



UNIVERSITÉ
Abdelhamid Ibn Badis
MOSTAGANEM

République algérienne démocratique et populaire

Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem

Faculté des Sciences de La Nature et de La Vie

Département de Biologie



UNIVERSITÉ
Abdelhamid Ibn Badis
MOSTAGANEM

Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCE BIOLOGIQUE

Spécialité: Biochimie appliquée

Par

CISSE Aminatou Mahamadou

Thème :

Influence de la zone de récolte sur les paramètres biochimiques de Lathyrus sativus (gesse) et conséquences de son incorporation dans l'alimentation de lapin sur la qualité de la viande.

Soutenue le 26 juin devant le jury composé de :

Présidente	Grar H	MCA	Université de Mostaganem
Encadrant	Dahmouni S	MAA	Université de Mostaganem
Examinatrice	Rached W	MCA	Université de Mostaganem
Co-encadrant	Benabdelmoumene D	MCA	Université de Mostaganem

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Toutes les louanges à Allah et que la prière et la paix soient sur le prophète.

Au terme de ce travail, je tiens à témoigner mes plus vifs remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce stage de fin d'études et à l'élaboration de ce travail.

Mes sincères gratitudee à M. DAHMOUNI S pour la qualité de son enseignement, son encadrement, ses conseils pleins de sens, son suivi et l'intérêt incontestable qu'il porte à tous les étudiants.

Mes remerciements les plus sincères à Monsieur BENABDELMOUMENE D pour son accueil chaleureux, sa gentillesse, sa patience, ses conseils et le suivi qu'il a porté à mes travaux pendant toute la période de mon stage.

Mes remerciements vont également aux membres du jury qui malgré leur emploi du temps chargé, ont consacré une partie de leur temps afin d'évaluer ce travail ; dont Mme GRAR H pour avoir accepté de présider le jury ainsi que Mme RACHED W qui a bien accepté d'examiner ce travail.

Toutes mes reconnaissances à monsieur BOUZWINA M, à qui j'exprime mes sincères remerciements pour ses conseils et ses aides pour ce présent travail ainsi qu'à monsieur FODIL M.K pour tout ce qu'il a fait pour que je me sente comme chez moi au laboratoire et à Brouham I pour ses temps précieux qu'il m'a accordés. Afin de n'oublier de citer un nom, je tiens également à remercier toutes les personnes qui m'ont aidé lors de mes travaux au laboratoire durant toute la période de ce stage de fin d'études.

Je remercie également toutes ces personnes que j'ai eu à rencontrer durant ces cinq années d'étude en Algérie ainsi que Mme DAHMOUNI BENGHARBI Z pour le courage qu'elle m'a toujours donné sans le savoir durant toutes ces années.

Enfin, je tiens à remercier tout le corps professoral de l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, pour le travail énorme qu'il effectue pour créer les conditions les plus favorables pour le déroulement de nos études.

Qu'Allah vous récompense par le plus grand bien.

Dédicaces

À la mémoire de mon père (qu'Allah lui fasse miséricorde ainsi qu'à tout croyant musulman) pour le gout à l'effort qu'il a su suscité en moi ainsi que pour le chemin rempli d'épines qu'il a dû traversé pour moi, pour son amour, et ses prières et d'avoir fait de moi l'une de ses principales priorités

À ma mère, aucune dédicace ne pourrait être assez éloquente pour exprimer à leur juste valeur la gratitude et l'amour que je te porte, qu'Allah te préserve ; ce travail est le fruit de longues années de distance de ta tendresse, d'études, et d'apprentissage

À mes frères, ma sœur et ma nièce qui me soutiennent, les mots ne suffisent point pour exprimer l'amour, l'attachement et l'affection que je vous porte

À mes amours de sœurs en Allah qui ont toujours été là pour moi; en souvenir de nos éclats de rire, des bons moments et de tout ce que nous avons vécu ensemble à travers les années

À toutes mes mamans ainsi qu'à la mémoire de la douce et tendre Lalla Siby pour leur prière, leur gentillesse et leur amour inconditionnels

À Mahamadoun Cissé pour son soutien moral et ses gestes énormes à mon égard

À toutes ces personnes, que je porte dans mon cœur, et qui ont toujours été présentes pour moi.

Qu'Allah vous préserve

Aminatou

Résumé

La gesse (*Lathyrus sativus* L.) contient des teneurs en protéine assez importante encourageant ainsi son utilisation dans l'alimentation humaine tout comme dans l'alimentation animale pour résoudre les déficits protéiques. D'une part ce présent travail s'intéresse principalement à élaborer le profil des métabolites primaires et secondaires de la gesse provenant de Sidi-Bel-Abbès et d'Ain Defla et leurs activités biologiques antioxydantes ; d'autre part à étudier l'effet de la substitution de l'aliment de bétail par un aliment expérimental contenant 40% de gesse provenant de Sidi-Bel-Abbès sur la qualité de viande de lapin. Le dosage des polyphénols a été effectué par la méthode du Folin Ciocalteu, les protéines par la méthode de Lowry ; quant à l'activité antioxydante, elle a été déterminée par la méthode de piégeage du radical DPPH. Les dosages montrent une différence significative entre la variété provenant d'Ain Defla et Sidi-Bel-Abbès concernant les teneurs en polyphénols totaux soit $1,473 \pm 0,015$ mg EAG/g MS vs $1,277 \pm 0,059$ mg EAG/g MS respectivement ; cependant la teneur en protéines des graines des deux provenances n'enregistre aucune différence significative soit $23,83 \pm 1,415\%$ pour la variété provenant de Sidi-Bel-Abbès vs $23,83 \pm 1,299\%$ pour celle provenant d'Ain Defla ; l'étude de l'activité antioxydante montre que les extraits de gesse possèdent une capacité à piéger le radical DPPH soit un %IC50 de $18,60 \mu\text{g/mL}$ vs $19,65 \mu\text{g/mL}$ pour Sidi-Bel-Abbès et Ain Defla respectivement. La teneur en protéines des pattes postérieures (cuisse) et des râbles des lapins du lot expérimental présente des différences significatives par rapport à ceux du lot standard soit respectivement $16,51 \pm 0,861\%$ et $15,76 \pm 1,13\%$ vs $15,95 \pm 0,861\%$ et $13,88 \pm 0,323\%$ pour le lot standard. L'ensemble des résultats montrent que la gesse présente des intérêts nutritionnels et économiques énormes pouvant être une alternative pour les matières premières coûteuses.

Mots clés : *Lathyrus sativus* L., paramètres nutritionnels, lapin, incorporation alimentaire, qualité de viande.

Abstract

The grass pea (*Lathyrus sativus* L.) contains significant levels of protein, thus encouraging its use in both human and animal diets to address protein deficiencies. This study primarily focuses on profiling the primary and secondary metabolites of grass pea from Sidi-Bel-Abbès and Ain Defla, and their antioxidant biological activities. It also investigates the effect of substituting livestock feed with an experimental feed containing 40% grass pea from Sidi-Bel-Abbès on the quality of rabbit meat. Polyphenols were assayed using the Folin Ciocalteu method, proteins using Lowry's method; as for the antioxidant activity, it was determined by the DPPH radical scavenging method. The assays show a significant difference between the varieties from Ain Defla and Sidi-Bel-Abbès in terms of total polyphenol content, with $1,473 \pm 0,015$ mg GAE/g DM vs $1,277 \pm 0,059$ mg GAE/g DM respectively; however, the protein content of the seeds from both sources shows no significant difference, with $23,83 \pm 1,415\%$ for the variety from Sidi-Bel-Abbès vs $23,83 \pm 1,299\%$ for that from Ain Defla. The antioxidant activity study shows that grass pea extracts have a capacity to trap the DPPH radical, with %IC₅₀ 18.60 µg/mL for Sidi-Bel-Abbès and 19,65 µg/mL for Ain Defla. The protein content of the hind legs (thigh) and saddle of rabbits from the 40% batch show significant differences compared to those from the control batch, with $16,51 \pm 0,861\%$ and $15,76 \pm 1,13\%$ respectively vs $15,95 \pm 0,861\%$ and $13,88 \pm 0,323\%$ for the control batch. The overall results show that grass pea presents enormous nutritional and economic benefits that could contribute to reducing the import of expensive food.

Keywords: *Lathyrus sativus* L., nutritional parameters, food incorporation, rabbit, meat quality.

ملخص

البازلاء البرية (*Lathyrus sativus* L.) تحتوي على مستويات مهمة من البروتين، مما يشجع على استخدامها في النظام الغذائي للإنسان والحيوان لمعالجة نقص البروتين. تركز هذه الدراسة بشكل أساسي على تحديد ملف المركبات الأولية والثانوية للبازلاء البرية من سيدي بلعباس وعين الدفلى، وأنشطتها البيولوجية المضادة للأكسدة. كما تدرس تأثير استبدال أعلاف الماشية بعلف تجريبي يحتوي على 40% من البازلاء البرية من سيدي بلعباس على جودة لحم الأرنب. تظهر الاختبارات فرقاً ملحوظاً بين الأصناف من عين الدفلى وسيدي بلعباس من حيث محتوى البوليفينول الكلي، مع 1.473 ± 0.015 ملغ مكافئ جاليك / غرام و 0.059 ± 1.277 ملغ مكافئ جاليك / غرام على التوالي؛ ومع ذلك، لا تظهر محتويات البروتين في البذور من كلا المصدرين أي فرق ملحوظ، مع 1.415 ± 23.83 % للسنف من سيدي بلعباس و 1.299 ± 23.83 % للسنف من عين الدفلى. تظهر دراسة النشاط المضاد للأكسدة أن مستخلصات البازلاء البرية لديها القدرة على امتصاص الجذور الحرة للـDPPH، مع $19.65 \mu\text{g/mL}$ IC50 لعين الدفلى و $18.60 \mu\text{g/mL}$ لسيدي بلعباس على التوالي. محتوى البروتين في الأرجل الخلفية (الفخذ) والأمامية (الكتف) للأرانب من الدفعة 40% يظهر فروقات ملحوظة مقارنة بتلك من الدفعة الشاهدة، مع 0.861 ± 16.51 % و 13.1 ± 15.76 % على التوالي، مقابل 15.95 ± 0.861 % و 0.323 ± 13.88 % للدفعة الشاهدة. تظهر النتائج العامة أن البازلاء البرية تقدم فوائد غذائية واقتصادية هائلة يمكن أن تساهم في تقليل استيراد الأغذية الباهظة الثمن.

الكلمات الرئيسية : *Lathyrus sativus* L.، البروتينات، الأرنب، جودة لحم.

Liste des tableaux

Tableau 1: Composition en vitamines de la gesse.	10
Tableau 2 : Composition en éléments minéraux de la gesse.	11
Tableau 3: Composition en acides aminés de la gesse.	12
Tableau 4: Teneur en β -ODAP selon différentes techniques de cuisson.....	14
Tableau 5: Composition de la partie avant et postérieure du lapin	16
Tableau 6: Effet de la température sur la performance des lapins en engraissement	21
Tableau 7: Techniques conseillées et déconseillées lors de la saisie des lapins	22
Tableau 8 : Présentation des résultats des différentes analyses sur les deux variétés locales de gesse.	36
Tableau 9: Presentations des résultats des différentes analyses sur les morceaux de viande des lapins.	44
Tableau 10: Variation des teneurs en matière sèche et en eau des viandes.	45
Tableau 11: Variation des teneurs en matières minérales et organiques des viandes (cuisse et râble) du P40 et du standard	45

Liste des figures

Figure 1:Diversité morphologique en couleurs des fleurs de L.sativus.	3
Figure 2: Diversité morphologique en couleurs des graines de L.sativus.	4
Figure 3: Différentes localités récentes d'études sur L.sativus (Algérie) en 2019.	5
Figure 4:Développement de la gesse sur un sol volcanique éthiopienne.	7
Figure 5:Différentes étapes de l'établissement de la symbiose légumineuse Rhizobium	8
Figure 6:Rôles de la fixation du diazote atmosphérique.....	9
Figure 7 : Mécanismes de biosynthèse de L-hArg.....	15
Figure 8: Quelques phénotypes de lapins de souche synthétique	17
Figure 9: Représentations de quelques phénotypes de lapin local.	18
Figure 10: Phénotypes de lapereaux de population blanche.	18
Figure 11:Présentation des graines de gesse provenant de Sidi-Bel-Abbès.....	24
Figure 12:Présentation des graines de gesse provenant d'Ain Defla.	24
Figure 13: Localisation des deux zones d'étude	25
Figure 14: Teneurs en matière sèche et en eau des graines de gesse des deux provenances.	37
Figure 15: Teneurs en matière minérale et organique des graines des deux variétés de gesse.	38
Figure 16: teneurs en polyphénols totaux de la variété de SB et d'AD	39
Figure 17: Teneurs en flavonoïdes des graines des deux variétés de gesses.	40
Figure 18: Teneurs en tanins condensés des gesses des deux zones de provenance.	41
Figure 19: concentration des pourcentages d'inhibition du DPPH par les extraits de SB et d'AD.....	42
Figure 20: composition protéique des graines de gesse provenant de SB et d'AD	42
Figure 21: Teneurs en matière grasse et en sucres des échantillons des deux variétés de gesse	43
Figure 22 : Teneurs en protéines des morceaux de viandes de lapin (cuisse et Râble) du P40 et du standard.	46
Figure 23: Teneurs en matières grasses des morceaux de viandes de lapin (cuisse et Râble) du P40 et du Standard.	47

Liste des abréviations

L.sativus: *Lathyrus sativus* L.

°C : degré Celsius.

% : Pourcentage.

β -ODAP : Acide β -N-Oxalyl-L- α - β -Diamino-Propionique.

g : Gramme.

mg : Milligramme.

μ g : Microgramme.

L-Harg : L-Homoarginine.

mL: Millilitre.

μ L: Microlitre.

EAG: Equivalent acide gallique.

EQ: Equivalent Quercétine.

ES: Equivalent Sucrose.

EC: Equivalent Catéchine.

SB: Sidi-Bel-Abbès.

AD: Ain Defla.

%IC: Pourcentage d'inhibition.

p/v: Poids/Volume.

v/v: Volume/ Volume.

MM: Matière minérale.

MS: Matière sèche.

MO : Matière organique.

nm : Nanomètre

min : Minute.

H₂O : Eau.

P40 : lot alimenté avec 40% de gesse.

vs : versus (contre).

Table des matières

Remerciements	i
<i>Dédicaces</i>	ii
Résumé.....	iii
Abstract.....	iv
ملخص	v
Liste des tableaux.....	vi
Liste des figures.....	vii
Liste des abréviations.....	viii
Introduction générale	1
Partie I : Synthèse bibliographique	1
Chapitre 1 : <i>Lathyrus sativus</i> L.	3
1 Botanique et agronomie de <i>Lathyrus sativus</i>	3
1.1 Description	3
1.1.1 Morphologie	3
1.1.2 Classification botanique.....	4
1.1.3 Développement.....	4
1.2 Origine et répartition géographique	4
1.2.1 Importance de la culture de la gesse en Algérie	5
1.2.2 Noms vernaculaires de la gesse.....	6
1.3 Résistances aux stress écologiques	6
1.3.1 Tolérance aux stress abiotique.....	6
1.3.2 Résistance aux stress biotiques.....	7
1.4 Fixation biologique de l'azote.....	7
1.4.1 Mécanismes de la symbiose.....	8
1.4.2 Intérêts de la symbiose.....	9
2 Composants nutritionnels et non nutritionnels de <i>L.sativus</i>	10
2.1 Composants nutritionnels	10
2.1.1 Composition en éléments minéraux et vitamines.....	10
2.1.2 Composition en différents acides aminés	11
2.2 Composants non protéinogènes.....	12
2.2.1 Acide β -N-Oxalyl-L- α - β -Diamino-Propionique	12
2.2.2 Homoarginine	14
2.3 Composés phénoliques	15
Chapitre 2 : cuniculture.....	16
1 Importance de la cuniculture.....	16
2 Différentes races de lapin dans le monde.....	16
2.1 Races lourdes et moyennes.....	16
2.2 Races légères et petites ou naines	17
3 Races de lapins en Algérie	17
3.1 Souche synthétique	17
3.2 Population locale et blanche.....	17
4 Comportements alimentaires	18
5 Besoins nutritionnels et caractéristiques des matières premières	19
5.1 Besoins nutritionnels.....	19

5.2	Caractéristiques des matières premières.....	20
5.2.1	Formes.....	20
5.2.2	Dureté et durabilité.....	21
6	Bien être pour une amélioration des performances	21
6.1	Conditions d'ambiance.....	21
6.1.1	Température.....	21
6.1.2	Logement et éclairage	21
6.2	Manipulations et saisies.....	22
Partie II : partie expérimentale		23
A.	Méthodologies expérimentales	23
1	Objectifs de l'étude.....	23
2	Lieu d'expérimentation	23
3	Dispositifs expérimentaux.....	23
3.1	Matériel végétal.....	23
3.1.1	Présentation géographique des zones d'études des graines de gesse	24
3.1.2	Préparation des échantillons de gesse	25
3.2	Animaux	25
3.2.1	Répartition des lots.....	25
3.2.2	Abattage et prélèvement des viandes	25
4	Méthodes expérimentales.....	26
4.1	Détermination du taux de matière sèche et d'humidité	26
4.1.1	Principe	26
4.1.2	Mode opératoire :	26
4.2	Détermination de la matière minérale.....	27
4.2.1	Principe :	27
4.2.2	Mode opératoire :	27
4.3	Etude phytochimique quantitative des extraits	27
4.3.1	Préparation des extraits	27
4.3.2	Dosage des polyphénols totaux	28
4.3.3	Dosage des flavonoïdes totaux	29
4.3.4	Dosage des tannins condensés.....	30
4.3.5	Détermination de l'activité antioxydante.....	30
4.4	Dosage de protéines brutes.....	31
4.4.1	Principe	31
4.4.2	Mode opératoire.....	31
4.5	Détermination de la teneur en matière grasse	32
4.5.1	Principe	32
4.5.2	Mode opératoire.....	33
4.6	Détermination de la teneur en sucres solubles totaux.....	34
4.6.1	Principe	34
4.6.2	Mode opératoire.....	34
5	Analyses statistiques.....	35
B.	Résultats et discussions	36
1	<i>Lathyrus Sativus</i> L.....	36
1.1	Teneurs en matière sèche et en eau.....	36
1.2	Teneurs en matière minérale et organique.....	37
1.3	Teneurs en composés phénoliques.....	38
1.3.1	Polyphénols totaux	38
1.3.2	Flavonoïdes.....	39
1.3.3	Tanins condensés.....	40

1.4	Capacité antioxydante.....	41
1.5	Teneurs en protéines	42
1.6	Teneurs en matière grasse et sucres totaux	43
2	Lapins	44
2.1	Teneurs en matières sèches et en eau.....	44
2.2	Teneurs en matières minérales et organiques.....	45
2.3	Teneurs en Protéines.....	46
2.4	Teneurs en matière grasse	46
	Conclusion générale.....	48
	Références bibliographiques.....	49
	<i>Annexes</i>	

Introduction générale

Introduction générale

Malgré ses propriétés diététiques remarquables notamment sa forte teneur en protéines, et sa faible teneur en lipides; la consommation de viande de lapin demeure encore limitée en Algérie en raison de plusieurs facteurs, principalement le coût élevé des matières premières qu'il ingère majoritairement issu d'importation (**Ezzeroug**, 2021) ; ainsi, étant donné que c'est un animal qui s'adapte à divers aliments (**Djellal**, 2018), les recherches récentes sur son alimentation sont de plus en plus basées vers la valorisation de nombreuses sources alimentaires alternatives locales.

Les conditions climatiques et la qualité des sols sont les facteurs limitant la production des espèces végétales (**Boukecha**, 2019) ; ces phénomènes obligent ainsi à rechercher des cultures avec une résistance innée aux différents stress afin d'assurer la sécurité alimentaire. En raison de leur haut potentiel à résister aux inondations, sécheresses ainsi que des sols salins (**Das et al.**, 2021), les cultures négligées comme *Lathyrus sativus* (gesse) attirent de plus en plus l'attention des chercheurs. Ils sont appréciés en raison de leur importance économique, de leur apport nutritionnel élevé principalement en protéine ainsi que de leur teneur en composés bioactifs, notamment les composés phénoliques et leur capacité antioxydante ; en effet de nombreux chercheurs notamment Hano et Tungmunnithum (2020) suggèrent que la consommation d'aliments riches en composés bioactifs tels que les polyphénols est associée à la diminution du risque de certaines formes de cancers, d'accident vasculaire cérébral et maladies cardiovasculaires.

La gesse constitue une source protéique de qualité ; elle contient 25-30% de protéines (**Sarkar et al.**, 2021) et ne nécessitent pas l'utilisation d'engrais azotés, car possède la capacité d'utiliser l'azote atmosphérique, grâce sa symbiose avec des bactéries fixatrices d'azote ; son seul inconvénient est sa composition en l'acide β -N-Oxalyl-L- α - β -Diamino-Propionique (β -ODAP) (**Lambein et al.**, 2019) ce qui fait d'elle un aliment dont la consommation durant plusieurs mois comme aliment principal provoque le lathyrisme (**Xu et al.**, 2017).

En Algérie, grâce à sa capacité à bien s'adapter aux conditions environnementales défavorables, la gesse continue d'être cultivée par les populations locales comme moyen de subsistance surtout dans les zones à faible rendement notamment à l'Est : Skikda, Mila,

Annaba et Constantine et à l'Ouest : Sidi-Bel-Abbès, Chlef et Ain Defla et au centre : Kabylie et Tipaza (**Boukecha**, 2019).

L'objectif principal de ce travail est de faire une comparaison entre deux variétés locales de gesse par des analyses quantitatives et par la suite incorporer l'une de ces deux variétés dans l'alimentation des lapins.

La présente étude s'articule sur deux parties :

La première partie précédée d'une introduction générale est une synthèse bibliographique orientée sur les particularités de la gesse et une mise au point des connaissances sur la cuniculture. La seconde partie est consacrée à l'étude expérimentale dans lequel nous décrivons les méthodes mises en œuvre pour la réalisation de ce travail ainsi que les résultats obtenus compléter par des discussions. Finalement la partie expérimentale achevée est suivie d'une conclusion générale suivie également par des références bibliographiques et compléter par des annexes.

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre 1 : *Lathyrus sativus* L.

Chapitre 1 : *Lathyrus sativus* L.

1 Botanique et agronomie de *Lathyrus sativus*

1.1 Description

1.1.1 Morphologie

Le *Lathyrus sativus* (*L.sativus* ou gesse) est une plante herbacée annuelle, rampante ou grimpante fortement ramifiée, ayant une tige ailée peu rigide. Ses feuilles sont opposées, formées par une ou deux folioles linéaires et lancéolées terminées par une vrille rameuse qui permet l'appui sur d'autres plantes (**Abdelkrim**, 2018). Typique des *Fabaceae*, ses fleurs ont cinq pétales, mesurent 1,5 cm de diamètre et varient en couleur selon les variétés (bleues, roses ou blanches) et évoluent en fruit de type gousse (**Boukecha**, 2019) (figure 1).



Figure 1:Diversité morphologique en couleurs des fleurs de *L.sativus* (**Das et al.**, 2021).

Le fruit est une gousse oblongue de 2.5 à 4 cm de longueur, plates et légèrement incurvés. Elle comporte deux ailes foliacées et contient trois à cinq graines de couleur blanches, jaunes, grises, ou brunes généralement tachetée. La hauteur des plantes varie considérablement d'une région à une autre. Une corrélation étroite existe entre les fleurs et les grains ; en effet les fleurs blanches produisent généralement des graines blanches et les colorées produisent des graines colorées (**Boukecha**, 2019). Les graines blanches sont les plus utilisées pour la consommation humaine (**Abdelkrim**, 2018) (figure 2).



Figure 2: Diversité morphologique en couleurs des graines de *L. sativus* (Lambein et al., 2019).
 a : Bangladesh, b : Chine, c : Éthiopie, d : Canada, e : Inde, f : Népal, g : Portugal, h : Pologne, i : chine

1.1.2 Classification botanique

Selon la troisième version de la classification botanique phylogénétique des angiospermes établies par Angiosperm Phylogeny Group (APG III) et Abdelkrim (2018), la gesse est une plante à fleur qui est classée de la manière suivante :

- Croissance et **Sous-règne** : *Viridiplantae*
- **Embranchement** : Phanérogames
- **Sous-embranchement**: Angiospermes
- **Classe** : Dicotylédones
- **Sous-classe** : Dialypétales
- **Ordre** : *Fabales*
- **Famille** : *Fabaceae*,
- **Sous-famille** : *Papilionoideae*,
- **Tribu** : *Fabaeae*,
- **Genre**: *Lathyrus* L.,
- **Espèce**: *Lathyrus sativus* L.

1.1.3 Développement

La germination des graines est la plus rapide lorsque la température avoisine 20°C, après les premiers semis, on assiste à la floraison entre un mois et demi et quatre mois dont le cycle cultural complet est entre trois-six mois. Afin d'éviter l'égrenage, la récolte se fait dès lors que les feuilles jaunissent et les gousses virent au gris. Les graines sont alors laissées au séchage pendant environ une semaine au champ (Bejiga et Yadaw, 2006).

1.2 Origine et répartition géographique

La gesse est de nos jours, une espèce dont l'origine est inconnue (Abdelkrim, 2018), il semblerait qu'elle soit la descendante d'une plante originaire de la nature du sud de

l'Europe, d'Afrique du Nord et d'Asie occidentale (*Lathyrus cicera* L.). Il est probable que la domestication ait eu lieu dans les Balkans vers 6000 avant Jésus-Christ; des traces datant de 2000 à 1500 avant Jésus-Christ ont été trouvées en Inde (**Bejiga et Yadaw, 2006**).

La gesse est cultivée sur d'étendu territoire en Eurasie (Bangladesh, Inde, Népal, Proche-Orient, Pakistan principalement et en Europe méridionale, principalement), ainsi qu'en Afrique du Nord; c'est une plante cultivée avec modération en Amérique, en Australie et en Afrique du Sud. C'est une culture très importante en Afrique tropicale, notamment en Éthiopie, mais elle est également répandue dans d'autres pays comme le Soudan, le Kenya, l'Érythrée, l'Angola, la Tanzanie, et l'île Maurice (**Tulumello, 2020**).

1.2.1 Importance de la culture de la gesse en Algérie

La gesse est une espèce qui a longtemps été négligée et sous-utilisée, mais très exploitée ces derniers moments grâce à sa forte teneur en protéine; en effet, tout récemment, les études de Boukecha (2019) portaient sur différentes variétés de gesses en Algérie, ce qui a montré des résultats très encourageants pour son exploitation en Algérie; d'ailleurs elle en conclu que certaines populations locales, notamment celles de Tizi-Ouzou pouvaient être utilisées en alimentation pour combler les déficits en apports protéiques des populations tout comme elles pourraient être incorporées dans l'alimentation animale, en substitution aux graines de soja (figure 3).

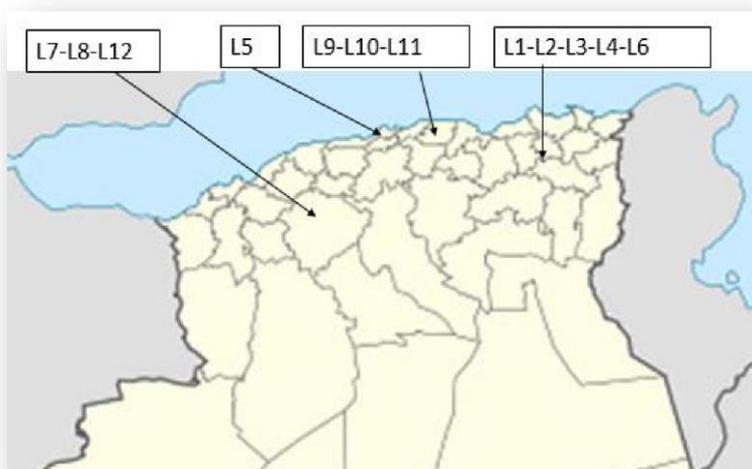


Figure 3: Différentes localités récentes d'études sur *L.sativus* (Algérie) en 2019 (**Boukecha, 2019**).

L1-L2: Khroub, L3-L4-L6: Constantine; L5: Alger; L7-L8-L12: Tissemsilt; L9-L-10-L11: Tizi-Ouzou

1.2.2 Noms vernaculaires de la gesse

Le *L.sativus* est connue sous divers noms, ils diffèrent selon la localité notamment grass pea en Amérique, gesse commune, pois carré, lentille d'Espagne, gesse blanche en France, khesari au Bangladesh, kesare en Inde, sabberi, guaya en Éthiopie, gilban (eh) au Soudan (**Baronne et Tulumello**, 2020). En Algérie, la gesse est appelée Adjilbane akcrouf, Guerfallas (**Boukecha**, 2019).

1.3 Résistances aux stress écologiques

1.3.1 Tolérance aux stress abiotique

Les précipitations variables, la disponibilité réduite de l'eau et l'augmentation de la température sont les stress les plus importants dus à la fréquence des conditions extrêmes (**Gonçalves et al.**, 2022). En raison de sa tolérance à la sécheresse et à la salinité, la gesse demeure une culture pleine d'assurance pour l'adaptation au changement climatique (**Abdelkrim**, 2018). La culture peut aboutir sur des régions où la pluviométrie annuelle est variable entre 400 et 650 mm par an et la température moyenne de 10 à 25 °C (**Bejiga et Yadaw**, 2006).

Le déficit hydrique est l'un des principaux facteurs affectant la croissance d'une plante (**Leakey et al.**, 2019) de plus les recherches ont montrée que le stress hydrique sont fortement liées à la sécheresse; en effet, dès lors que la ressource en eau devient limitée, la gesse développe une plus grande tolérance à la sécheresse (**Boukecha**, 2019) aucune étude sur les mécanismes de sa résistance à la sécheresse n'a été réalisée jusqu'à présent malgré sa longue histoire de culture (**Jafarinasab et al.**, 2022).

Comparé à d'autres légumineuses, *L.sativus* est considéré comme l'une des cultures les plus résistantes au changement climatique, il est également important pour l'agriculture durable (**Rajarammohan et al.**, 2023). Grâce à son système racinaire performant et pénétrant ainsi que ses feuilles ailées et étroites capables de rouler vers l'intérieur des bords des feuilles pour réduire la perte d'eau (**Lambein et al.**, 2019), cette fabacée connaît un énorme succès sur les sols lorsque la sécheresse, les fortes précipitations voir excessives et la salinité des sols persistent (**Das et al.**, 2021 ; **Rajarammohan et al.**, 2023) et sur différents types de sols, y compris les terres inadaptées offrant ainsi une assurance sociale, économique, et nutritionnelle aux populations pauvres (**Mahapatra et al.**, 2020). C'est

pratiquement la seule et unique légumineuse ayant la capacité de survivre dans les champs pendant les années où les températures sont très élevées (**Lambein et al.**, 2019) en fournissant une alimentation riche en protéines (**Boukecha**, 2019) (figure 4).

Malgré l'impact négatif que la salinité a sur le rendement des cultures, la gesse peut résister sur des sols salins (**Das et al.**, 2021); en effet, la salinité est l'un des plus importants stress abiotiques provoquant spécialement la dégradation des sols, elle altère les facteurs de croissance des plantes en limitant leur rentabilité (**Munns et Gilliam**, 2015).



Figure 4:Développement de la gesse sur un sol volcanique éthiopienne (**Lambein et al.**, 2019).

1.3.2 Résistance aux stress biotiques

La gesse est une culture résistante à plusieurs maladies et Ravageurs (**Das et al.**, 2021) ; les plantes de gesse présentent un potentiel remarquable d'accumulation de plomb, leur potentiel d'accumulation est équivalent à celui des plantes accumulatrices efficaces telles que *Brassicae juncea* (moutarde brune) ; d'autres études ont prouvé que la gesse à un puissant accumulateur de métaux lourds tels que le Plomb (Pb), le Cuivre (Cu) le Zinc (Zn) et le Cadmium(Cd) dans toutes les parties de la plante (**Abdelkrim**, 2018); en revanche l'infection par l'Orobanche semble être une contrainte sérieuse pour la gesse, car jusqu'à présent aucune résistance n'a été identifiée et a un impact majeur sur le rendement en grains (**Rubiales et al.**, 2020).

1.4 Fixation biologique de l'azote

L'azote (N₂) est le gaz le plus abondant de l'atmosphère (78%), c'est un constituant fondamental des êtres vivants étant donné qu'il entre dans la composition des protéines.

1.4.1 Mécanismes de la symbiose

Les Rhizobiums sont des agrobactéries vivant naturellement dans le sol ; en symbiose avec la gesse, ils sont capables de fixer le diazote atmosphérique. La gesse forme efficacement des nodules avec *Rhizobium leguminosarum* (Sierra et Tournebize, 2019), d'ailleurs selon les études d'Abdelkrim (2018), c'est la seule bactérie capable de former des nodosités avec *L.sativus*. Les racines des légumineuses possèdent un pouvoir symbiotique avec des bactéries du sol qui ont la capacité de fixer l'azote atmosphérique qui n'est pas directement assimilable par la plante, et le transformer en substances azotées utilisables par la plante hôte (Sierra et Tournebize, 2019). Notons que la réussite de la symbiose nécessite une interaction directe entre la plante et la bactérie.

Les Rhizobiums sont attirés par chimiotactisme vers les polis absorbants des racines et établissent la symbiose en induisant la formation des nodosités (Sierra et Tournebize, 2019) ; ils y pénètrent dès le début de sa formation, se différencient en bactéroïdes et acquièrent la capacité de catalyser le N_2 atmosphérique en azote utilisable par la plante (ammonium) grâce à la nitrogénase bactérienne en présence de pouvoir réducteur et d'adénosine triphosphate (Petit, 2011). En contrepartie, les bactéries acquièrent les assimilats de la plante hôte (source d'énergie), carbone issu de la photosynthèse nécessaire à leur activité fixatrice et à leur croissance (Sierra et Tournebize, 2019) (figure 5).

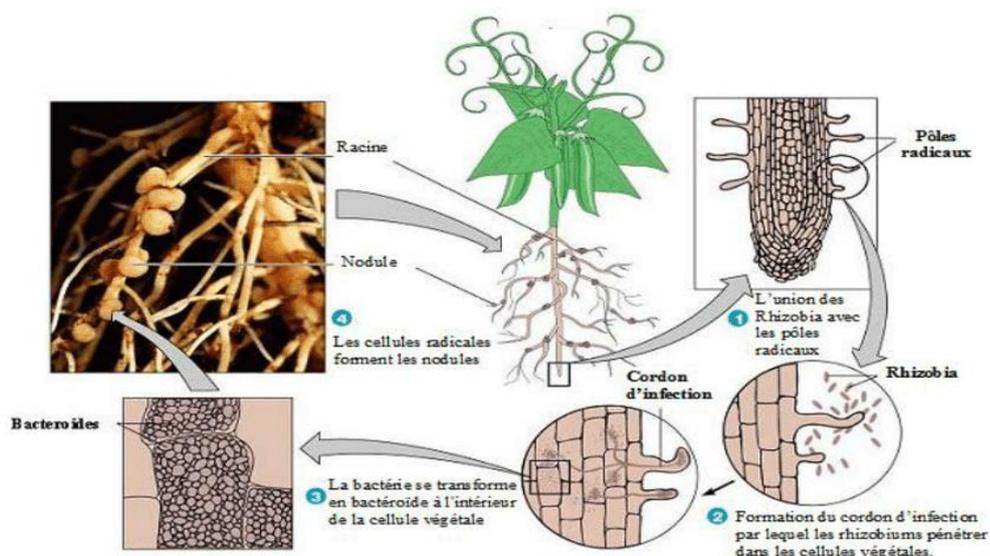


Figure 5: différentes étapes de l'établissement de la symbiose légumineuse Rhizobium (Faghire, 2012).

1.4.2 Intérêts de la symbiose

La symbiose présente un intérêt agronomique énorme ; en effet, c'est un fixateur d'azote efficace, elle n'a donc pas besoin d'engrais, car constitue en elle-même un bon engrais vert pour rentabiliser le sol en fixant 25 à 67 kilogrammes par hectare d'azote atmosphérique en une seule saison. Cette capacité de fixation lui confère des atouts du point de vue de rendement et de protéines pour la culture suivante (**Abdelkrim**, 2018) ; elle est cultivée par exemple en rotation avec le riz (**Das et al.**, 2021).

La symbiose permet la culture des légumineuses sans utilisation d'engrais vert, une partie de l'azote fixé peut être aussi transférée vers les plantes associées au cas où il y en aurait et vers le sol pour ainsi diminuer l'utilisation d'engrais les risques de pollution azotée et accroître le rendement des sols (**Sierra et Tournebize**, 2019). La fixation symbiotique de l'azote enrichit aussi le sol en N pour la culture suivante (figure 6).

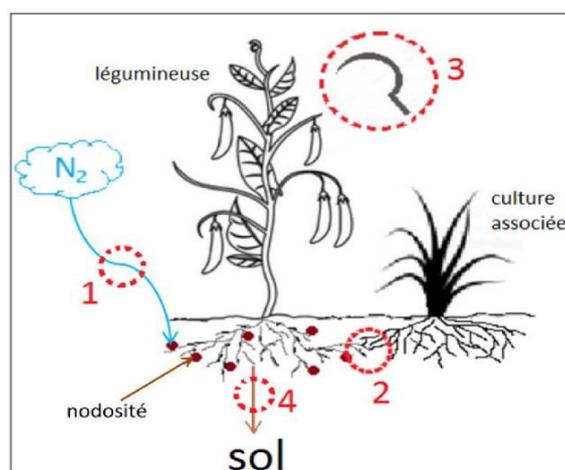


Figure 6: Rôles de la fixation du diazote atmosphérique (**Sierra et Tournebize**, 2019).

Fixation symbiotique (1), transfert racinaire de l'N fixé par la légumineuse vers la plante associée (2), fauchage de la plante (3), et en (4), transfert de l'N fixé vers le sol qui est une conséquence du (3).

Après la floraison, l'apparition et le remplissage des grains deviennent plus importants pour la plante que la quantité de carbone investit dans son système racinaire (nodosités incluses). En raison de ce phénomène, les légumineuses doivent être fauchées pendant la floraison afin d'augmenter la quantité d'azote fourni au sol (**Sierra et Tournebize**, 2019).

2 Composants nutritionnels et non nutritionnels de *L.sativus*

2.1 Composants nutritionnels

2.1.1 Composition en éléments minéraux et vitamines

Les graines de gesse contiennent des vitamines et sels minéraux selon les études de **Sarkar et al.** (2021). Elles contiennent plus de vitamines B et de fer que les autres légumineuses à grains (**Barone et Tulumello**, 2020).

L'apport en vitamines des graines de gesse est significatif ; en effet, on y trouve des vitamines liposolubles comme des vitamines hydrosolubles principalement du groupe B (tableau 1). L'apport de vitamine est important dans l'organisme, car la carence d'une peut entraîner une maladie de carence spécifique.

Tableau 1: Composition en vitamines de la gesse.

Vitamines	Teneur des graines	Références
Rétinol	25.6-44.1 µg/Kg	Arslan , 2017
β-carotène	24.08–41.01 µg/100g	Sarkar et al. , 2021
Vit B1	0,37–0,54 mg/100g	Sarkar et al. , 2021
Vit B2	0,18–0,27 mg/100g	Sarkar et al. , 2021
Vit B3	1.23–2.02 mg/100g	Sarkar et al. , 2021
Vit B5	1.44–2.24 mg/100g	Sarkar et al. , 2021
Vit B6	0,49–0,66 mg/100g	Sarkar et al. , 2021
Vit B9	4.04-6.77 mg/Kg	Arslan ,2017
Vit K	-	Sarkar et al. , 2021

La biodisponibilité du potassium et du phosphore dans la gesse est plus élevée que celle du magnésium et du calcium (tableau 2).

Le potassium est impliqué dans plusieurs fonctions vitales notamment l'excitabilité neuromusculaire, le calcium intervient principalement dans la composition des os du squelette. Le phosphore joue un rôle physiologique important étant donné qu'il intervient

dans les réactions de phosphorylation donc dans la production d'énergie, il joue également un rôle dans de nombreux systèmes enzymatiques; quant au magnésium (cation intracellulaire), il assure la cohésion des protéines, car participe aux réactions ioniques.

Tableau 2 : Composition en éléments minéraux de la gesse (**Sarkar et al.**, 2021).

Minéraux	pour 100g de graines
Calcium	0,97–1.03 g
Potassium	8.75–9.2 g
Magnésium	1.14–1.24 g
Phosphore	4.68–5.13 g
Fer	1.33–1.53 mg
Cuivre	6.98–7.95 g
Zinc	4.35 mg

2.1.2 Composition en différents acides aminés

La gesse est une plante annuelle de saison fraîche cultivée pour l'alimentation et comme culture fourragère très riche en protéines, juste après le soja (**Lambein et al.**, 2019; **Rajarammohan et al.**, 2023) ; elle contient 25-30% de protéines dans ses graines contre 42% pour le soja (**Sarkar et al.**, 2021). Avec une quantité réduite d'acides aminés soufrés (**Barone et Tulumello**, 2020), elle contient au total 17 acides aminés (**Arslan**, 2017 ; **Das et al.**, 2021) (tableau 3) dont 8 essentiels en comptant l'histidine et 9 non essentiels (**Arslan**, 2017).

Grâce à sa teneur en protéine et sa digestion facile, lors des déficits protéiques, la gesse pourrait être utilisée pour l'alimentation humaine afin de combler les populations en cas de famine tout comme elle pourrait être substituée par le soja qui est un aliment de luxe dans l'alimentation animale (**Boukecha**, 2019).

Tableau 3: Composition en acides aminés de la gesse (Arslan, 2017).

Acides aminés	Teneur en g pour 100g de grains
Valine	0,85-1.14
Isoleucine+ Leucine	2.29-2.77
Thréonine	0,71-1.05
Méthionine	0,24-0,35
Lysine	1.30-1.78
Phénylalanine	1.03-1.37
Histidine	0,57-0,72
Tyrosine	0,48-0,72
Arginine	1.79-2.24
Alanine	0,882-1.045
Glycine	0,86-1.14
Serine	0,82-1.12
Proline	0,89-1.26
Asparagine	2.36-2.82
Acide glutamique	3.54-4.31
Cystéine	0,28-0,38

2.2 Composants non protéinogènes

2.2.1 Acide β -N-Oxalyl-L- α - β -Diamino-Propionique

Bien qu'elle ait de remarquables qualités nutritionnelles, la gesse demeure une plante dont l'utilisation est limitée par la présence de l'acide β -N-Oxalyl-L- α - β -Diamino-Propionique (β -ODAP) dans ses graines (Xu *et al.*, 2017; Lambein *et al.*, 2019) dont la

consommation durant plusieurs mois comme aliment principal provoque un syndrome neurodégénératif irréversible se traduisant par une paralysie des membres inférieurs (**Xu et al.**, 2017 et plusieurs auteurs) cependant, l'espérance de vie n'est pas réduite la plupart du temps (**Barpete et al.**, 2022). La toxine existe sous deux formes d'isomères α (non toxique) et β (toxique) avec un pourcentage de 95% (**Das et al.**, 2021).

Au jour où nous sommes, afin de l'intégrer dans l'alimentation sans risque, les études sont en cours pour diminuer la concentration en β -ODAP pour avoir une teneur avoisinant zéro pourcent dans les graines de *L sativus*.

2.2.1.1 Teneur en β -ODAP associée aux conditions écologiques

Le β -ODAP possède un potentiel neurotoxique dont le rôle dans le lathyrisme reste à démontrer. Le mécanisme de sa biosynthèse est mal compris (**Xu et al.**, 2017).

Par des phénomènes inexplicables, l'augmentation de la production de β -ODAP dans la gesse serait influencée par l'environnement et les conditions de croissance, il se trouve dans toutes les parties de la plante dont les teneurs diffèrent en fonction du stade de croissance ; en début de croissance, sa teneur est élevée dans les feuilles et durant la maturité elle diminue dans les graines (**Barpete et al.**, 2022).

Le β -ODAP joue un rôle dans la résistance à la sécheresse de la gesse (**Xu et al.**, 2017 ; **Lambein et al.**, 2019); l'augmentation de la teneur peut aussi être due à l'épuisement du Zn et l'excès de fer ou de Cd dans le sol (**Lambein et al.**, 2019).

En comparaison avec des standards, les semis de gesse inoculés avec *Rhizobium* contiendraient des niveaux faibles de β -ODAP ce qui implique que la carence en azote provoque une forte accumulation de β -ODAP dans les semis (**Xu et al.**, 2017).

2.2.1.2 Possibles stratégies de diminution de la teneur en β -ODAP dans la gesse

a. Supplémentation avec les aliments riches en acides aminés soufrés

Afin d'éviter le lathyrisme, les études de nos jours sont principalement consacrées à l'augmentation de la teneur en acides aminés soufrés et à la diminution de la teneur en β -ODAP dans les graines de gesse. Par des mécanismes non expliqués, le développement du neurolathyrisme est influencé par l'alimentation ; en effet, la carence en acide aminé soufré dans les graines de gesse provoque une augmentation de β -ODAP causant ainsi une

paralysie spastique irréversible ; raison pour laquelle il est recommandé de le compléter par des aliments riches en acides aminés soufrés tels que l'ail, l'oignon, etc. pouvant ainsi protéger en quelque sorte du neurolathyrisme (**Xu et al.**, 2017).

b. Traitement thermique

Dans les graines de gesse, la teneur en β -ODAP inférieur à 1.5 mg/g est considérée comme sans danger pour l'alimentation humaine. Les techniques de cuisson ont été étudiées et ont été représentées comme des moyens efficaces pour diminuer la concentration en β -ODAP des graines de gesse (tableau 4); la mise en ébullition est la plus recommandée (**Barpete et al.**, 2021).

Tableau 4: Teneur en β -ODAP selon différentes techniques de cuisson (**Barpete et al.**, 2021)

Techniques de traitement thermique	Diminution de la teneur en β -ODAP (%)
Ébullition	70
Micro-ondes	30
Autoclavage	14

2.2.2 Homoarginine

La gesse est une plante bénéfique pour la santé humaine; à titre d'exemple, c'est une source alimentaire connue pour contenir du L-homoarginine (L-hArg), qui a des avantages dans le traitement des maladies cardiovasculaires (**Lambein et al.**, 2019). Des études montrent que hArg joue un rôle important dans des situations physiopathologiques ; en conséquence, de faibles concentrations de L-hArg semblent être facteur de risque dans le système cardiovasculaire et rénal. Néanmoins, l'activité biologique de L-hArg est encore inconnue, ce qui rend son mécanisme de protection un mystère (**Tsikakos**, 2023) ; pour cette raison, il attire l'attention des chercheurs en se présentant comme une nouvelle thérapie médicamenteuse agissant comme un facteur de prévention des maladies cardiovasculaires et rénales (**Koch et al.**, 2022).

2.2.2.1 Structure de L-hArg

Le L-hArg est un acide aminé non protéinogène synthétisé à partir de L-arginine et de L-lysine via L-arginine : lysine amidino transférase par transfert du groupe amidino de

L-arginine au groupe amino de L-lysine avec comme coproduit l'ornithine (**Hernández-Guzmán et Alvarez-Morales, 2001; Koch et al., 2022**) (figure 7).

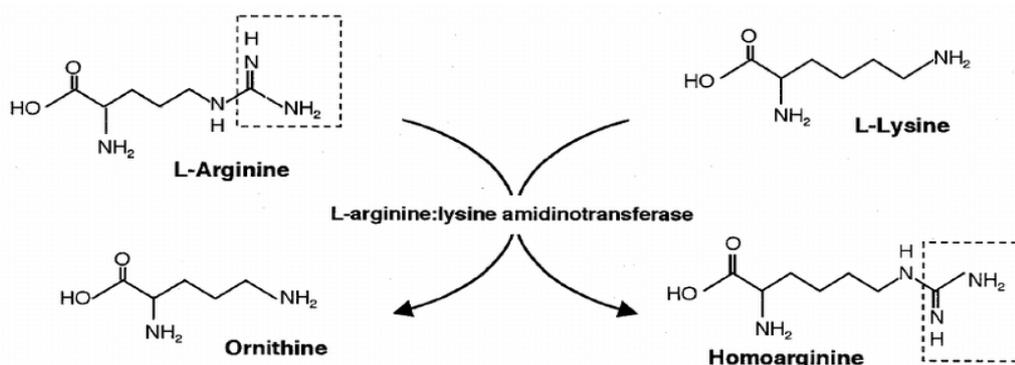


Figure 7 : Mécanismes de biosynthèse de L-hArg (**Hernández-Guzmán et Alvarez-Morales, 2001**)

2.3 Composés phénoliques

Plusieurs études ont démontré que les graines de *L.sativus* contiennent des composés phénoliques notamment ceux de Choudhury *et al.* (2022). Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires identifiés comme une grande catégorie de composés photochimiques contenant des cycles phénoliques avec au moins deux groupes hydroxyles. Ils sont connus pour leur puissante efficacité antioxydante, anti-inflammatoire et de multiples avantages thérapeutiques. Ils peuvent être utilisés pour traiter différents types d'affections associées à des troubles métaboliques notamment l'obésité, la dyslipidémie, hypertension..., des troubles cardiovasculaires et neurodégénératifs et quelques types de cancer qui sont soulagés par les polyphénols alimentaires. Ils jouent également un rôle important dans la pigmentation, la croissance, la protection contre les rayons ultraviolets et les agents pathogènes des plantes (**Gasmi et al., 2022**).

Les composés phénoliques totaux, les flavonoïdes et les tanins condensés sont les composés phénoliques les plus étudiés chez la gesse ; concernant les composés phénoliques totaux, Rybiński *et al.* (2018) affirment que la gesse contient jusqu'à 73,0 mg équivalent catéchine pour 100 g de matière sèche et 0,001 mg équivalent catéchine par gramme d'extraits de tanins condensés ; quant à la teneur en flavonoïdes, d'après Choudhury *et al.* (2022), leur teneur varie entre 0,02 à 0,034 mg équivalent quercétine par gramme de matière sèche. Notons que la teneur en différents composés phénoliques d'une plante diffère d'un pays à un autre ainsi que d'une région à une autre.

Chapitre 2 : Cuniculture

Chapitre 2 : cuniculture

1 Importance de la cuniculture

Les lapins ont une croissance rapide (**Grioui**, 2022), ils convertissent bien les protéines végétales en protéines animales et leur viande comparée à celle des autres espèces animales est plus riche en protéines, en certaines vitamines et en minéraux (**Hannachi-Rabia**, 2019). Par contre, faible en lipides (cholestérol) (tableau 5) ; 20% des protéines végétales qu'il ingère sont fixées dans sa carcasse contre 8 à 12 % par le bœuf (**Siddiqui et al.**, 2023) ; il pratique également la cæcotrophie, c'est-à-dire l'ingestion totale d'un excréta spécifique «*les cæcotrophes*» présentant un intérêt nutritionnel énorme, en fournissant 15 à 20 % d'azote total ingéré et la totalité du besoin quotidien en vitamines B et C (**Grioui**, 2022). Ses carcasses sont une bonne recommandation comme source alimentaire surtout pour les femmes enceintes, les jeunes en croissance et les personnes âgées (**Siddiqui et al.**, 2023).

Tableau 5: Composition de la partie avant et postérieure du lapin (**Siddiqui et al.**, 2023)

Composants (g/100g sauf indication)	Partie avant	Partie postérieure
Protéines	16.5-21.8	18.2-22.1
Humidité	69.6-79.1	73.8-79.3
Matière grasse	0,8-8.8	0,5-3.7
Glucides	0,1-0,6	0,1-0,6
Énergie brute (kcal/100g)	86.3-161.3	85.8-118.9
Cholestérol (mg/100g)	24.2-103.4	25-120,3
LDL (mg/100g)	5.8-26.5	3.6-78.4
HDL (mg/100g)	5.7-32.7	5.5-35.7

2 Différentes races de lapin dans le monde

2.1 Races lourdes et moyennes

Avec un taux de fécondité généralement faible, le poids adulte des races lourdes dépasse 5 kilogrammes ; quant à celles de races moyennes, le poids adulte varie entre 3 et 5 kilogrammes, elles sont les plus nombreuses, et constitue la majorité des races utilisée pour une production intensive de viande (**Garreau et al.**, 2015).

2.2 Races légères et petites ou naines

Les lapins de race légère présentent généralement un développement corporel très précoce et parfois d'excellentes aptitudes maternelles. Le poids adulte se situe entre 2,5 et 3 kg ; quant aux lapins de race nains, celles-ci ont des poids adultes de l'ordre de 1 kg. La sélection sur la petitesse de la taille a conduit dans ces races à une très faible prolificité ce qui fait d'elles principalement des lapins « de compagnie » (**Garreau et al.**, 2015)..

3 Races de lapins en Algérie

3.1 Souche synthétique

Créée en 2003, c'est une souche mise au point par croisement des femelles de la population locale et des mâles d'une souche INRA 2660 (figure 8) dans le but d'améliorer le potentiel des lapins destinés à la production de viande ; elle montre une bonne adaptation aux conditions environnementales locales, un poids plus élevé et un gain de poids quotidien supérieur à celui de la population locale (**Ezzeroug**, 2021).

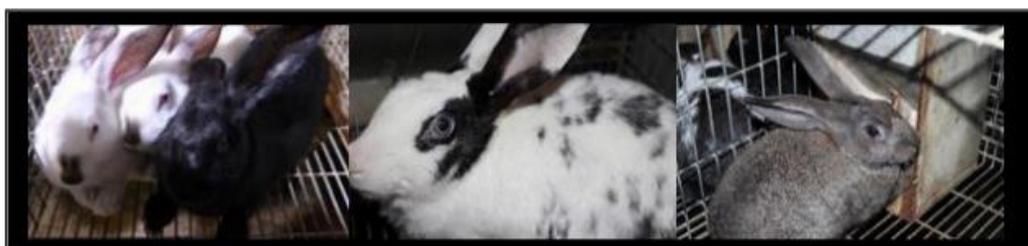


Figure 8: Quelques phénotypes de lapins de souche synthétique (**Ezzeroug**, 2021)

3.2 Population locale et blanche

Appartenant à la population locale, le poids moyen d'une adulte est de 2,8kg ce qui permet de le classer parmi les races légères. Malgré qu'il s'adapte aux conditions climatiques locales, son poids adulte trop faible et sa prolificité ne permettent de le classer parmi les lapins producteurs de viandes. Ils sont caractérisés et un phénotype hétérogène représenté par des couleurs variées (figure 9) (**Cherfaoui-Yami**, 2015).



Figure 9: représentations de quelques phénotypes de lapin local (Cherfaoui-Yami, 2015).

De phénotype albinos dominant (figure 10), la population blanche est plus lourde et plus prolifique que la population locale (Zerrouki *et al.*, 2014).



Figure 10: phénotypes de lapereaux de population blanche (Cherfaoui-Yami, 2015).

4 Comportements alimentaires

L'alimentation influe fortement sur les performances des lapins ; pour assurer une meilleure expression de performances, elle doit nécessairement apporter les éléments nutritifs essentiels dont ils auront besoin (Khelil, 2020).

Avec une physiologie digestive spéciale et la pratique de la cæcotrophie, le lapin présente des besoins nutritionnels particuliers ;c'est une espèce ayant des capacités de nutrition diverses allant des graines de céréales à l'herbe ou des fourrages plus pauvres(Grioui, 2022).Reconnaissant les saveurs fondamentales, telles que salées, sucrée, amère et acide, il préfère les saveurs douces (Djellal, 2018), et marque également une appréciation pour un certain degré d'amertume dans les aliments.

La prise de plusieurs portions par jour et principalement la nuit (Grioui, 2022) fait de lui un animal avec comportement alimentaire nocturne qui s'accroît avec l'âge

(**Djellal**, 2018) ; en effet, les portions prises par les lapins en engraissement pendant la nuit sont deux à trois fois supérieures à celles prises en journée. Sa consommation alimentaire est composée de deux types de nutriments à savoir les aliments « secs » et les cæcotrophes. Quant aux déchets, ils seront excrétés soit sous forme de crottes dures rejetées au sol, soit sous forme de cæcotrophes au début de matinée qu'il ingère en totalité immédiatement après leur sortie ce qui fait que son estomac n'est jamais vide (**Grioui**, 2022).

5 Besoins nutritionnels et caractéristiques des matières premières

5.1 Besoins nutritionnels

La composition de la viande des lapins est fortement influencée par l'alimentation ; de ce fait, l'amélioration des performances des lapins exige une maîtrise des conditions d'élevage et de l'alimentation (**Benabdelaziz et al.**, 2021). Ils ont quotidiennement besoin d'apports suffisants en énergies fibres, protéines, vitamines, lipides, et minéraux pour favoriser leurs performances ; il est ainsi recommandé d'adapter en quantité et en qualité les matières premières qui entrent dans la consommation des lapins en fonction de l'âge, et du stade physiologique (**Khelil**, 2020).

Le lapin est un grand consommateur d'eau, sa consommation d'eau est quantitativement plus élevée surtout lorsqu'il est alimenté avec des aliments secs ; elle est 1,5 à 2 fois plus grande que la quantité de matière sèche ingérée (**Grioui**, 2022) ; il boit quotidiennement entre 50 et 150 mL d'eau par kg de poids vifs (**Khelil**, 2020). Les aliments contenant plus de 70% d'eau apportent toute l'eau nécessaire à des lapins élevés dans un environnement sous une température 20°C quelque soit l'âge du lapin (**Djellal**, 2018). Pour éviter les maladies, l'eau fournie aux lapins doit respecter des conditions parmi lesquelles, la propreté et un optimum thermique, car ne boit pas d'eau chaude; il est recommandé de réchauffer l'eau en hiver et de la refroidir en période d'été (**Lebas**, 2017).

Pour répondre aux besoins des lapins, il est important de leur fournir un aliment équilibré ; les besoins alimentaires sont couverts avec une ration contenant 16% de protéines, 10 à 14 % de cellulose brute et moins de 4% de lipides (**Grioui**, 2022). Afin d'éviter des troubles digestifs, il est conseillé de ne pas dépasser 12 à 13% d'amidon dans l'alimentation du lapin (**Harouz-Cherifi**, 2018) ; tout en tenant compte de l'état physiologique de l'animal, il est nécessaire de respecter un équilibre entre fibres et amidon (**Hannachi-Rabia**, 2019).

De manière générale, les fibres sont importantes pour un bon fonctionnement du système digestif des lapins, car régule le transit digestif et maintient la santé digestive tout en évitant des risques de troubles digestifs (**Harouz-Cherifi**, 2018); en effet, l'activité microbienne cœcale est favorisée par les fibres digestibles alors qu'une bonne régulation du transit digestif est favorisée par les fibres peu digestes (**Hannachi-Rabia**, 2019). Ainsi le lapin a besoin d'ingérer une quantité minimale suffisante de fibres dans son alimentation (**Harouz-Cherifi**, 2018).

Pour une bonne production, les lapins ont aussi besoin de minéraux, et de vitamines pour la constitution et le fonctionnement de leur organisme ; ils tolèrent des apports élevés en calcium et en Phosphore. Par contre un déséquilibre dans la fourniture en sodium, potassium et en chlore peut être à l'origine de troubles rénaux (néphrites). Ils présentent un besoin en vitamine de groupe B et C dont la synthèse est favorisée grâce à la cœcotrophie et en vitamines liposolubles (**Grioui**, 2022).

Les acides aminés des protéines doivent être apportés de façon équilibrée (**Grioui**, 2022) ; 15 à 16% de protéines brutes sont requis pour des lapins en engraissement. Ils expriment un besoin quantitatif en protéines bien que la cœcotrophie soit une bonne source d'acides aminés essentiels. Pour optimiser les performances de croissance des lapins, les besoins en protéines et acides aminés doivent être couverts parmi les 21 acides aminés qui entrent dans la constitution des protéines, il y en a 10 qui sont des acides aminés indispensables (arginine, histidine, leucine, isoleucine, lysine, phénylalanine, méthionine, thréonine, tryptophane, valine) qui doivent être en quantité suffisante dans les matières premières. (**Harouz-Cherifi**, 2018).

5.2 Caractéristiques des matières premières

5.2.1 Formes

Pour garantir une bonne ingestion de la matière première, plusieurs paramètres sont à contrôler. En libre choix, le lapin adopte une préférence pour un aliment sous forme granulé que sous forme de farine (**Djellal**, 2018) ; ils ne supportent pas les fines particules telles que les poussières provoquant chez eux des troubles respiratoires (**Grioui**, 2022); de plus, la granulation a des avantages énormes parmi lesquels une meilleure résistance pour être transporté sans générer des excès de particules fines, un stockage aisé et une bonne manipulation de l'aliment. La taille des granulés doit être de 3 à 4 mm de diamètre pour une longueur de 8 à 15mm (**Harouz-Cherifi**, 2018).

5.2.2 Dureté et durabilité

À l'opposé de ce qui pourrait penser, le lapin préfère s'alimenter avec un aliment granulé assez tendre et délaisse un aliment granulé trop dur. En présence d'un granulé dur, le lapin développe un comportement de grattage ; en effet, le contenu de la mangeoire est gratté par l'animal ce qui a pour conséquence du gaspillage d'aliment (**Harouz-Cherifi**, 2022).

6 Bien être pour une amélioration des performances

6.1 Conditions d'ambiance

6.1.1 Température

Le comportement alimentaire des lapins est influencé par certaines conditions parmi lesquelles on peut citer la température qui est un facteur important pour améliorer leur performance.

La consommation d'eau et d'aliment est fortement corrélée chez le lapin, en plus il s'avère être un animal résistant à la soif et à la faim (**Djellal**, 2018) ; ainsi la température influe sur la consommation de l'animal, car au-delà de 25°C, on assiste à une augmentation de consommation d'eau au détriment de l'ingestion d'aliment ce qui mène à une forte baisse de croissance (**Grioui**, 2022) (tableau 6) également des néphrites pouvant causer la mort chez l'animal (**Khelil**, 2020).

Tableau 6: Effet de la température sur la performance des lapins en engraissement (**Lebas**, 2008 : *In Grioui*, 2022)

Température ambiante	5°C	18°C	30°C
Ingestion de granulé (g/j)	182	158	123
Ingestion d'eau (g/j)	328	271	386
Ratio eau/aliment	1.80	1.71	3.14
Gain de poids (g/j)	35.1	37.4	25.4

6.1.2 Logement et éclairage

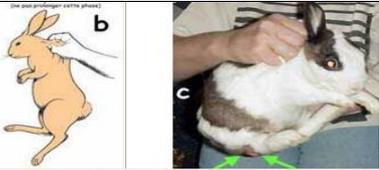
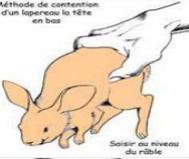
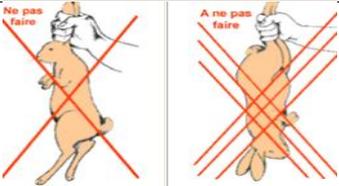
Pour une amélioration des performances, il est nécessaire d'avoir une bonne gestion de l'environnement d'élevage du lapin (**Benabdelaziz et al.**, 2021; **Khelil**, 2020). Dans la majorité des cas, les lapins sont élevés dans des logements clos plus ou moins grillagés ; le logement individuel est trop stressant après le sevrage, ils doivent donc être logés en cages

collectives (**Coureaud et al.**, 2015). Le type de cage et sa superficie influent sur le comportement alimentaire du lapin, ainsi il doit assurer une ambiance optimisée (**Khelil**, 2020). Le nombre de repas pris en période d'éclairage diminue (**Djellal**, 2018), ainsi pour une amélioration efficace de la croissance, l'éclairage recommandé pour des lapins en maternité est de 16 heures par jour contre 6 à 8 heures par jour pour les lapins en croissance (**Lebas**, 2017).

6.2 Manipulations et saisies

Tout type de stress peut être traumatisant pour les animaux ; ainsi il est primordial de saisir les lapins avec précaution (tableau 7). Ils s'habituent très bien si la manipulation est bien faite par contre si elle est mal faite, le lapin peut se débattre et ainsi risquer de blesser la personne qui le tient en la griffant, ou de se blesser en se cassant une patte, ou dans le pire des cas, se condamner à très court terme de vie en brisant sa colonne vertébrale (**Djago et Kpodekon**, 2007).

Tableau 7: Techniques conseillées et déconseillées lors de la saisie des lapins (**Djago et Kpodekon**, 2007)

Illustrations	Description
	<p>Saisir d'une seule main, en prenant à pleine main la peau au niveau des épaules et une fois saisi, l'arrière-train est soutenu.</p>
	<p>Pour les lapereaux, la saisie se fait au niveau du râble ; cette technique est à éviter sur les adultes.</p>
	<p>Pour les lapines, il est conseillé de saisir d'une main la peau du dos et la placer sur l'autre avant-bras.</p>
	<p>Il est formellement déconseillé de saisir le lapin par ses oreilles et ses pattes</p>

Partie II : Partie expérimentale

Méthodologies

Partie II : partie expérimentale

A. Méthodologies expérimentales

1 Objectifs de l'étude

L'étude consiste à résoudre le problème de déficit protéique et trouver une alternative pour les matières premières coûteuses telles que les tourteaux de soja dans l'alimentation des lapins. Pour cela on se propose de valoriser les graines de gesse qui ont longtemps été utilisées dans le passé dans l'alimentation puis négligées à travers les années, en faisant une comparaison entre deux variétés locales de gesses l'une en provenance de Sidi-Bel-Abbès et l'autre d'Ain Defla par rapport à leurs paramètres biochimiques et par la suite étudier l'effet de la substitution de l'aliment de bétail durant un mois par la gesse sur la qualité nutritionnelle des viande de lapins.

2 Lieu d'expérimentation

Les analyses ont été effectuées au niveau des laboratoires physiologie animale appliquée de la faculté SNV de l'université de Mostaganem durant cinq mois (février-juin).

3 Dispositifs expérimentaux

3.1 Matériel végétal

Les graines de *Lathyrus sativus* (gesse) utilisées dans cette étude sont originaires de deux wilayas différentes (Sidi-Bel-Abbès et Ain-Defla). La gesse a été choisie en raison de sa haute teneur en protéine et de sa résistance à de nombreuses contraintes. Les graines de gesses provenant de Sidi-Bel-Abbès (SB) sont de couleur blanche (figure 11), quant à celles d'Ain-Defla (AD), elles sont représentées par un mélange de couleurs (figure 12). En moyenne, le poids des 1000 graines de gesse en provenance de Sidi-Bel-Abbès est de 331,178 g et celui d'Ain Defla est de 210,917 g soit une différence 120,261 g.

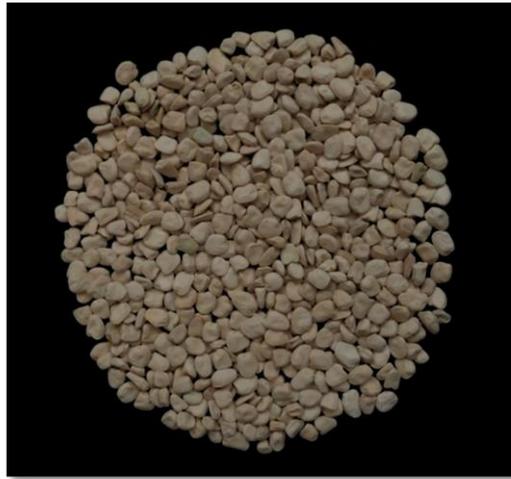


Figure 11:Présentation des graines de gesse provenant de Sidi-Bel-Abbès.



Figure 12:Présentation des graines de gesse provenant d'Ain Defla.

3.1.1 Présentation géographique des zones d'études des graines de gesse

Avec une superficie de 9150,63 kilomètres carrés et un climat chaud en été et froid en hiver, Sidi-Bel-Abbès est une wilaya algérienne située à 82 kilomètres d'Oran dont les précipitations annuelles dépassent rarement 400mm et possède une superficie agricole totale d'à peu près 386369 hectares ; quant à Ain Defla, c'est une wilaya à climat méditerranéen semi-aride avec un caractère de continentalité située à 145 kilomètres du sud-ouest d'Alger avec une superficie de 4891 kilomètres carrés. Sa superficie agricole totale est à peu près égale à 235611 hectares avec une pluviométrie annuelle de 500 à 600 millimètres.



Figure 13: Localisation des deux zones d'étude (à gauche, la wilaya de Sidi-Bel-Abbès et à droite, la wilaya d'Aïn Defla).

3.1.2 Préparation des échantillons de gesse

Les graines ont été reçues puis nettoyées de toutes impuretés, triées et dépoussiérées durant 5 jours successifs pour éviter tous types de pathologies aux lapins qui sont essentiellement sensibles à la poussière. Celles destinées aux différentes analyses ont été finement broyées puis tamisées pour la fiabilité des résultats.

3.2 Animaux

Les animaux utilisés lors des études sont de lapins de souche locale de sexe masculin. L'élevage est effectué en respectant leur bien être évitant ainsi tout stress et agitation pouvant interférer avec les résultats.

3.2.1 Répartition des lots

Lors des analyses, des lapins répartis en deux lots de sept chacun âgé de 38 jours ont été utilisés. Le premier lot est le lot standard et le second est celui alimenté avec l'aliment expérimental (40% de gesse provenant de Sidi-Bel-Abbès).

3.2.2 Abattage et prélèvement des viandes

Le choix des lapins des lots a été fait par hasard. Les lapins ont été abattus manuellement selon le rite musulman au lieu d'élevage, après avoir retiré les peaux, les carcasses ont été rincées à deux reprises par de l'eau tiède. Les analyses portaient sur les cuisses et les râbles de la carcasse froide de l'animal expérimental (P40) et du standard.

4 Méthodes expérimentales

Les mêmes techniques d'analyse ont été utilisées pour les graines de gesse et animaux expérimentaux.

4.1 Détermination du taux de matière sèche et d'humidité (AFNOR, 1985)

La matière sèche constitue le poids sec d'un aliment, elle est inversement proportionnelle à la teneur en eau.

4.1.1 Principe

Le principe de cette méthode consiste à faire subir aux échantillons broyés un chauffage de 103 à 105°C pendant 24h dans une étuve ventilée. La teneur en eau est exprimée en pourcentage du poids d'eau par rapport au poids de matière sèche.

4.1.2 Mode opératoire :

- Peser 5g à l'aide d'une balance de précision 5g d'échantillon broyé.
- Mettre l'échantillon pesé dans un creuset préalablement pesé.
- Faire pénétrer le creuset contenant l'échantillon dans l'étuve à 105 °C pendant 24h.
- Refroidir dans un dessiccateur pendant environ 45 minutes et peser l'ensemble.
- Faire pour chaque variété de gesses trois essais.

Après séchage, la teneur en matière sèche est déterminée à partir de la formule :

$$\%MS = \frac{M - M_0}{m} * 100$$

Ainsi, le taux d'humidité est déterminé par déduction :

$$\%H_2O = 100 - \%MS$$

MS : matière sèche.

M : la masse de l'ensemble (creuset contenant l'échantillon après séchage).

M₀ : le poids du creuset vide (g).

m : masse de l'échantillon (g).

4.2 Détermination de la matière minérale (AFNOR, 1985)

4.2.1 Principe :

La matière minérale (MM) représente la partie d'un produit qui reste une fois que la matière organique a été totalement détruite. Elle est déterminée par incinération de l'échantillon à 550°C pendant deux heures dans un four à moufle.

4.2.2 Mode opératoire :

- Placer l'échantillon sec préalablement obtenu dans une étuve
- portée à 550°C pendant deux heures dans un four à moufle
- Refroidir après incinération les échantillons dans un dessiccateur pendant environ 45 minutes et peser l'ensemble.
- Les essais ont été faits en triplicata pour chaque variété.

La teneur en matière minérale est calculée en pourcentage de la manière suivante :

$$\%MM = \frac{M_1 - M_0}{PE} * 100$$

MM : teneur matière minérale.

M1 : poids du creuset avec le poids des cendres brut (g).

M₀ : poids du creuset vide.

PE : prise d'essai.

4.3 Etude phytochimique quantitative des extraits

4.3.1 Préparation des extraits

Les extraits ont été préparés par macération pendant 24h avec un solvant (méthanol), brièvement, 100 mL de méthanol 80% (v/v) (80 mL de méthanol +20 mL d'eau distillé) ont été ajouté à 10 grammes d'échantillon préalablement nettoyé et broyé pour une macération de 24 h à l'obscurité puis filtré à l'aide d'un papier Wattman et finalement conservés 4°C.

4.3.2 Dosage des polyphénols totaux

4.3.2.1 Principe

La quantification des polyphénols totaux est faite par spectrophotométrie en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu (**Singleton et Rossi, 1965**). Ce réactif est constitué d'un mélange de deux acides à savoir, l'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et l'acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$). Lors de l'oxydation, il est réduit en un mélange d'oxydes de tungstène et de molybdène. La coloration bleue produite est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'extrait analysé (**Boizot et Charpentier, 2006**) avec une absorbance maximum aux environs de 765 nm.

4.3.2.2 Mode opératoire

Le protocole utilisé est celui décrit par **Miliauskas et al., (2004)** dont le dosage consiste à mélanger un volume de 1 ml d'extrait avec 5ml de Folin-Ciocalteu (2M) 1:10 (1 mL de Folin Ciocalteu compléter 10 mL par de l'eau distillée). Après 5 minutes d'incubation, 4 ml de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 7.5% (7.5g pour 100 mL d'eau distillée) ont été additionnés puis mis à l'obscurité à température ambiante pour incubation; après une heure d'incubation à température ambiante, l'absorbance a été lue à 765 nm contre un blanc (tout le mélange excepté l'extrait qui est remplacé par le solvant utilisé) à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible ; parallèlement, dans les mêmes conditions, une courbe d'étalonnage a été réalisée avec des concentrations croissantes d'acide gallique (standard) allant de 0 à 100 $\mu g/mL$ (annexe 1) à partir d'une solution mère de 100 $\mu g/mL$ (p/v).

➤ Expression des résultats

La teneur en polyphénols totaux est exprimée en milligramme équivalent acide gallique par gramme de MS (mg EAG/g de MS) selon la formule suivante :

$$T = \frac{C * V}{m}$$

T : teneur en polyphénols totaux en mg EAG/g d'extrait

C : concentration des polyphénols en équivalent d'acide gallique déduit de la courbe d'étalonnage

V : volume de solvant utilisé pour l'extraction en mL

m : masse d'échantillons en gramme

4.3.3 Dosage des flavonoïdes totaux

4.3.3.1 Principe

La technique de quantification des flavonoïdes par spectrométrie UV-Visible avec le trichlorure d'aluminium (AlCl_3) utilisée par Yaici *et al.* (2019) a été adoptée. En présence de trichlorure d'aluminium, les flavonoïdes sont capables de former un complexe acide stable de couleur jaunâtre qui présente un maximum d'absorption entre 415 et 440 nm (chang *et al.*, 2002). Les résultats obtenus sont exprimés en μg équivalent de quercitrine par gramme de matière sèche en utilisant l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage tracée de la quercitrine.

4.3.3.2 Mode opératoire

- Préparer préalablement une gamme de concentration allant de 0 à $100\mu\text{g/mL}$ avec une solution mère de $100\mu\text{g/mL}$ de quercitrine ($\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_7$) comme standard (annexe 2).
- Préparer une solution méthanolique de trichlorure d'aluminium (AlCl_3) 2 % (p/v)
- Porter dans un tube un volume d'extrait hydroalcoolique et y ajouter un volume égal de solution d' AlCl_3
- Laisser incuber pendant 10 minutes à température ambiante à l'obscurité
- Lire au spectrophotomètre à 430 nm contre un blanc (méthanol).

➤ Expression des résultats

La teneur en flavonoïdes est exprimée en milligramme équivalent quercitrine par gramme de MS (mg EQ/gde MS) selon la formule suivante :

$$\mathbf{TF} = \frac{\mathbf{C * V}}{\mathbf{m}}$$

Avec :

TF : teneur en flavonoïdes en mg EQ/g d'extrait

C : concentration des flavonoïdes déduits de la courbe d'étalonnage de la quercitrine.

V : volume de solvant utilisé pour l'extraction en mL

m : masse d'échantillons en gramme.

4.3.4 Dosage des tannins condensés (Ali-Rachedi *et al.*, 2018)

4.3.4.1 Principe de la réaction

La vanilline réagit avec le groupement flavonoïde terminal des tanins condensés (flavan3-ols libres et les unités terminales des proanthocyanidines) donnant une coloration rouge dont l'intensité est proportionnelle aux taux de flavonols présents dans le milieu.

4.3.4.2 Mode opératoire

- Préparer au préalable une courbe de standard de catéchine à partir d'une solution mère de 2000µg/mL à différentes concentrations.
- Porter dans chaque tube un volume de 50µL d'extrait hydroalcoolique.
- Y ajouter 1500 µL de la solution de vanilline/méthanol 4% (p/v).
- Agiter vigoureusement au vortex, puis ajouter 750µL d'acide chlorhydrique concentré (36,6%)
- Laisser le mélange obtenu réagir à température ambiante pendant 20 minutes
- L'absorbance a été mesurée à une longueur d'onde de 550 nm contre un blanc (l'extrait a été remplacé par le méthanol)

4.3.5 Détermination de l'activité antioxydante (Pajero *et al.*, 2003)

L'activité anti-radicalaire des extraits préparés a été évaluée en mesurant leurs capacités de piéger le radical libre DPPH (2,2-diphényl-1- picrylhydrazyl). Brièvement, 0,75 mL d'une solution méthanolique d'extrait à différentes concentrations ont été mélangés avec 1.5 mL de solution méthanolique de DPPH (20mg/L), après 20 minutes d'incubation à température ambiante, l'absorbance est lue à 517nm. Le pourcentage de piégeage du radical DPPH est calculé selon l'équation suivante:

$$\%Inhibition = \left[1 - \left(\frac{Ab_1}{Ab_0} \right) \right] * 100$$

Avec :

Ab₀: Absorbance du contrôle (absorbance de la solution de DPPH)

Ab₁: Absorbance de la solution en présence des différentes concentrations des extraits

La décoloration a été tracée par rapport aux différentes concentrations des extraits et une courbe de logarithmique a été établie afin de calculer l'IC50 (concentration nécessaire

de l'extrait pour inhiber 50% du radical libre DPPH). La vitamine C a été utilisée comme antioxydant de référence.

4.4 Dosage de protéines brutes (Lowry, 1951)

4.4.1 Principe

Les protéines réagissent avec le réactif *Folin-Ciocalteu* pour donner des complexes colorés. L'intensité de la coloration dépend de la quantité d'acides aminés aromatiques présents et varie selon les protéines. Les densités optiques sont mesurées à 600nm avec le spectrophotomètre contre un blanc qui contient tous les réactifs à l'exception des protéines.

4.4.2 Mode opératoire

➤ Préparation des échantillons

- Porter dans un mortier 1g d'échantillon broyer puis ajouter 25 mL d'eau physiologiques et finalement, filtrer (solution A).
- Dans un bécher, mettre 1 mL du filtrat (solution A) et compléter le volume à 100 mL avec de l'eau distillée (solution B).
- Mettre 1 mL de solution B dans chaque tube (conserver au réfrigérateur le temps de préparer le réactif de Lowry et les différentes concentrations de Sérum-albumine bovines (BSA) qui sera le standard de référence).

➤ Préparation du réactif de Lowry

Le réactif de Lowry est préparé par le mélange de deux solutions (X et Y)

Solution X = 1g de soude (NaOH) + 5g de Na_2CO_3 + 250mL d'eau distillée

Solution Y = 0,125g de sulfate de cuivre (CuSO_4) + 0,25g de tartrate double sodium potassium + 25 mL d'eau distillée

Solution Z : solution X + solution Y

Une gamme d'étalonnage avec la BSA est parallèlement préparée.

➤ Préparation de la solution de BSA

La solution mère de la BSA est préparée en ajoutant à 25mg de BSA dans 100mL d'eau distillée ensuite différentes concentrations de 0,1 à 0,6 mg/mL sont préparées (annexe 3).

➤ Dosages

La technique de dosage est reportée dans l'annexe 4.

Brièvement, dans chaque tube contenant 1 mL d'échantillon à doser, ajouter 5 mL de la solution Z puis attendre 10 minutes d'incubation, ensuite ajouter un volume de 1 mL de réactif de Folin-Ciocalteu et finalement mettre à l'obscurité les tubes au frais pendant 30 min et faire la lecture à 600 nm au spectrophotomètre.

➤ **Expression des résultats**

La concentration des échantillons à partir de la formule de la courbe de régression linéaire $Y = aX$

Avec :

Y : Densité optique

X : Concentration de l'échantillon

a : Constante

La teneur en protéine pour un gramme d'échantillon est déterminée par l'expression suivante :

$$C = \frac{X * 25 * 100}{p}$$

Avec :

C : concentration en protéine

X : concentration de l'échantillon en abscisse de la droite d'étalonnage

P : poids de l'échantillon

4.5 Détermination de la teneur en matière grasse (Soxhlet, 1879)

4.5.1 Principe

Un ensemble Soxhlet est principalement constitué d'un ballon monocol, d'un condenseur et d'un extracteur ; ce dernier présente un système de tubes permettant la vidange du corps en verre. À l'intérieur d'une cartouche, on insère le solide dont on veut extraire les lipides dans un réservoir. Le but de cette méthode est d'atteindre la température d'ébullition du solvant afin que les vapeurs montent dans le tube de retour de distillation et se condensent.

Le solvant est porté sur un bain de chauffage électrique. Lorsque le solvant est chauffé, il entre en ébullition et monte jusqu'au tube condensateur et là, l'eau de refroidissement qui entoure le tube va transformer le solvant vaporisé en liquide qui retombe dans le réservoir contenant l'échantillon et s'infiltrer vers le bas en solubilisant la substance à extraire ; dès lors que le réservoir se remplit c'est-à-dire dès que le niveau du solvant est à la hauteur du haut du siphon, le réservoir se vide automatiquement à travers l'extracteur et ainsi le solvant et les lipides sont entraînés dans le ballon.

4.5.2 Mode opératoire

- Peser préalablement les ballons vides et 10g d'échantillon en poudre
- Mettre les échantillons pesés dans des cartouches
- Verser dans chaque ballon (capacité 500 mL) un volume de 300mL de solvant (hexane)
- Adapter le ballon à l'appareil à extraction sur le bain à chauffage électrique.
- Éteindre l'appareil après une extraction d'une durée d'environ 6 heures, et laisser refroidir les ballons.
- Éliminer le solvant par évaporation à l'aide d'un rotavapeur à (40-45°C).
- Peser le ballon après évaporation du solvant.

➤ Expression des résultats

La pesée du ballon contenant l'extrait lipidique après évaporation du solvant et du ballon vide permet de calculer la teneur en lipides totaux exprimée en pourcentage par l'expression :

$$\%MG = \frac{P_1 - P_0}{M} * 100$$

Avec :

%MG : teneur en matière grasse

P₁ : poids du ballon contenant les lipides

P₂ : poids du ballon vide

M : masse de prise d'essai

4.6 Détermination de la teneur en sucres solubles totaux (Dubois *et al.*, 1956)

4.6.1 Principe

La teneur en sucre est déterminée par le test au phénol. Les oses sont déshydratés en composés de la famille des dérivées furfurique (hydroxyméthylfurfural dans le cas d'un hexose et furfural dans le cas d'un pentose) en présence de l'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré. Ces produits se condensent avec le phénol pour donner des complexes jaune orangé. La teneur en sucre total est déterminée par spectrophotométrie à une longueur d'onde de 490 nm. Une solution hydroalcoolique à 80% a été utilisée pour l'extraction des sucres dans les échantillons.

➤ Préparation des extraits

L'extraction est faite selon la méthode de **Rolland** (2020) avec un solvant (méthanol) 80% à trois reprises ; brièvement il fallait :

- Peser 0,2g de poudre d'échantillon sec et y ajouter 20 ml de solution hydroalcoolique 80% (v/v).
- Faire la centrifugation à gravité 1300 pendant 3 minutes.
- Faire l'opération trois afin d'extraire le maximum de sucres solubles.

4.6.2 Mode opératoire

La teneur en sucres totaux est déterminée avec du sucrose comme standard ; donc, préparer au préalable une courbe d'étalonnage de sucrose avec des concentrations allant de 0 à 0,6 mg/mL (annexe 5). Brièvement, dans chaque tube 1 mL d'extrait l'hydroalcoolique, ajouter 1 mL de phénol 5% (p/v), après une agitation vigoureuse, ajouter 5 mL de H_2SO_4 concentré (96%) puis finalement porter le mélange au bain-marie entre 20-30°C pendant environ 20 minutes.

On mesure l'absorbance (DO) de la couleur obtenue à 490 nm à l'aide d'un spectrophotomètre contre un blanc (1 ml de méthanol 80% + 1 ml de phénol (5%) + 5 ml de H_2SO_4).

➤ **Expression des résultats**

La teneur en sucre est exprimée en pourcentage par l'expression suivante :

$$\%ST = \frac{C * V}{M} * 100$$

Avec :

%ST : teneur en sucre total (en pourcentage)

C : Concentration trouvée grâce à la courbe d'étalonnage du sucrose

V : Volume de solvant utilisé pour la centrifugation

M: Masse de l'échantillon.

5 Analyses statistiques

Les résultats obtenus ont subi une analyse statistique suivie de comparaison des moyennes suivant le test de Newman et Keuls par le logiciel SAS version 9 année 2018.

Résultats et discussions

B. Résultats et discussions

1 *Lathyrus Sativus* L.

L'ensemble des résultats concernant les poudres des graines de gesse est illustré ci-dessous.

Tableau 8 : Présentation des résultats des différentes analyses sur les deux variétés locales de gesse.

Variétés	Sidi-Bel-Abbès	Ain Defla
%Matière sèche (g)	90,3±0,211b	91,073±0,064a
%Humidité	9,69±0,211a	8,917±0,064b
%Matière minérale (g)	2,67±0,053	2,69±0,056
%Matière organique (g)	97,32±0,053	97,313±0,064
Polyphénols totaux (mg EAG/g MS)	1,277±0,059b	1,473±0,015a
Flavonoïdes (mg EQ/g MS)	0,36±0,01	0,37±0,01
TANINS mg EC/g MS	0,003±0,004	0,003±0,004
Piégeage de DPPH (IC50 en µg/mL d'extrait)	19,65	18,60
Protéines %	23,83±1,415	23,83±1,299
%Matière grasse (g)	0,65±0,555	1,077±0,065
%Sucres totaux (g)	2,34±0,11	2,357±0,093

(± = écart type), les valeurs affectées de lettres (a, b) correspondent à des différences significatives

1.1 Teneurs en matière sèche et en eau

D'après les résultats illustrés dans la figure 13, la variété d'Ain Defla présente la plus haute teneur en matière sèche, mais par contre la plus faible teneur en eau et inversement pour la variété de Sidi-Bel-Abbès soit respectivement 91,073±0,064% de MS et 8,91±0,064% d'humidité pour AD vs 90,3±0,211% de MS et 9,69±0,211% d'humidité pour SB, cette différence est probablement due à la période de récolte ainsi qu'aux techniques de conservation des graines.

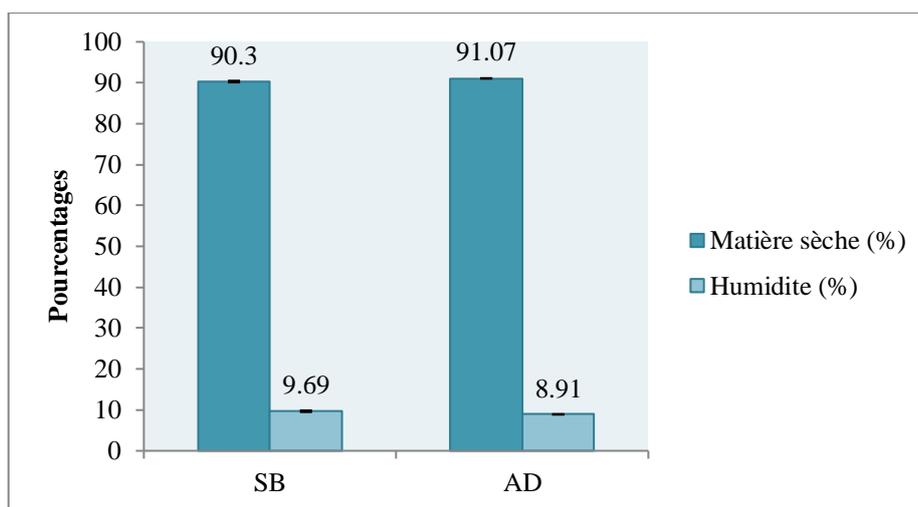


Figure 14: Teneur en matière sèche et en eau de la gesse des deux provenances.

Les teneurs en matière sèche sont variables entre 94,08 et 96,69% pour deux variétés de gesses en provenant de deux régions arides tunisiennes étudiées par. Les deux variétés étudiées présentent des taux inférieurs de matière sèche par rapport à celle d'Ayeb *et al.* (2021) ; sont variables entre 94,08 et 96,69% pour deux variétés de gesses en provenant de deux régions arides tunisiennes étudiées ; à travers ces résultats on en déduit de ces résultats que ces variétés ont un taux d'humidité inférieur au nôtre. Cette différence est probablement due à la nature de sol de semence des graines ainsi qu'au stress thermique.

1.2 Teneurs en matière minérale et organique

Les teneurs en matière minérale et organique des deux variétés de gesses de provenance différente illustrée dans la figure suivante montrent qu'il n'y a pas de différence significative concernant la teneur en matière minérale et organique ; en effet on observe à travers les résultats que la variété d'AD et de SB présente respectivement $2,69 \pm 0,056\%$ de MS et $2,67 \pm 0,053\%$ de MS ; par déduction de ces résultats, la teneur en MO est de $97,313 \pm 0,064\%$ de MS pour la variété d'AD vs $97,32 \pm 0,053\%$ de MS pour la variété de SB.

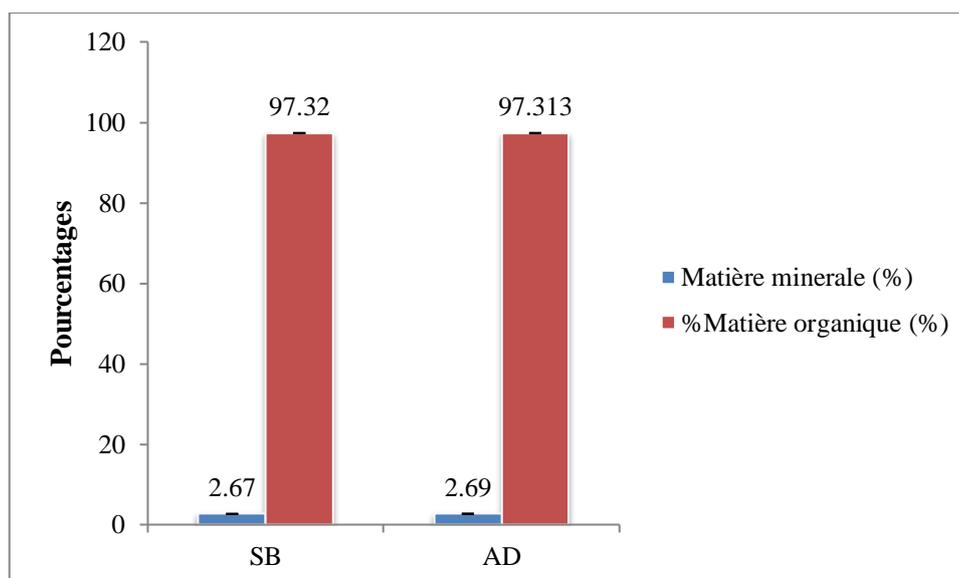


Figure 15: Teneur en matière minérale et organique des graines de gesse provenant de SB et d'AD.

Les résultats illustrés ci-dessus montrent qu'il existe une différence significative entre nos échantillons et celles Boukecha (2019) sur des variétés locales (Algériennes) par rapport à la matière minérale soit entre 3,18 et 3,72% ; à travers ses résultats on conclut que les teneurs varient d'une région à une autre. Cette différence peut également s'expliquer par les moyens de conservation des graines.

1.3 Teneurs en composés phénoliques

1.3.1 Polyphénols totaux

L'analyse quantitative est déterminée dans la figure 15 à partir de l'équation de la régression linéaire $y=0,013X$ avec un coefficient de corrélation ($R^2=0,989$) de courbe d'étalonnage (annexe 6) exprimée en mg équivalent acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g MS).

Les résultats illustrés dans la figure ci-dessous montrent une différence significative concernant la teneur en polyphénols totaux entre les deux variétés favorisant ainsi qui la variété de AD à celle de SB soit respectivement $1,473 \pm 0,015$ mg EGA/g MS vs $1,277 \pm 0,059$ mg EGA/g MS.

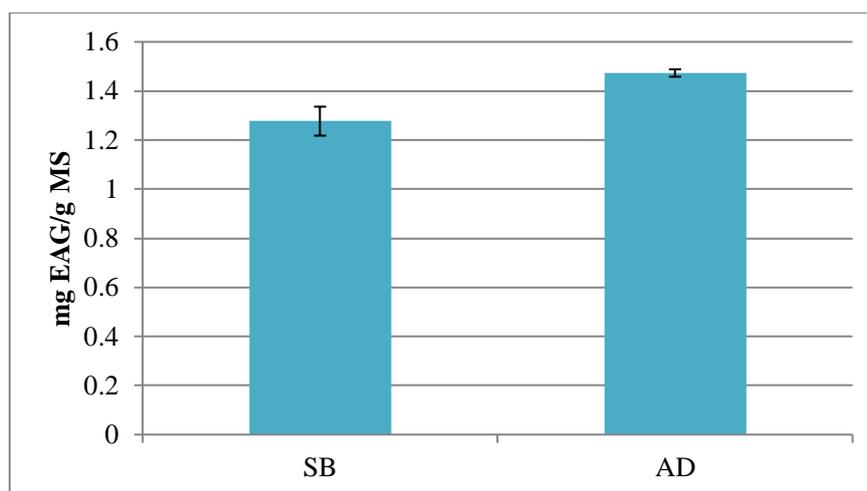


Figure 16: teneurs en polyphénols totaux de la variété de SB et d'AD

Les teneurs en polyphénols totaux des échantillons des deux variétés à savoir Sidi-Bel-Abbès et Ain Defla sont supérieures à ceux présentés par Rybiński *et al.* (2018) sur des variétés européennes dont la plus haute teneur était de 73,0 mg EC/ 100g MS soit 0,73mg EC/g MS ; cette différence est probablement due à plusieurs choses notamment la nature du standard de référence (Catéchine contre l'Acide gallique dans notre cas) ainsi que l'absorbance utilisée lors de leur dosage spectrophotométrique (725nm).

1.3.2 Flavonoïdes

Le dosage quantitatif des teneurs en flavonoïdes est exprimé à partir de l'équation de la régression linéaire $y=0,012X$ avec un coefficient de corrélation ($R^2=0,968$) de la courbe d'étalonnage exprimée en mg équivalent quercétine par gramme de matière sèche (mg EQ/g MS) (annexe 7) ; les résultats sont illustrés dans la figure 16.

Les résultats illustrés dans la figure ci-dessus ne montrent pas de différence significative entre les deux variétés de gesses ; cependant il existe une différence numérique faisant que la variété provenant d'AD ($0,37\pm 0,01$ mg EQ/g MS) possède une teneur légèrement supérieure à celle de SB ($0,36\pm 0,01$ mg EQ/g MS).

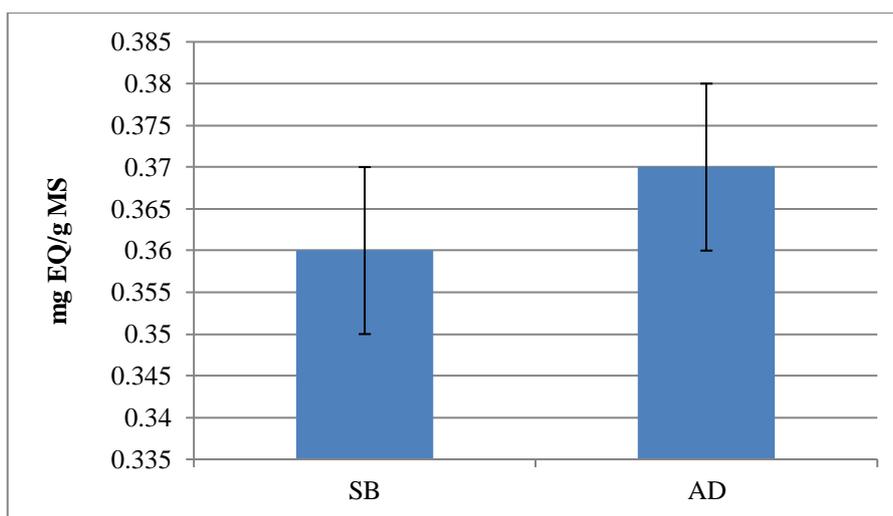


Figure 17: Teneurs en flavonoïdes des graines des deux variétés de gesses.

Les résultats concernant les teneurs en flavonoïdes des deux variétés étudiées ne rentrent pas dans les intervalles obtenus par Choudhury *et al.* (2022) sur des variétés provenant d'Inde ; en effet, leurs résultats variaient entre soit 0,02 à 0,034 mg EQ/g MS. Cette différence est peut-être due à des facteurs biotiques et abiotiques.

1.3.3 Tanins condensés

Les teneurs en tanins condensés des extraits des échantillons sont illustrés dans la figure suivante à partir de l'équation de la régression linéaire $y=0,077X+0,014$ avec un coefficient de corrélation ($R^2=0,999$) de la courbe d'étalonnage exprimée en mg équivalent catéchine par gramme de matière sèche (mg EC/g MS) (annexe 8).

D'après les résultats obtenus illustrés ci-dessous, le dosage révèle que les graines de gesse provenant de SB et d'AD contiennent des teneurs égaux en tanins condensés soit $0,003\pm 0,004$ mg EC/g MS pour les deux variétés.

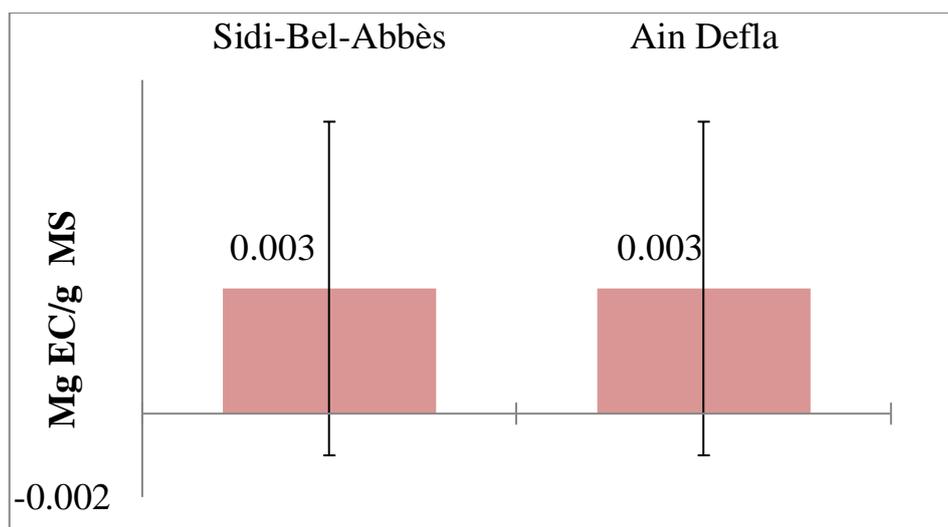


Figure 18: Teneurs en tanins condensés des gesses des deux zones de provenance.

Nos résultats sont nettement supérieurs à ceux de Rybiński *et al.* (2018); en effet la plus grande qu'ils ont enregistrée pour leur échantillon était 0,001 mg EC/g par ailleurs certain variétés de leur échantillon ne présentaient aucune teneur en tanins condensés ; cette différence s'explique probablement par leur densité optique lors du dosage spectrophotométrique (500nm).

1.4 Capacité antioxydante

La capacité de piégeage du DPPH par les extraits illustrée ci-dessous montre que les extraits des deux variétés étudiés possèdent un pouvoir antioxydant et ils sont capables de piéger le radical DPPH. Les valeurs des IC50 diffèrent légèrement d'un extrait à l'autre sans différence assez significative, par contre une différence numérique fait que l'extrait de la variété provenant de SB possédant la plus faible valeur soit une IC50 de 18,60 $\mu\text{g/ml}$ (annexe 9) possède légèrement plus de capacité à piéger le DPPH que l'extrait d'AD avec une valeur d'IC50 de 19,65. $\mu\text{g/ml}$ (annexes 10) et la vitamine C a montré une IC50 de 2 $\mu\text{g/mL}$.

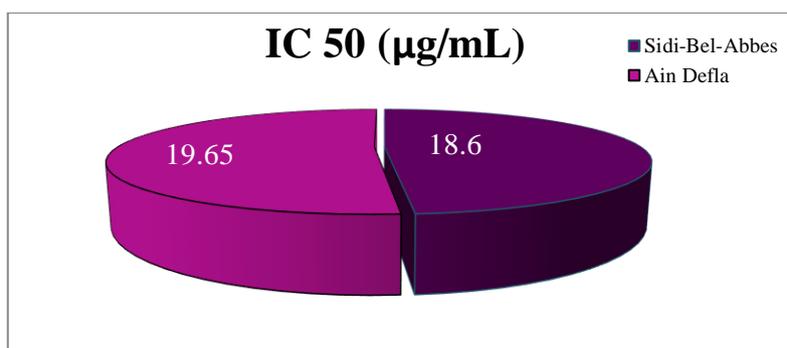


Figure 19: concentration des pourcentages d'inhibition du DPPH par les extraits de SB et d'AD.

Le pouvoir piégeage du radical DPPH de nos deux extraits est inférieur à ceux de **Sarmento et al.** 2015 (37,32 mg/mL) cette différence pourrait s'expliquer par la différence de protocole de dosage spectrophométrique et l'antioxydant de référence (trolox) ou bien même par une différence variétale.

1.5 Teneurs en protéines

Les teneurs en protéines déterminées à partir de l'équation de la régression linéaire $y = 0,444X$ avec un coefficient de corrélation ($R^2 = 0,995$) de la courbe d'étalonnage de la BSA exprimé pourcentage de matière sèche (% de MS) (annexe 11).

Les résultats obtenus illustrés ci-dessous dans la figure 18 montrent que la gesse est une source protéique importante comme toutes les autres légumineuses, en effet le dosage a rapporté que le taux de protéine est respectivement pour SB et AD $23,83 \pm 1,415\%$ de MS vs $23,83 \pm 1,299\%$ de MS.

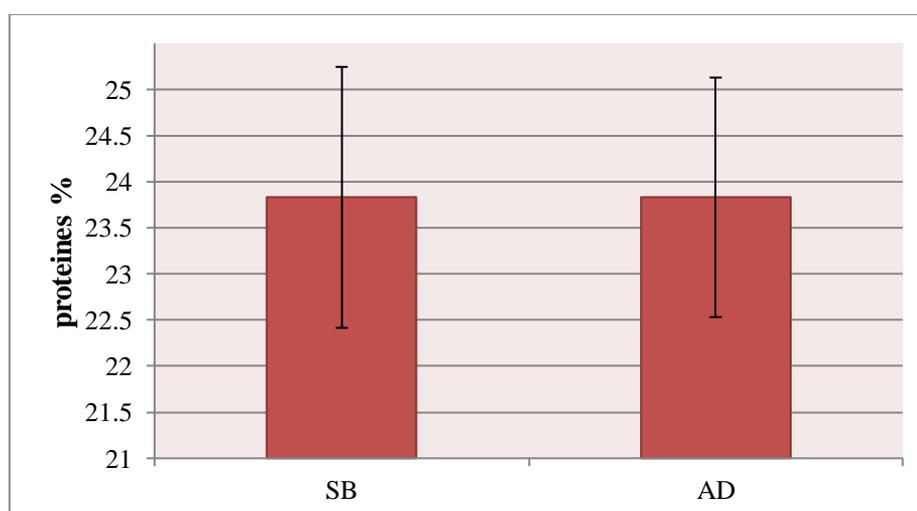


Figure 20: composition protéique des graines de gesse provenant de SB et d'AD

Les teneurs en protéines sont inférieures à celles de Khandare *et al.* (2018) ; Buta *et al.* (2020) qui affirment respectivement que les variétés indiennes et éthiopiennes présentent des teneurs entre 26 et 27% ; néanmoins la teneur en protéine brute de nos échantillons est supérieure aux résultats obtenus par Boukecha (2019) sur des variétés locales (algérienne) ; en effet elle affirme dans ses résultats que la teneur la plus importante en protéine était celle de Tizi-Ouzou soit 21,39% ; par ailleurs cette différence par rapport à nos résultats s'expliquerait par la méthode de dosage des brutes qu'elle a utilisée (Kjeldahl).

1.6 Teneurs en matière grasse et sucres totaux

Les résultats illustrés ci-dessous confirment que la gesse est une légumineuse pauvre en graisse et qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux variétés concernant les teneurs en matière grasse et en sucres totaux respectivement ; soit $1,077 \pm 0,065$ et $2,357 \pm 0,093\%$ pour la variété provenant d'AD vs $0,65 \pm 0,555\%$ et $2,34 \pm 0,11\%$ pour les graines provenant de SB.

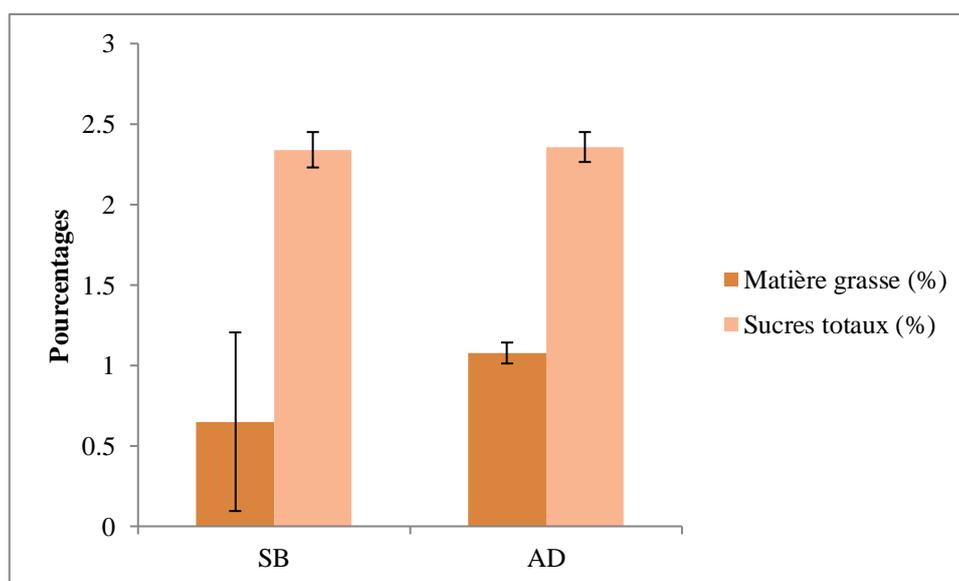


Figure 21: Taux de matière grasse et de sucres des échantillons de gesse provenant de SB et d'AD.

Malgré sa teneur en sucre légèrement supérieur à celle de SB, la teneur en sucres totaux des graines d'AD est légèrement inférieure à celles obtenues par Sarmiento *et al.* (2015) sur une variété portugaise de gesses ; en effet leur échantillon présente 2,533 % de sucre par rapport à la matière sèche cette légère différence est probablement due à leur technique de dosage qui est la chromatographie phase liquide ultra haute performance qui

est une technique très performante ; par contre la teneur en matière grasse de cette variété est nettement inférieure à ceux des deux variétés de gesses étudiées.

2 Lapins

L'ensemble des résultats concernant les morceaux de viande des lapins est illustré dans le tableau suivant.

Tableau 9: Présentations des résultats des différentes analyses sur les morceaux de viande des lapins.

	Parties	Gesse 40%	standard
% Matière Sèche (g)	Cuisse	25,493±1,027	25,993±1,507
	Râble	24,88±0,386	25,617±1,514
% Humidité	Cuisse	74,497±1,027a	75,11±0,386a
	Râble	74,747±0,273a	73,137±0,949b
% Matière minérale	Cuisse	1,697±0,072a	1,59±0,095a
	Râble	1,643±0,04a	1,557±0,051b
% Matière organique	Cuisse	96,433±3,562	98,297±0,1
	Râble	98,347±0,04	98,433±0,051
% Protéines	Cuisse	16,51±0,861a	15,95±0,861b
	Râble	15,76±1,13a	13,883±0,323b
% Matière grasse	Cuisse	0,87±0,01c	0,979±0,028b
	Râble	0,82±0,046c	1,263±0,064a

(± = écart type), les valeurs affectées de lettres (a, b, c) correspondent à des différences significatives

2.1 Teneurs en matières sèches et en eau

Les teneurs en MS et en eau sont illustrées dans le tableau ci-dessous.

Le tableau 13 montre qu'il n'y a pas de différence significative concernant le taux de matière sèche pour des morceaux des deux lots ; soit pour la cuisse et le râble du P40 25,493±1,027 et 24,88±0,386 respectivement et 24,88±0,386 et 25,617±1,514 pour le standard respectivement. Tous ces résultats concernant la teneur en matière sèche sont inférieurs à 27,30% qui est la teneur obtenue par de Tougan *et al.* (2019) lors de leurs études sur l'effet de l'incorporation de 30% de granulés de feuille de *Synedrella nodiflora* sur la qualité technologique et nutritionnelle de la viande des lapins mâles.

Tableau 10: Variation des teneurs en matière sèche et en eau des viandes (cuisses et râbles).

	Parties étudiées	Gesse 40%	Standard
% Matière sèche (g)	Cuisse	25,493±1,027	25,993±1,507
	Râble	24,88±0,386	25,617±1,514
Teneur en Eau (%)	Cuisse	74,497±1,027a	75,11±0,386a
	Râble	74,747±0,273a	73,137±0,949b

En d'autres lieux, de façon globale, les morceaux de viande du P40 à savoir cuisse et râble ainsi que la cuisse du standard montrent une différence significative par rapport au râble du standard ; soit $74,497\pm 1,027$, $74,747\pm 0,273$ et $75,11\pm 0,386$ vs $73,137\pm 0,949$ respectivement. Ces résultats sont comparables et rentrent dans les normes affirmés par Siddiqui *et al.* (2023) pour les parties postérieures des lapins qui vont de 73,8 à 79,3%.

2.2 Teneurs en matières minérales et organiques

Les teneurs en matières minérales et organiques sont représentées dans le tableau suivant ; il montre que les teneurs en matière minérale et organique varient d'un morceau à l'autre (cuisse et râble du lot expérimental (P40) et du standard). Les résultats ne montrent pas de différence significative concernant les cuisses et les râbles respectivement ; soit $96,433\pm 3,562$ et $98,347\pm 0,04\%$ pour P40 vs $98,297\pm 0,1$ et $98,433\pm 0,051\%$ pour le standard.

Tableau 11: variation des teneurs en matières minérales et organiques des viandes (cuisse et Râble) du P40 et du standard

	Parties	Gesse 40%	Standard
% Matière minérale	Cuisse	1,697±0,072a	1,59±0,095a
	Râble	1,643±0,04a	1,557±0,051b
% Matière organique	Cuisse	96,433±3,562	98,297±0,1
	Râble	98,347±0,04	98,433±0,051

Par ailleurs, les teneurs en minéraux observées montrent que concernant P40, la cuisse contient plus de minéraux par rapport au râble; soit respectivement $1,697\pm 0,072$ vs $1,643\pm 0,04\%$ il en est de même pour le standard avec respectivement $1,59\pm 0,095$ vs

1,557±0,051% pour la cuisse et le râble. Cependant, globalement, le P40 (cuisse et râble) et la cuisse du standard présentent des taux de minéraux élevés par rapport au râble du lapin standard et cette différence est significative. Nos résultats sont également supérieurs à ceux de Tougan *et al.* (2019) cité ci-dessus soit 1,23%.

2.3 Teneurs en Protéines

Les teneurs en protéines des différentes parties du lapin qui ont fait l'objet d'étude sont représentées dans la figure 21.

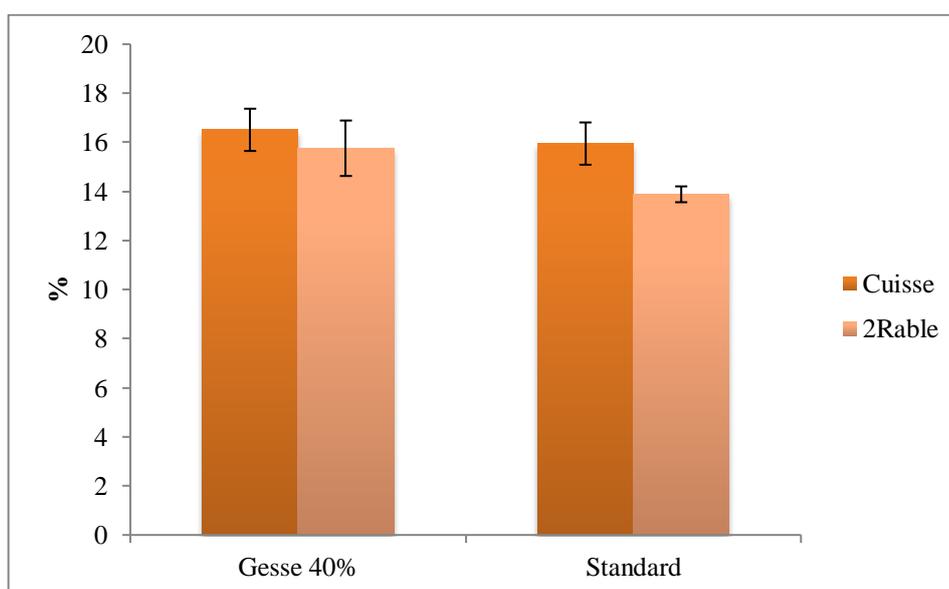


Figure 22 : Teneurs en protéines des morceaux de viandes de lapin (cuisse et Râble) du P40 et du standard.

À travers l'illustration de la figure ci-dessus, de façon brève, les résultats montrent que les cuisses du P40 et du standard contiennent plus de protéines par rapport aux râbles des deux lots soit respectivement 16,51±0,861 vs 15,95±0,861% pour les cuisses et 15,76±1,13 vs 13,883±0,323% pour les râbles. Par ailleurs, les morceaux de viandes de lapin du P40 présentent des taux de protéines nettement supérieures à ceux du standard, et la qualité nutritionnelle de la gesse pourrait être la cause de cette augmentation ; néanmoins, cette augmentation ne lui confère pas la capacité d'égaliser l'intervalle des normes de Siddiqui *et al.* 2023 pour la partie postérieure du lapin, soit (18,2-22,1 %).

2.4 Teneurs en matière grasse

La figure suivante illustre la teneur en matière grasse de nos échantillons de viandes.

Le lapin est un animal pauvre en matière grasse et cela s'observe à travers nos résultats illustrés dans la figure 22 ; en effet, il n'y a pas de différence significative entre les cuisses et râbles concernant la teneur en matière grasse du P40 soit respectivement $0,87 \pm 0,01$ vs $0,82 \pm 0,046\%$; par contre il existe une différence significative entre la cuisse et la rable du lot standard soit $0,979 \pm 0,028$ vs $1,263 \pm 0,064\%$ pour le standard. Toute fois globalement et de façon brève, le standard présente plus de matière grasse aussi bien dans la cuisse et le rable que le P40,

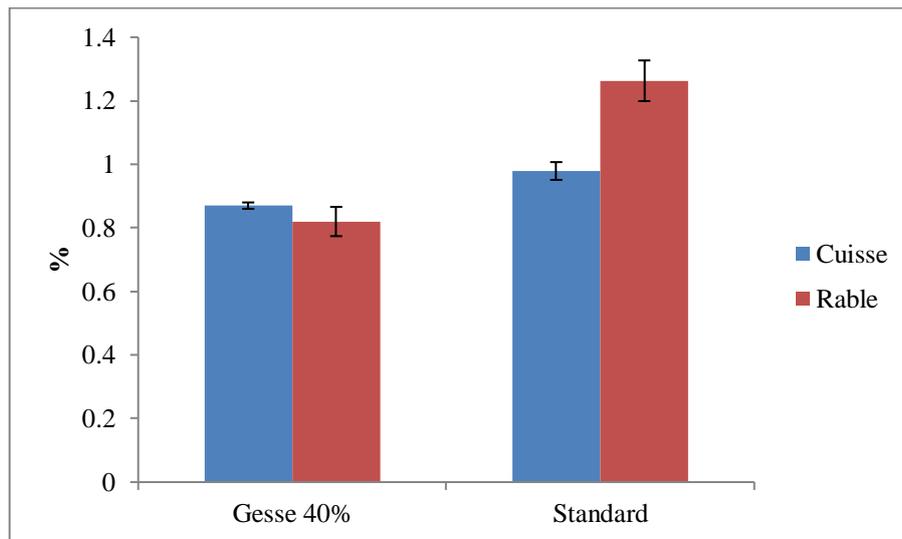


Figure 23: Teneurs en matières grasses des morceaux de viandes de lapin (cuisse et Rable) du P40 et du Standard.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ces derniers temps, l'homme a tendance à occidentaliser son alimentation par des « fast food » surtout les pays en cours de développement; le sujet de ce mémoire de fin d'études a été choisi principalement dans le but de valoriser la gesse qui a longtemps été négligée, mais qui présente une grande importance surtout en cas de déficit hydrique et protéique. Le matériel biologique qui a fait l'objet de cette étude provient de deux régions locales (Sidi-Bel-Abbès et Ain Defla) ; pour cela on s'est premièrement proposé l'étude de leurs caractéristiques biochimiques principalement la teneur en polyphénols totaux et en protéines et en second lieu de l'incorporer dans l'alimentation des lapins afin d'améliorer la qualité de la viande.

Par comparaison globale, après avoir déterminé les caractéristiques biochimiques, il ressort de cette étude qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux variétés de gesses et que ces graines sont pauvres en matière grasse, mais par contre constituent une source protéique incontestable pour l'alimentation humaine, et sont sources de polyphénols qui sont connus pour leur capacité anti-inflammatoire, antibactérienne, anticancéreuse et antioxydante. Par ailleurs, il ressort que son incorporation à 40% comme aliment expérimental dans le système alimentaire des lapins améliore la qualité de leur viande en augmentant la teneur en protéine et diminuant la teneur en matière grasses ce qui laisse conclure que dans les conditions pratiques, la gesse peut être utilisée dans l'aliment destiné aux lapins en croissance à un taux d'incorporation de 40% ; cependant, il reste à confirmer ces résultats avec un plus grand nombre d'animaux et de répétitions.

Comme perspective,

- Concernant la gesse il serait intéressant de faire des analyses complémentaires telles que l'étude de la nature des sols des deux zones de provenance et remplacer la technique de dosage spectrophotométrique par des techniques plus performantes telles que la chromatographie liquide ultra haute performance (HPLC).
- Concernant les lapins, étant donné que l'incorporation de la gesse à 40 % a donné de bons résultats, il serait bien de tester d'autres pourcentages pour atteindre des résultats optimaux.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abdelkrim S, 2018**, Identification d'une association *Lathyrus sativus*-bactéries pour la dépollution biologique des sols contaminés par le plomb, thèse de doctorat, université de Carthage, Tunisie, 214p.
- AFNOR (Association Française de Normalisation), 1985**, Aliments des animaux, méthodes d'analyses françaises et communautaires, 2^{ème} édition, 200p.
- Ali-Rachedi F, Meraghni S, Touaibia N et Mesbah S, 2018**, Analyse quantitative des composés phénoliques d'une endémique algérienne *Scabiosa Atropurpurea sub. Maratima* L., *Bulletin de la société royale des sciences de Liège*, 87,13-21.
- Arslan M, 2017**, Diversity for vitamin and amino acid content in grass pea (*Lathyrus sativus* L.), *Legume Research*, 40 (5), 803-810,
- Ayeb N, Tlahig S, Seddik M, Dbara M, Hammadi M, Loumerem M et Khorchani T, 2021**, Composition chimique et digestibilité *in vitro* de deux variétés de gesse (*Lathyrus sativus*) dans deux régions arides tunisiennes, *Fourrages*, 248,63-66.
- Barone M et Tulumello R, 2020**, *Lathyrus sativus*: An overview of chemical, Biomedical and nutritional features .In: *Lathyrus sativus and nutrition, Springer Briefs in Molecular Science* 1-23pp.
- Barpete S, Gupta P, Gupta D.S, Kumar J, Bhowmik A, et Kumar S , 2022**, Neurotoxin(N-Oxalyl-L- α - β -Diamino-Propionic Acid) content in different parts of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) spanning seeding to maturity stage: Does it increase overtime?, *Molecules*, 27 (12), 3683.
- Barpete S, Gupta P, Khawar K.D, et Kumar S, 2021**, Effect of cooking methods on protein content and neurotoxin β -ODAP concentration in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) grains, *cyTA-journal of food*,19 (1), 448-46.
- Bejiga G et Yadaw S.S, 2006**, *Lathyrus sativus*, In : Ressources Végétales de l'Afrique tropicale 1. Céréales et légumes secs, Brink et Belay G, Pays Bas, 97-101
- Benabdelaziz T, Harouz-Cherifi Z et kadi S.A, 2021**, Qualité des carcasses de lapin produites dans les conditions locales de productions en Algérie, *Viandes et produits carnés*, 6p.
- Buta M.P, Posten C, Emire S.A, Meinhardt A.K, Müller A et Greiner R, 2020**, Effects of phytase supplemented fermentation and household processing on the nutritional quality of *Lathyrus sativus* L. seeds, *Heliyon*, 6 (11), e:05484.
- Chang C.C, Yang M.H, Wen H.M, et Chern J.C, 2002**, estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colometric methods, *Journal of food and drug analysis*, 10 (3), 178-182.
- Cherfaoui-Yami, 2015**, Evaluation des performances de production de lapins d'élevage rationnel en Algérie, thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie, 113p.
- Choudhury B, Pathak K, Das P, Buruah A.R, Kalita H et Baishya S, 2022**, Nutritional evaluation of few grass pea (*Lathyrus sativus* L.) genotypes of Assam, *Indian journal of agricultural biochemistry*,35 (2), 155-158.
- Coureaud G, Rödel H.G, Le Normand B, Fortun-Lamothe L, Bignon L, 2015**, Habitat et Comportement, In : *Le lapin. De la biologie à l'élevage*, Gidenne T, (coord.), Éditions Quæ, Collection « Savoir-faire »,107-136.
- Das A, Parihar A.K, Barpete S, Kumar. S et Gupta S, 2021**, Current perspectives on reducing the β -ODAP content and improving potential agronomic traits in grass pea (*Lathyrus sativus* L.), *Front plant sci*, 12, 703275.

- Djago Y.A, Kpodekon M, 2007**, Méthodes et Techniques d'Élevage du Lapin: Elevage en Milieu tropical, 2eme éd, *Révision par F. Lebas*, Association "Cuniculture", France, 71p.
- Djellal F, 2018**, Valeur nutritive pour le lapin en croissance des feuilles de deux espèces de frêne (*Fraxinus angustifolia* et *Fraxinus excelsior*), thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif 1, Algérie, 120p.
- Dubois M, Gilles K. A, Hamilton J. K, Rebers P.A et Smith F, 1951**, Colorimetric method for determination of sugars and related substances, *Anal, chem*, 28 (3), 350-356.
- Ezzeroug R, 2021**, Caractéristiques zootechnique et de reproduction chez le lapin de souche synthétique, thèse de doctorat, Université Blida 1, Algérie, 232p.
- Faghire M, 2012**, Rôle des microorganismes symbiotiques (cas de rhizobia) dans l'amélioration de la production agricole de *Phaseolus vulgaris* sous stress salin, thèse de doctorat, université de Marrakech, Maroc, 96p.
- Garreau H, Theau-Clément M et Gidenne T, 2015**, Anatomie, taxonomie, origine, évolution et domestication, *In : Le lapin. De la biologie à l'élevage, Gidenne T, (coord.)*, Éditions Quæ, Collection « Savoir-faire »,13-32.
- Gasmi A, Mujawdiya PK, Noor S, Lysiuk R, Darmohray R, Piscopo S, Lenchyk L, Antonyak H, Dehtiarova K, Shanaida M, Polishchuk A, Shanaida V, Peana M, Bjørklund G, 2022**, Polyphenols in Metabolic Diseases, *Molecules*,27 (19), 6280,
- Gonçalves L, Rubiales. D, Bronze M.R et Vaz Patto M.C, 2022**, Grass Pea (*Lathyrus sativus* L.)-A Sustainable and Resilient Answer to Climate Challenges, *agronomy*, 12 (6), 1324.
- Grioui N, 2022**, Valorisation du marc de tomate pour l'alimentation des lapereaux en croissance, thèse de doctorat, Université de Carthage, Tunisie, 125p.
- Hannachi-Rabia R, 2019**, Valorisation de la graine de fève sèche "*Vicia faba L. major* " en alimentation du lapin, thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie, 138p.
- Hano C et Tungmunnithum D, 2020**, Plant polyphénols, more than just simple natural antioxidants : oxidative stress, aging and âge-related diseases, *Medicines*, 7 (5), 26.
- Harouz-Cherifi Z, 2018**, Utilisation des drêches de brasserie en alimentation du lapin, thèse de doctorat, université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie, 122p.
- Hernández-Guzmán G, Alvarez-Morales A, 2001**, Isolation and characterization of the gene coding for the amidinotransferase involved in the biosynthesis of phaseolotoxin in *Pseudomonas syringae* pv. *Phaseolicola*, *Mol Plant Microbe Interact*, 14 (4), 545-554.
- Jafarinasab A, Azari A, Siddiqine K.H.M et Madahhosseini S, 2022**, Variation of yield and physiological characteristics of *Lathyrus sativus* L. Populations under terminal drought, *Agriculture water Management*, 273, 107886.
- Khandare A.L, Kumar R.H, Meshram I.I, Arlappa N, Laxmaiah A, Venkaiah K, Amrutha Rao P, Validandi V et Toteja GS, 2018**, Current scenario of consumption of *Lathyrus sativus* and lathyrism in three district Chhottisgarh state, India, *Toxicon*, 150, 228-234.
- Khelil S.A, 2020**, Maitrise de la reproduction chez les lapins dans la région de Tiaret, thèse de doctorat, Université Ibn Khaldoun de Tiaret, Algérie, 88p.
- Koch V, Gruenewald L.D, Grubert-Rouh T, Eichler K, Leistner D.M, mahmoudi S, Booz C, Bernatz S, D'Angelo T, Albrecht M.H, Alizadeh L.S, Nour-Eldin N.A, Scholtz J.E, Yel I, vogl T.J, Marz W, Hardt S.E, et Martin S.S, 2022**, Homoarginine in the cardiovascular system: pathology and recent developments, *Fundamental and clinical pharmacology*, 37 (3), 519-529.

- Lambein F, Travella.S, Kuo.Y, Van Montagu.M et Heijde M, 2019**, Grass pea (*Lathyrus sativus* L.): Orphan crop, nutraceutical or just plain food?, *Planta*, 250, 821-838.
- Leakey A.D.B, Ferguson J.N, Pignon C.P, Wu A, Jin Z, Hammer G.L, et Lobell D.B, 2019**, Water use efficiency as a constraint and target for improving the resilience and productivity of C3 and C4 crops, *Annual Review of Plant Biology*, 70, 781–808.
- Lowry O.H, Rosebrough N.J, Farr A.L et Randall R.J, 1951**, Protein measurement with the folin phenol reagent, *Biol Chem*, 193 (1), 256-275.
- Mahapatra N.S, Das A, Bhattacharyya P.K, Bhattacharya S, Pal S et Barpete S, 2020**, studies on genetic variability, divergence and association of characters in grass pea, *journal of crop and weed*, 16 (1), 155-161.
- Miliauskas S, Venskutonis P.R, et Van Beek T.A, 2004**, Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts, *Food chemistry*, 85,231-237.
- Munns R et Gilliams M., 2015**, salinity tolerance of crops-what is the cost?, *New phytol*, 208, 668-673.
- Pajero I, Viladomat F, Bastida J, Rosas-Romero A, Saavedra G, Murcia M.A, Jiménez A.M et Codina C, 2003**, Investigation of Bolivian plant extracts for their radical scavenging activity and antioxidant activity, *Life sciences*, 73, 1667-1681.
- Petit A.C, 2011**, Toxicité et utilisation que quelques *Fabaceae* alimentairesmédicinales, thèse de doctorat, université Henry Poincaré-Nancy, France, 181p.
- Rajarammohan S, Kaur L, Verma A, Singh D, Mantri S, Roy J.K, Sharma T.J, Parek A et Kandoth P.K, 2023**, Genome sequencing and assembly of *Lathyrus sativus*-a nutrient-rich hardy legume crop, *Sci Data*, vol. 10 (32).
- Rolland G, 2020**, Choix d'une méthode d'extraction et de purification pour le dosage des sucres solubles et de l'amidon dans les tissus ligneux de la vigne, Le cahier des techniques INRA (100), hal-03244608.
- Rubiales D, Barilli E et Flores F, 2020**, Broomrape as a major Constraint for Grass Pea (*Lathyrus sativus*) Production in Mediterranean Rain-Fed environments, *Agronomy*, 10 (12), 1931.
- Rybiński W, Karamać M, Sulewska K, Börner A et Amorowicz R, 2018**, Antioxidant Potential of Grass Pea Seeds from European Countries, *Foods*, 7 (9): 142.
- Sarkar S, Khatun M, Era FM, Islam AKMM, Anwar MP, Danois S, Datta R et Islam AKMA, 2021**, Abiotic stresses: Alteration of composition and grain quality in food legumes, *Agronomy*, 11, 2238.
- Sarmiento A, Barros L, Fernandes A, Carvalho A.N et Ferreira I.C, 2015**, Valorization of traditional foods: nutritional and bioactive properties of *cicer arietinum*. and *Lathyrus sativus* L. pulses, *J sci Food Agric*, 95 (1), 179-185.
- Siddiqui S.A, Gerini F, Ikram A, Saeed F, Feng X et Chen Y, 2023**, Rabbit meat production, consumption and consumers' attitudes and behaviour, *Sustainability*, 15 (3), 2008.
- Sierra J et Tournebize R, 2019**, Fixation symbiotique par les légumineuses en association. Résultats obtenus en Guadeloupe, 12p. hal-02373208
- Tougan P.U, Aholou R.B, Yayi-Ladekan E, Tchobo P.F, Akouegninou A, Hanzen CetKoutinhouin G.B, 2019**, Qualité technologique et nutritionnelle de la viande des lapins nourris avec des rations contenant des feuilles de *Cissus populnea* et *synedrella modiflora* et corrélations, *International Journal of Biological and Chemical sciences*, 13 (3), 1747-1761.

- Tsikis D, 2023**, Homoarginine in health and disease, *current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 26 (1), 42-49.
- Xu Q, Liu F, Chen P, Jez J.M et Krishnan H.B, 2017**, β -N-Oxalyl-L- α - β -Diamino-Propionic Acid (β -ODAP) content in *Lathyrus sativus*, the integration of Nitrogen and sulfur metabolism through β -cyanoalanine synthase, *International journal of Molecular sciences*, 18 (3), 526.
- Yaici k, Dahamna S, Moualek I, Belhadj H et Houali K, 2019**, Evaluation de la teneur en composés phénoliques, des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes de l'espèce *Erica arborea* L. (Ericaceae) dans la médecine traditionnelle du tell Setifien dans l'Est Algérien, *Phytothérapie*, 19(4), 1-9.
- Zerrouki N, Bolet G, Gacem M et Lebas F, 2014**, Ressources génétiques cunicoles en Algérie : Analyse des performances de production de la souche synthétique en station et sur le terrain, en comparaison avec deux types génétiques locaux : population blanche et population locale, 7^{ème} journée de recherche sur les productions animales : Tizi-Ouzou Algérie, 10-11 novembre.

Annexes

Annexes

Annexe 1 : Récapitulatif du dosage des polyphénols totaux des extraits et de l'acide gallique.

	Essais en triplicata									
	Acide gallique									Extraits
Numéro des tubes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Concentrations	0	10	20	30	40	50	60	80	100	
Volume prélevé (mL)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Folin-Ciocalteu (mL)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5 minutes d'incubation										
Solution de Na₂CO₃ (mL)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Après 1h d'incubation, lecture au spectrophotomètre $\lambda=765\text{nm}$										

Annexe 2 : Récapitulatif du protocole de dosage des flavonoïdes des extraits et de la quercétine.

	Essais en triplicata						
	Quercétine						
Concentrations ($\mu\text{g/mL}$)	0	20	40	60	80	100	
Volume prélevé (mL)	1	1	1	1	1	1	1
Volume de la solution d'AlCl₃ (mL)	1	1	1	1	1	1	1
Après 10 minutes d'incubation à l'obscurité, lecture au spectrophotomètre $\lambda=430\text{nm}$							

Annexe 3 : Préparation de différentes concentrations de BSA.

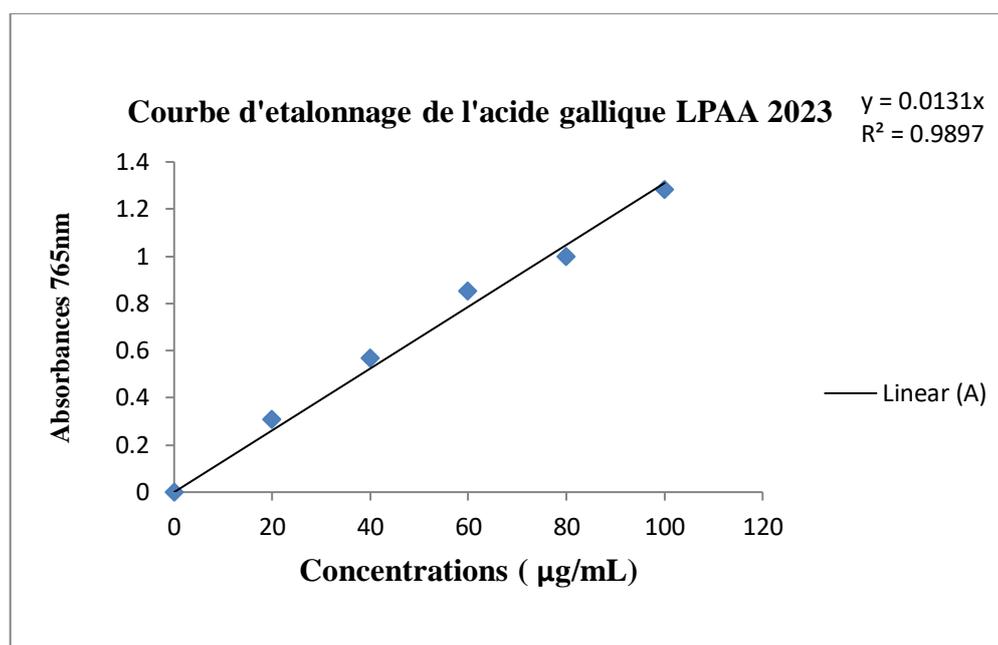
Concentration (mg/mL)	Solution de la BSA (mL)	Eau physiologique (mL)
0,1	0,1	0,9
0,2	0,2	0,8
0,3	0,3	0,7
0,4	0,4	0,6
0,5	0,5	0,5
0,6	0,6	0,4

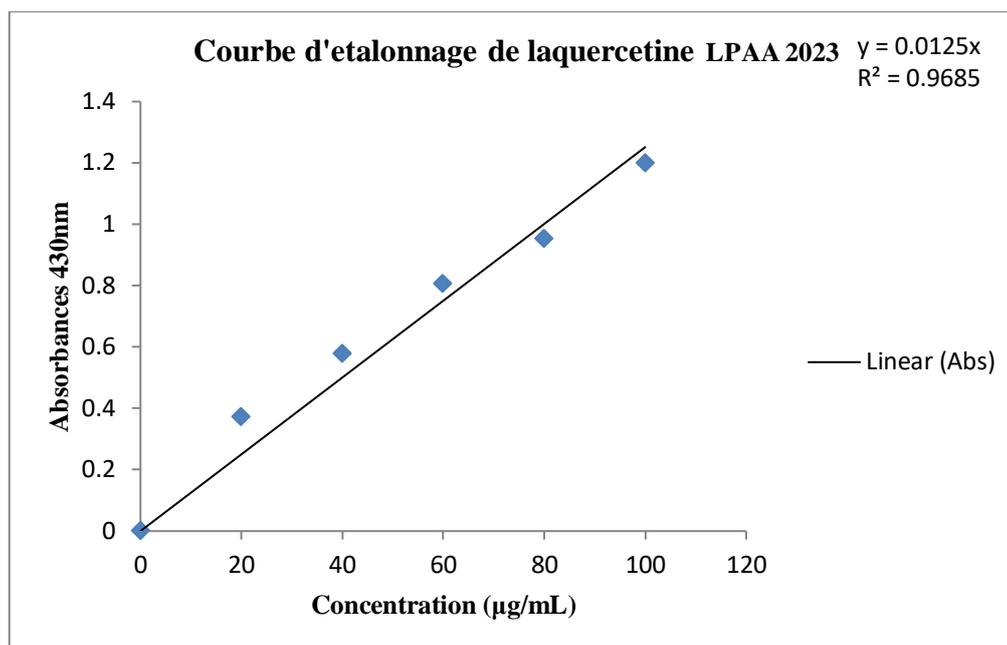
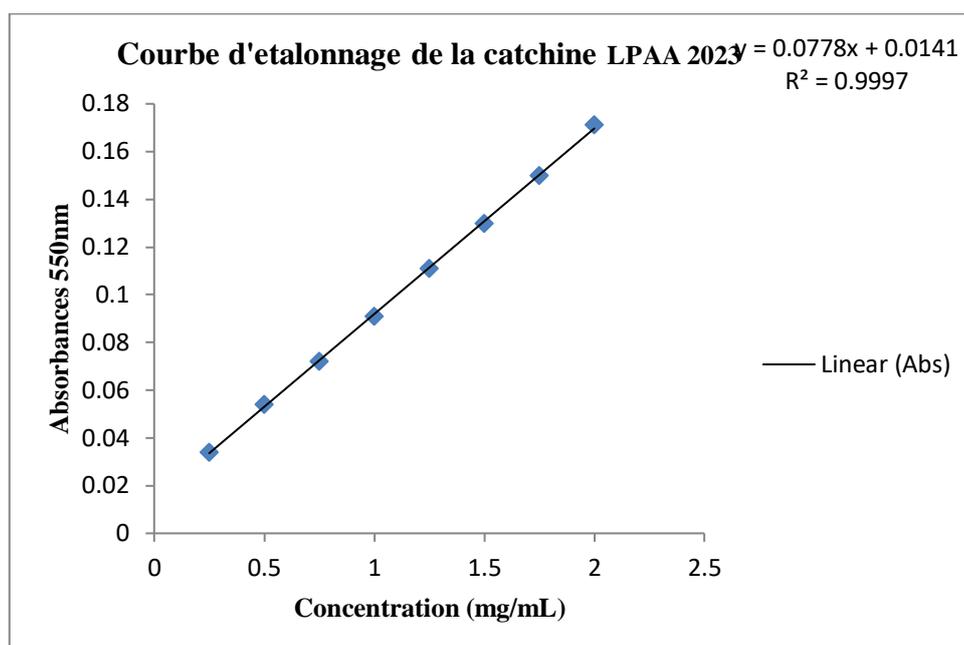
Annexe 4 : Protocole de dosage des protéines des échantillons et de la BSA.

	Essais en triplicata						Échantillons frais
	BSA						
Tubes	1	2	3	4	5	6	
Différentes Concentrations de BSA (mg/mL)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	
Volumes prélevés (mL)	1	1	1	1	1	1	1
Réactif de Lowry (Solution Z) (mL)	5	5	5	5	5	5	5
10 minutes d'incubation							
Volume de réactif de Folin-Ciocalteu dilué de moitié (mL)	1	1	1	1	1	1	1
30 minutes d'incubation au frais à l'obscurité, lecture au spectrophotomètre $\lambda=600\text{nm}$							

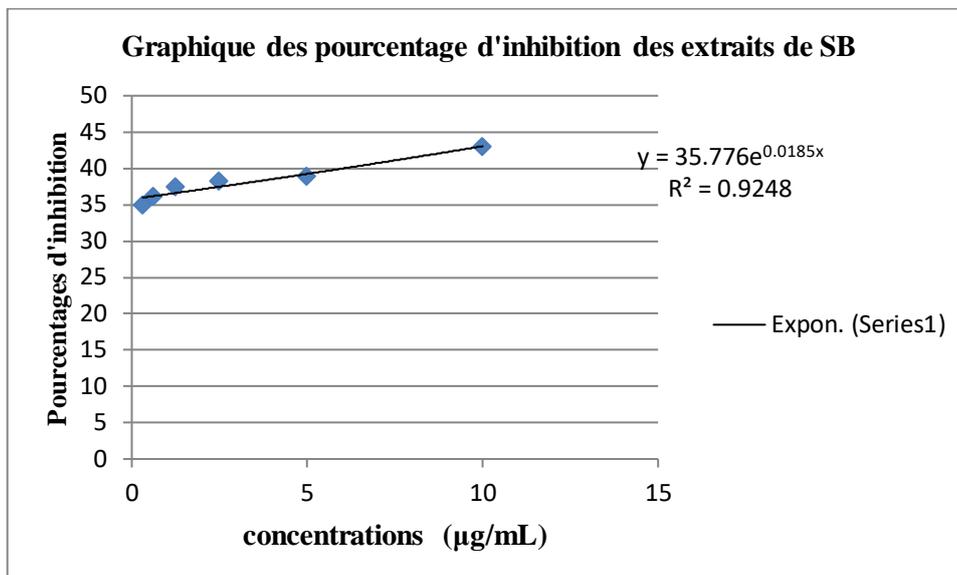
Annexe 5 : Récapitulatif du protocole de dosage des sucres des extraits des échantillons et du sucrose.

	Essais en triplicata						Extraits centrifugés
	Sucrose						
Tubes	1	2	3	4	5	6	
Concentrations (mg/mL)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	
Volumes (mL)	1	1	1	1	1	1	1
Phénol 5% (mL)	1	1	1	1	1	1	5
Agitation au vortex							
Acide sulfurique 96% (mL)	5	5	5	5	5	5	5
Après passage au bain marie (25-30°C) environ 20 min, lecture au spectrophotomètre $\lambda=490\text{ nm}$							

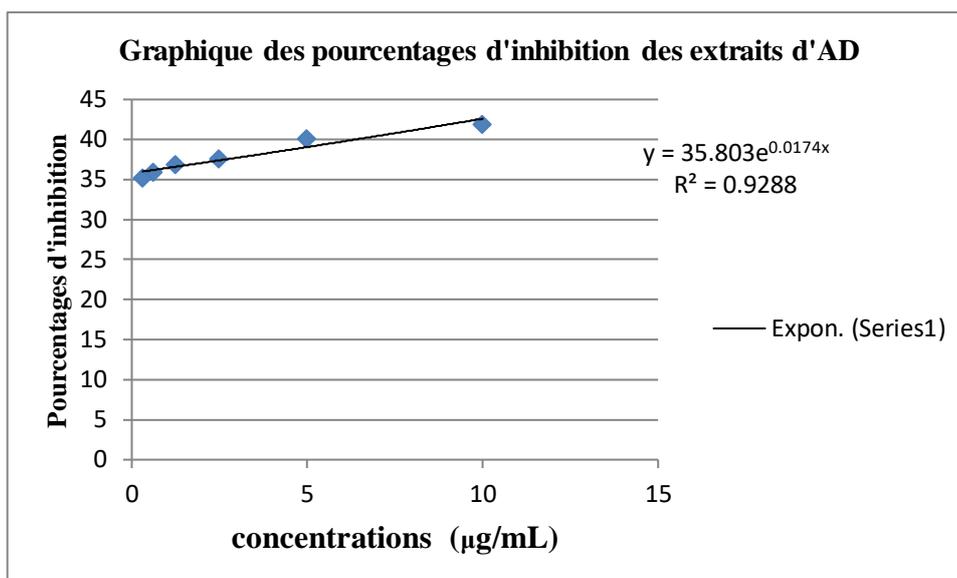
Annexe 6 : courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

Annexe 7 : courbe d'étalonnage de la quercétine.**Annexe 8 : courbe d'étalonnage de la catéchine**

Annexe 9 : Courbe exponentielle présentant les pourcentages d'inhibition des extraits d'Ain Defla.



Annexe 10 : Courbe exponentielle présentant les pourcentages d'inhibition des extraits de Sidi-Bel-Abbès.



Annexe 11: courbe d'étalonnage de la BSA