino acid sequence and consensus pattern. *Endocrinology*, 139, 4991-4997.
- **Liao S, Fang S. (1969)** Steroid anabolic receptors. *Vitam Horm NY* ; 21 : 17-20.
- **Lin T., Haskell J., Vinson N., Terracio L. (1986)** Characterization of insulin and insulin-like growth factor I receptors of purified Leydig cells and their role in steroidogenesis in primary culture : a comparative study. *Endocrinology.*, 119 : 1641-1647.
- **Livera G., V. Rouiller-Fabre, R. Habert. (2002).** Régulations et perturbations des fonctions testiculaires par la vitamine A. *Medecine/sciences* ; 18 :955-63.

M

- **Madihi Y., Merrikhi A., Baradaran A., Ghobadi S., Shahinfard N., Ansari R., Karimi A. Mesripour A., Rafeian-Kopaei M. (2013).** Bioactive components and the effect of hydroalcoholic extract of *Vaccinium myrtillus* on postprandial atherosclerosis risk factor in rabbits. *Pak J Med Sci.* 29 (1) : 384-389
- **Maneesh M., Jayalekshmi H., Dutta S., Chakrabarti A., Vasudevan DM. (2005).** Role of oxidative stress in ethanol induced germ cell apoptosis. *Indian J Clinic Biochem.* 20(2): 62–67
- **Mancini .S, Giulia S, Giovanna P, Giuliana P. & Gisella P. (2018).** Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) powder as dietary supplementation in rabbit: life performances, carcass characteristics and meat quality, *Italian Journal of Animal Science*, 17:4,867-872, DOI: 10.1080/1828051X.2018.1427007

Références bibliographiques

- **Marret C. (2000).** Spermatogenèse in vitro : localisation et quantification de l'expression de gènes marqueurs des cellules germinales et premiers essais de culture des spermatogonies.
- **May D., Simpson B. (1975).** Reproduction in the rabbit. *Animal Breeding Abstracts.*, 43 :3-261.
- **Menon V., M. Elgharib, R. El-awady, E. Saleh. (2021).** Ginger: From serving table to salient therapy. *Food Bioscience* 41 : 100934.
- **Miao XL., Gao GM., Jiang L., Xu R., Wan DP. (2018).** Asiatic acid attenuates highfat diet-induced impaired spermatogenesis. *Exp Ther Med.*15: 2397–2403.
- **Mokrani Z. (2011).** Répercussion d'un régime d'engraissement sur la fonction corticotrope chez le lapin mâle adulte : *Oryctolagus cuniculus*. *Thèse de Magister, USTHB, Alger.*
- **Mooradian A.D., J.E. Morley, S.G. Korenman. (1987).** Biological action of androgens. *Feb*;8(1):1-28. *doi: 10.1210/edrv-8-1-1.*

N

- **Nazish Iram, S. H. Ansari, Poonam A., Adil A.(2016).** Antiobesity activity of *Zingiber officinale*. *Pharmacogn. J.* 2016;8(5):440-446
- **Nihoul F. (2019).** Ontogénèse de l'axe gonadotrope chez le bar européen (*Dicentrarchus labrax*) et effets des xénoestrogènes sur sa mise en place. *Thèse de doctorat. Université Le Havre Normandie.*

O

- **Oreka jardinage.** Gingembre : savoir planter, tailler, entretenir. (En ligne) disponible sur : <https://jardinage.ooreka.fr/plante/voir/134/gingembre>
- **Ouchi N., Jennifer L Parker, Jesse J Lugus, K. Walsh. (2011).** Adipokines in inflammation and metabolic disease. *Nat Rev Immunol.* 2011 Feb;11(2):85-97. *doi: 10.1038/nri2921.*

P

- **Papandreou M.J., Darbon H., Ronin C. (1991).** Polymorphisme biologique et domaines fonctionnels des hormones glycoprotéiques hypophysaires. *Ann Endocrinol.*, 52 : 254-68.
- **Phillips K.P., N. Tanphaichitr. (2010).** Mechanisms of obesity-induced male infertility, *Expert Rev. Endocrinol. Metab.* 5 (2010) 229–251.

R

- **Ravel. C, S. Jaillard (2011).** The Sertoli cell. *Revue Générale. Morphologie.* 95,151-158.
- **Ross IA. Medicinal Plants of the world. (2010).** chemical constituents, traditional and modern medicinal uses. *Volume 3. Humana Press : New York, 2010.*
- **Russell L.D., Griswold M.D. (1993).** The Sertoli cell. *Cache River Press.*

S

- **Sánchez-Sánchez J.A., Chuc V.M.K., Canché E.A.R., Uscanga F.J.L. (2020).** Vulnerability Assessing Contagion Risk of Covid-19 Using Geographic Information Systems and Multi-Criteria Decision Analysis: Case Study Chetumal, México. (eds) *GIS LATAM. GIS LATAM 2020. Communications in Computer and Information Science*, vol 1276. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59872-3_1
- **Sang, S., Snook, H. D., Tareq, F. S., & Fasina, Y. (2020).** Precision research on ginger: The type of ginger matters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(32), 8517–8523..
- **Semwal R.B., Semwal D.K., Combrinck S.et Viljoen A.M., (2015),** Gingerols and shogaols: Important nutraceutical principles from ginger. *phytochemistry*, 117, 554–568 p.
- **Schulze C. (1984).** Sertoli cells and Leydig cells in man. *Advances in anatomy, embryology, and cell biology* 88:1-104.
- **Sharma C., Ahmed T., Sasidharan S., Ahmed M., Hussain A. (2009).** Use of Gemcitabine and Ginger Extract Infusion May Improve the Efficiency of Cervical Cancer Treatment, *African Journal of Biotechnology*, 8: 7087-7093 p.
- **Shobana S et Naidu. A, (2000).** Antioxidant activity of selected India spices Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids 62(2):107-110.
- **Singh J., O'Neill C., Handelsman D. J. (1995).** Induction of spermatogenesis by androgens in gonadotropin-deficient (hpg) mice. *Endocrinology.*, 136 : 5311-21.
- **Singha R., Dhungel S., Sinha M., Paude BH., Bhattacharya N., Mandel MB. (2009).** Obesity attenuates formalin-induced tonic pain in British Angora rabbit. *Ind J Physiol Pharmacol.* 53 (1) :83-87.
- **Siffroi J.P. (2001).** L'appareil génital masculin [en ligne]. Service d'Histologie, Biologie de la Reproduction et Cytogénétique Hôpital Teno. p 1-45.
- **Soisson V. (2013).** Testostérone plasmatique et risque cardiovasculaire chez les hommes après 65 ans. Médecine humaine et pathologie. *Université Paris Sud - Paris XI, 2013. Français. ffnNT :2013PA11T053ff. fftel-00974695*
- **Soltani Y. Aklil B., Mokrani Z., Hamouli Z., Hadj Bekkouche F., (2013).** Effects of diet induced obesity on the gonadal axis in the male rabbit: impact of leptin. *USTHB-FBS-4th International Congress of the Populations & Animal Communities "Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems" CIPCA4 TAGHIT (Bechar) – ALGERIA, 19-21 November, 2013*

T

- **Tena-Sempere M., Barreiro M.L. (2002).** Leptin in male reproduction : The testis paradigm. *Mol Cell Endocr.*, 188(1-2) :9-13.
- **Thibault C. et Levasseur M.C. (2001).** La reproduction chez les mammifères et l'homme. *Nouvelle Edition, éd. Ellipses (Paris) : 928p.*

Références bibliographiques

- **Tostain. J, D. Rossi, P.M Martini. (2004).** Physiologie des androgènes chez l'homme adulte. Laboratoire de transfert en oncologie biologique. *CHU de Marseille. Progrès en Urologie. 14, 639-660.*
- **Tu, W., Wang, H., Li, S., Liu, Q., & Sha, H. (2019).** The anti-inflammatory and anti-oxidant mechanisms of the Keap1/Nrf2/ARE signaling pathway in chronic diseases. *Aging and disease, 10(3), 637*

V

- **Varykina G., Thackray P.L., Mellon D.C. (2010).** Hormones in synergy. Regulation of the pituitary gonadotropin genes. *Molec and Cell Endocrinol, 314 :192-203.*
- **Vedashree, M., Asha, M. R., Roopavati, C., & Naidu, M. M. (2020).** Characterization of volatile components from ginger plant at maturity and its value addition to ice cream. *Journal of Food Science & Technology, 57(9), 3371–3380.*
- **Vermeleun A., Kaufman JM., Deslypere J.P., Thomas G. (1993).** Attenuated luteinizing hormone (LH) pulse amplitude but normal LH pulse frequency, and its relation to plasma androgens in hypogonadism of obese men. *J Clin Endocrinol Metab. 76:1140-1146.*

W

- **Wu, C. Y., Kong, M., Zhang, W., Long, F., Zhou, J., Zhou, S. S., ... Li, S. L. (2018).** Impact of sulphur fumigation on the chemistry of ginger. *Food Chemistry, 239, 953–963.*
- **Wang, J., Ke W., Bao R., Hu X., & Chen F. (2017).** Beneficial effects of ginger *Zingiber officinale* Roscoe on obesity and metabolic syndrome: A review. *Annals of the NewYork Academy of Sciences, 1398(1), 83–98.*
- **Wang J., L. Hu, Y. Chen, T. Fu, T. Jiang, A. Jiang, X. You. (2019).** Sitagliptin improves renal function in diabetic nephropathy in male Sprague Dawley rats through upregulating heme oxygenase-1 expression. *Endocrine. 2019 Jan;63(1):70-78. doi: 10.1007/s12020-018-1721-2. Epub 2018 Aug 20.*

Y

- **Yin, X., Wang, S. L., Alolga, R. N., Mais, E., Li, P., Yang, P., ... Qi, L. W. (2018).** Label-free proteomic analysis to characterize ginger from China and Ghana. *Food Chemistry, 249, 1–7.*
- **Yi, J.-K., Ryoo, Z.-Y., Ha, J.-J., Oh, D.-Y., Kim, M.-O., & Kim, S.-H. (2019).** Beneficial effects of 6-shogaol on hyperglycemia, islet morphology and apoptosis in some tissues of streptozotocin-induced diabetic mice. *Diabetology & Metabolic Syndrome, 11, 15.*
- **Young J. (2016).** Infertilité masculine: mécanismes, causes et exploration. *VOL 80 MCED. www.mced.fr*

Z

- **Zouboulis C,C., Chen W.c., Thornton M.,J., Qin K., Rosenfield R. (2007).** Sexual hormones in human skin. *Horm Metab Res., 39 : 85-95.*

ANNEXES

ANNEXES

N°	Titre du tableau	Page
I.	Appellations du gingembre en plusieurs langues	3
II.	Classification systématique du gingembre	6
III.	Production mondiale du gingembre de 2008 à 2012	7
IV.	Les principaux composants du gingembre	9
V.	Composition moyenne pour 100 g de gingembre	10
VI.	Valeurs moyennes du poids absolu du tissu adipeux (g) des lapins témoins, expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome du gingembre.	37
VII.	Valeurs moyennes du poids relatif du tissu adipeux (g) des lapins témoins, expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome du gingembre.	39
VIII.	Poids absolu des testicules droits et gauches (g) des lapins témoins et expérimentaux et traités par la poudre du rhizome du gingembre.	42
IX.	Poids relatif des testicules droits et gauches (g) des lapins témoins et expérimentaux et traités par la poudre du rhizome du gingembre.	44
X.	Poids absolu d'épididymes droits et gauches (g) des lapins témoins et expérimentaux et traités par la poudre du rhizome du gingembre.	47
XI.	Poids relatif d'épididymes droits et gauches (g) des lapins témoins et expérimentaux et traités par la poudre du rhizome du gingembre	49
XII.	Valeurs moyennes des taux plasmatiques de la testostérone (nano mole/ l) des lapins expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome du gingembre.	52

N°	Titre de la figure	Page
1.	Aspect général de la plante du gingembre <i>Zingiber officinale</i>	4
2.	Rhizome du gingembre <i>Rhizoma zingiberis</i>	4
3.	Inflorescences et fleurs du gingembre	5
4.	Carte géographique avec la distribution géographique du gingembre.	7
5.	Composés piquants non volatils du gingembre.	8
6.	Propriétés pharmacologiques du gingembre.	10
7.	Effet du gingembre sur les divers médiateurs inflammatoires induit par l'acide arachidonique lors d'une inflammation.	11
8.	Structure du gène de la sous-unité β de L H et FSH	14
9.	Appareil génitale du lapin mâle	15
10.	Anatomie du testicule	16
11.	Coupe transversale du scrotum et du testicule montrant les enveloppes du testicule	17
12.	Cycle spermato-génétique chez le lapin	18
13.	Détails en image du cycle spermato-génétique chez le lapin	19
14.	Biosynthèse de la testostérone à partir du cholestérol	20
15.	Régulation de la stéroïdogénèse dans la cellule de Leydig	21
16.	Mode d'action de la testostérone au niveau d'une cellule cible	22
17.	Activités tissulaires et fonctionnelles spécifiques de la testostérone et de ses principaux métabolites	29
18.	Détails d'une portion du tubule séminifère du testicule.	24
19.	Schéma de la coordination spermatogénèse	25
20.	Phénotype de la souche synthétique des lapins étudiés	26
21.	Aliment granulé distribué aux lapins	27
22.	Mode de distribution d'eau	27
23.	Huile de palme utilisée	28

24.	Le rhizome de Zingiber officinale frais, séché et réduit en poudre	29
25.	Broyage du rhizome de Zingiber officinale	30
26.	Pastilles préparés du rhizome de Zingiber officinale	30
27.	Perte de poils (Alopécie)	31
28.	Inflammation au niveau du testicule	31
29.	Pesée des lapins sur une balance	32
30.	Prélèvement du sang	32
31.	Appareil reproducteur mâle	33
32.	La pesée des gonades mâles des deux lots	33
33.	Variation pondérale moyenne chez le lot témoin, expérimental et gingembre semaine pendant 10 semaines	36
34.	Valeurs moyennes du poids absolu du tissu adipeux (g) des lapins expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome du gingembre	38
35.	Valeurs moyennes du poids relatif du tissu adipeux (g), des lapins témoins, expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome	39
36.	Valeurs moyennes du poids absolu des testicules (g) droits et gauches des lapins expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome.	42
37.	Poids absolu total des testicules droits et gauches (g) des lapins témoins, expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome du gingembre.	43
38.	Valeurs moyennes du poids relatif des testicules droits et gauches (g) des lapins expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome	44
39.	Poids relatif total des testicules droits et gauches (g) des lapins témoins, expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome du gingembre.	45
40.	Valeurs moyennes du poids absolu des épидидymes droits et gauches (g) des lapins expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome.	48
41.	Poids absolu total des épидидymes droits et gauches (g) des lapins témoins, expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome du gingembre	49
42.	Valeurs moyennes du poids relatif des épидидymes droits et gauches (g) des lapins expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome.	50
43.	Poids relatif total des épидидymes droits et gauches (g) des lapins témoins, expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome du gingembre.	51
44.	Valeurs moyennes des taux plasmatiques de la testostérone (nano mole/ l) des lapins expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre du rhizome	52