

République Algérienne démocratique et populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

Mlle. MORALENT Ilhem

M. FRIH Sidali

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES ALIMENTAIRES

Spécialité : Technologie agroalimentaire et contrôle de qualité

THEME

Qualités nutritionnelles et physicochimiques de la gesse
Lathyrus sativus L

Soutenu publiquement le 06/07/2022

DEVANT LE JURY :

Président	M. ARBAOUI Mohamed	MCA	U. Mostaganem
Encadreur	M. BENABDELMOUMENE Djilali	MCA	U. Mostaganem
Examineur	Mme BENMAHDI Faïza	MCA	U. Mostaganem

Année universitaire : 2021-2022

Remerciements

En premier lieu nous tenons à remercier ALLAH miséricordieux et tout puissant pour la santé et atteindre ce jour de soutenance.

- *Nos vifs remerciements vont à notre encadreur monsieur **Benabdelmoumene Djilali** pour ces conseils et son précieux temps qu'il nous a accordé.*
- *Nous remercions également les membres de jury Madame **Benmahdi Faiza** et Monsieur **Arbaoui Mohamed** le grand honneur qu'ils nous accordent en portant leurs regards sur notre modeste travail.*
- *Ainsi que les doctorants **Bouhram Ilyes, Fodil Kamel, Berrahel Nabil et Benguenouna Noureddine**) pour leurs aides, soutiens et les bons moments passés qui ne pourront que rester inoubliables pour nous. Sans oublier nos collègues étudiantes et étudiants.*
- *Nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*
- *Nos remerciements vont également à toutes personnes qui ont contribué à notre formation durant tout notre cursus, pour leur dévouement et les efforts qu'ils nous ont concédés.*

Dédicace

Avec joie et plaisir, fierté et respect, je dédie ce modeste travail :

**A ma très chère mère pour son encouragement et son soutien constant , pour sa présence et son aide précieux .*

**A mon très cher père pour son amour et son soutien chaleureux, dont il ma entouré, son sacrifice, pour l'éducation qui ma donnée durant toute ma formation.*

**A ma grand-mère qui a toujours su me remonter le moral.*

**A mon frère Ali et ma chère sœur qui ont une très grande place dans mon cœur, esperant que le bonheur soit toujours sur leur chemin.*

**A toutes ma famille*

A mon encadreur Mr **Benabdelmoumene Djilali pour son soutien et gentillesse qui va être pour moi un exemple à suivre.*

**A mon binôme : Sidali*

**A tous mes amis de la promos*

**A mes copines : Asmaa, Insef, Nerimane*

**A tous ceux et celles que j'aime et m'aime.*

Ilhem

Dédicace

Avec joie et plaisir, fierté et respect, je dédie ce modeste travail :

*A mes parents, Pour vos mains qui ont tant travaillées,
Pour vos cœurs qui m'a tant donné Pour vos sourires
qui m'a tant réchauffé, Pour vos yeux qui furent parfois
mouillés, Pour vous qui m'avez tant aimé.*

A mon frère et mes sœurs

A mon binôme : Ilhem qui était toujours à mes coté.

A mes amis

A tous qui me connaisse de près ou de loin.

Sidali

Liste d'abréviation

% : Pourcentage

ARN : L'acide ribonucléique

cm : Centimètre

Cuso4 : Copper Sulfate

DPPH: 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle.

FAO : Food and Agriculture Organization

FAO : Food and Agriculture Organization

Fe²⁺ : Fer

g : Gramme

G.E :Génotype environnement

GWAS: Genome-wide association studies

h : Heure

ha : Hectare

KHz : Kilohertz

km : Kilogramme

L : Lathyrus

L.sativus : Lathyrus sativus

Liste d'abréviation

m : Mètre

M : Mol

M.he : Mètre hectare

mg : Milligramme

MHz : Mégahertz

Min : Minute

ml : Millilitre

MM matière minérale

mm : Millimètre

MO : matière organique

MS : matière sèche

Na₂CO₃ : Sodium carbonate

NaOH : Sodium hydroxide

nm : Nanomètre

O₂ : Oxygène

pH : Potentiel d'Hydrogène

UFC/ml : Unité formant colonie par millilitre

uv : Ultraviolet

v/v : Volume par volume

µg : Microgramme

µl : Microlitre

µm : Micromètre

Liste de figure

Figure n° 1: structure de base des tannins .

Figure n° 2 : Structure basic d'unité du tanin condensé

Figure n°3 : Schéma expliquée les familles d'antioxydants naturels.

Figure n° 4 : *Lathyrus sativus* : (a) ramifications précoces, (b) fleurs et (c) gousses ailées caractéristiques.

Figure 05 : Analyses physicochimiques de la gesse

Figure n° 06 rendement de polyphénol totaux.

Figure n° 07 rendements de flavonoïde totaux

Figure n° 08 composition en tanin totaux

Figure n° 09 teneur en antioxydant dans la gesse

Figure n° 10 Taux de protéines de différents types des grains de la gesse

Figure n° 11 diamètre de la zone d'inhibition (mm) en présence l'extrait brute (gesse) vis-à-vis de les souches pathogènes

Liste de tableau

Table01 : Historique ou actuel espèces cultivées de *Lathyrus*.

الملخص

ان الهدف من هذا العمل هو إعادة الاعتبار و الأهمية ل *lathyrus sativus* ذات اللون الأبيض و الأسود الموضوعه في السوق المحلي .

تظهر جرعة البوليفينول الكلي والفلافونويد في المستخلص *Lathyrus Sativus* الأبيض في المستقبالات الثانوية (5.803 ملغم/غ) مقابل (4.979 ملغم/غ للبازلء السوداء) على التوالي.

تم تقييم دراسة النشاط المضاد للأكسدة للمركبات الفينولية الموجودة في المستخلص المحضر من خلال قياس قدرتها ب DPPH

أعطى *Lathyrus sativus* ذات اللون الاسود افضل نتيجة في تقليل محتوى البروتين (24.042 ملغم/غ) مقارنة مع *Lathyrus sativus* الأبيض الذي أعطى (23.685 ملغم/غ)

أعطت *lathyrus sativus* السوداء افضل نتيجة في محتوى البروتين (24.042 ملغ/غ) مقارنة مع *lathyrus sativus* البيضاء التي أعطت (23.685 ملغ/غ) .

الكلمات المهمة المركبات الفينول , الفلافونويد , *lathyrus sativus* , Dpph

Résumé

Résumé

L'objectif de ce travail est l'évaluation de l'activité antioxydant de *Lathyrus Sativus* blanc et noir misent sur le marché Local.

Le dosage des polyphénols totaux et les flavonoïdes dans l'extrait montrent la richesse de *Lathyrus Sativus* blanche en métabolites secondaires (5.803mg/g MS contre 4.979mg/g pour la gesse noire) respectivement. L'étude de l'activité antioxydante des composés phénoliques contenus dans l'extrait préparés a été évaluée par la mesure de leurs capacités de piéger le radical libre DPPH (2,2'-diphényl-1-picrylhydrazyl). *Lathyrus sativus* noir a donné le meilleur résultat en réduisant la teneur en protéine (24.042mg/g) comparé à la concentration de *Lathyrus sativus* blanche qui a donné (23.685mg/g).

Mot clé : gesse , polyphénol , flavonoïde , activité antioxydant , *lathyrus sativus* .

Summary

The objective of this work is the evaluation of the antioxidant activity of *Lathyrus Sativus* white and black bet on the Local market.

The dosage of total polyphenols and flavonoids in the extract show the richness of White *Lathyrus Sativus* in secondary metabolites (5.803mg/g DM against 4.979mg/g for black pea) respectively. The study of the antioxidant activity of phenolic compounds contained in the prepared extract was evaluated by measuring their ability to trap the free radical DPPH (2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl). Black *Lathyrus sativus* gave the best result in reducing the protein content (24.042mg/g) compared to the concentration of White *Lathyrus sativus* which gave (23.685mg/g).

Key word: grass pea, polyphenol, flavonoid, antioxidant activity, *lathyrus sativus*.

Résumé

Tables de matières

Remerciements	
Liste des abréviations	
Liste de figure	
Liste de tableau	
Résumé	
Introduction	01

Partie bibliographique

Chapitre 01 : La gesse	03
1-Introduction	03
2-Effets des changements climatiques sur la production de pois herbacés	05
3-Pois herbacé	06
3-1-Tolérance aux stress abiotiques du pois herbacé	07
3-2-Résistance aux stress biotiques du pois herbacé	09
4-Stabilité du rendement et de la qualité des pois herbacés	10
4-1-Pois herbeux, une culture de nourriture saine et intelligente	11
4-2-Influence de l'environnement	12
Chapitre 02 : Composants phénoliques	
1-Acides phénoliques	14
1-2. Différentes techniques d'extraction des composés phénoliques	14
1-2-1. Extraction liquide-liquide (ELL)	14
1-2-2 Extraction assistée par ultrasons (EAU)	14
1-2-3Extraction assistée par micro-ondes (EAM)	14
1-3-Rôle des polyphénols dans les plantes	15
2-Flavonoïdes	15
1-Principales classes de flavonoïdes	15
2-1- Flavones	15
2-2-Flavanoles	16
2-3-Flavanones	16
2-3-Flavonols	16
3-Tannins	16

3.1. Tannins hydrolysables	16
3.2. Tannins condensés (<i>proanthocyanidines</i>)	17
4- Antioxydants	17
4.1 Antioxydants enzymatiques	17
4.2 Antioxydants non-enzymatique	18
5- Composants nutritionnels	18
6- Valeur nutritive de <i>Lathyrus sativus</i>	18
7-Constituants chimiques	18

Partie expérimentale

Chapitre 01 : Matériels et Méthodes	20
1-Objectif	20
2-Lieu de l'expérimentation	20
3-Matériel biologique	20
4- Présentation des essais	20
4-1-Position géographique de Sidi Bel Abbas	20
4-2-Position géographique de Saida	20
5-Durée de culture de la gesse	20
6-Description de la culture	21
7- Prélèvement et préparation d'échantillon	22
8-Méthodes d'analyses	22
1-Détermination de la teneur en matière sèche et en eau	22
2-Détermination de la teneur en sels minéraux et en matières organiques	23
3-Extraction de la matière grasse par la méthode de Soxhlet	24
4-Dosage des polyphénols	25
5- Dosage des flavonoïdes	26
6-Dosage des tanins totaux	27
7-Activité antioxydante	27
8-Dosage des protéines brutes	28
9- Description des microorganismes étudiés	30

9-1- <i>Staphylococcus Aureus</i>	30
9-2- <i>Escherichia Coli</i>	30
9-3- <i>Pseudomonas Aeruginosa</i>	31
9-4- <i>Bacillus cereus</i>	31
9-5 <i>Candida albicans</i>	31
1-Extraction de la gesse	32
2- Réactivation de souches pathogènes	32
2-1-Souches pathogènes utilisées	32
2-2- Renouvellement et l'enrichissement des souches pathogènes	32
2-3- Méthode de diffusion en puits AWDT	32
Chapitre 02 : Résultats et discussion	
1- Analyse des caractères physicochimique de la gesse	34
2- Détermination de la teneur en polyphénols totaux	35
3- Détermination de la teneur en flavonoïde totaux	36
4-Détermination de la teneur en tanin totaux	37
5-Détermination de l'activité antioxydante	37
6-Détermination de la teneur de protéine	38
7-Zones d'inhibition des souches	39
Conclusion générale	41

Référence bibliographique

Annexe

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction

L'alimentation c'est la santé, car la bonne nourriture est très importante pour le corps comme le dit le dictateur, « un esprit en santé dans un corps en santé »; cela a des conséquences directes, pas uniquement sur notre santé, mais aussi sur notre esprit et notre âme (**Halitim**, 2015).

Les légumineuses (pois, lentilles, haricots, soja et pois chiches) sont l'une des cultures les plus importantes en raison non seulement de leur qualité nutritionnelle, mais également pour leurs divers avantages agroenvironnementaux. Les graines et poudres de légumineuses sont des sources importantes de protéines, glucides, vitamines, minéraux et fibres alimentaires (**Baljeet et al.**, 2015).

Les légumineuses représentent une source de protéine de qualité pour l'alimentation humaine (haricot, lentille, pois, pois chiche, fève) ou pour l'alimentation animale sous forme de graines (pois, féverole, soja, lupin) ou sous forme de fourrages (luzerne, trèfle). Parce qu'elles possèdent la capacité d'utiliser l'azote atmosphérique, grâce à une symbiose avec des bactéries fixatrices d'azote, les légumineuses ne nécessitent pas l'utilisation d'engrais azotés. L'introduction d'une légumineuse (comme le pois) préserve la rentabilité économique des systèmes en permettant tout particulièrement des économies d'intrants – engrais azotés – sur le protéagineux même, mais également sur la culture qui suit, généralement un blé, dont le rendement est amélioré.

Malgré ses caractéristiques nutritionnelles et agronomiques, une régression des superficies des cultures des légumineuses et en particulier, celles du pois sont observées.

Cette régression est due entre autres aux attaques par les pathogènes telles que les bactéries, champignons, virus et les plantes parasites. Parmi ces derniers, le genre orobanche constitue un facteur limitant pour la culture des légumineuses notamment la culture du pois.

En Algérie, les légumineuses alimentaires sont essentiellement cultivées pour leurs rôles en alimentation humaine et dans l'amélioration de la fertilité des sols dans le système de culture dominant à base de céréales. La production de légumineuses alimentaires en Algérie demeure largement un secteur traditionnel où la majorité des producteurs sont de petits exploitants agricoles disposant d'une main-d'œuvre familiale abondante. Avec l'augmentation de la demande intérieure en légumineuses alimentaires (croissance démographique) et la stagnation des rendements (nature traditionnelle du secteur) ; la production ne satisfait plus la demande locale ; l'Algérie est devenue un net importateur depuis 1979. Les principales légumineuses alimentaires cultivées en Algérie sont la fève, le pois chiche, le pois sec et la lentille.

Les conditions climatiques et de sol défavorable nous obligent à rechercher des plantes de culture avec une résistance innée à stress abiotiques, afin d'atteindre et de maintenir la sécurité alimentaire. La deuxième source alimentaire la plus importante, après les céréales, est les légumineuses (**Maphosa et al.**, 2019). Les légumineuses sont appréciées non seulement pour leur nutrition (principalement teneur élevée en protéines) et de santé (composés bioactifs), mais aussi économique (viande bon marché de remplacement, en particulier dans les régions les plus pauvres) et écologiques (enrichissement en azote du sol) (**Martín-Cabrejas et al.**, 2019). Se concentre sur le pois herbacé (*Lathyrus sativus L.*) (**Vaz Patto et al.**, 2014), l'une des plus anciennes plantes domestiquées en Europe (depuis environ 6000 av. J.-C.). Cependant, il est actuellement négligé par les éleveurs et inutilisé par les agriculteurs (**Vaz Patto et al.**, 2014).

Actuellement, la gesse est considérée comme une culture modelée pour une agriculture durable (**Vaz Patto et al.**, 2016). Les graines de *lathyrus* sont nutritives contenant jusqu'à 31% protéine et 65% de glucide et sont une bonne source de minéraux.

L'objectif de notre étude est de valoriser une graine végétale très riche en protéines, délaissée par le consommateur algérien, d'étudier l'influence des variétés sur les qualités physicochimiques et nutritionnelles de la plante ainsi que ses différentes activités biologiques.

PARTIE BIBLIOGRAPHIE

CHAPITRE I

LA GESSE

1- Introduction

La prévalence de la sous-alimentation dans le monde est estimée à 10,9 % en 2017. La situation s'aggrave en Amérique du Sud et dans la plupart des régions d'Afrique (OMS, 2018). Le moins de progrès dans la région subsaharienne, où il reste environ 23 pour cent de la population sous-alimentée – la prévalence la plus élevée de toutes les régions du monde. Néanmoins, la prévalence de la sous-alimentation en Afrique subsaharienne est passée de 33,2 % en 1990 – de 92 % à 23,2 en 2014-2016, bien que le nombre de personnes sous-alimentées ait augmenté (FAO, 2017). L'émaciation et le retard de croissance des enfants sont des problèmes courants de sous-alimentation. En outre, la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer a augmenté progressivement de 30,3 % en 2012 à 32,8 % en 2016, aucune région n'ayant enregistré de baisse. Effort jusqu'à présent dans l'agriculture est de fournir des aliments (assurer la sécurité alimentaire) sans diversification agricole fournir les macronutriments et micronutriments nécessaires (sécurité nutritionnelle).

Le pois herbacé (*Lathyrus sativus L.*) est une légumineuse tempérée annuelle largement cultivée en Asie du Sud et Afrique subsaharienne, mais qui est en régression dans les environnements méditerranéens (Gonçalves *et al.*, 2015). Expérience commune dans les pays méditerranéens est une forte diminution de la culture de pois de graminées au cours du dernier siècle, avec peu de Par exemple, en Espagne, la superficie cultivée est passée de 250 000 ha en 1925 à 636 ha en 2018 (AESAN *et al.*, 2020). L'interdiction de la consommation humaine dans certains pays en raison apparition du lathyrisme, une maladie neurodégénérative chez l'homme et les animaux domestiques (Lambein *et al.*, 2019). Toutefois, l'interdiction est réévaluée en raison de la compréhension actuelle que la teneur en β -ODAP de la neurotoxine est fortement influencée par les conditions climatiques et édaphiques (Girma *et al.*, 2012), et que la maladie du lathyrisme est causée seulement lorsqu'il y a une surconsommation de pois herbacés dans un régime non équilibré, qui peut être évitée par l'ajout de suffisamment de céréales, de fruits et de légumes (Getahun *et al.*, 2003) la variation de la teneur en β -ODAP est disponible dans est considéré comme plus faible dans les types de graines blanches méditerranéennes, bien qu'également sélectionnées en couleur graines (Girma *et al.*, 2013).

Dans le monde entier, 1,2 M de pois herbacés est produit à partir de 1,5 M ha de terre. Le genre *Lathyrus* est aussi important comme 187 espèces et peut être cultivé dans les zones tempérées et tropicales du monde (Soren *et al.*, 2020).

Il a de nombreux traits significatifs comme la tolérance à la sécheresse, résistance aux insectes nuisibles, adaptabilité à de nombreux types de sols et conditions climatiques. Son système racinaire résistant et pénétrant permet à la culture de se développer dans une vaste gamme de types de sols, y compris les sols très pauvres et argiles lourdes. On s'est rendu compte que le pois herbacé peut servir d'aliment de survie dans des situations difficiles (**Parihar et al.**, 2013). Bien que la culture soit marginalisée et négligée par les instituts de recherche gouvernementaux en Éthiopie, elle est largement cultivée par les agriculteurs en tant que culture bonus dans les terres en jachère en raison de sa capacité de fixation de l'azote et également utilisée comme culture de rupture entre le riz en raison de la nature tolérante à la sécheresse de la culture (**Gupta et al.**, 2018)

Malgré la possession de traits économiquement importants, le pois herbacé a l'inconvénient d'avoir un composé *anti-nutritionnel* connu sous le nom de β -N-oxalyl-L- α , acide β di-amino-propionique (β -ODAP) également appelé β -N-oxalyl amino-L-alanine (BOAA), une neurotoxine qui cause la paralysie des jambes chez les animaux, y compris les humains (**Hillocks et Maruthi**, 2012). À ce jour, très peu d'attention a été accordée à la recherche pour améliorer La raison fondamentale de cet effort de recherche moins privilégié est présence de β -ODAP. En conséquence, la culture est marginalisée par les gouvernements et les organismes donateurs (**Dixit et al.**, 2016).

Table01 : Historique ou actuelles espèces cultivées de *Lathyrus*.

Espèces	Utilisation	Usage	Lieu
<i>L. annuus</i>	Pouls, fourrage	Rare	Europe, Amérique du Nord
<i>L. aphaca</i>	Fourrage	Rare	Nord
<i>L. blepharicarpus</i>	Pouls	Historique	Inde
<i>L. cicera</i>	Pouls, fourrage, médicaments	Rare	Proche-Orient
<i>L. clymenum</i>	Pouls	Rare	Europe du Sud, Afrique du Nord
<i>L. czechottianus</i>	Médicaments	Rare	Afrique du Nord
<i>L. gorgoni</i>	Fourrage	Historique	Grèce
<i>L. hirsutus</i>	Légumineuses, fourrage	Commun	Turquie
<i>L. latifolius</i>	Horticulture	Commun	Moyen-Orient
<i>L. nissolia</i>	Médicament	Rare	États-Unis
<i>L. ochrus</i>	Pouls, fourrage	Rare	Europe
<i>L. odoratus</i>	Horticulture	Commun	Turquie
<i>L. pratensis</i>	Fourrage	Rare	Grèce, moyen orient
<i>L. rotundifolius</i>	Horticulture, médecine	commun	étendu
<i>L. sativus</i>	Légumineuses, fourrage,	Commun	étendu
<i>L. sylvestris</i>	Médecine	Rare	Europe du Sud,
<i>L. tuberosus</i>	Forage Tubercules	Rare	Afrique du Nord Afrique du Nord Asie de l'ouest

Source : adapté de Rizvi *et al.* (2016) et Llorent- Martinez *et al.* (2017)

2. Effets des changements climatiques sur la production de pois herbacés.

Bien que le changement climatique ait été un processus constant sur terre, depuis un siècle le rythme des variations est devenu plus fréquent (Arora, 2019) ce qui impose des contraintes croissantes aux cultures agricoles. Les contraintes les plus importantes sont et seront dues à précipitations variables, disponibilité réduite de l'eau, augmentation de la température et périodes plus fréquentes d'agronomies des températures extrêmes qui auront des répercussions majeures sur la distribution géographique des cultures (Langridge *et al.*, 2021) en outre, aussi

la propagation et l'intensité des épidémies de ravageurs et de maladies et l'expansion des mauvaises herbes dans les latitudes ou les altitudes supérieures sont et seront influencées par la variabilité des températures et des précipitations, avec un fort impact sur le rendement agricole et les cultures gestion (**Langridge et al.**, 2021) L'impact de ces cultures, et donc des cultures alternatives ou de nouvelles variétés sont nécessaires pour assurer une stabilité approvisionnement alimentaire (**Anderson et al.**, 2020).

De nombreuses régions cultivant des légumineuses comme sources de base de protéines végétales dépendent systèmes alimentés par la pluie pour la croissance des cultures avec un accès limité aux ressources telles que l'irrigation ou engrais (**Sarka et al.**, 2019). Dans ces régions, les températures optimales doivent se situer entre 15 et 25 °C. avec une température de base de 0 C, pour les légumineuses de saison froide, et entre 25 et 35 C, avec une température de base de 10 C, pour les légumineuses tropicales de saison chaude. Comme indiqué précédemment, le pois herbacé est une légumineuse de saison froide, et en raison du changement climatique, le pois herbeux actuel les régions de production font face à une augmentation de la fréquence et de la gravité des conditions météorologiques extrêmes événements (**Sarkar et al.**, 2019), qui pourraient conduire à un changement dans les saisons de culture (**Anderson et al.**, 2020). Toutes ces prévisions les scénarios posent à la fois de nouveaux défis pour le pois herbeux dans les régions de production traditionnelles, mais aussi possibilités d'expansion dans de nouveaux domaines.

En Afrique, principalement dans les régions on s'attend à ce que les périodes de chaleur extrême soient plus fréquentes et plus intenses.

Cependant, il y a un intérêt renouvelé pour la réintroduction de cette culture rustique dans les systèmes de cultures pluviales méditerranéennes où elle peut être une alternative pour surmonter les impacts attendus du changement climatique (**Rubiales et al.**, 2020). Compte tenu de cette répartition particulière des précipitations, un grave déficit hydrique peut souvent se produire pendant la saison froide de croissance des légumineuses, même lorsqu'il y a suffisamment de précipitations annuelles, puisque le rendement des cultures dépend principalement des changements dans les cycles saisonniers de précipitation.

3. Pois herbacé

Le pois herbacé est une culture rustique avec une tolérance signalée aux températures extrêmes, à la sécheresse, inondation, et la salinité étant en mesure de croître avec succès dans les climats chauds, et marginaux et sols pauvres en nutriments, offrant un rendement raisonnablement bon

malgré une croissance défavorable conditions (**Rizvi et al.**, 2016). Par conséquent, il est une source prometteuse de pour s'adapter au changement climatique, non seulement pour sa propre sélection variétale, mais aussi pour le développement de variétés plus adaptées de grandes cultures de légumineuses apparentées, comme les pois (**Vaz Patto et al.**, 2014).

3.1. Tolérance aux stress abiotiques du pois herbacé

L'un des principaux facteurs qui nuisent à la croissance et au rendement des cultures est le déficit hydrique (**Leakey et al.**, 2019)

le changement climatique pourrait conduire à des précipitations variables et à une réduction générale de la disponibilité en eau, ce qui imposerait un stress dû à la sécheresse, l'objectif principal de l'amélioration de la résilience des plantes au changement climatique devrait reposer sur des stratégies qui favorisent les deux, économiser l'eau et améliorer l'efficacité de la capture de l'eau on peut économiser l'eau en améliorant l'efficacité de l'utilisation de l'eau (EUU) des plantes et/ou en développant des caractéristiques morphologiques de tolérance à la sécheresse comme mécanismes d'adaptation (**Eggels et al.**, 2021). La constance de la taille des semences en réponse au déficit hydrique peut être une adaptation utile du pois herbacé au stress de sécheresse. De même, les feuilles ailées et étroites du pois herbacé, capables de rouler vers l'intérieur des marges des feuilles pour diminuer la perte d'eau, constituent une stratégie d'évitement de la sécheresse (**Tokarz et al.**, 2020) (**Lambein et al.**, 2019). De plus, des mécanismes d'évasion comme la maturité précoce, la vigueur précoce et la floraison hâtive se retrouvent aussi dans le pois herbacé (**Choudhary et al.**, 2016).

Une autre façon d'améliorer la résilience des plantes aux impacts des changements climatiques est de l'amélioration de l'efficacité de la capture de l'eau grâce, par exemple, à un système d'enracinement profond, car il permet d'accéder à des ressources en eau inexploitées lorsque la surface du sol se dessèche (**Lynch et al.**, 2013) En effet, le pois herbacé possède un système racinaire robuste et pénétrant, dont l'exoprotéome a révélé un nombre abondant de protéines sensibles aux stress abiotiques et biotiques (**Rathi et al.**, 2022), adaptées à un large éventail de types de sols (**Girma, D.; Korbu, L.** 2012). En effet, pendant les périodes d'inondation, les couches inférieures du sol restent aérées, ce qui permet à un système racinaire pénétrant d'échapper aux contraintes d'inondation (**Sarkar et al.**, 2019).

L'une des principales causes de dégradation des sols dans le monde est la salinité (**Munns, R.; Gilliam, M.** 2015). La salinité réduit le potentiel osmotique, ce qui rend l'extraction de l'eau plus difficile pour la plante, augmentant la croûte superficielle, nuisant à l'infiltration d'eau et

réduisant l'aération des zones racinaires, ce qui nuit à la croissance des plantes et réduit le rendement des cultures (**Munns et al.**, 2021). Les régions arides et semi-arides sont les plus sujettes à la désertification et à la salinisation (**Corwin, D.L.**2021), mais aussi dans les régions côtières une importante région de production de graminées, une élévation du niveau de la mer provoque l'intrusion d'eau de mer et, par conséquent, la salinisation des sols. La salinisation des sols a un coût important pour les plantes ; par conséquent, pour minimiser l'impact de la salinité, la voie de l'avenir est d'introduire une plus grande tolérance au sel dans les cultures actuelles et d'introduire de nouvelles espèces pour la culture (Munns, R.; Gilliam, M.2015). La capacité du pois herbacé à résister à une salinité modérée a été reconnue (**Vaz Patto et al.**, 2006). Cette capacité peut être due à un mécanisme de tolérance à la salinité résultant d'une activité accrue du système antioxydant et d'un compartimentage efficace des ions nocifs dans les racines et les pousses (**Piwowarczyk et al.**, 2020).

Ces travaux apportent de nouvelles informations sur la tolérance du pois herbacé à la salinité et la positionnent en première ligne comme une culture prioritaire pour faire face au stress de salinité.

Les températures élevées affectent les cultures de légumineuses dans plusieurs états de développement. la température maximale au-dessus de 25 C est considérée comme le seuil supérieur pour le stress thermique dans les cultures de saison froide. L'impact du stress thermique dépend de l'intensité, de la durée l'exposition et le degré de la température élevée (**Sita et al**, 2017). Une température élevée (>30 C) pendant la floraison réduit la viabilité du pollen, augmente la chute des fleurs et réduit le remplissage des graines et des gousses, limitant ainsi le rendement céréalière (**Sarkar et al.**, 2019). La phénologie des cultures au cours des premières phases de reproduction est essentielle pour échapper aux contraintes environnementales telles que le stress thermique (**Shunmugam et al.**, 2018). Le pois herbacé est une légumineuse de saison froide et pourrait donc être affecté par une température élevée, bien qu'il montre une tolérance à la chaleur (**Sarkar et al.**, 2019). **Kumar et Tripathi** 2009 qui ont mené une étude pour analyser les effets des facteurs de température sur *L. sativus* ont souligné cette tolérance à la chaleur. Dans cette étude, les graines de pois herbeux d'une génération F1 ont été exposées à 55 C pendant 48 h et après analyse morphologique et cytologique des plantes de la génération F2, la production de graines n'a pas été affectée par le stress thermique et la stérilité n'était pas trop élevée pour affecter la fertilité des plants de pois herbacés..

Un autre mécanisme de pois herbacés pour échapper aux anthères et aux stigmates

et/ou le vent pendant la période de floraison sont des fleurs *cléistogamous*, la promotion de bon ensemencement dans des conditions météorologiques variables (**Choudhary et al.**, 2016). La période de floraison peut également être prévue, comme indiqué précédemment pour la réponse à la sécheresse, alors la précocité est également considérée comme un trait important pour éviter les contraintes de chaleur terminale, en particulier pendant le remplissage des gousses (**Choudhary et al.**, 2016.)

3.2. Résistance aux stress biotiques du pois herbacé

En raison du changement climatique, certaines maladies ont tendance à déplacer leur domaine d'action d'une région à une autre. Une stratégie importante pour faire face aux épidémies de ravageurs et de maladies pourrait être la utilisation de cultivars résistants considérés comme les plus sûrs, les plus économiques et les plus efficaces méthodes de protection des cultures dans la prévention des maladies (**Sampaio et al.**, 2021). Par rapport aux autres légumineuses le sont résistant à de nombreuses maladies et ravageurs (**Rao, S.C.; Northup, B.K.** 2011).

La résistance à la rouille a également été identifiée dans le germoplasme de *L. sativus* (**Vaz Patto., et al.**, 2009). Une analyse transcriptase effectuée par Almeida et al. (**Almeida et al.**, 2014) dans deux géotypes contrastants de *L. sativus*, inoculés avec de la rouille, a fourni un aperçu complet des mécanismes moléculaires sous-jacents à la résistance à la rouille préintestinale dans le pois de roseau. Cinquante et un gènes ont été identifiés comme étant des gènes de résistance potentiels, les priorisant comme cibles spécifiques pour de futures études fonctionnelles sur les interactions entre le pois herbacé et la rouille. Plus récemment, Martins et al. (**Martins et al.**, 2022) ont identifié de nouvelles sources prometteuses de résistance partielle à la rouille dans la collection d'accessions de *L. sativus* mentionnée précédemment dans le monde, dans des conditions contrôlées, et son architecture génétique et ses mécanismes ont été clarifiés par GWAS. Sept régions génomiques différentes de pois herbacés ont été détectées significativement associées à la gravité de la maladie de U. pisi, ce qui suggère que la résistance est oligogène. Les gènes candidats proposés sont codés pour la répétition riche en leucine et le domaine NB-ARC, et la famille de facteurs de transcription TGA.

Ascochyta blight infection on grass pea a souvent été attribuée à *Ascochyta pinodes* (*telomorph Dydimella pinodes*) (**Barilli et al.**, 2016), et seulement récemment aussi à *Ascochyta lentis* var. *lathyri* (**Infantino et al.**, 2016). Malheureusement, aucun dépistage de résistance n'a été signalé jusqu'à présent avec ces nouveaux isolats d'*A. lentis* var. *lathyri*. *A. lentis* var. *lathyri* n'infecte

que très spécifiquement le pois herbacé, tandis que l'isolat d'*A. lentis* provenant de lentilles pourrait infecter le pois herbacé, mais à de faibles concentrations. De même, les études d'inoculations croisées ont montré que les accessions de pois herbacés peuvent être très sensibles à *A. pinodes*, mais qu'elles sont immunisées ou très résistantes aux isolats d'*A. rabiei*, d'*A. lentille* et d'*A. fabae* (Barilli *et al.*, 2016). *L'ascochyta lathyri* a été signalée chez d'autres espèces de *lathyrus*, mais pas chez le pois herbacé (Gurung *et al.*, 2002). Néanmoins, la résistance à *A. pinodes* a été enregistrée sur les adhésions de *L. sativus* (Gurung *et al.*, 2015). Cette résistance est d'un grand intérêt compte tenu de la possibilité d'être transféré à la culture de pois de grande culture phylogénétiquement liés (*Pisum sativum*). La brûlure *ascochyti* est une contrainte majeure à la production du pois de grande culture et aucune résistance complète à l'infection n'a été observée chez cette espèce.

Les maladies transmises par le sol, comme la flétrissure *fusarienne*, ont un impact considérable sur un large éventail d'espèces végétales, y compris le pois herbacé. Néanmoins, une résistance allant de « élevée à partielle » a été décrite dans le germoplasme de pois herbacés contre *Fusarium oxysporum* f. sp. pisi, et son architecture génétique et ses mécanismes ont été clarifiés (Sampaio *et al.*, 2021). Au total, 17 régions génomiques ont été associées par GWAS à trois traits liés à la réponse à la fusariose dans le pois herbacé, anticipant un contrôle oligogénique, et les gènes candidats proposés ont été impliqués dans le métabolisme secondaire et d'acides aminés, l'ARN (régulation de la transcription), les transports et le développement (Sampaio *et al.*, 2021). Le genévrier crénelé (*Orobanche crenata*) (Rubiales *et al.*, 2020) est une autre contrainte d'origine pédonculaire pour la culture du pois herbacé. L'espèce *L. sativus* est sensible à ce parasite et, jusqu'à présent, aucune résistance réelle n'a été identifiée. Cependant, la précocité pourrait être considérée comme un moyen d'éviter le genévrier. Rubiales *et al.* (Rubiales *et al.*, 2020) ont recommandé des cultivars de pois herbacés précoces pour les zones sujettes à une forte infection par l'orobanche, tandis que les cultivars ayant un cycle de croissance plus long conviennent mieux aux milieux où l'incidence du broomrape est faible ou modérée.

4-Stabilité du rendement et de la qualité des pois herbacés

En plus d'être une culture modèle pour une agriculture durable, le pois herbacé assure la sécurité nutritionnelle pour de nombreuses communautés à faible revenu, étant une culture alimentaire très nutritive (Rubiales *et al.*, 2020)

Compte tenu de ce qui précède, l'amélioration du rendement et de la stabilité des pois herbacés s'est concentrée principalement sur la production de semences à haute valeur nutritionnelle, c'est-à-dire riches en protéines et à faible teneur en β -ODAP (**Polignano et al.**, 2020). Le rendement et la qualité sont des caractéristiques complexes (**Rubiales et al.**, 2020). En effet, il semble que la teneur en β -ODAP ainsi que le rendement soient fortement influencés par les conditions climatiques et édaphiques et présentent une interaction génotype-environnement élevée (G E) (**Fikre et al.**, 2011). Les interactions G E claires sont fréquemment identifiées sur les profils métaboliques des légumineuses à grains, comme cela peut être le cas de métabolites secondaires exerçant des fonctions liées à l'adaptabilité des conditions environnementales, comme la défense contre les stress abiotiques comme le stress thermique (**Mecha et al.**, 2022). La compréhension de l'interaction G E est l'une des étapes les plus importantes d'un programme de sélection pour faire correspondre les génotypes et les environnements de manière à sélectionner des génotypes optimaux (**Abd El-Moneim et al.**, 2013). En outre, un programme de sélection vise à fournir aux agriculteurs des génotypes avec une performance supérieure garantie, et ce peut également être atteint en exploitant son adaptation locale ou large (**Polignano et al.**, 2009). Bien que certaines études d'interaction G E aient été menées (**Polignano et al.**, 2019), les données disponibles sont encore rares, et davantage de recherches doivent être encouragées pour une meilleure compréhension des facteurs génétiques et environnementaux conduisant à un phénotype optimal (**Malosetti et al.**, 2013).

4.1. Pois herbeux, une culture de nourriture saine et intelligente

Le pois herbacé est considéré comme une culture alimentaire saine et intelligente, valorisée et cultivée pour sa teneur élevée en protéines dans les graines (**Lambein et al.**, 2019). La graine de *L. sativus* a des teneurs élevées en protéines, en matières grasses et en amidon. Teneur en protéines du pois herbacé (18 à 34 % dans les graines) et dans les feuilles matures (17%), est plus élevé que le pois (*P. sativum*) ou le féverole (*Vicia faba*), mais inférieur au soja (*Glycine max*) (**Hanbury et al.**, 2000). Protéines des globulines, les albumines et les *glutélines* sont riches en acides aminés comme la lysine, mais généralement pauvres en acides aminés riches en soufre (**Lambein et al.**, 2019). En outre, le pois herbacé est riche en *L-homoarginine*, un acide aminé non protéique présent dans des concentrations allant jusqu'à 1% du poids sec (**Lambein et al.**, 2000). En effet, c'est la seule source alimentaire connue de *L-homoarginine*, un substrat alternatif pour la biosynthèse de l'oxyde nitrique, avec des avantages cardiovasculaires physiologie et bien-être général. Apport quotidien de *L. sativus* dans le cadre d'une alimentation normale pourrait fournir suffisamment de ce composé sain (**Lambein et al.**,

2019). De plus, la *L-homoarginine* est également associée aux avantages de surmonter les conséquences de l'hypoxie associée à développement de tumeurs cancéreuses (Jammulamadaka *et al.*, 2011).

4.2. Influence de l'environnement

L'expression phénotypique des caractères dépend de facteurs tels que le génotype (G), l'environnement (E), et le génotype par interaction environnement (G E). Résultats de l'interaction G E de l'expression différentielle du génotype (G) sur l'environnement (E), qui entrave la sélection du génotype pour un caractère cible lorsque la sélection est destinée à une gamme de (Aspinwall *et al.*, 2015). Néanmoins, en raison des changements climatiques, la sélection l'environnement sera nécessaire (Pilbeam *et al.*, 2015). Par conséquent, la compréhension de l'interaction G E sur les traits sous sélection sera cruciale pour sa meilleure exploitation en élevage.

Le changement climatique affectera l'agriculture différemment, selon la région et la culture. Les contraintes les plus importantes seront dues aux précipitations variables, à la réduction de l'eau disponibilité, augmentation de la température, occurrence fréquente d'événements extrêmes, et la propagation d'infestations de ravageuse et de maladies. On s'attend à une baisse du rendement des cultures, donc d'autres variétés ou nouvelles cultures seront nécessaires pour assurer un approvisionnement alimentaire stable. Les défis seront dans les régions de culture traditionnelles et de les surmonter le développement de variétés La résistance aux stress biotiques et abiotiques a gagné en force.

Le pois herbacé est une culture rustique et une excellente alternative dans ces circonstances puisqu'il présente un ensemble de caractéristiques importantes de résilience/adaptation au stress. Pois mange-tout est simultanément une culture alimentaire très nutritive et saine, avec une seule composition inconvénient, la présence d'un antinutritionnel, β -ODAP, considéré comme la cause du lathyrisme. Néanmoins, le caractère rustique de cette culture est également suggéré d'être lié à la présence de β -ODAP dans l'établissement. L'identification des sources de graminées des traits résilients/adaptatifs est essentielle pour la reproduction, ainsi que la compréhension de leur contrôle génétique qui permettra des cibles génomiques prometteuses pour le développement d'outils moléculaires pour aider un multistress la résistance et l'élevage de précision de qualité chez cette espèce.

Le pois herbacé est une culture appropriée pour aborder une stratégie d'intégration pour lutter contre le changement climatique impacts couplant des améliorations basées sur la qualité

agronomique avec la mise en œuvre des techniques agricoles plus durables et des stratégies fondées sur l'ensemble des caractéristiques du pois herbacé résilient.

CHAPITRE II

COMPOSÉS PHÉNOLIQUES

1-Acides phénoliques

Le nom « acide phénol » (ou acide phénolique), en général, décrit les phénols possédant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique. Ils sont représentés par deux sous-classes : les dérivés de l'acide *hydroxycinnamique* et de l'acide *hydroxybenzoïque* (Karadağ et Yücel., 2017)

1.2. Différentes techniques d'extraction des composés phénoliques sont :

1.2.1. Extraction liquide-liquide (ELL)

Des scientifiques utilisant divers solvants ont étudié et ont fait l'objet d'une enquête sur l'extraction des composés phénoliques de différentes parties des plantes comme les feuilles et les graines. Grâce à la simplicité et au faible coût de cette méthode d'extraction, aux solvants de polarités différentes et aux conditions de température et de pH différents, ils ont pu extraire diverses combinaisons de composés phénoliques des plantes. Dans les méthodes d'extraction liquide-liquide (LLE), divers composés phénoliques sont extraits, puis une étape supplémentaire de purification est nécessaire (Gharaati, 2019).

1.2.2. Extraction assistée par ultrasons (EAU)

Les ondes ultrasonores se produisent à des fréquences comprises entre 20 kHz et 10 MHz qui traversent les solides, les liquides et les gaz et que l'homme ne peut pas non plus entendre. Dans cette méthode d'extraction, des bulles de cavitation sont créées près du tissu de l'échantillon, puis elles brisent la paroi cellulaire et donc le contenu cellulaire est libéré. La conception et la forme du réacteur, ainsi que la forme de la sonde, peuvent avoir un effet sur le processus d'extraction (Altemimi *et al.*, 2016).

1.2.3. Extraction assistée par micro-ondes (EAM)

Les micro-ondes sont des rayonnements électromagnétiques dont les fréquences sont comprises entre 30-300 MHz. Ils génèrent de la chaleur par l'induction de mouvements moléculaires, ce qui provoque la rupture de la paroi cellulaire et la libération de la substance active dans la cellule. Les molécules de solvants dipolaires, comme l'eau, dont la constante diélectrique est plus élevée que celle des solvants non polaires, peuvent absorber une grande quantité d'énergie, ce qui augmente la vitesse et l'efficacité de l'extraction des composés phénoliques (Gharaati, 2019).

Il existe deux systèmes d'extraction assistée par micro-ondes (MAE) pour l'extraction des composés phénoliques qui sont à récipient fermé et à récipient ouvert. Dans le système à récipient fermé, l'extraction se fait à haute pression et à haute température, tandis que dans le système à récipient ouvert, l'extraction des composés phénoliques se fait à la pression atmosphérique (Vlaisavljević *et al.*, 2017).

1.3. Rôle des polyphénols dans les plantes

Une des fonctions majeures des flavonoïdes est de contribuer à la couleur des plantes notamment à celle des fleurs. Or, c'est par la couleur de ses fleurs que la plante exerce un effet attracteur sur les insectes et les oiseaux pollinisateurs, assurant par ce biais une étape fondamentale de sa reproduction. On peut également noter que les flavonoïdes, en repoussant certains insectes par leur goût désagréable, peuvent jouer un rôle dans la protection des plantes. Les flavonoïdes montrent d'autres fonctions intéressantes dans le contrôle de la croissance et du développement des plantes en interagissant d'une manière complexe avec les diverses hormones végétales de croissance. Certains d'entre eux jouent également un rôle de *phytoalexines*, c'est-à-dire de métabolites que la plante synthétise en grande quantité pour lutter contre une infection causée par des champignons ou par des bactéries. D'autre part, les composés phénoliques possèdent souvent une activité antimicrobienne (GHEDADBA *et al.*, 2015).

2-. Flavonoïdes

1- Principales classes de flavonoïdes :

2-1- Flavones :

Les flavones sont l'un des sous-groupes importants des flavonoïdes, ils sont largement présents dans les feuilles, les fleurs et les fruits comme glucosides. La *lutéoline*, *l'apigénine* et la *tangeritine* appartiennent à cette sous-classe de flavonoïdes, ils présentent une double liaison entre les positions 2 et 3 et une cétone en position 4 de l'anneau C. La plupart des flavones de légumes et les fruits ont un groupe hydroxyle en position 5 du cycle A, tandis que l'hydroxylation dans d'autres positions, pour la plupart dans position 7 de l'anneau A ou 3' et 4' de l'anneau B, peut varier en fonction de la classification taxonomique de l'espèce de légumes ou de fruits . (Panche *et al.*, 2016)

2-2-Flavanones

Les flavanones, également appelées *dihydroflavones*, ont l'anneau C est saturé par conséquent contrairement aux flavones, la double liaison entre les positions 2 et 3 est saturée et c'est la seule différence structurelle entre les deux sous-groupes de flavonoïdes. (**Panche et al.**, 2016)

2-3-Flavonols

les flavonols possèdent un groupe hydroxyle en position 3 du cycle C, qui peut également être *glycosylé*. Comme les flavones, les flavonols présentent des schémas de méthylation et d'hydroxylation très divers et compte tenu des différents schémas de glycosylation. (**Panche et al.**, 2016) .

3. Tannins

Les tannins sont des composés polyphénoliques qui contractent les tissus en liant les protéines et en les précipitant, d'où leur emploi pour « tanner » les peaux. Ceux-ci donnent un goût amer à l'écorce et aux feuilles et les rendent impropres à la consommation pour les insectes et le bétail, les tanins ont des couleurs qui vont du blanc jaunâtre au brun et foncent à la lumière, ils possèdent une légère odeur caractéristique et sont astringents, ils se dissolvent dans l'eau, l'acétone et l'alcool, on les trouve, pratiquement, dans tous les végétaux, mais ils sont particulièrement abondants chez les Conifères, les Fagacées et les Rosacées. (**Elkolly**, 2016) .

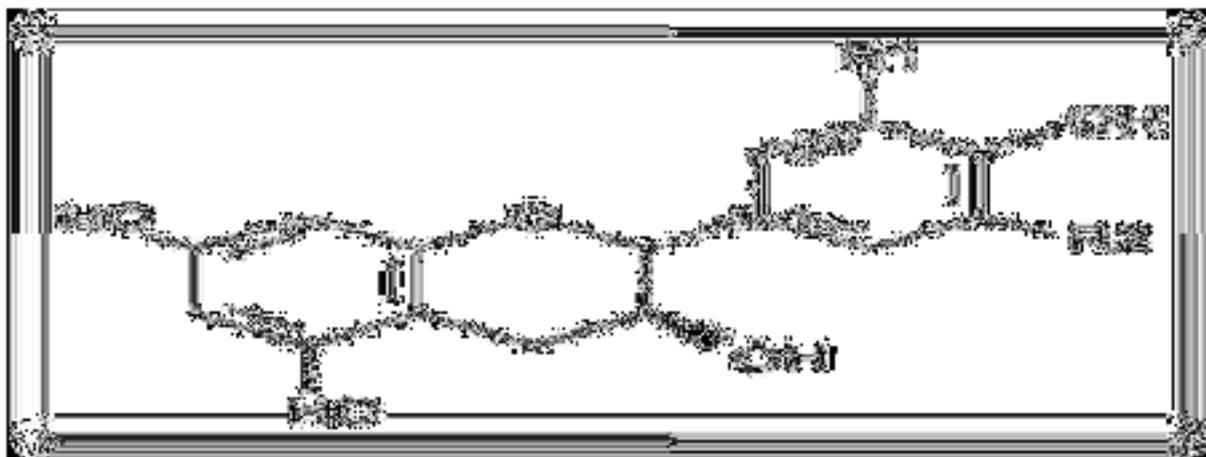


Figure 01: structure de base des tannins (Bensizerara et Boulakhoua,2014).

3.1. Tannins hydrolysables : sont constitués d'un noyau central -le glucose- et de chaînes latérales (en position 1, 2, 3, 4 ou 6 sur le glucose) comprenant 1 à n monomère(s) d'acide phénol. Des 28 liaisons carbone à carbone entre noyaux (liaisons *biphényle* réalisées par couplage oxydatif).(Boussaid., 2013) .

3.2. Tannins condensés (*proanthocyanidines*) : Ce sont des composés phénoliques hétérogènes. Ils se trouvent sous forme d'oligomères ou polymères de flavanes, flavan-3-ols, 5 desoxy-3-flavonols et flavan-3,4-diols. Les polymères donnent une structure hérissée d'OH phénoliques capable de former des liaisons stables avec les protéines (Maanser et Zerari., 2014)

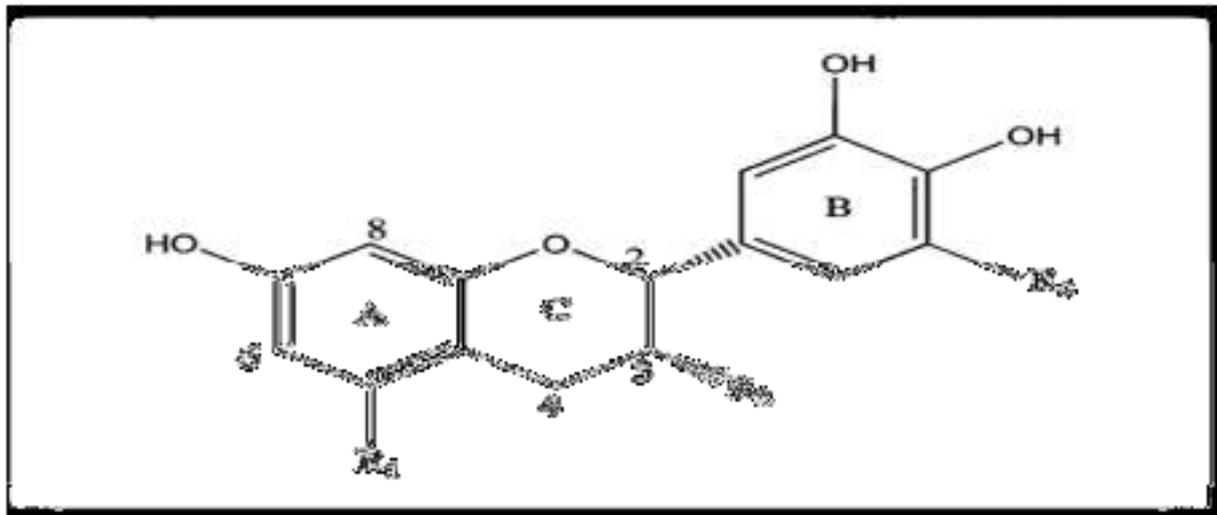


Figure 02: Structure basic d'unité du tannin condensé (Schofielde *et al.*, 2001)

4- Antioxydants

Un antioxydant est une molécule naturelle ou synthétique qui est capable d'inhiber l'oxydation d'autres molécules en intervenant à différents stades du processus d'oxydation. Il peut agir de différentes façons : piéger les composés qui initient la réaction radicalaire, piéger les ions métalliques tel que Fe^{2+} , neutraliser l'anion *superoxyde* pour éviter la formation de peroxydes, terminer la réaction de propagation dans la réaction radicalaire mise en place ou réduire la concentration en O_2 , les antioxydants sont divisés en deux grands groupes: les antioxydants enzymatiques et les antioxydants non enzymatiques. (Kelly, 2017).

4.1 Antioxydants enzymatiques

Cette catégorie présente les enzymes produites par l'organisme humain et ayant une action antioxydante. Nous pouvons citer le glutathion peroxydase, la catalase et le *superoxyde* dismutase. (Kelly .M., 2017) .

4.2 Antioxydants non enzymatiques

Ce sont des antioxydants naturels capables de prévenir les dommages oxydatifs. Ils peuvent se comporter comme des piègeurs des radicaux libres par les interventions directes sur les molécules *prooxydantes* ou indirectement, en chélatant les métaux de transition (**Bensizerara et Boulakhoua.**, 2014).

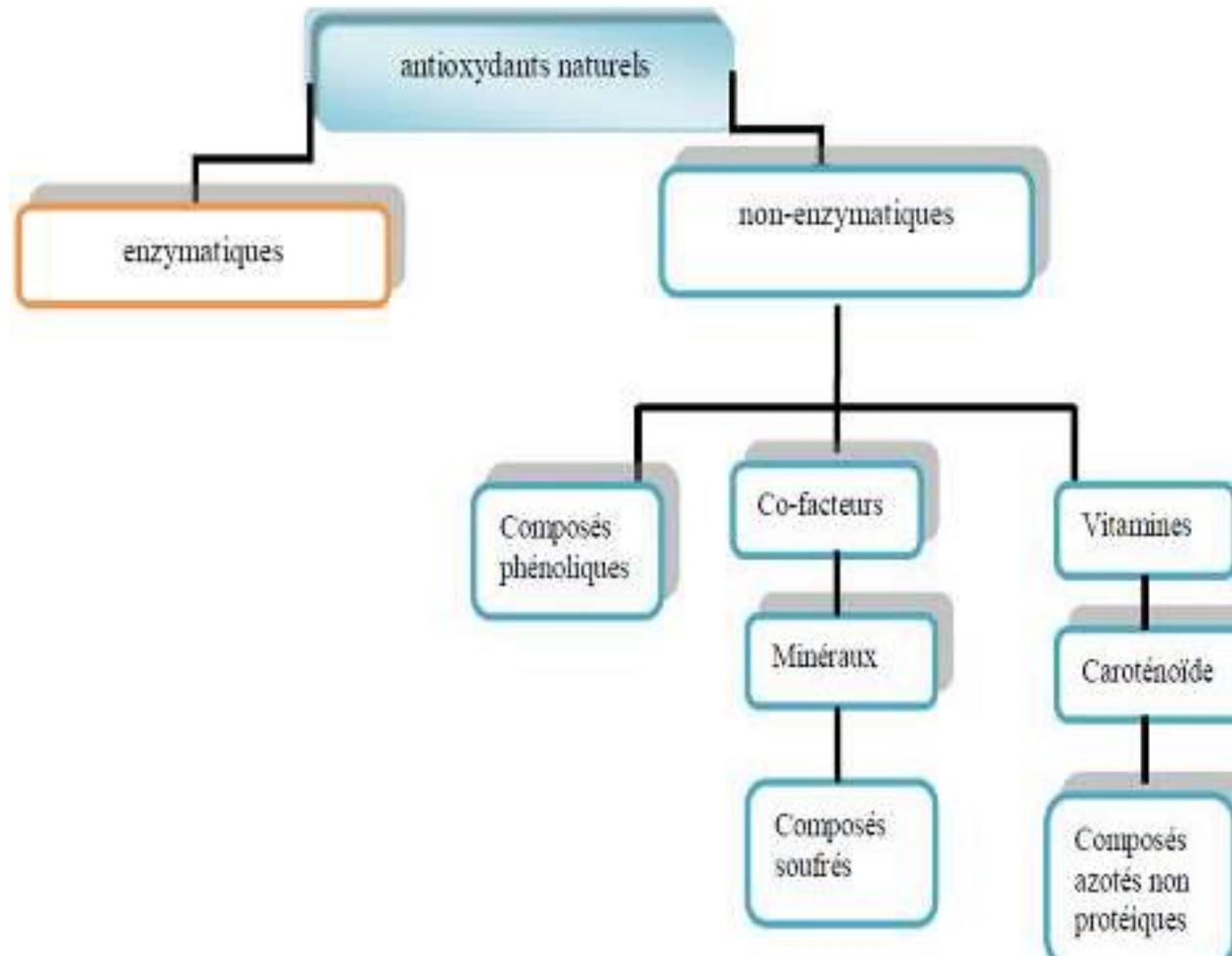


Figure 03 Schéma expliquée les familles d'antioxydants naturels. (Kelly, 2017)

5- Composants nutritionnels

La composition nutritionnelle des graines de pois herbacés dépasse celle des pois chiches, des pois.

La teneur moyenne en protéines de ses graines varie de 25 à 30% de matière sèche, et ses acides aminés piscine est abondants en lysine, mais, comme avec d'autres céréales-légumineuses, il est déficient en méthionine, cystéine et le tryptophane (**Grela et al.**, 2018). En raison de son système racinaire très fort et profond, le différent *pHs* de sol, et est capable de croître et de se développer sur différents types de sol, ce qui le rend unique parmi les légumineuses. De plus,

le pois herbacé est extrêmement tolérant aux facteurs environnementaux défavorables, comme les inondations périodiques, les basses températures, la salinité du sol et surtout, la sécheresse prolongée. Il pousse dans zones où la somme des précipitations n'est que de 250 mm par an. C'est essentiellement la dernière culture à survivre et fruits pendant les périodes de sécheresse (Singh *et al.*, 2018). Son degré élevé de fixation de l'azote atmosphérique, étant propice à la fertilité des sols et aux faibles coûts de production des pois herbacés, en font une composante importante de la durabilité agriculture (Kislev *et al.*, 2014).

6- Valeur nutritive de *Lathyrus sativus*

La gesse commune (*Lathyrus sativus* L.) est une culture d'une immense importance économique, en particulier dans les pays en développement, y compris l'Inde, Bangladesh, Pakistan, Népal et l'Éthiopie. Elle est également cultivée en Chine et en Europe, au Moyen-Orient et en Afrique du Nord (Dixit *et al.*, 2016). *Lathyrus sativus* sert à plusieurs fins, y compris l'alimentation humaine, le fourrage et comme engrais vert dû en partie à ses qualités nutritives (Chowdhury *et al.*, 2010). En effet, les graines contiennent des niveaux élevés de protéines (25,6 g/100 g) et d'acides aminés essentiels (7,92 g/100 g) avec une teneur totale en lipides et en phénols de 1,67 g/100 g et 174,91 mg/ 100 g, respectivement. L'acide ascorbique (13,50 mg/100 g), le glutathion (15,90 mg /100 g) ainsi que l'acide folique (206,70 µg/100 g) sont également présents (Tamburino *et al.*, 2012). De plus, la teneur des graines en cuivre, zinc, manganèse et phosphore, est assez importante (Sidorovaa *et al.*, 2013).

7-Constituants chimiques

Les graines de *Lathyrus sativus* contenaient de l'amidon, du sucre de canne, de la légumineuse, de l'huile fixe, de la résine de gomme, oléorésine, alcaloïdes, glucides, flavonoïdes, terpènes, phénols, tanins, vitamine C, riboflavine, caroténoïdes, bêta-carotène, protéines et acides aminés (Bhattacharjee *et al.*, 2018).

L'analyse de la composition de quatre échantillons de graines de pois herbacés a montré que les graines de plantes contenaient eau 7,5-8,2 %, amidon 48,0-52,3 %, protéines 25,6-28,4 %, fibres détergentes acides 4,3-7,3 %, cendres 2,9-4,6 %, matières grasses 0,58-0,8 %, calcium 0,07-0,12 mg/kg, phosphore 0,37-0,49 mg/kg, lysine 18,4-20,4 mg/kg, thréonine 10,2-11,5 mg/kg, méthionine 2,5-2,8 mg/kg et cystéine 3,8-4,3 mg/kg .

PARTIE EXPERIMENTALE

MÉTHODOLOGIE

1-Objectif

L'objectif de notre travail est de valoriser un produit utilisé dans le passé et délaissé à travers les dernières décennies à savoir la gesse, on se propose dans ce travail d'étudier les valeurs physicochimiques et nutritionnelles de la gesse ainsi que ses différentes activités biologiques.

2-Lieu de l'expérimentation

Les analyses ont été effectuées au niveau des laboratoires physiologie animale appliquée de l'université de l'INES Mostaganem.

3-Matériel biologique

La gesse a été choisie dans ce travail en raison de sa résistance à de nombreuses contraintes abiotiques et biotiques.

Les graines de *Lathyrus sativus* utilisées dans cette étude ont été obtenues après une prospection dans les régions de Sidi Bel Abbès et de Saïda. Il s'agit de deux populations cultivées.

4-présentation des essais

4-1- Position géographique de Sidi Bel Abbès

Sidi Bel Abbès est située à 470 m d'altitude, à 82 km au sud d'Oran, à 87 km au nord-est de Tlemcen, à 60 km au nord-est d'Aïn Témouchent, à 93 km au sud-est de Mascara et à 96 km au sud-ouest de Saïda.

4-2-Position géographique de Saïda

La ville est localisée dans Algérie du Nord-ouest, à 800 mètres d'altitude, à la source des Oueds Oukrif et Saïda, sur les contreforts sud de la chaîne de montagne de l'Atlas située en bordure nord des Hauts Plateaux du Sud oranais. La ville s'étire le long de la bordure juste du roulé en liasse Saïda, protégée par les montagnes boisées sur la rive opposée qui s'élève par escarpements du fond de vallée à une élévation de quelque 1 200 mètres.

5-Durée de culture de la gesse

Le pois herbacé est un sous-dressé très ramifié, traînant ou grimpant herbacé annuel d'hiver; les tiges sont de 0,6- 9,0 m de haut et les feuilles sont composés pennées avec habituellement deux folioles (linéaires lancéolés de 25 à 150 mm de long, 3- 9 mm de large). Les folioles supérieures ont des vrilles modifiées. Les fleurs sont solitaires, axillaires et sont portées sur pédoncules de 30 à 60 mm de long; corolle de 12 à 24 mm de long, violet rougeâtre, rose, bleu ou blanc. Les gousses sont rectangles, 2,5-4,00 cm de long, plat et légèrement courbé et chaque

gousse a 3-5 graines qui sont blanches, gris-brun ou jaunâtres et habituellement tachetées ou tachetées (Campbell *et al.*, 1997).

6-Description de la culture

Cette section donne une description globale de la culture. Il y a une large gamme de variation pour plusieurs des caractères. *Lathyrus sativus* est un herbacé très ramifié, errant ou grimpant annuelle, avec un système de racines pivotantes bien développé, dont les racelles sont couvertes avec de petits nodules cylindriques ramifiés, habituellement regroupés en denses nodules groupes. Les tiges sont minces, longues de 25 à 60 cm, quadrangulaires avec des bords ailés.

Les stipules sont proéminentes, étroitement triangulaires à ovées avec un appendice basal. Les feuilles pennées sont opposées, consistant en une ou deux paires de linéaires lancéolées folioles, 5-7,5 x 1 cm, et une vrille simple ou très ramifiée. Les folioles sont entières, sessiles, cunéiformes à la base et acuminées au sommet .

**a**

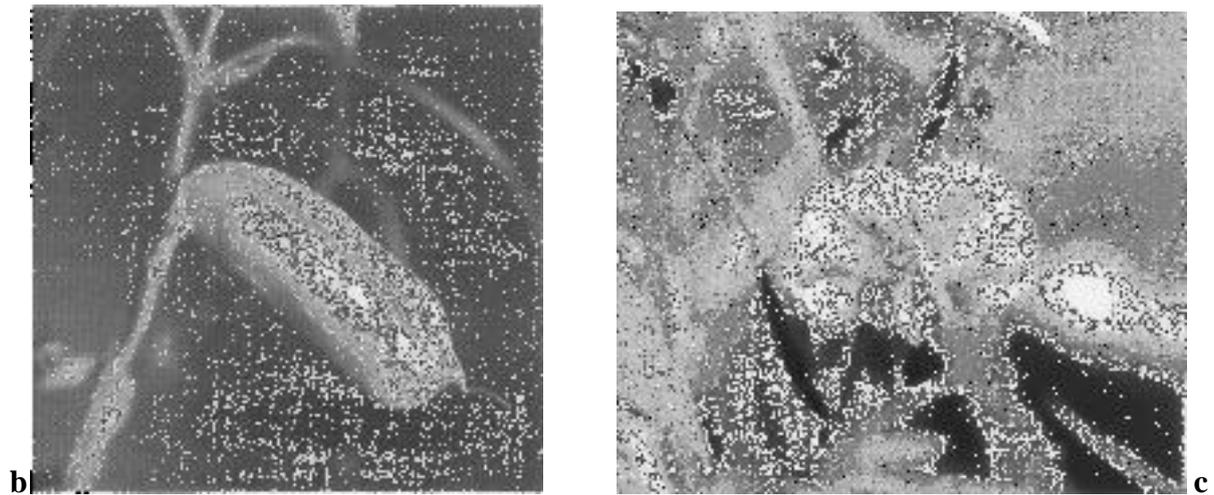


Figure04 *Lathyrus sativus* : (a) ramifications précoces (b) fleurs et (c) gousses ailées caractéristiques.

7- Prélèvement et préparation d'échantillon

Les échantillons ont été récupérés chez des agriculteurs de deux régions "Sidi Belabbes" et la région de Saïda durant la période allant de juin 2021 à octobre 2021.

Les échantillons ont été conservés à l'abri de l'air et de la lumière dans des sacs stériles pour empêcher le développement des microorganismes et des activités enzymatiques.

8-Méthodes d'analyses

1-Détermination de la teneur en matière sèche et en eau : (AFNOR, 1985)

a. Principe

La teneur en matière sèche est déterminée conventionnellement par le poids d'une prise d'essai après dessiccation à 105 °C dans une étuve pendant 24h.

b. Mode opératoire

Une prise d'essai de 5 g d'échantillon 1 (gesse blanche) et 2g de échantillon 2g (gesse noire) est déshydratée à l'étuve (105°C °pendant 24h), la matière sèche est alors pesée par différence avec la masse initiale, la quantité d'eau évaporée est ainsi déduite. La teneur en eau ou en matière sèche des échantillons est exprimée en g/100g de tissu.

c. Calcul et expression des résultats

Le pourcentage de la matière sèche (MS) de l'échantillon est calculé par l'expression suivante :

$$\%MS = \frac{P1 - P0}{P0} \times 100$$

P0 = le poids du creuset.

P1 = le poids du creuset et du résidu

Le pourcentage de la teneur en eau est calculé en appliquant le modèle mathématique suivant :

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

2-Détermination de la teneur en sels minéraux et en matières organiques (AFNOR, 1994)**a. Définition**

Les cendres sont les résidus de composés minéraux qui restent après l'incinération d'un échantillon contenant des substances organiques d'origine animale, végétale ou synthétique.

La teneur en cendres des échantillons est conventionnellement le résidu de la substance après destruction de la matière organique par incinération à 550°C dans un four à moufle pendant 2 heures.

b-Mode opératoire

Mesure de la matière minérale (AFNOR 1994) : On pèse l'échantillon, on le sèche puis on le pèse de nouveau si la teneur en cendres doit être déclarée sur une base sèche. On incinère l'échantillon à haute température 900 °C pendant 2 heures dans un four à moufle, puis on pèse le résidu (cendre de couleur grise, claire ou blanchâtre). Le pourcentage des cendres totales est calculé le plus souvent sur une base sèche pour plus de reproductibilité dans les résultats.

- % M0 : matières organiques.
- M1 : masse des capsules + prise d'essai.
- M2 : masse des capsules + cendres.
- P : masse de la prise d'essai.

La teneur en cendres (cd) est calculée comme suite : $Cd = 100 - MO\%$

Cendres totales (%) = $M(\text{cendres}) \times 100 / M(\text{base sèche}) \times M(\text{éch. Sec.})$.

3. Extraction de la matière grasse par la méthode de Soxhlet (AOAC, 1990)

a-principe

Un ensemble Soxhlet est 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 de la cartouche de cellulose, on y insère le solide dont on veut extraire les lipides. Le produit dont on souhaite extraire les matières grasses est placé dans la cartouche de cellulose, puis dans le réservoir *Soxhlet*. Dans le ballon, on introduit quelques billes à ébullition, afin d'empêcher le solvant de monter dans le corps du *Soxhlet*. Il est nécessaire de peser le ballon avec les billes pour avoir la masse initiale. Ensuite, le ballon est rempli de 100 ml d'*hexane*. À l'aide d'une chauffe ballon, le solvant est porté à ébullition (AOAC, 1990).

Le but de cette méthode est d'atteindre la température d'ébullition du solvant c'est-à-dire celle de l'*hexane* qui est de 80°C afin que les vapeurs montent dans le tube de retour de distillation et se condensent.

L'*hexane* retombe alors dans le réservoir contenant la cartouche de cellulose et solubilise la substance à extraire. Le réservoir se remplit, et dès que le niveau du solvant est à la hauteur du haut du siphon, le réservoir se vidange automatiquement (c'est un cycle).

Le solvant et les lipides sont entraînés dans le ballon. Pour réaliser une extraction correcte, il faut régler le chauffe-ballon de manière à obtenir 20 cycles par heure pendant 5 heures. À la fin de l'extraction, l'*hexane* est évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif. On pèse alors le ballon et la différence avec la masse initiale donne la masse de lipides (Meunier, 2011).

b-Mode opératoire

- Peser 10g de l'échantillon (JORA, 2006).
- Mettez l'échantillon dans la cartouche
- Verser dans le ballon la quantité nécessaire (300 ml) de solvant (*Hexane*).
- Adapter le ballon à l'appareil à extraction sur le bain à chauffage électrique.
- Après une extraction d'une durée de 5h, éteindre l'appareil et laisser refroidir.
- Éliminer le solvant par évaporation dans un *rotavapeur* (Hamsi, 2013).

Afin d'éliminer le solvant et récupérer l'extrait, nous avons procédé à l'évaporation sous vide en utilisant un appareil " *Rotavapor* ". L'évaporateur rotatif est une technique rapide et efficace de séparation : elle permet l'extraction d'un solvant dont la température d'ébullition est abaissée en travaillant sous pression réduite (Herzi, 2013).

c-Expression des résultats

Le taux de la matière grasse est calculé par la formule suivante :

$$\text{MG \%} = \frac{P1 - P2}{\text{ME}} \times 100$$

P2 : poids du ballon vide.

P1 : poids du ballon après évaporation.

ME : masse de la prise d'essai.

MG : taux de la matière grasse. / 100: Pour le pourcentage (**Hamsi**, 2013).

4-Dosage des polyphénols : (Félicien Avlessi *et al.*, 2004)

a-Principe

La quantification des polyphénols est réalisée par spectrophotométrie selon la méthode de *Folin Ciocalteu* : ce réactif de couleur jaune est constitué par un mélange d'acide *phosphotungstique* (H3PW12O40) et d'acide *phosphomolybdique* (H3PMo12O40). Lorsque les polyphénols sont oxydés, ils réduisent le réactif *Folin-Ciocalteu* en un complexe ayant une couleur bleue constitué d'oxyde de tungstène W8O23 et de molybdène Mo8O23. La coloration bleue produite, présente un maximum d'absorption aux environ de 765 nm dont l'intensité est proportionnelle aux taux des composés phénoliques présents dans l'échantillon.

b-Mode opératoire

Le dosage des polyphénols totaux a été déterminé par spectrophotométrie, selon la méthode colorimétrique utilisant le réactif de *Folin-Ciocalteu* (**V.L.Singleton *et al.***, 1999) . Ce dosage est basé sur la quantification de la concentration totale de groupements hydroxyyles présents dans l'extrait. Le protocole utilisé est basé sur celui décrit par (**Singleton et Ross**, 1965) (**V.L.Singleton *et al.***, 1999) en y apportant quelques modifications. Brièvement, dans des tubes à hémolyse en verre, un volume de 1ml de chaque extrait a été ajouté, avec un mélange de 5 ml de réactif *Folin-Ciocalteu* dilué 10 fois, et 4ml d'une solution de carbonate de sodium à 7,5 %. Les tubes sont agités et conservés pendant 30 min. L'absorbance est lue à 765 nm.

Extrait : 5g d'échantillon + 50ml de méthanol

Réactif Folin-Ciocalteu : 5ml + 45ml de l'eau distille

carbonate de sodium :4 g + 20ml de l'eau distille

Le blanc même mélange sans l'extrait (on a remplacé par le méthanol).

Courbe d'étalonnage de l'acide gallique :

On prépare la solution mère de l'acide gallique (2mg/ml), différentes concentrations des échantillons à tester sont préparées dans le Méthanol comme le montre le tableau suivant :

Tableau 2

Acide gallique	Eau distillée	Folin-Ciocalteu	carbonate de sodium
100ml	900ml	5ml	4ml
200ml	800ml	5ml	4ml
300ml	700ml	5ml	4ml
400ml	600ml	5ml	4ml
500ml	500ml	5ml	4ml
600ml	400ml	5ml	4ml
700ml	300ml	5ml	4ml
800ml	200ml	5ml	4ml
900ml	100ml	5ml	4ml
1000ml		5ml	4ml

- 1- Acide gallique : 0.004g+40ml méthanol
- 2- Folin-Ciocalteu : 0.15 ml + 135 l'eau distille
- 3- Carbonate de sodium : 11.25 g + 150ml l'eau distille

5- Dosage des flavonoïdes totaux (Chang *et al.*, 2002)

a-Principe

La quantification des flavonoïdes a été effectuée par spectrométrie UV-Visible avec le trichlorure d'aluminium (AlCl₃). 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 aux environs de 510 nm.

Les résultats obtenus sont exprimés en µg équivalent de quercitrine par milligramme d'extrait en utilisant l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage tracée de la quercitrine.

b-Mode opération (Chang *et al.*, 2002)

La méthode du trichlorure d'aluminium AlCl₃ a été adoptée pour quantifier les flavonoïdes totaux dans l'extrait de la poudre des bulbes de *bunium bulbocatanum*.. Un volume de 0,75ml d'AlCl₃ (2 %) dans le méthanol a été mélangé à un volume égal d'extrait, puis l'ensemble a été

incubé à l'ombre à la température ambiante pendant 10 minutes, et l'absorbance a été lue à 430 nm. La courbe étalon préalablement tracée avec la *quercétine* comme substance de référence.

Le blanc même mélange sans l'extrait (on a remplacé par le méthanol).

6-Dosage des tanins totaux (H.P.S.Makkar *et al.*, 2001)

Nous avons adopté la méthode à la vanilline avec l'*HCl*. Cette méthode dépend de la réaction de la vanilline avec le groupement flavonoïde terminal des *TCs* et la formation de complexes rouges, cela s'explique par la propriété des tanins à se transformer en *anthocyanidols* de couleur rouge par réaction avec la vanilline. La teneur en tanins condensés a été déterminée par la méthode de vanilline décrite par (Julkunen-Titto, 1985).

Un volume de 0.5 ml de chaque extrait a été ajouté à 3ml de la solution vanilline/méthanol à 4 %, puis mélangé vigoureusement. Ensuite, un volume de 1.5 ml de l'acide chlorhydrique concentré (*HCl*) a été additionné. Le mélange obtenu est laissé réagir à température ambiante pendant 20 min. L'absorbance est mesurée à **550 nm** contre un blanc. Différentes Concentrations comprises entre 0 et 1000 µg/ml préparées à partir d'une solution mère de la Catéchine, permettra de tracer la courbe d'étalonnage.

7-Activité antioxydante (Dandlen *et al.*, 2010).

La méthode utilisée pour l'évaluation du piégeage du radical DPPH par les huiles essentielles des différentes plantes étudiées est celle décrite par Dandlen *et al.* (2010).

Après la préparation des dilutions d'huiles essentielles dans de l'éthanol à 96% (v/v), on prend 25µL qu'on met dans un tube *Eppendorf* et on additionne 975 µl de la solution de DPPH (à 60µM). Le mélange réactionnel est immédiatement agité avant d'être placé pendant 60 min à l'obscurité et à la température ambiante du laboratoire. L'absorbance du milieu réactionnel a été mesurée à 517 nm en utilisant un spectrophotomètre *Shimadzu 160-UV (Tokyo, Japan)* contre un contrôle négatif (contenant de l'éthanol au lieu de l'huile essentielle). Chaque test est répété trois fois.

Le pourcentage d'inhibition du radical de DPPH a été calculé suivant la formule :

$$PI = [(A_0 - A_1)/A_0] \times 100$$

Avec :

PI: pourcentage d'inhibition.

A₀ : absorbance du contrôle (sans échantillon)

A₁ : absorbance de l'échantillon après 60 min

8-Dosage des protéines brutes (Méthode de Lowry ; 1951)

- **Principe**

Les protéines réagissent avec le réactif *Folin-Ciocalteu* pour donner des complexes colorés. La couleur ainsi formée est due à la réaction du *phosphomolybdate* par la tyrosine et tryptophane.

L'intensité de la coloration dépend donc 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.

- **Mode opératoire**

1) Gamme étalon

La gamme étalon a été faite avec la solution albumine bovine préparée à 25 mg par 100 ml d'eau distillée. On utilise la même solution que pour doser les échantillons.

2) Réactif de Lowry (A+B)

Solution (A)

NaOH → 1g

Dans 250 ml d'eau distillée

Na₂CO₃ → 5g

Solution A est constitué de 1g de la soude (NaOH) mélangé à 5 g de carbonate de sodium (Na₂CO₃) dans 250 ml d'eau distillée.

Solution (B)

CuSO₄ → 0.125g

Dans 25ml d'eau distillée

Tartrate double Na⁺, K⁺ → 0.25g

Le réactif de Lowry est composé de

Solution C (50ml de solution A + ml de solution B) à mélanger au moment de la manipulation.

Tube N°	Solution albumine bovine	Eau physiologique	Solution de dosage	Réactif de Folin
1	0	1	5ml	0,5ml
2	0,2	0,8	5ml	0,5ml
3	0,4	0,6	5ml	0,5ml
4	0,6	0,4	5ml	0,5ml
5	0,8	0,2	5ml	0,5ml
6	1	0	5ml	0,5ml

Tableau 03

Expression des résultats

Déterminer la concentration de l'échantillon à partir de la droite d'étalonnage et de la densité optique (DO) mesurée par la formule (a) : $Y = a \times X$ (Formule a)

Avec :

Y : Densité optique

X : Concentration de l'échantillon

a : Constante

Calculer la teneur en protéines exprimées en pourcentage par la formule (b) :

$$C = \frac{X \times 25 \times 100}{\text{poids de l'échantillon}} \quad (\text{Formule b})$$

Avec :

C : Concentration en protéines

X : Concentration de l'échantillon en abscisse.

9- Description des microorganismes étudiés

9.1. Staphylococcus aureus

Les espèces *Staphylococcus aureus* sont des *cocci* à Gram positif, de forme sphérique, avec un diamètre de 0.8 à 1 μm . Elles sont regroupées en diplocoques ou en petits amas (grappe de raisin). Elles sont immobiles, *asporulés*, habituellement sans capsule, coagulase et catalase positive. De nombreuses souches de *S. aureus* produisent un pigment jaune doré (**Patrick et al.**, 1988).

-Pouvoir pathogène

S. aureus tient également à la production d'un grand nombre de substances diffusibles ou associées à la paroi (hémolysines α , β , γ et δ) (**Guiraud et al.**, 2004). Elle est la cause de méningite, ostéomyélite et la diarrhée (**Steven et al.**, 2004).

9.2. Escherichia coli

Escherichia coli est un bacille à Gram négatif (**Patrick et al.**, 1988), de forme non sporulée, de type anaérobie facultatif, généralement mobile grâce aux flagelles, sa longueur varie de 2 à 6 μm , alors que sa largeur est de 1,1 à 1,5 μm (**Steven et al.**, 2004). Les bactéries appartenant à l'espèce *E. coli* constituent la majeure partie de la flore microbienne aérobie du tube digestif de l'homme et de nombreux animaux.

-Pouvoir pathogène

Ces souches sont responsables de la diarrhée des voyageurs et de syndromes diarrhéiques cholériformes épidémiques dans les pays du tiers-monde. Ce sont des souches capables d'excréter des toxines (toxines LT et bu ST) (**Guiraud et al.**, 2004). Certaines souches sont virulentes, capables de déclencher spécifiquement chez l'homme ou chez certaines espèces animales des infections spontanées des voies digestives notamment les salmonelles (Federighi, 2005) ou urinaires ou bien encore des méningites néonatales. D'autres souches appartiennent à la flore commensale peuvent être responsables d'infections opportunistes variées, surtout chez les sujets aux défenses immunitaires affaiblies (**Patrick et al.**, 1988).

9.3. Pseudomonas Aeruginosa

Les espèces *P. aeruginosa* sont des bacilles à Gram négatif, de 1.5 à 3 µm de long et 0.5 à 0.8 µm de large, non sporulés, généralement mobiles grâce à une ou plusieurs flagelles polaires. *P. aeruginosa* est une espèce aérobie à métabolisme strictement respiratoire et chimio-organotrophes (**Palleroni**, 2008).

-Pouvoir pathogène

Cette espèce est responsable de 10% de l'ensemble des infections nosocomiales, occupant le 3 rang après *E. coli* et *S. aureus*, mais le premier rang pour les infections pulmonaires basses et le 3e rang pour les infections urinaires (**Richard et Kiredjian**, 1995).

9.4. *Bacillus cereus*

Un grand bacille à Gram positif en forme de bâtonnet de 1 µm de large pour 3 à 4 µm de long, sporulé, mobile et de type respiratoire aéroanaérobie. Le germe *B. cereus*, retrouvé de manière ubiquitaire dans le sol, est fréquemment responsable d'intoxications alimentaires opportunistes.

- Pouvoir pathogène

L'intoxication alimentaire à *B. cereus* revêt deux formes :

La forme émétique, accompagnée de nausées et de vomissements (durée d'incubation : 1 à 5 heures). La forme diarrhéique, accompagnée de douleurs abdominales et d'une diarrhée (durée d'incubation : 6 à 24 heures).

9.5. *Candida albicans*

Candida albicans est une levure non capsulée, non pigmentée et aérobie. Cette levure diploïde, dont le matériel génétique se répartit en huit chromosomes (**Chu et al.**, 1993).

Au niveau morphologique, cette levure peut mesurer de 3 à 15 µm, et est caractérisée par un polymorphisme que l'on peut trouver in vitro et in vivo et qui lui permet de se soustraire aux défenses liées à l'immunité cellulaire (**Buffoet et al.**, 1984).

Pouvoir pathogène elle provoque des infections fongiques (candidose) essentiellement au niveau des muqueuses digestive et gynécologique. Les candidoses sont une cause importante de mortalité chez les patients immunodéprimés comme les patients atteints du Sida, les patients cancéreux sous chimiothérapie ou après transplantation de moelle osseuse (**Sheppard et al.**, 2004).

Mode opération

1-Extraction de la gesse

L'extrait brut est obtenu en réalisant une macération de 100g de poudre de la gesse dans 1L d'un mélange de solvants méthanol. Après 24h, une filtration est réalisée sous vide avec du papier Wattman . Le filtrat obtenu est évaporé à 45 °C pendant 30 minutes sous pression réduite avec un évaporateur. L'extrait obtenu est conservé dans un tube à 4°C à l'obscurité (**Moujahid et al.**, 2004).

2. Réactivation de souches pathogènes

2.1.Souches pathogènes utilisées

Les germes pathogènes, *E. coli*, *S. aureus*, *p. aeruginosa*, *B. cereus*, *B. subtilis* et *C. albicans* ont été réactivés en bouillon BHIB, et incubés à 37 °C pendant 24 h pour s'assurer de leurs puretés ainsi que les réactiver..

2.2. Renouveau et l'enrichissement des souches pathogènes

Le renouvellement et l'enrichissement est effectué par ensemencement des souches pathogènes dans un bouillon BHIB à 37°C pendant 24 heures d'incubation avant chaque test d'antagonisme pour obtenir une culture jeune, puis ajuster la densité optique entre l'intervalle de 0.08 à 0.1 à une longueur d'onde de 600 nm qui correspond à 108 UFC / ml (**Kishor**, 2005).

2.3. Méthode de diffusion en puits AWDT (Barefoot et Klaenhammer, 1983)

Cette méthode de diffusion est très utilisée en microbiologie (*antibiogramme* et *antifongigramme*), elle repose sur la diffusion du composé antimicrobien en milieu semi-solide (gélose molle), l'effet du produit antimicrobien sur la cible, le résultat est apprécié par la mesure d'une zone d'inhibition, qui en sa fonction, la souche du testé sera qualifiée de vue de sa sensibilité: sensible, intermédiaire ou résistante. Dans la technique de diffusion, il y a compétition entre la croissance du microorganisme et l'effet de la diffusion du produit testé (**Broadasky et al.**, 1976).

Cette méthode consiste à couler 15 ml Muller Hinton molle avec 100µl d'une culture jeune de 24h d'incubation de nombre de 108 UFC/ml (la densité optique 0.08-0.1) sur une boîte de pétrie. Après solidification à température ambiante dans une zone stérile, des puits sont creusés à l'aide d'un embout jaune stérile. Généralement a réalisé 1 puits par boîte de 6mm de diamètre. Un volume de 50µl de l'extrait brut est mis dans les puits.

*Les boîtes de pétries sont incubées à 37°C pendant 24h pour permettre la bonne diffusion de la substance antibactérienne (**Cintas et al.**, 2017).

La présence de zone d'inhibition à former autour des puits est examinée après 24h d'incubation (**Hwanhlem et al.**, 2011). La lecture des résultats se fait par la mesure de diamètre des zones d'inhibition apparaissant ; il sera considéré comme positif si le diamètre est supérieur à 2 mm.

Analyses statistiques

Les résultats ont subi une analyse statistique suivie de comparaison de résultats suivant le test de Newman et Keuls par le logiciel SAS 9.0.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Résultats et discussion

1- Analyse des caractères physicochimiques de la gesse

Les teneurs en matière sèche, organique et minérale sont illustrées dans la figure05

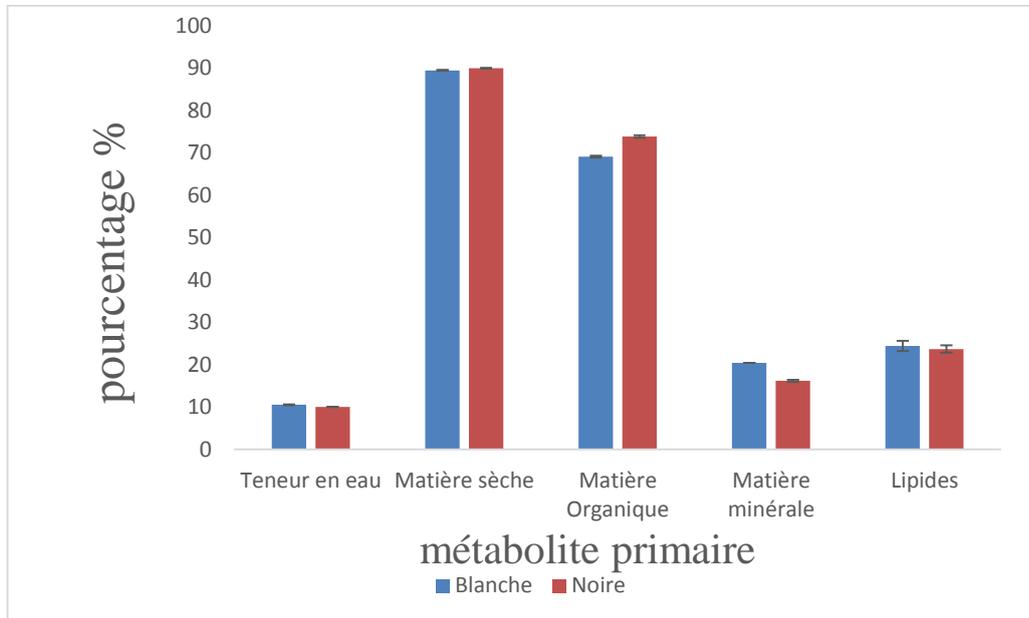


Figure 05: Analyses physicochimiques de la gesse

1-1-Métabolite primaire

D'après les résultats obtenus et illustrés dans la figure ; une différence significative ($p < 0.05$) est remarquée en termes de teneur en eau, matière sèche, matière organique et matière minérale.

Les lipides présentent une différence significative ($P < 0,05$) ou les teneurs sont plus importantes dans la gesse pigmentée en noire par rapport à la gesse blanche avec un rapport de différence de 39.29 %.

Les résultats obtenus par **Sachchidananda D.**2005 de MS, MM,MO sont relativement comme nos résultats (**Sachchidananda D et al.**, 2005)

2- Détermination de la teneur en polyphénols totaux

Les résultats sont illustrés dans la figure 06

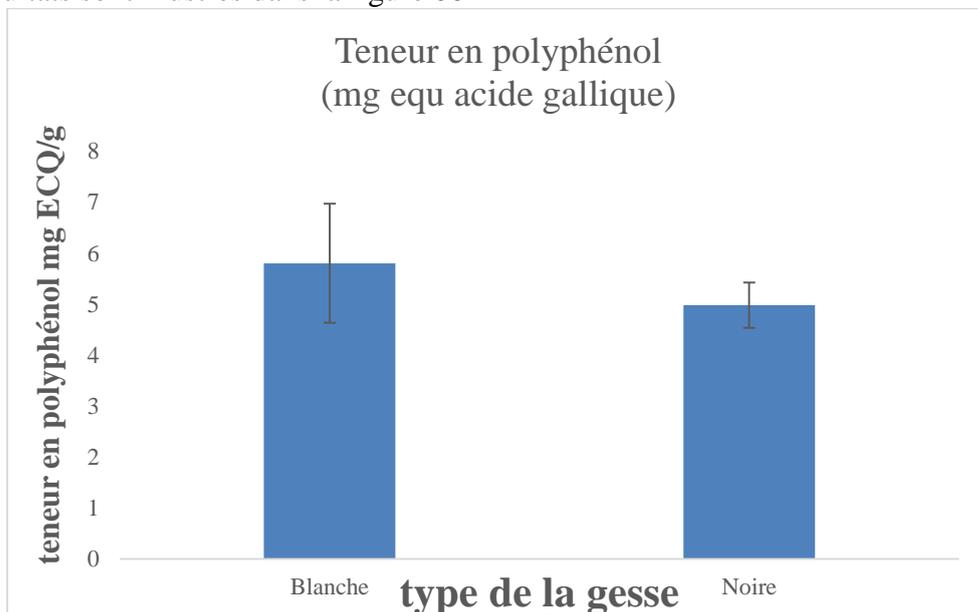


Figure 06 : Rendement en polyphénols totaux

Les polyphénols sont des substances secondaires résultantes d'une ou plusieurs mécanismes de défense ou protection de la plante, par déduction la quantité exprimée ou synthétisée de ces derniers indique l'efficacité de lutte de la plante qui est liée primordialement à l'espèce et au génotype.

D'une autre part, les polyphénols sont dotés d'un pouvoir antioxydant puissant qui leur attribue la qualité d'un agent technologique important dans l'industrie alimentaire, notamment la classe des flavonoïdes.

Les résultats illustrés dans la figure n 6, montrent une légère supériorité non significative en termes de polyphénols totaux de la gesse blanche avec un écart de 0.8 à 24 mg/g.

Les travaux de **Wojciech Rybinski** *et al.*, 2018 engendrent le screening des polyphénols totaux de plusieurs accessions européennes, les valeurs obtenues de leurs travaux balancent entre 1.88 et 7.12 mg/g. Par déduction les valeurs de nos résultats entrent dans la moyenne conventionnelle de la littérature. Néanmoins une légère différence entre les accessions est liée à la variabilité du génotype de l'espèce et le stress biotique et abiotique. A savoir que la longueur d'onde

préconisée est de 725 nm. Qui est inférieure à la nôtre avec un rapport d'extraction solide/solvant de 1/10, cela pourra faire part de cette différence.

3- Détermination de la teneur en flavonoïde

Les résultats du dosage des flavonoïdes sont présentés dans la figure 07

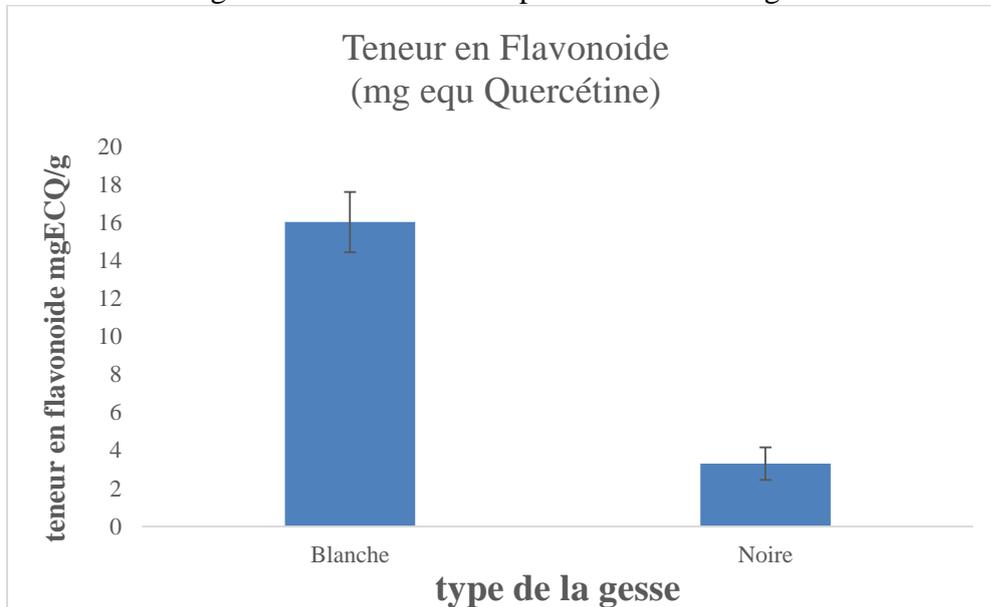


Figure 07 : Teneur en flavonoïdes

Une teneur élevée de manière significative en termes de Flavonoïde est observée chez la gesse blanche (16.017 mg EQ/g) dépassant celle de la gesse colorée avec 3.31 mg EQ/g.

La quantité des flavonoïdes est exprimée en milligramme d'équivalent de la quercitrine par gramme d'extrait sec (mg EQ/g d'extrait sec).

Les valeurs de **Divya Rathi et al.**, 2018 pour la teneur de flavonoïdes est de (26.51mgEQ/g)

.cette différence peut provenir de l'effet de la diversité ou le stress abiotique (changement de facteur climatique) .une différence significative ($p < 0.05$).

4- Détermination de la teneur en tanins condensés

Les teneurs en tanins sont illustrées dans la figure 08

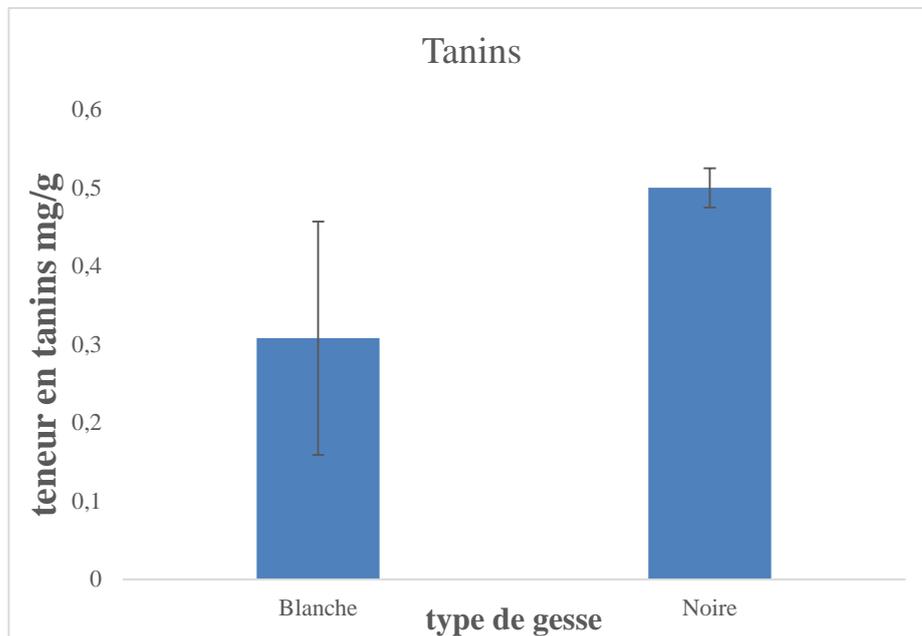


Figure 08 : Composition en tanins condensée

La méthode pour déterminer la teneur en tanins condensés consiste à dépolymériser les tanins en milieu acide et après réaction avec la vanilline, à les transformer en anthocyanidols de couleur rouge facilement analysables à 550 nm.

D'après nos résultats, une différence significative ($p < 0.05$), nous avons noté que la teneur en tanins dans la gesse noire estimée à 0.5mg/g et dans un autre coté nous avons remarqué que la teneur en tanins dans la gesse noire est de 0.308 mg/g. Donc la teneur en tanin dans la gesse noire est significativement plus importante la gesse blanche.

Les résultats obtenus par **Ryszard Amarowicz et al.** 2020 pour le teneur de tanin est de (0.01 à 0.04 mg), cette différence peut s'expliquer par l'effet de la variété et des facteurs climatiques.

5- Détermination de l'activité antioxydante

Le radical DPPH[•] est l'un des composés les plus utilisés généralement pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radicale et la simplicité de l'analyse (**Bozin et al.**, 2008). Les pourcentages d'inhibition du radical DPPH des extraits sont présentés dans la figure 09

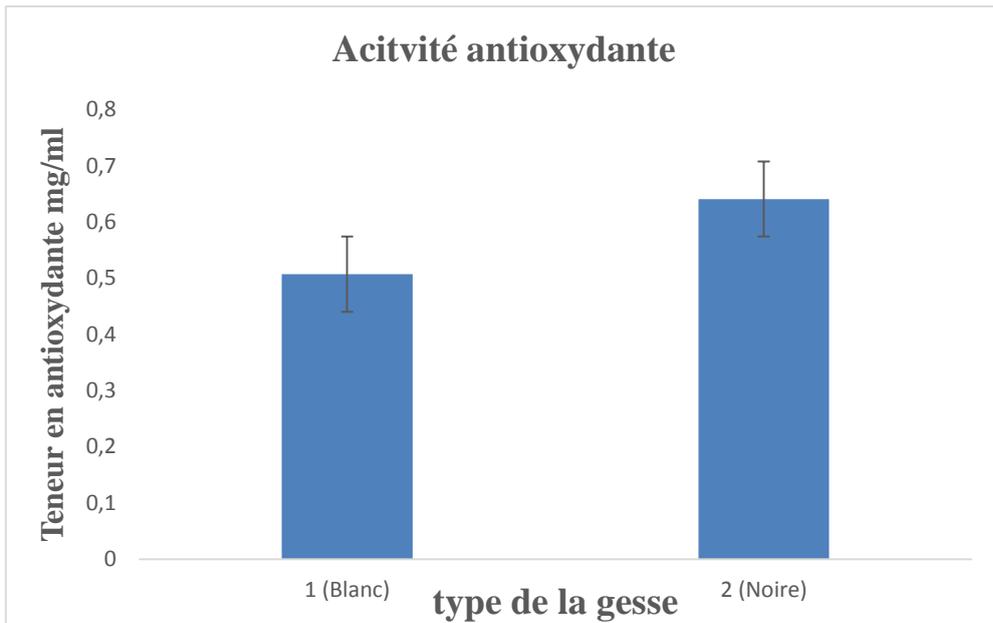


Figure 09 : Activité antioxydante de la gesse

Les valeurs obtenues pour la gesse (blanche et noire) varient de 0,5 mg/ml à 0,7 mg/ml. La gesse noire a le plus haut taux d'antioxydants. Une différence significative ($p < 0,05$)

Les résultats de l'analyse des variations de la teneur en antioxydants du paramètre. Les gesses présentent des différences significatives ($p > 0,05$) dans les types de gesses.

Les Résultats cités par **Hajer Heydali et al.**, 2015 qu'a travaillait sur *L. cilicicus est* (0.4mg/ml) laquelle se rapproche de notre résultat (0.5mg/ml) (0.7mg/ml)

6-Détermination de la teneur de protéine

Les teneurs en protéines sont illustrées dans les figures suivantes :

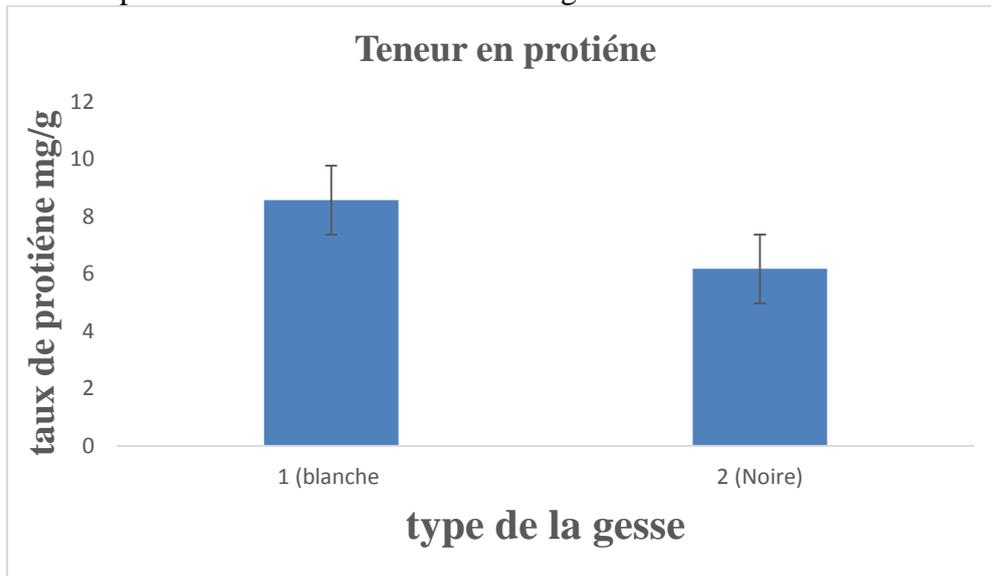


Figure 10 : Taux de protéines de différents types des grains de la gesse

D'après la Figure 09, on remarque que les teneurs en protéines des deux types des grains de la gesse variée entrent (22 et 25mg/g). La teneur en protéines le plus élevée est celui de la gesse blanche, elle est de (23.685mg/100g). Tandis que la gesse noire est une teneur de (24.042 mg/100g).

Les résultats de l'analyse de variance du paramètre protéines des gesses montrent une différence significative ($p < 0.05$) entre les types de la gesse.

La valeur obtenue par **Rachele Tamburino et al.** 2012 pour le contenu protéique est de (25,6+/- 0,20 g/100 g), ce dernier est proche de celui indiqué dans nos résultats.

7-Les zones d'inhibition des souches (Candida , E.coli et Pseudomonas) dans la gesse (Lathyrus sativus)

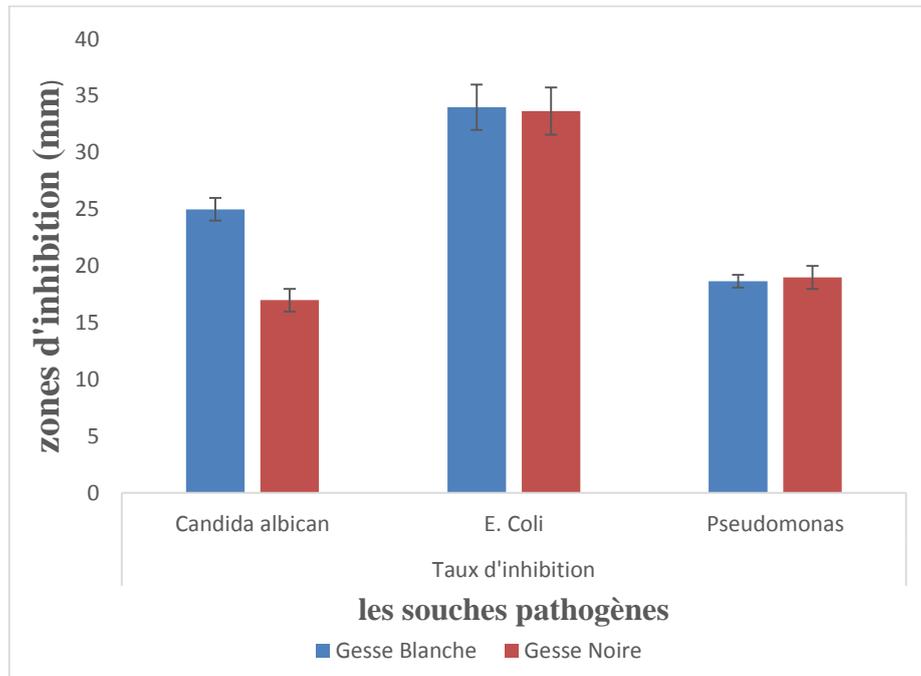


Figure 11 Diamètres de la zone d'inhibition (mm) en présence l'extrait brute (gesse) vis-à-vis des souches pathogènes.

D'après les résultats visibles dans la figure 10, nous remarquons le diamètre d'inhibition de la souche de *Candida albican* dans la gesse blanche (25mm) est supérieur que la gesse noire (17 mm). Tandis que le diamètre d'inhibition de la souche *E. coli* dans la gesse blanche (34mm) est un petit peu que la gesse noire (33.66mm).alors que le diamètre d'inhibition de la souche *Pseudomonas* dans la gesse blanche (18.66mm) est inférieur que la gesse noire (19mm). .

Les résultats obtenus par (**De Buyser et Sutra, 2005**) pour le diamètre d'inhibition des souches (*E. coli*, *Candida albican* et *Pseudomonas*) qui se rapproche de nos résultats .

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion

De nos jours, un grand nombre de plantes aromatiques et médicinales possède des propriétés biologiques très importantes qui trouvent de nombreuses applications dans divers domaines à savoir l'industrie, la médecine, la pharmacie et l'agriculture.

Dans notre travail, nous sommes intéressés à une étude comparative en composés phénoliques et à l'activité antioxydante des infusions de *Lathyrus Sativus*. Les préparations à base de cette plante connue par leur propriété antioxydante et leur rendement en protéine. Pour ce faire, deux catégories de *Lathyrus Sativus*, mises sur le marché local ont été choisies sur la base de leurs larges consommations. La préparation des différents extraits est réalisée par la méthode d'infusion en utilisant deux solvants d'extraction : l'eau minérale et l'éthanol (50%), ce dernier est considéré comme un standard. De cette étude, nous pouvons ressortir les points suivants : l'évaluation quantitative des polyphénols totaux par la méthode de *Folin-Ciocalteu* a révélé la présence de quantités importantes de polyphénols dans les extraits des deux catégories étudiées. Cependant, les extraits de *Lathyrus Sativus* blanc sont les plus riches en polyphénols que le noir. L'analyse des résultats de ce dosage a révélé également que l'extrait du *Lathyrus Sativus* blanc est plus riche en ces composés que les l'autre extrait (*Lathyrus Sativus* noir). Parmi les deux extraits de *Lathyrus Sativus*, il apparaît que la *Lathyrus Sativus* blanc est la plus riche en polyphénols. Ce test photochimique nous a permis de conclure que *Lathyrus Sativus* sont une source importante des polyphénols. En parallèle, la quantification des flavonoïdes a été effectuée par la méthode de trichlorure d'aluminium. Les résultats obtenus par ce dosage nous ont permis de conclure que les teneurs en flavonoïdes sont très proches pour tous les extraits, avec une légère augmentation pour la *Lathyrus Sativus*. L'analyse de nos résultats, fait ressortir qu'il y a une forte corrélation positive entre le contenu phénolique de l'ensemble des extraits testés du *Lathyrus Sativus* blanc et de la *Lathyrus Sativus* noir et leur activité antioxydante. Cela suggère que les composés phénoliques de ces deux catégories étudiées sont des constituants qui contribuent majoritairement à leur activité antioxydante.

Toutefois, il serait souhaitable de compléter ce travail avec :

- Caractérisation de la composition qualitative et quantitative la gesse par techniques d'analyse plus performances telles que HPLC, RMN.
- Optimisation et modélisation des processus de séchage assistés par four micro-ondes et conventionnel.

- Caractérisation des minéraux par la spectrométrie d'absorption atomique et dosage de fibres par des enzymes.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- A Dixit, G. P., Parihar, A. K., Bohra, A., and Singh, N. P. (2016). Achievements and prospects of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) improvement for sustainable food production. *The Crop Journal* 4, 407-416.FNOR, 1994)
- AFNOR, 1985
- Almeida, N.F.; Leitão, S.T.; Krezdorn, N.; Rotter, B.; Winter, P.; Rubiales, D.; VazPatto, M.C. Allelic diversity in the transcriptomes of contrasting rust-infected genotypes of a lasting resource for smart breeding. *BMC Plant Biol.* 2014, 14, 376.
- Anderson, R.; Bayer, P.E.; Edwards, D. Climate change and the need for agricultural adaptation. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2020, 56,197–202.
- AOAC, 199
- Arora, N.K. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environ. Sustain.* 2019, 2, 95–96.
- Aspinwall, M.J.; Loik, M.E.; Resco De Dios, V.; Tjoelker, M.G.; Payton, P.R.; Tissue, D.T. Utilizing intraspecific variation in phenotypic plasticity to bolster agricultural and forest productivity under climate change. *Plant Cell Environ.* 2015,38, 1752–1764.
- Barilli, E.; Cobos, M.J.; Rubiales, D. Clarification on host range of *Didymellapinodes* the causal agent of pea *Ascochyta* blight. *Front. Plant Sci.* 2016, 7, 592.Bensizerara et Boulakhoua. ,2014 Boussaid.,2013
- Burdonid, J.J.; Zhanid, J. Climate change and disease in plant communities. *PLoS Biol.* 2020, 18, e3000949. Sellami, M.H.; Pulvento, C.; Amarowicz, R.; Lavini, A. Field phenotyping and quality traits of grass pea genotypes in South Italy. *J. Sci. Food Agric.* 2020.
- Chatterjee, C.; Debnath, M.; Karmakar, N.; Sadhukhan, R. Stability of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) genotypes in different agroclimatic zone in Eastern part of India with special reference to West Bengal. *Genet. Resour. Crop Evol.* 2019, 66, 1515–1531. by *Ascochyta lentis* var. *lathyri*. *J. Plant. Phatol.* 2016, 98, 541–548.
- Burdonid, J.J.; Zhanid, J. Climate change and disease in plant communities. *PLoS Biol.* 2020, 18,
- Campbell, C.G.; Mehra, R.B.; Agrawal, S.K.; Chen, Y.Z.; Abd El Moneim, A.M.; Khawaja, H.I.T.; Yadov, C.R.; Tay, J.U.; Araya, W.A.. Rizvi, A.H.; Sarker, A.; Dogra, A. Enhancing grasspea (*Lathyrus sativus* L.) production in problematic soils of South Asia for nutritional security. *Indian J. Genet. Plant Breed.* 2016, 76, 583–592.
- Chang et al., 2002 Chattopadhyay, C.; Birah, A.; Jalali, B.L. Climate change: Impact on biotic stresses afflicting crop plants. In *Natural Resource Management: Ecological Perspectives*; Peshin, R., Dhawan, A.K., Eds.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2019; pp. 133–146.

- Chattopadhyay, C.; Birah, A.; Jalali, B.L. Climate change: Impact on biotic stresses afflicting crop plants. In *Natural Resource Management: Ecological Perspectives*; Peshin, R., Dhawan, A.K., Eds.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2019; pp. 133–146.
- Choudhary, A.K.; Kumar, J.; Gupta, S.; Sultana, R. Breeding for adaptive traits in pulses. In *Proceedings of the National Conference on Bringing Self-Sufficiency in Pulses for Eastern India*, Kanpur, India, 5–6 August 2016; pp. 36–43.
- Choudhary, A.K.; Kumar, J.; Gupta, S.; Sultana, R. Breeding for adaptive traits in pulses. In *Proceedings of the National Conference on Bringing Self-Sufficiency in Pulses for Eastern India*, Kanpur, India, 5–6 August 2016; pp. 36–43.
- Dandlen 2010 determination of neurotoxin content in a set of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) accessions of Bangladesh origin. *The Crop Journal* 6, 435-442.
- Dixit, G.P.; Parihar, A.K.; Bohra, A.; Singh, N.P. Achievements and prospects of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) improvement for sustainable food production. *Crop J.* 2016, 4, 407–416.
- Dixit, G.P.; Parihar, A.K.; Bohra, A.; Singh, N.P. Achievements and prospects of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) improvement for sustainable food production. *Crop J.* 2016, 4, 407–416.
- Eggels, S.; Blankenagel, S.; Schön, C.C.; Avramova, V. The carbon isotopic signature of C4 crops and its applicability in breeding for climate resilience. *Theor. Appl. Genet.* 2021, 134, 1663–1675.
- Bertolino, L.T.; Caine, R.S.; Gray, J.E. Impact of stomatal density and morphology on water-use efficiency in a changing world. *Front. Plant Sci.* 2019, 10, 225.
- Elkolli., 2016
- FAO, 2017
- Félicien Avlessi 2004
- Fikre, A.; Korbu, L.; Kuo, Y.H.; Lambein, F. The contents of the neuro-excitatory amino acid β -ODAP (β -N-oxalyl-L- α , β -diaminopropionic acid), and other free and protein amino acids in the seeds of different genotypes of grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *Food Chem.* 2008, 110, 422–427.
- Fikre, A.; Negwo, T.; Kuo, Y.H.; Lambein, F.; Ahmed, S. Climatic, edaphic and altitudinal factors affecting yield and toxicity of *Lathyrus sativus* grown at five locations in Ethiopia. *Food Chem. Toxicol.* 2011, 49, 623–630.
- Ganière, J.P., MANGION, C. et PÉRIDY, M. (2004).
- Getahun, H.; Lambein, F.; Vanhoorne, M.; Van Der Stuyft, P. Food-aid cereals to reduce neurotoxicity related to grass-pea preparations during famine. *Lancet* 2003, 362, 1808–1810.
- Gharaati, 2019.

- Girma, D., and Korbu, L. (2012). Genetic improvement of grass pea (*Lathyrus sativus*) in Ethiopia: an unfulfilled promise. *Plant breeding* 131, 231-236.
- Girma, D.; Korbu, L. Genetic improvement of grass pea (*Lathyrus sativus*) in Ethiopia: An unfulfilled promise. *Plant Breed.* 2012,131, 231–236.
- Grela, E.R.; Rybiński, W.; Klebaniuk, R.; Matras, J. Morphological characteristics of some accessions of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) grown in Europe and nutritional traits of their seeds. *Genet. Resour. Crop Evol.* 2010, 57, 693–701.
- Gupta, P., Udupa, S. M., Gupta, D. S., Kumar, J., and Kumar, S. (2018). Population structure analysis and
- H.P.S.Makkar 2001
- Hamsi, 2013
- - Hanbury, C.; White, C.; Mullan, B.; Siddique, K.H. A review of the potential of *Lathyrus sativus* L. and *L. cicera* L. grain for use as animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2000, 87, 1–27.
- -Herzi, 2013
- -Hillocks, R., and Maruthi, M. (2012). Grass pea (*Lathyrus sativus*): Is there a case for further crop improvement? *Euphytica* 186, 647-654.
- -Hopkin, M. Climate change: World round-up. *Nat. News* 2005, Mousavi- Derazmahalleh, M.; Bayer, P.E.; Hane, J.K.; Valliyodan, B.; Nguyen, H.T.; Nelson, M.N.; Erskine, W.; Varshney, R.K.; Papa, R.; Edwards, D. Adapting legume crops to climate change using genomic approaches. *Plant Cell Environ.* 2019, 42, 6–19.
- -Infantino, A.; Zaccardelli, M.; Costa, C.H.; Ozkilinc, H.; Habibi, A.; Peever, T. A new disease of grass pea (*Lathyrus sativus*) caused Institute for the Semi-Arid Tropics: Patancheru, India; Cornell University: Ithaca, NY, USA, 2000; pp. 185–199. isolées de mammites bovines. *Revue Med. Vet* , vol 8-9, 411-416.
- -Jammulamadaka, N.; Burgula, S.; Medisetty, R.; Ilavazhagan, G.; Rao, S.L.N.; Singh,
- S.S. β -N-oxalyl-L- α , β -diaminopropionic acid regulates mitogen-activated protein kinase signalling by down-regulation of phosphatidylethanolamine-binding protein 1. *J. Neurochem.* 2011, 118, 176–186.
- Jiang, J.; Su, M.; Chen, Y.; Gao, N.; Jiao, C.; Sun, Z.; Li, F.; Wang, C. Correlation of drought resistance in grass pea (*Lathyrus sativus*) with reactive oxygen species scavenging and osmotic adjustment. *Biologia* 2013, 68, 231–240.
- Jiao, C.J.; Jiang, J.L.; Ke, L.M.; Cheng, W.; Li, F.M.; Li, Z.X.; Wang, C.Y. Factors affecting β -ODAP content in *Lathyrus sativus* and their possible physiological mechanisms. *Food Chem. Toxicol.* 2011, 49, 543–549.
- Johansen, C.; Ali, M.; Gowda, C.L.L.; Ramakrishna, A.; Nigam, S.N.; Chauhan, Y.S. Regional opportunities for warm season grain legumes in the Indo-Gangetic Plain. In *Legumes in Rice and Wheat*

- Cropping Systems of the Indo-Gangetic Plain-Constraints and Opportunities; Johansen, C., Duxbury, J.M., Virmani, S.M., Gowda, C.L.L., Pande, S., Joshi, P.K., Eds.; International Crops Research - JORA, 2006
- Karadağ et Yücel., 2017
- Kelly, 2017
- Lambein, F. Homeopathy, longevity and Lathyrus sativus toxicity. Lathyrus Latthyrisms Newsl. 2000, 1, 4–5.
- Lambein, F.; Travella, S.; Kuo, Y.H.; Van Montagu, M.; Heijde, M. Grass pea (Lathyrus sativus L.): Orphan crop, nutraceutical or just plain food? Planta 2019, 250,821–838.
- Lambein, F.; Travella, S.; Kuo, Y.H.; Van Montagu, M.; Heijde, M. Grass pea (Lathyrus sativus L.): Orphan crop, nutraceutical or just plain food? Planta 2019, 250,821–838. Rubiales, D.; Emeran, A.A.; Flores, F. Adaptation of grass pea (Lathyrus sativus) to Mediterranean environments. Agronomy 2020, 10, 1295.
- Lambein, F.; Travella, S.; Kuo, Y.H.; Van Montagu, M.; Heijde, M. Grass pea (Lathyrus sativus L.): Orphan crop, nutraceutical or just plain food? Planta 2019, 250,821–838.
- Langridge, P.; Braun, H.; Hulke, B.; Ober, E.; Prasanna, B.M. Breeding crops for climate resilience. Theor. Appl. Genet. 2021, 134, 1607–1611.
- Leakey, A.D.B.; Ferguson, J.N.; Pignon, C.P.; Wu, A.; Jin, Z.; Hammer, G.L.; Lobell, D.B. Water use efficiency as a constraint and target for improving the resilience and productivity of C3 and C4 crops. Annu. Rev. Plant Biol. 2019, 70, 781–808.
- Lionello, P.; Malanotte-Rizzoli, P.; Boscolo, R.; Alpert, P.; Artale, V.; Li, L.; Luterbacher, J.; May, W.; Trigo, R.; Tsimplis, M.; et al. The Mediterranean climate: An overview of the main characteristics and issues. In Mediterranean; Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., Boscolo, R., Eds.; Developments in Earth and Environmental Sciences; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2006; Volume 4, pp. 1–26.
- Lynch, J.P. Steep, Cheap and Deep: An ideotype to optimize water and N acquisition by maize root systems. Ann. Bot. 2013, 112, 347–357.
- Maanser et Zerari., 2014
- Malek, M.A.; Afzal, A.; Rahman, M.M.; Salahuddin, A.B.M. Lathyrus sativus: A crop for harsh environments. In Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21st Century. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture; Knight, R., Ed.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2000; Volume 34, pp. 369–373.
- Martins, D.C.; Rubiales, D.; Vaz Patto, M.C. Association mapping of Lathyrus sativus L. disease response to Uromyces pisi reveals novel loci underlying partial resistance. Front. Plant Sci. 2022, 13, 842545.

- Martins, D.C.; Santos, C.; Sampaio, A.M.; Rubiales, D.; Vaz Patto, M. Lathyrus sativus resistance against existing and emerging powdery mildews (*Erysiphe pisi* and *Erysiphe trifolii*): A case of commonalities or total discrepancy? *Pest Manag. Sci.* 2022. submitted.
- Mecha, E.; Erny, G.L.; Guerreiro, A.C.L.; Feliciano, R.P.; Barbosa, I.; Bento da Silva, A.; Leitão, S.T.; Veloso, M.M.; Rubiales, D.; Rodriguez-Mateos, A.; et al. Metabolomics profile responses to changing environments in a common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm collection. *Food Chem.* 2022, 370, 131003.
- Méthode de Lowry ; 1951
- Meunier, 2011
- OMS, 2018
- P and Singh, N. P. 2020. Development of SSR markers and association studies of markers with phenology
- Panche.A.N, Diwan.A.D , Chandra.S.R .(2016)
- Pilbeam, D.J. Breeding crops for improved mineral nutrition under climate change conditions. *J. Exp. Bot.* 2015, 66, 3511–3521.
- Piwowarczyk, B.; Tokarz, K.; Kamińska, I. Responses of grass pea seedlings to salinity stress in vitro culture conditions. *Plant Cell. Tissue Organ Cult.* 2016, 124, 227– Tokarz, B.; Wójtowicz, T.; Makowski, W.; Jedrzejczyk, R.J.; Tokarz, K.M. What is the difference between the response of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) to salinity and drought stress?—A physiological study. *Agronomy* 2020, 10, 833.
- Rao, S.L.N. A look at the brighter facets of β -N-oxalyl-L- α,β -diaminopropionic acid, homoarginine and the grass pea. *Food Chem. Toxicol.* 2011, 49, 620–622.
- Rathi, D.; Verma, J.K.; Pareek, A.; Chakraborty, S.; Chakraborty, N. Dissection of grass pea (*Lathyrus Sativus* L.) root exoproteome reveals critical insights and novel proteins. *Plant Sci.* 2022, 31, 161.
- Rubiales, D.; Barilli, E.; Flores, F. Broomrape as a major constraint for grass pea (*Lathyrus sativus*) production in Mediterranean rain-fed environments. *Agronomy* 2020, 10, 1931.
- Rubiales, D.; Emeran, A.A.; Flores, F. Adaptation of grass pea (*Lathyrus sativus*) to Mediterranean environments. *Agronomy* 2020, 10, 1295. Kumar, S.; Bejiga, G.; Ahmed, S.; Nakkoul, H.; Sarker, A. Genetic improvement of grass pea for low neurotoxin (β -ODAP) content. *Food Chem. Toxicol.* 2011, 49, 589–600.
- Rubiales, D.; Emeran, A.A.; Flores, F. Adaptation of grass pea (*Lathyrus sativus*) to Mediterranean environments. *Agronomy* 2020, 10, 1295. Fernández-Aparicio, M.; Flores, F.; Rubiales, D. Escape and true resistance to crenate broomrape (*Orobanche crenata* Forsk.) in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) germplasm. *Field Crops Res.* 2012, 125, 92–97.
- Rubiales, D.; Emeran, A.A.; Flores, F. Adaptation of grass pea (*Lathyrus sativus*) to

Mediterranean environments. *Agronomy* 2020, 10, 1295.

-Sampaio, A.M.; Vitale, S.; Turrà, D.; Di Pietro, A.; Rubiales, D.; van Eeuwijk, F.; Vaz Patto, M.C. A diversity of resistance sources to *Fusarium oxysporum* f. sp. pisi found within grass pea germplasm. *Plant Soil* 2021, 463, 19–38.

-Sampaio, A.M.; Vitale, S.; Turrà, D.; Di Pietro, A.; Rubiales, D.; van Eeuwijk, F.; Vaz Patto, M.C. A diversity of resistance sources to *Fusarium oxysporum* f. sp. pisi found within grass pea germplasm. *Plant Soil* 2021, 463, 19–38.

- Sampaio, A.M.; Alves, M.L.; Pereira, P.; Valiollahi, E.; Santos, C.; Šatović, Z.; Rubiales, D.; Araújo, S.d.S.; van Eeuwijk, F.; Vaz Patto, M.C. Grass pea natural variation reveals oligogenic resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. pisi. *Plant Genome* 2021, 14, 1–19.

-Sarkar, A.; Emmrich, P.M.F.; Sarker, A.; Zong, X.; Martin, C.; Wang, T.L. Grass pea: Remodelling an ancient insurance crop for climate resilience. In *Genomic Designing of Climate-Smart Pulse Crops*; Kole, C., Ed.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2019; pp. 425–469.

-Shunmugam, A.S.K.; Kannan, U.; Jiang, Y.; Daba, K.A.; Gorim, L.Y. Physiology based approaches for breeding of next-generation food legumes. *Plants* 2018, 7, 72.

-Sita, K.; Sehgal, A.; Hanumantharao, B.; Nair, R.M.; Vara Prasad, P.V.; Kumar, S.; Gaur, P.M.; Farooq, M.; Siddique, K.H.M.; Varshney, R.K.; et al. Food legumes and rising temperatures: Effects, adaptive functional mechanisms specific to reproductive growth stage and strategies to improve heat tolerance. *Front. Plant Sci.* 2017, 8, 1658.

- Soren, K. R., Konda, A. K., Gangwar, P., Tiwari, V. A., P. S. Shanmugavadivel, P. S., Parihar, A. K., Dixit, G. Vaz Patto, M.C.; Rubiales, D. Lathyrus diversity: Available resources with relevance to crop improvement—*L. sativus* and *L. cicera* as case studies. *Ann. Bot.* 2014, 113, 895–908. breeding to marker assisted selection. *Euphytica* 2006, 147, 133–147.

- Rubiales, D.; Barilli, E.; Flores, F. Broomrape as a major constraint for grass pea (*Lathyrus sativus*) production in Mediterranean rain-fed environments. *Agronomy* 2020, 10, 1931.

-Vinke, K.; Martin, M.A.; Adams, S.; Baarsch, F.; Bondeau, A.; Coumou, D.; Donner, R.V.; Menon, A.; Perrette, M.; Rehfeld, K.; et al. Climatic risks and impacts in South Asia: Extremes of water scarcity and excess. *Reg. Environ. Chang.* 2017, 17, 1569–1583.

-Vaz Patto, M.C.; Skiba, B.; Pang, E.C.K.; Ochatt, S.J.; Lambein, F.; Rubiales, D. Lathyrus improvement for resistance against biotic and abiotic stresses: From classical .Wheeler, T.; Von Braun, J. Climate change impacts on global food security. *Science* 2013.

