

DEMOCRATIC AND POPULAR ALGERIAN REPUBLIC

الديمقراطية الشعبية

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

العلمي

الجمهورية الجزائرية

وزارة التعليم العالي والبحث



CHADLI BENDJEDID EL TARF UNIVERSITY

جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف

FACULTY OF NATURE AND LIFE SCIENCES

DEPARTMENT OF VETERINARY SCIENCE

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم العلوم البيطرية



THÈSE

Présentée pour l'obtention du diplôme de :

DOCTORAT ES SCIENCES

Filière : Sciences vétérinaires

Spécialité : Sciences vétérinaires

Par :

Mme BENSALAH Amel

Thème

Effets de l'addition de plantes au régime alimentaire du poulet de chair sur ses performances.

Soutenue publiquement le devant le jury composé de :

Nom et prénom	Grade	Etablissement	Qualité
MERDACI Latifa	Prof.	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Président
CHEMMAM Mabrouk	Prof	Université 08 Mai 45 Guelma	Directeur
ZAGHDOUDI Mourad	Prof	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Co- Directeur
CHAKER Kahina	Prof	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Examineur
BOUDALIA Sofiane	Prof	Université 08 Mai 45 Guelma	Examineur
BOUSBIA Issam	Prof	Université 08 Mai 45 Guelma	Examineur

Année universitaire : 2025/2026

Avant tout, je rends grâce à Allah tout-Puissant, qui m'a accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail. Sans Sa volonté et Son aide, rien n'aurait été possible. El Hamdou Lillahi.

Sincères remerciement

*A mon directeur de thèse, **Pr. CHEMMAM Mabrouk**, pour son encadrement précieux, ses conseils avisés et sa disponibilité constante. Sa rigueur scientifique et son soutien m'ont été d'un apport inestimable.*

*Mes remerciements vont également à **Pr. ZEGHDOUDI Mourad**, mon co-encadreur, pour son aide précieuse, son accompagnement bienveillant et ses conseils pertinents, qui ont enrichi la qualité de ce travail.*

*J'exprime ma profonde gratitude à Madame **MERDADI LATIFA**, Professeur à l'Université Chadli Bendjedid à El-Tarf pour avoir accepté de présider le jury de soutenance de cette thèse.*

*J'exprime mes respectueux remerciements à Madame **CHAKER KAHINA**, Professeur à l'université Chadli Bendjedid à ElTarf d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*A Monsieur **BOUDALIA SOFIANE**, Professeur à l'Université 08 Mai 45 à Guelma, j'adresse mes sincères remerciements pour avoir bien voulu accepté d'examiner ce travail.*

*Mes remerciements vont également à Monsieur **BOUSBIA ISSAM**, Professeur à l'Université 08 Mai 45 à Guelma, d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

Je suis très reconnaissante à toutes les personnes qui ont contribué dans la réalisation de ce travail et ont permis par leurs aides, leurs soutiens et leurs conseils, de le mener à bien :

***A MA FAMILLE**, pour leur amour, leur patience et leur soutien.*

A ma sœur « **WIDED** », Dr vétérinaire exerçant dans le secteur privé, pour son aide précieuse dans la réalisation de ce travail. Je lui adresse mes vœux de santé, de bonheur et de réussite.

À ma sœur « **RYMA** », maître-assistante à L'Institut vétérinaire d'El-Khroub, (Université Constantine 1), à qui je souhaite plein succès dans la poursuite de son parcours doctoral.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à madame **RIGHI SOUAD**, Pr à l'université Chadli Bendjedid à El-Tarf, qui m'a toujours apporté son aide précieuse lors de mes inscriptions en doctorat. Que dieu la récompense pour sa bonté, la protège et lui accorde réussite et épanouissement dans sa vie familiale et professionnelle.

A Madame **MAZOUZ WISSAM**, Pr à l'Université Larbi Ben M'hidi à Om El-Bouaghi pour son soutien et son aide dans l'extraction de l'huile. Je lui souhaite plein de succès dans sa carrière de recherche ainsi que dans sa vie familiale.

A Ma collègue et amie Dr. **BENMARCE MERYEM**, Université Fehat Abass à Setif, pour m'avoir aidée dans la réalisation de ce travail. J'ai beaucoup apprécié sa disponibilité et ses conseils avisés. Je lui souhaite réussite et succès dans toutes ses entreprises.

Mes remerciements vont aussi à Monsieur **MEDJELDI MUSTAFA**, Dr. vétérinaire praticien privé, à qui je souhaite beaucoup de succès dans son parcours professionnel au Canada, ainsi que bonheur et épanouissement à sa petite famille.

Je souhaite également remercier l'ensemble des employés, ainsi que le vétérinaire de **L'ABATTOIR INDUSTRIEL AVICOLE SARL-NAP** sis à la zone industrielle à Belkebir, pour leur disponibilité, leur collaboration et leur accueil lors de la réalisation de ce travail.

Je tiens également à exprimer ma gratitude à toutes les personnes que j'aurais pu oublier de citer, mais dont l'aide, les conseils ou la présence ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Je dédie cette thèse

A MES PARENTS CHERIS, sources inépuisables d'amour, de prières et de sacrifices, qui ont nourri chacun de mes pas et éclairé mon chemin. Je prie Allah de leur accorder santé et longue vie dans le bien.

A mon tendre époux « AZEDDINE », pilier de ma force et refuge de mon cœur qui m'a soutenue sans relâche, dans ses gestes, dans ses paroles et par sa présence lumineuse. Je prie Allah de le préserver, de le combler de santé et de bonheur, et de le garder toujours à mes côtés.

A mes frères NABIL ET RAMZI et mes sœurs WIDED, ILHEM, RYMA ET WAFA, compagnants de joie et de partage, qui occupent une place précieuse dans mon cœur

À mes beaux-fils ISLAM, MONDIR, WASSIM ET YOUNES, pour leurs encouragements et leur appui indéfectible.

A mes belles sœurs AMEL Et FATIMA et à mes beaux-frères : SALAH, SAMIR, HOCINE Et AMINE, pour leur soutien et leur bienveillance

A mes NEVEUX ET MES NIECES, source de joie et d'inspiration dans ma vie.

En mémoire de ma chère tante FADIA, ainsi que tous ceux qui nous ont quittés. Qu'Allah leur accorde sa miséricorde et les accueille dans son vaste paradis.

A ma famille et à mes amis, dont les encouragements et l'affection m'ont portée dans les moments de doute et de fatigue.

Je dédie également ce modeste travail à l'ensemble des DOCTEURS ET INSPECTEURS VÉTÉRINAIRES AINSI QUE LES EMPLOYÉS ET LES CADRES de l'Inspection vétérinaire de la wilaya de Guelma à leur tête Monsieur le Directeur des services agricoles, Mr REHAMNIA RACHID et Madame MEKHLANCHI NASSIMA l'inspecteur vétérinaire de wilaya.

A tous ceux et celles qui, de près ou de loin, ont donné un sourire, une parole ou un geste qui m'aidèrent à arriver jusqu'ici, je dédie ces pages avec une infinie reconnaissance

من حديث ابن عباس رضي الله عنهما،
عن النبي صلى الله عليه وسلم أنه قال: «ماذا في الأمرين
من الشفاء؟ الصبر والثفاء
الثفاء (حب الرشاد) Cresson:

SOMMAIRE

Titre	Page
Sommaire	I
Résumé Anglais	V
Résumé Français	VI
Résumé Arabe	VII
Liste des abréviations	VIII
Liste des figures	IX
Liste des photos	X
Liste des tableaux	XI
PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE	
Introduction générale	1
<u>Chapitre 1</u> : Les additifs alimentaires phytogéniques : les huiles végétales	3
1.1 Les additifs alimentaires phytogéniques	3
1.2 Mode d'action des AAP	4
1.3 Effets des AAP sur la production avicole	4
1.4 Bibliographie sur quelques effets des AAP chez les volailles	5
1.4.1 Effets sur les performances de croissance	5
1.4.2 Effets sur les paramètres biochimiques, l'activité antioxydante et l'immunité	6
1.4.3 Effets sur l'activité des enzymes digestive et la sante intestinale	7
1.4.4 Effets sur l'activité antimicrobienne	7
1.4.5 Effets sur la qualité de la viande	8
1.5 Les huiles végétales	8
1.5.1 Différentes sources et activités des huiles végétales	9
1.5.2 Méthodes d'extraction d'huile de graines végétales	9
1.5.2.1 Méthodes traditionnelles	9
1.5.2.2 Méthodes industrielles	10
<u>Chapitre 2</u> : <i>Lepidium sativum</i>	12
2.1 Synonymes	12
2.2 Taxonomie	12
2.3 Noms vernaculaires	12
2.4 Description botanique	12
2.5. Caractéristiques macroscopiques et microscopiques de <i>L. Sativum</i>	14
2.6 Origine et répartition	15
2.7 Culture et écologie	15
2.8 Composition chimique et nutritionnelle des graines de cresson	16
2.8.1 Facteurs antinutritionnels dans la graine de cresson (phytate de phosphore et oxalates)	18

SOMMAIRE

2.9 Utilisation pharmaceutique et traditionnelle	18
2.10 Activité pharmacologique de <i>L. sativum</i>	19
2.10.1 Activité anti-inflammatoire	19
2.10.2 Activité antibactérienne	20
2.10.3 Activité anti oxydante et antidiabétique	21
2.10.4 Activité immunostimulante	22
2.10.5 Activité atténuant les effets de l'hyperthyroïdie	23
2.10.6 Activité hypolipémiante et cardioprotecteur	23
2.10.7 Activités prokinétiques et laxatives	24
2.10.8 Activités antiasthmiques	24
2.10.9 Activités anticancéreuses	24
2.10.10 Activités ostéoprotectrice	25
2.10.11 Activité antianémique	25
2.10.12 Activité néphroprotectrice	26
2.10.13 Activité hépatoprotectrice	26
2.11 Effets de <i>L. sativum</i> sur le poulet de chair	27
2.11.1 Effets sur les performances de croissance et la digestibilité	27
2.11.2 Effets hypoglycémiant et hypolipémiant	27
2.12 Toxicité	28
Chapitre 3 : Huile de <i>lepidium sativum</i>	29
3.1 Composition chimique	29
3.1.1 Métabolites secondaires	31
3.1.1.1 Teneur en tocophérols	31
3.1.1.2 Teneur en phytostérols	32
3.1.1.3 Teneurs totales en polyphénols et flavonoïdes	33
3.2 Propriétés physicochimiques de l'huile de graines de cresson	33
3.2.1 Propriétés physiques de l'huile de graines de cresson	33
3.2.1.1 Couleur	33
3.2.1.2 Viscosité	34
3.2.1.3 Indice de réfraction	34
3.2.1.4 Densité spécifique	35
3.3 Propriétés chimiques de l'huile de graines de cresson	35
3.3.1 Acides gras libres et indice de peroxyde	35
3.3.2 Indice d'iode	35
3.3.3 Indice de saponification	36
3.3.4 Matière insaponifiable	36

SOMMAIRE

3.4 Activités biologiques	36
3.4.1 Activité antioxydante	36
3.4.2 Activité antibactérienne	37
3.4.3 Activité hypolipémiante	37
3.4.4 Activité anti-inflammatoire	38
3.5 Huile de graine de cresson dans l'alimentation du poulet de chair	38
3.6 Toxicité	39
PARTIE EXPERIMENTALE	
I Matériels et méthodes	40
I.1 Matériels	40
I.1.1 Lieu d'expérimentation	40
I.1.2 Bâtiment et conditions d'élevage	40
I.1.3 Les animaux	41
I.2 Méthodes	42
I.2.1 Régimes alimentaires expérimentaux	42
I.2.2 Extraction de l'huile	43
I.2.3 Formules alimentaires	44
I.2.4 Contrôles et mesures	44
I.2.5 Paramètres biochimiques	45
I.2.5.1 Mesure de la glycémie	45
I.2.5.2 Mesure de la cholestérolémie	46
I.2.5.3 Mesure de la triglycéridémie	47
I.2.5.4 Mesure du cholestérol-HDL	48
I.2.5.5 Mesure du cholestérol-LDL	48
I.2.5.6 Mesure de l'ASAT (GOT)	49
I.2.5.7 Mesure de l'ALAT (GPT)	50
I.2.5.8 Mesure de la créatininémie	51
I.2.5.9 Mesure du taux de l'acide urique	51
I.2.5.10 Mesure du taux des protéines totales	52
I.2.5.11 Mesure de l'albuminémie	52
I.2.6 Caractéristiques de la carcasse	53
I.2.7 Analyse statistique	54
II Résultats et discussion	55
II.1 Performances de croissance	55
II.1.1 Poids vif	56
II.1.2 GPQM et CAPM	57

SOMMAIRE

II.1.3 IC	59
II.1.4 Taux de mortalité	60
II.2 Caractéristiques des carcasses	60
II.2.1 Poids vif avant abattage	60
II.2.2 Poids de la carcasse plumée	60
II.2.3 Poids de la carcasse éviscérée	61
II.2.4 Poids des organes comestibles	61
II.2.5 Rendement des carcasses et des organes comestibles	62
II.2.6 Poids et rendement de la graisse abdominale	62
II.3 Profil biochimique	63
II.3.1 Glycémie	64
II.3.2 Acide urique	64
II.3.3 Créatinine	65
II.3.4 Cholesterol	65
II.3.5 Triglycérides	65
II.3.6 HDL et LDL	66
II.3.7 Protéines totales, albumine, globuline	67
II.3.8 ASAT et ALAT	67
III. Discussion générale	69
III.1. Effets de l'HGC sur les performances de croissance	69
III.2 Effets de l'HGC sur les paramètres de la carcasse	71
III.3 Effets de l'HGC sur les paramètres biochimiques	71
Conclusion générale	78
Références bibliographiques	81

Abstract

The deficiency of animal protein in Algerian diets appears to be persistent. The purpose of this study is to determine the effects of incorporating watercress seed oil (WSO) into broiler diets on growth, carcass performance, and specific biochemical parameters. A total of 144 seven-day-old broiler chickens were used and randomly assigned to four groups of 36 birds, with four replicates of nine chicks per group. All birds were reared in deep litter pens until day 42. The four treatment groups were as follows: T0 (control), T1 (basal feed + 0.25 % WSO), T2 (basal feed + 0.50 % WSO), and T3 (basal feed + 0.75 % WSO). Following data processing, both live weight and average daily weight gain decreased significantly in the treated groups during the starter and early growth phases. Average daily weight gain significantly increased in all three treatment groups during the middle and final growth phases. The feed conversion rates of the treated groups decreased significantly during the growth phase. In terms of carcass characteristics, only the T3 group showed a significant reduction in weight and abdominal fat yield. Biochemical parameters revealed a significant decrease in blood glucose, cholesterol, and triglycerides in the treated groups. Finally, WSO supplementation of the broiler diet reduced blood glucose, cholesterol, and triglyceride levels while decreasing abdominal fat. Furthermore, its use in the middle of the growth phase significantly increased weight gain and feed conversion ratio.

Keywords: Broiler chicks; Watercress seed oil; Performance; Biochemical parameters

Résumé

En Algérie, la carence en protéines animales dans l'alimentation semble persistante. L'objectif de cette étude est de déterminer les effets de l'incorporation d'huile de graines de cresson (HGC) dans l'alimentation des poulets de chair sur la croissance, les performances de carcasse et certains paramètres biochimiques. 144 poulets de chair âgés de sept jours ont été utilisés et répartis aléatoirement en quatre groupes de 36 oiseaux chacun, avec quatre répétitions de neuf poussins par groupe. Tous les oiseaux ont été élevés en enclos à litière profonde jusqu'au 42^e jour. Les quatre groupes de traitement étaient les suivants : T0 (témoin), T1 (aliment de base + 0,25 % HGC), T2 (aliment de base + 0,50 % HGC) et T3 (aliment de base + 0,75 % HGC). Après traitement des données, le poids vif et le gain de poids quotidien moyen ont diminué significativement dans les groupes traités pendant les phases de démarrage et de début de croissance. Le gain de poids quotidien moyen a augmenté significativement dans les trois groupes de traitement au milieu de la phase de croissance et dans la phase finale. Les indices de consommation des groupes traités ont diminué significativement pendant la phase de croissance. Concernant les caractéristiques des carcasses, seul le groupe T3 a montré une réduction significative du poids et du rendement en graisse abdominale. Les paramètres biochimiques ont révélé une diminution significative de la glycémie, de la cholestérolémie et de la triglycéridémie dans les groupes traités. Enfin, la supplémentation en huile de graines de cresson dans l'alimentation des poulets de chair a réduit la glycémie, les taux de cholestérol et des triglycérides sériques, tout en diminuant la graisse abdominale. De plus, son utilisation en milieu de croissance a significativement augmenté le gain de poids et l'indice de consommation.

Mots-clés : Poussins de chair ; Huile de graines de cresson ; Performance ; Paramètres biochimiques

ملخص

يبدو أن نقص البروتين الحيواني في الأنظمة الغذائية الجزائية مستمر. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد آثار إضافة زيت حب الرشاد (زح ر) إلى تغذية دجاج التسمين على مقاييس النمو وخصائص الذبيحة، وبعض المعايير الكيميائية الحيوية. تم استخدام 144 من كتاكيت دجاج التسمين بعمر سبعة أيام، ووُزعت عشوائيًا على أربع مجموعات تضم 36 طائرًا، كل مجموعة تحتوي على أربعة مجموعات مكررة تضم كل منها تسعة أفراخ. رُبيت جميع الطيور في حظائر بها أفرشة عميقة حتى اليوم الثاني والأربعين. وكانت مجموعات المعالجة الأربع كما يلي: (T0 : مجموعة الشاهد)، (T1: علف أساسي + 0.25% زيت حب الرشاد)، (T2: علف أساسي + 0.50% زيت حب الرشاد)، و(T3: علف أساسي + 0.75% زيت حب الرشاد). بعد معالجة البيانات، انخفض كل من الوزن ومتوسط الزيادة اليومية في الوزن بشكل ملحوظ في المجموعات المعالجة خلال مرحلتَي الانطلاق والنمو. بينما ارتفع متوسط الزيادة اليومية في الوزن بشكل ملحوظ في جميع المجموعات المعالجة الثلاث خلال منتصف مرحلة النمو و خلال المرحلة النهائية. انخفضت معدلات التحويل الغذائي للمجموعات المعالجة بشكل ملحوظ خلال مرحلة النمو. وفيما يتعلق بخصائص الذبيحة، أظهرت مجموعة T3 فقط انخفاضًا ملحوظًا في الوزن وإنتاجية دهون البطن. وكشفت المعايير البيوكيميائية عن انخفاض ملحوظ في مستويات الجلوكوز والكوليسترول والدهون الثلاثية في الدم لدى المجموعات المعالجة. وأخيرًا، أدى إضافة زيت حب الرشاد في غذاء دجاج التسمين إلى خفض مستويات الجلوكوز والكوليسترول والدهون الثلاثية في الدم مع تقليل دهون البطن. علاوة على ذلك، أدى استخدامه في منتصف مرحلة النمو إلى زيادة ملحوظة في اكتساب الوزن ونسبة التحويل الغذائي.

الكلمات المفتاحية: كتاكيت دجاج التسمين؛ زيت حب الرشاد؛ المقاييس؛ المعايير البيوكيميائية.

Liste des abréviations

ADN	Acide Désoxyribonucléique
AGPI	acides gras polyinsaturés
CI₅₀	Concentration inhibitrice 50%
CRP	Protéine C-réactive
DHA	acide docosahexaénoïque
EPA	acide eicosapentaénoïque
HDL	Lipoprotéine de haute densité
HE	huile essentielle
LDL	Lipoprotéine de faible densité
MCF-7	Cellules de cancer du sein
MDH	Malatate déshydrogénase
NADH	Nicotinamide adénine dinucléotide
TSH	Thyréostimuline
VLDL	Lipoprotéine de très faible densité

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	<i>Lepidium sativum</i>	13
2	Graines de <i>Lepidium sativum</i>	13
3	Caractéristique microscopique de <i>lepidium sativum</i>	14
4	Structures chimiques des α , β , γ et δ tocophérols présents dans les huiles de cresson	31
5	Structures chimiques des phytostérols présents dans les huiles de cresson	33
6	Variation du poids vif en fonction du traitement en phase de démarrage	56
7	Variation du poids vif en fonction du traitement en début de la phase de croissance (2 ^{ème} semaine)	56
8	Variation du gain de poids quotidien moyen (GPQM) et de la consommation d'aliment quotidienne moyenne (GPQM) en phase de démarrage en fonction des traitements	57
9	Variation du gain de poids quotidien moyen (GPQM) à la deuxième semaine en phase de démarrage en fonction des traitements	58
10	Variation du gain de poids quotidien moyen (GPQM) à la troisième semaine en phase de démarrage en fonction des traitements	58
11	Variation du gain de poids quotidien moyen (GPQM) à la cinquième semaine en phase de finition en fonction des traitements	59
12	Variation de l'indice de consommation en fonction des traitements, en phase de démarrage ICD, en phase de croissance ICC et finition ICF (3 ^{ème} semaine).	59
13	Variation du poids des carcasses plumées (PCP) et éviscérées en fonction des traitements	61
14	Variation du poids des organes comestibles et de la graisse abdominale en fonction des traitements	61
15	Variation du rendement du foie et du gésier en fonction des traitements	62
16	Variation du rendement du cœur et de la graisse abdominale en fonction des traitements	63
17	Variation de la glycémie en fonction du traitement	64
18	Variation du taux sérique de l'acide urique en fonction des traitements	64
19	Variation de la créatininémie en fonction des traitement	65
20	Variation de la cholestérolémie et de la trigycéridémie en fonction du traitement	66
21	Variation des taux d'HDL et du LDL en fonction du traitement	66
22	Variation du taux des protéines totales, albumine et globuline en fonction du traitement	67
23	Variation du taux sérique d'ASAT en fonction du traitement	67
24	Variation du taux sérique d'ALAT en fonction du traitement	68

Liste des photos

Photo	Titre	Page
1	Lieu de déroulement de l'expérience	40
2	Préparation des boxes avant l'arrivée des poussins	41
3	Les poulets à différents tranches d'âge : à l'âge de 12 jours (à gauche) et à l'âge de 40 jours d'âge (à droite)	42
4	Préparation journalière de l'aliment	43
5	L'huile de <i>Lepidium sativum</i> avant la centrifugation (à gauche) et après la centrifugation (à droite)	43
6	Semi-automate Kenza Max Biochemistry	45
7	Les poulets arrivés à l'abattoir industriel	55

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
1	Composition nutritionnelle approximative des graines de cresson	17
2	Activité antimicrobienne de divers extraits de <i>Lepidium sativum</i>	20
3	Composition nutritionnel de l'huile de graines de cresson	29
4	Composition en acides aminés et en acides gras de l'huile de graines de <i>L. sativum</i>	30
5	Propriétés physicochimiques des graines de cresson extraites par diverses méthodes d'extraction	34
6	Composition des régimes expérimentaux au cours des trois phases de l'expérience	44
7	Effet de l'incorporation de différents niveaux d'huile de graines de cresson sur les performances de croissance des poulets de chair au cours des trois phases de l'expérience.	55
8	Effet de l'incorporation de différents niveaux d'huile de graines de cresson sur les caractéristiques des carcasses de poulets de chair	60
9	Effet de l'incorporation de différents niveaux d'huile de graines de cresson sur les paramètres biochimiques sériques chez les poulets de chair.	63

Introduction générale

Introduction générale

Depuis l'Antiquité, la viande est l'un des aliments les plus importants de l'alimentation humaine. Aujourd'hui encore, la demande en viande, notamment en volaille, est en constante augmentation. La volaille, y compris la viande de poulet, est l'un des aliments d'origine animale le plus accessible au plus grand nombre. En raison de sa teneur élevée en protéines et de sa faible teneur en matières grasses (Puvača et al., 2022).

La production avicole constitue un vrai souci mondial, vu l'accroissement accru de la population et l'augmentation de ses besoins en viandes. Plusieurs additif alimentaire, facteurs de croissance, ont été utilisé chez les animaux afin d'améliorer leurs performances de production tel que les antibiotiques. Néanmoins, L'interdiction de l'usage des antibiotiques suite à l'apparition de souches bactérienne résistantes qui pouvait être transférées de l'animal à l'homme a entraîné une réduction de la production animale de viande et d'œufs (Yitbarek, 2015). Cependant, cet arrêt a incité les chercheurs à trouver une alternative efficace et sans danger. Beaucoup de composés ont été expérimenté parmi lesquelles on trouve les phytogéniques (Abdelli et al., 2021).

Les phytogéniques encore appelé les phytobiotiques ou plantes, sont des additifs alimentaires d'origine végétale qui comprennent une large variété d'herbes, d'épices et de produits dérivés (Hussein et al., 2015). En comparaison avec les antibiotiques, les phytogéniques sont des facteurs de croissance naturelle, sûre, moins toxique et qui ne contiennent aucun résidu. Les phytogéniques favorisent l'efficacité de l'utilisation alimentaire en améliorant la production des sécrétions digestives et l'absorption des nutriments, ainsi que l'immunité et l'état de santé global, d'où leur intérêts croissant dans la production avicole (Abdelli et al., 2021, Al-Homidan et al., 2020)

Parmi les phytogéniques le cresson alénois, ou *Lepidium Sativum L.* qui est une plante médicinale herbacée annuelle appartenant à la famille des Brassicaceae. Il s'agit d'une plante comestible à croissance rapide, largement répandue dans de nombreux pays du monde, cette plante est connue localement sous le nom de Rached (Al-Yahya et al., 1994, El-Salam et al., 2019, Alsulami and Hussien, 2020). La plante nécessite peu de ressources agricoles et pousse bien dans les régions semi-arides et les sols peu fertiles (Diwakar et al., 2008). La graine de cresson (GC) possède plusieurs propriétés pharmacologiques telles que anti-anémique, antioxydante, galactogogue, cicatrisante, anti inflammatoire et anticancéreuse. Elle contient des substances bénéfiques pour la santé, telles que la glucotropéoline et les stérols d'où elle a gagné un intérêt chez les consommateurs et les producteurs (R and P.K, 2022, Singh and Paswan, 2017, Tuncay et al., 2011).

Introduction générale

Les GC présentent les caractéristiques morphologiques des graines oléagineuses et peuvent être utilisées pour extraire l'huile. Les graines de *L. sativum* contiennent 20 à 25 % d'huile (Abo El-Maati et al., 2016, Ramadan and Oraby, 2020). L'huile des graines de cresson est extraite par pression sous froid, c'est une méthode verte qui respecte l'environnement en minimisant l'utilisation des solvants toxiques et en générant des produits comestibles sûrs et naturels (Ramadan, 2020). L'huile de graines de *Lepidium sativum* est une bonne source de macrominéraux et d'oligoéléments tels que le calcium, le cuivre, le fer, le magnésium, le manganèse, le phosphore, le potassium, le sodium et le zinc. Plusieurs acides aminés et acides gras ont été identifiés à partir de l'huile de GC, notamment des acides aminés essentiels tels que l'histidine, l'isoleucine, la leucine, la lysine, la méthionine, la phénylalanine, la thréonine, le tryptophane et la valine (Musara et al., 2020). Selon Rezig et al. (2022), Les principaux acides gras contenus dans l'huile des graines de cresson obtenue par pression à froid sont : L'acide Linoléique 35.59% puis L'acide Oléique 21,14%, l'acide Linoléic 10,89%, l'acide eicosanoic 10.3% et l'acide Palmitic 9,45%. L'huile de cresson possède des propriétés anti inflammatoire et anti oxydante importante et contient également des antioxydants naturels des tocophérols, des caroténoïdes et de l'eugénol qui aident à prévenir le cancer et à protéger l'huile du rancissement (Maske Sachin et al., 2020).

Plusieurs études sur l'huile de GC ont été menées ses dernières années en matière de composition chimique et d'activité biologique, mais peu d'études seulement ont été dirigées vers son effet sur les animaux. A cet effet, le présent travail vise à étudier l'effet de l'huile de GC sur les performances de croissance et d'abattage ainsi que sur les paramètres biochimiques du poulet de chair.

Ce manuscrit est composé d'une étude bibliographique et d'une partie expérimentale/

La partie bibliographique comprend trois chapitres :

Ch I : les additifs alimentaires phytogéniques : Les huiles végétales

Ch II : *Lepidium sativum*

Ch III : Huile de *Lepidium sativum*

La partie expérimentale comprend trois chapitres

Ch I : Matériels et méthodes

Ch II : Résultats et discussion

Ch III : Discussion générale et conclusions

Partie bibliographique

Chapitre 1

1.1 Les additifs alimentaires phytogéniques

L'effet positif de certaines plantes sur notre santé est connu depuis des décennies. Les premières traces d'utilisation de substances végétales ont été découvertes en Mésopotamie et remontent à 2600 av. J.-C. (Hassan, 2015). Mais les substances végétales n'étaient pas seulement intéressantes pour l'homme : tout au long de l'histoire, de nombreuses plantes à huile essentielle et épices ont également été utilisées en médecine vétérinaire et en santé animale. Connues pour leur efficacité holistique et à large spectre, leur application dans l'élevage a débuté il y a de nombreuses années. Récemment, et notamment depuis l'interdiction totale des antibiotiques stimulateurs de croissance dans l'UE en 2006 (Hoang, 2024), les produits phytogéniques ont connu un essor en production animale. En raison de la sensibilisation du public aux risques potentiels pour la santé, des problèmes environnementaux, de la tendance à une production alimentaire plus naturelle et durable, ou en réponse à la pression des consommateurs visant à éliminer tout type de contaminants du bétail et donc de la chaîne alimentaire, leur popularité ne cesse de croître (Hussein et al., 2015).

Les additifs alimentaires phytogéniques (AAP), parfois aussi appelés « produits botaniques », regroupent des substances naturelles d'origine végétales utilisées en nutrition animale. Ils proviennent exclusivement d'herbes, d'épices et de leurs extraits. Grâce à la diversité de leurs composants et la richesse de leurs principes actifs, ces additifs, lorsqu'ils sont intégrés dans l'alimentation animale, contribuent à améliorer la qualité des rations, la digestibilité, l'absorption des nutriments ainsi que la productivité et les performances des animaux. Leur action se manifeste notamment par la stimulation de la sécrétion salivaire et digestive, par l'activation des enzymes hépatiques, pancréatiques et intestinales, de la fonction intestinale, ainsi que par une influence bénéfique sur le fonctionnement intestinal, le métabolisme et la morphohistologie. Les modes d'application et les effets des AAP dépendent de leur origine botanique, de leur procédé de transformation et de leur composition chimique. Bien qu'ils soient encore relativement nouveaux, leurs utilisations en nutrition animale suscitent un intérêt croissant, même si leurs mécanismes d'action restent encore partiellement élucidés (Yitbarek, 2015, Hussein et al., 2015). Les composants bioactifs des AAP sont des métabolites secondaires avec les polyphénols comme groupe principal. D'autres composés bioactifs comprennent les terpénoïdes (tels que les monoterpènes et les stéroïdes, etc.), les composés phénoliques (comme les tanins), les glycosides ainsi que les alcaloïdes. Plusieurs facteurs peuvent influencer la composition et la concentration des substances bioactives, notamment la plante et ses parties utilisées, la période de récolte, la provenance géographique, les

Chapitre I : Les additifs phytogéniques : les huiles végétales

conditions climatiques, ainsi que les techniques de transformation appliqués à l'extraction, la distillation, la stabilisation et les conditions de stockage (Abdelli et al., 2021).

1.2 Mode d'action des AAP

Le mode d'action principal des AAP résulte de leur capacité à améliorer l'équilibre du microbiote digestif, notamment en limitant l'impact des agents pathogènes au sein du tube gastro-intestinal. Une augmentation de la capacité d'absorption au niveau de l'intestin grêle est considérée comme un effet additionnel résultant de la régulation phytogénique de l'eubiose microbienne intestinale. Par conséquent, les composés phytogéniques permettent aux animaux de mieux gérer le stress immunitaire lors de situations critiques et facilitent l'assimilation intestinale des nutriments, ce qui contribue à optimiser la croissance des animaux selon leur potentiel génétique (Hashemi and Davoodi, 2010). Les huiles essentielles, pour leur part, altèrent la membrane cytoplasmique des micro-organismes et empêchent leur développement. Elles se distinguent par une action antibactérienne qui s'explique par la capacité de leurs substances actives à franchir la membrane cellulaire et à interagir avec divers compartiments internes. En réduisant la présence de pathogènes dans le système digestif, la concurrence alimentaire est minimisée, permettant une meilleure valorisation des nutriments et la prévention des pathologies (Yitbarek, 2015).

1.3 Effets des AAP sur la production avicole

Les AAP sont actuellement largement utilisés pour améliorer la santé et la production des volailles. Grace à leurs propriétés nutritionnelles et médicinales, ils influencent positivement les performances en favorisant la digestion, la croissance et le renforcement de l'immunité. Riches en composés bioactifs tels que les phytobiotiques, phénols, flavonoïdes, tanins et huiles essentielles, ils jouent un rôle clé dans l'optimisation de la productivité des œufs, notamment en augmentant leurs poids et en améliorant les caractéristiques ovariennes. Cependant, les races modernes de volailles, sélectionnées pour une production intensive de viande et d'œufs, présentent une activité métabolique élevée qui favorise la formation des radicaux libres, entraînant un stress oxydatif, une inflammation et une baisse de l'immunité. Dans ce contexte, les AAP, par leur pouvoir antioxydant, permettent de piéger ces radicaux libres, de restaurer les fonctions cellulaires et ainsi de soutenir la santé et la productivité des volailles (El-Sabrou et al., 2023).

1.4 Bibliographie sur quelques effets des AAP chez les volailles

Les effets des AAP sur les principaux processus métaboliques et physiologiques, tels que la digestibilité des nutriments, le microbiote intestinal, l'immunité, le statut oxydant et les performances de croissance des poulets de chair, seront détaillés ci-dessous :

1.4.1 Effets sur les performances de croissance

Plusieurs études ont été menées avec des herbes, des épices et des huiles, et ont montré des résultats contradictoires sur les performances des poulets. Certaines études ont montré des effets positifs des AAP sur la prise alimentaire et le gain de poids, ainsi que le taux de conversion alimentaire :

Dans une étude menée par Rubio et al. (2019), sur l'effet de l'extrait éthanolique de poivre cubebe (piment asiatique utilisé en médecine populaire pour ses propriétés antimicrobiennes, antiparasitaires et anti-inflammatoires reconnues) aux doses de 0.17 %, 0.34 % et 0.52 % comme alternative aux promoteurs de croissance chez les poussins de 1 à 21 jours. Les résultats ont montré que l'inclusion de 0.17 % de l'extrait dans l'aliment a amélioré la prise alimentaire et le gain de poids, ainsi que le taux de conversion alimentaire, tandis que les doses plus élevées réduisent les performances de croissance.

Dans une autre étude de Traesel et al. (2010), l'ajout d'huiles essentielles (origan, sauge, romarin et poivre) à des doses de 50 ,100 et 150 mg/kg d'aliment comparées à un groupe témoin et un groupe recevant un antibiotique en tant que promoteur de croissance. Les résultats ont montré que la dose de 100 mg/kg d'huiles essentielles ont permis d'obtenir un poids final et une conversion alimentaire similaires à ceux du groupe antibiotique, sans effets toxiques majeurs sur les reins ou le foie. Cela suggère que les extraits de plante peuvent être une alternative efficace aux antibiotiques dans l'alimentation du poult de chair.

D'autres expériences ont montré un effet négatif sur les performances du poulet de chair. Dans une expérience de Al-Homidan et al. (2020), visant à étudier l'effet de différents additifs alimentaire naturels (fenugrec, haricot mungo et *lepidium sativum*) à différentes concentrations : 0.5%, 1.5% et 2.5% sur les performances de croissance et de carcasse. L'inclusion de fenugrec à des concentrations de 1,5 et 2,5 % a donné un effet délétère sur les performances de croissance (a diminué significativement le poids vif, a augmenté l'indice de consommation et à un effet négatif sur le rendement de la carcasse).

Chapitre I : Les additifs phytogéniques : les huiles végétales

D'autres expériences ont rapportées que l'ajout des AAP n'avait aucun effet sur les paramètres de croissance ni sur les paramètres de la carcasse : Teye et al. (2015) ont étudié l'effet de l'inclusion de résidu d'huile de palme dans l'alimentation de poulets de chair, en remplacement partiel du maïs, avec des niveaux de 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15% et 17.5%. Les résultats montrent que l'ajout de résidu d'huile de palme jusqu'à 17.5% n'a eu aucun effet significatif ($p>0.05$) sur les performances du poulet de chair.

Cette incohérence peut s'expliquer par plusieurs facteurs tels que la source botanique, la concentration et la durée d'apport des composés actifs, la composition de l'aliment, les conditions expérimentales difficiles, l'âge et l'état de santé des animaux (Abdelli et al., 2021).

1.4.2 Effets sur les paramètres biochimiques, l'activité antioxydante et l'immunité

Plusieurs expériences ont montré que l'utilisation des AAP résulte en une réduction du cholestérol et des triglycérides et une augmentation de l'activité antioxydante :

Dans une étude de Polat et al. (2011) sur l'effet de l'ajout de feuilles (5.7 g/kg, 8.6 g/kg ou 11.5 g/kg d'aliment) et d'huile essentielle de romarin (100 mg/kg, 150 mg/kg ou 200 mg/kg d'aliment) associé ou non à la vitamine E (50 mg/kg ou 200 mg/kg d'aliment), sur les paramètres biochimiques sanguins de poulets de chair. Les résultats montrent que le romarin et son huile essentielle augmentent l'activité du superoxyde dismutase et réduisent le cholestérol total, suggérant un effet antioxydant et hypocholestérolémiant. Rahimian et al. (2018) notent que l'ajout de l'extrait alcoolique de camomille à 0.3 %, 0.5 % ou 0.7 % dans l'alimentation des poulets de chair pendant 42 jours a réduit le taux des triglycérides et du cholestérol LDL (Lipoprotéine de faible densité) tout en augmentant le HDL (Lipoprotéine de haute densité).

Une amélioration de la réponse immunitaire à médiation cellulaire et la concentration plasmatique de protéines totales et de globuline chez le poulet de chair a été observée dans une étude de Al-Homidan et al. (2020) visant à évaluer l'effet de différents additifs alimentaire naturels (fenugrec, haricot mungo et *lepidium sativum*) à différentes concentrations : 0.5 %, 1.5 % et 2.5 % sur les paramètres biochimiques et immunitaires. Les résultats montrent une amélioration de la réponse immunitaire à médiation cellulaire et la concentration plasmatique de protéines totales et de globulines chez les poulets de chair dont la ration alimentaire a été supplémentée avec du Haricot mungo et *Lepidium sativum*.

1.4.3 Effets sur l'activité des enzymes digestive et la sante intestinale

Fernandez-Alarcon et al. (2017) ont évalué l'effet d'une alimentation complémentée avec un mélange de *Bacillus subtilis* et une huile essentielle (mélange de carvacrol, cinnamaldéhyde, cinéol, poivre) chez des poulets de chair sur les paramètres de croissance, sur l'activité des enzymes digestives et sur les profils d'expression des gènes liés au transport des glucides et des protéines dans l'intestin grêle des poulets de chair. Cinq groupes ont été testés : régime basal (témoin), sans additifs, avec *Bacillus subtilis*, avec huile essentielle et avec les deux combinés. Les résultats montrent que l'ajout de ces additifs améliore l'activité des enzymes digestives (maltase ; aminopeptidase-N ; phosphate alcalin intestinal), le transport des glucides et des protéines, ainsi que le métabolisme digestif, sans toutefois favoriser les performances de croissance. Cela suggère un effet bénéfique sur la digestion et le système intestinal des poulets de chair grâce à ces additifs.

Jang et al. (2007) ont testé l'effet d'un mélange d'huile essentielles (25 mg/kg HE 1 et 50 mg mg/kg HE 2) sur des poulets de chair, comparé à un témoin et à un groupe recevant 10 mg/kg d'antibiotiques. Les huiles essentielles, surtout à 50 mg/kg, ont significativement augmenté l'activité de certaines enzymes digestives (trypsine, α -amylase pancréatique, maltase intestinale) et réduit la population d'E-coli dans le digesta iléo-caecal, sans modifier les performances de croissance, la consommation alimentaire ni le poids des organes digestifs.

Plusieurs autres auteurs ont rapporté les effets positifs des AAP sur la santé intestinale : dans une étude de Su et al. (2021) visant à évaluer l'effet de l'huile essentielle (0, 100, 200 et 400 mg/kg) dans l'alimentation de poulets de chair pendant 42 jours. Les doses de 200 mg/kg ont montré les meilleurs résultats, avec une amélioration significative de la santé intestinale (hausse de la hauteur des villosités, du rapport villosité/cryptes, de la concentration immunoglobuline A) et de l'expression des gènes liés au transport des nutriments et à la fonction barrière intestinale.

1.4.4 Effets sur l'activité antimicrobienne

Les maladies infectieuses représentent toujours un enjeu majeur de santé publique. Un facteur clé de ce problème est la propagation de la résistance bactérienne aux antibiotiques, qui constitue aujourd'hui une menace grave à l'échelle mondiale. Face à cette résistance aux antibiotiques, l'attention se recentre sur les composés bioactifs extraits de plantes couramment utilisées en phytothérapie, car ces substances pourraient offrir une nouvelle source efficace d'activités antimicrobienne. Les propriétés antimicrobiennes des végétaux proviennent de leur capacité à

Chapitre I : Les additifs phytogéniques : les huiles végétales

synthétiser plusieurs métabolites secondaires, souvent de structures complexes, dotés d'effets antimicrobiennes (Hemeg et al., 2020).

Akhter et al. (2019), ont évalué l'activité antibactérienne des extraits méthanoliques de feuilles de Neem (*Azadirachta indica*) contre *E.coli* et *Salmonella* chez le poulet. Des concentrations de 1,0-2,5 % ont été testées par diffusion sur agar et comparées à la gentamicine. Les résultats montrent que l'extrait de Neem a amélioré la croissance, le poids corporel, la conversion alimentaire et les paramètres biochimiques, tout en réduisant la mortalité, le nombre total de bactéries viables dans les fèces caecales et une augmentation des leucocytes. L'extrait méthanolique à 2.5% a présenté la plus forte activité antimicrobienne proche de celle de la gentamicine.

Dans une étude d'Adamu et al. (2014), sur les effets anticoccidiens des graines de *Lepidium sativum* (1g/kg d'aliment) sous forme de poudre, graine entière ou extrait, chez les poulets de chair infectés par *Eimeria tenella*. Les résultats ont montré une amélioration significative du gain de poids, une réduction de la mortalité, du nombre d'oocytes fécaux et des lésions intestinales chez les poulets supplémentés, indiquant une efficacité comparable à celle de l'amprolium (médicament anticoccidien). Selon Hashemi and Davoodi (2010) les AAP sont connus pour leur action antimicrobienne in vitro notamment contre les champignons.

1.4.5 Effets sur la qualité de la viande

Une expérience de Homidan et al. (2019) a été menée afin d'évaluer l'effet de l'incorporation de fenugrec, cresson et haricot mungo à différentes concentrations (0,5 % à 2,5 %) dans l'alimentation de poulets de chair pendant 45 jours. Les résultats ont montré que tous les poulets nourris avec ces plantes avaient une viande significativement plus juteuse et savoureuse que ceux du groupe témoin. Parmi les plantes testées, le cresson à 2,5 % a donné les meilleurs résultats en termes d'acceptabilité globale, suivi du haricot mungo à 1,5%. L'ajout de ces plantes a donc amélioré la qualité sensorielle (couleur, goût, tendreté, jutosité) du blanc de poulet comparé au régime standard.

1.5 Les huiles végétales

Les huiles végétales sont considérées comme meilleures ingrédients bioactifs favorisant la santé par rapport aux graisses animales.

Chapitre I : Les additifs phytogéniques : les huiles végétales

1.5.1 Différentes sources et activités des huiles végétales

L'huile végétale est impliquée de manière significative dans la graisse corporelle, principalement obtenue à partir de graines et dans certains cas de fruits tels que l'huile d'olive et l'huile de palme. Les huiles comestibles les plus courantes comprennent l'huile de canola, l'huile de chia, l'huile de soja, l'huile de lin, l'huile de cameline, l'huile de palme, l'huile de périlla, l'huile de cresson et l'huile de tournesol (Afzal et al., 2022).

Les huiles végétales, Au-delà du profil nutritionnel élevé, d'autres propriétés fonctionnelles, notamment les aspects antimicrobiens, anticancéreux, gastronomiques, organoleptiques et anti-âges, sont d'autres facteurs intéressants pour la consommation d'huiles végétales par rapport aux graisses animales. Rafei-Tari et al. (2021) ont évalué l'effet de quatre huiles végétales (huile de palme, huile de lin, huiles d'olive et huile de maïs) sur l'activité antioxydante, les lipides sanguins et la réponse immunitaire de 300 poussins élevés en climat chaud. Les poussins nourris à l'huile de palme ont présenté les taux les plus élevés de cholestérol, de vLDL et la plus faible activité antioxydante, ainsi qu'une hypersensibilité et un taux d'anticorps réduits. Ceux nourris à l'huile de lin et d'olive ont montré de meilleurs profils antioxydants, immunitaires et lipidiques, avec moins de stress oxydatif et de meilleures enzymes hépatiques. Dans une autre expérience réalisée par Elbaz et al. (2023) sur des poussins recevant une alimentation enrichie en huile de soja, de maïs, d'olive ou de poisson. Les résultats montrent que l'ajout d'huile améliore la croissance, la conversion alimentaire et la qualité de la carcasse, surtout avec l'huile de soja et d'olive. Les taux d'antioxydants sont les plus élevées avec l'huile d'olive, tandis que le stress oxydatif est réduit comparé à l'huile de poisson et de maïs. Les huiles favorisent également la qualité de la viande et sa composition en acides gras, avec des effets particulièrement marqué pour l'huile d'olive.

1.5.2 Méthodes d'extraction d'huile de graines végétales

L'extraction d'huiles comestibles est réalisée par des méthodes traditionnelles et industrielles :

1.5.2.1 Méthodes traditionnelles

Extraction à l'eau chaude : consiste à faire bouillir des graines hachées dans de l'eau chaude pour que l'huile flotte, puis à l'écrémer. Ensuite, l'huile est mélangée à de l'eau chaude pour former une pâte, qui est malaxée pour séparer l'huile sous forme d'émulsion. Du sel est ajouté pour coaguler les protéines et faciliter la séparation de l'huile, en particulier pour l'huile d'arachide. Cependant,

Chapitre I : Les additifs phytogéniques : les huiles végétales

cette méthode est longue, donne de faible rendement et nécessite des coûts de maintenance élevés (Afzal et al., 2022).

Déshydratation : utilisées surtout en zones rurales, cette technique consiste à faire bouillir l'échantillon pour évaporer l'eau contenue dans l'huile brute. Exemple l'huile de ricin raffinée déshydratée à l'aide d'un catalyseur NaHSO_4 , sous vide (600-640 mmHg, 210-220 °C). Cela améliore la qualité et réduit le rancissement (Afzal et al., 2022).

Extraction mécanique (expeller) : méthode utilisée dans le présent travail.

L'extraction mécanique est une méthode physique utilisée pour extraire l'huile des matières végétales poreuses. L'huile, présente sous forme de globules lipidiques dans les cellules végétales, est libérée par compression, puis séparée du résidu par filtration. Ce processus utilise une presse à vis continue composée d'une vis sans fin tournant dans un fourreau perforé, facilitant l'écoulement de l'huile. Une pièce de restriction, en bout de vis crée une pression suffisante pour extraire l'huile. Le pressage peut être effectué à froid (sans chauffage externe) ou à chaud. Même à froid, la température de l'huile peut atteindre jusqu'à 112°C en raison des frottements internes à la presse (Louaer and Zermane, 2019).

1.5.2.2 Méthodes industrielles

Plusieurs approches permettent de séparer les acides gras polyinsaturés :

-Méthode chromatographique : la séparation des acides gras libres repose sur leur degré d'insaturation. Des techniques comme l'HPLC (Chromatographie liquide haute performance), la chromatographie argentée sur couche mince ou sur colonne (silice argentée) sont utilisées (Afzal et al., 2022).

Méthode de distillation (distillation sous vide) : ce procédé repose sur l'entraînement à la vapeur d'eau, soit ascendant ou descendant, sans macération préalable. Elle constitue l'une des plus anciennes techniques d'extraction. Généralement, la vapeur est injectée à la base d'une charge végétale, puis les vapeurs chargées en composés volatils sont condensées et récupérées dans un récipient spécifique appelé essencier (Farhat, 2010).

Cristallisation à basse température : utilisé pour séparer les esters d'acides gras selon leur solubilité, solubles à température ambiante, insoluble en dessous de 0°C. Elle permet de séparer les

Chapitre I : Les additifs phytogéniques : les huiles végétales

acides gras saturés et insaturés, car le point de fusion varie selon le degré d'insaturation. Peut se faire avec ou sans solvant. Les solvants couramment utilisés : acétone, méthanol, ou mélange (Afzal et al., 2022).

Méthode enzymatique : utilise différentes lipases pour augmenter la concentration en acides gras polyinsaturés (AGPI) par hydrolyse ou estérification enzymatique. Les lipases ciblent les doubles liaisons en cis des acides gras. Les acides gras à longue chaîne et très insaturés (EPA, DHA) ont une structure encombrée (stérique), donc difficile à hydrolyser. Par contre, les acides gras insaturés comme les acides gras monoinsaturés et certains AGPI peuvent être plus facilement hydrolysés (Afzal et al., 2022).

Extraction par fluide supercritique : l'extraction par fluide supercritique repose sur l'utilisation de solvants à l'état supercritique, présentant à la fois des propriétés des phases liquide et gazeuse, avec un fort pouvoir de solvation. En pratique, le solvant le plus utilisé est le dioxyde de carbone (CO₂) car il est peu toxique, disponible à haute pureté, faible prix, et facilement éliminable des extraits. Cette technique est considérée comme « verte », réduit l'usage de solvants organiques et permet une extraction plus rapide que les méthodes traditionnelles (Boukhatem, 2019).

Complexations de l'urée : Depuis la découverte par F. Bengen en 1940 de la capacité de l'urée à former des cristaux stables avec de longs composés aliphatiques à chaîne droite. Cette méthode a été largement utilisée pour enrichir certains AGPI ainsi que des acides gras saturés ou monoinsaturés. Lors de la cristallisation, l'urée forme des complexes stables avec les acides gras saturés et monoinsaturés. En revanche, les acides gras polyinsaturés avec plusieurs doubles liaisons ne forment pas de complexes stables avec l'urée (Sun et al., 2024).

Extraction assistée par ultrasons : utilise les ondes ultrasonores pour améliorer l'efficacité de l'extraction des huiles et composés bioactifs. Elle favorise la formation de cavitation, qui implorment et génèrent des forces de cisaillement, augmentant la perméabilité des membranes cellulaires. C'est une méthode verte, respectueuse de l'environnement et adaptable à l'échelle industrielle. Elle utilise moins de solvant, rapide et efficace (Moradi et al., 2017, Afzal et al., 2022).

Chapitre 2

Chapitre II : *Lepidium sativum*

2.1 Synonymes

Cardamon sativum (L.) Fourr. *Lepia sativa* (L.) Desv. *Lepidium hortense* Forssk. *Lepidium sativum* var. *crispum* (Medik.) DC. *Lepidium sativum* subsp. *sativum*. *Lepidium sativum* var. *spinescens* (DC.) Jafri. *Lepidium sativum* subsp. *spinescens* (DC.) Thell. *Lepidium spinescens* DC. *Nasturtium crispum* Medik. *Nasturtium sativum* (L.) Medik. *Nasturtium spinescens* (DC.) Kuntze. *Thlaspi sativum* (L.) Crantz. *Thlaspidium sativum* (L.) Spach (Farag and Shaaban, 2021).

2.2 Taxonomie (Al-Snafi, 2019)

La famille des Brassicacées comprend 49 tribus, 321 genres et 3 660 espèces (Bona, 2014),

Règne	<i>Plantae</i>
Sous-règne	<i>Viridiplantae</i>
Infra-royaume	<i>Streptophyta</i>
Superdivision	<i>Embryophyta</i>
Division	<i>Tracheophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Brassicales</i>
Famille	<i>Brassicaceae</i>
Genre	<i>Lepidium</i>
Espèce	<i>Lepidium sativum</i>

2.3 Noms vernaculaires

Lepidium sativum (L. *sativum*) est connue localement sous le nom de « El-Rashad » (Abo El-Maati et al., 2016, Alsulami and Hussien, 2020). Il est appelé communément *Common cress* en anglais, Halim en bengali, Aseliyo en gujarati, Chansur en hindi, Kapila en kannada, Alian au Cachemire, Asali en malayalam, Haliv en marathi, Allivirai en tamoul et Aadalu en télougou (Singh et al., 2022).

2.4 Description botanique

Les graines de cresson (GC), nom scientifique : *Lepidium sativum* L., est une plante à croissance rapide appartenant à la famille des Brassicacées (Elsayed et al., 2025), C'est une plante herbacée annuelle, glabre pouvant atteindre 15-45 cm de hauteur. Sa tige est dressée et lisse, tandis que ses feuilles sont entières, les supérieures étant linéaires et sessiles. Les feuilles basales, quant à elles, possèdent de longs pétioles et sont pennées à bipennées ou caulinaires. Les fleurs blanches se

Chapitre II : *Lepidium sativum*

présentent en grappes allongées (**Figure 1**). Le fruit, de type siliqué, est profondément entaillé à l'extrémité. Les graines, de couleur brun rougeâtre, apparaissent par deux dans chaque gousse. Leurs tégument est lisse et brillant, avec un cotylédon blanc, charnu, riche en mucilage et occupant la majeure partie de la cellule (Ghante et al., 2011). Morphologiquement, Les graines présentent des similitudes avec des graines oléagineuses. L'endosperme dicotylédone constitue environ 80 à 85 % de la masse de la graine, tandis que le tégument et l'embryon représentent respectivement 12 à 17 % et 2 à 3 %. le tégument est de couleur rouge brique à crème, alors que l'endosperme est jaune (Sheel Sharma and Nidhi Agarwal, 2011).



Figure 1. *Lepidium sativum* (Hussain et al., 2021)

Les GC sont petites et lisses, de forme ovale, pointues et triangulaires à l'extrémité, d'environ 3 à 4 mm de long, et de 1 à 2 mm de large, de couleur brun rougeâtre (**Figure 2**). Présentent un sillon sur les deux surfaces s'étendant jusqu'aux deux tiers vers le bas et une légère extension en forme d'aile sur les deux bords de la graine (El-Salam et al., 2019).



Figure 2. Graines de *Lepidium sativum* (Shah et al., 2021)

2.5 Caractéristiques macroscopiques et microscopiques de *L. Sativum*

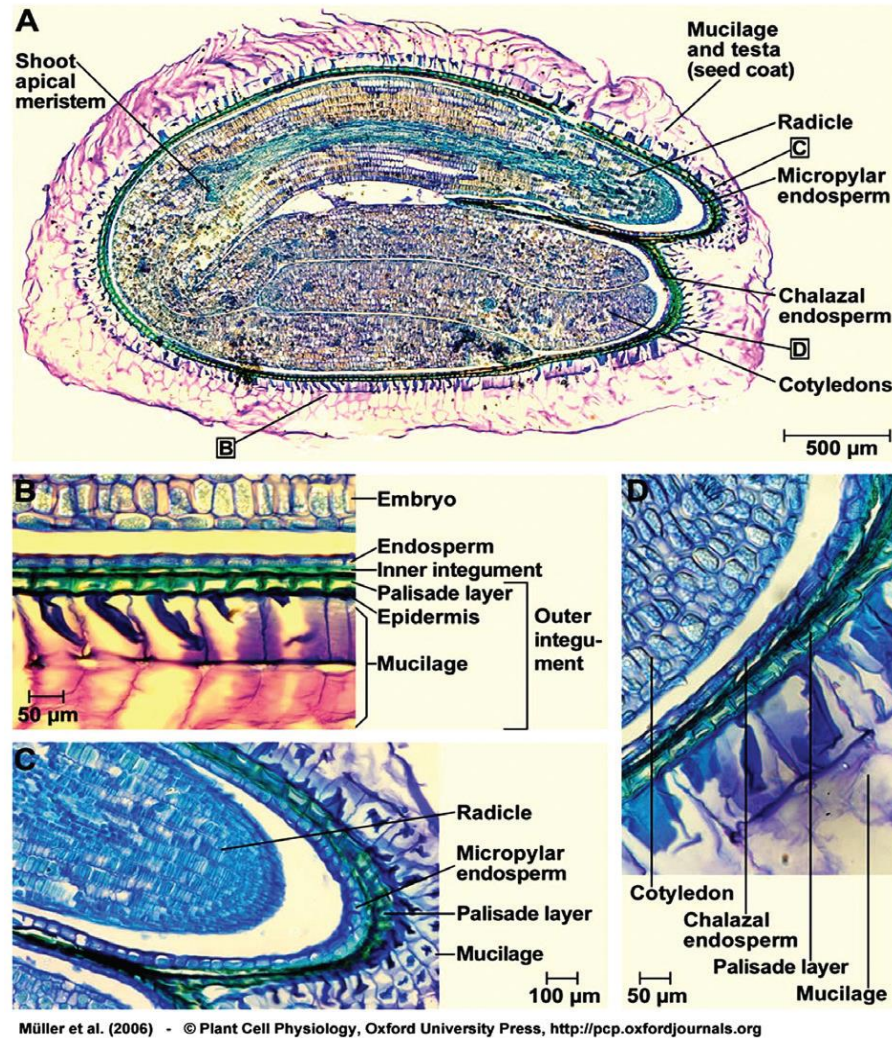


Figure 3 : Caractéristique microscopique de *L. sativum*

(A) Graine entière, montrant l'embryon mature et complètement différencié, l'endosperme et le tégument (enveloppe de la graine); (B) Structure des couches qui enveloppent la graine: l'endosperme, une couche unicellulaire; et le tégument (enveloppe de la graine), composé d'un tégument interne et externe. À noter que le mucilage est généré à partir du tégument externe lors de l'imbibition; (C) Chapeau micropylaire entourant l'extrémité de la radicule; (D) Région chalazale de la graine. Filtre de lumière bleue (C, D) Contraste différentiel (D). Les barres de taille sont indiquées pour chaque panneau (Raval and Pandya, 2011).

La graine de *L. sativum* est très petite, rouge, ovale et pointue à son extrémité. Elle présente un micropyle et un sillon entre les graines, facilement visibles en vue latérale et dorsale (**Figure 3**). En raison de sa très petite taille le schéma est agrandi. En coupe transversale, les graines présentent un testa, un radical et un cotylédon. En coupe longitudinale, les graines présentent un testa, un radical et un cotylédon. L'embryon présente un cotylédon, un radical et, sur la partie supérieure, des

lobes de cotylédon. Ces structures sont nettement visibles sur l'embryon agrandi. La coupe transversale du radical montre une fine couche d'épiderme sur la face externe, ainsi qu'un cortex de cellules parenchymateuses. L'autre couche est l'endoderme qui recouvre le faisceau vasculaire à l'intérieur (Raval and Pandya, 2011).

2.6 Origine et répartition

Selon Vaishnavi et al. (2020) le cresson est originaire d'Asie du Sud-Ouest et d'Égypte, mais Hussain et al. (2021), l'origine exacte de *L. sativum* est inconnue, elle se situe probablement en Éthiopie et dans les pays voisins, ou en Asie occidentale. La domestication peut avoir eu lieu en Asie occidentale. Sa culture était déjà connue depuis l'Antiquité en Grèce et en Italie, et peut-être aussi en Égypte. Aujourd'hui, on la cultive partout dans le monde, y compris dans la plupart des pays africains, principalement à petite échelle comme plante maraîchère. On la trouve également à l'état sauvage, échappée de culture.

2.7 Culture et écologie

L. sativum est une plante annuelle de saison fraîche, herbacée et dressée, qui atteint rapidement jusqu'à 50 cm de hauteur. ses graines arrivent à maturité en 70 à 90 jours et permettent d'obtenir un rendement de 800 à 1000 kg/hectare (Diwakar et al., 2008). Peu exigeante, elle pousse aisément dans les régions semi-arides et nécessite peu d'engrais agricoles. Elle s'adapte à divers altitudes et peut être cultivée tout au long de l'année. Les principales parties utilisées de *L. sativum* sont les feuilles vertes fraîches, les graines et les pousses (Diwakar et al., 2008, Ramadan and Oraby, 2020).

La plante peut être semée et récoltée plusieurs fois au cours de l'année, en particulier durant les mois de novembre, janvier et février qui correspond à la période la plus favorable en climat méditerranéen (Singh and Paswan, 2017). Elle préfère les sols légers (sableux), moyens (limoneux) et lourds (argileux), et peut accroître en mi-ombre, voire sans ombrage. Elle nécessite néanmoins un sol humide et un léger ombrage afin de limiter les effets de la chaleur (BHUTIA and Parmar, 2014). Lorsqu'elles sont trempées dans l'eau, les gaines gonflent et se recouvrent d'un mucilage translucide leur conférant un goût particulier. Bien que ses racines et ses graines présentent un intérêt économiques, la culture de *L. sativum* est surtout destinées à l'exploitation des graines (El-Salam et al., 2019). De nos jours, les GC sont plus populaire auprès des consommateurs et des

producteurs en raison de leur goût poivré et de leurs substances bénéfiques pour la santé tels que les glucosinolates et les stérols (Tuncay et al., 2011).

2.8 Composition chimique et nutritionnelle des graines de cresson

La composition chimique des graines de *L. sativum* varie selon la variété, les pratiques agronomiques, le stade de récolte et les conditions géologiques de la zone de récolte (Singh and Paswan, 2017, Ramadan and Oraby, 2020). La présence de nombreux composants a été signalée dans les graines de *L. sativum*, notamment des alcaloïdes, des composés phénoliques, des anthraquinones et des glycosides cardiaques, des flavonoïdes, des tanins, des acides benzoïque, dihydroxybenzoïque, gallique, chlorogénique, 4-hydroxycoumarique, vanillique et salicylique, du pyrogallol, de la catéchine, de la caféine, de l'isoleucine, ainsi que différents alcaloïdes imidazolés, par exemple lépidine et semi-lépidine (Sheel Sharma and Nidhi Agarwal, 2011, Al-Snafi, 2019, Ramadan, 2020).

Les graines de *L. sativum* contiennent des acides aminés essentiels (leucine, valine, lysine, phénylalanine, isoleucine, arginine, histidine, thréonine et méthionine) et non essentiels (acide glutamique, acide aspartique, glycine, proline, sérine, alanine et tyrosine) (Hekmatshoar et al., 2022). De plus, les graines ont une teneur élevée en protéines et en lipides, en minéraux et en vitamines (vitamines A, C, D, B6 et cobalamine).

Les graines de *L. sativum* ont une morphologie semblable à celle des graines oléagineuses et peuvent produire 20 à 25 % d'huile (Abo El-Maati et al., 2016, Ramadan and Oraby, 2020), jusqu'à 25,5 % selon Sheel Sharma and Nidhi Agarwal (2011) d'huile brun jaunâtre semi-siccative. Selon ces dernier, le mucilage des graines, appelé mucilage de GC, est utilisé comme substitut de la gomme adragante et de la gomme arabique. Il soulage l'irritation de la muqueuse intestinale en cas de dysenterie et de diarrhée. Le mucilage est constitué d'un mélange de cellulose et d'acide uronique contenant des polysaccharides dont l'hydrolyse acide produit du L-arabinose, du D-galactose, du L-rhamnose, de l'acide D-galacturonique et du D-glucose4.

La composition chimique des graines de *L. sativum* (**tableau 1**) révèle qu'une faible teneur en humidité constitue un indicateur de stabilité, de qualité et de meilleure durée de conservation. Une proportion plus élevée de protéines et de lipides indiquent la richesse énergétique de ces graines. La répartition en acides aminés témoigne de la valeur nutritionnelle des protéines, ou l'acide glutamique et l'acide aspartique apparaissent comme les principaux acides aminés non

Chapitre II : *Lepidium sativum*

essentiels. Le **tableau 1** met en évidence la richesse minérale des graines de *L. sativum*. Grace à cette composition, cette plante représente une source potentielle de nutriments essentiels tant pour l'être humain que pour les animaux (Poy et al., 2015).

La forte teneur en cendres confirme que les graines de *L. sativum* représentent une source importante de minéraux. Leur composition minérale varie selon les espèces, le potassium (1635,62 mg/100 g) étant l'élément prédominant. Ces graines de constituent également une source significative de calcium (480,72 mg/100 g) et de magnésium (631,06 mg/100 g), deux minéraux essentiels au bon fonctionnement musculaire et à la contraction normale des membres et du cœur. Par ailleurs, leur teneur en fer contribue à corriger certaines formes légères d'anémie, tandis que le phosphore (637,25 mg/100 g) joue un rôle indispensable dans les processus métaboliques de l'organisme (Ghante et al., 2011, Singh et al., 2022).

Tableau 1 : Composition nutritionnelle approximative des graines de cresson (Singh et al., 2022)

Quantité de nutriments pour 100 g de graines crues de <i>Lepidium sativum</i> L.			
Nutriments		Vitamine (à base du poids sec)	
Énergie (kcal)	474 ± 1,06	Vitamine A (µg)	90
Glucides (g)	30,7 ± 1,2	Thiamine (mg)	0,59
Humidité (g)	2,9 ± 0,1	Riboflavine (mg)	0,61
Protéine (g)	24,2 ± 0,5	Niacine (mg)	14,30
Fibres (g)	11,9 ± 0,4	Vitamine C (mg)	10,62
Lipides (g)	23,2 ± 0,2	Vitamine E (ppm)	258,74
Cendre (g)	7,1 ± 0,1		
Minéraux (à base du poids sec)		Acides aminés essentiels	
Calcium (mg)	480,72	Arginine (g)	4,51 ± 0,03
Cuivre (mg)	12,51	Histidine (g)	3,87 ± 0,14
Fer (mg)	28,82	Isoleucine (g)	5,11 ± 0,03
Manganèse (mg)	46,07	Leucine (g)	8,21 ± 0,01
Magnésium (mg)	631,06	Lysine (g)	2,66 ± 0,09
Phosphore (mg)	637,25	Méthionine (g)	0,97 ± 0,02
Potassium (mg)	1635,62	Phénylalanine (g)	5,65 ± 0,03
Sodium (mg)	36,25	Thréonine (g)	6,26 ± 0,39
Zinc (mg)	62,69	Valine (g)	8,04 ± 0,03
Acides aminés non essentiels		Profil des acides gras	
Acide aspartique (g)	9,76 ± 0,03	Acide eicosaénoïque (20:1)	13,40 ± 0,66
Alanine (g)	4,83 ± 0,02	Acide linoléique (18:2)	8,60 ± 0,38
Acide glutamique (g)	19,33 ± 0,19	Acide linoléique (18:3)	32,18 ± 0,59
Glycine (g)	5,51 ± 0,07	Acide oléique (18:1)	30,50 ± 0,16
Proline (g)	2,69 ± 0,09	Acide palmitique (16:0)	10,30 ± 0,12
Sérine (g)	4,96 ± 0,09	Acide palmitoléique (16:1)	0,70 ± 0,30
Tyrosine (g)	5,84 ± 0,38	Acide stéarique (18:0)	1,90 ± 0,19
		Acide eicosaénoïque (20:1)	13,40 ± 0,66
Facteur antinutritionnel (brut)			
Phosphore phytinique (mg) 447,2 ± 3,34			
Oxalates (mg) 134 ± 1,00			

La composition en acides gras (**tableau 1**) montre que l'huile d'GC possède une teneur élevée en acide linoléique (32,18 %) ainsi qu'en acide oléique (30,5 %). Un apport important en acide oléique est reconnu pour réduire le risque de maladie coronarienne, en lien avec un taux élevé de

cholestérol. L'intérêt nutritionnel de l'huile de GC réside surtout dans sa forte proportion La composition en acides gras insaturés, notamment grâce à sa richesse en oméga-3, réputé pour leurs effets bénéfiques sur la santé. L'acide palmitique représente le principal acide gras saturé, avec une concentration de $10,3 \pm 0,12$ g/100 g d'huile de GC. A l'inverse, l'acide palmitoléique est l'acide gras insaturé le moins présent, avec une teneur de $0,70 \pm 0,30$ g/100 g (Singh and Paswan, 2017). Le son des GC possède une forte capacité de retenir l'eau et présente une teneur élevée en fibres alimentaires (74,3 %). Lorsque ce son entre en contact avec un liquide biologique du tube digestif, la poudre de tégument de cresson absorbe l'eau et gonfle. Cette augmentation de volume est surtout liée à la présence de substances mucilagineuses. Comme décrit précédemment, Le mucilage, est un mélange de cellulose (18,3 %) et d'acide uronique contenant des polysaccharides. Ainsi, en présence d'eau, les chaînes de polyuronides contenant des groupes carboxyles ionisables s'hydratent et gonflent, tandis que les micelles de cellulose se dispersent. Le gel obtenu est formé d'un réseau de micelles de cellulose hydratées, entre lesquelles se trouvent des chaînes d'uronides plus fortement hydratées. Le degré de dispersion dépend en définitive de la taille des micelles de cellulose, de la longueur des chaînes et de la proportion de polyuronides hydratés (Sheel Sharma and Nidhi Agarwal, 2011).

2.8.1 Facteurs antinutritionnels dans la graine de cresson (phytate de phosphore et oxalates)

Les composants antinutritionnels sont connus pour réduire la biodisponibilité des nutriments dans l'organisme. Le phytate diminue l'absorption des minéraux, altère la digestibilité des protéines en formant des complexes protéiques phytique et entrave l'assimilation des nutriments. L'oxalate est également connu pour chélater les éléments minéraux, les rendant moins disponibles pour le métabolisme et inhibant leur absorption, notamment le fer, le zinc, le magnésium et le calcium (Jain et al., 2016, Malhotra et al., 2023).

2.9 Utilisation pharmaceutique et traditionnelle

Le cresson alénois est réputé pour sa capacité à atténuer les carences nutritionnelles grâce à ses propriétés médicinales (Mohammed et al., 2025). Les vertus thérapeutiques de *L. sativum* sont valorisées dans les civilisations orientales et méditerranéennes depuis l'Antiquité. De nombreuses connaissances concernant ses usages proviennent du botaniste andalou Ibn Al-Baytar, qui le recommandait notamment contre la lèpre, pour traiter le refroidissement rénal ou pour purifier des cheveux. Les graines de *L. sativum* sont citées dans la médecine ayurvédique et dans la pratique

Chapitre II : *Lepidium sativum*

populaire depuis des temps très anciens. Plusieurs études se sont penchées sur ses bénéfices : effets positifs sur la consolidation des fractures, traitement de l'asthme bronchique, rôle dans la guérison du diabète, activité antihypertensif et contraceptive oral (Ramadan and Oraby, 2020). Il est largement employé en médecine alternative pour calmer la toux, traiter les maladies cutanées et hépatiques, comme diurétique, pour les désordres gastro-intestinaux, aider à la repousse capillaire, favoriser la lactation, ainsi que pour ses propriétés antioxydantes, antihypertensives, anti-inflammatoires et antidiabétiques (Shambayati et al., 2025, Abdulmalek et al., 2021).

Les feuilles de cresson se consomment crues ou cuites, tandis que ses graines, fraîches ou séchées servent à relever les plats par leur goût poivré. Bouillies, Les graines sont consommées en boisson, moulues dans du miel ou en infusion dans du lait chaud. La racine s'utilise en condiment et les pousses sont intégrées dans les sandwiches. La pâte de graines soulage les douleurs articulaires et l'enflure. Mastiquées, Les graines calment la gorge irritée, l'asthme et les céphalées, prise en grande quantité, elles sont utilisées pour provoquer l'avortement. Pilées dans l'eau, elles sont conseillées contre le hoquet et les troubles gastriques. On les considère également comme galactogènes, emménagogues et laxatives, et elles servent à panser des humains et des animaux (Zia-Ul-Haq et al., 2012).

Des études ont montrées que les graines de *L. sativum* (l'extrait méthanolique) accroissent le taux de fibrinogène, influençant la coagulation sanguine. Riches en acides arachidique et linoléique, elles améliorent la mémoire. Grace à sa teneur élevée en fer et protéines, elles augmentent la masse maigre. Leur consommation régulière booste l'immunité et à lutter contre de nombreuses maladies. Elle agit comme tonique général, augmente la libido. Bénéficie les yeux grâce au carotène (Ramadan and Oraby, 2020).

2.10 Activité pharmacologique de *L. sativum*

2.10.1 Activité anti-inflammatoire

Les graines de *L. sativum* possèdent des propriétés médicinales, notamment anti-inflammatoires. La présence de flavonoïdes, d'alkaloïdes, de glycosides cyanogènes (traces), de tanins, de glucosinolates, de stérols et de triterpènes dans les GC contribue à cet effet (Lahiri and Rani, 2020). Dans une étude menée par Shadmani et al. (2018), qui ont évalué l'effet des extraits méthanoliques de racines de *Cissus quadrangularis* et de graines de *L. sativum*, seuls ou en combinaison, chez des rats. Les doses administrées oralement étaient de 50, 100 et 200 mg/kg. A 50 mg/kg et notent une

Chapitre II : *Lepidium sativum*

activité anti-inflammatoire puissante, proche de celle du diclofénac sodique (100 mg/kg), tandis que les doses plus élevées ont montré une activité modérée.

2.10.2 Activité antibactérienne

Les plantes médicinales sont considérées comme de nouvelles ressources pour la production d'agents pouvant servir d'alternatives aux antibiotiques dans le traitement des bactéries résistantes aux antibiotiques (Al-Mariri and Safi, 2014). La croissance de la résistance aux antibiotiques chez les souches bactériennes et les effets indésirables des antibiotiques de synthèse offrent une piste pour exploiter des plantes à fort potentiel médical dans le traitement des infections bactériennes ((Hekmatshoar et al., 2022). De nombreuses études ont démontré l'efficacité de l'extrait de *L. sativum* contre les souches bactériennes et les agents pathogènes, ces propriétés antimicrobiennes étaient dues à la présence d'isothiocyanate de benzyle (Ramadan and Oraby, 2020). Plusieurs études confirment l'intérêt de *L. sativum* comme alternative naturelle aux antibiotiques, en particulier contre les bactéries résistantes, récapitulé par Hekmatshoar et al. (2022) (**tableau 2**).

Tableau 2. Activité antimicrobienne de divers extraits de *L. sativum* (Hekmatshoar et al., 2022)

<i>Lepidium sativum</i>	Activité antimicrobienne
Extraits de graines à l'éther de pétrole, au méthanol et à l'eau	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> et <i>Candida albicans</i>
Extrait de graines	<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Bacillus cereus</i>
Extrait de graines	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella enterica</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> et <i>Candida albicans</i>
Extrait au chloroforme et au méthanol	<i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella typhi</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> et <i>Fusarium solani</i>
Extraits à l'éthanol, au méthanol et au chloroforme	<i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Shigella sonnei</i>
Extraits de graines au méthanol et à l'acétate d'éthyle	<i>Rhodococcus equi</i>
Extraits de plantes entières à base d'eau, de méthanol et d'éthanol	<i>Escherichia coli</i> multi résistante aux antibiotiques
Extrait brut de graines	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> et deux espèces de champignons (<i>Aspergillus niger</i> et <i>Candida albicans</i>)

Sur la base des résultats obtenus dans une étude menée par Al-Marzoqi et al. (2016), les composés actifs d'une même plante peuvent avoir des effets variables sur différents agents pathogènes, en fonction de leur concentration. Les bactéries Gram-positives se sont révélées plus

sensibles aux extraits de *L. sativum* que les bactéries Gram-négatives, probablement en raison de l'absence de membrane externe, cette dernière jouant un rôle de barrière protectrice chez les Gram-négatives. En effet, les Gram-positives ne possèdent qu'une seule membrane cellulaire ce qui rend leurs structure plus accessibles aux composés actifs. Cette étude suggère que les alcaloïdes et terpènes présent dans *L. sativum* agissent en perturbant la paroi cellulaire, les protéines et la synthèse de l'ADN bactérien. Leur caractère hydrophobes leur permet de s'insérer dans les membranes lipidiques, provoquant une fuite des constituants intracellulaires, en particulier au niveau des mitochondries, entraînant ainsi la mort cellulaire.

2.10.3 Activité anti oxydante et antidiabétique

Les graines de *L. sativum* possèdent une activité antiradicalaire DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) élevée, comparable à celle du BHA (butylhydroxyanisole), un capteur de radicaux libres standard (Ramadan and Oraby, 2020).

Le stress oxydatif résultant d'une hyperglycémie chronique entraîne de nombreuses complications du diabète et des troubles et dysfonctionnements de différents organes. Dans une étude de Doghmane et al. (2021), qui visait à évaluer l'effet hépatoprotecteur des GC dans l'alimentation sur la réduction de l'hyperglycémie et des dommages causés par le stress oxydatif chez des rats diabétiques, en testant des doses alimentaires de 2% et 5%. Après 28 jours, le groupe recevant 5% de graines a montré une meilleure protection en réduisant l'hyperglycémie, le stress oxydatif (baisse des malondialdéhyde) et en augmentant le glutathion, avec une amélioration des profils lipidiques et hépatiques observée à l'histologie. Ainsi, l'administration de 5% de GC s'avère plus efficace que 2% pour contrôler le diabète et ses complications chez le rat.

Mohamed M. Elghazaly (2020) a étudié les effets hypoglycémisants de la poudre de graines de *L. sativum* (20 mg/kg) chez les rats Wistar diabétiques induits par la streptozotocine (STZ, 40 mg/kg). L'administration de cresson a permis une baisse significative de la glycémie, des enzymes cardiaques et du malondialdéhyde (MDA), tout en augmentant les taux d'insuline et d'enzyme antioxydant (Superoxyde dimutase, Glutathion-S-Transférase, catalase). Ces résultats montrent l'efficacité du cresson dans la prévention et la gestion du diabète et de ses complications, notamment au niveau du stress oxydatif et de la protection cardiaque.

Attia et al. (2019) ont évalué les effets hypoglycémisants et antioxydants de l'extrait méthanolique des graines de *L. sativum* chez des rats males albinos rendus diabétiques par l'alloxane. L'induction du diabète a entraîné une augmentation de la glycémie, de l'hémoglobine glyquée (HbA1c), des

Chapitre II : *Lepidium sativum*

enzymes hépatiques (Alanine aminotransferase (ALAT) et l'aspartate aminotransferase (ASAT), Gamma- glutamyltransferase, Alkaline phosphatase), du stress oxydatifs, des lipides sanguins (triglycéride, HDL, LDL et cholestérol) et une diminution des antioxydants. Le traitement avec *L.sativum* a permis une réduction significative de la glycémie et une amélioration du profil lipidique, des marqueurs antioxydants et des altérations histopathologiques du pancréas. L'extrait a ainsi montré une efficacité dans le contrôle du diabète et le stress oxydatif.

Dans une autre étude Eddouks et al. (2005) ont évalué l'effet hypoglycémiant de l'extrait aqueux des graines de *L. sativum* chez des rats normaux et diabétiques induits par streptozocine. Une administration orale unique ou répétée pendant 15 jours à la dose de 20 mg/kg a entraîné une diminution significative de la glycémie chez les rats diabétiques et une normalisation des taux de glucose après deux semaines de traitement. Une réduction significative a aussi été observée chez les rats normaux, sans modification des concentrations d'insuline plasmatique, suggérant un effet indépendant de la sécrétion d'insuline.

Qusti et al. (2016) ont évalué l'effet de l'extrait méthanolique des GC à 20% (p/p) combiné à la cannelle chez des rats diabétiques induit par la streptozotocine. Le groupe diabétique non traité a présenté une forte augmentation de la glycémie à jeun, du stress oxydatif (peroxyde lipidique), des marqueurs rénaux (urée, créatinine, acide urique, albumine urinaire), des électrolytes et des lésions histologiques. En revanche, le traitement avec 20% de GC et de cannelle a significativement réduit la glycémie et amélioré les paramètres biochimiques et histologiques, les rapprochant des valeurs normales. Ces effets sont attribués à l'activité antioxydante des composés phénoliques contenus dans les extraits.

Ramadan et al. (2021) ont évalué aussi les effets des extraits méthanoliques de GC, de feuilles de figuier (*Ficus carica*) et de grenade (*Punica granatum*) chez des rats diabétiques induits par la streptozotocine. Les extraits ont été administrés par voie orale à des doses de 100 et 200 mg/kg pendant 5 semaines. Les résultats ont montré que les extraits de *L. sativum* et *Ficus carica* ont réduit significativement la glycémie, les taux de lipides ainsi que les marqueurs hépatiques et rénaux. Une réduction marquée de l'HbA1c a été observée à la dose de 200 mg/ kg. L.

2.10.4 Activité immunostimulante

Mahassni and Khudauardi (2017) ont évalué l'effet des GC sur le système immunitaire et l'état général de souris males Swiss Albino. Un extrait aqueux de graines moulues a été administré par gavage pendant 19 à 21 jours à deux doses : faibles (0.5 ml, 4 mg) et élevée (1 ml, 4 mg) tandis que

le groupe témoin recevait une solution saline. Les résultats ont montré, par rapport au témoin, une augmentation significative du nombre moyen de globules blancs, de l'hémoglobine, du poids corporel et de certains organes (foie, reins, rate, poumons, cœur, thymus) chez les souris traitées, avec des effets plus marqués dans le groupe à forte dose. Ces résultats suggèrent un effet immunostimulant du cresson.

2.10.5 Activité atténuant les effets de l'hyperthyroïdie

Mohamed Naguib Ahmed and Ahmed Shelbayeh (2018) ont étudié l'effet de la poudre de GC sur l'hyperthyroïdie induite par L-thyroxine chez 36 rats albinos femelles (200 $\pm$ 10 g). Les animaux ont été répartis en groupes recevant un régime basal enrichi en 5, 10, 15 ou 20% de GC pendant 60 jours. Les résultats ont montré une amélioration significative des paramètres thyroïdiens (T3, T4, TSH), du profil lipidique (Triglycéride, cholestérol total, HDL, LDL) et des fonctions hépatiques et rénales (ASAT, ALAT, créatinine, acide urique) avec les meilleurs effets observés à 20% suivis de 15%. Ainsi, l'ajout de GC à l'alimentation a contribué à réduire les effets de l'hyperthyroïdie et à améliorer l'état nutritionnel.

2.10.6 Activité hypolipidémiante et cardioprotecteur

Dans une étude de Amawi and Aljamal (2012) visant à examiner les effets de l'extrait de *L. sativum* sur la glycémie et le profil lipidique chez des rats hypercholestérolémiques. Après induction de l'hypercholestérolémie avec un régime de 4% de cholestérol, les rats ont reçu 20 mg/kg d'extrait de *L. sativum* par voie orale pendant 4 semaines. Ce traitement a permis de diminuer la glycémie de 30%, le cholestérol de 22%, les triglycérides de 25%, le LDL de 23% et d'augmenter le HDL de 32% par rapport au groupe témoin, montrant ainsi un effet bénéfique sur le métabolisme glucidique et lipidique

Salama et al. (2019) ont évalué les effets hypolipidémiants et cardioprotecteurs des GC chez des rats nourris avec un régime riche en graisse, comparés à l'atorvastatine (15 mg/kg/jour). Deux doses de poudre de GC (10% et 15%) ont été testées. Les résultats montrent que le régime riche en graisse a augmenté significativement les taux de CRP, cholestérol total, triglycéride, LDL et a diminué l'HDL. Les deux doses de GC ont significativement réduit la CRP et amélioré le profil lipidique. La dose de 15% a montré une efficacité comparable à l'atorvastatine, indiquant un fort potentiel cardioprotecteur naturel.

Mohamed and Safwat (2016) ont évalué l'effet protecteur des GC contre la cardiotoxicité induite par 5-fluorouracile (5-FU) chez des rats albinos. Les animaux ont été divisés en trois groupes : contrôle (solution saline), 5-FU seul (150 mg/kg/jour, injection au 5e jour) et 5-FU + extrait de GC (550 mg/kg/jour par voie orale pendant 8 jours). Le traitement au 5-FU a provoqué une augmentation des enzymes cardiaques des marques de stress oxydatif et une altération du profil lipidique, traduisant une atteinte cardiaque. En revanche, l'administration de GC a significativement réduit ces anomalies et amélioré les marqueurs antioxydant et limité les lésions cardiaques, démontrant son potentiel cardioprotecteur et anti-inflammatoire.

2.10.7 Activités prokinétiques et laxatives

L'extrait méthanolique de graines de *L. sativum* a révélé des propriétés prokinétiques et laxatives chez des souris, effets partiellement inhibés par l'atropine. Sur des préparations isolées de l'intestin de souris et de cobaye, l'extrait a induit des effets stimulants dépendant de la concentration, notamment au niveau du jéjunum et de l'iléon. Ces effets ont été bloqués en présence d'atropine, suggérant que l'action prokinétique et laxative de *L. sativum* chez la souris est médiée par un mécanisme cholinergique (Ramadan and Oraby, 2020).

2.10.8 Activités antiasthmiques

Les graines de *L. sativum* ont été impliquées dans le traitement de l'asthme. L'effet bronchodilatateur des GC sur le bronchospasme induit chez le cobaye a été exploré. L'extrait éthanolique et ses fractions (éthyl acétate, n-butanol, méthanol) ont été testés à différentes doses, et la fraction n-butanol a montré une protection hautement significative contre le bronchospasme provoqué par l'aérosol d'histamine et d'acétylcholine. Son efficacité a été comparable à celle des médicaments de référence tel que le Kétotifène (1mg/kg) et à l'atropine sulfate (2 mg/kg) utilisés comme standards. Les résultats confirment le potentiel du *L. sativum* comme agent bronchodilatateur naturel (Mali et al., 2008).

2.10.9 Activités anticancéreuses

L'extrait méthanolique de *L. sativum* a été étudié par R and P.K (2022). Pour ses propriétés antioxydantes et anticancéreuses sur les cellules cancéreuses mammaires MCF-7. Deux types d'extraits (Soxhlet et l'extrait méthanolique brut) ont été testés à différentes concentrations, montrant une toxicité dose-dépendante sur les cellules cancéreuses. Les valeurs de CI_{50} obtenues étaient de 136,75 μ g/ml et 88,49 μ g/ml, respectivement comparées à 8,72 μ g/ml pour la quercétine

standard. À leurs concentrations de CI_{50} , les valeurs correspondantes de cytométrie en flux basée sur le pourcentage de mort cellulaire étaient de $31,5 \pm 3 \%$ et $32,4 \pm 5,6 \%$, tandis que celles de la quercétine étaient de $36,9 \pm 7,4 \%$. Une synergie dans la mort cellulaire a été observée pour une combinaison d'extraits de *L. sativum* et de quercétine. Ce qui suggère un potentiel pour une thérapie combinée. Dans une autre étude menée par Mahassni and Al-Reemi (2013) a démontré que l'extrait aqueux de *L. sativum* exerce un effet cytotoxique significatif sur les cellules cancéreuses mammaires humaines MCF-7, principalement grâce à la présence d'isothiocyanates, en particulier à l'isothiocyanate de benzyle. Cet effet a été temps et dose-dépendant, avec une diminution nette de la viabilité cellulaire, tandis que les cellules normales sont beaucoup plus résistantes à l'extrait. Ces résultats suggèrent un potentiel intéressant de cet extrait naturel pour inhiber la croissance des cellules cancéreuses du sein.

2.10.10 Activités ostéoprotectrice

Dans une étude de Abdallah et al. (2020) qui visait à évaluer l'effet ostéoprotecteur des graines de *L. sativum* chez des rates ovariectomisées, à deux doses (50 et 100 mg/kg), en comparaison avec le 17β -estradiol comme étalon de référence positif. Les résultats ont montré que l'extrait de *L. sativum* réduit la perte de masse osseuse (compression fémorale) et augmente les biomarqueurs de formation osseuse comme la LDH (lactate déshydrogénase) et l'ostéocalcine. Il a également amélioré les activités antioxydantes, réduit les peroxydes lipidiques et limite les marqueurs de résorption osseuse. La caractérisation des métabolites suggère que les glucosinolates, les lignanes, les coumarines, les acides phénoliques et les alcaloïdes interviennent de manière synergique dans ces effets anti-ostéoporotiques.

Arafa and El-kholey (2021) ont examiné l'effet des GC sur l'ostéoporose induite par la prednisolone chez 60 rats femelles albinos (200 ± 10 g). Les animaux ont été répartis en un groupe témoin, un groupe positif (ostéoporose) et quatre groupes recevant des régimes contenant 2.5%, 5%, 7.5% et 10% de poudre de GC pendant 6 semaines. Les résultats ont montré une amélioration significative de la densité minérale osseuse, des niveaux de calcium et de phosphore sériques, ainsi qu'une amélioration des fonctions hépatiques et rénales par rapport au groupe ostéoporotique non traité. L'effet le plus marqué a été observé avec un taux de 7.5% de GC, indiquant leur potentiel en prévention et traitement de l'ostéoporose.

2.10.11 Activité antianémique

Shehata (2021) a évalué l'effet de biscuits enrichis en graines entières de cresson et en fruits de physalis sur l'anémie ferriprive chez les rats. Les biscuits ont été préparés en remplaçant la farine de

blé par 5 ou 10% de graine entières de cresson et 10% de fruits de physalis. La formule contenant 10% de graine entières de cresson et 10% de fruits de physalis ont présenté les niveaux les plus élevés en fer, vitamine C, protéines et activité antioxydante, en plus d'être la plus appréciée sensoriellement. Chez les rats anémiques, ces biscuits ont entraîné une amélioration significative de l'hémoglobine, du fer sérique, de la ferritine, des protéines et du glucose sanguin, ainsi qu'une meilleure accumulation de fer dans la rate et le foie, avec une régénération de la moelle osseuse. Ces résultats montrent que l'incorporation de 10% de graine entières de cresson et 10% de fruits de physalis dans les biscuits pourrait aider à prévenir ou corriger l'anémie.

2.10.12 Activité néphroprotectrice

Nasef and M. Khateib (2021) ont étudié les effets thérapeutiques de la poudre de GC sur la néphropathie induite par la gentamicine chez des rats diabétiques. Trente rats males ont été répartis en deux groupes : un groupe témoin et un groupe atteint de néphropathie induite. Ce dernier a ensuite été subdivisé en sous-groupes recevant des régimes enrichis en poudre de GC à 5%, 7.5% et 10% pendant 45 jours. Les résultats ont montré une réduction significative des taux de glucose, des marqueurs de la fonction hépatique et rénale, du stress oxydatif, et une augmentation des enzymes antioxydantes. Le groupe recevant 10% de poudre de GC a présenté les meilleures améliorations. En conclusion, les GC possèdent des propriétés hypoglycémiantes et protectrices pour les reins chez les rats diabétiques traités à la gentamicine.

Abdel-Baky (2019) a évalué l'effet modulateur de l'extrait aqueux de graines de *L. sativum* (300 mg/kg) sur la néphrotoxicité induite par le nitrite de sodium (50 mg/kg) chez des rats males. Les résultats montrent que le nitrite de sodium augmente significativement les taux de sodium, chlorure, calcium, urée et acide urique, tout en diminuant le potassium sérique. L'administration de *L. sativum* a atténué ces altérations en améliorant les niveaux d'enzymes antioxydantes et en réduisant le stress oxydatif, suggérant un effet protecteur sur la fonction rénale.

2.10.13 Activité hépatoprotectrice

Une étude de Abuelgasim et al. (2008) a évalué l'effet de *L. sativum* contre les lésions hépatiques induites par le tétrachlorure de carbone (ccl₄) chez 20 rats albinos. Les animaux ont été répartis en quatre groupes : témoin, ccl₄ seul, et ccl₄ + *L. sativum* aux doses de 400 mg/kg de poids vif. Après 10 jours le ccl₄ a provoqué une augmentation significative des enzymes hépatiques et de la bilirubine, ainsi que des lésions histologiques sévères. En revanche, les rats traités avec *L. sativum* a

exercé un effet protecteur contre la toxicité hépatique induite par le CCl_4 , surtout à la dose de 400 mg/kg.

Dans une autre étude réalisée par Rabia et al. (2024) en Algérie, qui visait à évaluer l'effet hépatoprotecteur de l'extrait méthanolique de *L. sativum* contre la toxicité hépatique induite par des doses élevées de paracétamol chez la souris. Les animaux ont été répartis en quatre groupes : témoin, paracétamol seul, extrait méthanolique de GC (200mg/kg) + paracétamol, et extrait méthanolique de GC (400 mg/kg) + paracétamol. L'évaluation histologique a révélé que l'administration de l'extrait de *L. sativum* a permis de réduire les lésions hépatiques causées par le paracétamol, avec une amélioration notable de la structure du foie. Ces résultats suggèrent un potentiel effet protecteur du foie de *L. sativum*.

2.11 Effets de *L. sativum* sur le poulet de chair

2.11.1 Effets sur les performances de croissance et la digestibilité

Dans le but d'évaluer le rôle de *L. sativum* comme additifs alimentaires en tant qu'alternative à l'oxytétracycline comme promoteur de croissance. Une étude de AL-Bawi et al. (2019) a évalué l'effet de différentes concentrations de graines de *L. sativum* (1, 2 ou 3 g/kg) comme additif alimentaire comparé à l'oxytétracycline sur les performances du poulet de chair. Les résultats montrent que les groupes recevant les doses de 2 et 3 g/kg ont significativement amélioré le gain de poids et l'indice de consommation, avec des performances comparables ou supérieures à l'antibiotique.

Dans une autre menée par Shoukary (2019) qui ont évalué l'effet de l'ajout de GC (0.5%, 1% et 1.5%) dans l'alimentation de coqs d'un mois sur 5 semaines sur les performances de croissance, les caractéristiques de la carcasse et le comportement des poulets de chair. Les résultats montrent que la supplémentation à 1% a eu les meilleurs effets, améliorant le poids vif, le gain de poids, la consommation d'aliment, l'efficacité alimentaire ainsi que les indices comportementaux. Elle a aussi augmenté significativement les taux de protéines et de globulines sériques, et amélioré le rendement économique des poulets.

2.11.2 Effets hypoglycémiant et hypolipidémiant

Shawle et al. (2016), dans leurs étude qui avait pour but d'évaluer l'effet de l'ajout de GC dans l'alimentation de poulets de chair à différents taux : 0% (témoin), 0.75%, 1.5 % et 2.25 % jusqu'à

l'âge de 42 jours. L'inclusion de cresson a amélioré significativement l'ingestion alimentaire, le gain de poids, ainsi que certains paramètres sanguins (hémoglobine, volume globulaire, nombre de globules rouges) et a réduit la glycémie, les triglycérides et le cholestérol, sans effet négatif sur la santé des volailles. Le meilleur niveau recommandé était de 0.75% pour optimiser les performances et la santé des poulets.

2.12 Toxicité

Les études de toxicité des extraits méthanoliques de *L. sativum* chez la souris et des extraits éthanoliques chez le rat n'ont montré aucun symptôme de toxicité ou de mortalité. Cependant, un gain significatif de poids corporel chez les souris a été rapporté après l'administration d'extrait méthanolique pendant une durée prolongée (90 jours) à raison de 100 mg/kg par jour. Des effets similaires ont été rapportés après l'administration d'extrait méthanolique chez le rat. Par conséquent, *L. sativum* semble être sans danger (Ghante et al., 2011). Cependant, Adam (1999) a évalué la toxicité des graines de *L. sativum* chez des rats albinos Wistar. Un régime contenant 2% de GC était non toxique, le régime à 10% était toxique mais non létal, tandis que celui de 50% pendant 6 semaines était létal, entraînant une baisse du taux de croissance et des lésions au niveau de l'intestin, du foie et des reins. Des cas d'anémie et de leucopénie ont été observés, associés à des altérations des activités des enzymes hépatiques (ASAT, ALAT) et des niveaux de protéines, cholestérol, urée et autres constituants sériques. Cette toxicité peut être expliquée par la présence de composés antinutritionnels, tels que les tanins, l'acide oxalique, les composés cyanogènes et l'acide phytique dans les graines de *L. sativum* (Singh and Paswan, 2017).

Chapitre 3

3.1 Composition chimique

Bien que les graines et l'huile de graines de *L. sativum* aient suscité un vif intérêt ces dernières années, la composition, les propriétés physicochimiques et les activités biologiques de son huile de graines originaire d'Afrique du Nord restent encore relativement peu explorées (Rezig et al., 2022).

L'huile de graines de cresson (HGC) est une bonne source de macrominéraux et d'oligoéléments tels que le calcium, le cuivre, le fer, le magnésium, le manganèse, le phosphore, le potassium, le sodium et le zinc (**Tableau 3**).

Tableau 3. Composition nutritionnel de l'huile de graines de cresson (Musara et al., 2020)

Composition nutritionnelle			
Cendres (%)	4,25–15,07	α -Tocophérol (mg/100 g)	14,64–17,19
Calcium (mg/100g)	266,3	β -tocophérol (mg/100 g)	0,10
Carbone (%)	27,56	γ -Tocophérol (mg/100 g)	10,88–87,74
β -carotène (mg/100 g)	371,8	δ -tocophérol (mg/100 g)	6,74–111,5
Cuivre (mg/100g)	5,73	Lipides totaux (%)	28,03
Fibres brutes (%)	6,75	Glucides totaux (%)	32,8
Protéines brutes (%)	2.45–24.18	Zinc (mg/100g)	6,99
Hydrogène (%)	4,62	Sucre constitutif	
Fer (mg/100g)	8,31	Arabinose (%)	11,02–19,40
Lutéine (mg/100 g)	39,9	Fructose (%)	6,80
Magnésium (mg/100g)	339,2	Fucose (%)	0,31
Manganèse (mg/100g)	2,00	Galactose (%)	4,70–8,80
Humidité (%)	3,92–13,45	Galactose A (%)	6,95–8,00
Azote (%)	1,81	Galactose A + glucose A (%)	8,23
Phosphore (mg/100g)	608,6	Glucose (%)	1,00–2,41
Potassium (mg/100g)	1236,5	Glucose A (%)	1,27–6,7
Sodium (mg/100g)	19,65	Mannose (%)	0,73–38,9
α -Tocophérol (mg/100 g)	14,64–17,19	Rhamnose (%)	1,90–11,8
β -tocophérol (mg/100 g)	0,10	Xylose (%)	9,06
γ -Tocophérol (mg/100 g)	10,88–87,74	α -Tocophérol (mg/100 g)	14,64–17,19

Plusieurs acides aminés et acides gras (**Tableau 4**) ont été identifiés à partir de l'HGC, notamment des acides aminés essentiels tels que l'histidine, l'isoleucine, la leucine, la lysine, la méthionine, la phénylalanine, la thréonine, le tryptophane et la valine (Zia-Ul-Haq et al., 2012). Les principaux acides gras présents dans l'huile de graines de *L. sativum* sont l'acide oléique (18,5 % à 30,6 %), l'acide α -linoléique (10,9 % à 30,1 %) et l'acide α -linolénique (32,1 % à 35,6 %) (Moser et al., 2009, Nehdi et al., 2012, Zia-Ul-Haq et al., 2012, Rezig et al., 2022). Les constituants des acides aminés et des acides gras ainsi que d'autres propriétés physicochimiques de l'huile de graines de *L. sativum* font de l'HGC une source précieuse de ces nutriments. Les profils bioactifs variés des huiles de graines de *L. sativum* font de cette espèce un excellent choix pour les aliments fonctionnels et les applications nutraceutiques.

Chapitre III : Huile de *Lepidium sativum*

Tableau 4. Composition en acides aminés et en acides gras de l'huile de graines de *L. sativum* (Musara et al., 2020)

<i>Acide Lepidium sativum</i> (%)			
Acide aminé essentiel			
Histidine	3,87	Acide heptadécanoïque	0,05
Isoleucine	4,19	Acide 6-hepténoïque	0,05
Leucine	7,03	Ester méthylique de l'acide hexadécanoïque	9,83
Lysine	5,98	Acide 9,12-hexadécadiénoïque	1,10
Méthionine	0,51	Acide 7,10-hexadécadiénoïque	44,4
Phénylalanine	5,39	Acide 7,10,13-hexadécadiénoïque	9,90
Thréonine	3,76	Acide hexadécadiénoïque	0,04
Tryptophane	0,92	Acide 15-méthyl hexadécanoïque	4,30
Valine	6,21	Acide lignocérique	0,41
Acide aminé conditionnellement essentiel		Acide linoléique	7,60–12,9
Arginine	3,44	Acide α -linoléique	29,3–30
Cystéine	0,21	Acide α -linolénique	32,1–34,4
Glycine	5,08	Acide myristique	0,11
Proline	4,63	Acide myristoléique	0,04
Tyrosine	2,88	Acide 8-nonynoïque	0,08
Acide aminé non essentiel		Acide 9,12-octadécadiénoïque	0,40
Alanine	4,59	Acide 13,16-octadécadiénoïque	0,20
Acide aspartique	12,07	Acide 10-octadécénoïque	1,40
Acide glutamique	24,29	Acide 11-octadécénoïque	15,5
Sérine	4,18	Acide 7-octadécynoïque	0,20
Acide gras		Ester méthylique de l'acide octadécadiénoïque	12,4
Acide arachidique	2,10–3,92	Ester méthylique de l'acide octadécanoïque	5,00–20,8
Acide béhénique	0,60–0,99	Ester méthylique de l'acide octadécatriénoïque	26,71
Acide caprique	0,10	Acide oléique	18,5–30,6
Acide cyclopropanepentanoïque, 2-undécyle	0,20	Acide palmitique	9,03–10,3
Acide décanoïque	0,04	Acide palmitoléique	0,15–0,70
Acide 13-docosénoïque	0,10	Acide pentadécanoïque 0,05	0,05
Acide dodécanoïque	0,04	Acide pentadécénoïque	0,04
Acide eicosénoïque	11,07	Acide stéarique	1,90–3,28
Acide eicosaénoïque	13,40	Acide 15-tétracosénoïque	5,70
Acide eicosadiénoïque	0,30–0,71	Acide tétracosanoïque	0,90
Acide eicosatriénoïque	0,45–0,62	Acide tétradécanoïque, 12-méthyl	0,07
Ester méthylique de l'acide eicosénoïque	5,65	Acide triacontanoïque	0,09
Acide érucique	3,00–4,51	4-tridécén-6-yne	0,10
Acide gondoïque	11,1–12,01	Acide undécanoïque	0,07
Acide hénéicosanoïque	1,30	Acide vaccénique	1,30–1,40

Une alimentation riche en huiles de graines de *L. sativum* fournira l'équilibre indispensable entre oméga-6 et oméga-3. De même, Diwakar et al. (2008) ont soutenu que l'HGC est plus stable grâce à la présence d'un rapport plus équilibré entre acides gras monoinsaturés (AGMI) et AGPI et

à une concentration élevée en antioxydants dans l'huile. La composition en acides gras de l'HGC est intéressante d'un point de vue nutritionnel en raison de sa teneur élevée en acides gras insaturés, notamment en acide gras oméga-3, bénéfique pour la protection contre les maladies neurodégénératives.

D'autres composés phytochimiques isolés de l'huile de graines de *L. sativum* comprennent les huiles essentielles, les flavonoïdes, les isoflavonoïdes et les phytostérols (**tableau 4**) (Musara et al., 2020). La teneur en acide érucique, fréquente chez les Brassicacées, était inférieure à 5 % et conforme aux normes de l'Organisation Mondiale de la Santé pour la teneur en acide érucique des huiles alimentaires (Diwakar et al., 2009).

L'HGC est très riche en acide oléique qui est un nutriment bioactif dont la capacité à traverser la barrière hémato-encéphalique a été démontrée. Il contribue ainsi à prévenir et/ou à traiter les troubles neurologiques, tels que la maladie d'Alzheimer et la maladie de Parkinson, qui deviennent plus fréquents avec l'âge (Rezig et al., 2022).

3.1.1 Métabolites secondaires

3.1.1.1 Teneur en tocophérols

Selon Moser et al. (2009), L'HGC contenait des quantités élevées de tocophérols gamma (γ) (1422 ppm) et de tocophérols delta (δ) (356 ppm) (voir **figure 4**), mais des quantités minimales de tocophérols alpha (α) et beta (β) (21 ppm et 0 ppm respectivement).

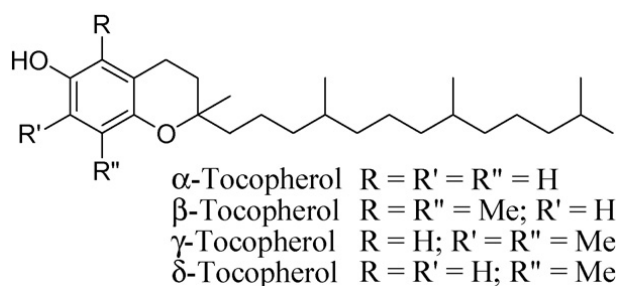


Figure 4. Structures chimiques des α , β , γ et δ tocophérols présents dans les huiles de cresson (Moser et al., 2009)

Ce taux exceptionnellement élevé de tocophérol pourrait faire de l'HGC une source industrielle prometteuse d'antioxydant naturel. En effet, la concentration totale en tocophérols dans l'HGC atteint 1799 ppm. A titre de comparaison, la majorité des huiles végétales brutes contiennent

généralement moins de 1000 ppm de tocophérols totaux, à l'exception des huiles de maïs (1175 ppm) et celle de coton (1000 ppm) (Moser et al., 2009).

Les tocophérols sont reconnus pour leur rôle majeur dans la prévention de la dégradation oxydative des acides gras polyinsaturés présents dans la plupart des plantes, grâce à leurs propriétés lipophiles et à leur nature antioxydante (Rezig et al., 2022).

Selon Saloua et al. (2009), parmi les différents tocophérols, l' α -tocophérol est le plus apprécié pour la consommation humaine et animale en raison de sa forte activité biologique. Cependant, le γ -tocophérol présente une capacité antioxydante supérieure à celle de l' α -tocophérol.

3.1.1.2 Teneur en phytostérols

Les phytostérols également appelés cholestérols végétaux, doivent leur nom à leur grande similitude structurale avec le cholestérol. La présence d'un groupement méthyle (campestérol) ou éthyle (sitostérol) supplémentaire en position C-24 ou encore d'une double liaison supplémentaire en position C-22 (brassicastérol ou stigmastérol) les distingue du cholestérol. Ces composés ont récemment suscité un vif intérêt scientifique en raison de leurs propriétés hypolipémiantes, anti-athérogènes et immunomodulatrices. De plus, les phytostérols sont capables de franchir la barrière hémato-encéphalique et de s'accumuler dans le cerveau, ce qui leur confère un rôle potentiel dans la modulation des voies cérébrales impliquées dans les processus neurodégénératifs (Sharma et al., 2021).

Les principaux phytostérols identifiés dans l'HGC sont le sitostérol (5,82 mg/g), le campestérol (3,95 mg/g) et l'avénastérol (3,44 mg/g). Parmi les autres stéroïdes détectés figurent le cholestérol (0,50 mg/g), le stigmastérol (0,30 mg/g), le dihydrolanostérol (0,25 mg/g) et l'amyrine (0,16 mg/g)

Comme pour la majorité des huiles végétales, le principal phytostérol présent dans l'HGC est le sitostérol. La concentration totale en phytostérols dans cette huile est de 14,41 mg/g, ce qui dépasse largement la fourchette habituelle observée dans la plupart des huiles végétales, généralement entre 1 et 5 mg/g. Il est également à noter que l'huile de cresson ne contient aucune trace de brassicastérol, un composé qui présente habituellement entre 5 et 20 % des phytostérols des huiles provenant d'autres plantes de la famille des Brassicacées, comme l'huile de colza, de canola ou de moutarde (Moser et al., 2009) (**Figure 5**)

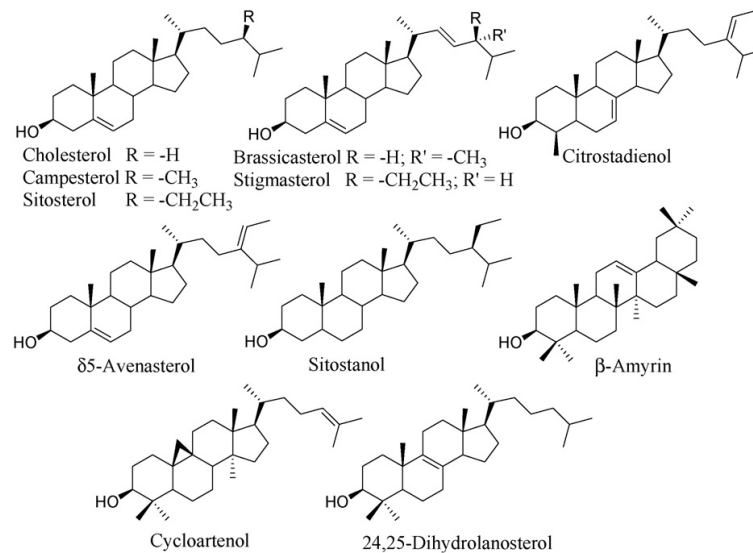


Figure 5. Structures chimiques des phytostérols présents dans les huiles de cresson (Moser et al., 2009)

3.1.1.3 Teneurs totales en polyphénols et flavonoïdes

Grâce à leur diversité chimique, les composés phénoliques phytochimiques ont la capacité de protéger les cellules contre l'oxydation. De plus, les polyphénols sont reconnus non seulement pour leurs bienfaits potentiels sur la santé, mais aussi pour leur aptitude à prévenir diverses maladies chroniques, notamment le cancer et l'hypertension artérielle. Ils jouent également un rôle important, les polyphénols, qu'ils soient d'origine naturelle ou synthétisés, aident efficacement à combattre les maladies neurodégénératives et le vieillissement cérébral. À ce jour, aucune étude n'a examiné les teneurs totales en polyphénols et flavonoïdes de l'HGC (Rezig et al., 2022).

3.2 Propriétés physicochimiques de l'huile de graines de cresson

3.2.1 Propriétés physiques de l'huile de graines de cresson

3.2.1.1 Couleur

La coloration de toute huile influence l'attraction du consommateur et l'acceptabilité du produit. L'huile de cresson présente une teinte jaune pâle due à la présence de pigments de chlorophylle et de caroténoïdes, qui sont parfois extraits involontairement lors du processus d'extraction de l'huile (Zia-Ul-Haq et al., 2012, Singh and Paswan, 2017). Diwakar et al. (2009) ont étudié les propriétés physicochimiques de l'HGC obtenu par différentes méthodes : pression à froid, solvant, et CO₂ supercritique. Ils ont observé que la couleur de l'huile extraite par Soxhlet était d'un jaune foncé,

tandis que celle obtenue par pression à froid avait une teinte jaune claire. Par conséquent, la teinte plus foncée de l'huile extraite par solvant, pourrait être due aux pigments extraits avec l'huile.

3.2.1.2 Viscosité

La viscosité de l'HGC varie entre 53,8 à 64,3 (**tableau 5**). L'HGC pressée à froid est plus visqueuse que celle extraite par les autres méthodes. L'augmentation de la température d'extraction accroît initialement la viscosité, mais au-delà d'une certaine température, celle-ci diminue. Il a été démontré qu'un pH élevé, un faible pourcentage d'eau, un faible taux de graines, ainsi que des températures d'extraction modérées, conduisent à une viscosité élevée dans l'extrait de *L. sativum*. La viscosité influence le comportement d'écoulement des produits et est un critère important dans la formulation de produit liquide ou semi-solide (Singh and Paswan, 2017).

Tableau 5. Propriétés physicochimiques des graines de cresson extraites par diverses méthodes d'extraction (Diwakar et al., 2009)

Caractéristiques	Huile pressée à froid	Huile extraite au Soxhlet	Huile extraite au CO ₂ supercritique
Rendement en huile (% poids sec)	12,6 ± 0,87 ^a	21,54 ± 1,32 ^c	18,15 ± 1,20 ^b
Indice de réfraction (n _{Dt}) ¹	1,47 ± 0,001	1,47 ± 0,003	1,47 ± 0,002
Densité (g/ml) ²	0,91 ± 0,001	0,90 ± 0,001	0,91 ± 0,001
Viscosité (η) ³	64,3 ± 0,90 ^a	55,5 ± 0,37 ^b	53,8 ± 0,6 ^b
Indice de peroxyde (méquiv) peroxyde/kg d'huile)	0,70 ± 0,13 ^a	4,09 ± 0,16 ^c	2,63 ± 0,81 ^b
Acide gras libre (% oléique)	0,28 ± 0,02 ^a	0,39 ± 0,04 ^b	1,52 ± 0,28 ^c
Indice de saponification (mg KOH/g)	178,85 ± 0,46 ^a	182,23 ± 0,73 ^c	174 ± 0,82 ^b
Insaponifiable (g %)	1,65 ± 0,24 ^a	1,39 ± 0,10 ^b	1,16 ± 0,30 ^c
Indice d'iode (g d'I ₂ absorbé/100 g)	122 ± 0,70 ^a	131 ± 3,26 ^b	123 ± 1,68 ^a

Chaque valeur est une moyenne ± écart type de trois déterminations. Les valeurs d'une même ligne avec des exposants alphabétiques différents présentent une différence significative à $p < 0,05$.

¹n_{Dt} est l'unité de l'indice de réfraction (nD) pour la lumière de longueur d'onde égale à 589,3 nm à une température $t = 24$ °C. ²Détermination directe au pycnomètre à 33 °C.

³Viscosité déterminée à 25 °C MPa s-1. Données compilées à partir de : (Diwakar et al., 2009)

3.2.1.3 Indice de réfraction

Les valeurs élevées de l'indice de réfraction (allant de $1,47 \pm 0,03$ à $1,47 \pm 0,08$) reflètent un degré important d'insaturation dans ces huiles. Cet indice offre également des informations essentielles sur la pureté des huiles. Chaque huile possède une plage spécifique de valeurs pour cet indice, et un écart entre les valeurs mesurées et les normes établies peut suggérer une falsification de l'huile (Zia-Ul-Haq et al., 2012). L'indice de réfraction de l'HGC se situe dans la gamme des huiles comestibles, ce qui en fait un bon candidat pour renforcer le développement de nouveaux produits (Singh and Paswan, 2017).

3.2.1.4 Densité spécifique

La densité des GC (0,91) est proche de la densité du lait, ce qui suggère que les boissons peuvent être facilement enrichies avec la poudre de GC, permettant ainsi la formulation de diverses santé intégrant ces GC (Singh and Paswan, 2017).

3.3 Propriétés chimiques de l'huile de graines de cresson

Les propriétés chimiques aident à déterminer la stabilité de l'huile de GC et des produits mélangés développés. Cela aide également à déterminer la durée de conservation des produits alimentaires.

3.3.1 Acides gras libres et indice de peroxyde

Les taux d'acides gras libres (AGL) et l'indice du peroxyde (IP) de l'HGC obtenue par pression à froid sont plus faibles que ceux des huiles extraites par solvant ou au CO₂ supercritique (**Tableau 5**). L'AGL de l'huile extraite au CO₂ supercritique est plus élevé que celui de l'huile extraite par pression à froid ou par la méthode de Soxhlet. Cette dernière implique des températures élevées (60–80°C), ce qui peut expliquer l'élévation de l'IP. La réduction des AGL, améliore la stabilité de l'huile à température ambiante (25 ± 2°C). Les AGL de l'HGC (**tableau 5**) restent bas comparés à ceux d'autres huiles végétales en particulier en acide oléique (Singh and Paswan, 2017). Les AGL peuvent provenir d'une hydrolyse chimique (due à l'humidité) ou hydrolyse enzymatique (via les lipases). les faibles AGL indiquent une huile de bonne qualité, riches en triglycérides, ce qui est recherché pour les huiles alimentaires (Zia-Ul-Haq et al., 2012). L'IP faible dans l'HGC pressé à froid reflète une plus grande résistance au rancissement oxydatif à température ambiante (Singh and Paswan, 2017).

3.3.2 Indice d'iode

L'indice d'iode (II) permet d'évaluer le degré d'insaturation d'une huile ou d'une graisse, en se basant sur la quantité d'acides gras insaturés qu'elle contient. L'huile extraite par pression à froid ou avec du CO₂ supercritique présente un II généralement plus bas que celle obtenue par extraction au solvant (**Tableau 5**). Cette différence est due à la présence plus importante d'acides gras insaturés à longue chaîne, comme les oléfines, notamment les caroténoïdes et les scalènes. L'huile extraite par solvant contient aussi une quantité notable de caroténoïdes totaux que l'huile pressée à

froid. Ainsi, la teneur plus élevée en caroténoïdes pourrait expliquer l'II élevée dans l'HGC extraite au solvant (Singh and Paswan, 2017).

3.3.3 Indice de saponification

L'indice de saponification correspond à la quantité de milligrammes d'hydroxyde de potassium (KOH) nécessaire pour saponifier 1 g de graisse ou d'huile. Il reflète le poids moléculaire moyen ou longueur de chaîne des acides gras présents. Un indice élevé signifie une forte proportion d'acides gras à faible poids moléculaire. Pour l'HGC, cet indice varie entre 174,00 et 182,23, ce qui suggère une teneur modérée en acides gras de haut poids moléculaire, comparé à l'huile de palme (196-205), d'olive (188-196), de tournesol (186-196), de soja (188-195) et de carthame (186-196). Ainsi, cet indice est pertinent pour la fabrication ou l'enrichissement de divers produits (Diwakar et al., 2009).

3.3.4 Matière insaponifiable

Les matières insaponifiables comprennent des pigments, la chlorophylle et des composés hétérocycliques. Leur teneur dans l'HGC varie de 1,16 à 1,65 g/100 g selon la méthode d'extraction, une valeur plus élevée que celle mesurée dans l'huile de sésame (1,2%), le melon blanc (1,1%), le maïs (0,92%), le coton (0,52), la palme (0,34%), l'arachide (0,33), le palmiste (0,22), et huile de noix de coco (0,09). Cette richesse s'explique par la présence de lignane (29,4 %), de fibres brutes (16,5 %), de protéines (24,3 %) et de minéraux (5,4 %) dans les GC (Singh and Paswan, 2017).

3.4 Activités biologiques

3.4.1 Activité antioxydante

L'huile de graines et les extraits de *L. sativum* présentent un fort potentiel antioxydant, principalement en raison de leur richesse en composés phénoliques, de tocophérols et phytostérols. Parmi ses composés, les tocophérols jouent un rôle majeur en tant que piègeurs de radicaux libres, ce qui limite l'oxydation de l'huile. Ces substances participent à la prévention de certaines pathologies et ont une fonction nutritionnelle importante, notamment en tant que source de vitamine E. La teneur élevée en tocophérols dans l'HGC pourrait justifier son intérêt pour les produits diététiques ou biomédicaux (Ramadan and Oraby, 2020).

Par ailleurs, L'HGC contient des antioxydants naturels comme les vitamines A et E et l'eugénol, capables de protéger les cellules contre les radicaux libres et de prévenir l'oxydation ainsi que le rancissement (Singh and Paswan, 2017).

Adera et al. (2022) ont révélé l'activité antioxydante de l'huile en mesurant sa capacité à neutraliser le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), un sous-produit toxique de la cellule. L'activité antioxydante (DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle)) de l'huile de graines s'est avérée significativement supérieure à celle de l'extrait d'huile de feuilles, suggérant que l'huile de graines pourrait posséder de meilleures activités biologiques, une meilleure qualité d'huile et de potentielles applications pharmacologiques.

3.4.2 Activité antibactérienne

Plusieurs études antérieures confirment l'effet antibactérien de l'huile de GC. Almuhayawi et al. (2023) ont exploré l'activité antimicrobienne de l'huile de *L. sativum*, en particulier contre *Staphylococcus aureus*. Les résultats ont montré une zone maximale d'inhibition de 23 mm et une concentration minimale inhibitrice (CMI) efficace (80µg/ml), suggérant que cette huile pourrait être utilisée pour contrôler les infections bactériennes. L'amarrage moléculaire des composés d'HGC a révélé que la quercétine extraite a démontré une forte affinité pour les cibles génétiques de *S. aureus*.

Dans une autre étude visant à démontrer les activités antibactérienne, antioxydante et anti-inflammatoire de l'huile de GC. Alqahtani et al. (2019) ont testé l'huile extraite par hydro distillation contre plusieurs pathogènes : *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella enterica*, *Klebsiella pneumoniae* et *Candida albicans*. Les bactéries et les champignons testés ont été sensibles à l'huile, dont la CMI était de 47,5 mg/ml, à l'exception de *S. enterica*, qui présentait une CMI plus élevée de 90 mg/ml. L'huile a montré aussi une forte activité antioxydante et anti-inflammatoire.

3.4.3 Activité hypolipémiante

Les triglycérides sanguins ont tendance à endommager les cellules endothéliales vasculaires, entraînant des maladies cardiaques. Une alimentation riche en graisses entraîne une augmentation des taux de triglycérides due à l'hydrolyse de ces derniers par la lipoprotéine lipase, ce qui accentue l'accumulation hépatique. Youssef et al. (2014) ont étudié l'effet de l'ajout d'HGC (à 25, 50 et 75 %) dans le régime de rats hyperlipédimique, les résultats ont montré une diminution significative

des triglycérides, du cholestérol total, du LDL, du VLDL et des enzymes hépatiques (ASAT et ALAT) avec une légère augmentation du HDL. Ces effets pourraient être liés à plusieurs mécanismes : la richesse de l'HGC en AGPI qui réduisent la synthèse hépatique des acides gras et triglycérides. La présence des tocophérols (α , β , δ) et de composés phénoliques qui ont des effets antioxydant qui protège les lipides sanguins de l'oxydation et améliore le métabolisme lipidique. Cette diminution peut être due aussi à une activité élevée de la lipoprotéine lipase plasmatique, une enzyme impliquée dans l'hydrolyse des triacylglycérols plasmatiques ou à une réduction de l'excrétion du cholestérol grâce à une meilleure utilisation des acides biliaires.

3.4.4 Activité anti-inflammatoire

Alqahtani et al. (2019), dans leur travail concernant l'activité anti-inflammatoire de l'HGC extraite par Soxhlet en utilisant l'éther de pétrole comme solvant. Ces auteurs ont démontré la présence d'une protection concentration-dépendante de la membrane des globules rouges humains (GRH) par l'huile de graines de *L. sativum*. Les niveaux de protection observés étaient de 21 %, 11 % et 7 % pour des concentrations respectives de 300, 200 et 100 mg/ml. Comparés à un médicament standard (diclofénac Na), les pourcentages d'inhibition de l'hémolyse étaient significativement plus élevés, avec une stabilisation membranaire de 65 %, 63 % et 61 % aux concentrations respectives de 300, 200 et 100 mg/ml. Testées à 75 mg/ml, 150 mg/ml et 300 mg/ml, l'huile de graines de *L. sativum* a diminué la production de NO (monoxyde d'azote) par les macrophages de 56 %, 66 % et 69 %, respectivement. La valeur de la CI50 (concentration inhibitrice moyenne) était de 60 mg/mL, ce qui indique une activité anti-inflammatoire intéressante de l'huile de graines de *L. sativum*.

3.5 Huile de graine de cresson dans l'alimentation du poulet de chair

Dans la littérature, plusieurs études ont évalué l'effet de la poudre comme un additif naturel potentiel pour améliorer la santé des poulets de chair et contribuer à la production de produits avicoles plus sains pour les consommateurs (Negm et al., 2025). Cependant, peu d'étude ont évalué l'effet de l'HGC sur les performances et les paramètres du poulet de chair. Une seule expérience seulement ayant entamé le sujet mais elle visait à évaluer les effets de l'ajout d'huile de graine de citrouille et de cresson (0.5% d'huile de graine de citrouille ou 0,5% de HGC ou un mélange de 0.25% de chacune) dans l'alimentation des poules pondeuses sur leurs performances physiologiques et productives. Les résultats ont montré que les deux huiles séparément ou en mélange ont significativement amélioré : la production d'œufs, la masse d'œufs, les paramètres biochimiques

(cholestérol, triglycérides), les paramètres antioxydants, les réponses immunitaires (globuline, lymphocytes, hétérophiles) et la composition en acides gras des œufs (acide oléique, linoléique).

3.6 Toxicité

Dans une étude pour évaluer la toxicité aiguë et subchronique des graines et des feuilles de cresson menée par Datta et al. (2011), sur rats Wistar adultes. Des doses de 0,5 à 5 g/kg ont été administrées pendant 72 h sans causer de symptômes toxiques ni de mortalités. Dans l'étude subchronique, 1% à 10% de poudre de graine ont été données durant 14 semaines. L'alimentation avec de la poudre de graines de *L. sativum* n'a entraîné aucune mortalité, et aucune modification significative de la prise alimentaire, de la prise de poids, du poids relatif des organes, des paramètres hématologiques ou des modifications macroscopiques et microscopiques des organes vitaux n'a été observée entre le groupe expérimental et le groupe témoin. Ces résultats ont montré qu'une alimentation aiguë et subchronique de graines de *L. sativum* pendant 14 semaines n'a produit aucun effet toxique chez les rats mâles et femelles. Par conséquent, les graines de *L. sativum* peuvent être considérées comme non toxiques et sûres.

Partie pratique

Matériel et méthodes

I.1 Matériels

I.1.1 Lieu d'expérimentation

Notre travail a été réalisé dans un bâtiment d'élevage avicole au niveau d'une exploitation privée « Volaille de l'Est », située dans la commune de Nechemaya à 25 km du chef-lieu de la wilaya de Guelma. Cette ferme constituée de deux bâtiments d'élevage dont la position est disponible sur Google-Maps (**photo 1**) est facilement accessible à partir de la route Nationale 21 (Guelma-Annaba).



Photo 1 : lieu de déroulement de l'expérience (Satellite-Google-Maps)

I.1.2 Bâtiment et conditions d'élevage

Le bâtiment d'élevage est de forme rectangulaire d'une longueur de 48,98 m, une largeur de 11,89 m soit une surface de 582,37 m² pour une capacité totale de 5000 poulets de chair.

I. Matériels et méthodes

Les températures contrôlées par un thermo-hygromètre électronique placé dans l'aire de vie des oiseaux, ont été maintenues à 31-33 °C pendant la première semaine, puis progressivement réduites de 2 °C par semaine jusqu'à 20-22 °C grâce à des éleveuses à gaz butane.

L'humidité relative est quotidiennement mesurée par le thermo hygromètre, elle a été généralement comprise entre 30 et 55 %. Le bâtiment doté de 06 fenêtres de 1m² chacune est équipé de 03 extracteurs d'air (10000 m³/h). L'éclairage était assuré 24h/24 par des ampoules de 60 Watts connectées à un variateur programmé à 40 lux.

Les mangeoires standards et abreuvoirs appropriés à chaque phase d'élevage ont été répartis uniformément dans la surface d'élevage.

I.1.3 Les animaux

L'étude a porté sur cent quarante-quatre (144) poussins de souche Cobb 500, âgés d'un jour. Les poussins ont été vaccinés contre la maladie de Newcastle, la bronchite infectieuse et la maladie de Gumboro conformément au calendrier sanitaire recommandé. Les poulets de chair étaient élevés sur litière de paille avec une densité de 60 poussins par m² en phase de démarrage (de 1 à 15 jours), ensuite de 30 par m² en phase de croissance (du 15^e au 35^e jour) et enfin de 15 par m² en phase de finition (du 35^e au 42^e jour). 24 heures avant l'arrivée des poussins, les boxes destinés aux lots expérimentaux ont été préparées assurant des facteurs de microclimat optimums et la mise en place d'une litière à base de paille hachée (**photo 2**), renouvelée périodiquement et utilisée pendant toute la durée d'élevage (**photo 3**)



Photo 2. Préparation des boxes avant l'arrivée des poussins (photo personnelle)



Photo 3. Les poulets à différents tranches d'âge : à l'âge de 12 jours (à gauche) et à l'âge de 40 jours d'âge (à droite) (photo personnelle)

I.2 Méthodes

Cette étude qui s'est déroulée sur la période Mai-Juin 2024, nous a permis de déterminer les rations alimentaires expérimentales, les contrôles et mesures des facteurs de croissances, des paramètres biochimiques et des caractéristiques de carcasses, appuyés par une étude statistique.

I.2.1 Régimes alimentaires expérimentaux

Les GC ont été achetées auprès d'un herboriste sis dans la wilaya de Guelma, les graines ont été ensuite lavées et séchées à l'air libre avant d'être pressées sous froid pour donner l'huile de GC.

Les régimes alimentaires ont été formulés par le logiciel UFFDA. Les traitements alimentaires ont été les suivants : T0 : régime de base comme groupe témoin ; T1 : régime de base + 0,25 % d'huile de graines de cresson (HGC) ; T2 : régime de base + 0,50 % HGC ; et T3 : régime de base + 0,75 % HGC comme rapporté par El-Saadany et al. (2022). L'aliment a été distribué sous forme émiettée tout au long des périodes de démarrage de croissance et de finition pour faciliter l'ingestion. Tous les poulets de chair ont été nourris à volonté pour assurer un développement rapide jusqu'à l'obtention du poids commerciale. Avant le début de notre expérience, les 108 oiseaux assignés aux groupes de traitement HGC ont reçu un régime d'adaptation de trois jours contenant 0,1 % d'HGC.

Les aliments ont été préparés et mélangés quotidiennement (**photo 4**), selon les recommandations nationales. L'eau était disponible à volonté et la distribution des aliments expérimentaux a débuté le 7eme jour, après la phase d'adaptation.



Photo 4. Préparation journalière de l'aliment (photo personnelle)

I.2.2 Extraction de l'huile

Dans cette étude, l'huile de cresson a été extraite par pression à froid, une méthode respectueuse de l'environnement qui réduit l'utilisation de solvants toxiques et donne des produits de consommation sûrs et naturels (Ramadan, 2020). Le procédé consistait à écraser et à comprimer les graines à l'aide d'une vis conique. Les graines ont été pressées à froid et l'huile extraite a été forcée à travers un tube perforé. La farine restante a été expulsée par une ouverture calibrée. Une centrifugeuse a ensuite été utilisée pendant 15 minutes pour séparer l'huile des débris végétaux (**photo 5**). L'huile a été filtrée et conservée à 4 °C (Almuhayawi et al., 2023).



Photo 5. L'huile de *Lepidium sativum* avant la centrifugation (à gauche) et après la centrifugation (à droite) (photo personnelle)

I. Matériels et méthodes

I.2.3 Formules alimentaires

Les régimes alimentaires ont été préparés pour répondre au besoins des poulets de chair dans chaque phase d'élevage (**Tableau 6**).

Tableau 6. Composition des régimes expérimentaux au cours des trois phases de l'expérience

Paramètre	Phase		
	Démarrage	croissance	finition
Ingrédients			
Maïs	62	60	65
Tourteaux de soja	20	22	22
Son de blé	11	11	6
Calcaire	5	5	5
Premix Vitamino-Mineral ¹	1	1	1
Phosphate bicalcique	1	1	1
Chemical composition (% MS)			
MS	83.9	83.9	83.9
Protéines brutes	15.9	16.7	16.3
Fibres brutes	3.35	3.39	2.95
EM (Kcal)	2708	2690	2792
Lipides	2.89	2.83	2.87
Phosphore	0.61	0.62	0.57
Méthionine	0.26	0.27	0.28
Lysine	0.82	0.87	0.86

ÉM : Énergie métabolisable, MS : Matière sèche. ¹Apports par kg d'aliment : vitamine A : 300 000 UI, vitamine D3 : 75 000 UI, vitamine E : 2 000 UI, vitamine B1 : 100 mg, vitamine K : 200 mg, vitamine B2 : 190 mg, vitamine B5 : 300 mg, vitamine B6 : 200 mg, vitamine B12 : 1 200 µg, niacine : 1 300 µg, acide folique : 20 mg, Ca : 200 g, Na : 42 g, P : 80 g, méthionine : 45 g, lysine : 20 g.

I.2.4 Contrôles et mesures

Tous les poussins ont été pesés le 7^e jour afin de déterminer leur poids corporel initial, puis chaque semaine jusqu'à l'âge de 42 jours. La consommation alimentaire quotidienne moyenne (CAQM) a été calculée en soustrayant la quantité d'aliment restante de la quantité totale d'aliments distribuée chaque jour. Les paramètres suivants ont été calculés : le gain de poids quotidien moyen (GPQM) et l'indice de conversion alimentaire (IC) ont été calculés à partir de la consommation alimentaire et du gain moyen. À J42, les oiseaux ont été pesés afin de calculer le poids vif moyen et l'uniformité, en fonction du nombre d'oiseaux se situant à moins de 10 % de la moyenne du groupe. Huit poussins de chaque groupe dont le poids était proche de la moyenne ont été sélectionnés et mis à jeun pendant 12 heures avant d'être sacrifiés dans un abattoir local pour analyse des paramètres biochimiques et de la carcasse (Yang et al., 2018). L'indice de consommation est calculé à partir de la formule suivante :

$$IC = \text{Quantité d'aliment consommé (g)} / \text{Gain de poids vif (g)}$$

I. Matériels et méthodes

- Les mortalités ont été enregistrées quotidiennement et ont été pris en considération lors du calcul de l'indice de consommation et du gain moyen quotidien.

$$TM (\%) = \text{Nombre de sujets morts} / \text{Nombre de sujets mis en place}$$

I.2.5 Paramètres biochimiques

Des échantillons sanguins ont été prélevés au moment du saignement dans des tubes héparinés étiquetés (nom du groupe, numéro de l'animal) et centrifugés pendant 10 minutes à 3 000 tr/min. Les sérums ont ensuite été prélevés et transférés dans des tubes secs portant les mêmes codes d'identification. Ces tubes ont été congelés avant d'être transférés au laboratoire d'analyses médicales via une glacière isotherme équipée de plaques eutectiques. Les échantillons de sérum ont été analysés par colorimétrie. Les analyses ont été réalisées avec des kits commerciaux (Spinreact®) sur un spectrophotomètre biochimique semi-automatique *Kenza Max Biochemistry* (**photo 6**). Les paramètres suivants ont été mesurés : glucose, triglycérides, cholestérol, lipoprotéines de haute densité (HDL), lipoprotéines de basse densité (LDL), acide urique, créatinine, aspartate aminotransférase (ASAT), alanine aminotransférase (ALAT), protéines totales, albumine et globuline, comme indiqué par Bueno et al. (2017). Les Méthodes d'analyses (Biomaghreb, 2007) ont été effectuées au niveau de laboratoire d'analyse situé à Ain Smara (Constantine).



Photo 06 : Semi-automate Kenza Max Biochemistry (photos personnelles)

I.2.5.1 Mesure de la glycémie

Principe de la méthode enzymatique colorimétrique (GOD - PAP)

Le glucose est oxydé par la glucose-oxydase en gluconate et en peroxyde d'hydrogène selon l'équation suivante :

I. Matériels et méthodes



L'intensité de la couleur formée est proportionnelle à la concentration du glucose dans l'échantillon testé.

Réactifs

R1	1 Pipettes tampon pH 7	100 mmol/l
Tampon	Phénol	0.3 mmol/L
R2	Glucose oxidase (GOD)	10000 U/L
Enzyme	Peroxidase (POD)	1000 U/L
	4-Aminoantipyrine (4-AF)	2.6 mmol/L
GLUCOSE CAL	standard glucose	100 mg/dL

Condition du test

Longueur d'onde : 505 nm (490-550)

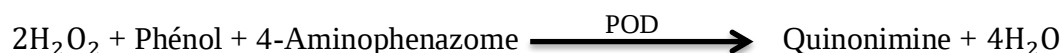
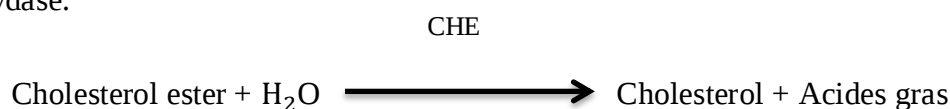
Température et durée d'incubation : incuber 10 mn à 37°C ou 30 mn à température ambiante

Cuve : 1 cm de chemin lumineux

I.2.5.2 Mesure de la cholestérolémie

Principe de la méthode enzymatique colorimétrique (CHOD- POD)

Le cholestérol est dosé après hydrolyse enzymatique et oxydation. L'indicateur quinonimine est formé à partir de peroxyde d'hydrogène et de 4-aminoantipyrine en présence de phénol et de peroxydase.



La quantité de ce colorant rouge, la quinonimine, formée est proportionnelle à la concentration en cholestérol.

I. Matériels et méthodes

Réactifs

R1 Tampon	1 Pipettes tampon pH 6,9 Phénol	90 mmol/L 26mmol/L
R2 Enzymes	Cholesterol esterase (CHE) Cholesterol oxydase (CHOD) Peroxydase (POD) 4-Aminophenazome (4-AF)	300 U/L 300 U/L 1250 U/L 0.4 mmol/L
R3 CHOLESTEROL CAL	Standard : cholestérol	200 mg/dL

Condition du test :

Longueur d'onde : 505 nm (490-550)

Température et durée d'incubation : incuber 5 mn à 37°C avant lecture.

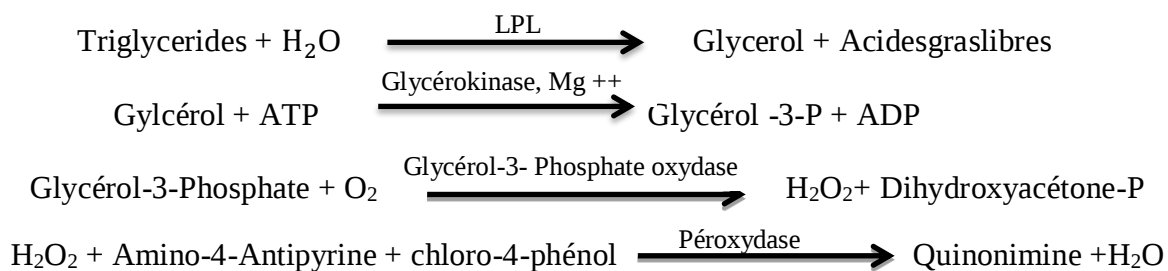
Cuve : 1 cm de chemin lumineux

I.2.5.3 Mesure de la triglycéridémie

Principe de la méthode colorimétrique enzymatique (GPO- PAP)

Les triglycérides incubés avec de la lipoprotéine-lipase (LPL) libèrent du glycérol et des acides gras libres. Le glycérol est phosphorylé par du glycérophosphate (GPO) et de l'ATP en présence de glycérol kinase (GK) pour produire de glycérol-3-phosphate (G3P) et de l'adénosine-5-diphosphate (ADP). Le G3P est alors transformé en dihydroxyacétone phosphate (DAP) et en peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) par le GPO.

Au final le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) réagit avec du 4-aminophénazone (4-AF) et du p-chlorophénol, réaction catalysée par la peroxydase (POD) ce qui donne une couleur rouge :



L'intensité de la couleur formée est proportionnelle à la concentration des triglytrécides présentes dans l'échantillon testé.

I. Matériels et méthodes

Réactifs

R1 Tampon	1 Pipettes tampon pH 7,2 50 mmol/l P-chlorophénol 2mmol/L
R2 Enzymes	Lipoprotéine lipase 150 000U/L Glycérolkinase (GK) 800 U/L Glycerol-3-oxydase (GPO) 4000 U/L Peroxydase (POD) 440 U/L 4-Aminophenazone (4-AF) 0.7 mmol/L ATP 0.3 mmol/L
TRIGLYCERIDES CAL	Glycérol 200 mg/dL

Conditions du test

Longueur d'onde : 505 nm (490-550)

Température et durée d'incubation : incuber 5 min à 37°C ou 10 min à 25°C.

Cuve : 1 cm de chemin lumineux

I.2.5.4 Mesure du cholestérol- HDL

Principe de la méthode

Les lipoprotéines de basse densité (LDL et VLDL) et les fractions de chylomicrons sont précipitées quantitativement par ajout d'acide phosphotungstique en présence d'ions magnésium. Après centrifugation, la concentration en cholestérol de la fraction HDL (lipoprotéines de basse densité de cuisse), présente dans le surnageant, est déterminée à l'aide du kit Cholestérol.

Réactifs

Acide phosphotungstique 13,9 mmol/l Chlorure de magnésium pH 6,2 490 mmol/l
--

Conditions du test

Température et durée d'incubation : incuber 5 minutes à 37°C.

I.2.5.5 Mesure du cholestérol- LDL

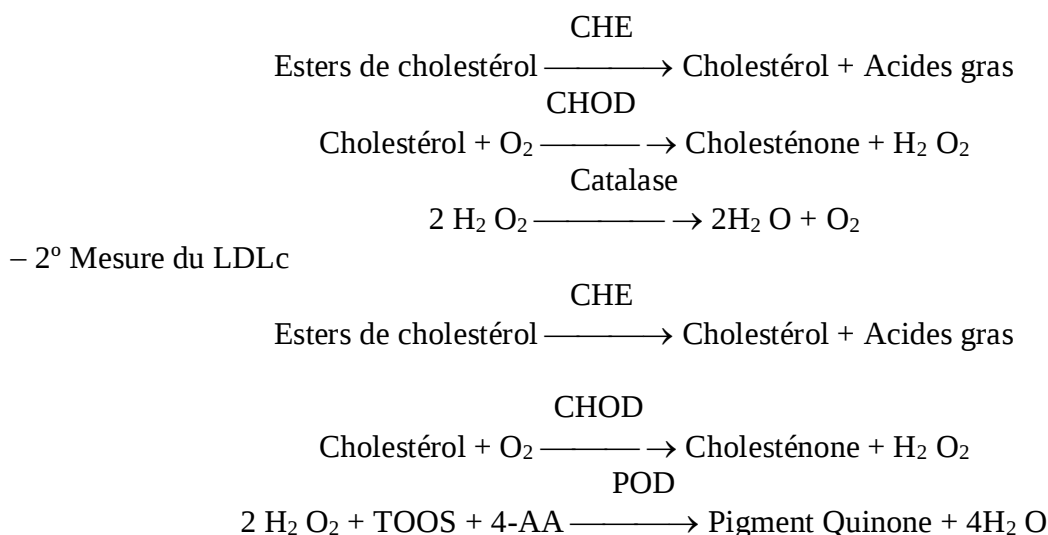
Principe de la méthode

Détermination directe du taux sérique de LDLc (cholestérol à lipoprotéines de basse densité) sans prétraitement ni centrifugation de l'échantillon

Le test se déroule en deux étapes.

– 1° Élimination des lipoprotéines non-LDL

I. Matériels et méthodes



L'intensité de la couleur formée est proportionnelle à la concentration en LDLc dans l'échantillon.

Réactifs

R1 Tampon	1 Pipettes tampon pH 7	50 mmol/l
	Cholestérol estérase (CHE)	≥600 U/L
	Cholestérol oxydase (CHOD)	≥500 U/L
	Catalase	≥600 KU/L
	TOOS	2 mmol/L
R2 Enzymes	1 Pipettes tampon pH 7	50 mmol/l
	4-Aminoantipyrine (4-AA)	4 mmol/L
	Peroxydase (POD)	≥ 4 KU/L
HDLc/LDLc CAL	Calibrateur. Sérum humain lyophilisé	

Conditions du test

Longueur d'onde : 600 (590-700) nm

Température et durée d'incubation : Mélanger et incuber 5 min à 37°C

Cuve : 1 cm de chemin lumineux

I.2.5.6 Mesure de l'ASAT (GOT)

Principe de la méthode cinétique (IFCC)

Détermination cinétique de l'activité aspartate aminotransferase. La réaction est initiée par addition de l'échantillon du patient au réactif. Le schéma réactionnel est le suivant :

GOT

I. Matériels et méthodes



Le taux de diminution de la concentration en NADH est déterminé par photométrie est directement proportionnel à l'activité l'Aspartate Aminotransférase dans l'échantillon.

Réactifs

R1 Solution Tampon	1 Pipettes tampon PH 7.8 à 30°C	80 mmol/L
	Solution Tampon L- aspartate	200 mmol/L
R2 Substrat	NADH	0.18 mmo/L
	LDH	800 U/L
	MDH	600 U /L
	Oxoglutarate	12 mmol/L

Conditions du test

Longueur d'onde : 340 nm

Température : incubé 20 minutes à température ambiante.

Cuvette : 1 cm de chemin lumineux

Réglage du zéro : air ou eau distillée

I.2.5.7 Mesure de l'ALAT (GPT)

Principe : la méthode cinétique (IFCC)

L'alanine aminotransférase (ALT) initialement appelé transaminase glutamique pyruvique (GPT) catalyse le transfert réversible d'un groupe de L-Alanine et d'alpha-cétoglutarate vers la formation de glutamate et pyruvate. Le pyruvate produit est réduit en lactate en présence de lactate déshydrogène (LDH) et (NADH) :



La vitesse de réduction et de la concentration en NADH au centre, déterminée photométriquement, est proportionnelle à la concentration catalytique L'ALT dans l'échantillon.

I. Matériels et méthodes

Réactifs

R1 Tampons	1 Pipettes tampon ph 7.8 L-Alanine	100 mmol/L 500mmol/L
R2 Substrat-	NADH Lactate déshydrogéné (LDH) α -Cétoglutarate	0.18mmol/L 1200U/L 15mmol/L

Condition du test

Longueur d'onde : 340 nm

Cuvette : 1 cm de chemin lumineux

Réglage du zéro : air ou eau distillée

I.2.5.8 Mesure de la créatininémie

Principe de la méthode cinétique colorimétrique

Le test de la créatine est basé sur la réaction de la créatinine avec le picrate de sodium. La créatinine réagit avec le picrate alcalin en formant un complexe de couleur rouge l'intervalle de temps choisi pour les lectures permet d'éliminer une grande partie des interférences connue pour la méthode. L'intensité de la couleur formée et proportionnelle à la concentration de la créatinine présente dans l'échantillon testé.

Réactifs

R1 Réactif picrique	Acide picrique	17.5	mmol/L
R2 Réactif alcalinisant	Hydroxyde de sodium	1.6	mmol/l L
Créatinine cal	Standard créatinine	2	mg/dL

Condition du test

Longueur d'onde : 492 nm (490-510)

Cuvette : 1 cm de chemin lumineux

I.2.5.9 Mesure du taux de l'acide urique

Principe de méthode Enzymatique colorimétrique (Uricase-PAP)

L'acide urique est oxydé par l'uricase à l'allantoïne et le peroxyde d'hydrogène ($2H_2O_2$) qui en présence de peroxydase (POD), 4-aminophénazone (4-AF) et 2-4 Dichloro-phenol-sulfonate (DCPS) forme un composé rosacé :

I. Matériels et méthodes



L'intensité de la quinoneimine rouge formé est proportionnelle à la concentration de l'acide urique présente dans l'échantillon testé

Réactifs

R1	Tampon phosphate pH 7.4	50 mmol/L
Tampon	2-4 diclorophenolsulphonate(DCPS)	4 mmol/L
R2	Uricase	70 U/L
Enzyme	Peroxidase(POD)	660 U/L
	4- Aminophénazone	1 mmol/L
ACIDE URIQUE CAL	Patron primaire de détection d'acide urique	6mg/dL

Condition du test

Longueur d'onde : 510 nm (490-550)

Température : Incuber 5 min à 37 °C ou 10 min à 20-25 °C.

Cuvette : 1 cm de chemin lumineux

I.2.5.10 Mesure du taux des protéines totales

Principe de la méthode colorimétrique

Les protéines sériques forment en milieu alcalin un complexe coloré dont l'intensité est proportionnelle à celle des protéines de l'échantillon (réaction de Biuret).

Réactifs

R1	Tartrate de potassium et de sodium	12 mmol/L
réactif alcalin	Hydroxyde de sodium	0,6 mmol/l
	Iodure de potassium	30 mmol/l
R2	Coopersulfate (Nocive)	0,6 mol/l
réactif colorant		
UREA CAL	Albumine bovine	5 g/dl
		50 g/l

Condition du test

Longueur d'onde : 546 nm

Température : Mélanger et incuber quelques minutes à +20 - 25°C.

Cuvette : 1 cm de chemin lumineux

I.2.5.11 Mesure de l'albuminémie

Principe de la méthode BCG

L'albumine, en solution tamponnée, réagit avec le vert du bromocrésol (BCG) pour former un complexe de couleur rouge.

I. Matériels et méthodes

Réactifs

R1	Vert de bromocrésol Tampon succinate Brij	0,14 g/l 75 mml/l 7 ml/l
R2 Standard	Albumine bovine	50 g/l 724µml/l

Condition du test

Longueur d'onde : 628 nm

Température : Le réactif BCG doit être porté à une température de 15 à 25 °C avant utilisation.

Mélanger et lire après 5 minutes la densité optique de l'échantillon et de l'étalon par rapport au blanc.

Cuvette : 1 cm de chemin lumineux

I.2.6 Caractéristiques de la carcasse

L'abattage a été effectué au niveau de l'abattoir avicole industriel SARL-NAP situé dans la zone industriel de Oued Zimba, Commune de Belkheir, Guelma (**photo 7**).

Nous avons mesuré les paramètres suivants sur la carcasse : poids vif, poids de la carcasse plumée, poids de la carcasse éviscérée, poids du gras abdominal et poids des organes comestibles (foie, gésier et cœur), prélevés immédiatement après l'abattage. Le rendement en carcasse, organes comestibles et gras abdominal a ensuite été calculé.

$$\text{Rendement en carcasse} = \frac{\text{Poids carcasse}}{\text{Poids vifs}} \times 100$$

$$\text{Proportion de l'organe} = \frac{\text{Poids de l'organe}}{\text{Poids vif}} \times 100 \text{ (Kouatcho et al., 2015).}$$



Photo 7. Les poulets arrivés à l'abattoir industriel (photo personnel)

I.2.7 Analyses statistiques

Les données relatives à toutes les variables de réponse des différentes phases de l'essai ont été analysées selon un plan d'analyse entièrement randomisé avec quatre traitements alimentaires et trois réplicats par traitement. La distribution des données obtenues a d'abord été évaluée à l'aide du test de normalité d'Agostino-Pearson. Les données paramétriques ont ensuite été comparées par analyse de variance à un facteur (ANOVA), puis par le test de comparaison multiple de Tukey. Ces analyses ont été réalisées selon la procédure ANOVA générale du logiciel Minitab 17 (*Minitab Inc., Pennsylvanie, États-Unis*). La signification statistique a été fixée à $p < 0,05$ et les résultats ont été exprimés sous forme de moyenne $\pm$ erreur standard.

Résultats et discussion

II. Résultats et Discussion

II.1 Performances de croissance

Le pourcentage d'homogénéité à 42 jours pour les quatre lots variait entre 93 % et 95 %, ce qui témoigne d'une bonne maîtrise technique de l'élevage. Le **tableau 7** présente les effets moyens des différentes doses d'HGC testées sur le poids vif, le gain de poids quotidien moyen (GPQM), la consommation alimentaire quotidienne moyenne (CAQM), l'indice de consommation (IC) et le taux de mortalité (TM) des poussins sur cinq semaines.

Des différences significatives ont été enregistrées dans les valeurs du poids vifs, des GPQM, CAQM et de l'IC.

Tableau 7. Effet de l'incorporation de différents niveaux d'huile de graines de cresson sur les performances de croissance des poulets de chair au cours des trois phases de l'expérience.

Phases	Paramètres	Traitements				P<0.05
		T0	T1	T2	T3	
Démar	PV initial. g (J7)	132.95	136.78	138.93	138.90	
	1^{ère} S (J7 to J15)	281.70±11.30 ^a	265.00	241.10±13.00	222.78±9.49 ^b	
	Poids vif, g	21.20±1.08 ^a	±12.90 ^{ab}	^{ab}	11.90±1.73 ^b	**
	GPQM, g	41.90±1.16 ^a	18.20±1.15 ^{ab}	14.60±2.31 ^{ab}	34.02±0.99 ^b	*
	CAQM, g	1.97±0.06 ^a	36.34±2.04 ^b	34.41±0.87 ^b	2.85±0.26 ^b	**
	IC	0	1.99±0.04 ^{ab}	2.35±0.21 ^b	0	*
	TM, %	0	0	0	0	
croissa	2^{ème} S (J15 to J2)					
	Poids vif, g	652.80±21.00 ^a	511.30±24.00 ^b	488.70±16.50 ^b	489.30±21.40 ^b	****
	GPQM, g	51.00±2.31 ^a	35.20±1.15 ^b	35.40±1.15 ^b	39.40±2.31 ^b	**
	CAQM, g	67.08±4.78 ^a	62.57±3.79 ^{ab}	57.62±2.85 ^{ab}	51.88±3.60 ^b	NS
	IC	1.26±0.16	1.77±0.25	1.62±0.16	1.32±0.09	NS
	TM, %	3.33	0	0	0	
	3^{ème} S (J21 to J28)					
	Poids vif, g	943.30±39.70	925.70±40.70	1009.30±34.00	895.60±38.10	NS
	GPQM, g	41.50±1.15 ^c	59.20±2.89 ^b	74.30±1.15 ^a	57.90±0.57 ^b	****
	CAQM, g	97.28±8.81	90.10±10.40	84.47±9.97	76.06±7.95	NS
	IC	2.34±0.25 ^a	1.52±0.15 ^b	1.13±0.09 ^b	1.31±0.14 ^b	**
	TM, %	0	3.33	0	3.33	
	4^{ème} S (J28 to J35)					
	Poids vif, g	1443.10±46.50	1435.80±47.80	1527.20±43.20	1375.60±53.80	NS
	GPQM, g	71.40±0.57	72.90±2.32	73.60±1.15	68.70±2.31	NS
	CAQM, g	142.24±3.84	138.15±2.71	137.94±3.63	130.98±5.76	NS
	IC	1.99±0.11	1.89±0.05	1.86±0.26	1.90±0.19	NS
	TM, %	0	0	3.33	0	
finition	5^{ème} S (J35 to J42)					
	Poids vif, g	1834.50±53.20	1827.60±57.20	1939.50±48.70	1832.80±35.70	NS
	GPQM, g	55.90±1.10 ^b	55.90±2.20 ^b	68.90±2.89 ^a	65.30±1.73 ^{ab}	**
	CAQM, g	151.17±1.82	156.59±2.20	154.76±2.27	147.70±3.46	NS
	IC	2.70±0.14	2.80±0.09	2.62±0.17	2.26±0.05	NS
	TM, %	0	0	0	0	

T1: Aliment de base + 0.25% HGC, T2: Aliment de base + 0.50% HGC, T3: aliment de base + 0.75% HGC. GPQM: gain de poids quotidien moyen, CAQM: consommation alimentaire quotidienne moyenne, IC: indice de consommation. a,b,c: Les moyennes d'une ligne avec des exposants différents sont différentes au seuil de $p < 0,05$.

NS: non significatif ($P > 0.05$), *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$.

II. Résultats et Discussion

II.1.1 Poids vif

Le groupe supplémenté avec 0,75 % d'HGC (T3) présentait un poids vif significativement plus faibles pendant la phase de démarrage (**Figure 6**). Cette réduction était significative par rapport au groupe témoin (T0) et aux groupes T1 et T2 ($p < 0,003$).

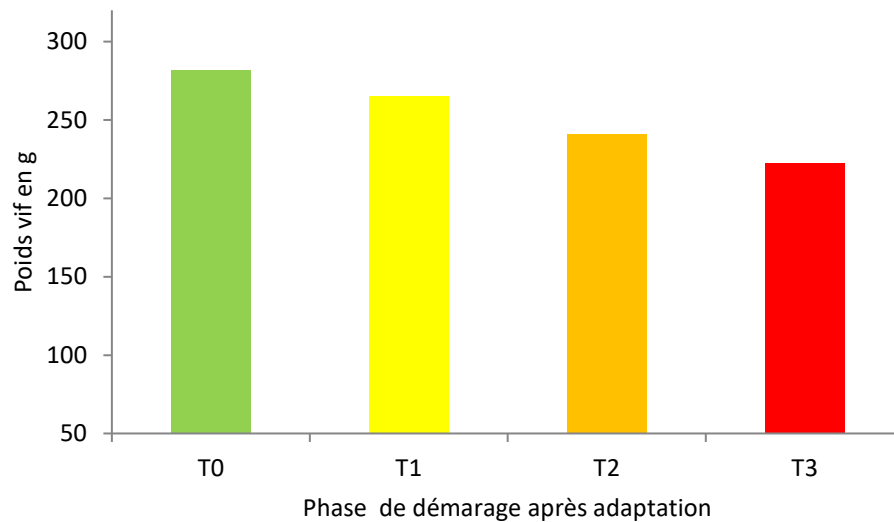


Figure 6. Variation du poids vif (PV) en fonction du traitement T0-0%, T1-0,25%, T2-0,50% et T3- 0,75% en phase de démarrage

Au début de la phase de croissance (2^e semaine), le groupe T3 a connu une réduction du poids vif, qui a également affecté les deux autres traitements, T1 et T2 (**Figure 7**).

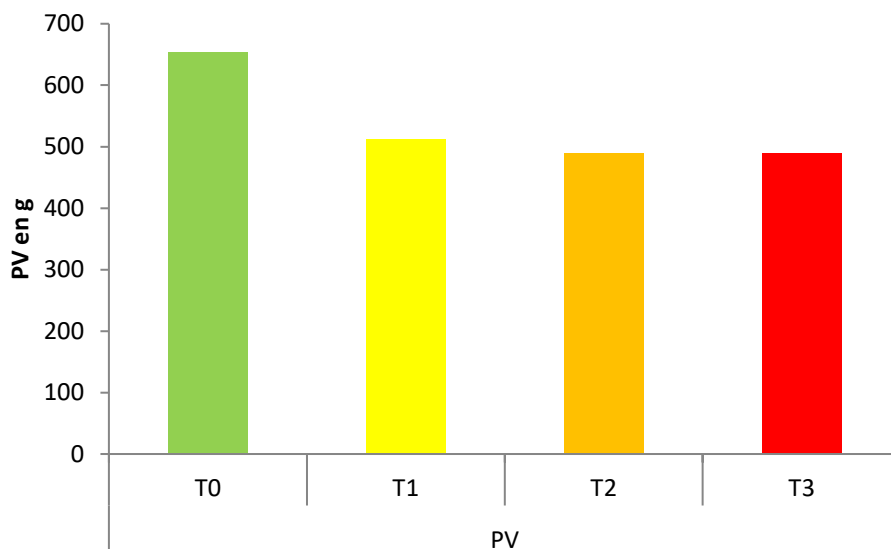


Figure 7. Variation du poids vif (PV) en fonction du traitement T0-0%, T1-0,25%, T2-0,50% et T3- 0,75% en début de la phase de croissance (2^{ème} semaine)

II. Résultats et Discussion

Les poids vifs des trois groupes ne présentent aucune différence significative par rapport au groupe témoin pendant les trois semaines restantes de la durée d'élevage : semaine 3 ($p = 0,190$), semaine 4 ($p = 0,172$), semaine 5 ($p = 0,313$).

II.1.2 GPQM et CAPM

De la même manière le groupe supplémenté avec 0,75 % d'HGC (T3) présentait une réduction significative du GPQM pendant la phase de démarrage (**Figure 8**). Cette diminution était significative par rapport au groupe témoin (T0) et aux groupes T1 et T2 ($p < 0,018$).

Pendant la phase de démarrage, les groupes supplémentés avec 0,25 %, 0,50 % et 0,75 % d'HGC (T1, T2 et T3, respectivement) ont consommé significativement moins (CAQM) que le groupe témoin (T0) (**Figure 8**), avec des valeurs respectives de 36,34 g/jour, 34,41 g/jour et 34,02 g/jour ($p = 0,001$).

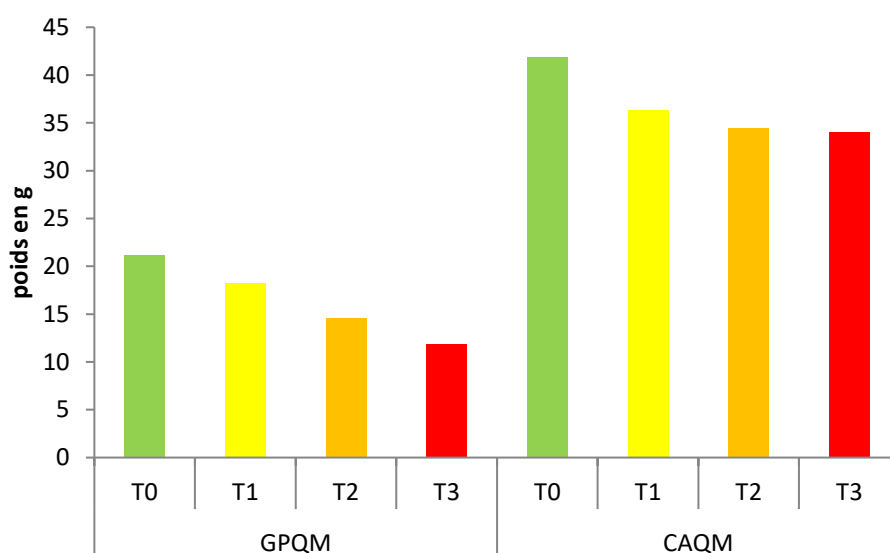


Figure 8. Variation du gain de poids quotidien moyen (GPQM) et de la consommation d'aliment quotidienne moyenne (CAQM) en phase de démarrage en fonction des traitements : T0-0%, T1-0,25%, T2-0,50% et T3- 0,75%

Néanmoins, une réduction non significative de la consommation alimentaire a été observée en début de croissance (2^{ème} semaine), notamment dans le groupe T3. Cependant, aucune différence significative de la CAQM n'a été constatée au cours des troisième, quatrième et cinquième semaines de l'expérience ($p = 0,445$, $p = 0,016$ et $p = 0,008$, respectivement).

Au début de la phase de croissance (2^e semaine), les groupes T1, T2 et T3 ont connu une diminution du GPQM (**Figure 9**).

II. Résultats et Discussion

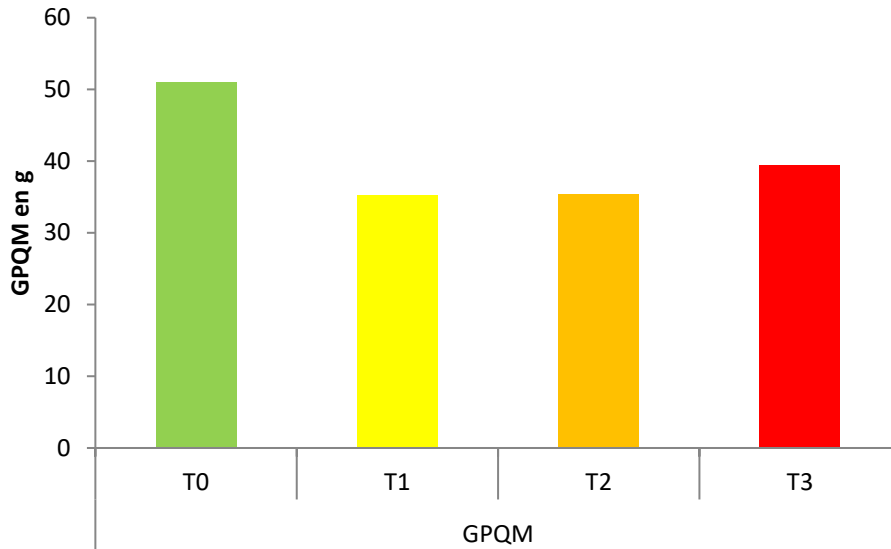


Figure 9. Variation du gain de poids quotidien moyen (GPQM) à la deuxième semaine en phase de démarrage en fonction des traitements : T0-0%, T1-0,25%, T2-0,50% et T3- 0,75%

Le GPQM des groupes T1, T2 et T3 s'est amélioré significativement (59,20 g/jour, 74,30 g/jour et 57,90 g/jour, respectivement) et a augmenté significativement au milieu de la phase de croissance (3^e semaine) ($p < 0,000$) (**Figure 10**) par rapport au groupe T0 (41,50 g/jour) et en phase de finition, en particulier pour les traitements T2 et T3 (68,90 g/jour et 65,30 g/jour, respectivement) ($p < 0,005$) (**Figure 11**).

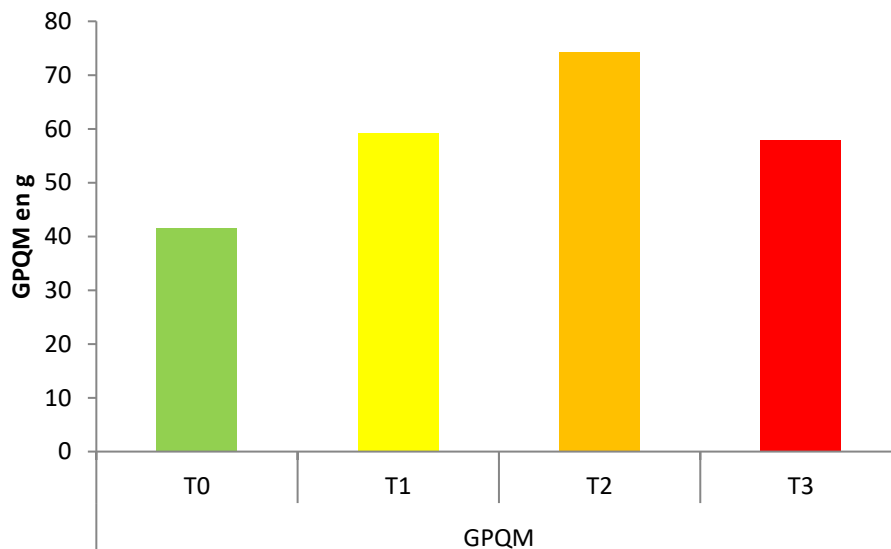


Figure 10. Variation du gain de poids quotidien moyen (GPQM) à la troisième semaine en phase de démarrage en fonction des traitements : T0-0%, T1-0,25%, T2-0,50% et T3- 0,75%

II. Résultats et Discussion

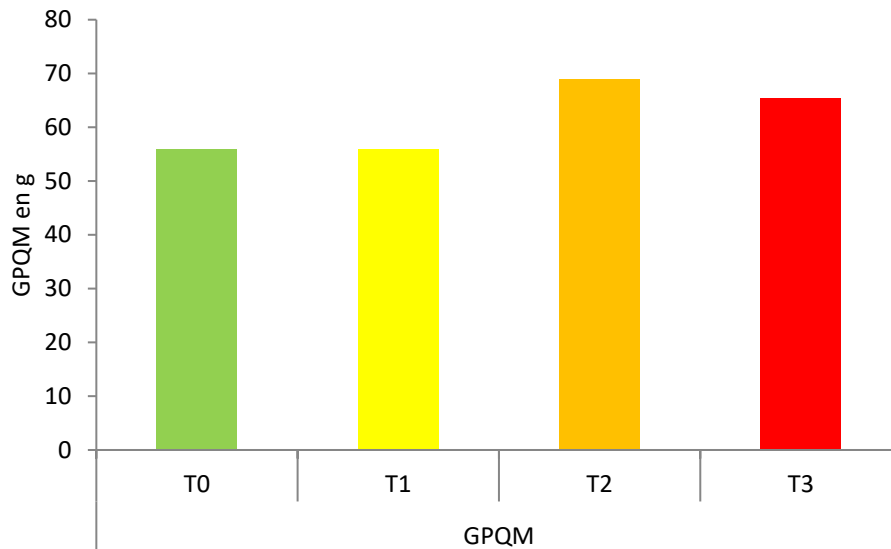


Figure 11. Variation du gain de poids quotidien moyen (GPQM) à la cinquième semaine en phase de finition en fonction des traitements : T0-0%, T1-0,25%, T2-0,50% et T3- 0,75%

II.1.3 IC

L'inclusion d'HGC a eu un impact négatif sur l'indice de consommation (IC) pendant la phase de démarrage, avec une augmentation significative dans les groupes T2 et T3 (2,35 et 2,85, respectivement ($p < 0,023$) par rapport au groupe témoin. Cependant, à partir de la deuxième semaine, tous les groupes supplémentés en HGC ont montré une amélioration significative de l'IC par rapport à T0 ($p < 0,005$), suggérant une meilleure efficacité alimentaire pendant la période de croissance (Figure 12).

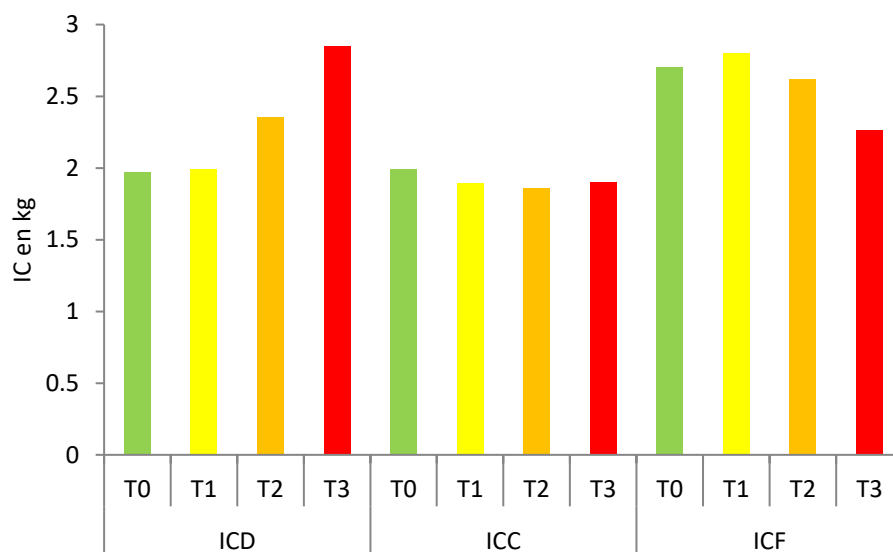


Figure 12. Variation de l'indice de consommation en fonction des traitements T0-0%, T1-0,25%, T2-0,50% et T3- 0,75%, en phase de démarrage ICD, en phase de croissance ICC et finition ICF (3^{ème} semaine).

II. Résultats et Discussion

II.1.4 Taux de mortalité

La mortalité est restée faible et constante, avec seulement un oiseau mort par groupe tout au long de l'essai.

II.2 Caractéristiques des carcasses

Le **tableau 8**, présente les caractéristiques de la carcasse des poulets de chair des groupes T1 (0,25% d'HGC), T2 (0,50% d'HGC) et T3 (0,75% d'HGC) par rapport à celles du groupe témoin. Des différences significatives ont été enregistrées seulement dans le poids et le rendement de la graisse abdominale.

Tableau 8. Effet de l'incorporation de différents niveaux d'huile de graines de cresson sur les caractéristiques des carcasses de poulets de chair

Paramètres	Traitements				P<0.05
	T0	T1	T2	T3	
Poids vif avant abattage, g	1866.00±52.30	1795.30±50.70	1909.80±46.20	1781.10±50.90	NS
Poids de la carcasse plumée, g	1687.60±46.30	1602.00±42.70	1712.90±37.90	1606.20±48.40	NS
Poids de la carcasse éviscérée, g	1373.60±46.00	1292.90±43.20	1383.10±34.30	1285.70±43.50	NS
Poids du foie, g	43.48±2.36	43.68±2.29	47.67±2.43	41.90±1.12	NS
Poids du gésier, g	32.58±1.63	31.78±1.05	32.14±2.11	30.62±1.21	NS
Poids de la GA, g	20.02±1.35 ^a	18.80±1.27 ^a	19.38±1.33 ^a	13.67±0.56 ^b	**
Poids du cœur, g	10.22±0.37	9.77±0.25	9.63±0.32	9.50±0.22	NS
Rendement carcasse, %	73.50±0.99	71.90±0.64	72.50±0.79	72.10±0.84	NS
Rendement foie, %	2.42±0.17	2.44±0.12	2.50±0.08	2.36±0.06	NS
Rendement gésier, %	1.75±0.10	1.78±0.08	1.68±0.10	1.72±0.06	NS
Rendement GA, %	1.07±0.07 ^a	1.04±0.05 ^a	1.02±0.07 ^a	0.77±0.03 ^b	**
Rendement du cœur, %	0.55±0.03	0.49±0.02	0.49±0.02	0.51±0.02	NS

T1 : Aliment de base + 0.25% HGC, T2 : Aliment de base + 0.50% HGC, T3: aliment de base + 0.75% HGC. GA : graisse abdominale, a,b,c: Les moyennes d'une ligne avec des exposants différents sont différentes au seuil de $p < 0,05$. NS : non significatif ($P > 0,05$), *: $P < 0,05$, **: $P < 0,01$, ***: $P < 0,001$.

II.2.1 Poids vif avant abattage

Aucune différence significative n'a été enregistrée concernant le poids vif avant abattage ($p = 0,243$) des poulets de chair alimentés par les traitements T1, T2 et T3 par rapport aux poulets de chair du groupe témoin.

II.2.2 Poids de la carcasse plumée

Les poids des carcasses plumées pour les trois groupes supplémentés en 0,25%, 0,50% et 0,75% étaient proches ($p = 0,198$) de celui du groupe témoin.

II. Résultats et Discussion

II.2.3 Poids de la carcasse éviscérée

Les poids de la carcasse éviscérée des poulets de chair des trois traitements étaient comparables à celles du lot témoin ($p = 0,230$).

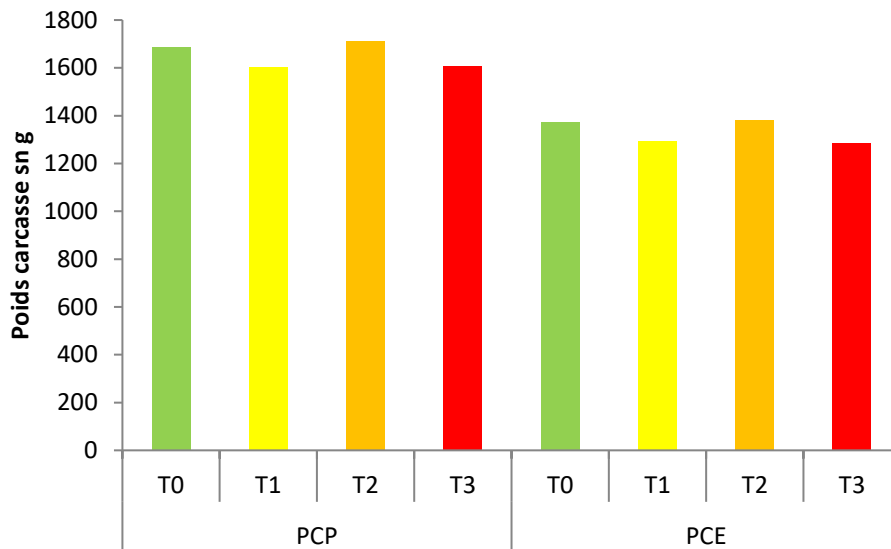


Figure 13. Variation du poids des carcasses plumées (PCP) et éviscérées en fonction des traitements : T0-0%, T1-0,25%, T2-0,50% et T3- 0,75%

II.2.4 Poids des organes comestibles

Aucune différence des poids des organes comestible (foie ($p = 0,278$), gésier ($p = 0,831$) et cœur ($p = 0,331$)) n'a été observée entre les poulets de chair des lots 25%, 50% et 75% d'HGC par rapport à celles lot témoin.

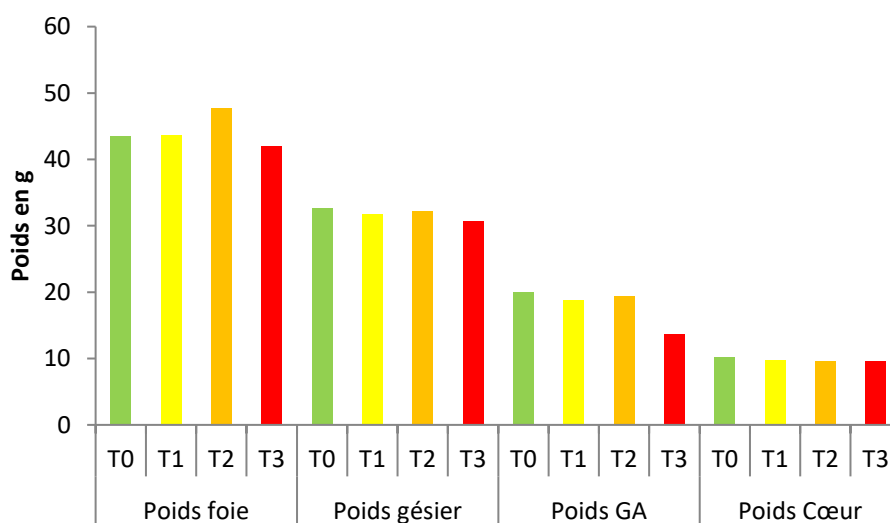


Figure 14. Variation du poids des organes comestibles et de la graisse abdominale en fonction des traitements. T0-0%, T1-0,25%, T2-0,50% et T3- 0,75%

II. Résultats et Discussion

II.2.5 Rendement des carcasses et des organes comestibles

Aucune différence significative n'a été enregistrée entre les rendements des carcasses ($p = 0,565$) et des organes comestibles (foie ($p = 0,849$), gésier ($p = 0,876$) et cœur ($p = 0,123$)) en comparaison des trois groupes T1, T2 et T3 par rapport au groupe témoin.

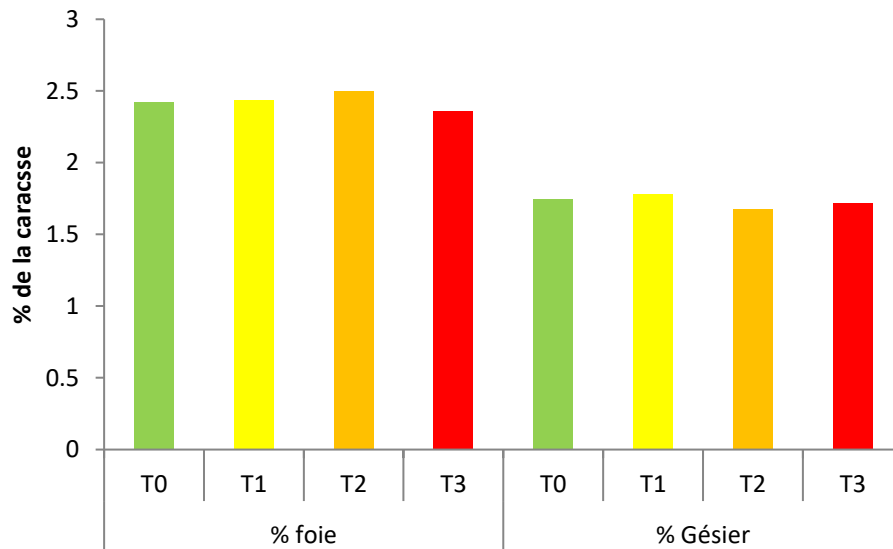


Figure 15. Variation du rendement du foie et du gésier en fonction des traitements T0-0%, T1-0,25%, T2-0,50% et T3-0,75%

II.2.6 Poids et rendement de la graisse abdominale

Le groupe T3 avait un poids ($p < 0,002$) et un rendement ($p < 0,004$) de graisse abdominale significativement inférieurs par rapport aux autres traitements (13,67 g et 0,77 % contre T0 : 20,02 g et 1,07 % ; T1 : 18,80 g et 1,04 % ; T2 : 19,38 g et 1,02 %).

II. Résultats et Discussion

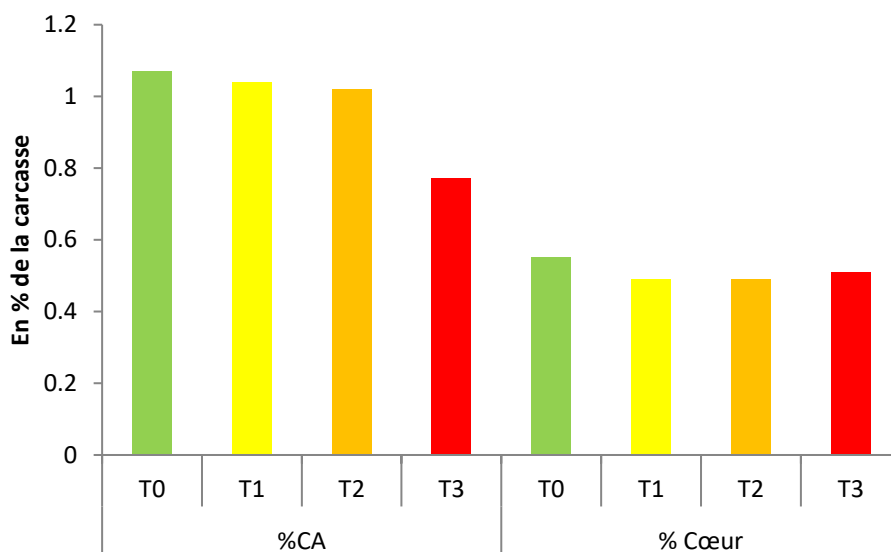


Figure 16. Variation du rendement du cœur et de la graisse abdominale en fonction des traitements : T0-0%, T1-0,25%, T2-0,50% et T3- 0,75%

II.3 Profil biochimique

Le **tableau 9** présente les valeurs moyennes des paramètres biochimiques sériques des groupes expérimentaux. Des différences ont été enregistrées dans les taux de glycémie, de cholestérol, des triglycérides et de l'HDL.

Tableau 9. Effet de l'incorporation de différents niveaux d'huile de graines de cresson sur les paramètres biochimiques sériques chez les poulets de chair.

Paramètres	Traitements				Valeur de p
	T0	T1	T2	T3	
Glucose (g/l)	2.77±0.13 ^a	1.81±0.12 ^b	1.98±0.11 ^b	1.94±0.16 ^b	***
Acide urique (g/l)	113.67±9.71	93.11±5.56	103.44±5.78	95.70±13.60	NS
Créatinine (mg/l)	6.21±0.27	6.55±0.41	6.37±0.25	6.18±0.35	NS
Cholestérol (g/l)	1.33±0.11 ^a	1.09±0.07 ^{ab}	0.96±0.03 ^b	0.99±0.03 ^b	**
Triglycérides (g/l)	0.64±0.03 ^a	0.48±0.04 ^b	0.50±0.03 ^b	0.56±0.04 ^{ab}	**
HDL (ml/l)	55.56±3.67 ^b	72.67±2.11 ^a	63.78±5.13 ^{ab}	58.22±4.28 ^{ab}	*
LDL (ml/l)	49.80±8.49	46.00±3.77	36.22±4.15	43.67±5.01	NS
Protéines totales (g/l)	26.10±0.83	30.59±1.71	30.80±2.27	25.47±1.52	NS
Albumine (g/l)	11.61±0.56	11.80±0.52	11.82±0.71	11.14±0.46	NS
Globuline (g/l)	14.49±1.18	18.82±1.63	18.98±2.47	14.32±1.54	NS
ASAT (UI/l)	244.9±14.60	248.2±14.60	244.7±15.10	241.10±17.70	NS
ALAT (UI/L)	7.44±0.62	7.00±0.28	7.11±0.65	8.44±0.73	NS

T1: Aliment de base + 0.25% HGC, T2: Aliment de base + 0.50% HGC, T3: aliment de base + 0.75% HGC. HDL: lipoprotéines de haute densité, LDL: lipoprotéines de faible densité, ASAT: aspartate aminotransférase, ALAT: alanine aminotransférase, a,b,c: Les moyennes d'une ligne avec des exposants différents sont différentes au seuil de $p < 0,05$. NS: non significatif ($P > 0,05$), *: $P < 0,05$, **: $P < 0,01$, ***: $P < 0,001$.

II. Résultats et Discussion

II.3.1. Glycémie

Les groupes de traitement T1, T2 et T3 ont montré une diminution significative ($p < 0,000$) de la glycémie par rapport au groupe témoin ($1,81 \pm 0,12$ g/l, $1,98 \pm 0,11$ g/l, $1,94 \pm 0,16$ g/l et $2,77 \pm 0,13$ g/l).

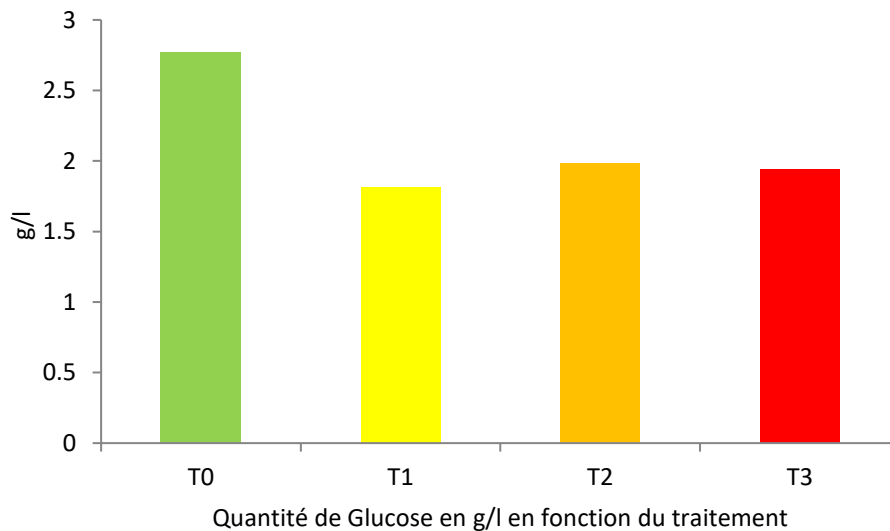


Figure 17. Variation de la glycémie en fonction du traitement : T0-0%, T1-0,25%, T2-0,50% et T3- 0,75%

II.3.2 Acide urique

L'ajout d'HGC à l'alimentation des poulets de chair n'a eu aucun effet sur les taux d'acide urique sériques ($p = 0,407$) des groupes expérimentaux par rapport au groupe témoin.

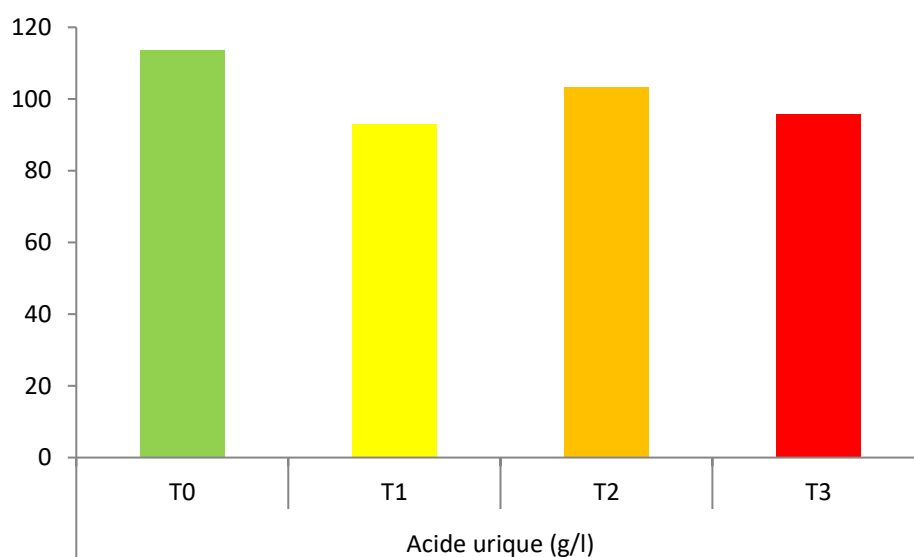


Figure 18 . Variation du taux sérique de l'acide urique en fonction des traitements: T0-0%, T1-0,25%, T2-0,50% et T3- 0,75%

II. Résultats et Discussion

II.3.3. Creatinine

Les trois groupes d'animaux ayant reçu 0,25 %, 0,50 % et 0,75% d'HGC avaient une créatininémie proche ($p = 0,847$) de celle des poulets de chair du groupe témoin.

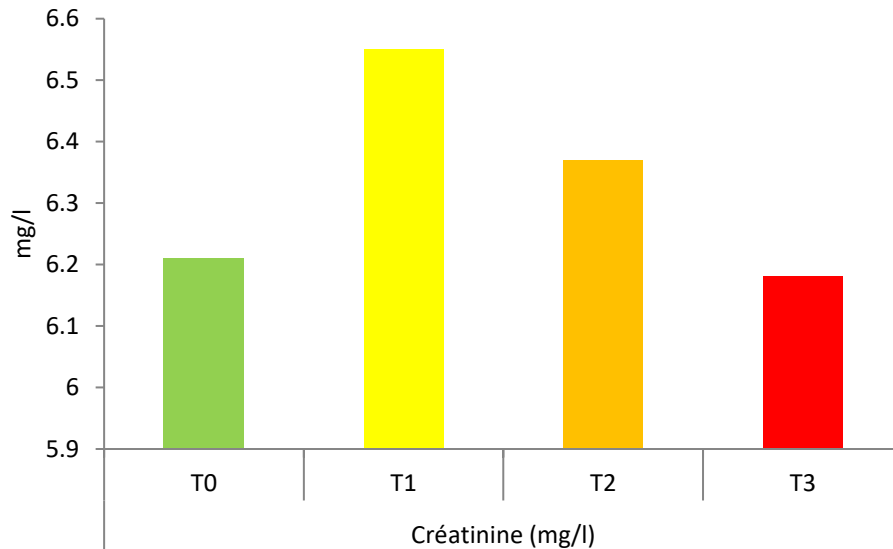


Figure19. Variation de la créatininémie en fonction des traitement T0-0%, T1-0,25%, T2-0,50% et T3- 0,75%

II.3.4 Cholesterol

Les résultats ont montré une réduction significative du cholestérol ($p = 0,003$) dans les groupes T2 et T3 ($0,96 \pm 0,03$ g/l et $0,99 \pm 0,03$ g/l, respectivement) par rapport aux groupes T0 et T1 ($1,33 \pm 0,11$ g/l et $1,09 \pm 0,07$ g/l, respectivement)

II.3.5 Triglycerides

Une diminution significative des taux de triglycérides sériques ($p = 0,009$) des poulets de chair dans les traitements T1 et T2 ($0,48 \pm 0,04$ g/l et $0,50 \pm 0,03$ g/l, respectivement) par rapport aux taux sériques des triglycérides des poulets de chair des groupes T0 et T3 ($0,64 \pm 0,03$ et $0,56 \pm 0,04$ g/l, respectivement).

II. Résultats et Discussion

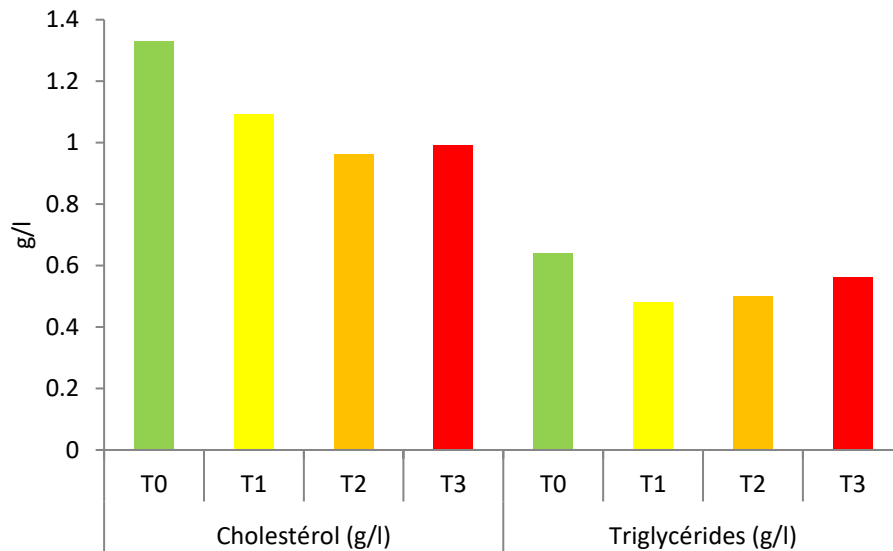


Figure 20. Variation de la cholestérolémie et de la trigycéridémie en fonction du traitement : T0-0%, T1-0,25%, T2-0,50% et T3- 0,75%

II.3.6 HDL et LDL

Le groupe T1 a montré une augmentation significative ($p = 0,023$) du HDL sérique ($72,67 \pm 2,11$ ml/l) par rapport aux groupes aux groupes T0, T2 et T3 respectivement $55,56 \pm 3,67$ ml/l, $63,78 \pm 5,13$ ml/l et $58,22 \pm 4,28$ ml/l. En revanche, LDL sérique des groupes expérimentaux n'a présenté aucune différence significative par rapport au groupe témoin ($p = 0,398$)

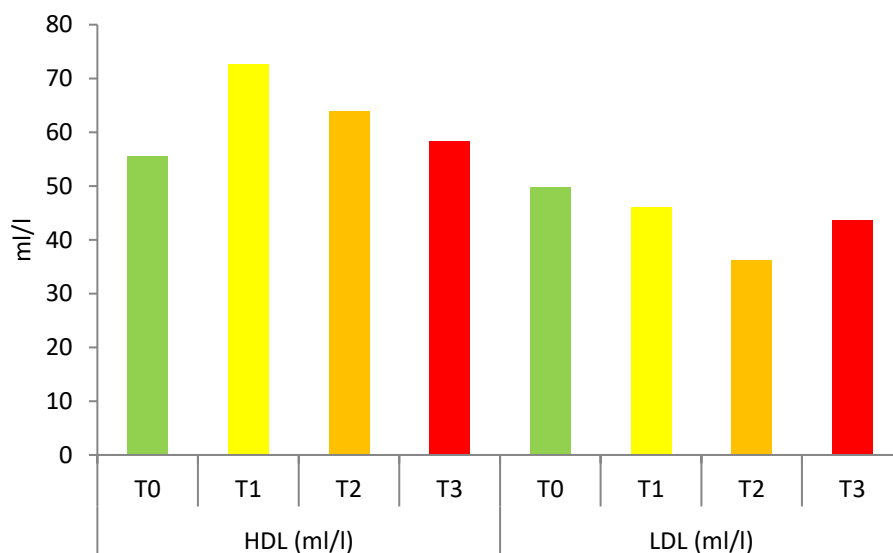


Figure 21. Variation des taux d'HDL et du LDL en fonction du traitement: T0-0%, T1-0, 25%, T2-0, 50% et T3- 0, 75%

II. Résultats et Discussion

II.3.7 Protéines totales, albumine, globuline

Les taux sériques des protéines totales ($p = 0,110$), de l'albumine ($p = 0,825$), de la globuline ($p = 0,113$) des trois groupes de poulet de chair ne sont pas affectés par l'ajout de l'HGC au régime de base et présentent des valeurs proches à celles du groupe témoins.

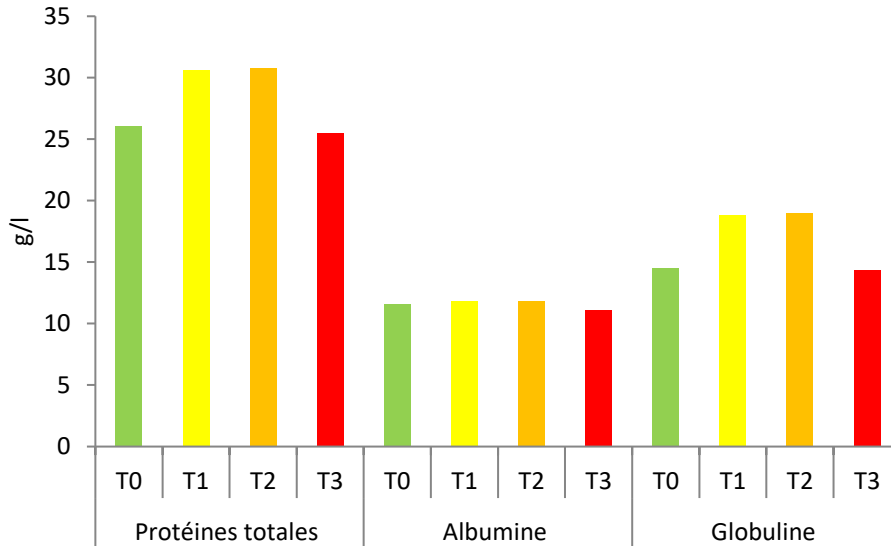


Figure 22 .Variation du taux des protéines totales, albumine et globuline en fonction du traitement: T0-0%, T1-0,25%, T2-0,50% et T3- 0,75%

II.3.8 ASAT et ALAT

Les taux sériques de l'ASAT ($p = 0,861$) et de l'ALAT ($p = 0,324$) des groupes expérimentaux ne présentent aucune différence significative par rapport au groupe témoin.

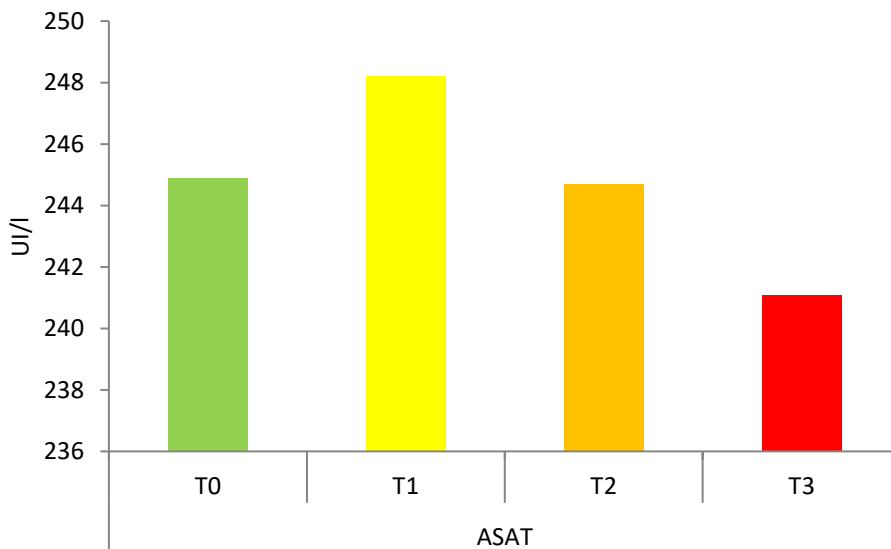


Figure 23.Variation du taux sérique d'ASAT en fonction du traitement: T0-0%, T1-0, 25%, T2-0, 50% et T3- 0, 75%

II. Résultats et Discussion

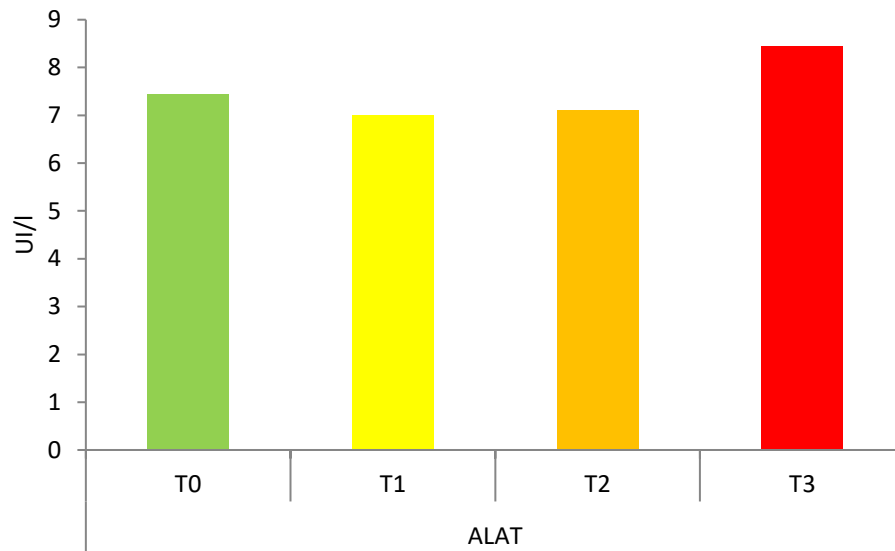


Figure 24. Variation du taux sérique d'ALAT en fonction du traitement: T0-0%, T1-0, 25%, T2-0, 50% et T3- 0, 75%

Discussion générale

III. Discussion Générale

Face à la demande croissante de viande dans le monde, les chercheurs explorent constamment des additifs alimentaires ayant un effet positif sur la croissance des poulets de chair tout en maintenant et/ou en améliorant leur état de santé. Dans ce contexte, cette expérience visait à étudier les effets de l'incorporation d'HGC (riche en acides gras polyinsaturés) comme additif dans l'alimentation des poulets de chair sur leurs performances de croissance et de carcasse, ainsi que sur certains paramètres biochimiques.

III.1 Effets de l'HGC sur les performances de croissance

L'utilisation d'HGC pendant les phases de croissance et de finition a amélioré le GPQM et l'IC. Dans cette étude, les résultats ont révélé que l'addition d'HGC à différents niveaux (0,25 ; 0,50 et 0,75 %) a réduit respectivement le poids corporel soient 265.00 ± 12.90 g, 241.10 ± 13.00 g et 222.78 ± 9.49 g par rapport au poids du groupe témoin 281.70 ± 11.30 g. La CAQM a été respectivement de 18.20 ± 1.15 g, 14.60 ± 2.31 g et 11.90 ± 1.73 g par rapport au poids du groupe témoin 21.20 ± 1.08 g) et le GPQM (respectivement 36.34 ± 2.04 g; 34.41 ± 0.87 g et 34.02 ± 0.99 g) par rapport au groupe témoin 41.90 ± 1.16 g pendant les phases de démarrage.

La même constatation a été enregistré en début de la phase de croissance (poids vifs : 511.30 ± 24.00 g, 488.70 ± 16.50 g et 489.30 ± 21.40 g) par rapport au groupe témoin (652.80 ± 21.00 g), la CAQM (62.57 ± 3.79 g, 57.62 ± 2.85 et 51.88 ± 3.60 g) par rapport au groupe témoin (67.08 ± 4.78 g) et le GPQM (35.20 ± 1.15 g, 35.40 ± 1.15 g et 39.40 ± 2.31 g) par rapport au groupe témoin (51.00 ± 2.31 g). En revanche, Shawle et al. (2016) ont constaté que l'ajout de GC à l'alimentation des poulets de chair augmentait la consommation alimentaire, mais n'avait aucun effet sur le GPQM. Ces auteurs attribuent cet effet à la présence de facteurs antinutritionnels dans les graines de cresson. Selon Belenli et al. (2016), les graines de cresson contiennent plusieurs facteurs antinutritionnels, notamment des glucosinolates, métabolites secondaires soufrés typiques de la famille des Brassicacées. Ces composés sont responsables du goût amer et piquant caractéristique du cresson, et leur ingestion peut entraîner une réduction de la consommation alimentaire.

La diminution de la consommation alimentaire et du GPQM observée dans cette étude est cohérente avec des recherches antérieures sur la poudre de GC (Kout-Elkloub et al., 2025) et sur les huiles végétales et essentielles. Zhang et al. (2013) ont constaté que l'ajout de 5 % d'huile d'olive dans l'alimentation des poulets de chair réduisait la CAQM et le GPQM pendant la phase de démarrage et de croissance (J0-J21). Das et al. (2014) ont observé qu'à mesure que le niveau d'addition en huile de palme augmentait (2,5 %, 3,0 % et 3,5 %), la consommation alimentaire diminuait jusqu'à la sixième

III. Discussion Générale

semaine. Cependant, Su et al. (2021) ont constaté que l'incorporation d'huiles essentielles commerciales (ingrédient actif : 3,05 % de thymol, 2,3 % de carvacrol et 0,26 % de cinnamaldéhyde) à différentes quantités : 100, 200 ou 400 mg/kg avait un effet positif sur le GPQM chez les poulets de chair pendant les phases de démarrage et croissance de 0 à 21 jours, par rapport au groupe témoin (29,8 g/jour ; 29,6 g/jour, 30,2 g/jour et 28,3 g/jour).

Dans la présente étude, l'IC a augmenté dans les groupes traités à 0,50 % et 0,75 % d'huile de *L. sativum* chez les poussins dès la première semaine respectivement 2.35 ± 0.21 et 2.85 ± 0.26 par rapport au groupe témoin (1.97 ± 0.06), comme le rapportent Al-Homidan et al. (2020). Kamran et al. (2020) ont trouvé des résultats similaires, ils ont révélé que l'oxydation des sources d'huile et de graisse de soja affectait l'IC dans la phase de démarrage, en raison du non-développement des organes et d'une sécrétion d'enzymes digestives plus faible pendant les premiers stades de la vie. De plus, cela pourrait être justifié par la théorie d'un potentiel plus faible de synthèse et de sécrétion de sels biliaires chez les jeunes poulets de chair, entraînant une digestibilité des graisses plus faible et de mauvaises performances des poulets de chair en croissance. Il y a ensuite eu une amélioration significative au milieu de la phase de croissance (4^e semaine) soient T1 : 1.89 ± 0.05 , T2 : 1.86 ± 0.26 et T3 : 1.90 ± 0.19 par rapport au groupe témoin : 1.99 ± 0.11 , qui a duré tout au long de l'expérience pour les trois groupes expérimentaux. Bien que l'amélioration ne soit pas statistiquement significative, elle concorde avec les conclusions d'AL-Bawi et al. (2019), cette étude a comparé les effets de la poudre de *L. sativum* (2 et 4 g/kg) avec l'oxytétracycline (40 ppm) sur les performances de croissance des poulets de chair. Ces auteurs ont observé une amélioration de l'IC dans les groupes supplémentés en poudre de cresson (2 et 4 g/kg) pendant la phase J14 (respectivement 1.63 ± 0.01 et 1.61 ± 0.05 par rapport au groupe témoin (1.650 ± 0.01), J28 (respectivement 1.78 ± 0.01 et 1.76 ± 0.01) dans les trois groupes expérimentaux par rapport au groupe témoin (1.780 ± 0.01) et à J42 (respectivement 1.89 ± 0.07 et 1.88 ± 0.07) par rapport au groupe témoin (1.9 ± 0.01). Cette amélioration de l'indice de consommation suggère une utilisation plus efficace des aliments par les oiseaux.

Yitbarek (2015) a décrit l'indice de consommation comme la relation entre la consommation alimentaire et la prise de poids corporel. Il représente l'efficacité globale des animaux à convertir les aliments consommés en masse corporelle. Cette efficacité peut être améliorée par l'ajout de lipides à l'alimentation. L'amélioration observée de l'IC lorsque des matières grasses sont ajoutées aux régimes des poulets de chair a été attribuée à l'effet extracalorique des matières grasses, qui améliore l'efficacité énergétique en réduisant l'apport calorique global et en augmentant l'énergie nette disponible pour la croissance (Aguar et al., 2016). De plus, il a été démontré que les AAP améliorent la digestibilité des nutriments en stimulant l'appétit, la sécrétion de salive, la production de mucus

III. Discussion Générale

intestinal, les acides biliaires et les enzymes digestives telles que la trypsine et l'amylase (Abdelli et al., 2021). Lee et al. (2003) ont constaté que la présence de composants bioactifs dans les huiles contribuait à une meilleure utilisation des nutriments chez les poulets de chair en raison de l'activité accrue des enzymes digestives pancréatiques, notamment l'amylase, la lipase, la trypsine et la chymotrypsine.

III.2 Effets de l'HGC sur les paramètres de la carcasse

Aucune différence significative n'a été observée dans la présente étude entre les différents paramètres de la carcasse des poulets de chair des groupes expérimentaux (respectivement 0.25 %, 0.50% et 0.75%) d'HGC par rapport au groupe témoins. La même constatation a été enregistrée dans l'expérience de Morshedy et al. (2022), où l'addition de GC n'a eu aucun effet significatif sur les différents paramètres de carcasse des lapins, à l'exception d'une réduction notable de la graisse rénale chez les groupes recevant des GC. Aussi, la graisse abdominale dans le groupe supplémenté par 0,75 % d'HGC était significativement plus faible que dans les autres groupes, ce qui indique que les huiles alimentaires influencent le dépôt de graisse chez les poulets de chair. En effet, Ferrini et al. (2008) ont constaté que dans une expérience sur des poulets de chair visant à déterminer l'effet de différents profils d'acides gras sur le dépôt de graisse sous-cutanée et abdominale, notent que le groupe nourri avec une ration supplémentée en huile de lin riche en acide linoléique présentait le dépôt de graisse abdominale le plus faible, comparable à l'HGC, qui contient plus de 35 % d'acide linoléique (Rezig et al., 2022). De plus, l'administration d'AGPI peut entraîner une oxydation accrue des acides gras alimentaires. Crespo and Esteve-Garcia (2001) ont suggéré que les AGPI favorisent l'expression de l'acyl-CoA oxydase, la principale enzyme de β -oxydation. Handique et al. (2019) ont rapporté que la teneur en lysine de l'HGC pourrait être responsable de l'amélioration du poids de l'animal adulte et de l'efficacité alimentaire pendant la période de croissance-finition en augmentant le rendement en viande de poitrine. Il réduit également le dépôt de graisse supplémentaire dans la carcasse.

III.3 Effets de l'HGC sur les paramètres biochimiques

Dans cette étude, le marqueur biochimique du métabolisme glucidique était le glucose. Le glucose est une source d'énergie continuellement requise par toutes les cellules de l'organisme et doit être maintenue à des niveaux plasmatiques adéquats, principalement par la conversion du glycogène hépatique et d'une partie provenant de sources non glucidiques (gluconéogenèse hépatique). Des variations de glycémie sont observées en fonction de l'heure de la journée et du niveau de stress

III. Discussion Générale

environnemental. Chez les oiseaux à jeun, la glycémie plasmatique est soumise à un rythme circadien (Huang et al., 2006).

Dans cette étude, les résultats des lots nourris avec une ration contenant de l'HGC ont montré une réduction significative de la glycémie, de la triglycéridémie et de la cholestérolémie, en particulier dans les traitements T2 et T3. Glycémie : T1, 1.81 ± 0.12 g/l ; T2, 1.98 ± 0.11 g/l et T3, 1.94 ± 0.16 g/l par rapport au groupe témoin (2.77 ± 0.13 g/l), triglycéridémie : T1, 0.48 ± 0.040 g/l ; T2, 0.50 ± 0.03 g/l et T3, 0.56 ± 0.04 g/l par rapport au groupe témoin (0.64 ± 0.03 g/l) et cholestérolémie : T2, 0.96 ± 0.03 g/l et T3, 0.99 ± 0.03 g/l par rapport au groupe témoin (1.33 ± 0.11 g/l). Ces résultats concordent avec l'étude d'Amawi et Aljamal (2012), qui ont ajouté 20 mg/kg d'extrait de *L. sativum* à l'alimentation de rats albinos hypercholestérolémiques pendant quatre semaines. Les résultats de cette expérience ont révélé une réduction de 30 % de la glycémie plasmatique, de 22 % du cholestérol et de 25 % des triglycérides. Plusieurs autres études ont montré que les graines de cresson sont hypoglycémiantes ; Qusti et al. (2016) ont utilisé un extrait méthanolique de GC, Doghmane et al. (2021) ont utilisé des GC entières, et Nasef and M. Khateib (2021) ont utilisé de la poudre de GC pour étudier l'effet de *L. sativum* sur la glycémie chez des rats atteints de diabète induit par la streptozotocine. Dans ces études, on constate une réduction significative de la glycémie et une augmentation du taux d'insuline. Ramadan et al. (2021) ont suggéré que la présence de composés antioxydants phénoliques et de flavonoïdes dans les extraits de *L. sativum* pourrait expliquer leurs propriétés hypoglycémiantes. Selon Shawle et al. (2016), certains flavonoïdes ont des propriétés insuliniques et peuvent donc abaisser la glycémie.

Dans la présente étude, les marqueurs biochimiques du métabolisme lipidique étaient le cholestérol HDL, le LDL et les triglycérides. Le cholestérol est un lipide majeur, précurseur de toutes les hormones stéroïdes et des acides biliaires, ainsi qu'un composant de la membrane plasmique des cellules. Il est obtenu à partir de protéines animales présentes dans l'alimentation et est synthétisé par le foie. Des concentrations élevées ou faibles de cholestérol peuvent être dues à divers facteurs physiologiques et à différentes maladies. Ces concentrations varient selon le régime alimentaire de l'oiseau. Des élévations peuvent survenir en raison d'une hypothyroïdie, d'une maladie hépatique, d'une obstruction des voies biliaires, d'un jeûne ou d'une alimentation riche en graisses et l'athérosclérose. Une diminution du taux de cholestérol a été associée à certains cas de maladie hépatique, d'aflatoxicose, d'une alimentation pauvre en graisses, d'endotoxémie à *Escherichia coli* et de spirochétose (Samour, 2015).

III. Discussion Générale

Les métabolites lipidiques sont fortement associés au métabolisme énergétique et reflètent ses fluctuations au cours de la période de croissance. L'HDL constitue la fraction principale du cholestérol total dans le sang des oiseaux. Il convient de souligner que les taux sériques de cholestérol et de triglycérides sont génétiquement dépendants. C'est peut-être une des raisons de leur grande variabilité révélée par différents chercheurs dans des expériences sur des poulets en croissance (Piotrowska et al., 2011). Chez les oiseaux, la majeure partie du cholestérol circulant est transportée par le cholestérol des lipoprotéines de haute densité (fraction α -2globuline) et les LDL (fraction β -globuline). Ces lipoprotéines sont devenues le principal moyen de transport du cholestérol et transportaient environ 40 à 44 % des protéines sériques totales (Polat et al., 2011).

Dans cette étude, les faibles taux de cholestérol dans les groupes ayant reçu les pourcentages les plus élevés d'HGC (T2 et T3) démontrent les propriétés hypocholestérolémiantes de cette huile, ce qui concorde avec les conclusions de Shawle et al. (2016), qui ont administré de la poudre de GC à différentes concentrations (0,75 %, 1,50 % et 2,25 %) à des poulets de chair. Plusieurs autres études ont démontré les propriétés cardioprotectrices hypolipidémiantes des GC chez le rat. Dans une étude de Mohamed et Safwat (2016) ont constaté que l'administration de poudre de GC réduisait les effets nocifs et cardiotoxiques (augmentation du cholestérol, diminution du taux de HDL) du 5-fluorouracile (un agent chimiothérapeutique utilisé pour traiter les tumeurs solides). Dans une autre étude sur le rat, Salama et al. (2019) ont découvert que l'effet hypolipidémiant de la poudre de graines de cresson, administrée à 15 % dans l'alimentation, était comparable à celui de l'atorvastatine chez des rats soumis à un régime riche en graisses. En revanche, Youssef et al. (2014) ont découvert que l'ajout d'HGC à des rats soumis à un régime riche en cholestérol pendant trois semaines, entraînait une diminution des triglycérides, du cholestérol, du LDL, de l'ASAT et de l'ALAT, tout en augmentant le taux d'HDL.

Les triglycérides constituent la principale forme de stockage des lipides et une source d'énergie majeure. Chaque molécule de triglycéride est constituée de trois molécules d'acide gras liées à une molécule de glycérol. Elles sont synthétisées dans la muqueuse intestinale et le foie à partir des composants de la digestion et de l'absorption des graisses. Plusieurs facteurs peuvent influencer la concentration sanguine des triglycérides. Les taux de triglycérides peuvent être augmentés à cause d'une péritonite liée aux œufs, l'hyperadrénocorticisme, le jeûne des oiseaux obèses, les maladies hépatiques et les maladies gonadiques peuvent également être iatrogènes après l'administration d'androgènes, d'œstrogènes et de glucocorticoïdes (Samour, 2015).

III. Discussion Générale

Selon Youssef et al. (2014), la réduction des triglycérides sériques due à l'addition d'HGC est due à sa teneur élevée en acides gras polyinsaturés (83,5 %). Ces acides gras suppriment la synthèse hépatique des acides gras, abaissant ainsi que les taux de cholestérol et de triglycérides. L'HGC contient de l'acide α -linolénique (ALA, 18:3, n-3), qui se convertit en AGPI à longue chaîne comme l'acide eicosapentaénoïque (EPA, 20:5, n-3) et l'acide docosahexaénoïque (DHA, 22:6, n-3). Selon Diwakar et al. (2008) et Umesha et al. (2015), les acides gras polyinsaturés peuvent réduire les taux de lipoprotéines de très basse densité (v-LDL). Rashnou et al. (2023) ont trouvé une concentration élevée d'acides gras oméga-3 dans le jaune d'œuf de caille japonaise nourrie avec un régime contenant 100 g/kg de graines de cresson. Selon Ghobashy et al. (2023), un manque d'acides gras n-3 dans l'alimentation peut augmenter le risque de maladies dégénératives telles que les maladies mentales, le cancer, le diabète, l'arthrite et les maladies cardiovasculaires.

Dans la présente étude, les marqueurs biochimiques de la fonction hépatique étaient l'ASAT et l'ALAT. L'aspartate aminotransférase (ASAT, EC 2.6.1.1) et l'alanine aminotransférase (ALAT, EC 2.6.1.2) sont des enzymes présentes principalement dans le foie, mais également dans les globules rouges, les cellules cardiaques, les tissus musculaires et d'autres organes, tels que le pancréas et les reins. Par conséquent, la quantité d'ASAT et d'ALAT dans le sang est directement liée à l'étendue des lésions tissulaires. Après une lésion grave, les taux d'ASAT augmentent de 10 à 20 fois la normale, voire plus, tandis que les taux d'ALAT peuvent atteindre des niveaux plus élevés (jusqu'à 50 fois supérieurs à la normale) (Huang et al., 2006).

Les taux sériques d'ASAT sont cohérents (T0 : 244.9 ± 14.60 UI/L ; T1 : 248.2 ± 14.60 UI/L ; T2 : 244.7 ± 15.10 UI/L et T3 : 241.10 ± 17.70 UI/L) avec les résultats antérieurs de Polat et al. (2011) dans une étude sur des poulets de chair nourris avec un régime supplémenté en vitamine E (50 mg/kg 200 mg/kg). Abuelgasim et al. (2008) ont constaté que l'effet hépatoprotecteur de l'extrait méthanolique de GC réduisait l'hépatotoxicité chez les rats induits par CCL₄ en abaissant les taux d'ASAT et d'ALAT.

Dans cette expérience, les marqueurs du métabolisme protéique étaient les protéines totales, l'albumine et la globuline. Les protéines totales sont un paramètre couramment utilisé pour estimer l'état corporel des oiseaux. Il est généralement connu que les protéines du plasma sanguin jouent un rôle clé dans le maintien de la pression osmotique colloïdale, en tant que substitut rapide aux acides aminés indispensables, assurant le glucose par la gluconéogenèse, dans le transport des minéraux et des hormones, dans la formation des enzymes et du système immunitaire de l'organisme. Par conséquent, les protéines du plasma sanguin jouent un rôle exceptionnel dans le maintien de

III. Discussion Générale

l'homéostasie. De plus, l'albumine, l'une des principales protéines sériques, constitue la source la plus favorable d'acides aminés pour la synthèse des protéines tissulaires pendant la période de croissance somatique rapide des oiseaux, en particulier dans des conditions de restriction alimentaire (Piotrowska et al., 2011; Polat et al., 2011). Il s'agit de la principale protéine sanguine produite par le foie. L'hépatotoxicité entraîne une diminution de la production d'albumine. Elle peut être utilisée comme un test complémentaire pour les fonctions de biosynthèse hépatique (Sharma, 2014).

Le déséquilibre des protéines totales indique des conditions inflammatoires aiguës ou chroniques (Bueno et al., 2017). Les protéines totales sont aussi des marqueurs biochimiques de la fonction hépatique. Leur estimation dans l'organisme permet de différencier une fonction hépatique normale d'une fonction hépatique altérée, car la majorité des protéines plasmatiques comme les albumines et les globulines sont produites dans le foie (Sharma, 2014).

Une diminution de la concentration d'albumine peut survenir suite à une diminution de la synthèse due à une maladie hépatique chronique, une inflammation chronique, augmentation des pertes due à une maladie rénale, un parasitisme ou une hyperhydratation (Samour, 2015).

En résumé, les groupes supplémentés en HGC ne montrent aucune différence significative dans les concentrations sérique des protéines totales (T0 : 26.10 ± 0.83 g/l, T1 : 30.59 ± 1.71 g/l, T2 : 30.80 ± 2.27 g/l et T3 : 25.47 ± 1.52 g/l). Aucune différence n'a été enregistrée dans les taux d'albumine sérique aussi (T0 : 11.61 ± 0.56 g/l, T1 : 11.80 ± 0.52 g/l, T2 : 11.82 ± 0.71 g/l et T3 : 11.14 ± 0.46 g/l), ni de la globuline (T0 : 14.49 ± 1.18 g/l, T1 : 18.82 ± 1.63 g/l, T2 : 18.98 ± 2.47 g/l et T3 : 14.32 ± 1.54 g/l), ce qui reflète un bon métabolisme protéique et l'absence d'altérations hépatiques ou rénales.

Dans cette étude, les principaux marqueurs biochimiques de la fonction rénale étaient l'acide urique et la créatinine. L'acide urique est le principal déchet azoté aviaire et un agent antioxydant important. Tout changement dans le catabolisme des protéines se reflète principalement dans les concentrations sériques d'acide urique. Il est bien documenté que chez les oiseaux, la teneur en acide urique dans le sang peut varier considérablement dans des conditions standards en fonction de l'espèce d'oiseau, du régime alimentaire, de l'âge de l'animal et de la qualité du régime protéique (Piotrowska et al., 2011).

L'acide urique augmente chez les oiseaux suite à une ovulation, une augmentation postprandiale, des lésions rénales induites par l'hypovitaminose A, une déshydratation, une infection rénale, une intoxication rénale, hypervitaminose A, hypervitaminose D3, médicaments

III. Discussion Générale

néphrotoxiques ou une goutte articulaire. Il diminue chez les jeunes oiseaux et à l'occasion d'une maladie hépatique grave (Samour, 2015).

Un autre indicateur important du métabolisme des protéines est la créatinine, un sous-produit de la dégradation de la phosphocréatine dans le muscle squelettique. Sa concentration est directement proportionnelle à la masse musculaire, à l'âge, à l'activité physique et comme la majorité des constituants chimiques du sang, est influencée par l'alimentation (Piotrowska et al., 2011). Les reins maintiennent la créatinine sanguine dans une plage normale. Les valeurs les plus basses indiquent qu'il y a une perte musculaire qui aurait pu être causée par une insuffisance de protéines chez les animaux (Polat et al., 2011).

Une atteinte rénale grave peut entraîner une augmentation de la créatinine, notamment en cas de diminution du taux de filtration. Des élévations ont également été décrites en lien avec une péritonite liée aux œufs, une septicémie (chlamydiose), un traumatisme rénal, une alimentation riche en protéines et la prise de médicaments néphrotoxiques (Samour, 2015).

Aucune différence significative n'a été enregistrée dans cette étude dans le taux sériques de l'acide urique (T0 : 113.67 ± 9.71 g/l, T1 : 93.11 ± 5.56 g/l, T2 : 103.44 ± 5.78 g/l et T3 : 95.70 ± 13.60 g/l) et de la créatinine (T0 : 6.21 ± 0.27 mg/l, T1 : 6.55 ± 0.41 mg/l, T2 : 6.37 ± 0.25 mg/l et T3 : 6.18 ± 0.35 mg/l) des groupes traités par rapport au groupe témoin, ce qui reflète l'absence d'atteinte rénale. En revanche, Plusieurs études ont prouvé l'effet néphro-protecteur de la poudre de *L. sativum*. Parmi ces études, Halaby et al. (2015) ont exploré l'effet protectif et curatif de deux concentrations (5% et 10%) de la poudre de GC sur l'insuffisance rénale aiguë induite par le cisplatine chez des rats mâles albinos. Les résultats ont montré que l'administration de GC à 5% et 10%, aussi bien en traitement curatif qu'en prévention, a amélioré la prise de poids, la consommation alimentaire et le rapport d'efficacité alimentaire. Ce traitement a permis une réduction du taux lipidiques (cholestérol, triglycérides) et des dommages rénaux. D'autres études ont démontré son effet protecteur non seulement pour la fonction rénale, mais aussi utilisé comme complément alimentaire pour atténuer les altérations hémato-biochimiques induites par l'exposition à différentes molécules toxiques. Dans ce contexte, Verma en 2025, dans son étude visant à évaluer les effets protecteurs du *L. sativum* contre la toxicité induite par le pyréthrinioïde synthétique de type II (fenvalérate) chez les poulets, a montré que l'exposition au fenvalérate entraînait des troubles hépatiques, du métabolisme lipidique et de l'activité enzymatique, tandis que la supplémentation en *L. sativum* a permis d'atténuer ces effets toxiques en améliorant les marqueurs antioxydants, hématologiques et biochimiques.

III. Discussion Générale

Ce travail a montré que l'incorporation de *Lepidium sativum* dans la ration alimentaire reste bénéfique à partir du milieu de la phase de croissance, bien que l'étude d'autres paramètres comme : les paramètres organoleptiques de la viande, les taux des enzymes digestives serait nécessaire pour améliorer son efficacité et mieux cerner les insuffisances.

Conclusion générale

Conclusion générale

La production avicole occupe une place essentielle dans la sécurité alimentaire, en particulier dans les pays du tiers monde, où elle représente une source importante de protéines animales accessibles et économiques. Cependant, l'interdiction de l'usage des antibiotiques comme facteurs de croissance, en raison de leurs effets néfastes sur la santé humaine et animale et sur l'environnement, a conduit les chercheurs et les producteurs à s'orienter vers des alternatives naturelles. Parmi ces dernières, les additifs alimentaires phytogéniques, qui suscitent un intérêt croissant.

Les graines de cresson sont une riche source de protéines, de fibres, de vitamines, de minéraux, d'acides gras insaturés ainsi que d'acides aminés essentiels et non essentiels. Elles renferment de nombreux composés bioactifs tels que les alcaloïdes, les composés phénoliques, les flavonoïdes et les tanins ainsi que du mucilage. Étant des graines oléagineuses, leur extraction par différentes méthodes permet d'obtenir une huile végétale : l'huile de graines de cresson.

L'huile de graines de cresson, constitue une excellente source d'oligoéléments et de macroéléments minéraux, d'acides aminés et d'acides gras moins saturés et polyinsaturés, parmi lesquels les oméga-3. Elle renferme plusieurs métabolites secondaires tels que les tocophérols, les phytostérols, les polyphénols et les flavonoïdes, qui lui confèrent de précieuses propriétés biologiques et nutritionnelles.

Dans la présente étude, l'effet de l'incorporation de l'huile de graines de cresson dans la ration alimentaire des poulets de chair sur les performances de croissance, les caractéristiques de carcasse ainsi que certains paramètres biochimiques a été évalué.

Au cours de la phase de démarrage, l'incorporation de l'HGC dans la ration alimentaire a eu un effet notable sur les performances zootechniques. Le groupe recevant 0,75% d'HGC (T3) a présenté un poids significativement inférieur par rapport au groupe témoin (T0). De même, le gain de poids quotidien moyen (GPQM) a été réduit chez ce groupe, indiquant un impact négatif du niveau le plus élevé de supplémentation en HGC durant cette phase.

Les groupes T1 (0,25%) et T2 (0,50%) et T3 ont enregistré une baisse de la consommation alimentaire (CAQM) par rapport au témoin, suggérant un effet dose-dépendant de l'huile sur l'appétit des animaux. Les groupes T2 et T3 avaient un indice de consommation plus élevé que le témoin et le groupe T1.

Au début de la phase de croissance (2^{ème} semaine), les groupes T1, T2 et T3 ont connu une diminution du GPQM par rapport au groupe témoin. Cependant, à partir de cette période, les lots

Conclusion générale

supplémentés en HGC ont montré une amélioration significative de l'indice de consommation, indiquant une meilleure utilisation de la ration alimentaire. Ces résultats suggèrent qu'après une adaptation initiale, l'huile de graines de cresson contribue positivement à l'efficacité alimentaire et à la croissance des poulets de chair.

Durant la phase de finition, les groupe T2 et T3 a présenté un GPQM supérieurs à celui du groupe T1 et T0 reflétant une nette amélioration du gain de poids.

Pour ce qui est des caractéristiques de carcasse, le groupe T3 avait un poids et un rendement de graisse abdominale significativement inférieurs par rapport aux autres traitements

Sur le plan biochimique, les groupes T1, T2 et T3 ont montré une diminution significative de la glycémie par rapport au témoin. Par ailleurs, une réduction notable du cholestérol sérique a été observée dans les groupe T2 et T3 et une augmentation du HDL dans le groupe T1.

Enfin les taux de triglycérides sériques ont diminué significativement chez les poulets de chair des traitements T1 et T2, démontrant un effet hypolipidémiant de l'HGC.

L'ensemble des résultats obtenus montre que l'incorporation de l'huile de graines de cresson dans la ration alimentaire des poulets de chair exerce des effets variables selon le niveau d'inclusion et la phase d'élevage. Malgré une légère baisse des performances au démarrage, une amélioration progressive de l'efficacité alimentaire a été observée à partir de la phase de croissance, traduisant une meilleure valorisation nutritionnelle de la ration. ce qui suggère qu'il est préférable d'incorporer l'huile à partir du milieu de la phase de croissance.

Sur le plan métabolique, l'huile de graines de cresson a contribué à la réduction des taux sériques de glucose, de cholestérol et de triglycérides, confirmant ses propriétés hypoglycémiantes et hypolipidémiantes. Ces effets bénéfiques peuvent être attribués à la richesse de cette huile en acides gras insaturés et composés bioactifs. Ainsi, l'huile de graine de cresson apparait comme alternative naturelle prometteuse, favorisant une production avicole plus saine, durable et conforme aux exigences actuelles de sécurité alimentaires.

A la lumière des résultats obtenus, il serait intéressant d'approfondir les recherches sur l'huile des graines de cresson en évaluant :

- ✓ Ses effets à long terme et sous différentes conditions d'élevage.

Conclusion générale

- ✓ Des études complémentaires pourraient être menées pour déterminer le niveau optimal d'incorporation dans l'alimentation des poulets de chair, ainsi que son impact sur la qualité de la viande, notamment la composition en acides gras et la stabilité oxydative.
- ✓ Il serait également pertinent d'explorer l'effet synergique de l'huile des graines de cresson associé à d'autres additifs alimentaires naturels tel que les probiotiques et les huiles essentielles.
- ✓ Enfin, l'évaluation économique de son utilisation à l'échelle industrielle permettrait de valider son potentiel en tant qu'alternative durable et rentable aux promoteurs de croissance de synthèse dans la production avicole.

Bibliographie

Références

- ABDALLAH, H. M., FARAG, M. A., ALGANDABY, M. M., NASRULLAH, M. Z., ABDEL-NAIM, A. B., EID, B. G., SAFO, M. K., KOSHAK, A. E. & MALEBARI, A. M. 2020. Osteoprotective Activity and Metabolite Fingerprint via UPLC/MS and GC/MS of *Lepidium sativum* in Ovariectomized Rats. *Nutrients*, 12, 2075, doi:10.3390/nu12072075
- ABDEL-BAKY, E. S. J. S. J. O. A. S. 2019. Effects of *Lepidium sativum* seeds extract (Garden cress) on the kidney in sodium nitrite receiving rats. *Scientific Journal of Agricultural Sciences* 1 (1): 38-45
- ABDELLI, N., SOLA-ORIO, D. & PEREZ, J. F. 2021. Phytogetic Feed Additives in Poultry: Achievements, Prospective and Challenges. *Animals (Basel)*, 11, 3471. <https://doi.org/10.3390/ani11123471>.
- ABDELRAHMAN MORSHEDY, S., YOUNIS, A., MOHAMED ZAHRAN, S., HASSAN AHMED, M. & MOEMEN EL- GINDY, Y. 2022. Effect of Dietary Garden Cress Seeds on Growth Performance, Feed Utilization, Carcass Characteristics and some Physiological Responses of Growing Rabbits. *Alexandria Science Exchange Journal*, 43, 475-484. DOI: 10.21608/asejaiqsae.260432
- ABDULMALEK, S. A., FESSAL, M. & EL-SAYED, M. 2021. Effective amelioration of hepatic inflammation and insulin response in high fat diet-fed rats via regulating AKT/mTOR signaling: Role of *Lepidium sativum* seed extracts. *J Ethnopharmacol*, 266, 113439. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113439>
- ABO EL-MAATI, M. F., LABIB, S. M., AL-GABY, A. & RAMADAN, M. F. J. Z. J. O. A. R. 2016. Antioxidant and antibacterial properties of different extracts of garden cress (*Lepidium sativum* L.). *Zagazig Journal of Agricultural Biochemistry and its Application*. 43 (5), 1685-1697.
- ABUELGASIM, A. I., NUHA, H., MOHAMMED, A. J. R. J. O. A. & SCIENCES, V. 2008. Hepatoprotective effect of *Lepidium sativum* against carbon tetrachloride induced damage in rats. *Research Journal of Animal and Veterinary Sciences*. 3, 20-23.
- ADAM, S. J. T. A. J. O. C. M. 1999. Effects of various levels of dietary *Lepidium sativum* L. seeds in rats. *American Journal of Chinese Medicine*. 27, 397-405.
- ADAMU, M., BOONKAEWWAN, C. J. A. & RESOURCES, N. 2014. Effect of *Lepidium sativum* L.(garden cress) seed and its extract on experimental *Eimeria tenella* infection in broiler chickens. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*. 48, 28-37.

- ADERA, F., YUSUF, Z. & DESTA, M. 2022. Physicochemical Properties and Biological Activities of Garden Cress (*Lepidium sativum* L.) Seed and Leaf Oil Extracts. *Can J Infect Dis Med Microbiol*, 2947836. <https://doi.org/10.1155/2022/2947836>
- AFZAL, M. F., KHALID, W., ARMGHAN KHALID, M., ZUBAIR, M., AKRAM, S., KAUSER, S., NOREEN, S., JAMAL, A., KAMRAN KHAN, M. & AL-FARGA, A. 2022. Recent industrials extraction of plants seeds oil used in the development of functional food products: A Review. *International Journal of Food Properties*, 25, 2530-2550. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2144882>.
- AGUIAR, V. D. S. L., DOURADO, L. R. B., LOPES, J. B., MACHADO, L. P., NASCIMENTO, D. C. N. D., SILVA, D. R. S. E., SANTOS, E. T. D. & FARIAS, L. A. 2016. Cottonseed oil in diets for growing broilers. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45 (5), 208-218. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016000500002>.
- AKHTER, R. and SARKER, M. W. J. R. I. A. L. 2019. Antimicrobial activity in leaf extract of neem in broiler. *AGRICULTURE, LIVESTOCK and FISHERIES*. 6 (2), 337-343. <https://doi.org/10.3329/ralf.v6i2.43063>
- AL-BAWI, F. H., FARIS, J. K., HASHIM, M. U., KHUDHAIR, A. S., KUAIBER, M. K., JASIM, Y. M. J. B. & ARCHIVES, C. 2019. Comparative effects of *Lepidium sativum* seeds as feed additives to oxytetracycline on broilers. *Biochem. Cell. Arch.* 19. 2519-2523. DOI : 10.35124/bca.2019.19.S1.2519
- AL-HOMIDAN, I. H., EBEID, T. A., AL-MUZAINI, A., ABOU-EMERA, O. K., MOSTAFA, M. M. & FATHI, M. M. 2020. Impact of dietary fenugreek, mung bean, and garden cress on growth performance, carcass traits, blood measurements, and immune response in broiler chickens. *Livestock Science*, 242. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104318>
- AL-MARIRI, A. & SAFI, M. J. I. J. O. M. S. 2014. In vitro antibacterial activity of several plant extracts and oils against some gram-negative bacteria. *Iran J Med Sci*. 39 (1), 36.
- AL-MARZOQI, A. H., AL-KHAFAJI, N. M. S. & HUSSEIN, H. J. J. I. J. O. C. R. 2016. In vitro antibacterial activity assessment of the crude phenolic, alkaloid and terpenoid compounds extracts of *Lepidium sativum* L. on human pathogenic bacteria. *International Journal of ChemTech Research*. 9 (4), 529-532.
- AL-SNAFI, A. E. 2019. Chemical Constituents and Pharmacological Effects of *Lepidium Sativum*-a Review. *International Journal of Current Pharmaceutical Research*, 11 (6), 1-10.

Références

- AL-YAHYA, M. A., MOSSA, J. S., AGEEL, A. M. & RAFATULLAH, S. 1994. Pharmacological and safety evaluation studies on *Lepidium sativum* L., Seeds. *Phytomedicine*, 1 (2), 155-9. [https://doi.org/10.1016/S0944-7113\(11\)80035-8](https://doi.org/10.1016/S0944-7113(11)80035-8).
- ALMUHAYAWI, M., ALRUHAILI, M., GATTAN, H., ALHARBI, M., NAGSHABANDI, M., AL JAOUNI, S., SELIM, S., ELNOSARY, M. J. E. R. F. M. & SCIENCES, P. 2023. In silico molecular modeling of cold pressed garden cress (*Lepidium sativum* L.) seed oil toward the binding pocket of antimicrobial resistance *Staphylococcus aureus* DNA-gyrase complexes. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*. 27.1238-1247.
- ALQAHTANI, F. Y., ALEANIZY, F. S., MAHMOUD, A. Z., FARSHORI, N. N., ALFARAJ, R., AL-SHEDDI, E. S. & ALSARRA, I. A. 2019. Chemical composition and antimicrobial, antioxidant, and anti-inflammatory activities of *Lepidium sativum* seed oil. *Saudi J Biol Sci*, 26 (5), 1089-1092. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.05.007>.
- ALSULAMI, G. & HUSSIEN, N. 2020. Subchronic study of sperm morphology, genotoxic and mutagenic effect of *Lepidium sativum* seeds aqueous extract in vivo. *Recent Research in Genetics and Genomics*, 2 (1), 1-14. DOI: 10.21608/rrgg.2020.21025.1002
- AMAWI, K. & ALJAMAL, A. J. J. P. P. A. 2012. Effect of *Lepidium sativum* on lipid profiles and blood glucose in rats. *Journal of Physiology and Pharmacology Advances*. 2 (8), 277-281.
- ARAFA, R. M. & EL-KHOLEY, H. J. J. O. R. I. T. F. O. S. E. 2021. The Potential Effects of Garden Cress Seeds (*Lepidium Sativum* L.) on the Bone of Female Rats Suffering from Osteoporosis. *Jedu Journal. ekb.* 8 (37), 1399-1426. DOI: 10.21608/jedu.2021.96960.1471.
- ATTIA, E. S., AMER, A. H. & HASANEIN, M. A. J. N. P. R. 2019. The hypoglycemic and antioxidant activities of garden cress (*Lepidium sativum* L.) seed on alloxan-induced diabetic male rats. *Natural Product Research*. 33 (6), 901-905. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1413564>
- BELENLI, D., POLAT, U., BERHOW, M. A., ORMAN, A. & YESILBAG, D. 2016. Effects of glucosinolates and their hydrolysis products on biochemical and performance parameters in broiler chicken diets. *The Indian Journal of Animal Sciences*, 86 (10). 1165-1171.
- BHUTIA, K. G. J. U. O. H. & PARMAR, F. D. Y. S. 2014. Evaluation of *Lepidium sativum* Linn. Strains under mid hill conditions of himachal pradesh. Master of science (forestry)

Références

- (medicinal and aromatic plants). College of forestry. *Dr Yashwant Singh Parmar University of Horticulture and Forestry*, Nauni Solan – 173 230 (H.P.), INDIA.
- BIOMAGHREB. 2007. Price quality and services. certifiée selon la norme ISO 9001: 2000 (certificat N° QUAL/2007/28982) délivrée par AFAK AFNOR international le 15 avril 2007.
- BONA, M. J. I. E. F. D. J. F. P. 2014. Taxonomic revision of *Lepidium L.*(Brassicaceae) from Turkey. *Istanbul Ecz. Fak. Derg. / J. Fac. Pharm. Istanbul*. 44 (1), 31-62.
- BOUKHATEM, M. N. J. A. 2019. Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles: revue de littérature. *Revue Agrobiologia*. 9 (2), 1653-1659.
- BUENO, J. P. R., NASCIMENTO, M. R. B. D. M., MARTINS, J. M. D. S., MARCHINI, C. F. P., GOTARDO, L. R. M., SOUSA, G. M. R. D., MUNDIM, A. V., GUIMARÃES, E. C. & RINALDI, F. P. 2017. Effect of age and cyclical heat stress on the serum biochemical profile of broiler chickens. *Semina: Ciências Agrárias*, 38 (3). DOI: 10.5433/1679-0359.2017v38n3p1383
- CRESPO, N. & ESTEVE-GARCIA, E. 2001. Dietary fatty acid profile modifies abdominal fat deposition in broiler chickens. *Poult Sci*, 80 (1), 71-8. <https://doi.org/10.1093/ps/80.1.71>
- DAS, G., HOSSAIN, M. & AKBAR, M. J. B. J. O. A. S. 2014. Performance of broiler with feeding different levels of palm oil. *Bangladesh Journal of Animal Science* 43 (1), 45-51. <https://doi.org/10.3329/bjas.v43i1.19384>
- DATTA, P., DIWAKAR, B., VISWANATHA, S., MURTHY, K. & NAIDU, K. J. I. J. A. R. N. P. 2011. Original Report Safety evaluation studies on Garden cress (*Lepidium sativum L.*) seeds in Wistar rats. *International Journal of Applied Research in Natural Products*. 4 (1), 37.
- DIWAKAR, B. T., DUTTA, P. K., LOKESH, B. R. & NAIDU, K. A. 2008. Bio-availability and metabolism of n-3 fatty acid rich garden cress (*Lepidium sativum*) seed oil in albino rats. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*, 78 (2), 123-30. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2007.12.001>
- DIWAKAR, B. T., DUTTA, P. K., LOKESH, B. R. & NAIDU, K. A. 2009. Physicochemical Properties of Garden Cress (*Lepidium sativum L.*) Seed Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87, 539-548.
- DOGHMANE, A., AOUACHERI, O., LAOUAICHIA, R. & SAKA, S. 2021. The investigation of the efficacy ratio of cress seeds supplementation to moderate hyperglycemia and

- hepatotoxicity in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Diabetes Metab Disord*, 20, 447-459. <https://doi.org/10.1007/s40200-021-00764-9>
- EDDOUKS, M., MAGHRANI, M., ZEGGWAGH, N. A. & MICHEL, J. B. 2005. Study of the hypoglycaemic activity of *Lepidium sativum* L. aqueous extract in normal and diabetic rats. *J Ethnopharmacol*, 97, 391-5. doi:10.1016/j.jep.2004.11.030
- EL-SAADANY, A. S., EL-BARBARY, A. M., SHREIF, E. Y., ELKOMY, A., KHALIFAH, A. M. & EL-SABROUT, K. 2022. Pumpkin and garden cress seed oils as feed additives to improve the physiological and productive traits of laying hens. *Italian Journal of Animal Science*, 21 (1), 1047-1057. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2022.2090288>
- EL-SABROUT, K., KHALIFAH, A. & MISHRA, B. 2023. Application of botanical products as nutraceutical feed additives for improving poultry health and production. *Vet World*, 16 (2), 369-379.
- EL-SALAM, A., KHOLOUD, H., TOLIBA, A., EL-SHOUBAGY, G. A. & EL-NEMR, S. E. J. Z. J. O. A. R. 2019. Chemical and functional properties of garden cress (*Lepidium sativum* L.) seeds powder. *Food, Dairy and Home Economic Research*. 46 (5), 1517-1528.
- ELBAZ, A. M., ZAKI, E. F., SALAMA, A. A., BADRI, F. B. & THABET, H. A. 2023. Assessing different oil sources efficacy in reducing environmental heat-stress effects via improving performance, digestive enzymes, antioxidant status, and meat quality. *Sci Rep*, 13, 20179. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47356-6>
- ELSAYED, S. A., SHAWKY, E., EL NAGGAR, E. M. B. & IBRAHIM, R. S. 2025. Comprehensive phytochemical profiling of Garden Cress (*Lepidium sativum* L.) seeds using UPLC-ESI-MS/MS. *Journal of Advanced Pharmaceutical Sciences*, 2, 64-75. DOI: 10.21608/japs.2025.344903.1042.
- FARAG, H. & SHAABAN, S. 2021. Descriptive Botanical Studies of *Lepidium sativum* L. at Different Growth Stages. *Journal of Plant Production*, 12 (11), 1231-1240. DOI: 10.21608/jpp.2021.101841.1070
- FARHAT, A. 2010. Vapo-diffusion assistée par micro-ondes: conception, optimisation et application. Thèse pour obtenir le grade de Doctorat en Sciences. *Université d'Avignon; École nationale d'ingénieurs de Gabès*. (Tunisie).
- Fernandez-Alarcon, M. F., Trottier, N., Steibel, J. P., Lunedo, R., Campos, D. M. B., Santana, A. M., ... & Furlan, L. R. 2017. Interference of age and supplementation of direct-fed microbial and essential oil in the activity of digestive enzymes and expression of genes

- related to transport and digestion of carbohydrates and proteins in the small intestine of broilers. *Poultry Science*, 96(8), 2920-2930. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pex039>
- FURLAN, L. R. 2017. Interference of age and supplementation of direct-fed microbial and essential oil in the activity of digestive enzymes and expression of genes related to transport and digestion of carbohydrates and proteins in the small intestine of broilers. *Poult Sci*, 96 (8), 2920-2930. <https://doi.org/10.3382/ps/pex039>
- FERRINI, G., BAUCCELLS, M. D., ESTEVE-GARCIA, E. & BARROETA, A. C. 2008. Dietary polyunsaturated fat reduces skin fat as well as abdominal fat in broiler chickens. *Poult Sci*, 87 (3), 528-35. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00234>
- GHANTE, M. H., BADOLE, S. L. & BODHANKAR, S. L. 2011. Health Benefits of Garden Cress (*Lepidium sativum* Linn.) Seed Extracts. *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*.521-525. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375688-6.10062-3>Get rights and content
- HALABY, M. S., FARAG, M. H. & MAHMOUD, S. A. J. M. E. J. O. A. S. 2015. Protective and curative effect of garden cress seeds on acute renal failure in male albino rats. *Middle East Journal of Applied Sciences*. 5 (2), 573-586.
- HANDIQUE, B., YENGKHOM, R. & MAURYA, L. K. J. J. E. Z. S. 2019. Lysine and methionine supplementation in commercial broiler chicken: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 7 (3), 193-196.
- HASHEMI, S. R. & DAVOODI, H. 2010. Phyto-genics as New Class of Feed Additive in Poultry Industry. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9 (17), 2295-2304.
- HASSAN, H. M. 2015. A Short History of the Use of Plants as Medicines from Ancient Times. *Chimia (Aarau)*, 69 (10), 622-3. doi:10.2533/chimia.2015.622
- HEKMATSHOAR, Y., OZKAN, T. & RAHBAR SAADAT, Y. 2022. Evidence for Health-Promoting Properties of *Lepidium sativum* L.: An Updated Comprehensive Review. *Turk J Pharm Sci*, 19 (6), 714-723. <https://doi.org/10.4274/tjps.galenos.2021.07504>
- HEMEG, H. A., MOUSSA, I. M., IBRAHIM, S., DAWOUD, T. M., ALHAJI, J. H., MUBARAK, A. S., KABLI, S. A., ALSUBKI, R. A., TAWFIK, A. M. & MAROUF, S. A. 2020. Antimicrobial effect of different herbal plant extracts against different microbial population. *Saudi J Biol Sci*, 27 (12), 3221-3227. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.08.015>
- HOANG, H. 2024. Les antibiotiques dans la production de viande mondiale: utilisation, régulation, surveillance.Thèse présentée pour obtenir le diplôme de Docteur en

Références

- pharmacie. *Université de Franche Comté*. UFR Science de la santé. 19 rue Ambroise paré CS 71806 F 25030. Besançon cedex.
- HOMIDAN, A. A., ALSUHAİM, A. A., H. S, A. & ELGADIR, M. A. 2019. Effect of Diets Supplemented with Fenugreek, Garden Cress and Mung Bean on Sensory Evaluation of Broiler Chicken Breasts. *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*, 9 (1). DOI:10.29322/IJSRP.9.01.2019.p8534
- HUANG, X.-J., CHOI, Y.-K., IM, H.-S., YARIMAGA, O., YOON, E. & KIM, H.-S. J. S. 2006. Aspartate aminotransferase (AST/GOT) and alanine aminotransferase (ALT/GPT) detection techniques. *Sensors* 6 (7), 756-782. <https://doi.org/10.3390/s6070756>
- HUSSAIN, W., BUSSMANN, R. W. & PANIAGUA-ZAMBRANA, N. Y. 2021. *Lepidium apetalum* Willd. *Lepidium sativum* L. Brassicaceae. *Ethnobotany of the Himalayas*. 1-7. DOI: 10.1007/978-3-030-45597-2_141-1
- HUSSEIN, S. H., LAZ, E. S., SALEM, H. H., HASB ALLAH, T. I. J. E. J. O. C. & HEALTH, E. 2015. Phyto-genics as animal feed additive. *Egypt. J. Chem. Environ. Health* 1 (1) , 421-434. <https://doi.org/10.21608/ejceh.2015.253590>
- JAIN, T., GROVER, K. & KAUR, G. 2016. Effect of processing on nutrients and fatty acid composition of garden cress (*Lepidium sativum*) seeds. *Food Chem*, 213, 806-812. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.034>
- JANG, I. S., KO, Y. H., KANG, S. Y. & LEE, C. Y. 2007. Effect of a commercial essential oil on growth performance, digestive enzyme activity and intestinal microflora population in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 134 (3-4), 304-315. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.06.009>
- KAMRAN, J., MEHMOOD, S., MAHMUD, A. & SAIMA 2020. Influence of Thermally Oxidized Vegetable Oil and Animal Fats on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Carcass Parameters and Meat Quality of Broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 22 (02). <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2020-1254>
- KOUATCHO, F., KANA, J., NGOULA, F., NANA, N. & TEGUIA, A. 2015. Effect of dietary crude protein level on growth parameters and carcass characteristics of quail (*Coturnix* sp) at finisher stage in Western Highlands of Cameroon. *livestock research for rural development*. 27 (8).
- KOUT-ELKLOUB, M., ME, F., AA, E.-P. & RIRY, F. S. J. E. P. S. J. 2025. effect of dietary habarachad (*lepidium sativum*) seeds powder and germinated on production and

- reproduction performance and blood biochemical of gimmizah laying hens. *Egypt. Poult. Sci.* 45 (II), 79-93.
- LAHIRI, B. & RANI, R. 2020. Garden Cress Seeds: chemistry, medicinal properties, application in dairy and food industry: A Review. *emergent Life Sciences Research*, 06, 01-04.
- LEE, K. W., EVERTS, H., KAPPERT, H. J., FREHNER, M., LOSA, R. & BEYNEN, A. C. 2003. Effects of dietary essential oil components on growth performance, digestive enzymes and lipid metabolism in female broiler chickens. *Br Poult Sci*, 44 (3), 450-7. <http://dx.doi.org/10.1080/0007166031000085508>
- LOUAER, M. & ZERMANE, A. 2019. *Etude de l'extraction des huiles végétales des noyaux de dattes et graines de sésame par Co2 supercritique*. Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat troisième cycle en Génie des Procédés Option : Génie Chimique. *Université Constantine 3 Salah Boubnider*, Faculté de génie des procédés.
- MAHASSNI, S. H. & AL-REEMI, R. M. 2013. Cytotoxic effect of an aqueous extract of *Lepidium sativum* L. seeds on human breast cancer cells. *Indian Journal of Traditional Knowledge*. 12 (4). 605-614.
- MAHASSNI, S. H. & KHUDAUARDI, E. R. J. J. A. H. M. 2017. A pilot study: The effects of an aqueous extract of *Lepidium sativum* seeds on levels of immune cells and body and organs weights in Mice. *Journal of Ayurvedic and Herbal Medicine*. 3 (1), 27-32.
- MALHOTRA, U., SONTAKKE, M., SHAMS, R. & PANDEY, V. K. J. F. C. A. 2023. Effects of pre-treatments on nutritional and mineral composition of garden cress seeds (*Lepidium sativum*). *Food Chemistry Advances*. 3, 100398. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100398>
- MALI, R., MAHAJAN, S. & MEHTA, A. J. P. M. 2008. Studies on bronchodilatory effect of *Lepidium sativum* against allergen induced bronchospasm in guinea pigs. *Pharmacognosy Magazine*. 4 (15), 189.
- MASKE SACHIN, V., RAJ, J. D., PARESH, D., AVDHUT, P. J. J. O. P. & PHYTOCHEMISTRY 2020. Studies and extraction of garden cress seed oil by different solvent. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 9 (2), 1633-1637.
- MOHAMED, E. T. & SAFWAT, G. M. 2016. Evaluation of cardioprotective activity of *Lepidium sativum* seed powder in albino rats treated with 5-fluorouracil. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 5, 208-215. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjbas.2016.05.001>

- MOHAMED M. ELGHAZALY, A. E.-H. M. E., KAROLIN K. ABD EL-AZIZ , GHADA A. TABL , RASHA A. ABO GEBEIR 2020. Ameliorating Role of *Lepidium sativum* Seeds Extract on Cardiac Muscle Impairment in Diabetic Albino Rats. *Journal of American science*, 16 (8). 70-81. doi:10.7537/marsjas160820.08.
- MOHAMED NAGUIB AHMED, R. & AHMED SHELBAEYEH, L. J.2018 .Potential Effect of Garden Cress (*Lepidium Sativum*) Seeds on Hyperthyroidism in Rats Induced by Lthyroxin. *م.ف.م. 4*, 233-245.
- MOHAMMED, S., TIKU, K. & DANIEL, F. 2025. A Promising Genotype of *Lepidium sativum* for Enhanced Yield and Agronomic Performances Under Optimal Growth Conditions. *Horticulturae*, 11. 153. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11020153>
- MORADI, N., RAHIMI, M., MOEINI, A. & PARSAMOGHADAM, M. A. 2017. Impact of ultrasound on oil yield and content of functional food ingredients at the oil extraction from sunflower. *Separation Science and Technology*, 53, 261-276. DOI: 10.1080/01496395.2017.1384016
- MOSER, B. R., SHAH, S. N., WINKLER-MOSER, J. K., VAUGHN, S. F. & EVANGELISTA, R. L. 2009. Composition and physical properties of cress (*Lepidium sativum* L.) and field pennycress (*Thlaspi arvense* L.) oils. *Industrial Crops and Products*, 30, 199-205. doi:10.1016/j.indcrop.2009.03.007.
- MUSARA, C., MAROYI, A., CHEIKHYOUSSEF, N. & CHEIKHYOUSSEF, A. 2020. Cold pressed garden cress (*Lepidium sativum* L.) seed oil. *Cold Pressed Oils.Chapter 43*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818188-1.00043-8>.
- NASEF, A. N. Z. & M. KHATEIB, B. R. 2021. Study the Potential Therapeutic Effect of Garden Cress (*Lepidium sativum*) on Nephropathy Diabetic Rats: Biological and Biochemical Studies. *Alexandria Science Exchange Journal*, 42 (2), 263-272. DOI: 10.21608/asejaiqsae.2021.165932
- NEGM, M. H., ALDHALMI, A. K., ASHOUR, E. A., MOHAMED, L. A., KAMAL, M., RASHAD, A., KHAN, M. M. H., ABD EL-HACK, M. E. & SWELUM, A. A. 2025. Growth, Carcass Traits, Blood Chemistry and Gut Microbiota in Broiler Chickens Fed Diets Enriched With Garden Cress Seed Powder as a Natural Growth Enhancer. *Vet Med Sci*, 11, e70397. <https://doi.org/10.1002/vms3.70397>.
- NEHDI, I. A., SBIHI, H., TAN, C. P. & AL-RESAYES, S. I. 2012. Garden cress (*Lepidium sativum* Linn.) seed oil as a potential feedstock for biodiesel production. *Bioresour Technol*, 126, 193-197. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2012.08.113>

Références

- P SHARMA, O. 2014. Clinical Biochemistry of Hepatotoxicity. *Journal of Clinical Toxicology*, 04.
- PIOTROWSKA, A., BURLIKOWSKA, K. & SZYMECZKO, R. 2011. Changes in Blood Chemistry in Broiler Chickens during the Fattening Period. *Folia Biologica*, 59 (3-4), 183-187. doi:10.3409/fb59_3-4.183-187
- POLAT, U., YESILBAG, D., EREN, M. J. J. O. B. & SCIENCES, E. 2011. Serum biochemical profile of broiler chickens fed diets containing rosemary and rosemary volatile oil. *J. BIOL. ENVIRON. SCI.* 5 (13), 23-30.
- POY, D., AKBARZADEH, A. & GHANEI, M. J. T. J. F. H. 2015. Garden cress: Morphology, genetically and therapeutic properties. *The Journal for Horticulture*. 103, 130-136.
- PUVAČA, N., TUFARELLI, V. & GIANNENAS, I. J. A. 2022. Essential oils in broiler chicken production, immunity and meat quality: Review of *Thymus vulgaris*, *Origanum vulgare*, and *Rosmarinus officinalis*. *Agriculture*. 12, 874. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060874>
- QUSTI, S., EL RABEY, H. A. & BALASHRAM, S. A. 2016. The Hypoglycemic and Antioxidant Activity of Cress Seed and Cinnamon on Streptozotocin Induced Diabetes in Male Rats. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2016, 5614564. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/5614564>
- R, R. & P.K, S. 2022. Evaluation of Cell Death Potential of *Lepidium sativum* Seed Extracts in MCF-7 Cells and Molecular Docking-based Correlation of Identified Bioactive Components with Human Caspase-6 Protein. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 56 (1), 166-174. DOI: 10.5530/ijper.56.1.19
- RABIA, S. H., LABSI, M., BENMOUSSA, F., RAMY, N., MEDJBER, S., BRAHIMI, A., ZAHNIT, W. & MESSAOUDI, M. J. A. J. O. B. 2024. Potential hepatoprotective effect of the crude extract of *Lepidium sativum* on an experimental model of hepatotoxicity. *Biosciences* 5 (02), 044-054.
- RAFEI-TARI, A., SADEGHI, A. A. & MOUSAVI, S. N. 2021. Inclusion of vegetable oils in diets of broiler chicken raised in hot weather and effects on antioxidant capacity, lipid components in the blood and immune responses. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 43. e50587. Doi: 10.4025/actascianimsci.v43i1.50587
- RAHIMIAN, Y., MOEINI, M., MORADI, S., MIRI, Y. & DAVOODI, S. M. 2018. Performance of Cobb 500 broiler chicks feed by Chamomile alcoholic extract. *Veterinary Science Development*, 8.7529. doi:10.4081/vsd.2018.7529

- RAMADAN, M. F. 2020. Introduction to cold pressed oils: Green technology, bioactive compounds, functionality, and applications. *Cold Pressed Oils*.
- RAMADAN, M. F. & ORABY, H. F. 2020. Lepidium sativum Seeds. *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*. Chapter 20. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818553-7.00020-6>
- RAMADAN, S., HEGAB, A. M., AL-AWTHAN, Y. S., AL-DUAIS, M. A., TAYEL, A. A. & AL-SAMAN, M. A. 2021. Comparison of the Efficiency of Lepidium sativum, Ficus carica, and Punica granatum Methanolic Extracts in Relieving Hyperglycemia and Hyperlipidemia of Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. *J Diabetes Res*, 2021, 6018835. <https://doi.org/10.1155/2021/6018835>
- RAVAL, N. D. & PANDYA, T. N. 2011. Pharmacognostic study of Lepidium sativum Linn (Chandrashura). *Ayu*, 32, 116-9. DOI: 10.4103/0974-8520.85742
- REZIG, L., CHEMKHI, H., GHARSALLAH, K., MOKBLI, S., B'CHIR, F., BEN ACHOUR, N., BOURGOU, S. & CHOUAIBI, M. 2022. Profile characterization and biological activities of cold pressed Garden Cress (Lepidium sativum) seed oil. *Arabian Journal of Chemistry*, 15. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2022.103958>.
- RUBIO, M. S., LAURENTIZ, A. C., SOBRANE Fº, S. T., MELLO, E. S., FILARDI, R. S., SILVA, M. L. A. & LAURENTIZ, R. S. 2019. Performance and Serum Biochemical Profile of Broiler Chickens Supplemented with Piper Cubeba Ethanolic Extract. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 21 (1). <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0789>.
- SALAMA, A. A., ISMAEL, N. M. & BEDEWY, M. J. S. 2019. Hypolipidemic and cardioprotective benefits of Garden cress seeds in rats compared to atorvastatin. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 7 (6), 101-108.
- SALOUA, F., EDDINE, N. I. & HEDI, Z. 2009. Chemical composition and profile characteristics of Osage orange Maclura pomifera (Rafin.) Schneider seed and seed oil. *Industrial Crops and Products*, 29, 1-8.
- SAMOUR, J. 2015. *Avian medicine*, Third Edition. Elsevier Health Sciences. Abu Dhabi. United Arab Emirates.
- SHADMANI, A., RIZWANI, G. H. & AHMED, M. J. P. J. P. S. 2018. Potential anti-inflammatory effect of *Cissus quadrangularis* L. and *Lepidium sativum* L. along with their combination extracts. *Pak. J. Pharm. Sci.* 31 (5), 2119-2122.

- SHAH, M. B., DUDHAT, V. A. & GADHVI, K. V. 2021. *Lepidium sativum*: A potential functional food. *Journal of Ayurvedic and Herbal Medicine*, 7 (2), 140-149. DOI: 10.31254/jahm.2021.7213
- SHAMBAYATI, G., VAZIFEH, M. M., HOSSEINI, S. M. & BARKOUSARAEI, H. H. 2025. Production of probiotic garden cress (*Lepidium Sativum*) using *Bifidobacterium Bifidum* and its evaluation of nutritional value, biocontrol and growth rate ability. *PLoS One*, 20, e0322552. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0322552>
- SHARMA, N., TAN, M. A. & AN, S. S. A. 2021. Phytosterols: Potential Metabolic Modulators in Neurodegenerative Diseases. *Int J Mol Sci*, 22, 12255. <https://doi.org/10.3390/ijms222212255>
- SHAWLE, K., URGE, M. & ANIMUT, G. 2016. Effect of different levels of *Lepidium sativum* L. on growth performance, carcass characteristics, hematology and serum biochemical parameters of broilers. *Springerplus*, 5, 1441.
- SHEEL SHARMA, S. S. & NIDHI AGARWAL, N. A. 2011. Nourishing and healing prowess of garden cress (*Lepidium sativum* Linn.)-a review. *Indian Journal of Natural Products and Resources*. 2 (3). 292-297.
- SHEHATA, M. J. J. O. R. I. T. F. O. S. E. 2021. Quality evaluation of cookies prepared from garden cress seeds and golden berry fruits and its effect on iron deficiency anemia in rats. *مجلة البحوث في مجالات التربية النوعية*. 7, 951-984.
- SHOUKARY, R. 2019. Impact of Dietary Supplementation with Cress Seeds (*Lepidium Sativum* L.) on Growth Performance, Carcass Characteristics and Behavior of Broilers. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*, 61.
- SINGH, B., LUBHANI, M. M. & SRI, M. B. J. P. I. J. 2022. Arshnoor, *Lepidium sativum*: Its nutritional composition and therapeutic properties. *The Pharma Innovation Journal*. 11 (7), 15-25.
- SINGH, C. S. & PASWAN, V. K. 2017. The Potential of Garden Cress (*Lepidium sativum* L.) Seeds for Development of Functional Foods. *Advances in Seed Biology*. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.70355>
- SU, G., WANG, L., ZHOU, X., WU, X., CHEN, D., YU, B., HUANG, Z., LUO, Y., MAO, X., ZHENG, P., YU, J., LUO, J. & HE, J. 2021. Effects of essential oil on growth performance, digestibility, immunity, and intestinal health in broilers. *Poult Sci*, 100, 101242. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101242>.

- SUN, Z., QIAN, J., FANG, Y., LIU, M., LI, Y., GONG, F., YAN, G., SONG, J., NI, H. & YU, L. 2024. The Enrichment of Docosaheptaenoic Acid from Microalgal Oil by Urea Complexation via Rotary-evaporation Crystallization. *J Oleo Sci*, 73 (3), 311-319. doi : 10.5650/jos.ess23179.
- TEYE, M., APORI, S. & AYEIDA, A. 2015. Carcass parameters and sensory characteristics of broiler chicken fed diets containing palm (*Elaeis guineensis*) kernel oil residue. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 4 (6).1030-1038.
- TRAESEL, C. K., WOLKMER, P., SCHMIDT, C., SILVA, C. B., PAIM, F. C., ROSA, A. P., ALVES, S. H., SANTURIO, J. M. & LOPES, S. T. A. 2010. Serum biochemical profile and performance of broiler chickens fed diets containing essential oils and pepper. *Comparative Clinical Pathology*, 20, 453-460. DOI 10.1007/s00580-010-1018-1
- TUNCAY, O., ESIYOK, D., YAGMUR, B. & OKUR, B. J. A. J. O. A. R. 2011. Yield and quality of garden cress affected by different nitrogen sources and growing period. *African Journal of Agricultural Research*. 6 (3), 608-617.
- VAISHNAVI, R. G., CHOUDHARY, P. J. J. O. P. & PHYTOCHEMISTRY 2020. Botanical description of garden cress (*Lepidium sativum* L.) plant and physical characteristics of its seeds. *International Journal of Chemical Studies*. 8 (4), 2424-2428. DOI: <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i4ah.10074>
- VERMA, R. 2025. Effect of lepidium sativum dietary supplement on biochemical alterations in chicken caused by synthetic pyrethroid type ii fenvalerate. *Zoology*, 11 (03), 208-211.
- YANG, X., XIN, H., YANG, C. & YANG, X. 2018. Impact of essential oils and organic acids on the growth performance, digestive functions and immunity of broiler chickens. *Anim Nutr*, 4, 388-393. DOI: 10.1016/j.aninu.2018.04.005
- YITBAREK, M. B. J. I. J. O. E. R. 2015. Phytochemicals as feed additives in poultry production: a review. *International J Ext Res*. 3, 49-60.
- ZHANG, Z. F., ZHOU, T. X. & KIM, I. H. 2013. Effects of dietary olive oil on growth performance, carcass parameters, serum characteristics, and Fatty Acid composition of breast and drumstick meat in broilers. *Asian-Australas J Anim Sci*, 26 (3), 416-22.
- ZIA-UL-HAQ, M., AHMAD, S., CALANI, L., MAZZEO, T., DEL RIO, D., PELLEGRINI, N. & DE FEO, V. 2012. Compositional study and antioxidant potential of *Ipomoea hederacea* Jacq. and *Lepidium sativum* L. seeds. *Molecules*, 17, 10306-21. doi:10.3390/molecules170910306