

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE

جامعة سعد دحلب البليدة (1)

UNIVERSITE SAAD DAHLAB - BLIDA 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

Mémoire de fin d'études

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

Filière Sciences Biologiques

Option : Biologie et Physiologie de la Reproduction

Thème

**Effet du régime cafétéria suivi par une supplémentation de
graines de chia sur la fonction de reproduction chez le lapin mâle**

PAR

M^{elle} KASMI Sirine & M^{elle} KOUADRI BOUDJELTHIA Hiba

Présenté et soutenu publiquement le : 08/07/2025

Devant le jury

Nom	Grade/ Lieu	Qualité
Mme BOULKOUR S.	MCA/USDB1	Présidente
Mme BIREM Z.	MCB/USDB1	Examinatrice
Mme CHAKHMA A.	MCB/USDB1	Promotrice
Mme ZATRA Y.	MCB/USDB1	Co-promotrice

Année Universitaire : 2024/2025

REMERCIEMENT

*Nous tenons tout d'abord à exprimer notre gratitude à **Dieu** Tout-Puissant pour la force et la patience qu'il nous a accordées pour mener à ce travail.*

*Nous souhaitons adresser nos sincères remerciements à **Mme CHAKHMA A.** « Maitre de conférences B, Faculté des Sciences de la nature et de la vie, à l'université Saad Dahleb Blida 1 », notre promotrice, pour ses conseils avisés, sa disponibilité et son accompagnement tout au long de la réalisation de ce mémoire. Sa rigueur scientifique et ses remarques pertinentes ont grandement contribué à l'amélioration de notre travail.*

*Nous tenons à exprimer toute notre gratitude à **Mme ZATRA Y.** « Maitre de conférences B, Faculté des Sciences de la nature et de la vie, à l'université Saad Dahleb Blida 1 », notre Co-promotrice, pour son suivi attentif, ses efforts, ses conseils judicieux et sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à **Mme BOULKOUR S.** « Maitre de conférences A, Faculté des Sciences de la nature et de la vie, à l'université Saad Dahleb Blida 1 », pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider notre soutenance et pour l'intérêt qu'elle a accordé à notre travail.*

*Nous remercions également **Mme BIREM Z.** « Maitre de conférences B, Faculté des Sciences de la nature et de la vie, à l'université Saad Dahleb Blida 1 », pour avoir accepté d'examiner ce mémoire et pour leurs remarques et suggestions qui contribueront à enrichir notre démarche et à améliorer ce travail.*

*A notre maitre et chef d'option **Mr ALLAOU A.** « Maitre de conférences B, Faculté des Sciences de la nature et de la vie, à l'université Saad Dahleb Blida 1 », Nous avons toujours apprécié votre gentillesse, votre modestie et la solidité de vos compétences, qui font de vous une personne estimée et respectée de tous.*

*Nous adressons, nos sincères remerciements **Mme RAHIM I.,** « Maitre de Conférences A, à la faculté des sciences de la nature et de la vie de à l'université Saad Dahleb Blida 1 » pour son accueil chaleureux durant la période de stage et d'expérimentation et ses orientations précieuses qui ont contribué à l'enrichissement de ce mémoire.*

*Nous souhaitons exprimer notre reconnaissance particulière à **Mr BENMOULOUD A.** « Maitre de conférences A », pour son soutien moral, son aide précieux et ses conseils avisés, et à tous les membres du LRZA (FSB/USTHB) pour leur accueil et leurs bienveillance dans laboratoire durant toute la période de stage.*

Nos remerciements vont également à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail, et plus particulièrement aux techniciens du laboratoire d'anatomie pathologique de l'hôpital de Koléa pour leur disponibilité, leur assistance et leur précieuse collaboration.

Dédicaces

Je dédie ce travail, avec tout mon amour et ma reconnaissance, a ceux qui occupent une place irremplaçable dans mon cœur.

A Allah, pour m`avoir guidée, donne la force, la patience et la persévérance dans ce parcours.

Une pensée pleine d`émotion et d`amour à ma chère **maman Karima**, que dieu a rappelée apurée de lui. Tu es à jamais vivante dans mon cœur, que vos âmes reposent en paix et que ce travail soit un hommage à ta mémoire.

A mon père Farid, pour sa force, ses précieux conseils, ses encouragements constants et les nombreux sacrifices qu`il a fait pour m`offrir les meilleures conditions possibles. Que dieu lui accorde santé et longue vie.

A mes chères sœurs, ma source de joie et de bonheur : **Rim, Lilia** merci pour votre tendresse, votre présence rassurante et votre soutien dans les moments où j`en avais le plus besoin, vous avez toujours cherché mon plaisir et mon sourire, je vous souhaite un avenir radieux plein de réussite, que dieu les protège.

A mes chats, merci pour votre amour sans mots, pour votre présence qui fait ma maison un refuge. Merci d`être là toujours.

A mon binôme Hiba, merci pour votre soutien et les efforts tout au long de cette aventure, merci pour ta patience et ton esprit d`équipe.

A mes amis, « **Imane, Nouha, Mélissa, Khadidja, Hiba** » pour votre amitié sincère, votre écoute, votre bonne humeur et tous les souvenirs inoubliables que nous avons partagé.

Sirine

Dédicaces

Tout d'abord je rends grâce à **Allah** qui m'a guidé dans ce chemin de savoir et de persévérance.

Je dédie ce travail :

À ma chère **maman**, source infinie de tendresse, de prières silencieuses et de sacrifices discrets. Tu es ma lumière dans l'obscurité, mon refuge dans les épreuves.

À **mon père**, modèle de sagesse, de force et de persévérance qui as porté mes espoirs plus haut que les miens.

Qu'**Allah** vous bénisse, vous protège et vous récompense pour chaque instant consacré à moi.

À mes **chères sœurs**, vos sourires illuminent mes journées, vos rires sont une mélodie douce à mon cœur. Merci pour votre amour

À **ma grande famille**,

Merci pour votre soutien, vos prières et votre présence constante. Chacun de vous, à sa manière, a contribué à ce parcours.

À toi, **ma chère binôme, Sirine** Plus qu'une partenaire, tu as été un vrai soutien. Complice dans les nuits blanches, présente dans les doutes comme dans les éclats de rire, Ce travail est le reflet de ce que nous avons construit ensemble. Je suis fier d'avoir cheminé avec toi.

À l'ensemble de **mes enseignants**,

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude pour la qualité de votre enseignement, votre patience et votre engagement. Que ce travail soit le reflet de ce que vous m'avez transmis.

Merci, au fond du cœur.

Hiba

Résumé

Le régime alimentaire malsain est à l'origine de divers problèmes liés à la santé. Cette étude expérimentale vise à évaluer les altérations histomorphométriques des organes reproducteurs mâles (corps épидидymaire, canal déférent, vésicule séminale) et le statut oxydatif testiculaires, chez 14 lapins adultes exposés à un régime cafétéria avec ou sans graines de chia.

L'histomorphométrie du corps de l'épididyme, du canal déférent et de la vésicule séminale ont été réalisées à l'aide d'une coloration à Hémalum-éosine et le logiciel Axio vision, tandis que le dosage des marqueurs du statut oxydatif testiculaire a été effectué par une méthode colorimétrique.

Les animaux soumis aux différents régimes n'ont pas montré de gains du poids corporel ($p > 0,05$). Le poids relatif du testicule et de la vésicule séminale, dans le lot cafétéria, ne présentent pas de différence par rapport au lot témoin ($p > 0,05$) alors que dans le lot cafétéria chia on a obtenu une diminution du poids relatif du testicule (32 % ; $P=0,031$) et une augmentation dans celui de la vésicule séminale (60% ; $P=0,024$). L'histomorphométrie, dans le lot cafétéria, montre une augmentation de la surface, du corps épидидymaire (92% ; $P=0,000$), de la hauteur cellulaire (55,35% ; $P=0,000$), de la hauteur supra-nucléaire (66,45 % ; $P=0,000$) et de la hauteur nucléaire (65,04 % ; $P=0,000$), tandis que, la consommation, des graines de chia, diminue la surface du corps épидидymaire (43,86% ; $P=0,000$), la hauteur cellulaire (31,06 % ; $P=0,000$), la hauteur supra-nucléaire (42,95 % ; $P=0,000$), et la hauteur nucléaire (40,14 % ; $P=0,000$). Le canal déférent, dans le lot cafétéria, présente une diminution de la surface du canal (8,92% ; $P=0,956$), de la hauteur cellulaire (15 % ; $P=0,146$), de la hauteur supra-nucléaire (19 % ; $P=0,053$) et de la hauteur nucléaire (23 % ; $P=0,04$) alors que l'ingestion des graines de chia provoque une augmentation de la surface du canal (26,63 % ; $P=0,725$), de la hauteur cellulaire (53 % ; $P=0,000$), de la hauteur supra-nucléaire (56 % ; $P=0,000$) et de la hauteur nucléaire (39 % ; $P=0,027$). Au niveau de la vésicule séminale, une diminution au niveau de la surface (25%, $P=0,032$), de la hauteur cellulaire (9% ; $P=0,137$), La hauteur supra-nucléaire (12%, $P=0,045$), de la hauteur nucléaire (18% ; $P=0,002$) et de la longueur des replis (48%, $P=0,000$) a été observée. L'addition des graines de chia induit une amélioration de ces paramètres où nous constatons une augmentation de la surface de la vésicule séminale (19 % ; $P=0,197$), de la hauteur cellulaire (2,16%, $P=0,925$), de la hauteur supra-nucléaire (13%, $P=0,108$), de la hauteur nucléaire (16% ; $P=0,014$) et de la longueur des replis de la muqueuse (69% ; $P=0,000$). Le régime cafétéria a induit une diminution de l'activité antioxydante de la catalase (55,46 % ; $P=0,037$), et une augmentation du taux de MDA (35 % ; $P=0,002$) traduisant un stress oxydatif important. La supplémentation en graines de chia a permis d'augmenter l'activité catalase (6,73% ; $P=0,023$) et de réduire le taux de MDA (89,27 % ; $P=0,000$).

Cette étude met en évidence l'impact négatif du régime cafétéria sur la fertilité masculine et confirme le rôle protecteur des graines de chia contre les troubles métaboliques et reproductifs liés à une alimentation déséquilibrée.

Mots clés : lapins mâles adultes, régime cafétéria, graines de chia, épидидyme, canal déférent, vésicule séminale, testicules, stress oxydatif, Malondialdehyde, Catalase.

Abstract

The unhealthy diet is the cause of various health-related problems. This experimental study aims to evaluate the histomorphometric alterations of male reproductive organs (corpus epididymis, vas deferens, seminal vesicle) and the testicular oxidative status in 14 adult rabbits exposed to a cafeteria diet with or without chia seeds.

Histomorphometry of the corpus epididymis, vas deferens, and seminal vesicle were performed using Hemalun-eosin staining and Axio vision software, while the dosage of testicular oxidative status markers was performed by colorimetric method.

Animals fed the different diets did not show any gains in body weight ($p > 0,05$). The relative weight of the testicle and seminal vesicle in the cafeteria group did not show any difference compared to the T group ($p > 0,05$) while in the Cafeteria Chia group there was a decrease in the relative weight of the testicle (32%; $P=0,031$) and an increase in that of the seminal vesicle (60%; $P=0,024$). Histomorphometry, in the cafeteria batch, shows an increase in the area of the corpus epididymis (92%; $P=0,000$), of the cell height (55,35%; $P=0,000$), of the supranuclear height (66,45%; $P=0,000$) and of the nuclear height (65,04%; $P=0,000$), while the consumption of chia seeds decreases the area of the corpus epididymis (43,86%; $P=0,000$), the cell height (31,06%; $P=0,000$), the supranuclear height (42,95%; $P=0,000$), and nuclear height (40,14%; $P=0,000$). The vas deferens, in the cafeteria group, presents a decrease in the surface area of the vas (8,92%; $P=0,956$), in the cellular height (15%; $P=0,146$), in the supranuclear height (19%; $P=0,053$), in the nuclear height (23%; $P=0,04$) while the ingestion of chia seeds causes an increase in the surface area of the vas (26,63%; $P=0,725$), of cell height (53%; $P=0,000$), supranuclear height (56%; $P=0,000$), and nuclear height (39%; $P=0,027$). At the level of the seminal vesicle, a decrease in the surface area (25%; $P=0,032$), cell height (9%; $P=0,137$), supranuclear height (12%; $P=0,045$), nuclear height (18%; $P=0,002$) and fold length (48%; $P=0,000$) was observed.

The addition of chia seeds induced an improvement in these parameters where we observed an increase in the seminal vesicle area (19%; $P=0,197$), cell height (2,16%, $P=0,925$), supranuclear height (13%; $P=0,108$), nuclear height (16%; $P=0,014$) and fold length (69%; $P=0,000$). The cafeteria diet induced a decrease in the antioxidant activity of catalase (55,46%; $P=0,037$), and an increase in the MDA level (35%; $P=0,002$) reflecting significant oxidative stress. Chia seed supplementation increased catalase activity (6,73%; $P=0,023$) and reduced MDA levels (89,27%; $P=0,000$).

This study highlights the negative impact of the cafeteria diet on male fertility and confirms the protective role of chia seeds against metabolic and reproductive disorders linked to an unbalanced diet.

Keywords: Adult male rabbits, cafeteria diet, chia seeds, epididymis, vas deferens, seminal vesicle, testes, oxidative stress, Malondialdehyde, Catalase.

الملخص

يُعَدُّ النظام الغذائي غير الصحي سبباً في حدوث العديد من الاضطرابات الصحية. تهدف هذه الدراسة التجريبية إلى تقييم التغيرات الهيستومورفومترية للأعضاء التناسلية الذكرية (جسم البربخ، القناة الناقلة، والحوصلة المنوية)، بالإضافة إلى تقييم حالة الإجهاد التأكسدي في الخصية لدى 14 ذكر أرنب بالغ، خضعوا لنظام غذائي كافيتيريا مع أو بدون بذور الشيا. تم إجراء التحاليل الهيستومورفومترية لجسم البربخ، القناة الناقلة والحوصلة المنوية باستخدام تلوين الهيماتوكسيلين-إيوزين وبرنامج AxioVision، في حين تم قياس مؤشرات الإجهاد التأكسدي النسيجي باستخدام الطرق اللونية. الحيوانات التي خضعت للأنظمة الغذائية المختلفة لم تُظهر أي زيادة في الوزن ($P > 0,05$). الوزن النسبي للخصية والحوصلة المنوية، في مجموعة الكافيتيريا، لا يظهران فرقاً مقارنةً بمجموعة T ($p > 0,05$) بينما في مجموعة الكافيتيريا شيا يوجد انخفاض في الوزن النسبي للخصية ($P = 0,031$; 32%) وزيادة في الوزن النسبي للحوصلة المنوية ($P = 0,024$; 60%). الهستومورفومترية، في مجموعة الكافيتيريا، تظهر زيادة في مساحة القناة البربخية ($P = 0,000$; 92%) ، ارتفاع الخلايا ($P = 0,000$; 55,35%) ، ارتفاع فوق النواة ($P = 0,000$; 66,45%) وارتفاع النواة ($P = 0,000$; 65,04%) ، بينما استهلاك بذور الشيا، يقلل من مساحة القناة البربخية ($P = 0,000$; 43,86%) ، ارتفاع الخلايا ($P = 0,000$; 31,06%) ، ارتفاع فوق النواة ($P = 0,000$; 42,95%) وارتفاع النواة القناة الناقلة ($P = 0,000$; 40,14%) ، في مجموعة الكافيتيريا، تظهر انخفاضاً في سطح القناة ($P = 0,956$; 8,92%) ، في الارتفاع الخلوي ($P = 0,146$; 15%) ، في الارتفاع فوق النووي ($P = 0,053$; 19%) ، في الارتفاع النووي ($P = 0,04$; 23%) ، بينما يؤدي تناول بذور الشيا إلى زيادة في سطح القناة ($P = 0,725$; 26,63%) ، في الارتفاع الخلوي ($P = 0,000$; 53%) ، في الارتفاع فوق النووي ($P = 0,000$; 56%) ، وفي الارتفاع النووي ($P = 0,027$; 39%) على مستوى الحوصلة المنوية، لوحظ انخفاض في السطح ($P = 0,032$; 25%) ، في الارتفاع الخلوي ($P = 0,137$; 9%) في الارتفاع فوق النووي ($P = 0,045$; 12%) ، في الارتفاع النووي ($P = 0,002$; 18%) وفي طول الطيات ($P = 0,000$; 48%) . إضافة، بذور الشيا تؤدي إلى تحسين هذه المعايير حيث نلاحظ زيادة في مساحة الحوصلة المنوية ($P = 0,197$; 19%) ، في الارتفاع الخلوي ($P = 0,925$; 2,16%) ، في الارتفاع فوق النووي ($P = 0,108$; 13%) ، في الارتفاع النووي ($P = 0,014$; 16%) وفي طول الطيات ($P = 0,000$; 69%) . النظام الغذائي القائم على الأطعمة السريعة أدى إلى انخفاض في النشاط المضاد للأكسدة للكاتالاز ($P = 0,037$; 55,46%) ، وزيادة في معدل MDA ($P = 0,002$; 35%) مما يدل على إجهاد تأكسدي كبير. بينما أدى تناول بذور الشيا إلى زيادة نشاط الكاتالاز ($P = 0,023$; 6,73%) وتقليل مستوى MDA ($P = 0,000$; 89,27%) . تسلط هذه الدراسة الضوء على التأثير السلبي لنظام الكافيتيريا على الخصوبة الذكرية وتؤكد الدور الوقائي لبذور الشيا ضد الاضطرابات الأيضية والتناسلية المرتبطة بنظام غذائي غير متوازن.

الكلمات المفتاحية: ذكور الأرانب البالغة، نظام الكافيتيريا، بذور الشيا، البربخ، القناة الناقلة، الحوصلة المنوية، الخصيتان، الإجهاد التأكسدي، المالونديالدهيد، الكاتالاز.

N°	Titre figure	Page
1	Appareil reproducteur du lapin mâle.	3
2	Anatomie et régionalisation de l'épididyme.	5
3	Aspect morphologique des graines de chia <i>Salvia hispanica</i> L. Fleurs de <i>Salvia hispanica</i> L.	10
4	Variation des valeurs du poids corporel chez le lapin.	23
5	Variation des valeurs du poids relatif de la vésicule séminale chez le lapin.	23
6	Variation des valeurs du poids relatif du testicules chez le lapin.	24
7	Variation des valeurs de la surface du corps épидидymaire chez le lapin.	28
8	Variation des valeurs de la hauteur cellulaire du corps de l'épididyme chez le lapin.	29
9	Variation des valeurs de la hauteur supra-nucléaire des cellules épithéliales du corps de l'épididyme chez le lapin.	29
10	Variation des valeurs de la hauteur nucléaire des cellules épithéliales du corps de l'épididyme chez le lapin.	30
11	Variation des valeurs de la surface du canal déférent chez le lapin	34
12	Variation des valeurs de la hauteur cellulaire du canal déférent chez le lapin.	34
13	Variation des valeurs de la hauteur supra-nucléaire du canal déférent chez le lapin.	35
14	Variation des valeurs de la hauteur nucléaire des cellules du canal déférent chez le lapin.	35
15	Variation de la surface de la vésicule séminale chez le lapin	39
16	Variation des valeurs de la hauteur cellulaire de la vésicule séminale chez le lapin.	39
17	Variation des valeurs de la hauteur supra-nucléaire de la vésicule séminale chez le lapin.	40
18	Variation des valeurs de la hauteur nucléaire de la vésicule séminale chez le lapin.	41
19	Variation des valeurs de la longueur des replis de la vésicule séminale chez le lapin.	41
20	Variation des valeurs de l'activité Catalase dans les testicules chez le lapin.	42
21	Variation des valeurs du taux du malondialdéhyde (MDA) dans les testicules chez le lapin.	43

N°	Liste des planches	Page
1	Coupe histologique des épидидymes, au niveau du corps, des lapins témoins, cafétéria et cafétéria chia (GX 4 et GX 10) coloration Hématoxyline-Eosine.	26
2	Coupe histologique du corps de l'épididymes des lapins témoins, cafétéria et cafétéria chia (GX 40 et GX 100) coloration Hématoxyline-Eosine.	27
3	Coupe histologique des canaux déférents des lapins témoins, cafétéria et cafétéria chia (GX 4 et GX 10) coloration Hématoxyline-Eosine.	32
4	Coupe histologique des canaux déférents des lapins témoins, cafétéria et cafétéria chia (GX 40 et GX 100) coloration Hématoxyline-Eosine.	33
5	Coupe histologique de la vésicule séminale des lapins témoins, cafétéria et Cafétéria chia (GX 4 et GX 10) coloration Hématoxyline-Eosine.	37
6	Coupe histologique de la vésicule séminale des lapins témoins, cafétéria et Cafétéria chia (GX 40 et GX 100) coloration Hématoxyline-Eosine.	38

ABTS : Acide 2,2'-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic

BSA : Albumine Sérique Bovienne

C : Cafétéria

CAT : Catalase

CC : Cafétéria + Chia

DPPH : (2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl)

ERO : Espèces réactives de l'oxygène

ESM : Erreur standard

GSH : Glutathion

GPx : Glutathion peroxydase

HFD : High fat Diet

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène

MDA : Malondialdéhyde

MSG : Glutamate monosodique

NAD(P) : Nicotinamide adénine dinucléotide (phosphate)

NADPH : Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate réduit

NO: Monoxide d'azote

N: Azote

OH•: Hydroxyle

O₂ : Oxygène

Q10 : Coenzyme

RNS : Espèces réactives de l'azote

ROS : Espèces réactives de l'oxygène

rpm : rotation par minute

SDS : Sodium dodécylsulfate

SOD : Dismutases de superoxyde

TBA : Acide thiobarbiturique

T : Témoin

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
--------------------	---

I. RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUE

I.1.ANATOMIE ET HISTOLOGIE DE L'APPAREIL GENITAL DU LAPIN MALE	3
--	---

I.1.1. Testicule	4
------------------------	---

I.1.2. Epididyme	4
------------------------	---

I.1.3. Canal déférent	8
-----------------------------	---

I.1.4. Anatomie des glandes annexes	8
---	---

I.2. RÉGIME CAFÉTÉRIA	9
-----------------------------	---

I.3.GRAINE DE CHIA	10
--------------------------	----

I.3.1.Définition	10
------------------------	----

I.3.2.Composition des graines de chia.....	10
--	----

I.3.3.Activité biologique des graines de chia	11
---	----

I.4. STRESS OXIDATIF	12
----------------------------	----

I.4.1. Définition	12
-------------------------	----

I.4.2. Espèces réactives de l'oxygène.....	12
--	----

I.4.3. Système pro-oxydant/antioxydant	12
--	----

II. MATERIEL ET METHODES

II.1.MATERIEL.....	15
--------------------	----

II.1.1.Matériau non biologique	15
--------------------------------------	----

II.1.2.Matériau biologique	15
----------------------------------	----

II.2.METHODES	16
---------------------	----

II.2.1.Technique d'histologie	16
-------------------------------------	----

II.3.ETUDE MORPHOMETRIQUE	18
---------------------------------	----

II.4.ANALYSE BIOCHIMIQUE DU STATU STRESS OXYDATIF TESTICULAIRE	19
--	----

II.4.1.Préparation de l'homogénat tissulaire	19
--	----

II.4.2.Dosage des protéines	19
-----------------------------------	----

II.4.3.Evaluation des biomarqueurs du stress oxydatif	19
II.5.ANALYSE STATISTIQUE.....	20
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	49
LISTE DE REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.....	51
ANNEXES	

INTRODUCTION

La malbouffe (Junk Food) désigne les aliments de restauration rapide, faciles à préparer et à consommer. Elle contient des niveaux élevés de sucre raffiné, de farine blanche, de graisses trans, de graisses polyinsaturées, du sel, ainsi que divers additifs alimentaires tels que le glutamate monosodique (MSG) et la tartrazine. Cependant, de nos jours, de nombreuses personnes délaissent les aliments sains et privilégient la restauration rapide (**Parmanand et al., 2020**).

Le Junk Food provoque de nombreux effets nocifs sur l'organisme, tels que l'obésité, le diabète, les maladies cardiaques, et divers types de cancers (**Kaur, 2019**).

La consommation régulière de malbouffe est clairement associée à une augmentation des troubles de la fertilité chez les hommes et les femmes. Les mécanismes incluent des déséquilibres hormonaux, une mauvaise qualité du sperme, des troubles ovulatoires et des effets métaboliques négatifs. Ce régime alimentaire, incompatible, est associé à une augmentation de l'infertilité en particulier chez le mâle (**Gatfane & Denge, 2016**) provoquant ainsi un déséquilibre métabolique et hormonal néfaste à la production et à la qualité du sperme et en compromettant la santé testiculaire (**Chavarro et al., 2009; Jurewicz et al., 2018**).

L'un des processus essentiels impliqués dans ces désordres cellulaires et moléculaires est le stress oxydatif, qui découle d'une surproduction de radicaux libres excédant la capacité des systèmes antioxydants naturels du corps à neutraliser ces derniers. Les testicules sont des organes particulièrement sensibles au stress oxydatif, peuvent subir des perturbations cellulaires susceptibles de nuire à la spermatogenèse et à la fertilité (**Aitken & Baker, 2020**).

L'alimentation saine inclut souvent la consommation de graines, reconnues pour leur richesse nutritionnelle et leurs effets bénéfiques sur la santé. Les recherches récentes mettent en avant le rôle des graines dans la prévention des maladies chroniques et leur complémentarité avec d'autres aliments sains. Il est vrai que le chia (*Salvia hispanica L.*), reconnue pour ses vertus nutritives et médicinales remarquables, représente une autre option de nourriture végétale prisée. Ses graines sont désormais parmi les ingrédients alimentaires les plus recherchés, présentant de multiples bienfaits pour la santé (**Motyka et al., 2023**). Plusieurs études ont démontré que la consommation de graines de Chia contribue à diminuer le taux de cholestérol, régule les réponses glycémiques et insulinémiques (**Chicco et al., 2008**), favorise l'activité intestinale et participe à la prévention des pathologies cardiovasculaires (**Vuksan et al., 2007**).

Ces bienfaits pour la santé peuvent être attribués à ses ingrédients, en particulier ses huiles, ses fibres alimentaires et ses éléments antioxydants (acide chlorogénique, acide caféique, vitamine E, Acides gras oméga-3, zinc, sélénium).

En outre, leurs caractéristiques émulsifiantes sont cruciales car elles ont la capacité de former un gel polysaccharidique qui peut servir de stabilisant et d'épaississant dans diverses applications au sein du secteur alimentaire (Ullah et *al.*, 2016).

Ce travail a pour objectif d'analyser l'impact d'un régime type cafétéria, que ce soit isolément ou en combinaison avec les graines de chia, sur l'aspect structural du tractus génitale mâle du lapin en particulier le corps de l'épididyme, le canal déférent et la vésicule séminale, ainsi que l'impact sur le stress oxydatif testiculaire.

Suite à quelques rappels bibliographiques succincts, nous exposons le matériel et méthodes mises en œuvre. Les résultats obtenus seront analysés en référence à la littérature existante et, en conclusion, une synthèse globale viendra clore ce mémoire.

RAPPELS
BIBLIOGRAPHIQUES

L'organisation générale de l'appareil reproducteur lapin mâle est très proche de celle des autres mammifères, à l'exception de la capacité supplémentaire de pouvoir retracer le testicule dans l'abdomen (Sabbagh, 1983).

I.1. ANATOMIE ET HISTOLOGIE DE L'APPAREIL GENITAL DU LAPIN MÂLE

L'expression « appareil génital mâle » représente l'ensemble des organes et structures impliqués dans la formation, la maturation et l'émission sous pression des divers composants du sperme, qui se répartissent en quatre segments fonctionnels (Boussit, 1989; Marieb & Lachaine, 1999; Young *et al.*, 2008)

- Les testicules : il s'agit des glandes reproductrices masculines.
- Un ensemble de canaux comprenant : l'épididyme, le canal déférent et finalement l'urètre qui s'ouvre à l'extérieur par la pointe du pénis.
- Les glandes accessoires : incluent les vésicules séminales, la prostate et les glandes bulbo-urétrales, qui se déversent dans ces canaux pour y libérer leurs sécrétions.
- Le pénis : c'est un organe de copulation.

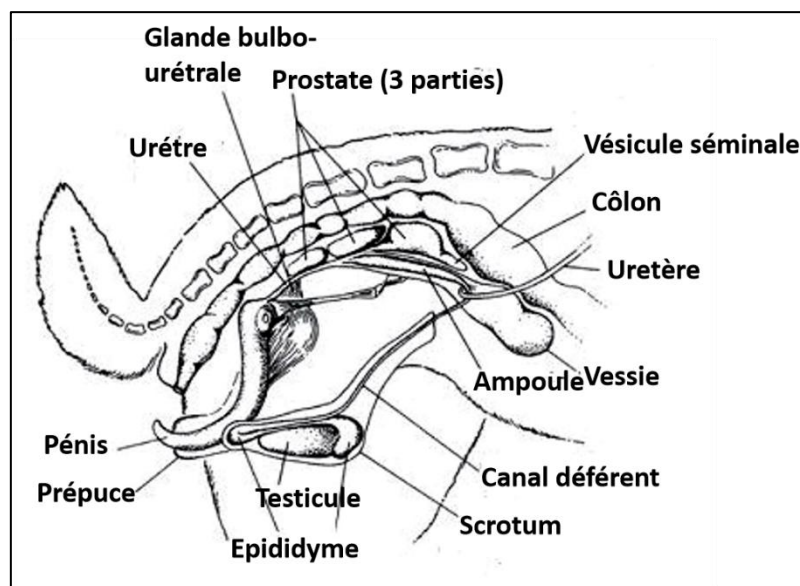


Figure 1 : Appareil reproducteur du lapin mâle (McLaughlin & Chiasson, 1990).

I.1.1. Testicule

I.1.1.1. Anatomie

Les testicules sont des organes pairs dotés, jouent un rôle fondamental dans la reproduction, avec une double fonction : La fonction exocrine : la spermatogenèse (ou gamétogenèse) correspond à la production des spermatozoïdes ; et la fonction endocrine de sécrétion d'hormones (les androgènes) principalement la testostérone ; assurée par les cellules de Leydig situées entre les tubes séminifères. Ce sont des organes pairs et pleins, de forme assez régulière, ovales et allongés, amincis aux extrémités et sont légèrement comprimés. Le testicule d'un lapin adulte pèse entre 1 et 2 g, mesure environ 3 et 3,5 cm de longueur, 1 et 1,5 cm de largeur (**Barone, 2001**). Ils présentent une couleur rosée et une consistance ferme et élastique, et sont entouré d'une capsule de tissu conjonctif dense (tunique albuginée) (**Lavanya et al., 2019**).

I.1.1.2. Histologie

Le testicule est couvert par une capsule blanche, épaisse, forte, pleine de fibre de collagène et traversée par les vaisseaux testiculaires ; l'albuginée (**Dadoune, 2000; Siffroi, 2001**). Cette albuginée devient plus épaisse au niveau de la coiffe épидидymaire et entre dans le testicule pour faire un cône fibreux, le corps d'Highmor qui a un réseau de petits canaux, le rete testis. Du corps d'Highmore sortent des cloisons conjonctives, les septas testis, marquant 200 à 300 lobules intra-testiculaires. Chaque lobule a 2 à 3 tubes séminifères très longs qui mènent à des segments courts et droites : ils sont appelés les tubes droits dans le rete testis (**Vacheret, 1999; Siffroi, 2001**). Selon (**Thibault & Levasseur, 2001**) un testicule possède deux zones cellulaires claires qui viennent de la partie interne de l'ébauche gonadique : une zone interstitielle formée seulement par des cellules endocrines nommées les cellules de Leydig et une autre zone de cellules germinales et de cellules somatiques que l'on appelle cellules de Sertoli.

I.1.2. Épидidyme

I.1.2.1. Anatomie

L'épидидyme est un canal contourné unique, reliant les canaux efférents, issus du rete testis, au canal déférent. Il est logé dans le scrotum chez les mammifères scrotaux et est sous-jacent au testicule de chaque côté. Médialement, l'épидидyme est relié au testicule par le tissu

conjonctif épидидymo-testiculaire, et distalement par le tissu conjonctif caudal et le coussinet adipeux épидидymaire.

Le canal épидидymaire mesure de 1,5 à 3 cm chez le lapin (**Singh, 2016**). L'épидидyme est divisé en trois segments anatomiques : la tête (caput) située au sommet du testicule, le corps (corpus) situé latéralement et la queue (cauda) située à sa face postérieure (**Hermo et al., 1994**).

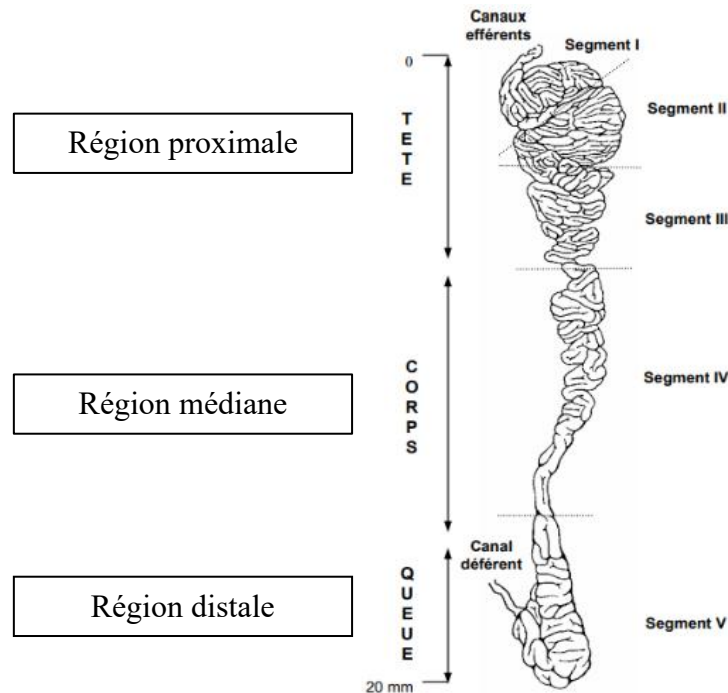


Figure 2 : Anatomie et régionalisation de l'épидидyme (**Hermo & Robaire, 2002**).

I.1.2.2. Histologie

Le canal épидидymaire se divise en deux segments : le premier est formé d'un épithélium pseudostratifié qui repose sur un chorion de tissu conjonctif fortement innervé et vascularisé, lui-même entouré de 2 à 6 couches de fibres musculaires lisses. L'épithélium forme un épais bord lissant le premier compartiment, tandis que le second compartiment présente une lumière délimitée par cet épithélium (**Robaire et al., 2006**). L'épithélium de l'épидидyme est constitué de six sortes de cellules : les cellules basales, étroites, apicales, claires, en halos et principales. Ces cellules présentent une diversité structurale et fonctionnelle qui varie de la zone proximale à la zone distale du tubule (**Robaire et al., 2006**).

1. Cellules principales

Les cellules principales, sont des cellules cylindriques qui projettent leurs stéréocils dans la lumière (**Sharma et al., 2014**), elles représentent entre 65 et 80 % de l'ensemble des cellules épithéliales de l'épididyme. Dans la tête, leur hauteur est supérieure à celle de la queue de l'épididyme, tout comme la longueur des microvillosités qui recouvrent leurs pôles apicaux (**Jones et al., 1979**). Ces cellules, associées via des jonctions étroites et des desmosomes, jouent un rôle actif dans le transport et la sécrétion des protéines, ainsi que la réabsorption du fluide épидидymaire (**Robaire & Viger, 1995; Cooper, 1998**).

2. Cellules basales

Elles constituent 10 à 20 % de l'ensemble des cellules épидидymaires. Ces cellules petites et étirées, situées le long du canal épидидymaire, se reposent sur la membrane basale, formant ainsi un réseau sous-jacent aux cellules principales. Leur noyau présente une irrégularité et leur cytoplasme est dépourvu d'organites. Elles sont reliées aux cellules principales voisines par le biais de desmosomes (**Soranzo et al., 1982**).

3. Cellules claires

On retrouve principalement ces grandes cellules prismatiques dans le corps et la queue de l'épididyme (**Soranzo et al., 1982**). Elles se distinguent par la présence de plusieurs vésicules claires au niveau apical, de lysosomes dans la zone médiane et d'énormes inclusions lipidiques dans leur région basale (**Hermo & Robaire, 2002**). Elles seraient impliquées dans l'absorption de certains éléments du fluide épидидymaire, d'après (**Olson & Hinton, 1985**).

4. Cellules apicales

Essentiellement localisées dans le premier segment de l'épididyme (la portion proximale de la tête), se caractérisent par un noyau situé en position apicale, d'où leur appellation, et possèdent des stéréocils à la fois courtes et peu abondantes. On dirait qu'elles ne franchissent pas constamment l'épithélium, donc certaines d'entre elles ne touchent pas la membrane basale. En revanche, ces cellules présentent un cytoplasme dense fortement pourvu en mitochondries et en lysosomes, ainsi que de l'anhydrase carbonique qui joue un rôle dans la sécrétion des ions H^+ et la réabsorption des bicarbonates (HCO_3^-). Ainsi, elles participeraient à l'endocytose des composés du fluide épидидymaire et à l'acidification de ce dernier (**Martínez-García et al., 1995**).

5. Cellules en halos

Les cellules halo, de forme ronde et de taille petite, se retrouvent sur toute la longueur de l'épididyme et se positionnent près de la base de l'épithélium épididymaire. Ces cellules possèdent un cytoplasme réduit qui renferme une quantité variable de granules denses Identifiés en tant que lymphocytes intra-épithéliaux ou monocytes (**Hoffer et al., 1973; Serre & Robaire, 1999**).

6. Cellules étroites

Auparavant, les cellules étroites étaient classées avec les cellules apicales sous le terme de cellules gobelet ; des recherches ultérieures ont permis de distinguer ces deux types de cellules (**Abou-Haila & Fain-Maurel, 1984**). Les cellules étroites ne sont trouvées que dans le premier segment (**Hermo & Adamali, 1996**). Ces cellules ont de fines extensions cytoplasmiques qui entrent en contact avec la membrane basale. Ces cellules contiennent des vésicules impliquées dans l'endocytose et peuvent également avoir une fonction acidifiante (**Hermo & Robaire, 2002**).

I.1.2.3. Mode de sécrétion de l'épididyme

Les cellules principales de l'épididyme, au niveau de sa lumière, sont principalement responsables de la sécrétion des protéines, à travers deux méthodes distinctes : le mode mérocrine et le mode apocrine.

a. Sécrétion mérocrine

La sécrétion mérocrine, qui est le mode de sécrétion protéique le plus courant (**Thibault & Levasseur, 2001**), se réalise dans la majorité des types cellulaires, y compris les cellules principales de l'épithélium épididymaire (**Sherwood & Lockhart, 2006**).

Cela implique le mécanisme d'exocytose, où les protéines ne possèdent pas d'ancrage membranaire et sont libérées dans la lumière épididymaire (**Girouard, 2009**).

b. Sécrétion apocrine

L'existence de la sécrétion apocrine a été établie par microscopie électronique dans les cellules principales de l'épididyme, le canal déférent, la prostate et les glandes accessoires (**Girouard, 2009**). Les protéines sont stockées dans une excroissance du cytoplasme apical appelée aposome (**Pons-Rejraji et al., 2009**), plusieurs aposomes ont été repérés dans la lumière de l'épididyme, renfermant notamment des ribosomes libres, des vésicules de diverses tailles ainsi que quelques citernes du réticulum endoplasmique.

Par la suite, ces aposomes se décomposent et libèrent leur contenu dans la lumière de l'épididyme.

I.1.3. Canal déférent

Le canal déférent, qui prolonge la queue de l'épididyme après le canal épидидymaire, mesure entre 12 et 15 cm chez le lapin (**Barone, 2001**). Ce conduit s'introduit dans la cavité abdominale et touche le côté dorsal de la vessie, créant une légère saillie pelvienne avant d'aboutir à l'urètre. Le canal déférent facilite le passage jusqu'à l'urètre par un péristaltisme basal, complété par une activité motrice brusque lors de l'éjaculation (**Barone, 1978; Bonnes & Batellier, 2005**).

I.1.4. Anatomie des glandes annexes

L'ensemble de leurs sécrétions compose le fluide spermatique qui, une fois combiné aux spermatozoïdes, constitue le sperme. Elles sont de plusieurs types de glandes associées au système reproducteur masculin ; les vésicules séminales, les glandes vésiculaires, la prostate, les glandes para-prostatiques et les glandes de Cowper. (**Tortora & Grabowski, 1995**).

I.1.4.1. Vésicule séminale

Chez le lapin, la vésicule séminale est unique mais divisée en deux lobes à son extrémité. Elle mesure environ 2,5 cm et présente une apparence perforée (**Kierszenbaum, 2002**), se terminant dans le canal déférent (**Barone, 2001**). Sa portion caudale se joint aux canaux déférents pour créer un canal éjaculateur unique qui s'ouvre sur la partie dorsale de l'urètre à l'endroit du calliculus seminalis (**Barone, 1984**). Ses sécrétions alcalines (pH : 7,19) constituent, avec les sécrétions prostatiques, la plus grande partie du sperme et contiennent une source d'énergie pour le mouvement des spermatozoïdes : le fructose et la prostaglandine (**Larsen & Dhem, 2011**).

I.1.4.2. Prostate

Positionnée sur la face dorso-caudale de la glande vésiculaire, constitue la glande accessoire prédominante du système reproducteur masculin. Elle est grande et facilement identifiable par sa couleur plus claire comparée aux autres glandes. Elle répartit ses sécrétions par l'intermédiaire de 4 à 6 canaux dans l'urètre (**Boussit, 1989**). La prostate se compose de deux parties distinctes : une partie crâniale qui est en contact avec la vésicule séminale, ainsi que les ampoules des canaux déférents qui se trouvent sur sa face dorsale.

Elle est de grande taille et de couleur gris foncé ; on parle de prostate caudale ou prostate proprement dite lorsqu'elle se trouve légèrement étirée d'un côté à l'autre sur la face dorso-caudale de la glande vésiculaire (**Barone, 2001**). Ainsi, elle produit près d'un tiers du volume du sperme et cette sécrétion légèrement acide, riche en divers ions, joue un rôle essentiel dans l'activation des spermatozoïdes (**Marieb, 2008**).

I.1.4.3. Glandes bulbo-urétrale (glandes de cowper)

La glande bulbo-urétrale, aussi appelée glande de Cowper, s'étend sur toute la portion caudale de l'urètre pelvien, tandis que son extrémité crâniale se joint à la prostate (**Barone, 2001**). Son rôle est de produire un fluide lubrifiant qui précède l'éjaculation, neutralisant les résidus d'acide urique présents dans le système urogénital (**Chughtai et al., 2005**). Chaque glande est encadrée par une structure conjonctive (**Barone, 2001**).

I.2. RÉGIME CAFÉTÉRIA

Le protocole de régime de type cafétéria peut être utilisé comme modèle d'obésité animale. Ce régime consiste en un simple échange de calories d'origine glucidique contre des calories d'origine lipidique, par rapport aux régimes pauvres en graisses ou aux régimes témoins (**Ströher et al., 2017**). Les scientifiques ont commencé à utiliser les régimes cafétéria pour étudier l'obésité dans les années 1970 (**Sclafani & Springer, 1976**), mais leur popularité a augmenté au cours de la dernière décennie. Ils consistent à donner aux animaux de laboratoire un accès illimité à une alimentation variée composée d'aliments que les humains consomment sous forme de malbouffe (**Lalanza & Snoeren, 2021**). Dans ce régime les animaux de laboratoire consomment les mêmes produits ultra-transformés, nocifs pour la santé mais savoureux, que les humains (par exemple, bacon, muffins et biscuits...), et que l'on trouve facilement dans les supermarchés et les fast-foods. C'est la raison pour laquelle on l'appelle aussi « régime malbouffe », « junk food » ou « régime occidental ». Ce modèle du régime cafétéria reflète donc un certain modèle de consommation humaine problématique. Il est important de rappeler les propriétés orosensorielles (telles que l'odeur et la texture) et l'appétence des aliments qui favorisent la surconsommation (**Lalanza & Snoeren, 2021**).

I.3. GRAINE DE CHIA

I.3.1. Définition

C'est une plante herbacée annuelle appartenant à la famille des lamiacées, qui se retrouve du centre du Mexique jusqu'au nord du Guatemala (Ayerza & Coates, 2007). Générateur de petites graines qui se caractérisent par leur grande valeur nutritionnelle et fonctionnelle (Ixtaina et al., 2008). La chia (*Salvia hispanica* L.), une plante utilisée depuis les siècles passés, connaît aujourd'hui un regain de popularité grâce à ses attributs nutritionnels et médicaux exceptionnels (Motyka et al., 2022).



Figure 3 : A : Aspect morphologique des graines de chia *Salvia hispanica* L. (Motyka et al., 2022).

B : Fleurs de *Salvia hispanica* L. (Orona-Tamayo et al., 2017).

I.3.2. Compositions des graines de Chia

La composition chimique des graines de chia a fait l'objet de nombreuses recherches au cours des dernières années. Ces graines présentent une valeur nutritionnelle élevée qui renferment (15-25%) des protéines, (30-33%), des lipides, (18-30%) des fibres alimentaires, (26-41%) des glucides, (4-5%) des cendres, (90- 93%) de matières sèches des minéraux et des vitamines (Norlaily et al., 2012).

a. Les lipides

Les graines de chia (*Salvia hispanica* L) sont particulièrement riches en lipides, avec une prédominance d'acides gras polyinsaturés, notamment l'acide alpha-linolénique (ALA, oméga-3) qui constitue près de 60 % de leurs acides gras, et l'acide linoléique (oméga-6) autour de 20 % (Melo et al., 2019). Les lipides des graines de chia contiennent également des phospholipides, des tocophérols (vitamine E, principalement γ -tocophérol), et des phytostérols,

qui contribuent à leur pouvoir antioxydant et à la stabilité des huiles extraite (Ciftci et al., 2012).

b. Les protéines

La principale fraction protéique des graines de chia est constituée de globulines (environ 52 %), suivies d'albumines, de prolamines et de glutamines (Sandoval-Oliveros & Paredes-López, 2013). Les peptides issus de la digestion des protéines de chia ont démontré des effets bénéfiques, notamment des propriétés antioxydantes, hypotensives, hypoglycémiantes et anti-inflammatoires, ainsi qu'une capacité à inhiber l'adipogenèse et l'inflammation cellulaire (Grancieri et al., 2019).

I.3.3. Activités biologiques des graines de Chia

Les graines de chia contiennent une quantité importante de composés phénoliques, en particulier en flavonoïdes et en dérivés de l'acide cinnamique. Les graines renferment des concentrations notables d'acide gallique, caféique, chlorogénique, férulique et rosmarinique. Elles contiennent également de la myricétine, de la quercitine et du kaempférole (Suri et al., 2016). Les activités biologiques des graines de chia offrent aux organismes un large éventail de mécanismes de protection (Pincemail et al., 1999), tels que la défense anti-inflammatoire, activité enzymatique et activité antioxydante (Gill & Tuteja, 2010; Hasanuzzaman et al., 2012; Kaur, 2019). Les graines de Chia et leur huile contiennent une multitude d'antioxydants comme les composés polyphénoliques, le tocophérol, le phytostérol et les caroténoïdes, qui, même en très faibles concentrations, sont capables de neutraliser les radicaux libres et de chélater les ions (De Falco et al., 2017). Les graines de Chia ont la capacité de réagir aux radicaux cationiques ABTS (acide 2,2'-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic). Elles ont également la capacité de neutraliser les radicaux synthétiques DPPH (2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl) et peuvent stabiliser les ions de fer (Sargi et al., 2013).

I.4. STRESS OXIDATIF

I.4.1. Définition

Le stress oxydatif est décrit comme un déséquilibre entre la génération de radicaux libres et leur élimination par des mécanismes de protection, appelés antioxydants. Ce déséquilibre engendre des dommages considérables au niveau moléculaire et cellulaire, qui peuvent affecter l'intégralité de l'organisme (**Ďuračková, 2010**).

I.4.2. Espèces réactives de l'oxygène

Les espèces réactives de l'oxygène (ERO) sont des atomes ou des molécules comportant un ou plusieurs électrons non appariés, générés au cours du métabolisme de l'oxygène. Ces éléments, extrêmement instables, interagissent avec les molécules environnantes en leur dérobant un électron et les convertissant ainsi en molécules radicalaires (**Pons-Rejraji et al., 2009**) aptes à nuire aux structures cellulaires. Dans notre organisme, l'oxygène est le composé qui possède le pouvoir d'oxydation le plus élevé. Ces espèces possèdent une demi-vie très courte (**Toussaint, 2007**).

I.4.3. Système pro-oxydant/antioxydant

Les espèces réactives de l'oxygène et de l'azote ROS/RNS sont essentielles pour plusieurs fonctions physiologiques telles que la communication cellulaire, l'apoptose et la réaction immunitaire. Dans des conditions physiologiques, le niveau de ROS/RNS est régulé à des concentrations physiologiques par une balance entre leur génération via le système pro-oxydant et leur élimination grâce au système antioxydant (**Ye et al., 2015; Belaïch & Boujraf, 2016**). Les pro-oxydants se caractérisent par la présence d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) et de l'azote (RNS), qu'elles soient radicales ou non radicales. Ces dernières sont produites à partir de sources internes et externes, utilisant l'oxygène (O₂) et l'azote (N). Par conséquent, les sources internes majeures de ROS/RNS incluent la chaîne respiratoire mitochondriale, l'oxydase NAD(P), l'oxydase de xanthine et la synthase NO. Les ROS/RNS externes proviennent de la pollution, du tabac, de l'alcool, certains médicaments, des solvants industriels (**Hrycay & Bandiera, 2015**). Le déclin des radicaux superoxydes est régulé par des mécanismes de défense antioxydants, tels que les dismutases de superoxyde SOD (métalloenzymes), qui facilitent leur transformation en peroxyde d'hydrogène H₂O₂.

Bien qu'il ne soit pas radical en soi, mais plutôt une molécule, il se révèle être toxique et a le potentiel de créer le radical hydroxyle $\text{OH}^\bullet$, considéré comme la plus nuisible des espèces radicalaires du stress oxydant. Le contrôle du niveau de H_2O_2 est assuré par la catalase (CAT) et la glutathion peroxydase (GPx), qui facilitent sa transformation en eau et en oxygène grâce au glutathion (GSH) (Bouguerne, 2012; Shah et al., 2014).

I.4.3.1. Antioxydant enzymatique

Les antioxydants enzymatiques, tels que la SOD, la catalase et la glutathion peroxydase, sont essentiels pour protéger les cellules contre les dommages oxydatifs. Leur efficacité est déterminante pour la prévention de nombreuses maladies et le maintien de la santé cellulaire. Une diminution de leur activité peut favoriser le développement de pathologies liées au stress oxydatif (Lobo et al., 2010).

I.4.3.2. Antioxydant non enzymatique

Les antioxydants non enzymatiques, d'origine naturelle, contribuent à la protection des cellules contre les lésions infligées par les radicaux libres. Ces antioxydants, à la différence des enzymes, interviennent directement pour contrer les molécules nuisibles. On compte parmi les plus réputés, la vitamine C, la vitamine E, le glutathion, les caroténoïdes (à l'instar du bêta-carotène), les polyphénols, la mélatonine et la coenzyme Q10. Ces substances jouent un rôle crucial pour préserver une santé optimale, retarder le vieillissement précoce et minimiser le risque de pathologies telles que le cancer ou les affections cardiaques (Lobo et al., 2010).

I.4.3.3. Pro-oxydant enzymatique

Certaines enzymes présentes dans l'organisme peuvent jouer le rôle de pro-oxydants, autrement dit, elles génèrent des radicaux libres. Ces radicaux sont bénéfiques en faible dosage, notamment pour se défendre contre les microbes. Toutefois, une production excessive de celles-ci peut entraîner des dommages aux cellules. Des enzymes telles que la NADPH oxydase, la xanthine oxydase ou la myéloperoxydase contribuent à cette démarche (Pizzino et al., 2017).

I.4.3.4. Pro-oxydant non enzymatique

Les pro-oxydants non enzymatiques sont des composés chimiques (qui ne sont pas des enzymes) qui stimulent la génération de radicaux libres dans le corps. Les composés pro-oxydants non enzymatiques sont ceux qui stimulent la création de radicaux libres sans être eux-mêmes des enzymes.

On compte parmi eux des métaux tels que le fer ou le cuivre lorsqu'ils sont présents en surplus dans l'organisme, mais aussi certains médicaments, toxines ou polluants. Quand ces composés dépassent la capacité de l'organisme à se défendre par des antioxydants, ils provoquent le stress oxydatif et provoquent des lésions cellulaires (**Pizzino et al., 2017**).

MATERIEL

ET

METHODES

La présente étude s'inscrit dans la continuité d'un travail antérieur mené en 2024 sur des lapins mâles adultes de la souche synthétique ITEL V 2006 (*Oryctolagus cuniculus*), sur une période de quatre mois. Il nous a été proposé de prolonger cette recherche par une étude complémentaire, réalisée sur le même matériel biologique, portant spécifiquement sur l'évaluation du statut oxydatif testiculaire ainsi que sur l'analyse histo-morphométrique du corps de l'épididyme, du canal déférent et de la vésicule séminale.

L'analyse histologique a été réalisée au laboratoire d'anatomopathologie de l'hôpital de Koléa, tandis que les dosages du statut oxydatif ont été effectués au laboratoire PFE de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie (SNV) de l'Université Saad Dahlab Blida 1.

L'objectif de cette recherche est d'évaluer l'impact d'un régime de type cafétéria, ainsi que les effets correcteurs potentiels des graines de chia, sur le statut oxydatif testiculaire et sur l'intégrité structurale du tractus génital, en particulier au niveau de l'épididyme (corps), du canal déférent et de la vésicule séminale.

II. MATERIEL ET METHODES

II.1. Matériel

II.1.1. Matériel non biologique

Le matériel non biologique utilisé dans cette étude, tels que les verreries, les solutions et les réactifs, sont détaillés en **annexe I**.

II.1.2. Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé dans cette étude provient de lapins mâles adultes ayant fait l'objet d'une expérimentation d'une durée de quatre mois. Pour cela, nous avons utilisé un effectif de 14 prélèvements répartis comme suit : témoin ($n = 3$), cafétéria ($n = 6$) et cafétéria + chia ($n = 5$). Par ailleurs, un effectif de trois animaux par lot a été utilisé pour l'analyse du stress oxydatif testiculaire.

- Le **premier groupe** (témoin : **T**) a reçu une alimentation standard (les granulés), de 150g de granules par jour, durant toute la période expérimentale.
- Le **deuxième groupe** (cafétéria : **C**) a été soumis à un régime de type cafétéria, 33% d'aliment standard (50g) et 67% de régime cafétéria (100g) par jour, pendant trois mois.

Après les trois mois d'expérimentation, les individus du lot cafeteria ont été partagés et identifiés en deux lots : un lot cafeteria (C) et un lot destiné à être lot cafeteria chia (CC)

- Le **troisième groupe** (cafétéria + chia : CC) a reçu le même régime cafétéria, suivi d'une supplémentation en graines de chia au cours du quatrième mois. Ainsi à la fin du 3^{ème} mois, ce lot a reçu quotidiennement et pendant un mois, en plus du régime cafeteria habituelle à 95% (143 g), des graines de chia à 5% (7 g) du régime par jour. La composition du régime cafétéria est présentée dans **annexe II**.

Les organes prélevés destinés pour l'analyse comprennent l'épididyme, canal déférent et les vésicules séminales, fixés dans du formol à 10% pour l'étude histomorphométrique, ainsi que les testicules, conservés par congélation dans du sérum physiologique pour l'évaluation du statut oxydatif.

II.2. Méthodes

II.2.1. Technique d'histologie

L'analyse histologique se fait en plusieurs étapes indispensables qui conduisent à des sections minces prêtes pour la coloration histologique désirée. Le protocole expérimental se résume comme suit : fixation des échantillons, déshydratation et clarification, imprégnation, inclusion, découpe des sections et collage, déparaffinage et réhydratation, coloration topographique, et enfin déshydratation et observation des lames. Après avoir examiné les lames, on procède à la mesure des structures histologiques du corps de l'épididyme, du canal déférent et de la vésicule séminale.

1. Fixation

C'est une étape essentielle qui permet de fixer et de préserver les structures cellulaires et tissulaires dans un état aussi ressemblant que possible à celui du vivant.

L'agent de fixation renforce le gel protéique qui circule à travers les mailles du filet membranaire, limitant ainsi l'hyaloplasme et les organites. Elle représente une étape cruciale dans l'élaboration des méthodes de préparation des échantillons histologiques. Le fragment tissulaire ou l'organe est immergé dans un volume d'aldéhyde, environ 60 fois plus grand que celui de l'organe, pendant une durée de 24 heures. Une fois fixés, les organes sont placés dans un fluide de conservation (Alcool à 70°) jusqu'à la prochaine étape. Chaque pièce est accompagnée d'une étiquette portant toutes les indications utiles.

2. Inclusion dans la paraffine

L'objectif de l'inclusion est de faciliter la réalisation de sections minces et uniformes. Elle implique à enfermer le fragment tissulaire dans une cassette en plastique après avoir effectué plusieurs étapes qui incluent :

- **Déshydratation** : Le but est d'ôter l'eau des tissus pour qu'elle soit substituée par la paraffine, cette dernière étant hydrophobe. Les échantillons de tissu à analyser sont placés dans cinq bains d'éthanol de concentration croissante, allant jusqu'à l'absolu : 70° (1 bain), 96° (2 bains), 100° (2 bains) pendant une durée de 30 minutes chacun. La paraffine ne se dissout pas dans l'eau, mais elle est soluble dans les hydrocarbures aromatiques tels que le benzène, le toluène, le xylène ou le butanol.
- **Eclaircissement** : Il permet l'élimination complète des traces d'alcool et l'imprégnation par deux bains de butanol, solvant de la paraffine. La durée du premier bain est de 24 heures, le second bain est d'une durée illimitée
- **Imprégnation à la paraffine** : Cette étape implique la suppression du butanol pour le substituer par de la paraffine. Les échantillons de tissus sont placés successivement dans trois bains à l'intérieur de l'étuve réglée à 58°C :
 - La première immersion consiste en un mélange de butanol paraffine (v/v) pendant une heure.
 - les deux suivantes sont effectuées avec de la paraffine pure (le premier bain dure 4 heures et le second bain pendant une nuit).
- **Mise en blocs de paraffine** : Dans cette étape, on utilise des moules en métal (tissus-TEK111) et des cassettes en plastique sur lesquelles sont inscrites les indications de la pièce traitée. La paraffine fondue est versée dans les moules légèrement préchauffés (à 45°C). La pièce à inclure est orientée selon le plan de coupe transversal initié lors du prélèvement et déposée dans la paraffine.

On pose ensuite la cassette correspondante sur le moule. Le bloc est refroidi rapidement sur une plaque réfrigérée. Environ 15 min plus tard, le bloc a, complètement, durci. Détaché du moule, il est prêt à être débité au microtome.

3. Confection des coupes

Le bloc de paraffine est placé sur le microtome (SLEE Medical GmbH/ Type Cut5062, Germany) préalablement réglé à 20µm, afin d'éliminer le surplus de paraffine par rabotage.

Lorsque la pièce apparaît dans le plan de coupe, on ajuste l'épaisseur à 5µm pour obtenir des coupes fines sous forme de rubans.

4. Etalement des coupes

Les indications de l'organe sont marquées sur une lame à bords affûtés avec un crayon. Grâce à des aiguilles, les rubans obtenus sont placés sur des lames remplies d'eau distillée, disposées sur une plaque chauffante réglée à 40°C. Suite à la répartition des coupes, les lames sont placées dans une étuve à 37°C pour toute une nuit afin d'améliorer leur adhérence aux plaques de verre.

5. Coloration

Elle vise à créer un contraste naturel dans les coupes pour rendre les divers éléments cellulaires et tissulaires plus apparents. La coloration topographique réalisée est celle du Hémato-Eosine. Avant la coloration, il est nécessaire de déparaffiner et de réhydrater les coupes. On se sert du toluène pour le processus de déparaffinage, en effectuant deux immersions de cinq minutes. On réalise la réhydratation en effectuant des immersions successives dans des alcools de gradation décroissante (deux bains dans l'alcool à 100°, un bain à 96° et un autre à 70°) pendant cinq minutes chacun.

6. Montage et observation

Après coloration, les lames doivent être à nouveau déshydratées en étant successivement immergées dans des bains d'alcool de concentrations ascendantes (70°, 96° puis 100°), un bain à la fois pendant 5 minutes, puis finalement dans deux bains de toluène pour une durée de 5 minutes chacun. Le montage est l'opération qui permet d'attacher, grâce à un produit adapté (Eukitt) au colorant utilisé, une lamelle de verre à l'échantillon histologique. Les lames sont par la suite nettoyées avec du toluène puis finalement examinées au microscope photonique Zeiss.

II.3. Etude morphométrique

L'étude morphométrique a été réalisée sur des coupes histologiques du corps de l'épididyme, du canal déférent et de la vésicule séminale chez le lapin mâle adulte (*Orytolagus cuniculus*) dans le but de mesurer les surfaces cellulaires, les hauteurs épithéliales, les zones supra-nucléaires et les hauteurs des noyaux. Cette étude a été effectuée sur les trois lots par le logiciel AXIO VISION.

II.4. Analyse biochimique du statu stress oxydatif testiculaire

II.4.1. Préparation de l'homogénat tissulaire

Les échantillons de tissus testiculaires ont été homogénéisés à 4°C à 800 rpm en utilisant un homogénéisateur SS2 avec un pilon en téflon. Ce processus a été réalisé dans un volume équivalent à dix fois la quantité du tampon Phosphate (50mM, pH 7.2), qui contient 0,5% de Triton x 100. Suite à trois cycles de congélation et décongélation, les homogénats sont soumis à une centrifugation de 20 minutes à 10 000g/4°C. Les surnageants sont recueillis, ensuite aliquotés et conservés à 20 °C jusqu'à leur utilisation (**Blandizzi, 2005**).

II.4.2. Dosage des protéines

La concentration en protéines, dans les extraits testiculaires, est déterminée par la méthode colorimétrique de Bradford. La méthode de Bradford basée sur le changement d'absorbance après la fixation d'un colorant, se manifestant par le changement de la couleur de Bleu de Coomassie G-250 après liaison avec les protéines formant un complexe stable de couleur bleue. Ce complexe présente une absorption maximale à 595 nm.

L'intensité de l'absorbance mesurée est proportionnelle à la concentration en protéine, et elle se détermine sur la base d'une courbe d'étalonnage pré établie utilisant la protéine BSA (Albumine sérique Bovine) à 0,1% (**Bradford, 1976**).

II.4.3. Evaluation des biomarqueurs du stress oxydatif

Dans cette étape nous avons analysé deux indicateurs biochimiques de stress oxydatif dans les homogénats testiculaires dont :

- **Marqueur antioxydant** : la Catalase (CAT)
- **Marqueur pro-oxydant** : le Malondialdéhyde (MDA)

II.4.3.1. Dosage du marqueur antioxydant catalase

Le dosage de l'activité catalase a été mesuré, en suivant la cinétique de dégradation du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) en eau et en oxygène. Pour cela 10 μ L d'homogénat tissulaire ont été dilués dans 990 μ L de tampon phosphate 50mM, (pH 7,4).

La réaction enzymatique a été initiée par l'ajout de 500 μ L d' H_2O_2 à 30 mM. La réaction est suivie pendant 2 minutes à 25°C, en mesurant la diminution de l'absorbance à 240 nm.

L'activité de la catalase est exprimée en unités enzymatiques (U). Par minute et par milligramme de protéines (U/min/mg) (**Aebi, 1984**).

II.4.3.2. Dosage du marqueur pro-oxydant malondialdéhyde (MDA)

On incorpore 100 µL de l'homogénat testiculaire à un mélange réactionnel comprenant 375µL d'acide acétique à 20% (pH 3.5), 375µL d'acide thiobarbiturique (TBA) à 0.8%, et 50µL de sodium dodécylsulfate (SDS) à 8,1%. Le volume de réaction est porté à 1,0 ml avec de l'eau distillée et incubé à une température de 95°C pendant une heure. La réaction est interrompue par un refroidissement rapide (bain glacial), suivi d'une centrifugation à 3000g pendant 10 minutes. La densité optique est déterminée à 532 nm et les résultats sont indiqués en nmoles/mg de protéine (Ohkawa *et al.*, 1979; Rozenberg *et al.*, 2006).

II.5. Analyse statistique

Les résultats obtenus sont présentés sous forme de moyennes $\pm$ ESM. La normalité est vérifiée pour toutes les séries. Les graphes sont tracés grâce au l'Excel. La validité statistique des différences est calculée par l'ANOVA à une voie en utilisant le logiciel SPSS. Le test Tukey est utilisé pour la comparaison *post hoc* entre les groupes expérimentaux. La significativité des différences est retenue au taux de 5%.

•Moyenne arithmétique ($\bar{x}$) des valeurs individuelles

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Σx : Somme des valeurs individuelles

n : nombre de valeurs

•Erreur Standard à la Moyenne (E.S.M)

$$ESM = \frac{\delta}{\sqrt{n}} \quad \text{avec} \quad \delta = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

δ : Écart type

x_i : Valeurs individuelles

•Coefficient de corrélation

$$r = \frac{p}{\delta x \delta y} p = \frac{1}{n} \sum x_i y_i - \bar{x} \bar{y}$$

$$(\delta x)^2 = \frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2 \quad (\delta y)^2 = \frac{1}{n} \sum (y_i - \bar{y})^2$$

x_i et y_i : valeur individuelle comparées

$\bar{x}$ et $\bar{y}$: moyenne des valeurs individuelle comparées

- *Validité statistique*

La différence entre deux moyennes comparées est statistiquement significative si la probabilité « p », lue en fonction du nombre de degrés de liberté ($d.d.l = n_1 + n_2 - 2$) est égale ou inférieure à 5%.

Si $p > 0,05$: différence non significative (ns).

Si $0,01 < p < 0,05$: différence significative (*).

Si $0,001 < p < 0,01$: très significative (**).

Si $p < 0,001$: hautement significative (***).

CONCLUSION
ET
PERSPECTIVES

Plusieurs perturbations métaboliques se produisent en réaction à l'ingestion d'un régime occidentale élevée en graisses. Ces anomalies métaboliques peuvent avoir un effet direct sur la fertilité. Le modèle de régime cafétéria pour la recherche animale, reflète le plus fidèlement les habitudes alimentaires humaines comparé à d'autres modèles. L'utilisation du chia, grâce à ses vertus médicinales et nutritionnelles, pour prévenir et soigner les comorbidités associées à une alimentation déséquilibrée est de plus en plus courant.

Dans le cadre de cette étude préliminaire, nous avons d'abord proposé d'examiner les modifications histologiques et morphométriques des organes reproducteurs masculins (corps de l'épididyme, canal déférent, vésicule séminale), ainsi le statut de stress oxydatif au niveau des testicules, en raison d'un régime alimentaire riche en glucides et lipides de type cafétéria. Les graines de chia ont été administrées en tant que supplément alimentaire, dans le but d'atténuer les effets délétères du régime déséquilibré et d'explorer leurs propriétés antioxydantes et protectrices sur les structures reproductrices masculines.

Les résultats de cette étude permettent de conclure que le régime cafétéria, dans notre expérimentation, n'a entraîné aucune modification significative du poids corporel, mais a induit une diminution du poids testiculaire et une augmentation du poids de la vésicule séminale. Sur le plan histomorphométrique, le régime cafétéria a induit des altérations notables qui se traduisent par une hypertrophie des cellules épithéliales du corps de l'épididyme, marquée par l'augmentation de la surface tissulaire ainsi que de la hauteur cellulaire, supra-nucléaire et nucléaire. En revanche, une atteinte structurelle du canal déférent est observée, caractérisée par une diminution de la surface du canal, des hauteurs cellulaires, supra-nucléaire et nucléaire. Enfin, la vésicule séminale a présenté une altération marquée de son architecture, avec une réduction importante des replis muqueux, de la surface vésiculaire, de la hauteur cellulaire, la hauteur supra-nucléaire et de la hauteur nucléaire. En revanche, la supplémentation en graines de chia a montré un effet protecteur et correcteur sur ces altérations, en restaurant l'architecture tissulaire normale et en limitant les dommages tissulaires. Par ailleurs, le régime cafétéria a induit un stress oxydatif important, mis en évidence par une réduction significative de l'activité catalase et une élévation du taux de MDA.

L'ajout de graines de chia permet de rétablir l'équilibre oxydatif, confirmant ainsi leur effet antioxydant et leur rôle bénéfique dans la prévention des perturbations métaboliques et histologiques induites par une alimentation déséquilibrée.

Ces résultats ouvrent des perspectives intéressantes qu'il conviendrait d'explorer davantage à l'avenir en :

- ✓ Réaliser une étude dose-dépendante de la chia afin de déterminer la dose optimale conférant un effet protecteur maximal sans effet secondaire.
- ✓ Prolonger la durée d'exposition au régime cafétéria afin d'observer les effets chroniques sur la fertilité et les tissus reproducteurs.
- ✓ Investiguer les mécanismes moléculaires impliqués dans la modulation du stress oxydatif et des altérations histologiques par la chia, en analysant l'expression génique et protéique de facteurs antioxydants et pro-inflammatoires

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) **Abou-Haila, A., & Fain-Maurel, M. (1984).** Regional differences of the proximal part of mouse epididymis: Morphological and histochemical characterization. *The Anatomical Record*, 209(2), 197-208. <https://doi.org/10.1002/ar.1092090207>
- 2) **Aebi, H. (1984).** Catalase in vitro. In *Methods in Enzymology* p. 121-126. Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(84\)05016-3](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(84)05016-3)
- 3) **Aitken, R. J., & Baker, M. A. (2020).** Oxidative stress, sperm survival and fertility control. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 250(1-2), 66-69. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2005.12.026>
- 4) **Akdeniz, E., Bolat, M. S., Bilge, S. S., Firat, F., Agri, A. E., Alici, O., & Cinar, O. (2016).** Effect of a Fructose Rich Diet in Vas Deferens Contractility in Rats. *Medical Science and Discovery*, 3(6). <https://doi.org/10.17546/msd.40471>
- 5) **Al-Aqbi, M. A., Ajuogu, P. K., Hart, R. A., Wolden, M., Smart, N. A., & McFarlane, J. R. (2020).** The effect of dietary protein intake on factors associated with male infertility: A systematic literature review and meta-analysis of animal clinical trials in rats. *Nutrition and Health*, 26(1), 53-64. <https://doi.org/10.1177/0260106019900731>
- 6) **Antonio, P.-J. J., Universidad Veracruzana, Isela, S.-R., Universidad Veracruzana, Elind, A.-H. O., & Universidad Veracruzana. (2023).** Hypercaloric Cafeteria Diet-Induces Obesity, Dyslipidemia, Insulin Resistance, Inflammation and Oxidative Stress in Wistar Rats. *The Journal of Experimental Life Sciences*, 13(1), 17-23. <https://doi.org/10.21776/ub.jels.2023.013.01.03>
- 7) **Ayaz, A., Çetin, C., & Akyol, A. (2022).** Effect of chia seed (*Salvia hispanica* L.) consumption on adiposity parameters in rats exposed to cafeteria diet. *Proceedings of the Nutrition Society*, 81(OCE3), E81. <https://doi.org/10.1017/S0029665122001069>
- 8) **Ayerza Jr., R., & Coates, W. (2007).** Effect of Dietary α -Linolenic Fatty Acid Derived from Chia when Fed as Ground Seed, Whole Seed and Oil on Lipid Content and Fatty Acid Composition of Rat Plasma. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 51(1), 27-34. <https://doi.org/10.1159/000100818>
- 9) **Bafrani, M., Amini Mahabadi, A., & Hassani Bafrani, H. (2022).** Effect of diet containing sesame seeds on testis and prostate of adult Wistar rats. *Sarem Journal of Medical Research*, 7(4), 209-215. <https://doi.org/10.61186/sjrm.7.4.209>
- 10) **Barone, R. (1978).** *Anatomie comparée des mammifères domestiques*. ACV.
- 11) **Barone, R. (1984).** *Anatomie comparée des mammifères domestiques* (2e édition). Ed. Vigot.
- 12) **Barone, R. (2001).** *Anatomie comparée des mammifères domestiques*. (3e édition). Ed. Vigot 105-245P.

- 13) **Belaïch, R., & Boujraf, S. (2016).** Facteurs inflammatoires et stress oxydant chez les hémodialysés : Effets et stratégies thérapeutiques. *Médecine des Maladies Métaboliques*, 10(1), 38-42. [https://doi.org/10.1016/S1957-2557\(16\)30009-8](https://doi.org/10.1016/S1957-2557(16)30009-8)
- 14) **Billah, M. M., Khatiwada, S., Lecomte, V., Morris, M. J., & Maloney, C. A. (2022).** Ameliorating high-fat diet-induced sperm and testicular oxidative damage by micronutrient-based antioxidant intervention in rats. *European Journal of Nutrition*, 61(7), 3741-3753. <https://doi.org/10.1007/s00394-022-02917-9>
- 15) **Blandizzi, C. (2005).** Lansoprazole prevents experimental gastric injury induced by non-steroidal anti-inflammatory drugs through a reduction of mucosal oxidative damage. *World Journal of Gastroenterology*, 11(26), 4052. <https://doi.org/10.3748/wjg.v11.i26.4052>
- 16) **Bonnes, G., & Batellier, F. (2005).** *Reproduction des animaux d'élevage*. Educagri Editions 407p.
- 17) **Bouguerne, B. (2012).** *Conception et synthèse de dérivés phénoliques hautement fonctionnalisés et études de leurs propriétés biologiques vis-à-vis des maladies cardiovasculaires (athérosclérose)* [Thèse de doctorat]. Université Toulouse 3 Paul Sabatier.
- 18) **Boussit, D. (1989).** *Reproduction et insemination artificielle en cuniculture*. CEZ de Rambouillet.
- 19) **Bradford, M. M. (1976).** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1-2), 248-254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
- 20) **Buyukdere, Y., Gulec, A., & Akyol, A. (2019).** Cafeteria diet increased adiposity in comparison to high fat diet in young male rats. *PeerJ*, 7, e6656. <https://doi.org/10.7717/peerj.6656>
- 21) **Chavarro, J. E., Rich-Edwards, J. W., Rosner, B. A., & Willett, W. C. (2009).** A prospective study of dietary carbohydrate quantity and quality in relation to risk of ovulatory infertility. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63(1), 78-86. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602904>
- 22) **Chicco, A. G., D'Alessandro, M. E., Hein, G. J., Oliva, M. E., & Lombardo, Y. B. (2008).** Dietary chia seed (*Salvia hispanica* L.) rich in α -linolenic acid improves adiposity and normalises hypertriacylglycerolaemia and insulin resistance in dyslipaemic rats. *British Journal of Nutrition*, 101(1), 41-50. <https://doi.org/10.1017/S000711450899053X>
- 23) **Chughtai, B., Sawas, A., O'Malley, R. L., Naik, R. R., Ali Khan, S., & Pentyala, S. (2005).** A neglected gland: A review of Cowper's gland. *International Journal of Andrology*, 28(2), 74-77. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2605.2005.00499.x>

- 24) Ciftci, O. N., Przybylski, R., & Rudzińska, M. (2012). Lipid components of flax, perilla, and chia seeds. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114(7), 794-800. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201100207>
- 25) Cooper, T. G. (1998). Interactions between epididymal secretions and spermatozoa. *Journal of Reproduction and Fertility. Supplement*, 53, 119-136.
- 26) Costa, V. M. G., Andreazzi, A. E., Bolotari, M., Lade, C. G., Guerra, M. O., & Peters, V. M. (2019). Effect of postnatal overfeeding on the male and female Wistar rat reproductive parameters. *Journal of Developmental Origins of Health and Disease*, 10(6), 667-675. <https://doi.org/10.1017/S2040174419000163>
- 27) Dadoune, J.-P. (2000). *Histologie* (2e éd). Flammarion médecine-sciences 680p.
- 28) De Falco, B., Amato, M., & Lanzotti, V. (2017). Chia seeds products: An overview. *Phytochemistry Reviews*, 16(4), 745-760. <https://doi.org/10.1007/s11101-017-9511-7>
- 29) De Souza Reis, L. S. L., De Oliveira Santos, A., Quadreli, D. H., Fernandes, G. S. A., De Andrade Bernal Fagiani, M., Marin, L. C. S., Batista, V. R. G., Teixeira, G. R., De Lima Paz, P. J., Castilho, C., De Oliveira Vidotto Figueiredo, M., & Giometti, I. C. (2025). Quercetin Supplementation Reduces Oxidative Stress in the Testes of Wistar Rats Fed a High-Fat Diet. *American Journal of Reproductive Immunology*, 93(1), e70048. <https://doi.org/10.1111/aji.70048>
- 30) Dickens, B., Sassanpour, M., & Bischoff, E. L. (2023). The Effect of Chia Seeds on High-Density Lipoprotein (HDL) Cholesterol. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.40360>
- 31) Dong, B., Shi, Z., Dong, Y., Chen, J., Wu, Z.-X., Wu, W., Chen, Z.-S., & Han, C. (2022). Quercetin ameliorates oxidative stress-induced cell apoptosis of seminal vesicles via activating Nrf2 in type 1 diabetic rats. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 151, 113108. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113108>
- 32) Ďuračková, Z. (2010). Some Current Insights into Oxidative Stress. *Physiological Research*, 459-469. <https://doi.org/10.33549/physiolres.931844>
- 33) Fang, G., El Ayadi, A., Tapking, C., Prasai, A., Rontoyanni, V. G., Abdelrahman, D. R., Cui, W., Bhattarai, N., & Murton, A. J. (2021). Cafeteria Diet Impacts the Body Weight and Energy Expenditure of Brown Norway Rats in an Apparent Age Dependent Manner, but Has no Effect on Muscle Anabolic Sensitivity to Nutrition. *Frontiers in Nutrition*, 8, 719612. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.719612>
- 34) Far, S., Safari, T., Erfani Majd, N., & Mohammadi, G. (2021). Evaluation of histomorphometric changes of the seminal vesicles of young and old adult rats after receiving sesame seeds (*Sesamum indicum* L.). *Armaghane Danesh*, 26(1), 18-32. <https://doi.org/10.52547/armaghanj.26.1.18>

- 35) Gadotti, T. N., Norde, M. M., Rogero, M. M., Fisberg, M., Fisberg, R. M., Oki, E., & Martini, L. A. (2018). Dairy consumption and inflammatory profile: A cross-sectional population-based study, São Paulo, Brazil. *Nutrition*, 48, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2017.10.003>
- 36) Gatifane, V. R., & Denge, V. K. (2016). *A critical review of association between incompatible diet and infertility with special reference to junk food*.
- 37) Gill, S. S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48(12), 909-930. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016>
- 38) Girouard, J. (2009). *Rôle des domaines membranaires rafts dans le transfert et la compartimentation des protéines impliquées dans la maturation épидидymaire des spermatozoïdes bovins* [Université Laval]. <http://central.bac-lac.gc.ca/.redirect?app=damspub&id=bf077c04-d26e-4ea6-af61-2e91ce96fdce>
- 39) Grancieri, M., Martino, H. S. D., & Gonzalez De Mejia, E. (2019). Chia Seed (*Salvia hispanica* L.) as a Source of Proteins and Bioactive Peptides with Health Benefits: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(2), 480-499. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12423>
- 40) Hasanuzzaman, M., Hossain, M. A., Da Silva, J. A. T., & Fujita, M. (2012). Plant Response and Tolerance to Abiotic Oxidative Stress: Antioxidant Defense Is a Key Factor. In B. Venkateswarlu, A. K. Shanker, C. Shanker, & M. Maheswari (Éds.), *Crop Stress and its Management: Perspectives and Strategies*. Springer Netherlands 261-315p. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2220-0_8
- 41) Hermo, L., & Adamali, H. I. (1996). Apical and Narrow Cells Are Distinct Cell Types Differing in Their Structure, Distribution, and Functions in the Adult Rat Epididymis. *Journal of Andrology*, 17(3), 208-222. <https://doi.org/10.1002/j.1939-4640.1996.tb01776.x>
- 42) Hermo, L., Papp, S., & Robaire, B. (1994). Developmental expression of the Y f subunit of glutathione S-transferase P in epithelial cells of the testis, efferent ducts, and epididymis of the rat. *The Anatomical Record*, 239(4), 421-440. <https://doi.org/10.1002/ar.1092390409>
- 43) Hermo, L., & Robaire, B. (2002). Epididymal Cell Types and Their Functions. In B. Robaire & B. T. Hinton (Éds.), *The Epididymis: From Molecules to Clinical Practice*. Springer US 81-102 p. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0679-9_5
- 44) Hoffer, A. P., Hamilton, D. W., & Fawcett, D. W. (1973). The ultrastructure of the principal cells and intraepithelial leucocytes in the initial segment of the rat epididymis. *The Anatomical Record*, 175(2), 169-201. <https://doi.org/10.1002/ar.1091750205>
- 45) Hrycay, E. G., & Bandiera, S. M. (2015). Involvement of Cytochrome P450 in Reactive Oxygen Species Formation and Cancer. In *Advances in Pharmacology* (Vol. 74, p. 35-84). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.apha.2015.03.003>

- 46) Ixtaina, V. Y., Nolasco, S. M., & Tomás, M. C. (2008). Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Industrial Crops and Products*, 28(3), 286-293. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.03.009>
- 47) Jing, J., Peng, Y., Fan, W., Han, S., Peng, Q., Xue, C., Qin, X., Liu, Y., & Ding, Z. (2023). Obesity-induced oxidative stress and mitochondrial dysfunction negatively affect sperm quality. *FEBS Open Bio*, 13(4), 763-778. <https://doi.org/10.1002/2211-5463.13589>
- 48) Jones, R., Hamilton, D. W., & Fawcett, D. W. (1979). Morphology of the epithelium of the extratesticular rete testis, ductuli efferentes and ductus epididymidis of the adult male rabbit. *American Journal of Anatomy*, 156(3), 373-400. <https://doi.org/10.1002/aja.1001560307>
- 49) Jurewicz, J., Radwan, M., Sobala, W., Radwan, P., Bochenek, M., & Hanke, W. (2018). Dietary Patterns and Their Relationship With Semen Quality. *American Journal of Men's Health*, 12(3), 575-583. <https://doi.org/10.1177/1557988315627139>
- 50) Kaur, H. (2019). Nutritional Challenges and Health Consequences of Junk Foods. *Current Research in Diabetes & Obesity Journal*, 10(5). <https://doi.org/10.19080/CRDOJ.2019.10.555796>
- 51) Kierszenbaum, A. L. (2002). *Histologie et biologie cellulaire - une introduction a l'anatomie pathologique*. Palme Yayincılık.
- 52) Lalanza, J. F., & Snoeren, E. M. S. (2021). The cafeteria diet : A standardized protocol and its effects on behavior. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 122, 92-119. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.11.003>
- 53) Larsen, W., & Dhem, A. (2011). *Embryologie humaine* (3e éd.). De Boeck. 4e édition - mai 2017 - 708p
- 54) Lavanya, C, Balasundaram, K, Jayachitra, S, & Iniyah, K. (2019). *Histological structure of testis in soviet chinchilla rabbit*. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 2019; 7(1): 504-506
- 55) Lecomte, V., Billah, M. M., Khatiwada, S., Morris, M. J., & Maloney, C. A. (2022). Ameliorating high-fat diet-induced sperm and testicular oxidative damage by micronutrient-based antioxidant intervention in rats. *European Journal of Nutrition*, 61(7), 3741-3753. <https://doi.org/10.1007/s00394-022-02917-9>
- 56) Liu, Y., Chen, Y., Gu, L., & Xiong, Y. (2025). Protective effects of atorvastatin on testicular dysfunction and reduced sperm quality induced by high-fat diet in mice: The inhibitory mechanism of oxidative stress. *European Journal of Pharmacology*, 992, 177357. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2025.177357>
- 57) Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.70902>

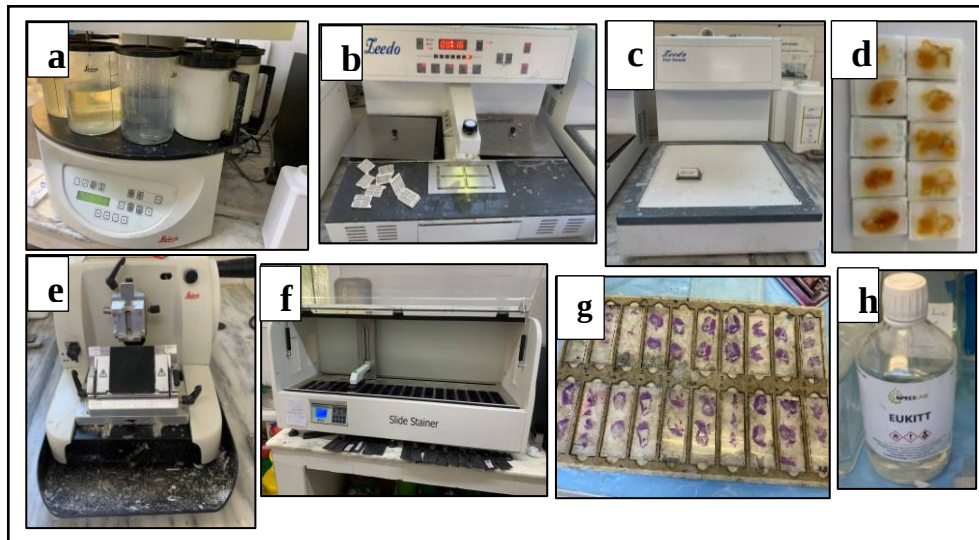
- 58) **Marieb, E. N. (2008).** *Biologie humaine : Principes d'anatomie et de physiologie* (8e éd). Pearson education 707p.
- 59) **Marieb, E. N., & Lachaine, R. (1999).** *Anatomie et physiologie humaines* (4e éd). De Boeck université Éd. Du Renouveau pédagogique 1194.
- 60) **Martínez-García, F., Regadera, J., Cobo, P., Palacios, J., Paniagua, R., & Nistal, M. (1995).** The apical mitochondria-rich cells of the mammalian epididymis. *Andrologia*, 27(4), 195-206. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0272.1995.tb01093.x>
- 61) **McLaughlin, C. A., & Chiasson, R. B. (1990).** *Laboratory anatomy of the rabbit* (3. ed). Brown.
- 62) **Melo, D., Machado, T. B., & Oliveira, M. B. P. P. (2019).** Chia seeds: An ancient grain trending in modern human diets. *Food & Function*, 10(6), 3068-3089. <https://doi.org/10.1039/C9FO00239A>
- 63) **Moraes, S. M. F. D., Takashiba, K. S., Segatelli, T. M., & Natali, M. R. M. (2011).** Morfologia testicular de ratos Wistar obesos sedentários e submetidos a treinamento físico. *Acta Scientiarum. Health Science*, 33(1), 25-33. <https://doi.org/10.4025/actascihealthsci.v33i1.7698>
- 64) **Motyka, S., Koc, K., Ekiert, H., Blicharska, E., Czarnek, K., & Szopa, A. (2022).** The Current State of Knowledge on *Salvia hispanica* and *Salviae hispanicae* semen (Chia Seeds). *Molecules*, 27(4), 1207. <https://doi.org/10.3390/molecules27041207>
- 65) **Motyka, S., Skala, E., Ekiert, H., & Szopa, A. (2023).** Health-promoting approaches of the use of chia seeds. *Journal of Functional Foods*, 103, 105480. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105480>
- 66) **Mukherjee, S., & Ghosh, S. (2018).** Testicular germ cell apoptosis and sperm defects in mice upon long-term high fat diet feeding. *Journal of Cellular Physiology*, 233(10), 6896-6909. <https://doi.org/10.1002/jcp.26581>
- 67) **Muzi-Filho, H., Bezerra, C. G. P., Souza, A. M., Boldrini, L. C., Takiya, C. M., Oliveira, F. L., Nesi, R. T., Valença, S. S., Einicker-Lamas, M., Vieyra, A., Lara, L. S., & Cunha, V. M. N. (2013).** Undernutrition Affects Cell Survival, Oxidative Stress, Ca²⁺ Handling and Signaling Pathways in Vas Deferens, Crippling Reproductive Capacity. *PLoS ONE*, 8(7), e69682. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069682>
- 68) **Nisio, C., Brunetti, L., Leone, S., Chiavaroli, A., Orlando, G., Recinella, L., Ferrante, C., Verratti, V., & Vacca, M. (2010).** Cafeteria Diet Increases Prostaglandin E₂ Levels in Rat Prostate, Kidney and Testis. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology*, 23(4), 1073-1078. <https://doi.org/10.1177/039463201002300411>
- 69) **Norlaily, Swee Keong Yeap, Wan Yong Ho, Boon Kee Beh, Sheau Wei Tan, & Soon Guan Tan. (2012).** The promising future of chia, *Salvia hispanica* L. *Journal of Biomedicine & Biotechnology*, 2012, 171956. <https://doi.org/10.1155/2012/171956>

- 70) Ohkawa, H., Ohishi, N., & Yagi, K. (1979). Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Analytical Biochemistry*, 95(2), 351-358. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(79\)90738-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(79)90738-3)
- 71) Olson, G. E., & Hinton, B. T. (1985). Regional Differences in Luminal Fluid Polypeptides of the Rat Testis and Epididymis Revealed by Two-dimensional Gel Electrophoresis. *Journal of Andrology*, 6(1), 20-34. <https://doi.org/10.1002/j.1939-4640.1985.tb00812.x>
- 72) Orona-Tamayo, D., Valverde, M. E., & Paredes-López, O. (2017). Chia—The New Golden Seed for the 21st Century. In *Sustainable Protein Sources* (p. 265-281). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00017-2>
- 73) Parmanand, U., Sheela, D., Ritu, K., & Kavita, S. (2020). Role of Junk Food On Infertility In The Present Era. *International Research Journal of Ayurveda & Yoga*, 03(09), 249-260. <https://doi.org/10.47223/IRJAY.2020.3907>
- 74) Pincemail, J., Meurisse, M., Limet, R., & Defraigne, J.-O. (1999). *Évaluation biologique du stress oxydant : Application en routine clinique. Vaisseaux, Cœur, Poumons*. 55-60.
- 75) Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., Squadrito, F., Altavilla, D., & Bitto, A. (2017). Oxidative Stress : Harms and Benefits for Human Health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017(1), 8416763. <https://doi.org/10.1155/2017/8416763>
- 76) Pons-Rejraji, H., Sion, B., Saez, F., Brugnon, F., Janny, L., & Grizard, G. (2009). Rôles des dérivés actifs de l'oxygène (DAO) sur les spermatozoïdes humains et infertilité masculine. *Gynécologie Obstétrique & Fertilité*, 37(6), 529-535. <https://doi.org/10.1016/j.gyobfe.2009.04.015>
- 77) Robaire, B., Hinton, B., & Orgebinrist, M. (2006). The Epididymis. In *Knobil and Neill's Physiology of Reproduction* (Vol. 1, p. 1071-1148). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-012515400-0/50027-0>
- 78) Robaire, B., & Viger, R. S. (1995). Regulation of Epididymal Epithelial Cell Functions1. *Biology of Reproduction*, 52(2), 226-236. <https://doi.org/10.1095/biolreprod52.2.226>
- 79) Rozenberg, S., Besse, S., Brisson, H., Jozefowicz, E., Kandoussi, A., Mebazaa, A., Riou, B., Vallet, B., & Tavernier, B. (2006). Endotoxin-induced myocardial dysfunction in senescent rats. *Critical Care*, 10(4), R124. <https://doi.org/10.1186/cc5033>
- 80) Sabbagh M. (1983). Etude de la sexualité et de la reproduction du lapin domestique : oryctolagus cuniculus à des températures élevées en corrélation avec la régulation thermique, le comportement alimentaire et le fonctionnement thyroïdien et surrénalien en période d'adaptation au stress thermique. *Thèse de doctorat vétérinaire, Université de Dakar*, 32-33.

- 81) Sandoval-Oliveros, M. R., & Paredes-López, O. (2013). Isolation and Characterization of Proteins from Chia Seeds (*Salvia hispanica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(1), 193-201. <https://doi.org/10.1021/jf3034978>
- 82) Sargi, S. C., Silva, B. C., Santos, H. M. C., Montanher, P. F., Boeing, J. S., Santos Júnior, O. O., Souza, N. E., & Visentainer, J. V. (2013). Antioxidant capacity and chemical composition in seeds rich in omega-3 : Chia, flax, and perilla. *Food Science and Technology*, 33(3), 541-548. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013005000057>
- 83) Sclafani, A., & Springer, D. (1976). Dietary obesity in adult rats: Similarities to hypothalamic and human obesity syndromes. *Physiology & Behavior*, 17(3), 461-471. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(76\)90109-8](https://doi.org/10.1016/0031-9384(76)90109-8)
- 84) Serre, V., & Robaire, B. (1999). Distribution of Immune Cells in the Epididymis of the Aging Brown Norway Rat Is Segment-Specific and Related to the Luminal Content1. *Biology of Reproduction*, 61(3), 705-714. <https://doi.org/10.1095/biolreprod61.3.705>
- 85) Shah, D., Mahajan, N., Sah, S., Nath, S. K., & Paudyal, B. (2014). Oxidative stress and its biomarkers in systemic lupus erythematosus. *Journal of Biomedical Science*, 21(1), 23. <https://doi.org/10.1186/1423-0127-21-23>
- 86) Sharma, R. K., Goyal, A. K., & Yadav, V. (2014). *Histological Studies on Epididymis Region of Goat (Capra hircus) Reproductive System*. <https://doi.org/10.13140/2.1.2178.6247>
- 87) Sherwood, L., & Lockhart, A. (2006). *Physiologie humaine* (2e éd). De Boeck.
- 88) Siffroi J.P. (2001). *L'appareil génital masculin [en ligne]. Service d'Histologie, Biologie de la Reproduction et Cytogénétique Hôpital Teno*. P 1-45
- 89) Singh. (2016). *Mammalian endocrinology and male reproductive biology*. CRC press. 1st Edition 347P.
- 90) Singh, & Pokhriyal, B. P. (2023). Antifertility Effects of Seeds of *Sapindus trifoliatus* on Histology of Testis and Epididymis of Male Albino Mice (*Mus Musculus Albinus*). *Journal of Mountain Research*, 18(1). <https://doi.org/10.51220/jmr.v18i1.4>
- 91) Soranzo, L., Dadoune, J. P., & Fain-Maurel, M.-A. (1982). La segmentation du canal épididymaire chez la souris : Étude ultrastructurale. *Reproduction Nutrition Développement*, 22(6), 999-1012. <https://doi.org/10.1051/rnd:19820711>
- 92) Ströher, R., Macedo, I. C., Oliveira, C. D., Scarabelot, V. L., Rizzo, T. L., Goularte, J. F., Caumo, W., Klein, A. B., Sanvitto, G. L., & Torres, I. L. (2017). Cafeteria diet increases liquid intake and serum creatinine levels in rats. *Clinical & Biomedical Research*, 37(4), 323-329. <https://doi.org/10.4322/2357-9730.74652>
- 93) Suri, D. S., Passi, D. S. J., & Goyat, J. (2016). *Chia seed (salvia hispanica l.) – a new age functional food*.

- 94) Teixeira, A., Giovana Maciel Reis, C., Rocha-Gomes, A., Gomes De Oliveira, D., Mainy Oliveira Santiago, C., Alves Da Silva, A., Regina Riul, T., & De Jesus Oliveira, E. (2023). Short-term Cafeteria Diet Is Associated with Fat Mass Accumulation, Systemic and Amygdala Inflammation, and Anxiety-like Behavior in Adult Male Wistar Rats. *Neuroscience*, 515, 37-52. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2023.02.001>
- 95) Thibault, C., & Levasseur, M.-C. (2001). *La reproduction chez les mammifères et l'homme* (Nouv. éd., entièrement refondue). INRA Editions.928p
- 96) Tortora, G. J., & Grabowski, S. R. (1995). *Biologie humaine : Cytogénétique, régulation, reproduction : cours 101-921-78* ([Abrégé]). Centre éducatif et culturel.
- 97) Toussaint, B. (2007). *Oxygène et stress and male infertilité—a clinical perspective*. 243-258.
- 98) Ullah, R., Nadeem, M., Khalique, A., Imran, M., Mehmood, S., Javid, A., & Hussain, J. (2016). Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica* L.) : A review. *Journal of Food Science and Technology*, 53(4), 1750-1758. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1967-0>
- 99) Vacheret N. (1999). *Histologie fonctionnelle des organes* (p. 1-4).
- 100) Vuksan, V., Whitham, D., Sievenpiper, J. L., Jenkins, A. L., Rogovik, A. L., Bazinet, R. P., Vidgen, E., & Hanna, A. (2007). Supplementation of Conventional Therapy With the Novel Grain Salba (*Salvia hispanica* L.) Improves Major and Emerging Cardiovascular Risk Factors in Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*, 30(11), 2804-2810. <https://doi.org/10.2337/dc07-1144>
- 101) Walczak–Jedrzejska, R., Wolski, J. K., & Slowikowska–Hilczek, J. (2013). The role of oxidative stress and antioxidants in male fertility. *Central European Journal of Urology*, 65, 60-67. <https://doi.org/10.5173/cej.2013.01.art19>
- 102) Walke, G., Gaurkar, S. S., Prasad, R., Lohakare, T., & Wanjari, M. (2023). The Impact of Oxidative Stress on Male Reproductive Function: Exploring the Role of Antioxidant Supplementation. *Cureus*. 15(7): e42583 <https://doi.org/10.7759/cureus.42583>
- 103) Waruguru, P. (2023). Systematic evaluation of the impact of chia seeds on weight loss. *Journal of Medical and Health Sciences (JMHS)*, 2(1), 87-98. <https://doi.org/10.51317/jmhs.v2i1.418>
- 104) Ye, L., Zheng, Z., Jiang, L., Gao, Y., Tang, L., & Zhang, M. (2015). The accuracy of presepsin for the diagnosis of sepsis from SIRS: A systematic review and meta-analysis. *Annals of Intensive Care*, 5(1), 48. <https://doi.org/10.1186/s13613-015-0089-1>
- 105) Young, B., Heath J.W., & Lowe J.et Stevens A. (2008). *Histologie fonctionnelle de Whaeter*. 2^{ème} Ed 437P

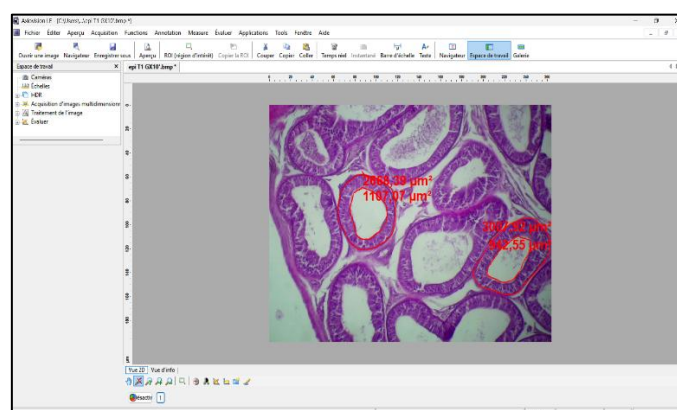
ANNEXES



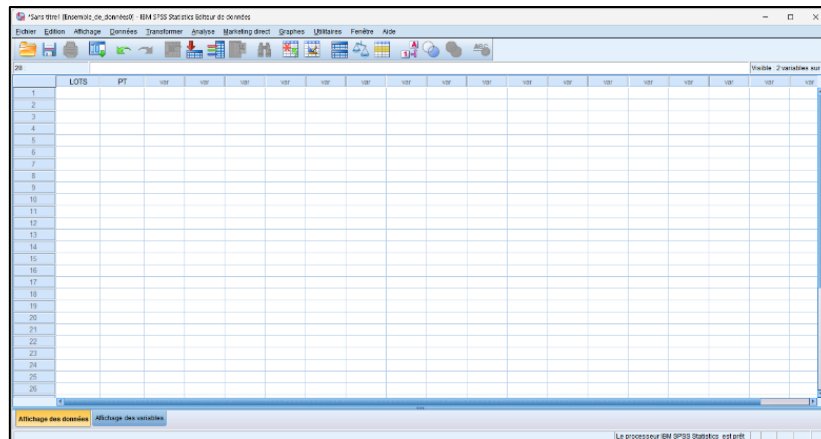
- **Figure 1** : Appareillage de l'histologie
a : automate de circulation ; **b** : enrobage de tissu ;
c : système de refroidissement **d** : cassette ; **e** : microtome ;
f : automate de coloration ; **g** : lame coloré ;
h : eukitt liquide de fixation.



- **Figure 2** : Caméra liée au microscope optique



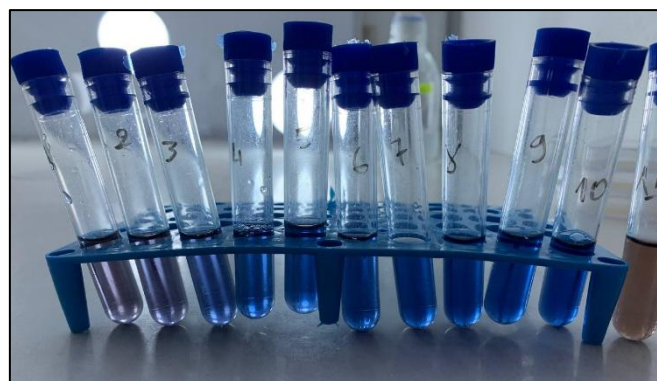
- **Figure 3** : Page Axio vision



■ **Figure 4** : Une page vide de SPSS



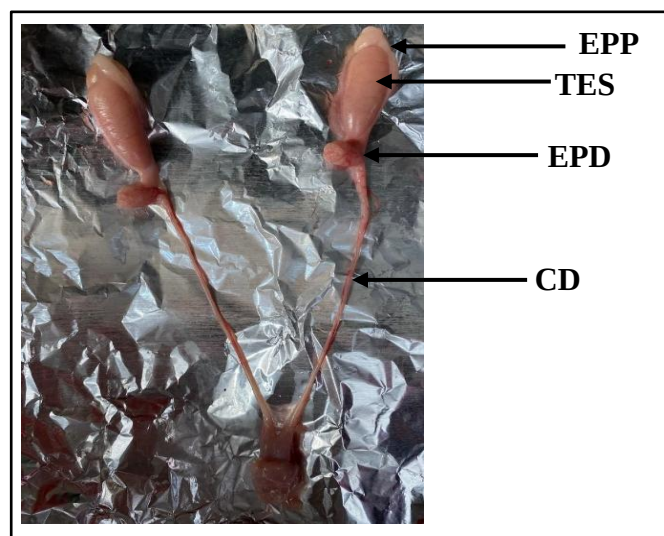
■ **Figure 5** : Dosage du MDA (malondialdéhyde) méthode colorimétrique.



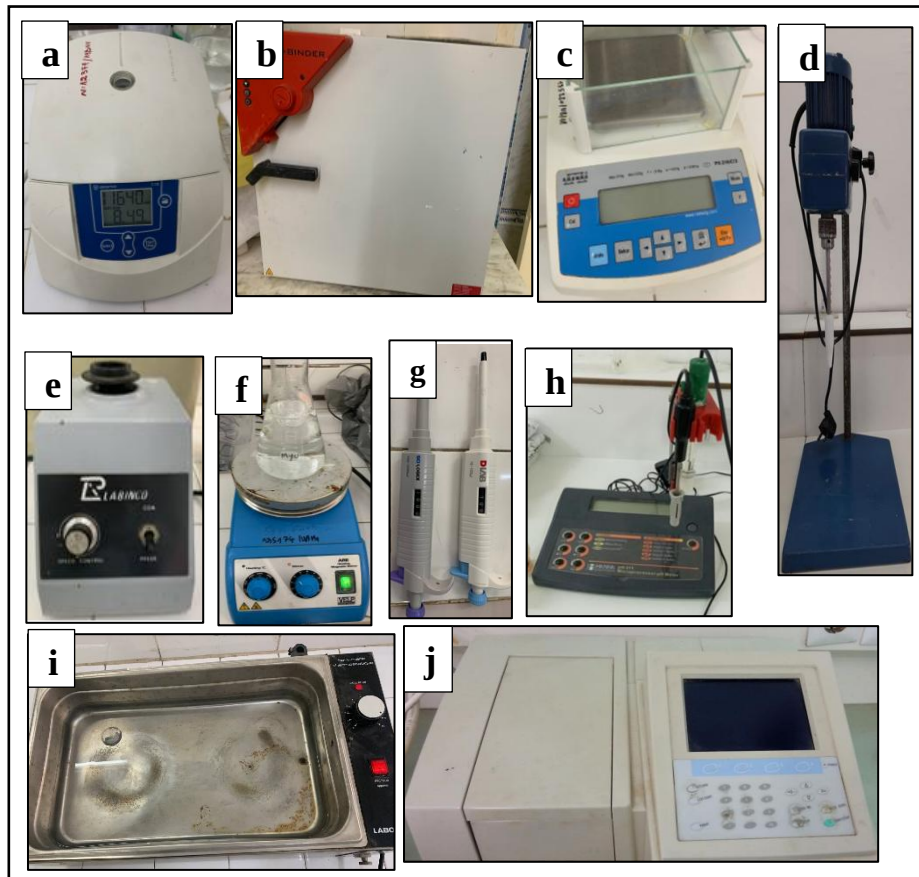
■ **Figure 6** : Dosage des protéines par méthode (Bradford)



- **Figure 7** : Organes de l'appareil génitale lapin mâle fixée au Formol a 10% (Épididyme ; canal déférent ; vésicule séminale)



- **Figure 8** : Appareil reproducteur de lapin mâle.
EPP : épididyme proximal, TES : testicule,
CD : canal déférent, EPD : épididyme distal.



■ **Figure 9 :** Appareillage pour stress oxydatif

a : centrifugeuse ; **b :** autoclave ; **c :** balance ;
d : homogénéisateur ; **e :** vortex ; **f :** agitateur ;
g : micropipette ; **h :** pH mètre ; **i :** bain marie ;
j : spectrophotomètre

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة سعد دحلب البلدية (1)
UNIVERSITE SAAD DAHLAB - BLIDA 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

Mémoire de fin d'études

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

Filière Sciences Biologiques

Option : Biologie et Physiologie de la Reproduction

Thème

**Effet du régime cafétéria suivi par une supplémentation de
graines de chia sur la fonction de reproduction chez le lapin mâle**

PAR
M^{lle} KASMI Sirine & M^{lle} KOUADRI BOUDJELTHIA Hiba

Présenté et soutenu publiquement le : 08/07/2025

Devant le jury

Nom	Grade/ Lieu	Qualité
Mme BOULKOUR S.	MCA/USDB1	Présidente
Mme BIREM Z.	MCB/USDB1	Examinatrice
Mme CHAKHMA A.	MCB/USDB1	Promotrice
Mme ZATRA Y.	MCB/USDB1	Co-promotrice

Année Universitaire : 2024/2025

Birem Z. 19/20