



République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université SAAD DAHLEB Blida _1_

Faculté Des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en
Biologie

Option : Biologie et Physiologie de la Reproduction

Thème

Effets du gingembre sur la lipidémie et l'histologie de la glande thyroïde et du testicule chez le lapin mâle soumis à un régime hyperlipidique.

Réalisé par :

Soutenu le : 15/7/2021

- Taleb Fatma Zohra.
- Haddj Mohammed Yasmine.

Jury d'évaluation :

Président: Mme. Khaldoun H. MCA U.BLIDA 1

Examineur: Mr. Ben Djoudi Dj. Professeur U.BLIDA 1

Promotrice: Mme. BIREM Z. MCB U.BLIDA 1

2020/2021

Remerciement

Avant tout nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à Madame, **BIREM Zahia**, pour son encadrement, de nous diriger tout au long de notre travail et pour toute l'aide et le temps qu'elle nous a consacré car sans votre Claire voyance, vos corrections méticuleuses, ce travail n'aurait pu être préparé et dirigé dans des conditions favorables. On vous remercie très sincèrement pour votre patience.

Mes remerciements vont également à :

Mme Khaldoun.H «Maitre de conférences, Faculté des sciences de la nature et de la vie, à l'université Saad Dahleb Blida 1» et chef de département **BPO**, pour l'honneur quelle me fait en acceptant la présidence de notre jury de ce travail.

Notre grande reconnaissance et la marque de notre profond respect à **Mr Ben Djoudi** pour avoir accepté d'examiner notre travail, et pour vos bonnes relations avec nous et votre humilité. Nous vous demandons, cher maitre, d'accueillir dans cette œuvre notre témoignage de grande appréciation, de profonde gratitude et de respect sincère.

Nous tenons à exprimer notre très grande considération et notre vive reconnaissance à notre maitre **Mr Bessaad Mohamed El Amin** pour son aide. Nous avons toujours aimé votre gentillesse et votre humilité.

Nous remercions toute l'équipe du laboratoire Anatomie et pathologie de CHU de l'hôpital Nefissa Hamoud, Alger, qui ont contribué à l'accomplissement de ce modeste travail, un grand merci.

Nous remercions les travailleurs de la station expérimentale qui nous ont aidés et nous ont fourni nos besoins.

Dédicace

Je tiens tous d'abord à remercier le bon Dieu de m'avoir aidé à réaliser ce mémoire.

- ✓ *Je dédie mon travail à mon précieux père et à ma précieuse mère, qui ont fait les efforts les plus profonds pour réussir ce voyage scientifique. Que dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur*
- ✓ *A Mon frère et ma famille qui m'ont donné confiance et pouvoir.*
- ✓ *À mon ami Randa, avec qui j'ai passé les plus belles journées de lycée.*
- ✓ *A **MON BINOME Zahra** Pour son soutien, son amour, sa patience et sa compréhension au long de ce travail et sa famille.*
- ✓ *A tous mes amis et mes camarades qui me connais. Yousra, Sadjia, Ibtissem et la liste est longue, pour votre fidèle amitié et les bons moments passés ensemble tout au long de mes études et en dehors, Que dieu vous protège et vous bénisse.*
- ✓ *A toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce travail à tous ceux que j'ai omis de citer.*

Yasmine

Dédicace

Je tiens à remercier dieu de m'avoir aidée à réaliser ce mémoire

Et C'est avec un grand plaisir que je dédie ce modeste travail :

- ❖ *A ma raison de vivre mes parents qui m'ont aidé, encouragée et je tiens à m'excuser auprès d'eux pour toute les dérangements causée sur tous mon père que dieu les protègent pour moi.*

- ❖ *A mon fiancée Anis pour son amour, son soutien moral, son encouragement ainsi que mes beaux parent qui m'ont chaleureusement soutenue.*

- ❖ *A mon frère, ma sœur et sur tous mes nièces adorée Tessnime et Sydra que j'aime énormément, je leurs remercient pour leurs aides et leurs affections.*

- ❖ *A mon adorable **binôme Yasmine** pour sa compréhension, son aide, son amour et sa complicité ainsi que je remercie énormément ces parents.*

- ❖ *A mes amies Yousra et Biba pour tous leurs soutiens qui n'avez jamais cessé de m'a porter.*

Zahra

Résumé

Le but de ce travail est de mener, d'évaluer et d'analyser les effets thérapeutiques bénéfiques de la *zingibre officinale* au cours des désordres métaboliques, hormonaux et structuraux de la thyroïde et du testicule chez le lapin male.

Les 19 lapins mâles sont soumis à cette diète hyperlipidique pendant 7 semaines, puis 10 animaux expérimentaux ont subi une thérapie à base de gingembre pendant 3 semaines.

Le suivi de l'ensemble des animaux concerne : le poids corporel, le dosage de certains paramètres biochimiques comme le triglycéride, le cholestérol total, les fractions **HDLc** et **LDLc**. En plus d'effectuer l'histologie. Les testicules sont prélevés, pesés et fixés dans le formol 10 %. La significativité des résultats s'est faite par les tests de **Student** et celui d'**Anova**.

Résultats : nos animaux expérimentaux par rapport aux témoins montrent les signes suivant : un gain de poids corporel, une Hypertriglycéridémie, une hyperlipémie. Une augmentation non significative du poids absolu des testicules droits et une diminution non significative du testicule gauche. Pour le poids relatif, une diminution pour les testicules droits et les testicules gauches. Augmentation non significative du poids absolu d'épididyme droit, l'épididyme gauche ainsi que leur poids total, aussi le poids relatif épидидymaire droit et gauche évolue de manière non significative. Une augmentation très significative des poids absolu et relatif du tissu adipeux. Les profondes modifications structurales de la glande thyroïdienne chez ces mêmes animaux révèlent une désorganisation de la structure lobulaire et folliculaire.

Le traitement par le gingembre corrige les désordres métaboliques, hormonaux ainsi que l'architecture de la thyroïde, les testicules. Cette plante a des effets antihyperlipémiants, en diminuant la triglycéridémie, la cholestérolémie et la fraction athérogène **LDLcholesterol**. Egalement celle-ci corrige l'hypogonadisme, en réformant la sécrétion des taux plasmatiques de la testostérone, Ces bienfaits nous permettent d'augmenter l'utilisation de cette plante médicinale.

Mots clés : *zingibre officinale*, huile de palme, testicule, épидидyme, cholestérol, Thyroïde, collagène

Abstract

The aim of this work is to evaluate and analyse the therapeutic benefits of *zingibre officinale* during metabolic, hormonal and structural disorders of the thyroid and testis in male rabbits.

The **19** male rabbits were subjected to this hyperlipidic diet for **7** weeks, and then **10** experimental animals underwent ginger therapy for **3** weeks. The monitoring of all animals concerns: body weight, the determination of certain biochemical parameters such as triglycerides, total cholesterol, fractions **HDLc** and **LDLc**. In addition to performing histology. The testicles are sampled, weighed and set in the **10%**formol. The significance of the results was achieved by the **student test** and **Anova**.

Results: our results show that in experimental animals compared to controls: body weight gain, Hypertriglyceridemia, Hyperlipemia. A non-significant increase in the absolute weight of the right testes and a non-significant decrease in the left testis. For relative weight, a decrease for right and left testes. Not significant increase in the absolute weight of right epididymis, left epididymis as well as their total weight, also the relative weight of right and left epididymis evolves not significantly. A very significant increase in absolute and relative weight of adipose tissue. The deep structural changes of the thyroid gland in these same animals reveal a disorganization of the lobular and follicular structure.

This plant also exerts an antihyperlipidemic effect, by decreasing triglyceridemia, cholesterolemia and atherogenic fraction **LDL-cholesterol**, and anti-inflammatory effect. Also this corrects hypogonadism, by reforming the secretion of plasma levels of testosterone; these benefits allow us to increase the use of this medicinal plant

Keywords: *zingibre officinale*, palm oil, testis, epididymis, cholesterol, thyroid, collagen.

الهدف من هذا العمل هو تقييم وتحليل الفوائد العلاجية لنبات الزنجبيل *zingibre officinale* أثناء الاضطرابات الأيضية الهرمونية والهيكلية التي تصيب الغدة الدرقية والخصية عند ذكور الأرانب.

خضع 19 أرنباً لهذا النظام الغذائي الغني بالدهون لمدة 7 أسابيع ، ثم خضعت 10 منها لعلاج الزنجبيل لمدة 3 أسابيع. مراقبة ومتابعة كل الحيوانات تتعلق بما يلي: وزن الجسم، وتحديد تركيز بعض المعايير الكيميائية الحيوية مثل الدهون الثلاثية، والكوليسترول الكلي، وجزئيات HDLc و LDLc.

بالإضافة إلى دراسة علم الأنسجة حيث تتم إزالة الخصيتين ووزنها وتثبيتها في 10% فورمول. تم تحديد أهمية النتائج من خلال اختبارات Student et Anova.

النتائج: أظهرت نتائجنا أنه في الأرانب الخاضعة لنظام غذائي غني بالدهون مقارنة بالشواهد: زيادة في وزن الجسم ، زيادة شحوم الدم ، فرط شحميات الدم. كذلك نلاحظ زيادة غير بارزة في الوزن المطلق للخصيتين اليمنى وانخفاض غير ملحوظ في الخصية اليسرى. بالنسبة للأوزان النسبية، لوحظ انخفاض غير ملحوظ في الخصيتين اليمنى وانخفاض ضئيل في الخصيتين. زاد وزن البربخ المطلق في الأرانب المعرضة لـ RHLHP بشكل ضئيل بالنسبة للبربخ الأيمن ، البربخ الأيسر وكذلك الوزن الإجمالي. و تغيرت أوزان البربخ النسبية اليمنى واليسرى بشكل ضئيل. إضافة إلى ذلك لدينا زيادة كبيرة في الوزن المطلق والنسبي للأنسجة الدهنية. تكشف التعديلات الهيكلية العميقة للغدة الدرقية في نفس هذه الحيوانات عن خلل خلوي داخل المناطق القشرية والنخاعية.

العلاج بالزنجبيل يصبح بشكل ملحوظ الاضطرابات الأيضية والهرمونية وكذلك بنية جميع مناطق الغدة الدرقية والخصيتين. كما انه يحسن وزن الجسم لأرانب التجارب. يحتوي هذا النبات أيضاً على تأثير مضاد لفرط شحميات الدم ، عن طريق تقليل الدهون الثلاثية في الدم وكوليسترول الدم وجزء الكوليسترول الضار LDL المسبب للشرابين . وله تأثير مضاد للالتهابات. إضافة إلى انه يصبح قصور الغدد التناسلية ، من خلال إصلاح إفراز مستويات هرمون التستوستيرون في البلازما ، هذه التأثيرات المفيدة تسمح لنا بزيادة استخدام هذا النبات الطبي.

الكلمات المفتاحية : الزنجبيل، زيت النخيل، الخصية، البربخ، الكوليسترول، الغدة الدرقية، الكولاجين.

Liste des Abréviations

Liste des Abréviations

A

AG : Acide Gras

AGS : Acide Gras Saturée

C

C.A.S.A.P : Coopération Agricole pour les Services et Pourvoir

CE : Cholestérol- Estérase

CUB : Corps Ultimo-Branchiaux

D

DIT: Di-Iodo-Tyrosine

E

EGF: Epidermal Growth Factor

ERA : Réponse aux Androgènes

ETC : Ebauche Thyroïdienne Centrale

F

FGF: Fibroblast Growth Factor

FSH: Follicle Stimulating Hormone

FT3: Tri-Iodo Tyrosine or T₃

FT4: Thyroxin or T₄

G

GH: Growth Hormone

H

hCG: human Chorionic Gonadotropin

HDL: High Density Lipoprotein

HT: Hormones Thyroïdiennes

I

IGF: Insulin like Growth Factor

IL: Inter Leukines

INRA: Institut National de la Recherche Agronomique

ITELV: Institut Technique des Elevages

J

Jak2: Janus Kinase 2

L

LAT: Large neutral amino acid Transporter

LDL: Low Density Lipoprotein

LE : Lots Expérimentaux

LG : Lots traités au Gingembre

LH: Hormone Luteinisante

LT: Lot d'animaux Témoins

M

MAPK: Mitogen Activated Protein Kinase

mAR: membrane Androgen Receptor

MCT : Mono Carboxylate Transporter

Liste des Abréviations

METS: Syndrome Métabolique

MIT: Mono-Iodo-Tyrosine

N

NGF: Nerve Growth Factor

NLS: Séquence de Localisation Nucléaire

NO: Oxyde Nitrique

NSC: Système Nerveux Central

O

OATP: Organic-Anion-Transporting Polypeptide

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

P

P450Sc: Enzyme de clivage de la chaîne latérale du cholestérol

PTP-1B: Tyrosine-Protéine Phosphatase non-récepteur de type 1

R

REG: Réticulum Endoplasmique Granuleux

REL: Réticulum Endoplasmique Lisse

R-LDL: Récepteur des LDL

RHLHP: Régime Hyperlipidique à base d'Huile de Palme

S

STAR: Steroidogenic Acute Regulatory protein

SP: Spermatogonies

SHBG: Sex Hormone Binding Globulin

SOCS-3 : suppresseur de la signalisation des cytokines 3

T

Tg: Thyroglobuline

TGF: Transforming Growth Factor

TPO: Thyroperoxyd

TR: Récepteur Thyroïdien

V

VLDL: Very Low Density Lipoprotein

VO₂: consommation maximale d'oxygène

Liste des Figures

Figure 1: Répartition mondiale des plantes de la famille des zingiberaceae (**Gigon, 2012 ; Faivre et al., 2006**).

Figure 2: Gingembre cultivé et récolté en Suisse (Genève) par SwissGinge «**A** : Plantation (**Butin et al., 2017**). / **B** : «Récolte». (**Angèle et al., 2017**).

Figure 3: **A:** *Zingiber officinale Roscoe* ; **B:** Rhizome du gingembre (**Gigon, 2012**).

Figure 4 : inflorescences et fleurs de *Zingiber officinale* (**Anne butin, 2017**).

Figure 5 : Gingembre frais coupé, gingembre séché confit et gingembre en poudre (**Anne butin, 2017**).

Figure 6: Organogénèse et développement embryologique de l'ébauche médiane (**Belaggoune, 2020**).

Figure 7: Organogénèse et développement embryologique des ébauches latérales (**Belaggoune, 2020**).

Figure 8: structure tridimensionnel d'un follicule thyroïdien (**Belaggoune, 2020**).

Figure 9 : fragment de la glande thyroïde du lapin **1**-Capsule, **2**- couche de graisse, **3**-vaisseaux, **4**- tissu conjonctive, **5**- lumière du follicule avec colloïde **Gr= 10×10** (**Zakrevska et Tybinka, 2020**).

Figure 10 : Ultrastructure des cellules para folliculaire (**Belaggoune, 2020**).

Figure 11: Les étapes de la synthèse hormonale thyroïdienne (**Slimani, 2011**).

Figure 12 : Étapes du mode d'action des hormones thyroïdiennes (**HT**) (**S. Espiard, V. Vlaeminck, 2019**).

Figure 13: Effets biologiques des hormones thyroïdiennes (**Chabre, 2012**).

Figure 14 : Schéma des structures intra-testiculaires (**Muller et Clos, 1997**).

Figure 15 : Différentes étapes de la spermatogenèse (**Marieb, 2006**).

Figure 16: Répartition de la production mondiale de l'huile de palme (**Djohan, 2018**).

Figure 17: Fruits de palmier à l'huile, *Elaeis Guineensis* (**Djohan, 2018**).

Liste des Figures

Figure 18: L'huile de palme (**Originale**).

Figure 19 : Utilisations de l'huile de palme (**Lefèvre, 2015**).

Figure 20: Gingembre sous ses différentes formes : (1) frais, (2) séché, (3) en poudre (**originale**).

Figure 21: Photographies représentant les lapins mâles de la souche synthétique (**Originale**).

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

Figure 23 : Préparation de la mixture (**Originale**).

Figure 24 : Prélèvement des organes. Tissu adipeux, reins droits et gauches, testicules droits et gauches (**Originale**).

Figure 25: Fixation des organes le formol à 10% (**Originale**).

Figure 26: Montage des cassettes et déshydratation des organes (**Originale**).

Figure 27: Inclusion et mise en bloque (**Originale**).

Figure 28: confection des coupes a l'aide d'un microtome (**Originale**).

Figure 29: Réalisation des coupes ultras fines (**Originale**).

Figure 30: Variation pondérale moyenne chez les animaux témoins et expérimentaux pendant sept semaines.

Figure 31: Variation du poids moyens des animaux expérimentaux traités aux *Zingiber officinale* pendant trois semaines.

Figure 32: Valeurs moyennes des triglycérides (g/l) chez les lapins témoins et expérimentaux, traités aux *zingibre officinal* pendant trois semaines.

Figure 33: Valeurs moyennes du cholestérol total (g/l) chez les lapins témoins, expérimentaux et expérimentaux traités par le *zingibre officinale*.

Figure 34: Valeurs moyennes des HDLc (g/l) chez les lapins témoins et expérimentaux et traités par le *zingibre officinale*.

Liste des Figures

Figure 35: Valeurs moyennes des **LDLc (g/l)** chez les lapins témoins et expérimentaux et traités par le *zingibre officinale*.

Figure 36: Poids absolu des testicules droits et gauches chez les lapins témoins, expérimentaux et traités à la poudre *zingibre officinale*.

Figure 37: Poids absolu des deux testicules droits+gauches.

Figure 38: Poids relatifs des testicules droits et gauches chez les lapins témoins, expérimentaux et traités à la poudre *zingibre officinale*.

Figure 39: Poids relatifs des deux testicules droits et gauches chez les lapins témoins, expérimentaux et traités à la poudre *zingibre officinale*.

Figure 40: Poids absolu des épидидymes droits et gauches, chez les lapins témoins expérimentaux et traités à la poudre *zingibre officinale*.

Figure 41: Poids relatifs de des épидидymes droits et gauches chez les lapins témoins, expérimentaux et traités par la poudre *zingibre officinale*.

Figure 42: Poids absolu du tissu adipeux chez les témoins, expérimentaux et traités par la poudre *zingibre officinale*.

Figure 43: Poids relatif du tissu adipeux chez les témoins, expérimentaux et traités par la poudre *zingibre officinale*.

Liste des Tableaux

Tableau I : Classification botanique du gingembre (**Faivre *et al.*, 2006**) et **Gigon (2012)**.

Tableau II : Les principaux pays producteurs de rhizome du gingembre (**Faivre *et al.*, 2006**).

Tableau III : Poids moyen des animaux témoins, expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre de *zingibre officinale*.

Tableau IV: Valeurs moyennes de quelques paramètres biochimiques plasmatiques chez les lapins témoins, nourris au **RHLHP** et traités à la poudre de *zingibre officinale*.

Tableau V: Poids absolu des testicules droits et gauches des lapins témoins et expérimentaux et traités par la poudre de *zingibre officinale*.

Tableau VI: Poids relatifs des testicules droits et gauches des lapins témoins et expérimentaux et traités par la poudre de *zingibre officinale*.

Tableau de matières

Table des matières

CHAPITRE I : la plante Gingembre « <i>zingiber officinale</i> »	3
1. Historique	3
1.1 Etymologie	3
1.2 De son origine à l'état actuel	3
2. Etude botanique	3
2.1 Classifications systématiques	3
2.2 Ecologie	4
2.3 Description botanique	6
2.4 Formes du gingembre.....	7
2.5 Appareil reproducteur du gingembre	8
2.6 Composition chimique.....	8
2.7 Utilisations	9
2.7.1 Utilisation culinaire.....	9
2.7.2 Utilisation thérapeutiques	9
3. Activités pharmacologiques	9
4. Effet du gingembre sur les troubles de la fertilité et les troubles sexuel	10
Chapitre II. Glande thyroïde et gonades mâles "testicules"	10
I. Glande thyroïde	10
1. Définition	10
2. Embryologie ou organogenèse	10
3. Histologie	12
3.1 Aspect microscopique des glandes thyroïdiennes.....	13
4. Physiologie.....	13
4.1 Synthèse des hormones thyroïdiennes	13
5. Structure des hormones thyroïdiennes « T3 et T4 »	14
5.1 Sécrétion des hormones thyroïdiennes	15
5.2 Mode d'action des hormones thyroïdiennes	15
6. Régulation de la fonction thyroïdienne	16
6.1 Régulation hormonale	16

Tableau de matières

6.2	Régulation par l'iode	16
7.	Effets biologiques des hormones thyroïdiennes	17
II.	Testicule	17
1.	Embryologie	17
2.	Anatomie.....	18
3.	Enveloppes testiculaires	18
4.	Histologie des testicules	19
5.	Histologie de l'épididyme.....	19
6.	Physiologie de la reproduction	20
7.	Stéroïdogénèse et spermatogénèse	20
7.1.	Fonction endocrine des testicules ou stéroïdogénèse	20
7.2.	Fonction exocrine des testicules ou spermatogénèse	20
8.	Biosynthèse de la testostérone	21
	Matériel et méthodes	22
A.	Matériel végétale	22
I.	Les palmiers à huile.....	22
1.	Genre.....	22
1.	Habitat et origine	22
1.	Caractéristiques botaniques	22
II.	Huile de palme.....	23
III.	Composition d'huile de palme	24
IV.	Utilisations.....	24
V.	Effets de consommation de l'huile de palme sur la santé	25
VI.	Poudre du rhizome de gingembre	25
B.	Model expérimentale.....	25
I.	Période et lieu d'expérimentation	25
II.	Animaux	26
III.	Condition d'élevage	26
III.1	Alimentation et abreuvement.....	26
C.	Protocole expérimentale.....	27

Tableau de matières

I.	Constitution des lots	27
II.	Comportement des animaux	28
II.1	Signes de l'inflammation des gonades mâles	28
D.	Technique opératoire	28
1.	Suivi du poids corporel.....	28
2.	Prélèvement sanguin	28
3.	Prélèvement d'organes	28
E.	Etude histologique	29
F.	Technique analytique.....	33
1.	Dosage des paramètres biochimiques plasmatiques.....	33
1.1	Lipémie	33
G.	Analyse statistique.....	34
1.	Moyenne arithmétique (X).....	34
2.	L'erreur standard à la moyenne ESM.....	35
Résultats et Interprétations.....		36
I.	Poids et paramètres biochimiques.....	36
I.1.	Evolution pondérale	36
I.2.	Paramètres biochimiques.....	38
I.3	Statut lipidique	38
II.	Poids des testicules et épидидymes.....	42
III.	Tissu adipeux	48
IV.	L'étude microscopique.....	50
1.	Histologie de la glande thyroïde chez les lapins expérimentaux et traités à la poudre du gingembre.	50
2.	Histologie du testicule chez les lapins expérimentaux et traités à la poudre du gingembre	51
Discussion		54
I.	Poids corporel	54
II.	Paramètres biochimiques plasmatiques chez les animaux témoins, expérimentaux, expérimentaux traités par le <i>zingibre officinale</i>	55
II.1	Statut lipidique	55

Tableau de matières

III. Poids des testicules et épидидymes chez les lapins soumis au régime hyper lipidique, témoins et traités à la poudre du gingembre	57
IV. Le tissu adipeux chez les lapins soumis au régime hyperlipidique, témoins et traités à la poudre du gingembre.....	61
V. Histologie de la glande thyroïde des lapins témoins, expérimentaux et traités par la poudre du gingembre	62
VI. Histologie du testicule des lapins témoins, expérimentaux et traités par la poudre du gingembre.....	64
Conclusion.....	65
Références	Error! Bookmark not defined.
ANNEXES.....	Error! Bookmark not defined.



Introduction

Introduction

Depuis l'Antiquité, l'homme utilise les plantes dans un but thérapeutique ou alimentaire (**Sanag, 2006**). A travers les siècles, beaucoup de plantes ont été découvertes, notamment grâce au commerce intercontinental, de ce fait, l'utilisation des plantes médicinales ne cesse d'augmenter ces dernières années vu les effets bénéfiques observés sur les différents problèmes de santé en particulierités l'hyperlipidémie (**Brosteaux, 2010**).

Le *zingibre officinale* issue de la famille des Zingiberaceae est une plantes herbacée annuelle vivace grâce à son rhizome charnu, allongé et formé de plusieurs ramifications tubéreuses et noueuses. C'est une large famille constituée de **47** genres et **1 400** espèces (**Parthasarathy et al., 2012**). **Kress et al., (2002)** ainsi que **Jatoi et al., (2007)** rapportent que cette famille est divisée en **53** genres et plus de **1200** espèces qui se répartissent à travers l'Asie, les Iles du Pacifique et l'Afrique.

De nombreuses études ont démontré que le gingembre possède de nombreux effets thérapeutiques comme anti nausées, anti-inflammatoires, antibactériens, antioxydants et anti néoplasiques. En outre, le gingembre empêche l'agrégation plaquettaire, réduit les taux de lipides plasmatiques et la peroxydation lipidique, celui-ci stimule le flux sanguin intestinal (**Modaresi et al., 2010**).

Suite à l'alimentation hypercalorique, plusieurs pathologies sont apparues, l'une de ces causes, est la matière grasse végétale, qui est l'huile de palme, la plus utilisée au monde, devant le soja, Elle est extraite des fruits du palmier à huile (*Elaeis guineensis*).

L'huile de palme est riche en acides gras saturés (**AGS**), leur proportion est d'environ **45 à 55 %**, dont la quantité de l'acide palmitique est de **39 à 47 %**, elle contient aussi **45 à 55 %** de multiples acides gras insaturés (l'acide oléique **36 à 44 %**), quant à l'acide linoléique (**9-12 %**). Elle comporte également près de **100 %** de lipides sous forme de triglycérides. D'ailleurs, elle est naturellement riche en différents phytonutriments comme la vitamine E, caroténoïdes, etc.... (**Qureshi et al., 1991; Tiahou et al., 2004; Azlina et al., 2005; Suzana et al., 2005; Rooyen et al., 2008**).

Chez l'homme, les perturbations de l'équilibre nutritionnel conduisent à de graves conséquences sur la santé, telles que l'obésité, les maladies cardiovasculaires, le diabète de type 2, l'hyperlipidémie et causent même des troubles de la reproduction (**Aranceta et Perez, 2012; Assmann et al., 2014**).

Introduction

De nombreux facteurs contribuent à l'infertilité comme l'obésité abdominale, la tension artérielle, la triglycéridémie, la cholestérolémie et la glycémie à jeun.

L'évaluation de l'infertilité masculine nécessite l'analyse du sperme, qui comprend les trois critères suivants : concentration, morphologie et motilité des spermatozoïdes.

L'hypogonadisme est l'une des conséquences principales de l'obésité et c'est un défaut de fonctionnement de l'appareil reproducteur, touchant à la fois la production des spermatozoïdes et la sécrétion de la testostérone. En effet, l'excès du tissu adipeux induit l'augmentation des taux d'œstrogènes sanguins, celle-ci pourrait altérer la production des spermatozoïdes (**Gómez-elías et al., 2019**).

La glande thyroïde joue un rôle majeur dans la puberté. En effet, une hypothyroïdie peut être responsable d'un retard de la puberté. Chez l'adulte, un dysfonctionnement thyroïdien perturbe la fertilité et la sexualité (**Slimani et al., 2011**). L'hypercholestérolémie et l'obésité sont les caractéristiques de l'hypothyroïdie (**Slimani et al., 2011**).

Notre travail a pour objectif d'étudier les effets thérapeutiques d'extraits bruts du rhizome *zingiber officinale* sur les perturbations métaboliques et histo-morphométriques de la glande thyroïde et testicule chez les lapins de souche synthétique soumis à un régime hyperlipidique à base d'huile de palme.

Notre étude se présente en trois parties :

- Elle est initiée par une recherche bibliographique qui associe les informations précieuses sur la plante médicinale *zingiber officinale* et les rappels anatomo-histologiques des testicules et de la glande thyroïde chez le lapin.
- La seconde partie se localise sur le matériel biologique, les méthodes et les techniques utilisés dans notre étude.
- La troisième partie se résume en résultats et données obtenus avec leurs discussions et nous finissons avec une conclusion générale.



RAPPELS
BIBLIOGRAPHIQUES

Rappels bibliographiques

CHAPITRE I : Plante : la plante Gingembre « *zingiber officinale* »

1. Historique

1.1 Etymologie

Le gingembre porte le nom *Zingiber officinale* qui veut dire « remède universel » (Bode *et al.*, 2011), par la suite, il apparaît le nom grec **ziggiberis**, dérivant du nom arabe **zangabil**. Plus tard, le mot latin Zingiber se révèle pour qu'il soit l'origine du mot de genre botanique **Zingiber**. Chez les vieux français, il était sous le nom de gingibre mais à partir du 13^{ème} siècle il a été nommé **gingembre** (Anne Butin *et al.*, 2017).

1.2 De son origine à l'état actuel

L'origine exacte de cette plante est inconnue, mais ses premières traces sont apparues au continent asiatique, surtout au niveau de l'Inde et la Chine, les premiers textes chinois le mentionnent en 500 avant Jésus-Christ. Il était recommandé comme condiment, médicament et aphrodisiaque.

Au 16^{ème} siècle, il devient très utilisé dans le Moyen-Orient, il est d'ailleurs mentionné dans le Coran. C'était la source du commerce entre l'Orient et l'Europe, il était commercialisé sous forme sèche. A la fin du 17^{ème} siècle le gingembre devient le récit de plusieurs ouvrages botaniques. La réputation de cette plante retombe au cours du 18^{ème} siècle, ce n'est qu'en fin du 20^{ème} siècle qu'il reprend son succès grâce à la cuisine orientale et la phytothérapie (Butin *et al.*, 2017).

2. Etude botanique

2.1 Classifications systématiques :

D'après Faivre *et al.*, (2006) et Gigon (2012), la classification du gingembre se fait comme suivante :

Tableau I : Classification botanique du gingembre.

Rappels bibliographiques

Nom français	Gingembre commun
Nom latin	Zingiber officinale (Roscoe)
Règne	Plantae
Sous règne	Trachéobionta
Embranchement	Spermatophytes
Sous-embranchement	Magnoliophyta(Angiospermes)
Classe	Liliopsida (ou Monocotylédones)
Sous-classe	Zingibéridae
Ordre	Zingibérales
Famille	Zingibéraceae
Sous-famille	Zingibéroïdées
Genre	<i>Zingiber</i>
Espèce	<i>Zingiber officinale Roscoe</i>

2.2 Ecologie

2.2.1 Climat

Sa culture nécessite un climat tropical, une humidité élevée, constante et une température supérieure à 21C°. Sa croissance demande des apports hydriques abondants.

La plantation de cette plante se réalise sur des sols légers, argilo-sablonneux ainsi qu'ils doivent être bien arrosé (Anne Butin *et al.*, 2017).

2.2.2 Répartition

La culture de cette plante se situe principalement en Inde, également en Chine, Indonésie, Philippines, Japon, Thaïlande ainsi qu'en Afrique tropicale, plus précisément Nigeria et le Cameroun (Fig.1) (Gigon, 2012 ; Sangwan *et al.*, 2014).

En Algérie, le gingembre est importé, mais aussi il peut être cultivé à travers la division de rhizomes planté dans des sillons profonds (Dellile, 2007).

Rappels bibliographiques



Figure1: Répartition mondiale des plantes de la famille des zingiberaceae (Gigon, 2012 ; Faivre *et al.*, 2006).

2.2.3 Plantation et récolte

Selon la plantation (**Fig.2**), le cycle végétatif du gingembre peut durer **9 à 10** mois. Il faut la planter dès le début de la saison des pluies, par exemple en Septembre dans le Queensland et en Avril en Inde et Jamaïque. En Australie, sa plantation s'effectuera le mois d'août à Octobre si les terrains sont bien irrigués (Angèle *et al.*, 2017).

Avant que la mousson ne se termine, les plantes présenteront des fleurs et les parties aériennes jauniront jusqu'au mois de juin avec une production de graines. Les cultivars différents selon l'endroit où ils sont cultivés, leurs couleurs et saveurs diffèrent (Angèle *et al.*, 2017).



Figure 2: Gingembre cultivé et récolté en Suisse (Genève) par SwissGinge «A : Plantation (Butin *et al.*, 2017)./ B : «Récolte». (Angèle *et al.*, 2017).

Rappels bibliographiques

Puis, pour améliorer la croissance des rhizomes, il est fréquent que les tiges florales soient coupées, afin que toute l'énergie se concentre dans les parties souterraines. Généralement récoltés manuellement, les rhizomes sont ensuite nettoyés et mis à sécher (**Butin et al., 2017**).

2.3 Description botanique

C'est une plante stérile, les fruits et les graines produites ne peuvent produire une reproduction sexuée. Sa multiplication se déroule à l'aide des bourgeonnements (**Fig.3**) de son rhizome qui représente la source de nouvelles plantes (**Butin et al., 2017**).

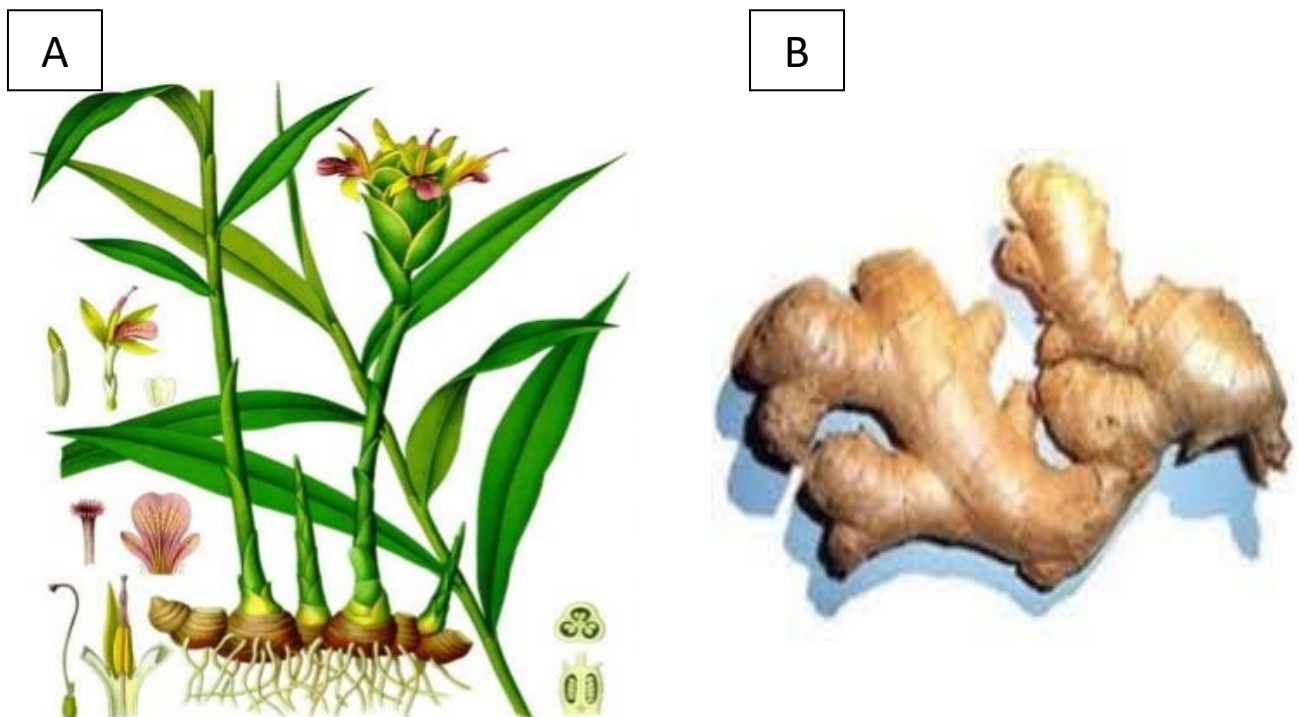


Figure 3: A: *Zingiber officinale* Roscoe ; B: Rhizome du gingembre (Gigon, 2012).

2.3.1Partie sous terrainne

Elle se compose de rhizome et des racines. Son rhizome est épais, et composé des tubercules ramifiés. Il enfile une peau beige et une chair jaune parfumée et juteuse. Le rhizome représente la partie active et thérapeutique du gingembre (**Butin et al., 2017**).

2.3.2Partie aérienne

Elle se devise en deux parties représentées comme suivants :

Rappels bibliographiques

Les tiges représentent deux types : les premiers sont les plus longues, stériles, et servent à capter la chlorophylle. Les seconds sont les plus courtes, se caractérisant par la portée des fleurs et les organes reproducteurs.

Les feuilles du gingembre sont longues, elles sont persistantes, lancéolées et pointues (**Faivre et al., 2006**). Les inflorescences sont portées par la partie terminale des tiges courtes ou issues directement du rhizome et sortent du sol (**Fig.4**).



Figure 4 : inflorescences et fleurs de *Zingiber officinale* (Anne butin, 2017).

2.4 Formes du gingembre

- Gingembre sec et entier : c'est une plante caractérisée par des rhizomes charnus avant que leur peau durcisse car le séchage sera plus difficile (**Angèle et al., 2017**).
- L'huile essentielle de gingembre : sa préparation nécessite des rhizomes secs entiers avec leur peau. Ils sont réduits en poudre et puis distillés par la vapeur (**Angèle et al., 2017**).
- Gingembre en poudre : elle sera stockée dans des boîtes hermétiques pour éviter l'humidité environnante. Elle conserve très bien sa saveur pendant une année (**Angèle et al., 2017**).
- Le gingembre autant que boisson nommée par «Gnamakoudji», beaucoup consommée en côte d'ivoire (**Coulibaly et al., 2004**).

Rappels bibliographiques



Figure 5 : Gingembre frais coupé, gingembre séché confit et gingembre en poudre (Anne butin, 2017).

2.5 Appareil reproducteur du gingembre

L'appareil reproducteur mâle nommé androcée, composé des étamines qui sont elles-mêmes constituées d'un filet et d'une anthère avec des loges polliniques pour ensuite libérer le pollen.

L'organe femelle, c'est le gynécée qui présente des carpelles, composées de l'ovaire, d'un style qui prolonge l'ovaire et un stigmate coiffe le style pour retenir les grains de pollen sphériques (Angèle *et al.*, 2017).

2.6 Composition chimique

La majorité des composants chimiques sont situés principalement dans le rhizome de gingembre, ce dernier est très riche en amidon **60%**, renfermant **10%** de graisses, des protéines, d'huile essentielle ainsi que de la résine.

Il contient plusieurs minéraux tels que calcium, magnésium, Potassium, zinc, phosphore et du fer. Sans oublier qu'il est riche en vitamine B1, B2, B3. Le gingembre frais renferme la vitamine C mais malheureusement cette dernière disparaît lorsqu'il devient sec.

A partir de rhizomes sont extraites **6%** de l'oléorésine et **1-3%** de l'huile essentielle. L'oléorésine contient les composés chimiques, caractérisés par la saveur piquante, tels que le gingérol, shogaol, paradol, zingéron, avec un taux de **15%** (Gigon, 2012).

Rappels bibliographiques

La composition de l'huile essentielle diffère selon l'origine géographique mais se retrouve des composés odorants comme le zingiberène, le curcumène, le camphène, le bisabolène, le citral et le linalol (Wright *et al.*, 2004).

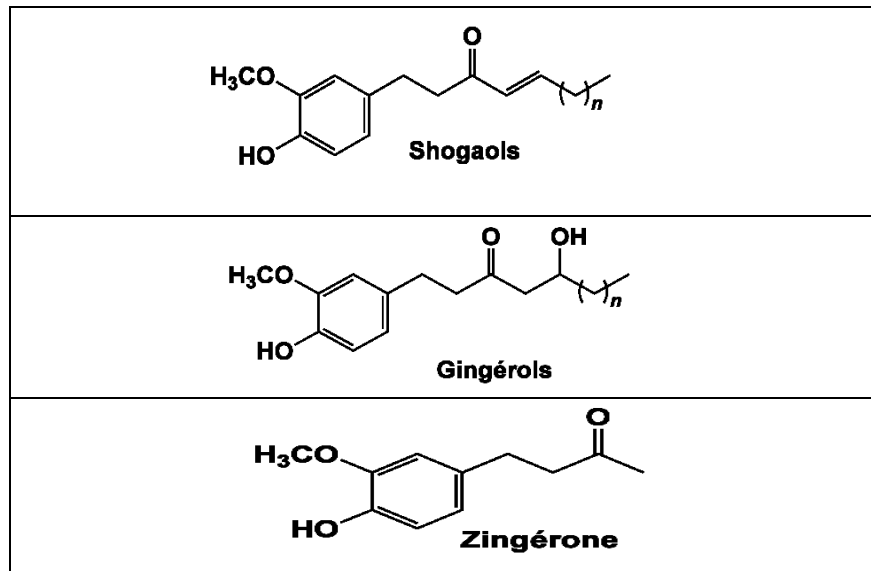


Tableau II : Principaux constituants biologiques actifs du gingembre (Ali *et al.*, 2008).

2.7 Utilisations

Le gingembre est très utilisé dans le domaine culinaire et thérapeutique (Butin, 2017).

2.7.1 Utilisation culinaire

Les jeunes racines du gingembre sont juteuses, possèdent un goût très doux, contrairement aux rhizomes mûrs qui renferment un goût très fort (Benhasna *et al.*, 2017).

2.7.2 Utilisation thérapeutiques

La médecine chinoise a employé le gingembre au niveau psychique qu'au niveau physique pour apporter l'énergie et la chaleur. Son rhizome séché est utilisé pour toutes les maladies de refroidissement et le gingembre frais est également employé pour ses vertus antitoxines. Il est reconnu comme étant un agent préventif des nausées et vomissement dus à la grossesse par l'OMS depuis 1999.

3. Activités pharmacologiques

Le gingembre dispose de multiples actions et propriétés médicinales, il est connu d'avoir des effets sur le tube digestif, des actions antalgique, anti-inflammatoire, antioxydant, anti-tumorales et aphrodisiaque (Butin, 2017).

Rappels bibliographiques

4. Effet du gingembre sur les troubles de la fertilité et les troubles sexuel

La médecine indienne et arabe sont reconnues par l'utilisation du gingembre pour le traitement des troubles de la fertilité et sexuels. Les études antérieures ont montré, l'effet aphrodisiaque du gingembre, entraînant aussi une augmentation de la masse des vésicules séminales, du poids corporel moyen, pareillement, une augmentation de la quantité totale du sperme, un accroissement du nombre de spermatozoïdes mobiles, une élévation de la qualité du sperme et une baisse du nombre des cellules sexuelles anormales (**Angèle, 2017**).

Chapitre II. Glande thyroïde et gonades mâles ‘testicules’

I. Glande thyroïde

1. Définition

La glande thyroïde appartient au système hypothalamo-hypophysio-thyroïdien (**Ortiga-Carvalho et al., 2016**). Chez les lapins, ce tissu glandulaire se compose de deux parties reliées par un isthme mince et situées sur le larynx et la trachée dans la plage allant vers la corne antérieure du cartilage thyroïdien au 9^{ème} anneau cartilagineux trachéal (**Zhedenov, 1987**). Les hormones produites par la glande thyroïde affectent la croissance de l'organisme, le développement du système sexuel et nerveux et sont également impliquées dans le métabolisme (**Jost, 1954; Krassas et al., 2010**).

2. Embryologie ou organogenèse

Chez les mammifères, la thyroïde est le premier tissu glandulaire à se développer (**Hichri, 2019**). Elle est d'origine entoblastique (+neuroectoblastique), provient principalement d'une ébauche médiane. Ils s'y associent des éléments provenant d'ébauches latérales.

2.1 L'ébauche médiane

Le corps thyroïde apparaît à la 3^{ème} semaine du développement sous forme d'une prolifération épithéliale dans le plancher du pharynx primitif. L'ébauche thyroïdienne (**Fig.6**) s'enfonce dans le mésoblaste sous-jacent et descend en avant du pharynx primitif sous forme d'un diverticule bilobé. Au cours de cette migration, la glande reste en connexion avec le plancher du pharynx primitif par l'intermédiaire d'un canal étroit : le canal thyroïdienne. Ce canal se ferme rapidement, se fragmente puis régresse, sauf dans sa partie inférieure où il donnera la pyramide

Rappels bibliographiques

de Lalouette. Le corps thyroïde continue sa migration descendante pour atteindre à la 7^{ème} semaine sa situation définitive, en avant de la trachée. A ce stade, il comporte deux lobes latéraux et un isthme (**Belaggoune, 2020**).

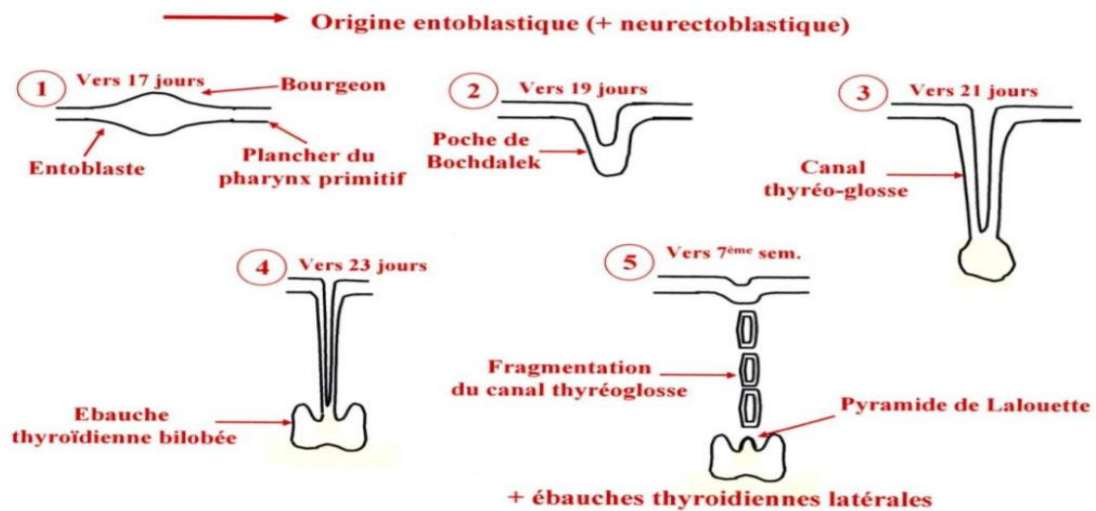


Figure 6: Organogénèse et développement embryologique de l'ébauche médiane (**Belaggoune, 2020**).

2.2 Les ébauches latérales

Elles apparaissent au niveau de la dernière poche branchiale Entoblastique (poche IV). De chaque côté se constitue un corps ultimo-branchial qui est colonisé par des cellules provenant des crêtes neurales. Ces ébauches fusionnent avec l'ébauche médiane (**Fig.7**). Ses éléments se dispersent dans la glande et donnent les cellules para folliculaires (**Belaggoune, 2020**).

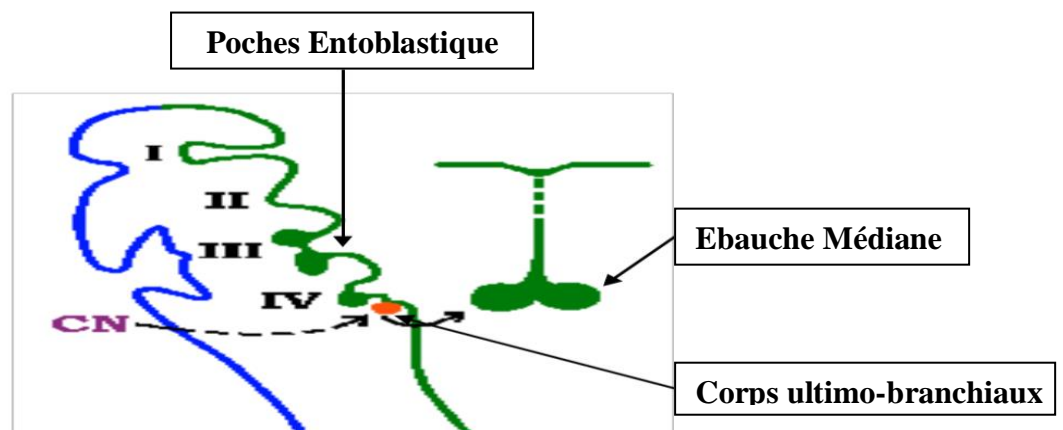


Figure 7: Organogénèse et développement embryologique des ébauches latérales (**Belaggoune, 2020**).

Rappels bibliographiques

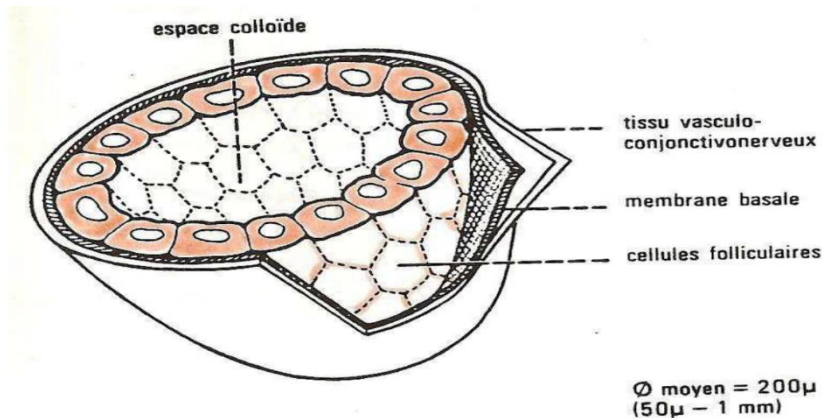


Figure 8: structure tridimensionnel d'un follicule thyroïdien (Belagoune, 2020).

3. Histologie

Le parenchyme thyroïdien (**Fig.9**) est composé de deux types de cellules : la cellule folliculaire, (thyrocytes) qui tapissent chaque follicule, et la cellule para-folliculaire (cellule C) qui existe entre les follicules adjacents (Parchami et Dehkordi, 2012).

La capsule thyroïdienne se compose de trois couches : externe ou séreuse, moyenne et interne ou fibreuse. La couche interne, propre capsule de la glande, pénètre dans l'épaisseur de la glande et forme un cadre de tissu conjonctif pour les follicules, qui est formée de fibres de collagène. L'indicateur d'épaisseur varie de 65,88 μ m à 478,6 μ m (Zakrevska et Tybinka, 2020).

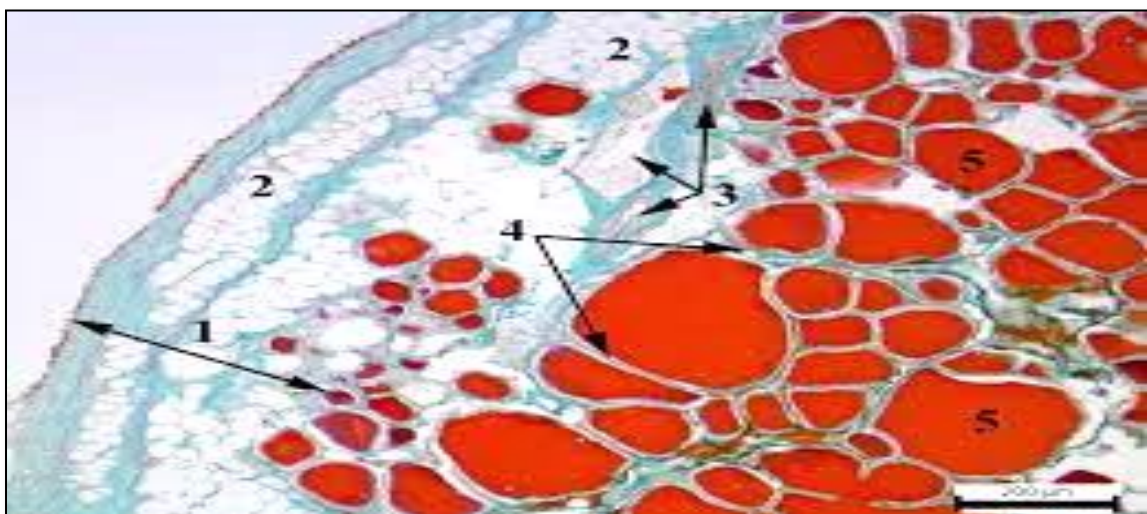


Figure 9 : fragment de la glande thyroïde du lapin 1-Capsule, 2- couche de graisse, 3-vaisseaux, 4- tissu conjonctive, 5- lumière du follicule avec colloïde Gr= 10 \times 10 (Zakrevska et Tybinka, 2020).

Rappels bibliographiques

3.1 Aspect microscopique des glandes thyroïdiennes

Chez les deux sexes de lapin, la forme et la taille des follicules thyroïdiens varient considérablement, mais ils sont habituellement de forme irrégulièrement ovale à sphéroïde.

Chaque follicule se compose d'une couche d'épithélium simple (Parchami et Dehkordi, 2012). Les cellules folliculaires, appelées aussi cellules vésiculaires ou thyrocytes sont donc disposées en une assise unique (Tavergnier, 2013). Son centre renfermant une cavité, le colloïde c'est lieu de synthèse pour les hormones thyroïdiennes (Parchami et Dehkordi, 2012).

La forme des cellules change en fonction de leur activité, elles prennent la forme aplatie en phase de repos et une forme cylindrique en phase d'intense activité. Les noyaux des cellules folliculaires sont arrondis et leur cytoplasme est hautement basophile (Slimani, 2011).

3.1.1 Les cellules C ou parafolliculaires

Ces cellules sont beaucoup moins nombreuses que les thyrocytes ; moins de 0,1% de parenchyme thyroïdien. Elles se trouvent entre les follicules (Fig.10), elles sont responsables de la synthèse et la sécrétion d'une hormone hypocalcémiant, c'est la calcitonine (Slimani, 2011).

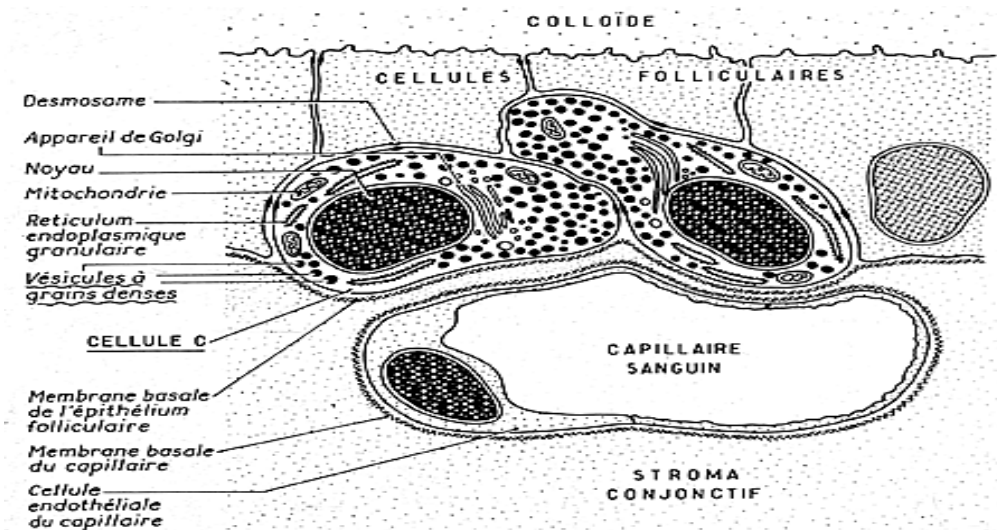


Figure10 : Ultrastructure des cellules para folliculaire (Belagoune, 2020).

4. Physiologie

4.1 Synthèse des hormones thyroïdiennes

Les hormones thyroïdiennes requièrent la présence de deux molécules clé :

Rappels bibliographiques

- ❖ l'iode qui provient essentiellement de l'alimentation et en partie du recyclage par désiodation périphérique surtout hépatique de la **T4**.
- ❖ La thyroglobuline (**Tg**) qui joue le rôle de protéine support ou pro hormone de la **T3** et la **T4** (Slimani, 2011).

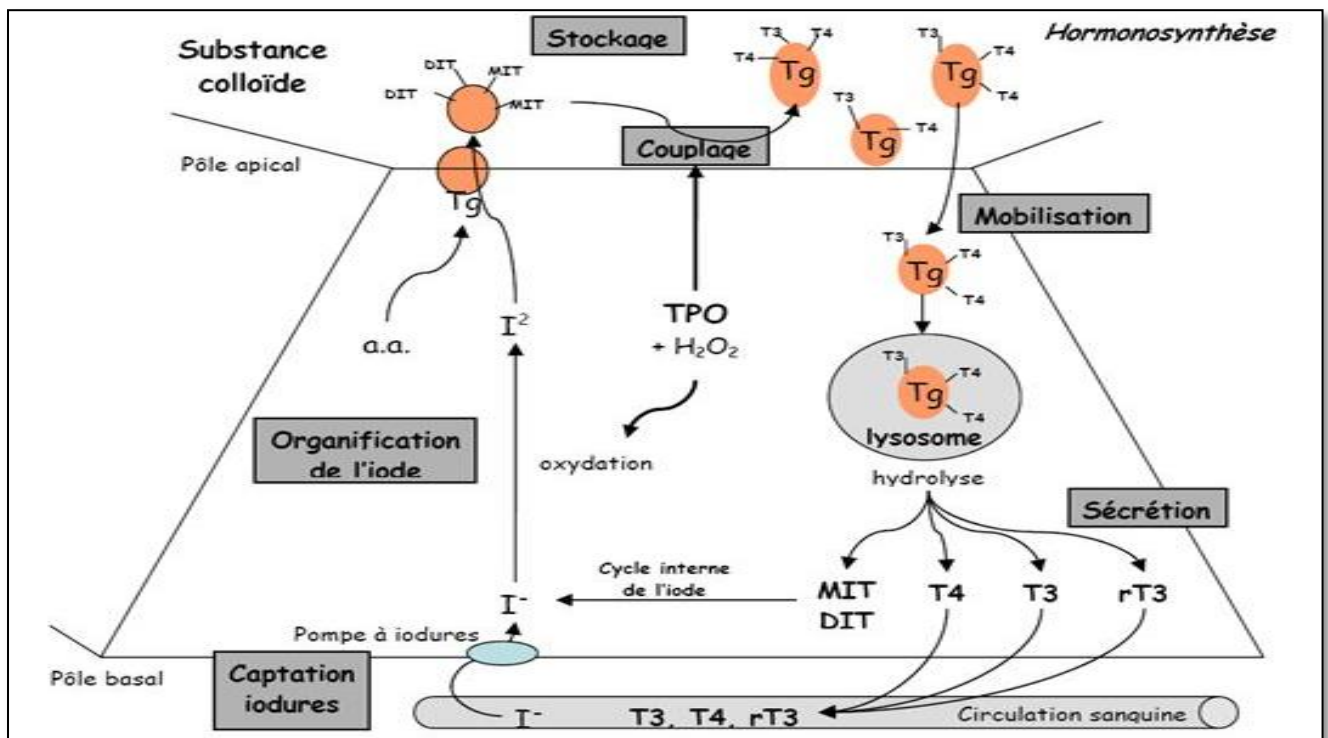


Figure 11: Les étapes de la synthèse hormonale thyroïdienne (Slimani, 2011).

5. Structure des hormones thyroïdiennes « T3 et T4 »

Les hormones thyroïdiennes possèdent la même structure organique : la thyronine, formée par deux noyaux aromatiques reliés par un pont éther. Les hormones se différencient par le nombre et la place variables des atomes d'iode qu'elles portent (Pérez, 2007).

Sur les anneaux sont branchés trois atomes d'iode pour la 3, 5, 3 tri-iodo-thyronine (**T3**) et quatre atomes pour la **T4** (ou 3, 5, 3, 5 tétra-iodo-thyronine).

Les mono-iodotyrosines(MIT) et les di-iodo-tyrosines (DIT) sont couplées ensemble sous l'action des mêmes enzymes pour former principalement de la **T4**. **80 %** d'elle et seulement **20 %** de **T3**, considérée comme l'hormone active (S. Espiard, V. Vlaeminck, 2019).

Rappels bibliographiques

Les principales hormones thyroïdiennes synthétisées et sécrétées par la thyroïde sont la **T3**, la **T4** et la **rT3**. La **rT3** : ou la **reverseT3**, c'est la forme biologiquement inactive, elle dérive de la désiodation de la **T4** par la 5-désiodase (**Slimani, 2011**).

5.1 Sécrétion des hormones thyroïdiennes

La sécrétion des HT : la **Tg** est stockée dans le colloïde, puis internalisée dans le thyrocyte par pinocytose et dirigée vers les lysosomes où les HT sont libérées par protéolyse (**S. Espiard, V. Vlaeminck, 2019**). Les vésicules vont fusionner avec les lysosomes pour donner les phagosomes, ces dernières vont hydrolyser la thyroglobuline iodée et aboutir à la libération des **MIT, DIT, T3** et **T4** qui diffusent dans la circulation (**Cherouat et al., 2016**).

Les HT sont finalement sécrétées dans la circulation au pôle basal (**S. Espiard, V. Vlaeminck, 2019**).

5.2 Mode d'action des hormones thyroïdiennes

Sites d'actions extra nucléaires, Les **HT** sont véhiculés dans le sang sous la forme de complexes avec des protéines plasmatiques. Ensuite sont transportées à l'intérieur de la cellule cible (**Fig.12**) grâce à des transporteurs membranaires spécifiques (**S. Espiard, V. Vlaeminck, 2019**).

La **T3** exerce des actions membranaires avec un effet facilitateur du métabolisme cellulaire et également des effets au niveau de la mitochondrie avec augmentation de la calorigénèse (**Pérez, 2007**).

Sites d'actions nucléaires, la **T3** se lie à un récepteur cytosolique nucléotrope, (**Pérez, 2007**), qui l'achemine vers le noyau, ou constitue une forme de stockage et/ou de séquestration de l'hormone. Dans le noyau, la **T3** se fixe à son récepteur thyroïdien (**TR**) et exerce ses effets génomiques activant ou inhibant l'expression des gènes cibles.

Rappels bibliographiques

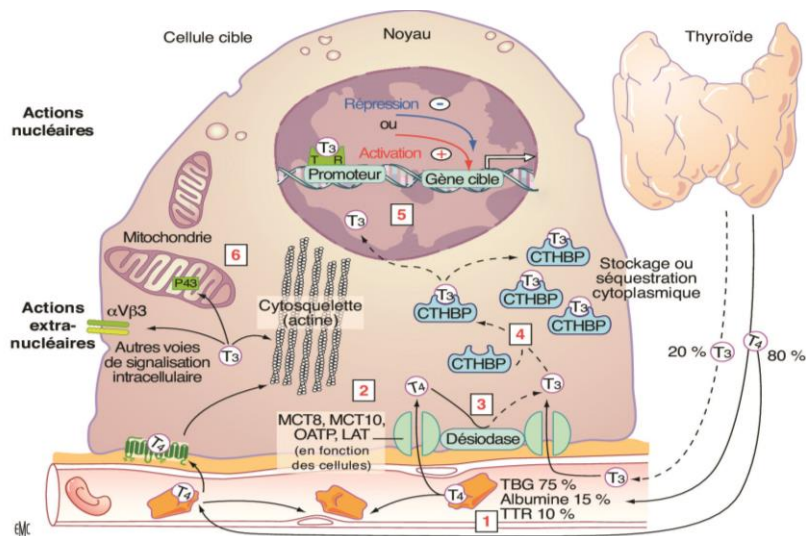


Figure 12 : Étapes du mode d'action des hormones thyroïdiennes (HT) (S. Espiard, V. Vlaeminck, 2019).

6. Régulation de la fonction thyroïdienne

6.1 Régulation hormonale

Le principal système de régulation est représenté par l'axe thyroïdienne. La régulation de la sécrétion des HT se fait à trois niveaux : l'hypothalamus, l'hypophyse et la thyroïde. Par ailleurs, le statut nutritionnel influence également la fonction thyroïdienne en particulier le catabolisme des hormones (Perez, 2007), qui exercent un rétrocontrôle négatif sur l'hypothalamus et l'hypophyse, régulant ainsi leur propre sécrétion (Odile, *et al.*, 2009).

6.2 Régulation par l'iode

L'iode constitue un élément indispensable des hormones thyroïdiennes, les fluctuations de son apport retentissent sur le statut thyroïdien.

Il agit sur l'inhibition de la génération du H_2O_2 qui constitue la molécule clé de sa propre oxydation ainsi que le couplage des MIT et DIT en T3 et T4, ceci est appelé l'effet **Wolf Chaikoff**. Il peut intervenir aussi sur la diminution du captage des acides aminés et du glucose par les thyrocytes afin de réduire le taux de synthèse de la Tg et de TPO. Il inhibe l'internalisation de la Tg et la libération de T3 et T4.

Pour ces raisons, l'iode est utilisé dans le traitement de certains cas d'hyperthyroïdie afin de réduire l'hyperactivité du thyrocyte et de rétablir l'état d'euthyroïdie (Slimani, 2011).

Rappels bibliographiques

7. Effets biologiques des hormones thyroïdiennes

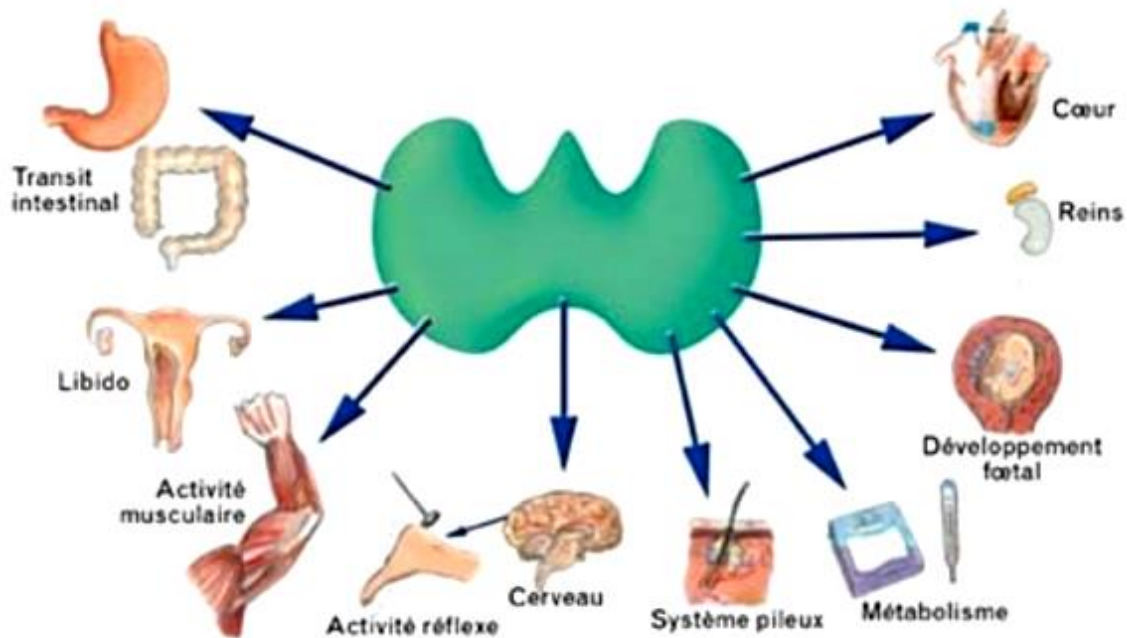


Figure 13: Effets biologiques des hormones thyroïdiennes (Chabre, 2012).

II. Testicule

1. Embryologie

Chez les mammifères les testicules se forment dans la région du **mésonephros**, région lombaire, ils reçoivent leur vascularisation des grands axes, à proximité de ces gonades partent les canaux de Wolff qui se dirigent vers le sinus uro-génital. Par la suite, ils vont évoluer pour donner les voies excrétrices du sperme. Lors de la croissance rapide du corps, les testicules vont être attirés vers le bas, entraînant dans leur « migration » vaisseaux, canaux, péritoine et les différentes couches de la paroi abdominale.

Les testicules sortent de la cavité abdominale par l'orifice inguinal dans les derniers temps intra-utérins ou les premiers mois de la vie, s'arrêtant dans la région sous-anale (Bonnet-cadilhac, 1997).

Rappels bibliographiques

2. Anatomie

Le testicule de lapin est la glande génitale mâle, c'est un organe pair, ovoïde et amincis aux extrémités avec un pôle caudal plus pointu. Ces gonades sont situées dans des bourses amincies en position périnéale haute (**Fig.14**). Ils mesurent **4 à 5 cm** de long, **2,5 cm** d'épaisseur et **3 cm** de hauteur et pèsent environ **1.5 à 2g** (**Boussit, 1989 ; Barone, 2001**).

Les testicules ont une double fonction : endocrine correspondant à la synthèse et la sécrétion d'hormones principalement la testostérone et exocrine, en rapport avec la production de spermatozoïdes (**Muller et Clos, 1997**).

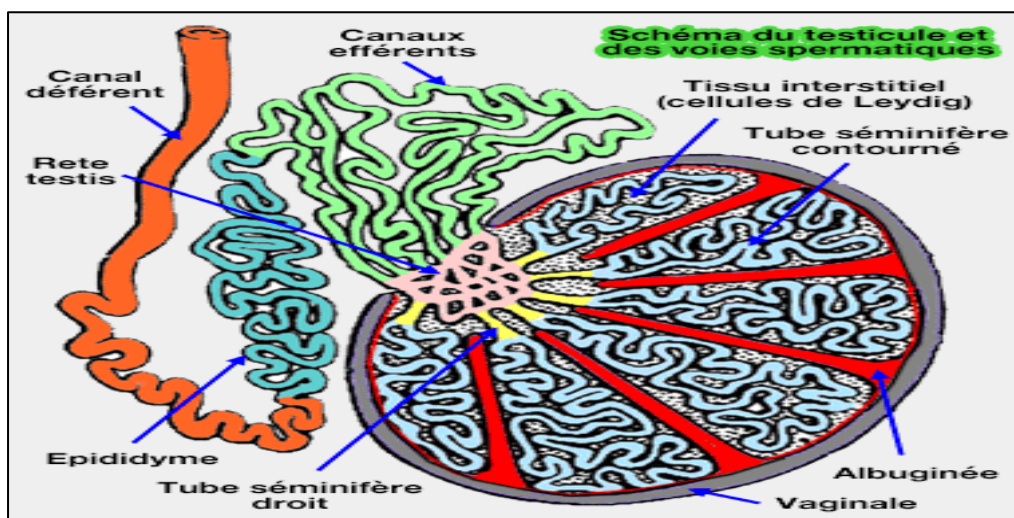


Figure 14 : Schéma des structures intra-testiculaires (**Muller et Clos, 1997**).

3. Enveloppes testiculaires

Les enveloppes du testicule protègent et soutiennent cette glande ainsi que ses premières voies d'excrétion (épididyme et début du conduit déférent) et ses vaisseaux. Il en existe six :

Le scrotum n'est visible que dans les périodes d'activité sexuelle, il est double et forme de chaque côté un sac volumineux, très allongé et dirigé caudalement sous le bassin, sa peau très fine (**Barone, 2001**).

Le dartos est une couche musculaire lisse, fortement riche de fibre de collagènes et surtout de fibre élastiques. C'est une enveloppe propre à chaque testicule, elle assure leurs suspensions et maintient leurs enveloppes profondes (**Barone, 2001**).

Le fascia spermatique externe est une enveloppe qui constitue une séparation entre les différentes structures des bourses testiculaires. Elle est constituée de deux couches d'aspect

Rappels bibliographiques

lamellaire séparées par du tissu conjonctif lâche. Elle assure une protection mécanique par exemple contre les chocs (**Roger, 2009**).

Le muscle crémaster est un sac musculaire complet, très développé, de couleur rouge vif, qui est directement continu avec le muscle oblique interne de l'abdomen autour de l'anneau inguinal profond, large avec un diamètre suffisant pour permettre le passage des testicules et l'épididyme. (**Barone, 2001**).

Le fascia spermatique interne qui forme un sac piriforme débutant par l'anneau inguinal profond (**Roger, 2009**).

La tunique vaginale est très ample, piriforme et le canal vaginal est long et vaste, elle constitue la séreuse du testicule et de son cordon (**Barone, 2001**).

4. Histologie des testicules

Les testicules sont recouverts par une capsule blanche, épaisse et résistante parcourue par les vaisseaux testiculaires, l'albuginée. Cette dernière est riche en fibres de collagène et en cellules musculaires lisses dans la région postérieure (**Siffroi, 2001**).

Cette capsule s'épaissit au niveau de la coiffe épидидymaire et s'enfonce à l'intérieur du testicule pour former un cône fibreux, le corps d'Highmore (**Vacheretq, 1999 et Siffroi, 2001**).

Le corps d'Highmore, délimitant **200 à 300** lobules testiculaires, chaque lobule testiculaire contient **2 à 4** tubes séminifères très longs qui débouchent par les tubes droits, dans le rete testis (**Vacheret, 1999**).

5. Histologie de l'épididyme

Le canal épидидymaire se compose de deux compartiments : le premier compartiment est constitué par l'épithélium pseudo-stratifié qui repose sur un chorion de tissu conjonctif richement innervé et vascularisé, lui-même entouré de **2 à 6** couches de fibres musculaires lisses alors que le deuxième compartiment est constitué d'une lumière bordée par cet épithélium.

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

Rappels bibliographiques

6. Physiologie de la reproduction

Les testicules sont des organes assurant une double fonction, la fonction gamétogenèse ou spermatogenèse, semblable à la fonction exocrine, effectuée par les tubes séminifères et la fonction endocrine qui consiste par la synthèse des hormones stéroïdes, assurée par les cellules de Leydig (**Dadoune et Demoulin, 2001**).

7. Stéroïdogénèse et spermatogenèse

7.1 Fonction endocrine des testicules ou stéroïdogénèse

La première réaction de la stéroïdogénèse passe par une étape clef, qui est le transport de cholestérol du cytoplasme vers la membrane mitochondriale, à travers la protéine **STAR** (**FELLAG et FETHOUN, 2018**).

La transformation du cholestérol en testostérone nécessite plusieurs étapes, la première permet la conversion du cholestérol en pregnenolone par le biais du cytochrome **P450_{scc}**, au niveau de la mitochondrie (**Levallet et al., 1998**).

La source des œstrogènes au niveau du système reproducteur est la cellule de Sertoli, chez les animaux immatures, leur production se fait par la **P450**aromatase des cellules de Leydig.

La **LH** et **hCG** stimule la production de la testostérone par la cellule de Leydig. La **FSH** potentialise les effets de la **LH** à travers une action indirecte, car la cellule de Leydig ne possède pas de récepteurs pour cette gonadotrophine (**Thibault et Levasseur, 2001**).

7.2 Fonction exocrine des testicules ou spermatogenèse

Cette fonction consiste à la production des spermatozoïdes au niveau des tubes séminifères qui s'amorce pendant la puberté et se poursuit tout au long de la vie.

Elles commencent par la mitose des spermatogonies en cellules filles, dont certaines demeurent et servent de réservoir des cellules souches pour des futures mitoses et les autres se différencient en spermatocytes de premier ordre et rentrent en spermatogenèse qui comporte trois phase : méiose I, méiose II, spermiogénèse (**Tortora et Derrickson, 2009**).

La structure morphologique du spermatozoïde du lapin est semblable aux autres mammifères, il est constitué de deux parties principales, la tête ; formes et dimensions variables et le flagelle (**Moigne et Foucrier, 2009**).

Rappels bibliographiques

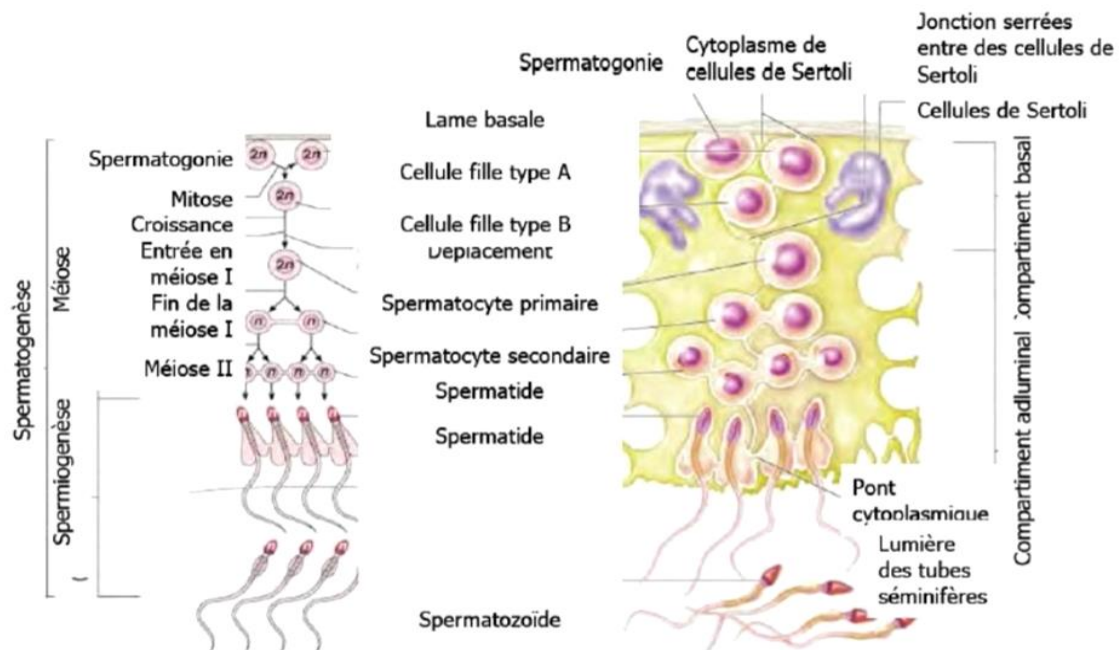


Figure 15 : Différentes étapes de la spermatogenèse (Marieb, 2006).

8. Biosynthèse de la testostérone

La testostérone est sécrétée par les cellules de Leydig, cette hormone agit en synergie avec la FSH pour stimuler les sécrétions sertoliennes (Lejeune *et al.*, 1996).

La synthèse de la testostérone peut être régulée par de nombreux facteurs locaux tels que les cytokines et IL-1, sécrétées par les macrophages, ainsi que par d'autres facteurs de croissance tels qu'EGF, TGF, IGF-1 et FGF (Payne et Shaughnessy, 1996).

Ces facteurs régleraient la synthèse de la testostérone à différents niveaux en modulant : la disponibilité en cholestérol, l'expression d'enzymes clefs de la stéroïdogénèse. L'inhibine et l'activine sont aussi impliquées dans la régulation de la stéroïdogénèse. Des études ont montré que l'inhibine inhibe la production de testostérone par les cellules de Leydig, alors que l'activine l'active (Lin *et al.*, 1989).



*Partie
expérimentale*

Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

A. Matériel végétale

I. Les palmiers à huile

1. Genre

Le palmier à huile est monocotylédone, appartenant au genre *Elaeis* et à la famille des Arecaceae (Djohan, 2018). Ils existent plus de 3000 espèces (Lefèvre, 2015).

2. Habitat et origine

La famille des palmiers se localise au niveau des bords de mer, dans les îles et plus généralement dans les paysages tropicaux, les régions chaudes et humides (Lefèvre, 2015) (Fig.16).

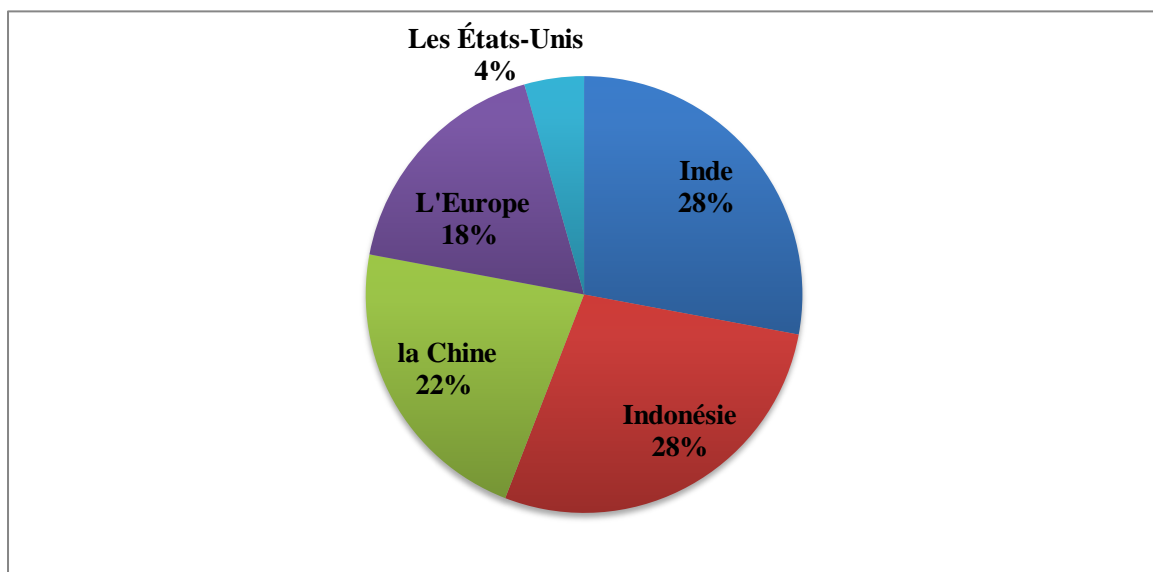


Figure 16:Répartition de la production mondiale de l'huile de palme (Djohan, 2018).

3. Caractéristiques botaniques

Le palmier à huile a une structure herbacée, a développé un port arboricole, mais cet arbre n'a pas d'écorce protectrice, il est donc sensible au gel.

De plus, c'est une espèce monoïque, c'est-à-dire que le même individu peut produire des fleurs femelles et des fleurs mâles, mais ces fleurs apparaissent cycliquement. Après la fécondation, les fleurs mâles se flétrissent et les ovaires fécondés des fleurs femelles grossissent pour devenir des fruits (Lefèvre, 2015).

Matériel et méthodes

Ses fruits sont très riches en corps gras. Le fruit est une drupe sessile, ovoïde, longue de 3 à 5cm (Fig.17). La coupe d'un fruit montre trois parties distinctes, l'épiderme cutinisé, lisse, luisant (Djohan, 2018).



Figure 17: Fruits de palmier à l'huile, *Elaeis Guineensis* (Djohan, 2018).

II. Huile de palme

L'huile de palme fait partie des graisses concrètes, c'est-à-dire des huiles solides. En effet, deux types de corps gras sont distingués, d'une part, les huiles fluides ou solides, d'autre part, les émulsions, c'est-à-dire les mélanges matières grasses/eau (Lecerf, 2017).

Aussi, c'est une huile végétale extraite par pression, à chaud de la pulpe des fruits du palmier à huile, est de couleur orangée dans un premier temps, car elle contient beaucoup de caroténoïdes puis devient translucide après raffinage (Lefèvre, 2015).

Pour notre étude, nous avons choisi l'huile de palme raffinée, insoluble dans l'eau, son point de fusion est de 38 à 40C°, sa couleur est jaune (Fig.18).



Figure 18: L'huile de palme (Originale).

Matériel et méthodes

III. Composition d'huile de palme

Les huiles de palme brutes et raffinées contiennent pratiquement **100%** sous forme de triglycéride, ces derniers sont composés des acides gras saturés avec un pourcentage de **50 %**, ce qui la rend semi-solide à température ambiante, son point de fusion se situe entre **35 et 42 °C**.

Le premier constituant d'huile de palme est l'acide palmitique (**C16 :0**), il est majoritaire, par la suite se trouvent aussi les acides myristique (**C14 :0**), stéarique (**C18 :0**), oléique (**C18 :1**) et linoléique (**C18 :2**). D'autre part, se trouvent des composés dits mineurs, tels que la vitamine E (tocophérols et tocotriénols), les caroténoïdes, les phytostérols, le squalène, les composés phénoliques, etc (**Djohan, 2017**).

IV. Utilisations

L'huile de palme brute (**Fig.19**) sert aux fritures et s'utilise aussi comme matière grasse dans les pâtisseries. Pour la raffinée, elle est présente dans les produits agroalimentaires, les produits d'hygiène, les médicaments et aussi des biocarburants (**Elacharlerie et al., 2011**).

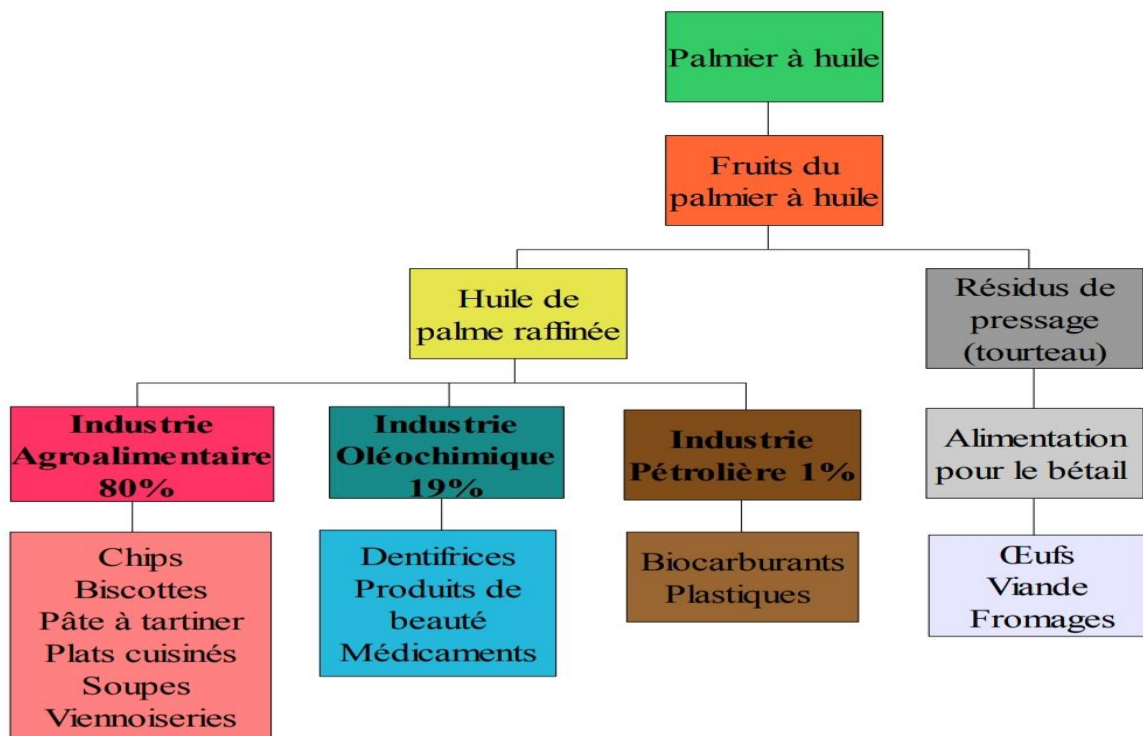


Figure 19 : Utilisations de l'huile de palme (**Lefèvre, 2015**).

Matériel et méthodes

V. Effets de consommation de l'huile de palme sur la santé

Il provoque une hypercholestérolémie (favorisant le mauvais cholestérol), et participe à la formation des plaques d'athérome chez les individus et augmente le risque cardiovasculaire (Graille, 2003 ; Fricker, 2018).

VI. Poudre du rhizome de gingembre

Le gingembre est une plante vivace, aux racines tuberculeuses, c'est une espèce cultivée en Asie du Sud Est, ainsi qu'en Afrique tropicale. Cette plante est achetée sous forme de poudre, chez un herboriste, situé dans la wilaya de Blida (**Fig.20**).



Figure 20: Gingembre sous ses différentes formes :(1) frais, (2) séché, (3) en poudre (**originale**).

B. Model expérimentale

Le lapin synthétique est le modèle expérimental choisi pour effectuer notre étude. Ce type amélioré, a été initié à (**ITELV**) à partir de 2003 en collaboration avec l'**INRA** de Toulouse (**Gacem et al., 2009**). Cette souche est caractérisée par une prolificité importante (9 lapereaux née vivant par mi-bas), un poids adulte sensiblement plus élevé et une meilleure aptitude à la croissance que la population locale algérienne (**Gacem et al., 2009**).

I. Période et lieu d'expérimentation

Notre investigation a été réalisée au niveau de la station expérimentale, de l'**université Saad Dahleb Blida 1**.

Notre expérimentation animale s'est étalée entre le mois de **Mars** et le mois de **juin 2021**, en collaboration avec le laboratoire d'histologie de l'hôpital Nefissa Hamoud, Alger, et laboratoire d'analyse médicale d'Alger.

Matériel et méthodes

II. Animaux

Notre expérimentation a été réalisée sur **25** lapins de sexe mâle (**Fig.21**), de souche synthétique (améliorée), provenant d'un élevage cunicôle de Baba Ali (Alger), au niveau de l'unité d'**ITELV** (Institut Technique des Elevages). Leur âge est de **2mois±2semaines** et d'un poids variant entre **1.25kg** et **2.07kg**. Tous ces animaux étaient en bonne santé.



Figure21: Photographies représentant les lapins mâles de la souche synthétique (**Originale**).

III. Condition d'élevage

Les **25** lapins sont élevés dans les cages métalliques individuelles, puis ils sont soumis à une période d'adaptation d'environ une semaine. Ils sont tous exposés aux mêmes conditions de température, de lumière et d'humidité, qui sont celles de l'environnement ambiant.

III.1 Alimentation et abreuvement

Les lapins reçoivent un régime alimentaire standard et équilibré à la base de l'aliment granulé, distribué chaque matin, en raison de **100g**, dans des trémies métalliques qui équipent chacune des cages d'élevage.

Le granulé spécial pour les lapins provenait de l'unité de fabrication de l'aliment la **CASAP** (Coopération Agricole pour les Services et Pourvoir) à Blida. Cet aliment est fabriqué à base de maïs, de tourteaux de Soja, de luzerne, de son phosphate bicalique.

L'eau distribuée aux animaux provient du réseau local d'eau potable. Elle est disponible en permanence grâce à un système de conduits munis des tétines automatiques (**Fig. 22**). Un jerrican en plastique de **20L** et de **15L** est raccordé au système de conduits et est rempli tous les jours d'eau potable et fraîche.

Matériel et méthodes



Figure22: Mode de distribution d'eau (**Originale**).

C. Protocole expérimentale

I. Constitution des lots

Notre étude a duré **11 semaines**. Ces animaux sont répartis comme suit :

- Un lot témoin (**LT**), de **6** animaux, reçoit **100g** d'aliment standard.
- Un deuxième lot de **19** animaux expérimentaux (**LE**), soumis à un régime standard hyper lipidique, reçoit **100g** de granulé supplémenté de **10g** de l'huile de palme.

Au bout de **7 semaines** d'expérimentation, un groupe de **10** animaux expérimentaux parmi les **19** animaux, sont traités par la poudre du rhizome de gingembre pendant trois semaines, les **9** lapins expérimentaux restants reçoivent leur diète hyperlipidique jusqu'à la fin de l'expérimentation.

On mélange l'aliment et le gingembre avec une petite quantité d'eau distillée, puis cette mixture est transformée en pastilles (**Yasni et al., 1993**) et séchée à l'air libre (**Fig.23**).



Figure 23: Préparation de la mixture (**Originale**).

Matériel et méthodes

II. Comportement des animaux

Les animaux soumis à un régime hyperlipidique montrent de nombreux signes du stress; ils se grattent les dents, deviennent très agressif, perturbés et excités.

II.1 Signes de l'inflammation des gonades mâles

Dans le cas d'un régime à base de l'huile de palme dans les aliments, les lapins présentent des symptômes d'inflammation aux niveaux testiculaires .Celle-ci est révélée par une rougeur, enflure, blessure, chaleur, des abcès, des saignements.

D. Technique opératoire

1. Suivi du poids corporel

L'évolution du poids corporel est effectuée par des pesées, réalisées chaque semaine, sur les lapins témoins, expérimentaux et traités par la poudre du gingembre, pendant **11** semaines.

2. Prélèvement sanguin

Au bout de la **11^{ème}** semaine d'expérimentation, les lapins sont sacrifiés par saignement la matinée, après un jeûne de **12** heures, puis des prélèvements sanguins ont été effectués lors de leurs sacrifices, ensuite, rapidement le sang est recueilli dans des tubes héparinés en plastique, (**Berson et Yalow, 1968**). Il est centrifugé à **3000** tours/min pendant **15** minutes.

Les paramètres biochimiques plasmatiques du bilan lipidique tels que les **triglycérides**, le **cholestérol total**, les fractions des **HDLc** et des **LDLc** sont aussi dosés.

3. Prélèvement d'organes

Les testicules droits et gauches, épидидymes droits et gauches sont évacués de leurs bourses (**Fig.24**). Ainsi, les glandes thyroïdes sont prélevées. Ce prélèvement est effectué sur les animaux témoins, expérimentaux et traités par la poudre du rhizome de gingembre. Ces organes sont immédiatement dégraissés, pesés à l'aide d'une balance de précision, ensuite ceux-ci sont placés dans des cassettes étiquetées, immergées dans le formol dilué à **10%**, pour effectuer une étude topographique.

Matériel et méthodes



Figure24: Prélèvement des organes. Tissu adipeux, reins droits et gauches, testicules droits et gauches (**Originale**).

E. Etude histologique

L'étude histologique est effectuée sur les testicules et glandes thyroïdiennes des lapins témoins, expérimentaux et traités par la poudre du rhizome de gingembre.

C'est un processus composé de plusieurs étapes qui comprend la fixation, la déshydratation, l'imprégnation et l'inclusion en paraffine, la confection des coupes, l'étalement de ces derniers, le déparaffinage et la réhydratation, la coloration et l'observation au microscopique optique (**Martoja, 1967**).

1. La fixation

La fixation est un traitement chimique effectué sur des cellules vivantes et permettant de réaliser des manipulations avec un minimum de dommage sur les structures cellulaires. Elle a pour but la conservation et l'immobilisation des structures cellulaires en place et leur durcissement. Les organes étudiés sont fixés dans le formol à une concentration de **10%**, durant **48heures** (**Fig.25**).

Matériel et méthodes



Figure25: Fixation des organes le formol à 10%(Originale).

2. Déshydratation et éclaircissement

Elle consiste à évacuer l'eau contenue des organes, sont but est de préparer la pièce à l'inclusion dans la paraffine.

La technique de déshydratation se fait en passant progressivement l'organe dans des bains d'alcool éthylique à degrés croissants : 50° , 70° , 80° , 90° , 100° , pendant 40 minutes chacun, ceci permet d'éviter la désorganisation des structures. L'éclaircissement se fait dans des bains de xylène pendant 40 minutes (Fig.26).



Figure26: Montage des cassettes et déshydratation des organes (Originale).

Matériel et méthodes

3. Inclusion

L'inclusion a pour but de réaliser des coupes fines et régulières, elle se pratique dans un bain qui contient de la paraffine fondue.

Ensuite, les cassettes sont retirées et les organes sont placés dans des moules spécifiques nommées par les moules à paraffine là où nous avons versé de la paraffine au préalable. Lorsque les bordures de la paraffine commencent à durcir, nous plaçons la partie marquée de sa cassette dans le moule après l'avoir coupé en deux, et nous coulons de la paraffine fondue jusqu'à ce que la cassette soit totalement immergée.

Les moules seront ensuite placés au congélateur ou déposés sur une plaque réfrigérée, pour durcir bien la paraffine, les blocs obtenus sont démoulés facilement et peuvent être conservés sans dommage (**Fig.27**).

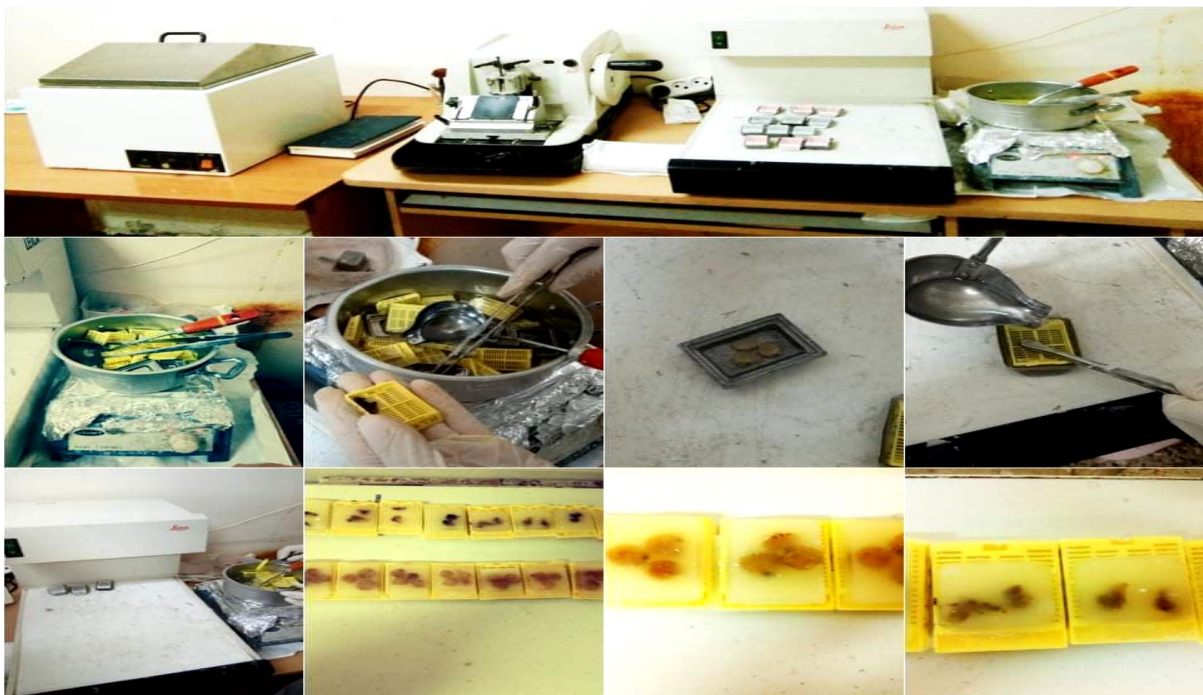


Figure 27: Inclusion et mise en bloque (**Originale**).

4. Confection des coupes

Elle se réalise à l'aide d'un microtome (**Fig.28**), se trouvant au niveau du laboratoire d'histologie de l'hôpital Hussein Dey d'Alger Nefissa Hamoud. Il comporte une porte rasoir spéciale permettant d'utiliser des lames minces jetables, et une porte cassette permettant de placer les blocs d'organes coulés sur les cassettes. Des coupes ultrafines de **1 μ m** réalisées et récoltées sous forme de ruban à l'aide d'un pinceau puis déposés sur des lames en verre porte-objet, sur lesquelles sont mentionnés le numéro et le nom de l'animale (**Fig.29**).

Matériel et méthodes



Figure 28: confection des coupes a l'aide d'un microtome(Originale).

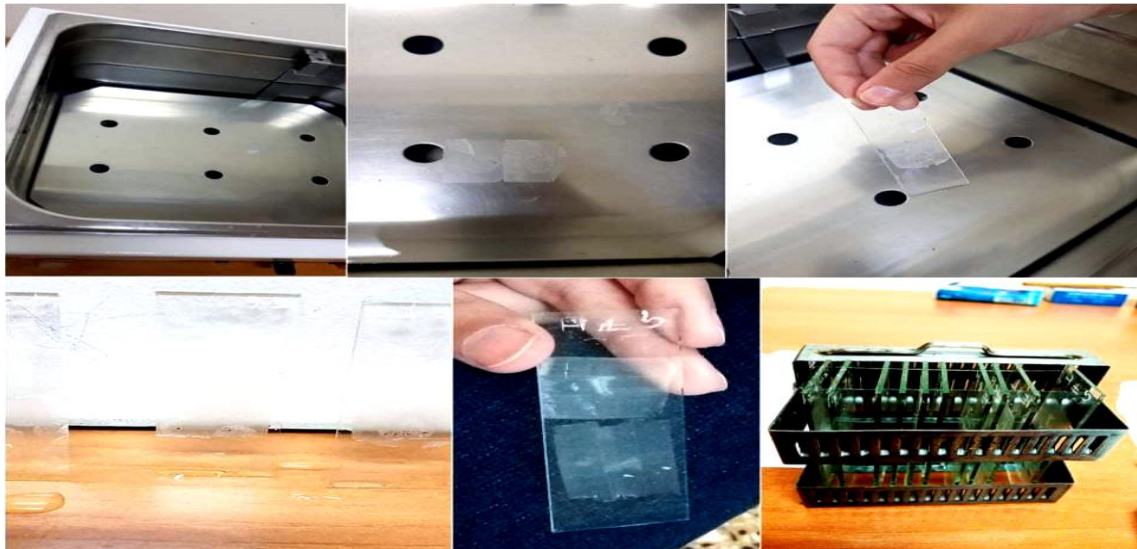


Figure29: Réalisation des coupes ultras fines (Originale).

5. Déparaffinage

Consiste à enlever la paraffine du tissu afin que les colorants puissent le pénétrer. Le solvant utilisé est le xylène. Les coupes sont passées dans deux bains de xylène pendant **15 min** chacun.

6. Hydratation

Elle permet d'éliminer le xylène du tissu afin de le remplacer par l'eau. Les étapes de la réhydratation est une séquence inverse de celle de la déshydratation par le passage dans des bains d'alcool éthylique de degrés décroissants : **100°, 90°, 80°, 70°,50°**.

Matériel et méthodes

7. Coloration topographique

La coloration topographique choisie est l'**Azan de Heidenhain** modifié, qui possède plusieurs avantages tels que la résistance au lavage, la rapidité d'exécution et les teintes obtenues de manière quasi-automatique.

Coloration des noyaux au rouge nucléaire pendant **5min.** lavage à l'eau courante pendant **5min.** traitement à l'**acide phosphotungstique** pendant **30min**, ce mordantage prépare la coloration par le **bleu de Heidenhain**, mais continue à différencier le rouge nucléaire, lavage à l'eau courante pendant **5 min.** coloration par le **bleu de Heidenhain** pendant **7 min et 30 secondes.** Déshydratation directement par l'alcool absolue et séchage de lame à l'étuve à **37°C** éclaircissement par le xylène pendant **30 min.**

Cette coloration permet de mettre en évidence grâce aux colorants utilisés, le noyau en rouge, le cytoplasme acidophile et les fibres de collagènes sont bleu foncé.

8. Montage

C'est une opération qui sert à fixer à l'aide d'une goutte de l'**Eukitt**, une lamelle de verre sur l'échantillon histologique, qui permette l'adhérence entre la lame et la lamelle.

Nous utilisons une légère pression sur la lamelle afin de chasser les bulles d'air. Après montage, les lames sont séchées, nettoyées au xylène puis observées par un microscope optique.

9. Echelle des photographies

Grossissement= objectif X agrandissement

Agrandissement= longueur de la photo (**cm**) X longueur de l'écran de l'appareil photo (**cm**).

X (échelle) = $10^4 \mu\text{m}$ /grossissement

1 cm = $10^4 \mu\text{m}$

F. Technique analytique

1. Dosage des paramètres biochimiques plasmatiques

1.1 Lipémie

1.1.1 Triglycérides

Méthode enzymatique, colorimétrique (**GOP/PAP**) utilisant la glycérol-phosphateoxydase et l'amion-4 phénazone (**Gamouh et Kedissa, 2016**)

Matériel et méthodes

Le taux de triglycérides s'exprime en g/l, la formule de calcul de la concentration des triglycérides est la suivante: $TG (g / l) = (A \text{ échantillon} / A \text{ standard}) \times$

1.1.2 Cholestérol Total

Méthode enzymatique colorimétrique. La cholestérol- estérase (CE) hydrolyse les esters du cholestérol pour former du cholestérol libre et des acides gras.

La formule de calcul de la concentration du cholestérol total est la suivante : $CT (g/l) = (A \text{ échantillon} / A \text{ standard}) \times 2$

1.1.3 HDL cholestérol (HDLc)

Test colorimétrique enzymatique en phase homogène. Le dosage des **HDLc** se réalise par la méthode enzymatique colorimétrique. Les **LDL**, les **VLDL** et les chylomicrons contenus dans l'échantillon sont précipités par addition d'acide phosphotungstique en présence d'ions magnésium. Le surnageant, après centrifugation, contient les **HDLc**. La concentration en **HDLc** est déterminée par voie enzymatique à l'aide de cholestérol-estérase et de cholestérol-oxydase modifiées par du polyéthylène glycol (Gamouh et Kedissa, 2016).

1.1.4 LDL cholestérol (LDLc)

La formule de **Friedewald** permet de calculer la valeur du **LDL cholestérol** à partir du cholestérol total, du **HDL cholestérol** et des triglycérides.

$$LDL \text{ cholestérol (g/l)} = \text{cholestérol total} - [\text{HDL cholestérol} + \text{triglycérides}/5]$$

$$LDL \text{ cholestérol (mmol/l)} = \text{cholestérol total} - [\text{HDL cholestérol} + \text{triglycérides}/2,2]$$

Cette méthode n'est pas applicable si les triglycérides >3,4 g/l ou (3,9mmol/l) (Friedewald *et al.*, 1972).

G. Analyse statistique

1. Moyenne arithmétique (X)

La moyenne arithmétique (X) des valeurs individuelles est calculée pour chaque série et pour chaque paramètre.

Cette dernière a besoin d'être suivi par un intervalle de confiance ou la valeur de l'erreur standard à la moyenne appelée « **ESM** ».

Matériel et méthodes

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

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

2. L'erreur standard à la moyenne ESM

ESM = ET/ \sqrt{n} ET: écart type / n: nombre des valeurs

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

x_i = valeurs individuelles comparées.

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

L'analyse statistique des données obtenues est effectuée à travers logicielle **Graph Pad Prism version 8**.

La validité statistique des différences est calculée à travers deux tests paramétriques, commencent par teste de **Student**, qui montre la comparaison entre deux échantillons indépendants de petite taille. Le deuxième correspond l'analyse de variance unidirectionnelle d'**Anova** sur rangs. Ce test est appliqué pour comparer les distributions de plus de deux groupes indépendants.

Le degré de significativité « **p** » se présente comme suit :

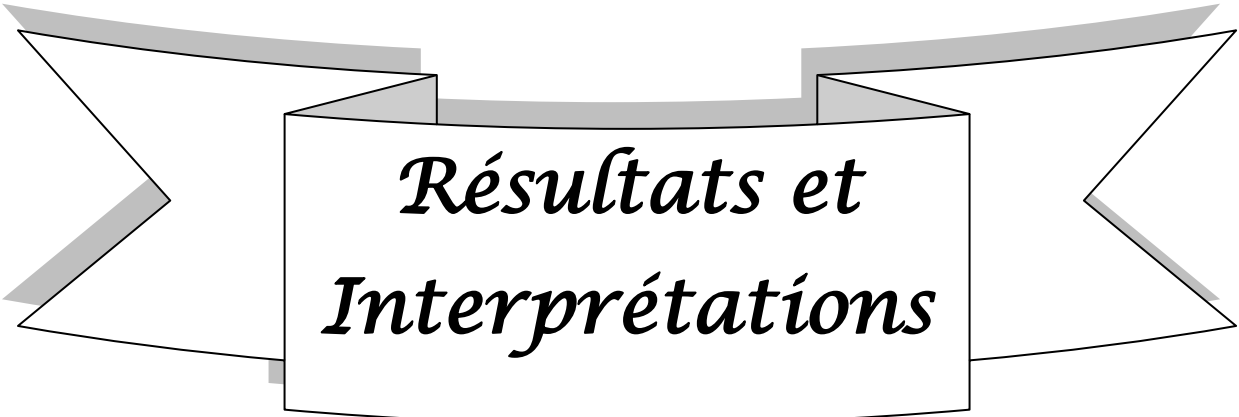
Si **P > 0.05** : la différence n'est pas significative (**NS**).

Si **0.01 < P < 0.05** : la différence est peu significative (*).

Si **0.001 < p < 0.01** : la différence est significative (**).

Si **p < 0.001** : la différence est très significative (***).

Si **p < 0.0001** : la différence est hautement significative (****).



*Résultats et
Interprétations*

Résultats et Interprétations

Résultats et Interprétations

I. Poids et paramètres biochimiques

Les graphes et les tableaux suivants représentent les valeurs moyennes du poids corporel ainsi que quelques paramètres biochimiques et plasmatiques, chez les lapins témoins, nourris au **RHLHP** et traités à la poudre de gingembre, après 11 semaines d'expérimentations ou les lapins sont à l'âge de 5 mois.

I.1. Evolution pondérale

Poids moyen des animaux témoins, expérimentaux et expérimentaux traités par *Zingiber officinale*.

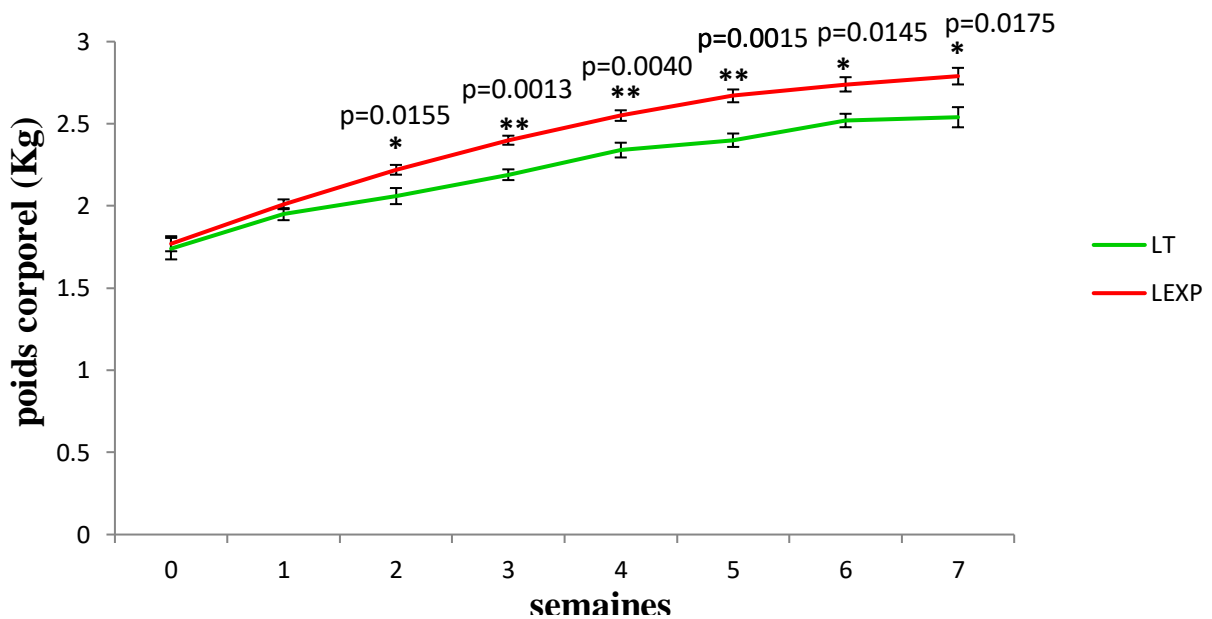


Figure 30: Variation pondérale moyenne chez les animaux témoins et expérimentaux pendant sept semaines.

Les valeurs du tableau représentent la moyenne \pm ESM

LE Vs LT : * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$. **LT** : lot témoin ; **LE** : lot expérimental

En début d'expérimentation, les animaux du **LE** présentent un poids moyen de $1,77 \pm 0,05$ (**kg**), celui des lapins **LT** est de $1,74 \pm 0,07$ (**kg**).

A partir de la première semaine, nos animaux expérimentaux affichent une variation pondérale de faible amplitude. En effet, les valeurs passent $2,01 \pm 0,03$ (**kg**) et $1,95 \pm 0,04$ (**kg**), l'augmentation

Résultats et Interprétations

est de l'ordre de **13.55%**. Au bout de la 3^{ème} semaine, les lapins soumis au régime hyperlipidique subissent une hausse pondérale moyenne significative ($p \leq 0.01$), la différence est de **35,59%**.

Tableau III : Poids moyen des animaux témoins, expérimentaux et expérimentaux traités à la poudre de gingembre.

Lots	LT (témoins) n=6	LE (Expérimentaux) n=9	LG (Traités au gingembre)n=10
Moyenne du poids Corporel au cours des semaines±ESM			
Semaine 0	2,55± 0,06	2,85± 0,04	2,75± 0,09
Semaine 1	2,58± 0,06	2,91± 0,05	2,78± 0,09
Semaine 2	2,73± 0,09	3,02± 0,05	2,83± 0,09
Semaine 3	2,70± 0,07	3,38± 0,06	2,92± 0,08

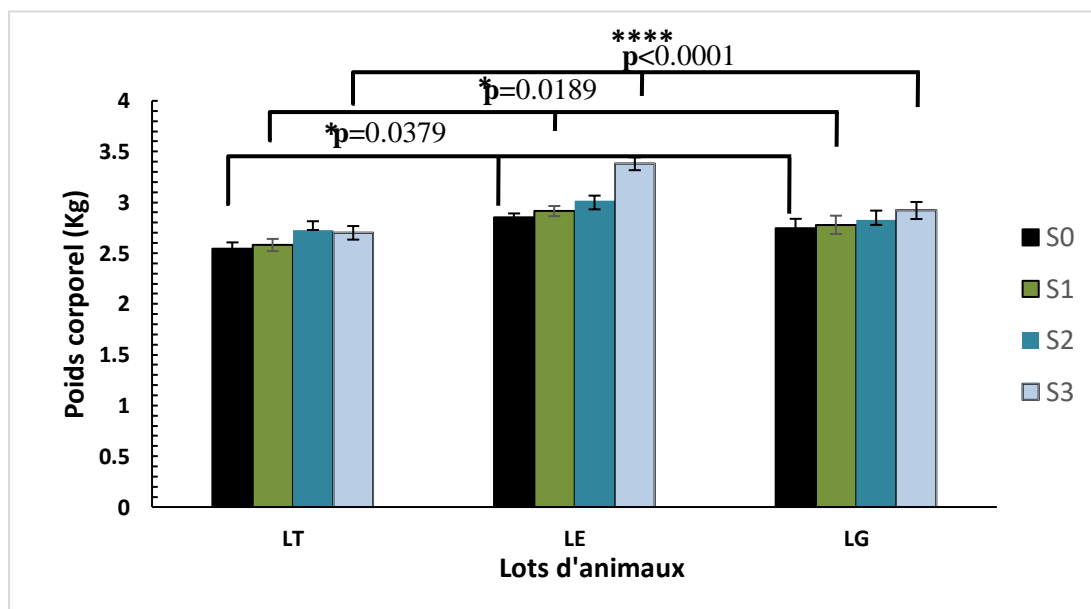


Figure 31 : Variation du poids moyens des animaux expérimentaux traités aux *Zingiber officinale* pendant trois semaines.

Résultats et Interprétations

Les valeurs du tableau représentent la moyenne \pm ESM. * $p < 0.05$: [LTp1 vs LEp1 vs LGp1] et [LTP0 vs LEP0 vs LGp0]. **** $p < 0.0001$: [LTp3 vs LEp3 vs LGp3]. LT : lots témoin ; LE : lots expérimentale ; LG : lots traité par gingembre.

Les animaux expérimentaux (contrôles) traités aux *Zingiber officinale* révèlent une régression pondérale. Elle est hautement significative ($p < 0.0001$) à partir de la 3^{ème} semaine du traitement avec un pourcentage de 18,59%, confirmé par le test de Student. Alors qu'elle est peu significative ($p < 0.05$) au cours de la 1^{ère} semaine et au début de traitement.

I.2. Paramètres biochimiques

Tableau IV: Valeurs moyennes de quelques paramètres biochimiques plasmatiques chez les lapins témoins, nourris au RHLHP et traités à la poudre de Gingembre.

Les valeurs du tableau représentent la moyenne \pm ESM.

Animaux	Témoins n=6	Expérimentaux n=8	Traites au gingembre n=10
Triglycérides (g/l)	0,78 \pm 0,15	1,02 \pm 0,14	0,57 \pm 0,03
Cholestérol (g/l)	0,61 \pm 0,10	0,39 \pm 0,03	0,39 \pm 0,05
HDL-cholestérol	0,09 \pm 0,02	0,08 \pm 0,01	0,09 \pm 0,01
LDL-cholestérol	0,39 \pm 0,08	0,21 \pm 0,03	0,28 \pm 0,04

I.3 Statut lipidique

I.3.1 Triglycéridémie

Résultats et Interprétations

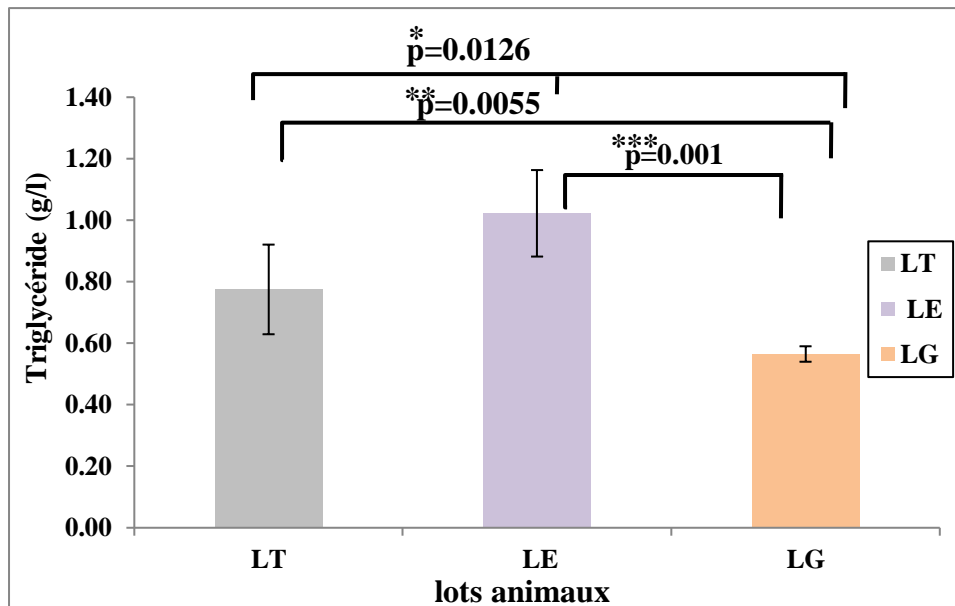


Figure 32: Valeurs moyennes des triglycérides (g/l) chez les lapins témoins et expérimentaux, traités aux *zingibre officinal* pendant trois semaines.

Les valeurs du tableau représentent la moyenne±ESM

* $p < 0.05$: [LT vs LE vs LG]. LT Vs LG ** $p < 0.01$; LE Vs LG *** $p < 0.001$. LT : lot témoin ; LE : lot expérimental ; LG : lot du gingembre.

La triglycéridémie chez les animaux LE par rapport à celle des animaux traités au gingembre (LG) augmente de façon très significative ($p < 0.001$) confirmé par le test de **Student**. Les valeurs passent de $1,02 \pm 0,14$ g/l comparant à $0,57 \pm 0,03$ g/l, la différence est de l'ordre de **78,94%**. Le test d'**Anova** révèle une différence peu significative du triglycéride chez les trois groupes de lapins.

Chez les lapins traités au gingembre le taux de triglycérides $0,57 \pm 0,03$ g/l enregistre une diminution significative ($p < 0.01$) comparant aux lapins témoins $0,78 \pm 0,15$ g/l avec un pourcentage de **26,92%**.

En effet, nous concluons l'augmentation des taux des triglycérides est due au régime hyperlipidique ainsi le traitement à la poudre de gingembre diminue la triglycéridémie de façon importante.

I.3.2 Cholestérolémie

Le taux moyen du cholestérol chez les lapins expérimentaux, diminuent de manière significative $0.01 < P < 0.05$ par rapport à celui des lapins témoins, cette baisse est de **36.07%**. Chez les lapins

Résultats et Interprétations

traités par la poudre du gingembre, la cholestérolémie est constante par rapport aux lapins soumis à la diète hyperlipidique et ne montre pas de changements significatifs : **0%**.

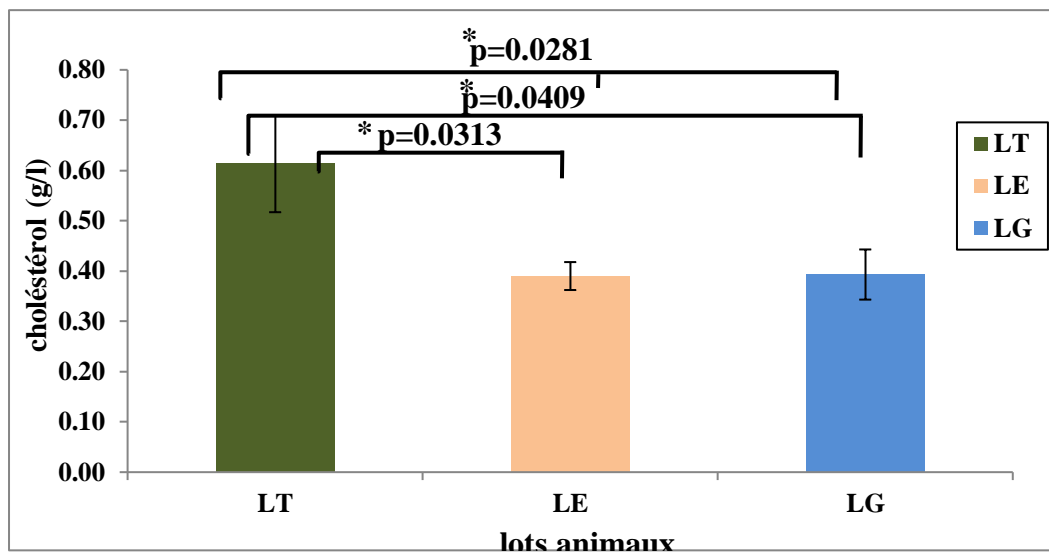


Figure 33: Valeurs moyennes du cholestérol total (g/l) chez les lapins témoins, expérimentaux et expérimentaux traités par le *zingibre officinale*.

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

I.3.3 Taux des HDL-cholestérol

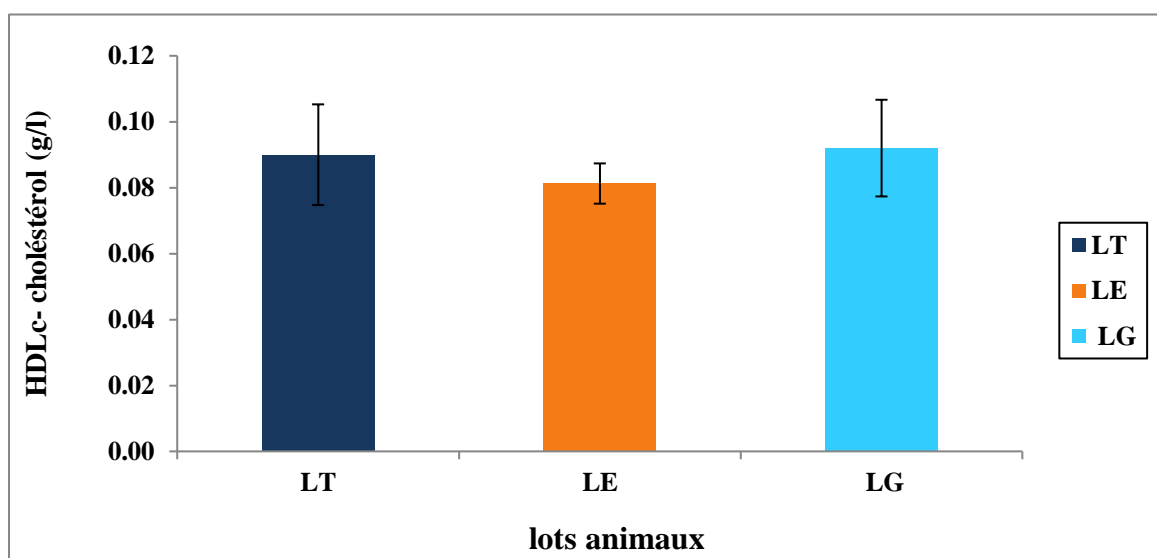


Figure 34: Valeurs moyennes des HDLc (g/l) chez les lapins témoins et expérimentaux et traités par le *zingibre officinale*.

Résultats et Interprétations

Pour le taux de **HDLc**, la baisse est de **11.11%** chez les lapins expérimentaux, elle est non significative par rapport aux lapins témoins. Quant aux lapins traités par le gingembre, le taux de **HDLc** augmente de manière non significative, la hausse atteint **12.5%**. Par rapport aux lapins témoins.

I.3.4 Taux des LDL-cholestérol

Concernant le taux des **LDLc**, nous enregistrons une baisse significative chez les lapins expérimentaux, la baisse est de **46.15%** par rapport aux lapins témoins. Les lapins traités par la poudre du rhizome du gingembre montrent une augmentation non significative de **33.33%**, par rapport aux lapins expérimentaux. Et pour les témoins, nous enregistrons une baisse de **28.52%**.

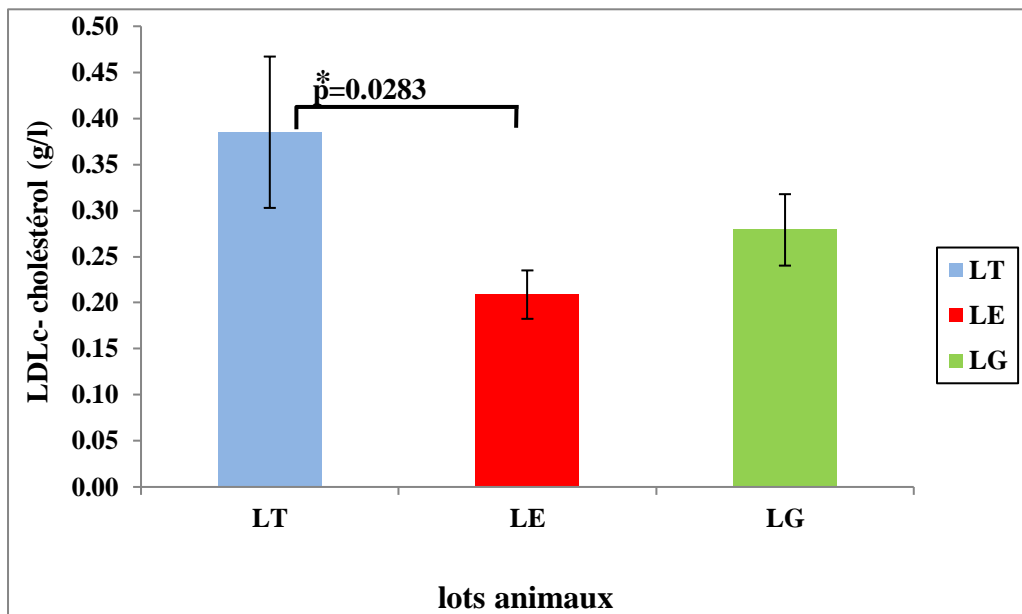


Figure 35: Valeurs moyennes des **LDLc (g/l)** chez les lapins témoins et expérimentaux et traités par le *zingibre officinale*.

LT Vs **LE** * $p < 0.05$. **LT** : lot témoin ; **LE** : lot expérimental. **LG** : lot du gingembre.

Ces résultats nous démontrent que le régime hyperlipidique diminue les taux moyens de **LDL-cholestérol** chez les lapins expérimentés.

Conclusion

Nous avons marqué que les lapins nourris au régime standard enrichi en l'huile de palme présentent un gain de poids corporel, une hyperlipémie marquée par une Hypertriglycéridémie, alors que nous avons signalé un taux faible de **LDL-cholestérol** et une diminution de la fraction cardioprotectrice **HDL cholestérol**.

Résultats et Interprétations

La poudre du gingembre contribue à la diminution du poids corporel des lapins expérimentaux. Cette plante exerce aussi un effet antihyperlipidémiant, en diminuant la triglycéridémie, la cholestérolémie et en augmentant légèrement la fraction **HDL cholestérol**.

II. Poids des testicules et épидидymes

II.1 Poids absolu des testicules des témoins, expérimentaux et traités par la poudre de gingembre

Tableau V: Poids absolu des testicules droits et gauches des lapins témoins, expérimentaux et traités par la poudre de gingembre.

Lots	Témoins n=5	Expérimentaux n=8	Traites au gingembre n=10
Moyenne du poids absolu des testicules droit \pm ESM	3,03 \pm 0,17	3,19 \pm 0,17	3,05 \pm 0,16
Moyenne du poids absolu des testicules gauche \pm ESM	3,00 \pm 0,20	3,05 \pm 0,19	3,00 \pm 0,17
Moyenne absolu des testicules droits+gauches \pm ESM	6,03 \pm 0,34	6,23 \pm 0,33	6,05 \pm 0,33

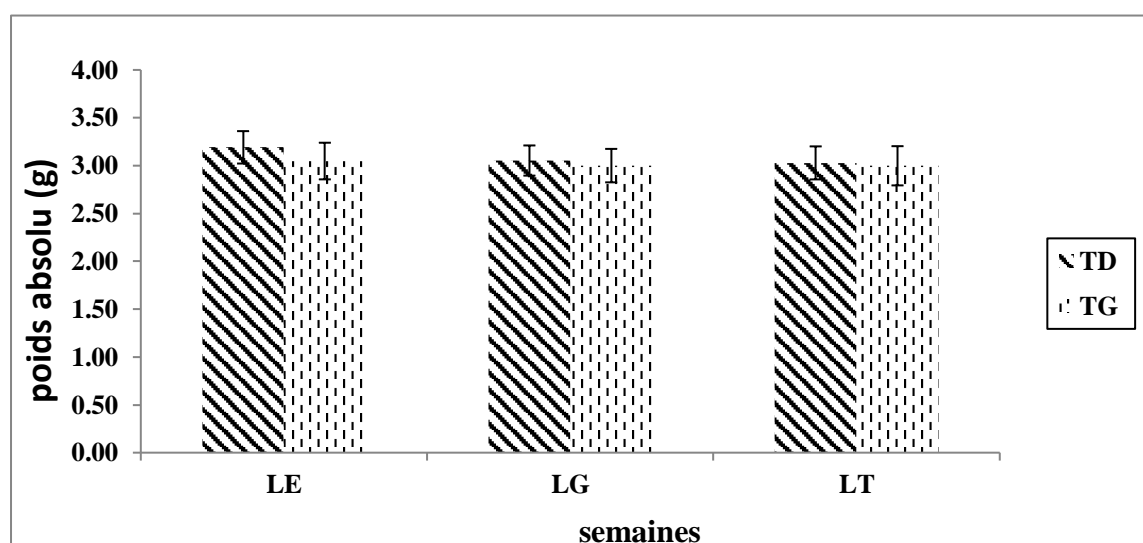


Figure 36: Poids absolu des testicules droits et gauches chez les lapins témoins, expérimentaux et traités à la poudre *zingibre officinale*.

Résultats et Interprétations

LT: lot témoin ; LE: lot expérimental. LG: lot gingembre. TD: testicule droit ; TG: testicule gauche.

Le poids testiculaire droit augmente de **5,28 %** chez les expérimentaux par rapport aux lapins témoins

Pour les animaux traités par la poudre du gingembre, ce poids diminue de **4,38 %** par rapport aux animaux du lot LE. Et par rapport aux témoins, nous enregistrons **0,66 %**.

Pour le poids absolu des testicules gauches, nous signalons une chute de **1,66%** chez les expérimentaux, comparé aux lapins témoins. La thérapie par la poudre du gingembre réduit ce poids à **1,63 %** et cela par rapport aux animaux expérimentaux. Par rapport à ceux des témoins, nous enregistrons **0 %**.

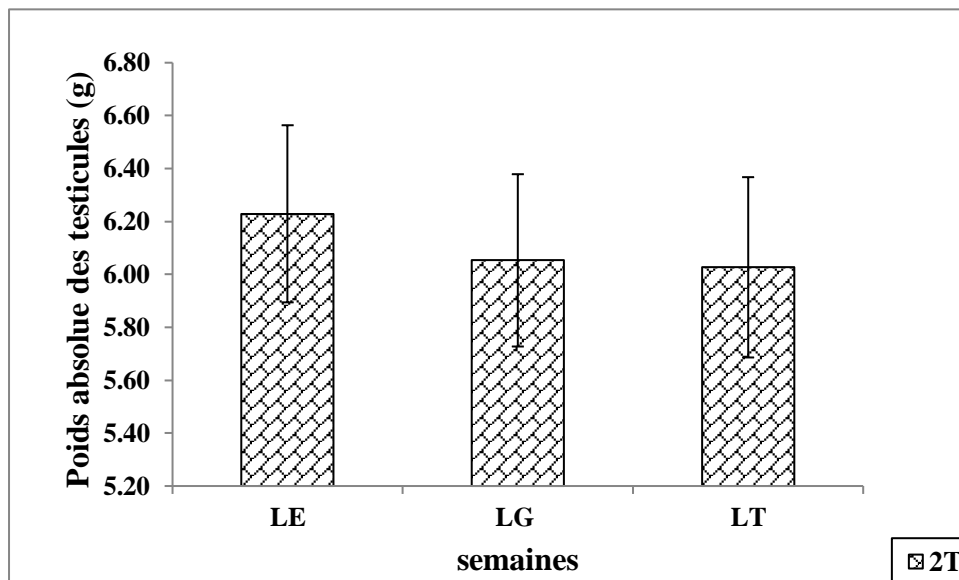


Figure 37: Poids absolu des deux testicules droits+gauches.

Pour l'ensemble des testicules droits et gauches, nous ne constatons pas de modification significative, les résultats sont non significatifs entre les lots des lapins expérimentaux et témoins, dont le pourcentage d'augmentation est **3,31%**. Pareillement, ce poids ne montre pas de changements significatifs entre les lapins traités au gingembre et les lapins expérimentaux, dont la diminution est de **2,88%**. Ainsi, par rapport aux lapins témoins, la baisse est de **0,33%**.

Résultats et Interprétations

II.2 Poids relatifs des testicules des lapins témoins, expérimentaux et traités par la poudre de gingembre

Tableau VI: Poids relatifs des testicules droits et gauches des lapins témoins, expérimentaux et traités par la poudre de gingembre.

Lots	Témoins n=5	Expérimentaux n=8	Traites au gingembre n=10
Moyenne du poids Relatif des testicules droits ±ESM	0,111±0,006	0,095±0,005	0,107±0,004
Moyenne du poids relatif des testicules gauches±ESM	0,110±0,007	0,090±0,005	0,105±0,005
Moyenne relatif des testicules droits+gauches±ESM	0,221±0,012	0,185±0,009	0,216±0,012

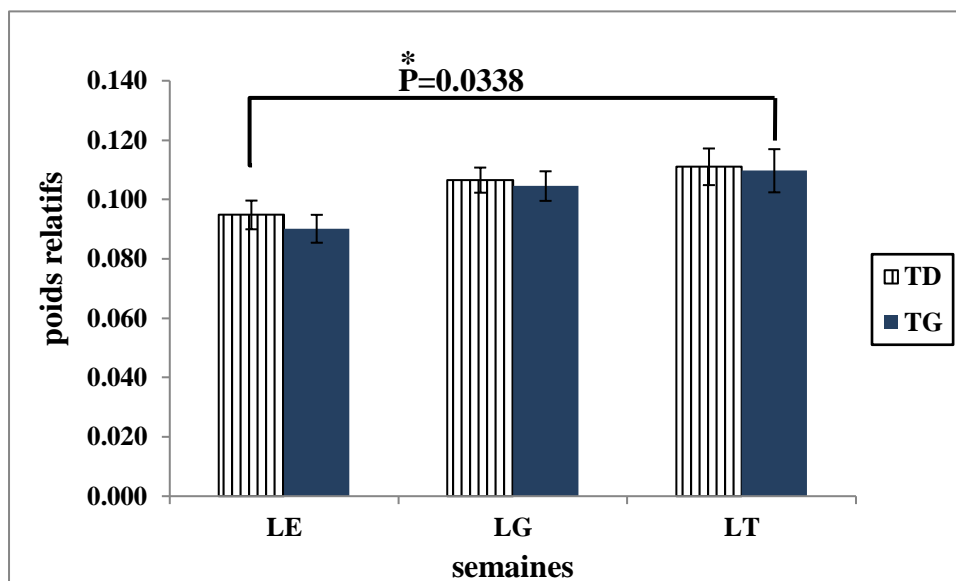


Figure 38: Poids relatifs des testicules droits et gauches chez les lapins témoins, expérimentaux et traités à la poudre *zingibre officinale*.

LE Vs LT : * $p < 0.05$. **LT:** lot témoin ; **LE:** lot expérimental; **LG:** lot gingembre. **TD:** testicule droit ; **TG:** testicule gauche.

Le poids relatif des testicules droits diminue de **14.41%** chez les lapins soumis au régime hyperlipidique, cette baisse est statistiquement non significative.

Résultats et Interprétations

La poudre du gingembre augmente de manière non significative le poids relatif des testicules droits par rapport à celui des lapins expérimentaux, l'augmentation est de **12.63 %**. Ces mêmes animaux montrent une réduction non significative de **3.60%**. Par rapport aux témoins.

Concernant le poids relatif des testicules gauches, nous constatons une diminution peu significative* $p < 0.05$ pour les lapins expérimentaux avec un pourcentage de **18,18%**.

Ce poids augmente de **16,16%** chez les animaux traités au gingembre par rapport aux expérimentaux, l'examen statistique par le test de **Student** révèle une diminution non significative. Par rapport aux témoins, la baisse est de **4,54 %**.

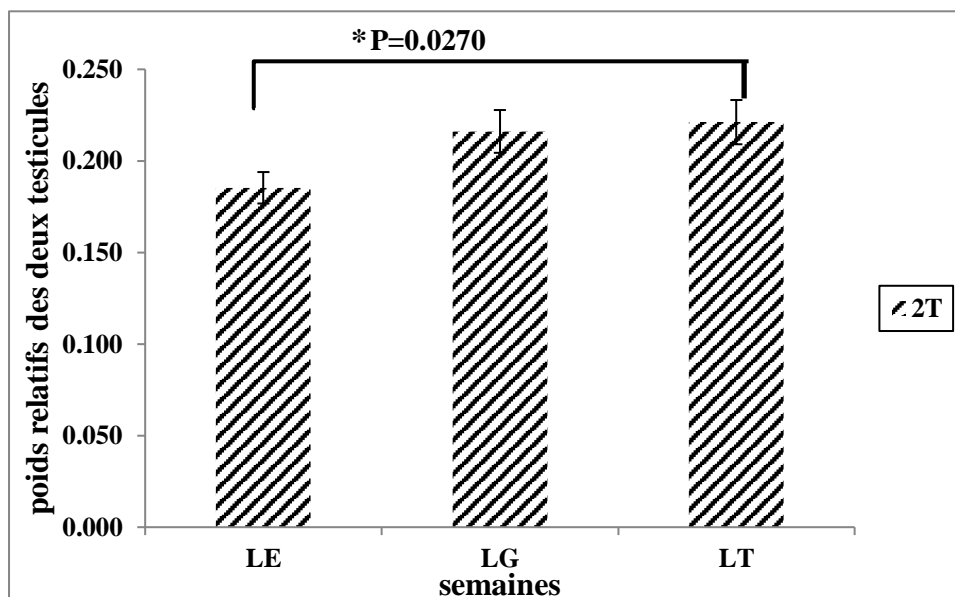


Figure 39: Poids relatifs des deux testicules droits et gauches chez les lapins témoins, expérimentaux et traités à la poudre *zingibre officinale*.

LE Vs LT: * $p < 0.05$. **LT:** lot témoin ; **LE:** lot expérimental. **LG:** lot gingembre. **TD:** testicule droit ; **TG:** testicule gauche.

Le poids relatif total des testicules droits et gauches régresse de **16,28%** chez les animaux soumis au régime hyperlipidique pendant **10** semaines, cette régression est peu significative (* $p < 0.05$).

Par rapport aux expérimentaux, le traitement par le gingembre induit un accroissement en valeur qui est respectivement de **16,75%**, tandis qu'avec les témoins il induit une baisse de **2,26%**, elles sont statistiquement non significatives.

Résultats et Interprétations

II.3 Poids absolu des épидidymes des lapins témoins, expérimentaux et traités par la poudre du gingembre

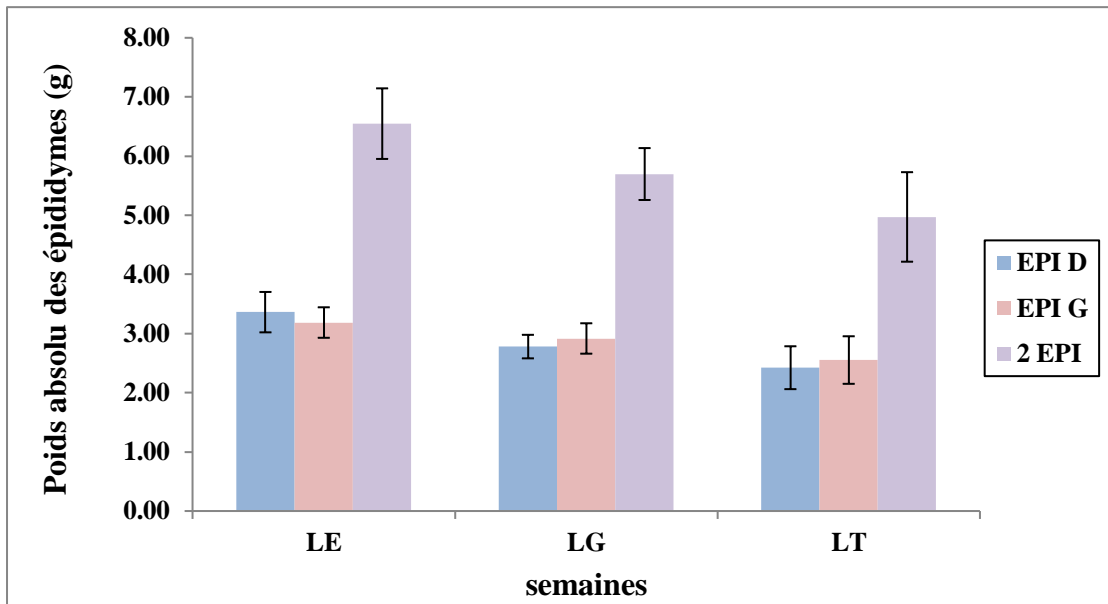


Figure 40: Poids absolu des épидidymes droits et gauches, chez les lapins témoins expérimentaux et traités à la poudre *zingibre officinale*.

Epi D= épидidyme droit, **Epi G**= épидidyme gauche, **2Epi** = épидidyme droit+gauche.

Par rapport aux lapins du lot **LT**, les lapins nourris au régime hyperlipidique révèlent une augmentation non significative de **38,84 %** de leur poids épидidymaire droit.

Le gingembre diminue ce poids d'environ **17,26 %**, celui-ci par rapport aux lapins expérimentaux. Par rapport aux lapins témoins, l'augmentation enregistrée est de **14,87%**.

Le régime hyperlipidique augmente le poids épидidymaire gauche de **25,09%**, chez les expérimentaux par rapport aux témoins. Le gingembre diminue ce poids de **8,46%** de manière non significative, par rapport aux expérimentaux, ainsi qu'il intensifie ce dernier de **14,5%** par rapport aux témoins.

Pour le poids épидidymaire total, nous enregistrons une différence non significative, pour les expérimentaux, l'augmentation est de **31,79%** par rapport aux témoins. Pour les lapins traités, la diminution est de **12,97%**.

Le traitement par le gingembre augmente ce poids par rapport aux témoins, la hausse est de **14,68%**.

Résultats et Interprétations

II.4 Poids relatifs des épидидymes des lapins témoins, expérimentaux et traités par la poudre du gingembre

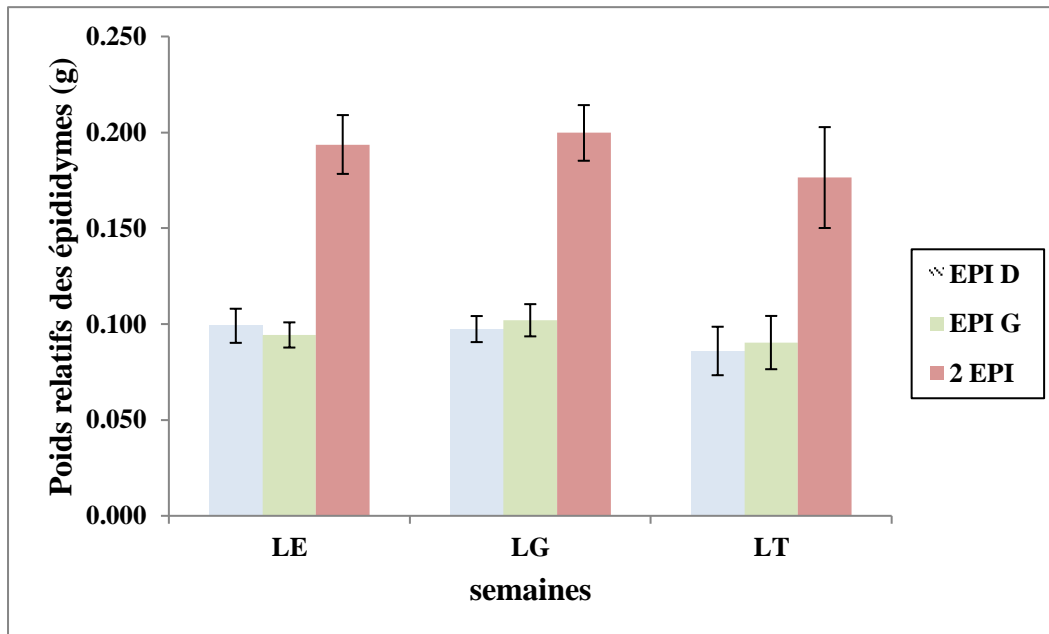


Figure 41: Poids relatifs de des épидидymes droits et gauches chez les lapins témoins, expérimentaux et traités par la poudre *zingibre officinale*.

Epi D= épидидyme droit, **Epi G**= épидидyme gauche, **2epi** = épидидyme droit+gauche.

Pour le poids épидидymaire droit, le lot d'expérimental marque une augmentation non significative de **23,75%**.

Le lot des lapins traités au gingembre, révèle une diminution de **2.02 %** de leur poids épидидymaire droits par rapport aux expérimentaux, cette réduction est non significative, par rapport aux témoins nous enregistrons une baisse de **12,79%**.

Le régime riche en graisse augmente le poids épидидymaire gauche de **4.44%** chez les animaux expérimentaux par rapport aux témoins.

Par rapport aux lapins expérimentaux et témoins, le gingembre élève de manière non significative le poids épидидymaire gauche, ces augmentations sont respectivement de **8,51 %** et de **13.33 %**.

Le poids relatif total des épидидymes indique une augmentation de **10,22%** chez les expérimentaux par rapport aux témoins.

Résultats et Interprétations

Les lapins traités à la poudre du gingembre révèlent une augmentation non significative de **3,09%** et **13,69%** par rapport aux expérimentaux et témoins.

III. Tissu adipeux

III.1 Poids absolu du tissu adipeux chez les lapins témoins, expérimentaux et traités par la poudre du gingembre

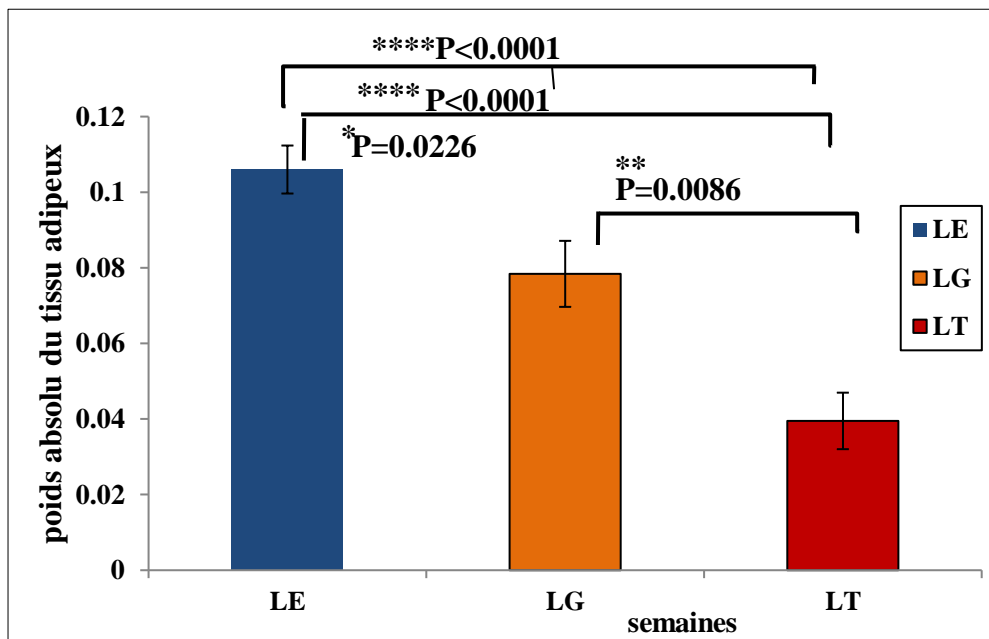


Figure 42: Poids absolu du tissu adipeux chez les témoins, expérimentaux et traités par la poudre *zingibre officinale*.

LT: lot témoin ; LE: lot expérimental; LG: lot gingembre.

Le poids absolu du tissu adipeux des expérimentaux révèle une augmentation hautement significative de **168,35%** par rapport aux témoins et cela est confirmé par le teste de **Anova**.

Ainsi, nous enregistrons une variation hautement significative **p<0.0001** entre les trois lots de lapins.

Chez les lapins traités au gingembre, nous enregistrons une augmentation significative **P<0.05** par rapport aux témoins, le pourcentage de l'élévation est de **98,48%**, tandis les expérimentaux montre une diminution significative, la baisse est de **26,03%**.

Résultats et Interprétations

III.2 Poids relatif du tissu adipeux chez les lapins témoins, expérimentaux et traités par la poudre de gingembre

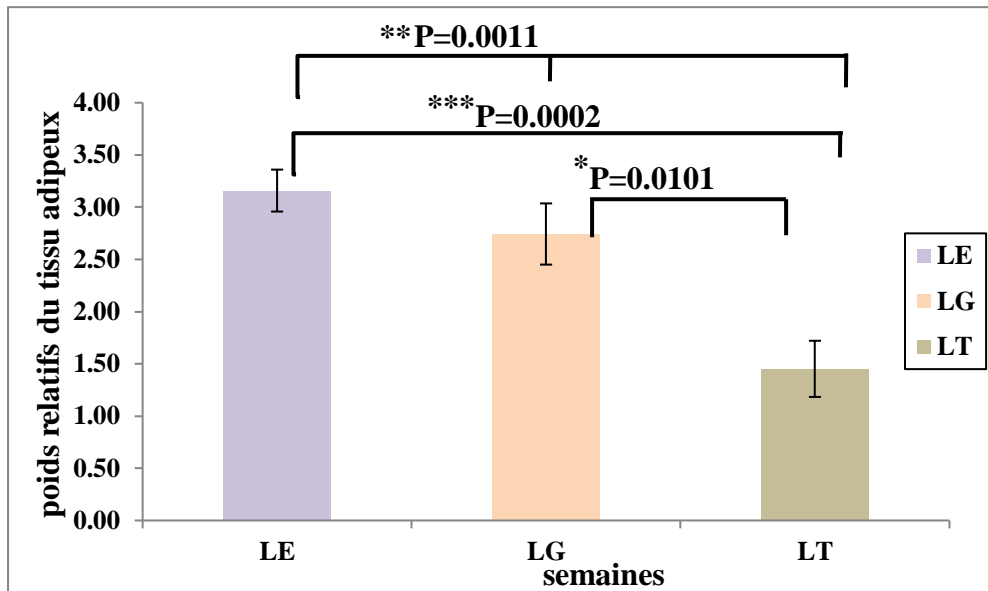


Figure 43: Poids relatif du tissu adipeux chez les témoins, expérimentaux et traités par la poudre *zingibre officinale*.

LT: lot témoin ; LE: lot expérimental; LG: lot gingembre.

** $p < 0.01$: [LT vs LE vs LG]. LT Vs LG * $p < 0.05$; LE Vs LT *** $p < 0.001$.

Les poids relatifs du tissu adipeux des lapins soumis au **RHLHP** révèlent une augmentation très significative de **111,33%** par rapport aux témoins. Ainsi que nous enregistrons une différence significative entre les trois lots de lapins.

Pour le lot des lapins traités, nous enregistrons une augmentation significative par rapports aux témoins, avec un pourcentage de **86,66%**, tandis qu'avec les expérimentaux nous signalons une diminution de **13,56%**, celle-ci est non significative.

Conclusion

Le poids des deux gonades diminue non significativement chez les lapins expérimentaux. Le gingembre induit une augmentation du poids des testicules droits et une faible diminution non significative de celui des testicules gauches.

Le régime hyperlipidique augmente le poids épидидymaire tandis que le traitement à la poudre de gingembre le réduit.

Résultats et Interprétations

Le lot des lapins expérimentaux est fortuné du tissu adipeux avec une augmentation très significative, à l'inverse des animaux traités à la poudre de gingembre et aux témoins.

IV. L'étude microscopique

1. Histologie de la glande thyroïde chez les lapins expérimentaux et traités à la poudre du gingembre.

La glande thyroïde du lapin témoin, montre une capsule conjonctive mince, recouvrant les lobules, qui renferment de nombreux follicules, de tailles variables, contenant un colloïde de quantité variable avec des vacuoles de résorption périphériques. Ce tissu glandulaire révèle aussi de fines fibres de collagène inter lobulaires et inter folliculaires (**Fig. A**).

Au fort grossissement, les follicules sont formés de colloïde, dont la quantité est variable, chaque follicule renferme une seule couche des cellules folliculaires, de forme cubique, contenant un noyau volumineux arrondi, nous observons aussi, des cellules parafolliculaires ou cellules claires, disséminées entre les cellules folliculaires et entre les follicules, elles sont de grande taille, cytoplasme claire, un gros noyau central. Entre ces follicules s'observe un tissu conjonctif, formé de fibres de collagène et des capillaires sanguins, contenant des globules rouges (**Fig.B**).

La glande thyroïde des lapins soumis à la diète hyperlipidique révèle des modifications structurales importantes ; notons une désorganisation de la structure des lobules ainsi celle des follicules, certains ont perdu leur forme vésiculaire, nous observons également prédominance de gros follicules, contenant un colloïde distendue, certains follicules apparaissent vidée de colloïde. Egalement, nous marquons des capillaires sanguins très dilatés (**Fig.C**).

La figure (**Fig.D**) révèle l'abondance d'adipocytes envahissant pratiquement tous les lobules thyroïdiens, les fibres de collagène apparaissent dispersées et désorganisées. Nous détectons une fibrose très intense, reconnaissable par une accumulation excessive de fibres de collagène, à son voisinage s'observe une congestion, des cellules follicules contenant des noyaux pycnotiques, à ce même endroit ce sont révélés de très gros adipocytes, des nécroses (**Fig.E**).

Au fort grossissement, le follicule thyroïdien apparaît totalement désorganisé, ses cellules folliculaires sont de petites taille, leur noyau apparaissent sombres et petits, leur cytoplasme contient des vacuolisations, la colloïde apparaît étendue, contenant une vacuolisation, les cellules parafolliculaires apparaissent volumineuse, le noyau est sombre.

Résultats et Interprétations

Les lapins traités par la poudre du rhizome du gingembre montrent des follicules thyroïdiens réformés, de forme vésiculaire ou arrondie identique à celle des lapins témoins, réorganisation de la structure lobulaire, nous indiquons un tissu conjonctif réorganisé, bien structuré et visible, séparant les follicules, présence encore de gros follicules, renfermant une colloïde très dilatée (**Fig.G**). Au fort grossissement, le follicule est formé de cellules cubiques, contenant un noyau arrondi, certains follicules sont constitués de cellules aplaties, entre ces derniers se trouvent des capillaires sanguins, contenant des globules rouges, certains colloïdes contiennent des vésicules de résorption, signe d'activité cellulaire.

2. Histologie du testicule chez les lapins expérimentaux et traités à la poudre du gingembre

Les lapins témoins, montrent de nombreux tubes séminifères de même diamètre, espacés, séparés par du tissu interstitiel (**Fig.A**).

Au fort grossissement, le tube séminifère contient toutes les cellules germinales telles que, les spermatogonies, spermatocytes, spermatides et spermatozoïdes, ceux-ci sont nombreux au niveau de la lumière du tube. Nous observons aussi, un tissu interstitiel formé de cellules de Leydig, regroupées en amas, du tissu conjonctif formé de fibres de collagène et des capillaires sanguins riche en hématies (**Fig.B et C**).

Les animaux du groupe **LE** dévoilent des tubes séminifères hypertrophiés, la paroi est très épaisse, un espace très large s'observe entre les tubes séminifères, le tissu interstitiel apparaît très larges (**Fig.D**).

Au fort grossissement, se voit un tube séminifère, au niveau sa paroi, se trouvent toutes les cellules de la lignée germinale c'est-à-dire ; les cellules souches ou spermatogonies, spermatocytes, spermatides, les spermatozoïdes se localisent au niveau de la lumière formant de nombreux paquets, cela explique la puberté (**Fig.E**), autour de la paroi du tube se localise un tissu interstitiel très étendu, formé de cellules de Leydig de grande taille, possédant un noyau arrondi et clair, signe d'activité de synthèse de l'hormone mâle « testostérone »(**Fig.F**).

Les lapins traités par la poudre du gingembre, présentent des tubes séminifères de même taille et identiques à ceux des lapins témoins, les espaces inter-tubulaires apparaissent similaires à ceux des témoins, le tissu interstitiel paraît fin (**Fig.G**). Au fort grossissement, ce tube apparaît former d'une paroi moins épaisse et identique à celle des témoins, au niveau du cytoplasme de quelques

Résultats et Interprétations

cellules germinales se trouvent des vacuolisations, parfois des nécroses, la lumière de ce tube contient une quantité de modérée de spermatozoïdes (**Fig.H**).

Figure 61A: Coupe histologique de la glande thyroïde chez les témoins (**G ×100**)

L'observation microscopique montre le colloïde (**Co**), la flèche bleu capillaire sanguine (**la flèche bleu**), lobule (**la flèche noir**).

Figure 61B: Coupe histologique de la glande thyroïde chez les témoins (**G×1000**)

L'observation microscopique montre le colloïde (**Co**), cellules parafolliculaires (**Cp**), cellule folliculaire (**Cf**), capillaire sanguin (**étoile jaune**)

Figure 61C: Coupe histologique de la glande thyroïde chez les expérimentaux (**G×100**)

L'observation microscopique montre le colloïde (**Co**), capillaire sanguin (**flèche bleu**), septa fibreux (**flèche noir**), des follicules vides (**étoile verte**).

Figure 61D: Coupe histologique de la glande thyroïde chez les expérimentaux (**G× 100**)

On a des adipocytes (**étoile jaune**).

Figure 61E: Coupe histologique de la glande thyroïde chez les expérimentaux (**G× 1000**)

On a des fibroses (**flèche noir**), hémorragie (**flèche jaune**).

Figure 61F: Coupe histologique de la glande thyroïde chez les expérimentaux (**G× 1000**)

Elle représente une vacuolisation (**V**), les thyrocytes (**flèche bleu**).

Figure 61G: Coupe histologique de la glande thyroïde chez les traites à la poudre de gingembre (**G× 100**) elle représente des colloïdes (**Co**).

Figure 61H: Coupe histologique de la glande thyroïde chez les traites à la poudre de gingembre (**G× 1000**) nous observons des colloïdes (**Co**), cellule folliculaire (**Cf**) et des cellules parafolliculaires (**Cp**).

Figure 62A : Coupe histologique des testicules chez les témoins (**G× 100**) on a des tubes séminifères (**Ts**) et des tissus interstitiels (**Ti**).

Figure 62B : Coupe histologique des testicules chez les témoins (**G× 1000**) on a les cellules de Leydig (**CL**), le tissu conjonctif (**Tc**) et capillaire sanguin (**flèche bleu**).

Figure 62C : Coupe histologique des testicules chez les témoins (**G× 1000**) représente des spermatogonies (**Sg**), spermatocytes (**Sp**), lumière (**L**) et des spermatozoïdes (**Spz**).

Figure 62D : Coupe histologique des testicules chez les expérimentaux (**G× 100**) on a des tubes séminifères (**Ts**), et des tissus interstitiels (**Ti**)

Résultats et Interprétations

Figure 62E : Coupe histologique des testicules chez les expérimentaux ($G \times 400$) nous montre des spermatogonies (**Sg**), spermatocytes (**Sp**), tissu interstitiel (**Ti**), lumière (**L**) et des spermatozoïdes (**Spz**).

Figure 62F: Coupe histologique des testicules chez les expérimentaux ($G \times 1000$) on a des spermatocytes (**Sp**), spermatogonies (**Sg**), le tissu conjonctif (**Tc**), cellule de Leydig (**CL**) Et le capillaires sanguin (**flèche bleu**).

Figure 62G: Coupe histologique des testicules chez les traites à la poudre de gingembre ($G \times 100$) elle représente des tubes séminifères (**Ts**) et des tissus interstitiels (**Ti**).

Figure 62H: Coupe histologique des testicules chez les traites à la poudre de gingembre ($G \times 400$) on ale tissu conjonctif (**Tc**), des spermatogonies (**Sg**), spermatocytes (**Sp**), cellule de Leydig (**CL**), des spermatozoïdes (**Spz**) et la lumière (**L**).

Résultats et Interprétations

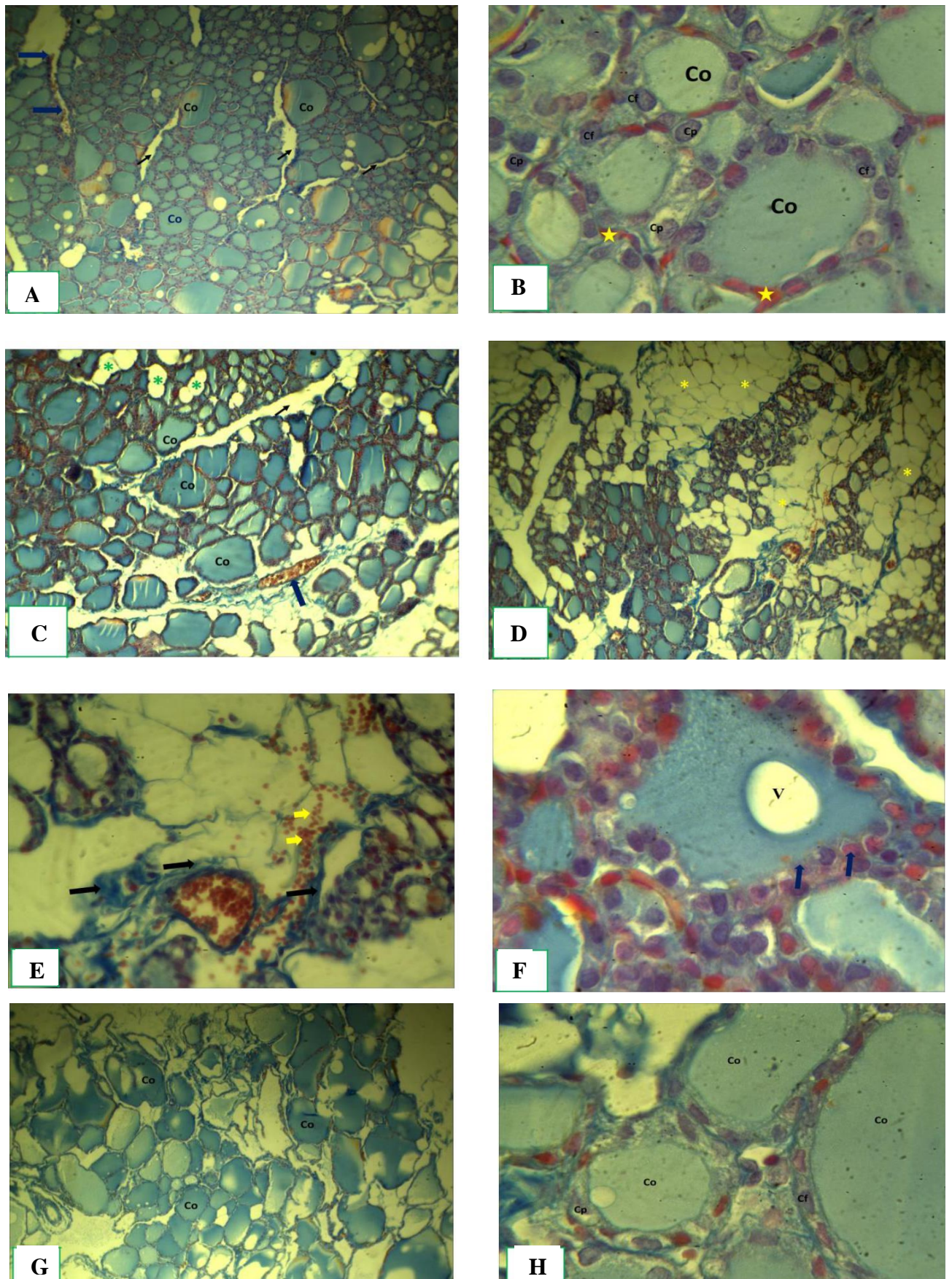


Figure 61: Glande thyroïde chez les animaux témoins, expérimentaux et expérimentaux traités par la poudre du gingembre.

Résultats et Interprétations

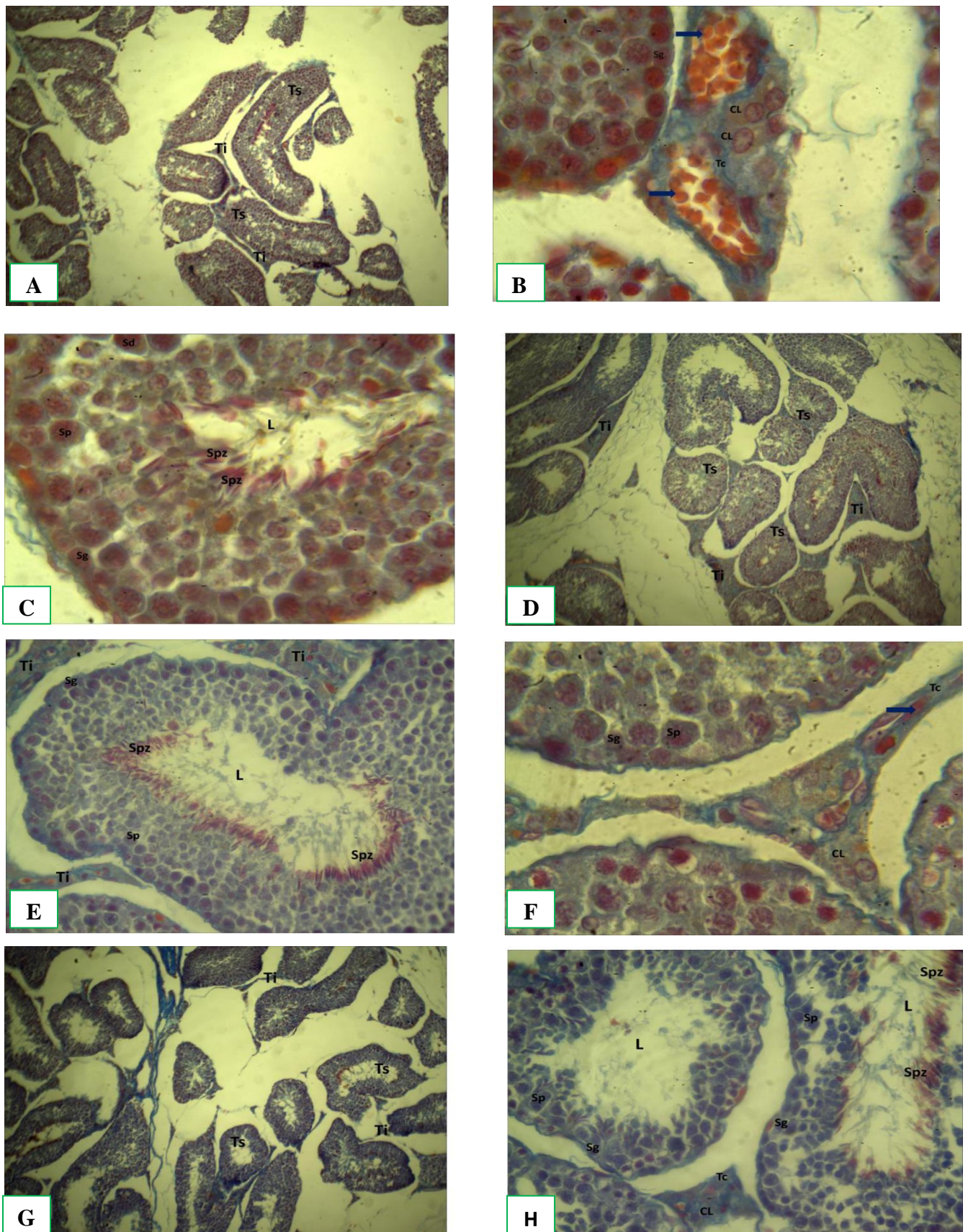


Figure 62: Testicules chez les animaux témoins, expérimentaux et expérimentaux traités par la poudre du gingembre.



Discussion

Discussion

Discussion

Au terme de cette investigation qui a duré **11** semaines, nous avons testé l'impact de la poudre de la *zingibre officinale* sur l'hyperlipidémie, la morphométrie des testicules et des épидидymes et la structure de la glande surrénale, chez le lapin male soumis au régime standard enrichi en l'huile de palme.

I. Poids corporel

Nos résultats montrent qu'après une durée d'intervention de **11** semaines les lapins exposés au régime riche en l'huile de palme présentent, par rapport aux lots témoins, un gain de poids significativement plus important surtout au cours de la **3^{ème}** semaine (**Fig. 30,31**), celui-ci est de l'ordre de **35,59%** en fin d'expérimentation. Nos lapins expérimentaux présentent un poids corporel de **3.38±0.06kg** par rapport aux témoins, leur poids enregistre **2.70±0.07kg**.

Ces résultats rejoignent ceux d'**Ayeleso et al.,(2012)** qui rapportent les mêmes effets, c'est-à-dire une hausse pondérale chez les animaux soumis au régime hyperlipidique à base d'huile de palme.

Nos résultats rejoignent aussi ceux de **Dungel et al., (2009)**, **Singha et al., (2009)**, qui ont remarqué une augmentation significative du poids corporel après **10** semaines d'alimentation, chez les lapins Néo-Zélandais et Angora soumis au régime hyperlipidique, qui peut produire une obésité. Cela indique que nos lapins expérimentaux appartenant à la souche synthétique montrent une prise de poids par rapport aux témoins.

En fait, l'administration locale de leptine dans les régions hypothalamiques réduit la prise alimentaire et le poids corporel chez les animaux. Ainsi, les récepteurs hypothalamiques de la leptine contrôlent la satiété et l'équilibre énergétique. Donc, le blocage de la signalisation de la leptine est médié par l'activation de la phosphatase **PTP-1B** et **SOCS-3** qui interfère avec la phosphorylation de **Jak2**. Ces protéines sont fortement exprimées dans l'obésité induite par une consommation élevée de graisses, diminuant l'action de la leptine et entraînant une résistance à la leptine (**Vázquez-Vela et al., 2008**).

La concentration et l'expression de la leptine sont directement associées à l'adiposité et aux changements de poids corporel (**Campfield et al., 1995**).

Discussion

Le traitement par la poudre de *zingibre officinale* que nous avons appliqué à nos 10 lapins expérimentaux montre une action bénéfique sur le poids corporel, où nous avons remarqué une diminution pondérale de ce dernier ($2.92 \pm 0.08 \text{kg}$). Elle est très significative ($p = 0.001$) par rapport à celle des lapins soumis au régime hyperlipidique ($3,38 \pm 0,06 \text{Kg}$), cette baisse correspond à 18,59%.

L'observance du régime méditerranéen est généralement associée à un risque plus faible d'obésité et de prise de poids. L'utilisation intensive d'épices et d'herbes comme le gingembre est courante (Hadj Merabet D, 2019).

En effet, cette poudre de *zingibre officinale* présente un effet significatif sur l'effet thermique des aliments. Le gingembre aurait un rôle potentiel dans la gestion du poids (Foine, 2017).

II. Paramètres biochimiques plasmatiques chez les animaux témoins, expérimentaux, expérimentaux traités par le *zingibre officinale*

II.1 Statut lipidique

Le bilan lipidique d'un sujet à un moment donné représente une situation instantanée, qui peut varier notamment en fonction des facteurs environnementaux (principalement l'alimentation et le statut pondéral). Il consiste en l'exploration d'une anomalie lipidique (Exploration d'une Anomalie Lipidique) comportant les dosages du cholestérol total (Cholestérol Total), du **HDL-C** et des triglycérides à partir desquels la concentration de **LDL-C** est calculée par la formule de **Friedewald** soit : $\text{LDL-C} = \text{CT} - (\text{HDL-C} + \text{TG}/5)$ (en g/L) ou $\text{TG}/2,2$ (en mmol/L). Cette formule n'est valable que pour des $\text{TG} < 4 \text{g/L}$ (Université Médicale Virtuelle Francophone, 2011).

Le transport des lipides est réalisé chez les mammifères, par les lipoprotéines plasmatiques différentes classes de lipoprotéines sont distinguées: chylomicrons, **VLDL** (Very Low Density Lipoprotein), **IDL** (Intermediate Density Lipoprotein), **LDL** (Low Density Lipoprotein) et **HDL** (High Density Lipoprotein) (Nadège, 2006).

Chez nos lapins qui ont été exposés à un régime riche en huile de palme, nous avons remarqué une hyperlipidémie due à des teneurs élevées en acides gras saturés (**AGS**), notamment en acide palmitique. Cette huile est considérée par certains auteurs comme potentiellement nocive pour la santé (Djohan, 2017). Ces dernières années il a été démontré une augmentation sur les niveaux

Discussion

de cholestérol **LDL** (« mauvais » cholestérol) et une diminution également les taux de cholestérol **HDL** (« bon » cholestérol) (**Léa Zubiria, 2021**).

Nous avons observé une augmentation très significative de **TG** ($p < 0.001$), (**Fig.32**) chez nos animaux expérimentaux et une diminution de **HDL-C** (**Fig.34**). Des résultats similaires rapportent qu'un régime fort en graisses saturés ou en carbohydrates peut élever les niveaux de triglycérides. Leur augmentation est relativement neutre. Diverses maladies, telles que certaines dysfonctions hépatiques (cirrhose, hépatite, obstruction biliaire) ou diabètes, peuvent être associées à des hausses de triglycérides (**Hadj Merabet D, 2019**). Les niveaux élevés de **TG** dans la présente étude peuvent être dues à une inhibition de l'activité de 7alpha-hydroxylase (**Beigneux et al., 2002**). Les **TG** constituent le stock d'**AG** le plus important dans l'organisme, localisé essentiellement dans le tissu adipeux (plus de **10%** du poids corporel) (**Nachi, 2019**).

Les «**HDL**» ont un plus fort taux de protéines. Elles sont capables, pendant le transport, de récupérer le cholestérol en excès dans le sang et de l'évacuer vers le foie pour qu'il y soit éliminé. Un faible taux de cholestérol **HDL** est donc mauvais pour le cœur et les vaisseaux sanguins (**Fondation Suisse de Cardiologie, 2016**).

De plus nous avons remarqué une diminution du cholestérol et **LDLc** (**Fig.33.35**), Ce qui ne rejoint pas les résultats de **Soltani.Y et al.,(2013)**; **Zubiria (2021)** qui ont rapporté des taux significativement plus élevés de cholestérol total et de **LDLc** que le groupe témoin, chez les lapins obèse.

La différence entre nos résultats et ceux de **Soltani.Y et al., (2013)**; **Zubiria (2021)** peuvent être expliqués par **Lecerf (2013)**, montrant quelle régime alimentaire riche en oléine de palme a entraîné une baisse du cholestérol total et du **LDLc** (**-19 %**) ainsi qu'une baisse du **HDLc** (**-20 %**) par rapport au régime à base de noix de coco ainsi qu'une baisse du rapport **LDLc/HDLc** (**-8%**). Ainsi les taux de cholestérol total, le **LDLc** et le **HDLc** sont plus bas dans le cas du régime contenant l'acide palmitique (**-9 %**), (**-11 %**) et (**-9 %**). Ces résultats diffèrent de ceux obtenus par une diète enrichie en acide laurique plus l'acide myristique. L'acide palmitique provoque une importante baisse des valeurs des lipides plasmatiques par rapport à la somme des **AG** laurique et myristique.

Selon **Nadège (2006)**, la diminution du taux de cholestérol plasmatique et **cholestérol-LDL** observée lors du remplacement des **AG saturés** de l'aliment par des acides gras insaturés a notamment été associé à une augmentation du captage des **LDL** plasmatiques par le foie via le

Discussion

R-LDL chez le cobaye et le hamster. Cette augmentation du captage des **LDL** semble liée à une augmentation de la quantité de **R-LDL** dans le foie chez ces espèces

La poudre du *zingibre officinale* s'est avérée très efficace sur les lapins expérimentaux traités. Nous avons marqué une diminution significative ($p=0.001$) des taux plasmatiques des triglycérides, alors que nous n'avons pas enregistré un changement concernant les taux plasmatique du cholestérol total et des fractions **LDLc**.

Nos résultats sont cohérents avec ceux de **Butin (2017)** qui a montré que l'administration de gingembre diminue de façon significative le taux de triglycérides dans le sang, avec une réduction de **15%** par rapport au début de l'étude. Cependant, aucune différence significative n'a été observée concernant le cholestérol total, quelle que soit sa forme : totale, de haute densité, de faible densité. Par conséquent, il semblerait que le gingembre soit davantage actif sur les triglycérides que sur la cholestérolémie. L'ajout d'épices dans l'alimentation a diminué de façon significative le taux de triglycérides : réduction de **31%** de la triglycéridémie dans le groupe **1**, consommant un repas épicé et repos. Le gingembre, tout comme d'autres épices, a une action réductrice sur différents paramètres lipidiques, et principalement sur les triglycérides.

Il semblerait que le gingembre exerce une action sur les gènes codant pour l'expression de certains produits impliqués dans le métabolisme lipidique (**Matsuda et al., 2009**).

III. Poids des testicules et épидидymes chez les lapins soumis au régime hyper lipidique, témoins et traités à la poudre du gingembre

III.2 Poids des testicules chez les lapins soumis au régime hyper lipidique, témoins et traités à la poudre du gingembre

Pour le poids absolu de nos lapins expérimentaux, nous avons repéré une augmentation non significative des testicules droits représentée par **5,28%** par rapport aux lapins témoins. Ces résultats apportés sont incompatibles avec ceux trouvés chez **Hebbouche et Larbi (2020)** qui ont observé une diminution du poids lors de leur expérience effectuée sur des lapins soumis au **RHLHP** pendant **5**mois

Quant aux testicules gauches nous remarquons une augmentation de **1,66%** par rapport aux témoins.

Discussion

Chez les lapins traités au gingembre ces poids diminuent de **4,38%** pour les testicules droits et **1,66%** pour les testicules gauches de manière non significative. Par contre l'étude effectuée par **Butin (2017)**, sur des rats adultes nourris par une alimentation riche en lipides et glucides simples, a montré une augmentation du poids testiculaires à travers l'administration du gingembre.

Nos résultats ne rejoignent pas ceux d'**El - Sweedy (2007)**, rapportant une baisse du poids des testicules chez les rat cafétérias traités la dose de **25 mg/kg** des feuilles de la *Curcuma longa*, pendant **35** jours. Des résultats similaires sont rapportés par **Hebbouche et Larbi (2020)**, signalant une baisse significative du poids absolu des testicules droits, la baisse est de **20%**, chez les lapins traités à la dose **12g** de la poudre de *Curcuma longa*, alors que les testicules gauches subissent une légère régression.

Pour le poids relatif, nous constatons une diminution de **14,41%** pour les testicules droits et une diminution peu significative ($*p < 0.05$) de **18,18%** pour les testicules gauches chez nos lapins soumis au **RHLHP**, ce qui rend nos résultats similaires à ceux de **Mu et al., (2016)**, qui ont décelé une diminution du poids testiculaire, chez les rats soumis au régime lipidique pendant **8** semaines (**Fig.38.39**).

De même les travaux de **Wang et al., (2019)**, ont montré une régression du poids relatif des testicules chez les rats Sprague Dawley soumis à un régime hyperlipidique pendant **13** semaines. Similairement.

Jensen et al., (2004) ; **Mu et al., (2016)** ; **Wang et al., (2019)** ont indiqué une spermatogenèse perturbée chez les rats nourris d'une diète hyperlipidique, caractérisée par une diminution du poids testiculaire, des tubules séminifères atrophiés, une réduction du nombre des cellules spermatogénétiques et interstitielles et des taux hormonaux anormaux.

De nombreuses études antérieures ont prouvé des lésions histopathologiques testiculaires et une diminution du poids des organes reproducteurs suite au régime enrichi en lipides (**Gujjala et al., 2016** ; **Bisht et al., 2017**).

Selon **Wang et al., (2019)**, les dommages testiculaires induits par une diète hyperlipidique sont soutenus par la diminution des poids relatifs des testicules, les paramètres du sperme, les taux de sériques bas de testostérone, qui peuvent être les conséquences d'un stress oxydant élevé et l'apoptose excessive au sein des testicules.

Discussion

L'équilibre entre la prolifération et la mort cellulaire est important pour le déroulement de la spermatogenèse. En tant que type de mort cellulaire, l'apoptose des cellules germinales testiculaires est un mécanisme physiologique important dans la régulation de la population de cellules germinales (**Allan et al., 1992; Hikim et al., 1995**). Une augmentation de l'apoptose des cellules germinales a été observée au sein des lésions testiculaires, induites par les stimuli (**Lee et al., 1999- Hasegawa et al., 1998**), l'apoptose des cellules germinales contribue à l'atrophie testiculaire et l'infertilité masculine (**Maneesh et al., 2005**).

Aussi, La leptine est synthétisée par des tubules séminifères (**Campfield et al., 1996; Glander et al., 2002**), cette hormone s'est avérée avoir des effets importants sur la fonction de la reproduction (**Caprio et al., 2001**), cela est confirmé chez des souris Ob stériles déficientes en leptine (**Zhang et al., 1994**). De plus, la leptine agit directement sur les testicules et module la spermatogenèse (**Ma et al., 2011**). Aussi, la leptine servant comme un inhibiteur de la stéroïdogenèse au niveau testiculaire (**Fui et al., 2014; Isidori et al., 1999**) et influant sur le poids des testicules, le diamètre des tubules séminifères et le nombre des cellules germinales (**Yuan et al., 2014**). L'étude de **Mu et al., (2016)**, rapporte une augmentation du nombre des récepteurs de la leptine et aussi une élévation des taux de leptine sérique au niveau des testicules des rats soumis à une diète hyperlipidique.

Nos lapins soumis à un régime hyperlipidique ont présenté aussi une inflammation au niveau de leurs testicules qui se manifestait par une rougeur et un gonflement.

Pareillement, **Hebbouche et Larbi (2020)** 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 et le régime riche en graisses provoque des effets indésirables sur les paramètres de la reproduction, ceux-ci sont largement documentés dans la littérature (**Guerin et al., 2003 ; Bakos et al., 2011**).

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**), qui perturbent la morphofonction des testicules. **Brunetti et al., (2010)** ont démontré une augmentation des taux de prostaglandine E2 au sein du parenchyme testiculaire, pouvant induire la prolifération désordonnée des cellules germinales testiculaires, favorisant ainsi l'installation d'un cancer, chez les jeunes patients nourris d'un régime de type cafétéria.

Discussion

Les animaux traités au gingembre présentent une régression non significative du poids avec un pourcentage de **12,63%** pour les testicules droits et **16,16%** pour les testicules gauches. Tandis que le poids relatif total diminue de **16,28%** peu significative, ainsi nous remarquons que la poudre du gingembre l'augmente, chez les animaux expérimentaux Par rapport aux témoins, nous avons noté une régression (**Fig.38.39**).

Nos résultats vont dans le même sens que ceux de **Mu et al., (2016)**, qui ont révélé que le traitement à la curcumine améliorerait les testicules atrophiés, se manifestant par une augmentation du poids testiculaire, une augmentation du diamètre des tubules séminifères et une augmentation du nombre de cellules spermatogénétiques et interstitielles. De plus, le traitement à la curcumine a amélioré aussi les taux hormonaux dérégulés. Dans l'ensemble, la curcumine a des effets protecteurs, permettant de corriger le dysfonctionnement de la spermatogenèse, provoquée par une diète hyperlipidique.

Par contre les travaux de **Hebbouche et Larbi (2020)**, ont indiqué que cette même plante abaisse légèrement le poids relatif des testicules droits et gauches, notant respectivement une diminution de **12.07 %** et **15.50 %**.

D'après ces mêmes auteurs, les lapins traités à la dose **12g** de la poudre du rhizome de *Curcuma longa*, le poids testiculaire n'augmente pas de manière significative, ceci pourrait être expliqué à la dose utilisée et à la durée de traitement qui devrait être prolongée jusqu'à deux mois, cela permettrait d'avoir une amélioration du poids absolu et relatif chez ces animaux.

En plus, chez nos animaux traités à la poudre du gingembre, l'observation macroscopique des testicules révèle une disparition de l'inflammation. Cette même observation est confirmée par **Hebbouche et Larbi (2020)**.

De ce fait, ce type de traitement semble avoir des effets remarquables et bénéfiques sur les dommages oxydatifs testiculaires engendrés par les radicaux libres. Cependant, le curcumin, est un principe actif naturel dérivé du rhizome de la *Curcuma longa*, révélant d'autres effets bénéfiques comme antioxydants, antimutatifs, anti-inflammatoires et antitumorigènes (**Li et al., 2007; Shen et al., 2007**).

En outre, l'augmentation du stress oxydatif est également liée à l'élévation des risques d'infertilité et les flavonoïdes possédant des activités antioxydants (**Baradaran et al., 2014 ; Taghikhani et al., 2014**). Les composés possédant une activité antioxydant sont capables de piéger les radicaux libres, prévenant les dommages des organes (**Rafieian-Kopaie et**

Discussion

Baradaran, 2013 ; Rouhi-Boroujeni *et al.*, 2017). De nombreuses plantes renferment des composés flavonoïdes révélant une activité antioxydant (Sharafati-Chaleshtori *et al.*, 2016 ; Rouhi-Boroujeni *et al.*, 2017).

III.2 Poids absolu des épидидymes des lapins témoins, expérimentaux et traités par la poudre de gingembre

Le poids épидидymaire absolu chez les lapins soumis au **RHLHP** augmente pour l'épididyme droit **38,84%**, l'épididyme gauche **25,09%** ainsi que leur poids total avec **31,19%**, cela convient aux résultats trouvés par **Madani (2012)**, à travers l'expérience effectuée durant **2** mois de régime, sur les rats traités au fructose, qui a provoqué une hyperlipidémie, ce qui a conduit à l'augmentation du poids des organes comme le foie, reins, cœur, tissu adipeux mésentérique, périrénal, épидидymaire et sous-cutané. Le gingembre diminue ce poids de **17,26%** pour les expérimentaux (**Fig.40**).

III. Poids relatifs des épидидymes des lapins témoins, expérimentaux et traités par la poudre de gingembre

Le poids relatif épидидymaire droite évolue de manière non significative **23,75%** ainsi que l'épididyme gauche de **4,44%** pour nos lapins expérimentaux (**Fig.41**).

Le gingembre élève de manière non significative le poids épидидymaire gauche **2,02%** ainsi que le poids épидидymaire total **3,09%**, tandis qu'il l'augmente pour l'épididyme droit de **23,75%**. **Wright (2020)** a démontré chez l'homme, recevant par administration orale du gingembre comme tisane, une diminution des taux d'enzymes antioxydants et des taux d'acide sialique dans l'épididyme. Ceci pouvant endommager l'environnement de l'épididyme et l'activité fonctionnelle du sperme.

IV. Le tissu adipeux chez les lapins soumis au régime hyperlipidique, témoins et traités à la poudre du gingembre

IV.1 Poids absolu du tissu adipeux chez les lapins témoins, expérimentaux et traités par la poudre de gingembre

Le poids du tissu adipeux révèle une augmentation très significative de **168,35%** chez les lapins expérimentaux. Alors que chez les lapins traités, nous mentionnons une diminution de **26,03%**. Ces résultats sont similaires à ceux de **Farnier (2007)**, démontrant que la dyslipidémie contribue

Discussion

à l'augmentation du risque cardio-métabolique engendré par un excès de tissu adipeux viscéral (Fig.42).

IV.2 Poids relatif du tissu adipeux chez les lapins témoins, expérimentaux et traités par la poudre de gingembre

Les poids relatifs du tissu adipeux révèlent une augmentation très significative de **111,33%** chez les lapins expérimentaux, par rapport aux témoins, contrairement aux lapins traités au gingembre, ce poids diminue de **13,56%**. Ces résultats sont compatibles à ceux de **Foine (2017)**, d'où ils ont trouvé un effet significatif que chez **10** hommes en surpoids, qui consomment quotidiennement de la tisane au gingembre, préparée par **g** de poudre de gingembre dissoute dans de l'eau, cela a permis de montrer que le gingembre possède un rôle potentiel dans la gestion du poids (Fig.42).

V. Histologie de la glande thyroïde des lapins témoins, expérimentaux et traités par la poudre du gingembre

La glande thyroïde des animaux soumis à la diète hyperlipidique révèle des modifications importantes ; une désorganisation des follicules, prédominance de gros follicules, colloïde très étendue, cellules folliculaires de petite tailles parfois aplaties, Identiquement, **El-Sayed et Ibrahim (2020)** ont noté des follicules thyroïdiens présentant des quantités excessives de colloïdes et de cellules folliculaires nettement aplaties, au niveau des coupes histologique de la glande thyroïde des rats nourris du **RHL**.

Ces altérations histomorphologiques au niveau de la glande thyroïde des rats nourris d'un **HL** sont similaires à ceux observés au niveau de la glande thyroïde de rats hypothyroïdiens **Karawya F et al., (2015)**. De plus, **Han et al., (2012)** ont observé une altération histomorphologique similaire chez la souris. Ces chercheurs ont prouvé que le **RHL** et l'excès d'iode ont un effet dommageable plus puissant ou grave sur la glande thyroïde, par rapport l'effet seul de l'excès d'iode.

De plus, chez nos animaux soumis à la diète hyperlipidique, les cellules folliculaires de la thyroïde contiennent des noyaux pycnotiques. Pareillement **El-Sayed et Ibrahim (2020)**, a détecté au niveau de ses coupes semifines du groupe soumis au régime hyperlipidique, des noyaux pycnotiques et un cytoplasme vacuolisé au niveau de certaines cellules folliculaires.

La vacuolisation cytoplasmique et la pycnose nucléaire sont des signes de dégénérescence cellulaire et nécrose peuvent être à l'origine de la lipotoxicité associée à l'obésité.

Discussion

Sur nos coupes histologiques, nous avons trouvé une infiltration par les cellules adipeuse, fibreuse, dilatation des capillaires sanguins, congestion. Ces mêmes observations sont indiquées par **Engin (2017)**, celui-ci a déclaré que lorsque le stockage de grandes quantités des lipides ne s'effectue pas correctement au niveau des gouttelettes lipidiques, il se produit dans le sang une élévation chronique des taux d'acides gras et cela peut conduire vers des taux nocifs au sein des tissus non adipeux.

Les coupes histologiques de la glande thyroïde de nos lapins soumis au **RHL** révèlent une vacuolisation au sein de colloïde. L'étude actuelle d'**El-Sayed et Ibrahim (2020)**, a montré aussi le même phénomène, au niveau des coupes semifines du groupe de rat soumis à la diète hyperlipidique. Pareillement, **Wang et al., (2009)** ont montré une vacuolisation importante de la colloïde de certains follicules, celle-ci peut être due à une activité accrue d'endocytose au sein de la glande thyroïde, pour libérer les hormones stockées, compensant ainsi les déficits en **T3** et **T4**. Ces mêmes chercheurs ont émis l'hypothèse que cette vacuolisation est due à une augmentation sérique de l'hormone thyroïdienne **TSH**. Ces résultats rejoignent aussi ceux de **Morphol F (2020)** dont ils disent que l'obésité induite par un régime riche en graisse chez les rats cause l'hypothyroïdie dont les signes sont une quantité excessive de colloïde avec une prépondérance de gros follicules et certains d'eux présentaient une vacuolisation colloïdale.

Selon **El-Sayed et Ibrahim (2020)**, le nombre de mastocytes est lié à la fibrose, l'inflammation des macrophages et activation endothéliale du tissu adipeux dans le cas d'obésité (**Divoux A et al., 2012**). De plus, l'étude d'**El-Sayed et Ibrahim (2020)** a mis en évidence que les mastocytes apparemment leur nombre augmentent entre les follicules et dans les tissus mous, situés autour de la glande thyroïde. Ainsi, ces chercheurs pourraient supposer que les mastocytes peuvent également contribuer par leurs sécrétions dans l'apparition des altérations structurelles et fonctionnelles de la glande thyroïde, dans le cas d'obésité.

Nos coupes histologiques effectuées sur la thyroïde des lapins du groupe **LG** ont révélé une réorganisation de la structure lobulaire ainsi que celle des follicules thyroïdiens. L'étude d'**El-Sayed et Ibrahim (2020)**, a observé des follicules thyroïdiens se caractérisant par une structure presque normale, sur des coupes semifines de rats nourris du **RHL** et traités à la metformine. Ces mêmes chercheurs ont signalé une réduction statistiquement significative de la surface colloïdale et une augmentation de la hauteur des cellules folliculaires chez le groupe d'animaux traité à la metformine.

Selon **Huet al., (2017)** chez les rongeurs soumis au traitement à la metformine. Le taux sérique de **TSH** a également été significativement diminué.

Discussion

L'étude actuelle d'**El-Sayed et Ibrahim (2020)** a également ajouté que la metformine améliore la structure de la glande thyroïde. En d'autres termes, la metformine peut corriger les changements structurels et fonctionnels, qui se produisent au niveau de la glande thyroïde, dans le cas d'obésité.

VI. Histologie du testicule des lapins témoins, expérimentaux et traités par la poudre du gingembre

D'après les résultats trouvés au niveau des testicules des lapins expérimentaux qui résument l'apparition de nombreux tubes séminifères à paroi épaisse, les cellules souches ou spermatogonies, spermatocytes, spermatides, les spermatozoïdes qui se localisent au niveau de la lumière formant de nombreux paquets. Nos résultats rejoignent nettement ceux d'**Azouz et kais, 2020)** qui disent que l'augmentation de sécrétion de testostérone, chez les lapins naine tête de lion est responsable du développement fonctionnel de tous les tissus testiculaires dont l'épaississement et le développement de la paroi des tubes séminifères cela nous confirme la puberté, ainsi que selon **Bouzida (2017)**, les variables microscopiques comme l'apparition de spermatides allongées et des spermatozoïdes dans les tubes séminifères, le diamètre, le nombre et la taille des cellules interstitielles et germinales sont utilisés comme indicateurs de maturité sexuelle.

Chez nos lapins soumis à la diète hyperlipidique la taille et le diamètre les tubes séminifères ressemblent beaucoup à celles des lapins témoins. Nos résultats vont dans le même sens que ceux de **Angèle (2017)** qui indiquent que les extraits de plantes spécialement le gingembre, augmentent de manière significative la mobilité des spermatozoïdes ainsi que la quantité de sperme dans les épидидymes et le canal déférent, sans induire des effets spermato-toxiques mais aussi ceux d'**Ogbuewu et al., (2021)** qui discernent que le taux de la testostérone augmente chez les lapins traités par la poudre du gingembre et pensent que cette dernière contient probablement un analogue androgène qui agit sur l'hypothalamus, pour stimuler la libération de testostérone par les testicules, en agissant sur la gonado-libérine (**GnRH**) et l'hormone lutéinisante .



*CONCLUSION
ET
PERSPECTIVES*

Conclusion et perspectives

Conclusion

Nous pouvons conclure au terme de cette étude, que les différents examens réalisés chez les lapins de la souche synthétique, soumis au régime enrichi en huile de palme, mettent en évidence:

- Des modifications métaboliques, qui se manifestent par une hyperlipidémie, caractérisée par une Hypertriglycéridémie, et une diminution de la fraction cardioprotectrice « **HDLc** ».
- Les taux de cholestérol total et des fractions athérogène **LDLc** ne montrent pas de changements significatifs.
- L'hyperlipidémie favorise un gain de poids corporel et une obésité viscérale.
- L'obésité provoquée par la diète hyperlipidique, est l'une des principales causes de l'hypothyroïdie.
- Une régression significative du poids relatifs testiculaires.
- Le régime enrichi engraisse végétale contribue à l'une augmentation du poids épидидymaire.
- Nous avons aperçu une inflammation au sein des testicules, qui est due à une lipotoxicité, générant un stress oxydatif.
- Le *zingibre officinale* représente un véritable remède, tout en diminuant le taux de triglycérides et du cholestérol et en augmentant le poids épидидymaire, notamment ces bienfaits sont efficaces pour réduire les maladies cardiovasculaires et le diabète.
- Le gingembre renferme des principes actifs, possédant diverses propriétés bénéfiques telles que : anti-inflammatoire et antioxydant.
- Les effets antioxydants et inhibiteurs du gingembre peuvent contribuer à une diminution de synthèse des hormones thyroïdiennes est donc l'hypothyroïdie

En perspective, nous souhaitons approfondir cette étude afin de mieux visualiser les effets bénéfiques observés chez ces lapins. Par conséquent, notre étude pourrait être complétée par ces critères :

- Prolonger la durée du traitement en utilisant la poudre du gingembre.
- La réalisation des dosages hormonaux **LH**, **FSH**, **FT3**, **FT4**, la testostérone ainsi que le dosage de la glycémie.
- Mesurer le volume testiculaires et épидидymaire.
- Réaliser cette étude notamment sur des femelles afin de connaître leur comportement.
- Récolter le sang des animaux en utilisant d'autres méthodes de prélèvement.

Références

Abbas K et Djermoun M., (2015). Étude de l'effet de l'extrait aqueux de *Portulaca oleraceus* sur l'obésité chez les rats Wistar.

Aranceta et Perez., (2012). Nutritional Goals and Dietary Guidelines for Fat and Fatty Acids.

Arnaudies D.M.O., (2009). Hormones thyroïdiennes chez les bovins : variations physiologiques et relation avec l'iode et le sélénium.

Aguilera A C, LCarvelli L, Bannoud N, Malossi A.E, Sosa M.A., (2011). La castration induit des changements de l'expression et de la distribution des récepteurs dans l'épididyme de rat. Implications sur la sécrétion de la cathepsine D.

Ayad A, Boubidi B, khiel S., (2020). Effet protecteur de la curcumine contre le dysfonctionnement testiculaire induit par chlorure de calcium.

Azouz H et kais A., (2020) Etude histologique et immunohistochimique du testicule chez les lapins naine tête de lion pendant la période post natale.

Behonh A., (2013). Troubles de la fertilité masculine et rôle du pharmacien d'officine.

Brouet C., (2011). Les pathologies thyroïdiennes : enquêtes sur le ressenti des patients.).P3-P13.

Butin A., (2017) .Le gingembre: de son utilisation ancestrale à un avenir prometteur, P7-107.

Bouzida S., (2017). Développement histologique de la gonade mâle chez le poulet reproducteur du type Cobb 500 en élevage rationnel dans la région d'Azazga: essai préliminaire.

Campfield L.A, Smith.F.J, Guisez.Y, Devos.R, Burn.P., (1995). Recombinant mouse OB protein: evidence for a peripheral signal linking adiposity and central neural networks.

Cherouat M, Fantazi K et Serraj H., (2016). Carcinome médullaire de la thyroïde. p-15 P20.

Cocaul A., (2016). L'hyperlipidémie (Cholestérol et triglycérides).

Chabre O., (2012). Apprendre l'Endocrinologie.

Références

David F. Gordon., (2016). Livre p-1278.

Divoux A, Moutel S, Poitou C, et al., (2012) .Mastocytes dans le tissu adipeux humain : lien avec l'obésité morbide, l'état inflammatoire et le diabète.

Djohan Y F., (2017). Influence d'un régime riche en huile de palme sur le statut antioxydant, la fonction, mitochondriale et les désordres métaboliques associe à l'obésité, P7-58.

Dhungel S, Sinha.R, Sinha.M, Paudel.H, N. Bhattacharya et Mandal.M., (2009). High fat diet induces obesity in British angora rabbit: a model for experimental obesity.

EL alami el Sabeh M A., (2011). Les tumeurs testiculaires a cellules de Leydig P5-P23.

El-Sayed et Ibrahim., (2020). Effet de l'obésité induite par un régime riche en graisses sur la structure de la glande thyroïde chez les rats femelles et l'effet d'amélioration possible du traitement par la metformine.

Fattore et fenalli., (2013) Palm oil and palmitic acid: a review on cardiovascular effects and carcinogenicity.

Fellag M ; Fethoun M., (2018). Étude préliminaire sur les effets de l'huile essentielle de lamente poivrée sur la structure des testicules et épидидymes des lapins mâle de la souche synthétique, au sevrage et pré pubère P4-P18.

Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS., (1972). Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. Clin Chem. 18(6), P499–502.

Frigolet M R, zquez-Vela V, Torres N, and Armando R., (2008) White Adipose Tissue as Endocrine Organ and Its Role in Obesity.

Foine A., (2017). Les Zingiberaceae en phytothérapie : l'exemple du gingembre.

Fondation Suisse de Cardiologie., (2018) L'hyperlipidémie.

Références

Jatoi et a., (2007) .Breast cancer mortality trends in the United States according to estrogen receptor status and age at diagnosis.

Hadj Merabet D., (2019) Prise En Charge Nutritionnelle Des Patients Obèses (Obésité Abdominale) Ayant le Syndrome Métabolique Dans la Wilaya de Sidi BelAbbés.

Gacem, Zerrouki, Lebas, Bolet., (2009). Comparaison des performances de production d'une souche synthétique de lapins avec deux populations locales disponibles en Algérie.

Gamouh C, Kedissa S., (2016). Etude comparative des différents paramètres biochimiques chez les diabétiques de type 1 et de type 2.

Gómez-elías.M.D, Rainero cáceres.T.S, Giaccagli.M.M, Guazzone.V, Dalton.G.N, De Siervi.A, cuasnicú.P.S, cohen.D.J et Da Ros .V.G ., (2019). Association between high-fat diet feeding and male fertility in high reproductive performance mice.

Goussouma H, Sandrine M, Barbara A., (2005). Répression transcriptionnelle du gène TRH.

Karawya F, Zahran N, Azzam E., (2015). La fluoration de l'eau est-elle une cause cachée de l'obésité ? Etude histologique sur les cellules folliculaires thyroïdiennes de rats albinos.

Laure M., (2014) Impact du surpoids et de l'obésité sur la fertilité

Lecerf J M., (2013) L'huile de palme : aspects nutritionnels et métaboliques Role sur le risque cardiovasculaire.

Lefèvre C., (2015). L'huile de palme : ses effets sur la santé et l'environnement.

Mai O., (2020). Pathologie thyroïdienne chez l'enfant prise en charge chirurgicale.

Marion G., (2013). Influence de la testostérone sur les paramètres électrocardiographiques.

Marque L., (2014). Impact du surpoids et de l'obésité sur la fertilité.

Références

Matsuda A, Zhongzhi W, Shunsaku i, Takahiro T, Norimasa M, Junichi H., (2009). Upregulation of mRNA of retinoid binding protein and fatty acid binding protein by cholesterol enriched-diet and effect of ginger on lipid metabolism.

Mehrdad M, Manouchehr M et Zohrabi D., (2010).The effect of Ginger (*Zingiber Officinal*) on blood chemical parameter in mice.

Morphol F., (2020) Effect of high-fat diet-induced obesity on thyroid gland structure in female rats and the possible ameliorating effect of metformine therapy.

Nachi.M., (2019).Métabolisme des Triglycérides.

Nadège R., (2006).Effet du taux et de la nature des lipides alimentaires sur les mecanismes intervenant dans la constitution des depots lipidiques (transport, captage, synthese) chez la truite arc-en-ciel et le bar.

Nandkangre H, Ouedraogo H et Sawadogo M., (2015).Caractérisation du système de production du gingembre (*Zingiber officinale Rosc*) au Burkina Faso : Potentialités, contraintes et perspectives.

Ogbuewu et al., (2021).Réponses des lapins pubères à une supplémentation alimentaire en gingembre (*Zingiber officinale rosc*) poudre de rhizome.

Parchami A., Fatahian Dehkordi RF., (2012). Sex Differences in Thyroid Gland Structure of Rabbits.

Pérez-Martin A., (2007). Physiologie de la glande thyroïde.

Pivois L., (2009). Prévalence de l'hypogonadisme chez l'homme obèse.

Qureshi et al., (1991). A comparison of the immune performance.

Slimani O., (2011). Effets d'un aliment à base de graine de colza sur les paramètres de reproduction de la lapine. p-21.

Silini S., (2018). Le lien entre l'excès de tissu adipeux et la survenue de la dyslipidémie athérogène.

Références

- Soliman S M., (2005).** Development of the thyroid gland of New-Zealand white rabbits. P-6.
- 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.
- Sylvaine., (2007).** Caracterisation moleculaire et structurale de l'extremite C-T terminale du Co-transporteur Sodium/Iode humain, implication de ce domaine dans la regulation du transporteur. P-23.
- Sanago, R., (2006).** Le rôle des plantes médicinales en médecine traditionnelle Université Bamako (Mali).
- Sanavi S, Afshar R., (2010)** subacute thyroiditis following ginger (*Zingiber officinale*) consumption.
- Sellal A., (2009).** Activités antioxydante et anti-inflammatoire des extraits aqueux et éthanolique du gingembre.
- Service de Nutrition de l'Institut Pasteur de Lille., (2017) :** l'huile de palme.
- Schaffer JE., (2003)** Lipotoxicité : lorsque les tissus mangent trop. Curr Opin Lipidol.
- Tavergnier C., (2013).** Tube pronostique des nodules thyroïdiens de cytologie indéterminée à suspecte.
- Université Médicale Virtuelle Francophone., (2011).** Dyslipidémies.
- Weinberg JM., (2006).** Lipotoxicité.
- Wright L., (2020).** Le poivre, de l'épice au médicament.
- Zaatri S et Nessah N., (2018).** Etude préliminaire sur les effets des huiles essentielles (Romarin à verbénone et Sauge officinale) sur la structure des testicules et épидидymes des lapins mâles âgés de 3 mois pré pubère de la souche synthétique .P3-P14.

Références

Zakrevska M.V, Tybinka A.M., (2020). Histological structure of the thyroid gland in rabbits with different types of autonomous tonusp-3.

Zubiria L., (2021). Huile de palme.

A decorative banner with a white background and a black outline, featuring a central rectangular box. The banner is flanked by two grey, ribbon-like shapes that curve upwards and outwards. The word "Annexes" is written in a black, italicized serif font within the central box.

Annexes

Annexes



Figure :présente l'aliment granulé des lapins de la CASAP a Blida.



Figure :lieu d'expérimentation

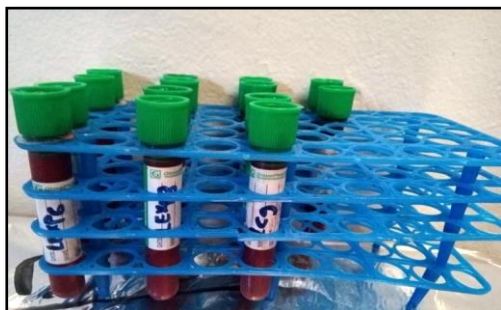


Figure : présente les tubes héparinés remplis au sang



Figure : présente l'inflammation au niveau des testicules



Figure : présente la préparation du formole dilué.