

République Algérienne démocratique et populaire

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



جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

UNIVERSITE
Abdelhamid Ibn Badis
MOSTAGANEM

Département des Sciences Agronomique

Mémoire de fin d'études

Présenté par :

DOUBA Asmaa et BESSOLTANE Amani

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER en AGRONOMIE

Spécialité : Protection des végétaux

Thème

Contribution à l'étude des potentialités antifongiques
de *Salvia officinalis* vis à vis de
Fusarium sp. agent de la fusariose sur *Pisum sativum*

DEVANT LE JURY

Présidente : Mme Adjouj.F. MCA Université de Mostaganem

Encadreur : Mme. SAIAH F. MCB Université de Mostaganem

Examinatrice : Mme BADAoui M.I. MCB Université de Mostaganem

Travail réalisé au laboratoire pédagogique de Protection des végétaux

Année universitaire 2023/2024



Remerciements

Nous devons, en premier lieu, remercier humblement ALLAH le tout puissant de nous avoir donné le courage, la force et la volonté pour bien mener ce travail.

Au terme de ce travail, Nous exprimons notre gratitude et remercions beaucoup « MmeSAIAH F. » qui a dirigé ce travail, ça ne sera pas suffisant pour lui exprimer toute notre reconnaissance pour la confiance, la disponibilité et la générosité qu'il nous a accordé pour faire avancer ce travail.

Nous remercions particulièrement Mme BERGHEUL S. et Mme BADAOUI M.I., pour avoir accepté d'examiner ce travail, malgré leur nombreuses préoccupation.

Nous profitons pour témoigner toute notre gratitude aux enseignants du département d'Agronomie, tout particulièrement les enseignants de la spécialité protection des végétaux

Nous n'oublierons surtout pas de remercier les membres du laboratoire de protection des végétaux, pour tous leurs conseils durant la période de stage. Enfin, nous remercions également tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

Bien sûr, nous ne pouvons terminer sans remercier encore une fois nos proches du fond de notre cœur et notamment nos parents pour leur soutien inconditionnel dans toutes les étapes de notre vie.

Merci à toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste mémoire.





DEDICACES :

Je Dédie ce modeste travail à :

*À mon paradis, à la source de ma joie et bonheur, ma moitié, **Maman.***

A mon support qui était toujours à mes cotes pour me soutenir

*et m'encouragerà mon prince **Papa***

À mon soutien dans ce monde mes frères

Moatez, Mahmoud et Abdelwahab

*Et ma chère sœur **Soheir.***

*A mes très chères copines, avec qui j'ai passé de très beaux moments
de ma vie :*

*« **Amani, Hanane, Manel, Romaisa, Chaima** »*

*A mes chers collègues avec qui j'ai partagé le bon et le mauvais
durant toute l'année :*

*« **Saber, Abdellah, Merouane** »*

*Merci d'avoir partagé avec moi les plus beaux moments
de ma vie, je vous aime tous.*

Asmaa





DEDICACES :

Je Dédie ce modeste travail à :

A ma très chère Maman : merci pour ton amour, ton inquiettes encouragements et ton soutien durant toute ma vie, je t'aime énormément maman.

*A mon cher Papa, c'est grâce à toi que je suis devenu ce que je suis
merci Papa et je t'aime également.*

A mes chers frères : « Zakaria, Ilyes et à mes très chères sœurs, Asmaa, Imen »

A mes chers neveux :

Diyae eddine, Wissem, Rayane eljanah, Zeyd

A mes très chères copines, avec qui j'ai passé de très beaux moments de ma vie :

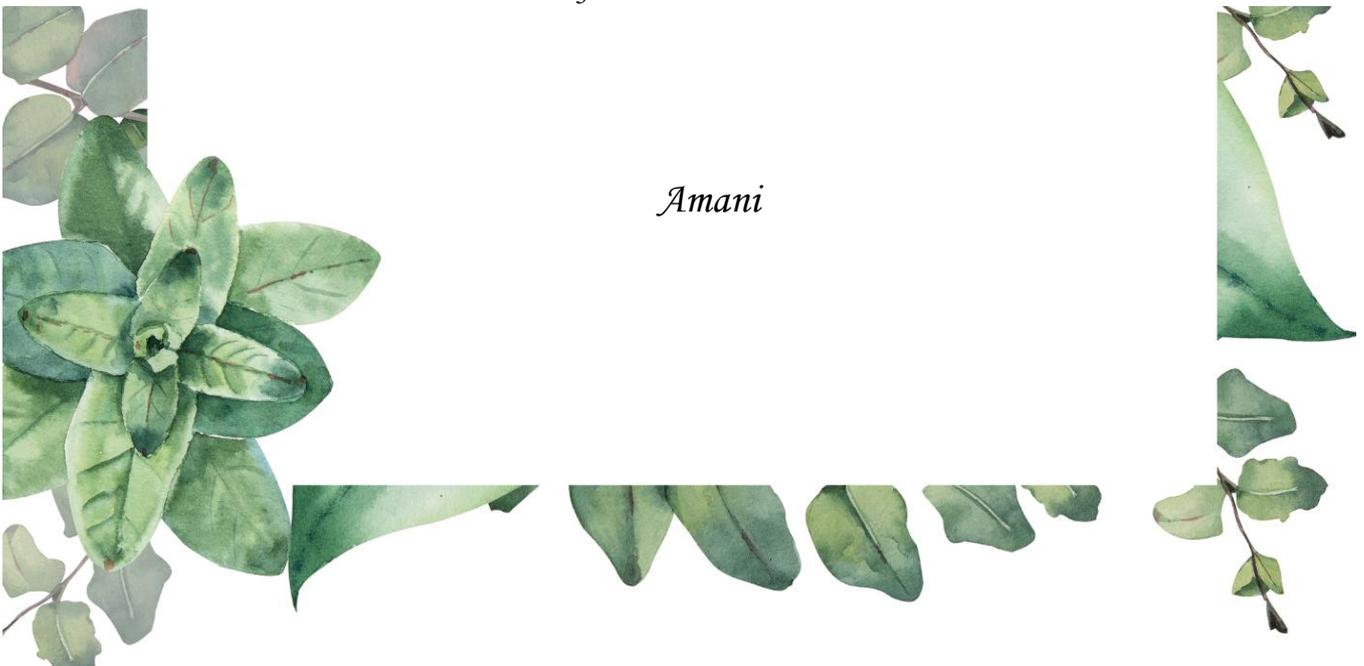
« Asmaa ; Hanane ; Manel ; Romaisa »

*A mes chers collègues avec qui j'ai partagé le bon
et le mauvais durant toute l'année :*

« Saber, Abdellah, Merouane »

*Merci d'avoir partagé avec moi les plus beaux moments de ma vie
je vous aime tous.*

Amani



Résumé

La fusariose sur petit pois causée par *Fusarium* sp., est une maladie causant des pertes totales des plants de pois. Dans le but de rechercher des méthodes de lutte respectueuse de l'environnement, notre travail vise à tester l'effet antifongique de l'huile essentielle de *Salvia officinalis*, une plante aromatique et médicinale de la famille des lamiacées.

Cette plante renferme des composés phénoliques naturels, lui conférant des propriétés antifongiques remarquables. Pour cela on a évalué l'effet antifongique « in vitro » et « in vivo », de l'huile essentielle de cette plante vis-à-vis de deux isolats de *Fusarium* sp., isolés à partir de plants de petit pois présentant des flétrissements et des pourritures au collets.

On remarque que le *Fusarium* sp 1, a été particulièrement sensible à la présence dans le milieu de culture de l'huile essentielle, ou 100% d'inhibitions a été noté. une absence totale de la sporulation nous a empêché d'estimer le taux d'inhibition de la sporulation de *Fusarium* sp1.

L'espèce *Fusarium* sp 2, a démontré en comparaison avec la première une certaine résistance à l'HE, avec un taux inhibition de 30% pour la concentration la plus élevée. On remarque aussi, que l'HE de la sauge exerce un pouvoir inhibiteur moyen de la sporulation, avec un taux de 54,5%.

Lors de l'étude « in vivo », l'huile essentielle de *Salvia officinalis* a montré une efficacité remarquable dans la prévention et la réduction des symptômes causés par *Fusarium* spp. Les plantes témoins ont subi des dommages sévères, tandis que les plantes traitées n'ont pas été gravement affectées.

Mots clés :

Fusarium sp, *Salvia officinalis*, croissance mycélienne, sporulation, huileessentielle.

Abstract:

Fusarium wilt on peas, caused by *Fusarium sp.*, is a disease-causing total loss of pea plants. With the aim of researching environmentally friendly control methods, our work aims to test the antifungal effect of the essential oil of *Salvia officinalis*, an aromatic and medicinal plant from the Lamiaceae family.

This plant contains natural phenolic compounds, giving it remarkable antifungal properties. For this, we evaluated the antifungal effect “in vitro” and “in vivo” of the essential oil of this plant against two isolates of *Fusarium sp.*, isolated from pea plants presenting wilting and collar rot.

We note that *Fusarium sp 1* was particularly sensitive to the presence of essential oil in the culture medium, where 100% inhibition was noted. a total absence of sporulation prevented us from estimating the rate of inhibition of sporulation of *Fusarium sp1*.

The *Fusarium sp 2* species, in comparison with the first, demonstrated a certain resistance to EO, with an inhibition rate of 30% for the highest concentration. We also note that sage EO exerts an average inhibitory power on sporulation, with a rate of 54.5%.

During the "in vivo" study, the essential oil of *Salvia officinalis* showed remarkable effectiveness in the prevention and reduction of symptoms caused by *Fusarium spp*. Control plants suffered severe damage, while treated plants were not seriously affected.

Keywords:

Fusarium sp, *Salvia officinalis*, mycelial growth, sporulation, essential oil.

ملخص

Fusariose الناجم عن *Fusarium sp* هو مرض يسبب خسارة كاملة لنبات البازلاء. بهدف البحث عن طرق،

صديقة للبيئة يهدف عملنا إلى اختبار التأثير المضاد للفطريات للزيت العطري لنبات

Salvia officinalis وهو نبات عطري و طبي من عائلة Lamiaceae

يحتوي هذا النبات على مركبات فينولية طبيعية، مما يمنحه خصائص مضادة للفطريات.

لهذا، قمنا بتقييم التأثير المضاد للفطريات في المختبر وفي الوسط الحي للزيت العطري لهذا النبات ضد عزلتين من

فطر *Fusarium sp*; المعزولتين من نباتات البازلاء التي تظهر ذبول وتعفنا لياقات. نلاحظ ان *Fusarium sp1* كان

Fusarium sp حساسا بشكل خاص لوجود الزيت العطري في وسط الاستنبات حيث لوحظ تثبيط بنسبة مئة بالمئة لقد منعنا الغياب التام للتبوغ من تقدير معدل تثبيط تبوغ 1

مع معدل تثبيط قدره بالمقارنة مع النوع الأول مقاومة معينة للزيت 30% لاعلى تركيز مع معدل تثبيط قدره ثلاثون بالمئة

لاعلى تركيز. نلاحظ أيضا ان الزيت المعطري يمارس قوة مثبطة متوسطة على التبوغ بمعدل 54.5 بالمئة.

خلال دراسة (*In vivo*) اظهر الزيت العطري للنبات *Salvia officinalis* فعالية ملحوظة في الوقاية والحد

من الاعراض التي تسببها *Fusarium spp* وتعرضت النباتات الشاهدة لاضرار جسيمة. في حين لم تتعرض النباتات

المعالجة بشكل خطير.

كلمات مفتاحية

Fusarium sp, *Salvia officinalis* نمو فطري. الأبواغ الزيت الأساسي

Sommaire

Remerciement

Dédicaces

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Table de matiere

Introduction :.....	1
Chapitre I : Généralité sur le petit pois	4
1.1. Origine et historique de petit pois	4
1.2. La description de la plante.....	4
1.2.1. La partie souterraine :	4
1.2.2. La partie aérienne :	5
1.3. Exigences naturelles :	6
1.4. Cycle de développement du petit pois :	6
1.5. Types de pois	7
1.6. Les variétés de petit pois	7
1.6. Composition et intérêt nutritionnel	8
1.7. Importance agronomique de pois.....	9
1.7.1. Importance agronomique mondiale de pois :	9
1.7.2. Importance agronomique de la culture du pois en Algérie :.....	10
1.8. Maladies et principaux insectes ravageurs du petit pois	11
a) Le mildiou.....	11
b) <i>Botrytis</i> sp.	11
c) Anthracoses	12
d) <i>Fusarium</i> sp.	13
1.8.2. Les ravageurs du pois.....	14
a) La sitone.....	14
b) Le thrips:	14
c) La tordeuse du pois	15
Chapitre II : Généralités sur le <i>Fusarium</i> sp.....	17
2.2. Caractéristiques morphologiques du <i>Fusarium</i> sp.....	18
2.3. Classification du genre <i>Fusarium</i>	19
2.4. Symptomatologie	20

2.5. Cycle épidémiologique de <i>Fusarium</i> sp.	20
2.6. Contrôle de la maladie	22
2.6.1. Lutte culturale:	22
2.6.2. Lutte chimique:	22
2.6. 3. Lutte génétique:.....	22
2.6.4. La lutte biologique	22
Chapitre III : généralités sur la sauge	25
3.1. Historique :.....	25
3.2. Description morphologique	27
3.4. Classification de <i>salvia officinalis</i>	29
3.5. Composition chimique :.....	29
3.6. Les propriétés de la sauge	32
3.6.1. Les propriétés thérapeutiques	32
3.6. 2. Les propriétés culinaires :	32
3.6.3. Les propriétés cosmétologiques :	33
3.6.3.1. Propriétés astringentes :.....	33
3.6.3.2. Propriétés antiseptiques :	33
3.7. Toxicité.....	33
Chapitre I : Matériels et méthodes	36
I.1. Objectif du travail	36
I.2. Matériel fongique.....	36
I.2.1. Préparation de milieux de culture PDA (<i>Potatoes dextrose agar</i>) :	36
I.2.2. Isolement de l'agent pathogène	36
I.2.3. Purification de l'agent pathogène <i>Fusarium</i> sp.....	37
I.2.4. Identification de l'agent pathogène.....	37
a)Observation macroscopique.....	37
b)Observation microscopique	37
I.2.5. Culture monospore	37
I.3. Matériel végétale	38
I.3.1. Extraction par hydro-distillation.....	38
I.3.2. Calcul du rendement d'huile essentielle	39
I.4.1. Evaluation de l'activité antifongique de l'huile essentielle sur les champignons isolés à partir du pois.....	41
I.4.1. Evaluation in vitro de l'activité antifongique de l'huile essentiel de <i>salvia officinalis</i> vis-à-vis des deux especes de <i>fusarium</i> sp	41
I.4.1.1. Evaluation de la croissance mycélienne	42
I.4.1.2. Evaluation de la sporulation.....	41
I.4.1.2. Préparation de l'inoculum.....	Erreur ! Signet non défini.

1.4.1.3. Traitement des plants.....	Erreur ! Signet non défini.
Chapitre II. Résultats et Interprétations	Erreur ! Signet non défini.
II.1. Caractères morphologiques des isolats de <i>Fusarium</i> sp.1 et <i>Fusarium</i> sp.2....	Erreur ! Signet non défini.
2.1.1. Etude de l'aspect macroscopique.....	48
2.1.2. Etude de l'aspect microscopique	Erreur ! Signet non défini.
2.1. Le rendement obtenu de L'huile	Erreur ! Signet non défini.
2.2. Evaluation « in vivo » de l'activité antifongique de l'huile essentielle des feuilles de <i>Salvia officinalis</i> vis-à-vis de <i>Fusarium</i> spp., agents de la fusariose du petit pois.....	51
2.2.1. Etude de l'effet « in vitro » de l'huile essentielle des feuilles de <i>Salvia officinalis</i> sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp.1 et <i>Fusarium</i> sp.2.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.1.1. Etude de l'effet « in vitro » de l'huile essentielle des feuilles de <i>Salvia officinalis</i> sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp.1	51
2.2.1.2 Evaluation « in vitro » de l'huile essentielle des feuilles de <i>Salvia officinalis</i> sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp 2.....	54
2.2.2. Etude de l'effet « in vitro » de l'huile essentielle des feuilles de <i>Salvia officinalis</i> sur la sporulation de <i>Fusarium</i> sp 1 et <i>Fusarium</i> sp 2	56
2.3. Evaluation in vivo de l'activité antifongique de l'huile essentiel des feuilles de <i>salvia officinalis</i> vis avis de <i>fusarium spp</i> agent de la fusariose de petit pois.....	57
III. Discussion :.....	44
Concluions :	46
Anexes	

Liste des figures

Figure N° 1 : Le petit pois.....	4
Figure N° 2: Plant de Petit pois.....	5
Figure N° 3 : Cycle de développement du petit pois.....	7
Figure N° 4: Production UE de pois 2015	9
Figure N° 5: Symptomes du mildiou du petit pois.....	11
Figure N° 6: botrytis sp sur petit pois	12
Figure N° 7: Ascochyte sur feuille et sur gousse	13
Figure N° 8: LA POURRITURE DES RACINES DU POIS.....	13
Figure N° 9: la sitone de petit pois.....	14
Figure N° 10: Photo de thrips du petit pois	15
Figure N° 11: la tordeuse du pois.....	15
Figure N° 12: Mycélium, sporodochia et spores de Fusarium sp.....	18
Figure N° 13: Caractéristiques morphologiques de Fusarium sp.....	19
Figure N° 14: Symptomes de la fusariose vasculaire de petit pois.....	20
Figure N° 15: cycle infectieux de Fusarium sp.....	21
Figure N° 16: Salvia officinalis L	25
Figure N° 17: Carte de répartition géographique mondiale de salvia officinalis.....	26
Figure N° 18: Aspect de salvia officinalis	26
Figure N° 19: Tige et feuilles de Salvia officinalis	28
Figure N° 20: fleurs et graines de la sauge	28
Figure N° 21: les racines de la sauge.....	28
Figure N° 22: Représentation schématique d'une fleur de sauge.....	29
Figure N° 23: Les échantillons de pois.....	37
Figure N° 24: Schéma montre des étapes de la culture monospore.....	39
Figure N° 25: feuilles séchées de la sauge	40
Figure N° 26: Dispositif de l'extraction par hydrodistillation	41
Figure N° 27: Boite de petri ayant servi à la méthode de contact direct	42
Figure N° 28: Différents étapes de préparation de la solution sporale de champignons testé.....	44
Figure N° 29: Les graines de Pisum sativum (variété Utrillo).....	45
Figure N° 30: Inoculum de Fusarium sp 1 (a) et Fusarium sp 2(B).....	45

Figure N° 31: l'effet (in vitro) des différentes concentrations de l'huile essentielle de <i>Salvia officinalis</i> sur l'isolat de <i>Fusarium</i> sp 1.....	52
Figure N° 32: L'effet de l'huile essentielle des feuilles de <i>Salvia officinalis</i> sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp 1.....	53
Figure N° 33: Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp 1 sous l'effet des différentes concentrations de l'huile essentielle des feuilles de <i>Salvia officinalis</i>	53
Figure N° 34: l'effet « in vitro » des différentes concentrations de l'extrait de <i>Salvia officinalis</i> sur l'isolat de <i>Fusarium</i> sp 2.....	54
Figure N° 35: l'effet de l'huile essentielle des feuilles de <i>Salvia officinalis</i> sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp 2.....	55
Figure N° 36: Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp 2 sous l'effet des différentes concentrations de l'huile essentielle des feuilles de <i>Salvia officinalis</i>	55
Figure N° 37: Taux d'inhibition de la sporulation de l'isolat de <i>Fusarium</i> sp 2 sous l'effet des différentes concentrations de l'huile essentielle des feuilles de sauge.	56
Figure N° 38: Photo montre la différence entre la plant traite(1) et la plant témoin (2) de <i>Fusarium</i> sp1	57
Figure N° 39: Photo montre la différence entre la plant traité (1) et la plant témoin (2) de <i>Fusarium</i> sp 2.....	58

Liste des tableaux

Tableau N° 1: Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de pois	8
Tableau N° 2: Représentation de la superficie et de la production de petit pois par rapport aux autres légumineuses alimentaires en Algérie En 2016.....	Erreur ! Signet non défini.
Tableau N° 3: Compositions chimiques de l'huile essentielle de <i>Salvia officinalis</i>	30
Tableau N° 4: Description macroscopique de <i>Fusarium</i> sp 1 a partir de lames préparées a partir des milieux pda	48
Tableau N° 5: Description macroscopique de <i>Fusarium</i> Sp 2 a partir de lames preparees a partir des milieux PDA.	49
Tableau N° 6: Description microscopique de <i>Fusarium</i> Sp 1 a partir de lames préparées a partir des milieux PDA.....	51
Tableau N° 7: Description microscopique de <i>Fusarium</i> sp 2 a partir de lames preparees a partir des milieux PDA	51

Liste des abréviations

NaCl : chlorure de sodium.

Na₂SO₄ : sulfate de sodium.

KCl : chlorure de potassium.

CaCl₂ : chlorure de calcium.

Na⁺ : sodium.

T : témoin.

Cm : centimètre.

Na₂CO₃ : le carbonate de sodium.

NaHCO₃ : bicarbonate de sodium.

CaCO₃ : carbonate de sodium.

Na₂SO₄ : le sulfate de sodium.

MgSO₄ : le sulfate de magnésium.

MgCl₂ : le chlorure de magnésium.

ABA : l'acide abscissique.

OH : radicaux hydroxyle.

H₂O₂ : peroxyde hydrogène.

ITGC : l'Institut Technique Des Grandes Cultures.

TG : Taux de germination.

N₁ : Nombre des graines germées au temps T₁.

N₂ : Nombre des graines germées au temps T_n.

T_n : Temps moyen de germination.

TMG : le temps moyen de germination.

NT : Nombre totale des graines germées.

TE : la teneur en eau.

PF: poids frais

PS: poids sec.

NH₃: ammonium.

N₂ : l'azote atmosphérique.

CE : conductivités électrique.

EPS : taux de sodium échangeable.

Introduction

Introduction :

Les légumineuses sont des plantes dicotylédones appartenant à la famille botanique des fabacées¹, elle présente des nodules sur leur racines et sur les tiges dans lesquels se trouvent les bactéries, fixant l'azote atmosphérique (Murielle et Daniel, 2004).

Le pois (*Pisumsativum* L.) couramment appelé « petit pois » est une culture importante de la famille des légumineuses et occupent la troisième place parmi les cultures maraîchères riches en valeur nutritionnelle. Il est caractérisé par sa capacité à l'adaptation à la fois aux régions chaudes de la Méditerranée et aux régions tempérées. La production mondiale en pois a atteint son optimum en 1990 avec une production qui avoisine 16,5 millions de tonnes (FAOSTAT-Dat, 2004). A partir de l'année 2000, la production mondiale s'est stabilisée autour de 10 millions de tonnes.

En Algérie, le pois *Pisumsativum*, est une plante agronomique très appréciée en Algérie, elle s'adapte très bien aux conditions climatiques. Elle offre un apport de protéines végétales pour l'alimentation humaine et animale et constitue un excellent précédent cultural dans les systèmes de production céréalière.

sa culture s'étend sur une superficie de 21200 ha avec une production annuelle de 632900 qx, soit un rendement de 29,9 qx/ha (DSASI, 2001).

La fusariose est parmi les maladies les plus importantes affectant les plantations des petits pois en Algérie. Cette maladie attaque les racines et la base des tiges des plantes, entraînant leur affaiblissement et leur mort. L'agent pathogène *Fusarium* sp., est un parasite tellurique qui se conserve et reste viable dans le sol pendant plus de 10 ans (Messiaen et Cassini, 1968 ; UniProt Consortium, 2009).

La lutte contre ce champignon se base essentiellement sur des traitements chimiques, malheureusement ces derniers représentent une toxicité non négligeable sur l'environnement et surtout sur la santé humaine. D'où la nécessité de rechercher des méthodes alternatives aux pesticides. Les chercheurs s'intéressent ces dernières années aux extraits des plantes aromatiques.

L'Algérie de par sa situation géographique, offre une végétation riche et diverse. Un grand nombre de plante aromatiques y pousse spontanément ; Il constitue une plateforme géographique très importante qui mérite d'être explorée dans le domaine de la recherche des molécules issues des végétaux, qui ont longtemps servi comme moyen incontournable de médication.

Salvia officinalis, appartenant à la famille des Lamiacées est considérée comme l'une des plantes médicinales et aromatiques les plus couramment utilisées dans l'industrie pharmaceutique. En raison de sa teneur élevée en teneur composants bioactif (Quezel,1963 ;Santa, S.(1963).

Le présent travail, a pour l'objectif de mettre en évidence l'activité antifongique «in vitro » ; «in vivo » de l'huile essentielle de la sauge. Il s'agit d'étudier sonaction sur la croissance mycélienne du champignon phytopathogène, *Fusarium sp.*

Il est réparti en deux grandes parties :

La partie bibliographique divisée en trois chapitres/

- Le premier chapitre rapporte une étude détaillée sur le petit pois
- Le deuxième chapitre comprend une étude sur le champignon, ses évolutions et ses symptômes sur les pois.
- Le troisième chapitre nous expose des données sur la Sauge officinale, ainsi que ses différents usages.

La deuxième partie qui est expérimentale, est divisée en deux chapitres

- Le premier chapitre précise le matériel et les méthodes utilisés dans ce travail
- Le deuxième chapitre expose les résultats obtenus et leur discussion

Chapitre I :

Données bibliographiques sur le petit pois

Chapitre I : Généralité sur le petit pois

1.1. Origine et historique de petit pois

Le petit pois (*Pisum sativum* L.), est l'une des légumineuses les plus anciennes. Les origines primaires du pois se situent vraisemblablement dans le sud-ouest d'Asie (Zohary et Hopf, 1988), d'Abyssinie en Afghanistan et des régions avoisinantes. La région méditerranéenne constitue un centre secondaire. À partir de ces centres, le pois se serait dispersé dans le reste de l'Europe et de l'Asie (Kay, 1979).

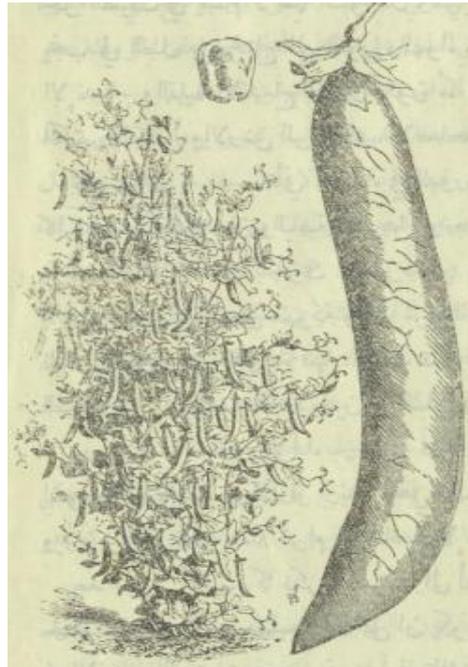


Figure N°01 :Le petit pois (Al-Shehabi, 2018)

I.2. La description de la plante

C'est une plante diploïde annuelle de la famille des légumineuses (Fabacées), Le pois préfère les climats tempérés, avec des températures moyennes comprises entre 10 et 20°C. Il est sensible au gel et ne supporte pas les températures inférieures à -5°C, la graine de Pois ne présente pas de dormance et peut se développer dans d'excellentes proportions dès qu'elle a atteint sa maturité physiologique.

1.2.1. La partie souterraine :

La partie souterraine est formée, d'un système racinaire pivot peu développé avec des racines secondaires, s'enfonçant profondément dans le sol pour y puiser l'eau et les nutriments. Les racines secondaires sont assez nombreuses portant des nodosités abondantes dans les 30 premiers centimètres (Weeden et al.,1998).

1.2.2. La partie aérienne :

- Les tiges du pois sont grimpantes, creuses et cylindriques, atteignant une hauteur de 50 cm à 1,20 m. Elles sont ramifiées et munies de vrilles qui leur permettent de s'accrocher aux tuteurs ou aux plantes voisines.
- Les feuilles du pois sont composée de plusieurs folioles 4 à 5 ;qui sont disposées de manière pennée le long du rachis, ellesont entières plus ou moins dentées, de forme ovale ou elliptique, leur extrémité est arrondie et crénelée, pointue ou tronquée selon les variétés (McGee,2012)
- Lesfleurs du pois cultivé sont de type papilionacé, ce qui signifie qu'elles présentent une symétrie bilatérale et sont composées de cinq pétales. elles sont blanches, simples ou doubles avec une taille de 3 à 4 cm de long, les pédoncules de longueur variable supportent une à trois fleurs (Elzebroek et Wind, 2008).
- Les fruits sont des gousses droites et aplaties d'une longueur moyenne d'une dizaine de centimètres. Elles sont de couleur verte en général. Elles sont ou moins effilée ou tronquée. comprenant 5 à 10 graines Les graines sont globuleuses (Al-Shehabi,2018).



Figure 2 :Plant de Petit pois (ALAMY)

1 : monographie : branche d'une plante portant fleur et des vrilles (A), fleur (B), jeune gousse (C), jeune gousse ouverte montrant les graines (D),

2 : photo : les racines (E)

1.2. Taxonomie

La classification du petit pois selon (Sanford et *al.*, 1997), est la suivante.

Règne :	Plantae
Embranchement :	Phanérogames
Sous-embranchement :	Angiospermes
Classe :	Magnolipsida
Sous-classe :	Rosidae
Ordre :	Fabales
Famille :	Faboideae
Sous-Famille :	Papilionoideae
Genre :	<i>Pisum</i>
Espèce :	<i>Pisum sativum L</i>

1.3. Exigences naturelles :

Le petit pois est cultivé en automne et en hiver. Sa culture nécessite un climat relativement frais avec une température comprise entre 07° et 24°C. Les pois sont légèrement sensibles à la période de lumière et, après quelques jours, ils fleurissent dans un sol de taille moyenne, qui lui convient, à condition que l'eau d'irrigation qu'il contient soit suffisante, entre 800 et 1000 mm par an (Al-Shehabi,2018).

1.4. Cycle de développement du petit pois :

Le cycle développement du petit pois comprend deux périodes :période végétative et périodes reproductrice

La période végétative, s'étende de la germination jusqu'à la ramification.La germination du petit pois est hypogée (Les cotylédons restent dans le sol), sa durée est entre 15 et 25 jours (Camara,B.et al., 2018).

La période reproductrice est marquée par l'apparition est le développement des nœuds pour la première fleur. Les fleurs naissent à l'aisselle des feuilles, une, deux et parfois trois fleurs au plus sur des pédoncules de longueur variable (Krawczak, 1999).

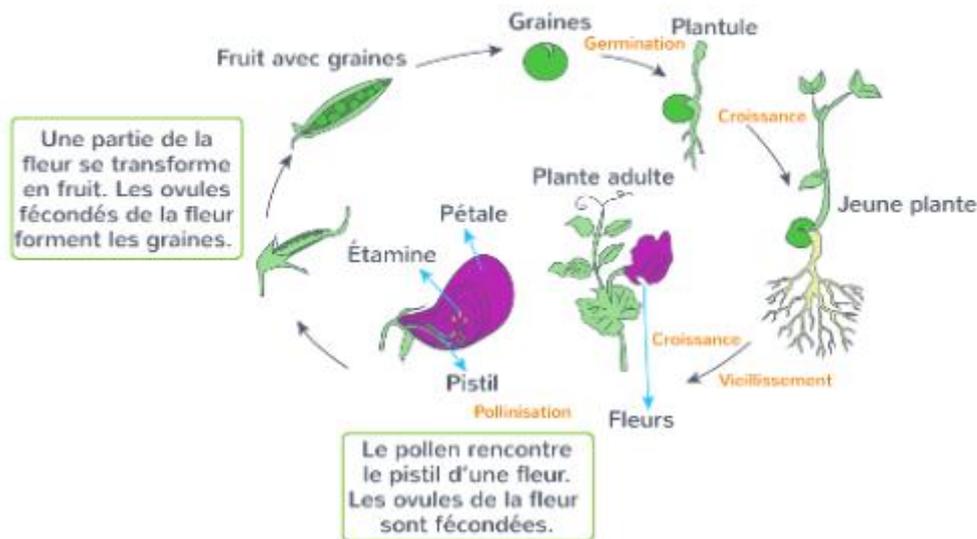


Figure 3 : Cycle de développement du petit pois (Kartable)

1.5. Types de pois

L'espèce *Pisum sativum* fournit plusieurs types d'aliments tant pour l'homme que pour les animaux :

- Les pois secs, Ou les graines sont récoltées à maturité, constituent un légume sec, et sont aussi donnée aux animaux domestiques.
- Les pois frais, soit sous forme de graines immatures, soit de gousses entières également immatures, un légume frais, appelé petit pois.
- La plante entière fournit un fourrage au ruminant, soit en sec, soit en vert, frais ou ensilé, les pailles sont aussi utilisées, c'est-à-dire les fanes restant sur le terrain après la récolte des gousses ou des graines (Khairi et Lamani, 2008).

1.6. Les variétés de petit pois

- Petits pois ronds à grains lisses (pois à cosse lisse) : présente des grains ronds et lisses et une texture farineuse. Ils sont généralement de couleur vert clair et sont souvent utilisés pour la congélation ou la mise en conserve (Martinez-Hernandez et al., 2008)
- **Pois à grains ridés** : Ces pois ont des grains ridés et une texture plus sucrée que les pois à grains lisses. Ils sont généralement de couleur vert foncé et sont souvent consommés frais ou cuits à la vapeur (Muehlbauer et al., 2007).

1.6.Composition et intérêt nutritionnel

Les petits pois sont une excellente source de nutriments. Elles présentent également une digestibilité élevée et une bonne teneur en calcium. Les protéines contenues dans la graine sont constituées par environ $\frac{3}{4}$ de globulines et $\frac{1}{4}$ d'albumines (Duc,1996)

Une portion de 100 grammes de petits pois cuits comble environ 10% des apports journaliers recommandés en protéines. Ces protéines végétales jouent un rôle crucial dans la construction et la réparation des tissus, la production d'hormones et d'enzymes, ainsi que le maintien d'une masse musculaire saine (Uddin et *al.*, 2018). Elles sont riches en fibres et sont source de vitamines et minéraux : potassium, phosphore, calcium et fer ; ainsi qu'en vitamine C et vitaminesB, notamment de folates et vitamine B9. Les petits pois sont plus riches en eau (74 %) et en sucres solubles que les pois secs, Ils sont aussi intéressants pour leurs apports en fibres(Holwach et *al.*, 1982).

Tableau 01 : valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de pois (Tacques, 1985).

Glu/lipides/port	Glucides	56g
	Lipides	1.7g
	Protides	23g
Vitamines	B1	0,7mg
	B2	0,2mg
	B3	3,1mg
	C	3mg
	K	93mg
Sels Minéraux	Calcium	60mg
	Chlore	50mg
	Fer	5,5mg
	Potassium	930mg
	Magnésium	130mg
	Sodium	40mg
	Phosphore	380 mg
	Soufre	219 mg
	Zinc	3,5 mg
Acides aminés Essentiels	Isoleucine	930 mg
	Leucine	1480 mg
	Lysine	1620 mg
	Méthionine	210 mg
	Phénylalanine	1000 mg
	Thréonine	860 mg
	Tryptophane	210 mg
	Valine	1000mg
Divers	Eau	12g
	Fibre	15g
	Cellulose	5g

1.7.Importance agronomique de pois

1.7.1. Importance agronomique mondiale de pois :

La culture du pois occupe une place prépondérante dans l'agriculture mondiale, jouant un rôle crucial dans la sécurité alimentaire, la durabilité des systèmes de production et la préservation de l'environnement (Zahara *et al.*, 2021).

Le pois est une culture économe en eau et en intrants. Comme les légumineuses, les pois sont capables de prélever l'azote de l'air grâce aux nodosités de leurs racines. Autonome en azote, elle est un très bon précédent au colza et au blé dans les rotations de culture.

Les principaux pays producteurs sont le Canada, la Russie et la Chine, suivis par l'Inde et la France.

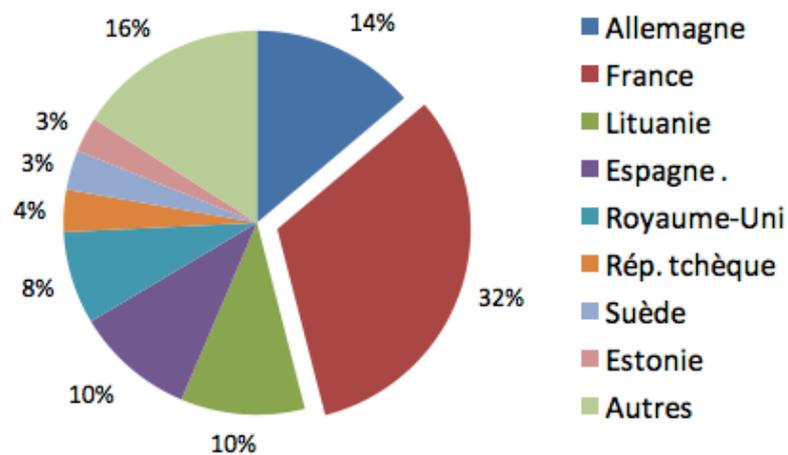


Figure 4: Production UE de pois 2015 (Terres Univia)

1.7.2. Importance agronomique de la culture du pois en Algérie :

La culture du pois en Algérie revêt une importance agronomique majeure, contribuant de manière significative à la diversification des systèmes de production agricole et à la sécurité alimentaire du pays (Benmansour et *al.*, 2020).

Souvent, l'agriculteur est intéressé par la culture du pois visant ses atouts agronomiques. En effet, le pois est capable de fournir ses besoins en azote par une simple fixation symbiotique de l'azote atmosphérique.

Le pois a été cultivé avant 1830 dans les jardins et les champs en Kabylie (Laumont et Chevassus, 1960). La culture a pris un développement important en 1945, elle a connu par la suite un essor remarquable de 1947 à 1952.

En 1980, 10800 ha ont été consacrés à cette culture. C'est en 1993 qu'on a enregistré la superficie la plus importante avec 20800 ha, alors que le rendement le plus important a été enregistré en 2001 sur une superficie de 19970 ha (Faostat.2004). En 2016, cette superficie passe à 28 724 ha avec une production annuelle de 1029707 qx, soit un rendement de 35.8 qx/ha (MADR, 2016).

Les principales wilayas productrices du petit pois sont Mascara, Boumerdes, Biskra, Mostaganem et Tlemcen.

Tableau 02 : Représentation de la superficie et de la production de petit pois par rapport aux autres légumineuses alimentaires en Algérie en 2016 (ITGC,2016).

Cultures	Superficie (Ha)	Production (T) /an	Rendement (T/Ha)
Fève/féverole	39977	44807,4	1,12
Pois chiche	25497	24903,3	0,98
Petit pois	11213	11050,3	0,98
Lentille	6330	4945,4	0,78
Haricot-sec	1788	1420,7	0,79
Gesse	265	265.0	1
Total	85070	87392.2	

1.8. Maladies et principaux insectes ravageurs du petit pois

1.8.1. Les maladies du pois

La culture du pois est constamment menacée par un large éventail des maladies cryptogamiques les plus importantes sont :

a) Le mildiou

Cette maladie est causée par le champignon *Péronospora* sp., il se manifeste en période de temps frais et humide et se distingue par l'apparition de taches jaunâtres sur les feuilles, accompagnées d'un duvet blanc puis violacé à leur face inférieure.

Pour lutter contre le mildiou, il est essentiel de prévenir son développement et sa propagation en :

- Respectant une rotation culturale d'au moins cinq ans entre les cultures de pois
- Optant pour l'utilisation de variétés peu sensibles à cette maladie
- Broyant et enfouissant les fanes de pois aussitôt après la récolte pour faciliter la destruction des spores (Kabir et *al.*, 2012).



Figure 5 : Symptômes du mildiou sur feuille du petit pois (Terresinovia.2023)

b) *Botrytis* sp.

La pourriture grise, causée par le champignon *Botrytis cinerea*, apparaît sous forme de taches sur les feuilles, les tiges et les gousses, Il pénètre dans les plantes à partir de taches de mildiou, de blessures (grêle, piqures d'insectes...)

Dans des conditions humides la maladie se propage très rapidement à toute la plante, puis à toute la parcelle. L'optimum thermique se situe autour de 15-20 C°.

Parmi les méthodes de lutte contre la pourriture grise, il faut

- Eviter les excès de végétation en limitant la fourniture d'azote par le sol (fumure organique).

- Préférer les variétés à portléger et dressé.
- Eviter des peuplements tropdenses (semis de précision).
- Soigner le désherbage.
- Protection fongicidepréventive dès la floraison en alternant les matières actives pour éviter l'apparition de souches résistantes.



Figure 6 : *Botrytis* sp. sur petit pois (Terres Inovia)

c) Anthracnoses

C'est une maladie causée par un complexe de trois champignons du genre *Ascochyta*, à savoir : *Ascochyta pinodes*, *Ascochyta pinodella* et *Ascochyta pisi*. Elle se manifeste dans toutes les régions de culture du pois, en particulier dans les zones tempérées. Les dégâts peuvent être considérables, pouvant atteindre jusqu'à 50% de pertes sur les cultures destinées surtout pour la conservation. Les symptômes varient selon l'agent pathogène impliqué :

- *Ascochyta pinodes* ou *Mycosphaerella pinodes* (teleomorphe) ; cause des nécroses violacées voire brunes à la base des tiges.
- *Ascochyta pisi*, donne des lésions beiges à bordures foncées, avec au centre de nombreuses ponctuation noires (pycnides).
- *Ascochyta pinodella*, cause des petites ponctuations de couleur noir à la base de la tige et au niveau du collet.

Les moyens utilisés pour lutter contre cette maladie sont :

- Utilisation des semences saines.
- Eviter les semis trop précoces et surtout les densités de semis trop élevées.
- Protection fongicide à partir de la floraison (Ali et al., 1978).



Figure 7 : *Ascochyte* sur feuille et sur gousse de pois (Terres Inovia)

d) *Fusarium* sp.

Le *Fusarium* sp. causant la pourriture des racines du pois est souvent considérée comme un obstacle majeur à la production de pois dans le monde, il est favorisé par des conditions chaudes et humides, les sols mal drainés et provoquent des maladies qui entraînent des pertes économiquement importantes comme le flétrissement vasculaire ou la pourriture racinaire du collet chez des plantes cultivées aux champs et en serres (Fravel et al., 2003).

La lutte contre *Fusarium* sp. nécessite une approche intégrée combinant :

- Le choix de variétés résistantes
- Semis en sol sain
- Utilisation des fongicides homologués



Figure 8: La pourriture des racines du pois (Ephytia., 2017)

1.8.2. Les ravageurs du pois

a) La sitone du petit pois

C'est un insecte ravageur qui affecte principalement les cultures du pois. Il s'agit d'un petit coléoptère de couleur brun rougeâtre mesurant environ 3 à 4 millimètres de long. Les adultes et les larves se nourrissent des feuilles, des tiges et des gousses de pois, causant des dommages importants aux cultures (BASF, 2020).

Cet insecte provoque des dégâts de deux natures:

- Les adultes attaquent les jeunes feuilles de pois, provoquant sur les feuilles des encoches circulaires caractéristiques qui peuvent limiter la densité des jeunes semis (BASF, 2020)
- Les larves s'attaquent ensuite aux nodosités et aux jeunes racines. Elles entraînent ainsi une mauvaise alimentation de la culture et des chutes de rendement et de qualité (BASF, 2020)



Figure 9: la sitone de petit pois (Ephytia.2018)

b) Le thrips:

Le thrips du petit pois, aussi connu sous le nom de thrips de l'oignon (*Thrips tabaci*) est un autre ravageur courant des cultures de pois et d'autres plantes légumières. Ce sont de petits insectes de couleur jaune à brunâtre mesurant environ 1 à 2 millimètres de long. Les adultes et les larves se nourrissent des feuilles, des fleurs et des gousses de pois en aspirant le contenu cellulaire des plantes, ce qui peut entraîner un jaunissement, un dessèchement et une déformation des tissus végétaux (Nigel, 2020).

Les dégâts sont dus directement aux piqûres des adultes et des larves sur les jeunes folioles, qui deviennent dur, se déforment et prennent une coloration jaunâtre marbrées. C'est souvent le premier symptôme repéré par les agriculteurs.

En cas de graves attaques, d'autres symptômes sont observés à partir du stade deux feuilles

- Les plantes initient de nombreuses ramifications, restent chétives et souvent naines
- Les feuilles sont gaufrées avec des taches jaunes ou brunes
- Les dégâts sont d'autant plus importants que le pois est peu poussant (Nigel,2020)



Figure 10 : Le thrips du petit pois(Syngenta,2024)

c)La tordeuse du pois

La tordeuse du pois (*Cydia nigricana*) est une espèce de lépidoptère nuisible qui attaque principalement les cultures de pois. C'est la chenille de ce papillon qui cause les dommages en se nourrissant des gousses de pois. Les chenilles de la tordeuse du pois peuvent perforer les gousses et se nourrir des graines à l'intérieur, ce qui entraîne des pertes de rendement importantes (BASF, 2020)

- La consommation des grains par les chenilles (jusqu'à 6 grains par chenille) est responsable de pertes de rendement et de qualité importantes.
- De l'extérieur, les plantes ne montrent pas de symptômes visibles. Les points de pénétration des chenilles peuvent cependant favoriser le développement de certains champignons.
- Le niveau de dégâts dépend de l'importance du vol et du stade des pois au moment de l'arrivée des tordeuses dans les parcelles (la période la plus sensible est la floraison (Nigel, 2020)



Figure 11 : la tordeuse du pois (Jardiner malin .2018)

Chapitre II :

Généralités sur *Fusarium* sp.

Chapitre II :Généralités sur le *Fusarium* sp.

Le genre *Fusarium*, décrit par Link en 1809 (Booth, 1984), est largement reconnu pour son importance en phytopathologie. Il englobe une multitude d'espèces (Messiaen et Cassini, 1968), chacune ayant une spécificité parasitaire envers diverses plantes hôtes (Ozenda, 1990). Ces espèces sont responsables de maladies telles que le flétrissement vasculaire ou la pourriture racinaire et/ou du collet (Lepoivre, 2003), regroupées sous le terme de fusarioses

Ce champignon destructeur cible principalement le système racinaire il peut affaiblir la plante et la rendre plus susceptible de se casser. La base de la tige peut présenter des lésions brunes ou noires.

La fusariose vasculaire, provoquée par le pathogène *Fusarium oxysporum*, est une maladie courante de flétrissement fongique qui constitue un facteur limitant majeur pour de nombreuses cultures agricoles et horticoles telles que le pois, le palmier dattier, le lin, la tomate, le coton, etc. (Mac Hardy et Beckman, 1981).

La fréquence d'apparition de certaines races de ce champignon est élevée et peut entraîner la destruction de 1 à 3% des plantes dans les champs infectés. Les températures chaudes du sol favorisent la propagation de l'inoculum, les dommages peuvent varier considérablement d'une année à l'autre et les pertes les plus graves surviennent généralement sur les cultures de pois tardives (Baugus, 2000).

2.1. Historique

Les premières mentions de maladies causées par *Fusarium* sp. datent du 16ème siècle, lorsque des descriptions de flétrissements et de pourritures sur des céréales et d'autres plantes ont été publiées. Cependant, c'est au 19ème siècle que le genre *Fusarium* a été officiellement établi par le mycologue « allemand Heinrich Anton de Bary ». Il a décrit plusieurs espèces de *Fusarium*, dont certaines sont aujourd'hui encore considérées comme des agents pathogènes majeurs pour l'agriculture (Leslie et al., 2006).

La fusariose du pois quant à elle a été observée en Europe au début des années 1900, avec plusieurs dénominations différentes pour l'agent pathogène (Buxton, 1957). Il y avait également une certaine confusion entre le "flétrissement" causé par *Fusarium oxysporum* f.sp. pisi et la fusariose du pied causée par *F. solanif* sp. pisi. La maladie étant due à une combinaison de ces deux agents pathogènes (Buxton, 1955).

En 1916-17, une maladie de pois décrite comme la fusariose s'est manifestée dans le Minnesota, aux États-Unis, dans les champs plantés avec des semences importées du Royaume-Uni, bien que l'identité de l'agent pathogène n'ait pas été identifiée (Haglund, 1984).

2.2. Caractéristiques morphologiques du *Fusarium* sp.

La classification originelle des *Fusarium* est comme pour tous les champignons, basée essentiellement sur les critères morphologiques (pigmentation, aspect du mycélium, présence ou absence des spores, taille, forme, nombre de cloisons,) (Bouhot, 1981).

Le *Fusarium* sp. n'est actuellement connu que sous sa forme asexuée (anamorphe) (Fourie et al., 2011). Cette forme imparfaite (anamorphe) est caractérisée par un mycélium septé et ramifié (Belabid, 2003).

Le *Fusarium* produit trois types de spores :

- des microconidies unicellulaires non-cloisonnées arrondies ou ellipsoïdales formées dans des monophialides courts ;
- des macroconidies à 3 cloisons formées à partir des monophialides sur des conidiophores embranchés dans des sporodochia.
- Et des chlamydoconidies à paroi lisse ou rugueuse formées séparément ou en paires (Figure 12) (Nasraoui, 2000 ; Fourie et al., 2011).

Son identification est reposée sur des caractéristiques culturales (texture de colonie, couleur et aspect de la culture) et se base principalement sur la structure, la présence ou l'absence et l'abondance de macroconidies, microconidies et chlamydoconidies ainsi que la disposition de ces derniers. (Nasraoui, 2000).



Figure 12: Mycélium, sporodochia et spores de *Fusarium* sp. (Champion, 1997).

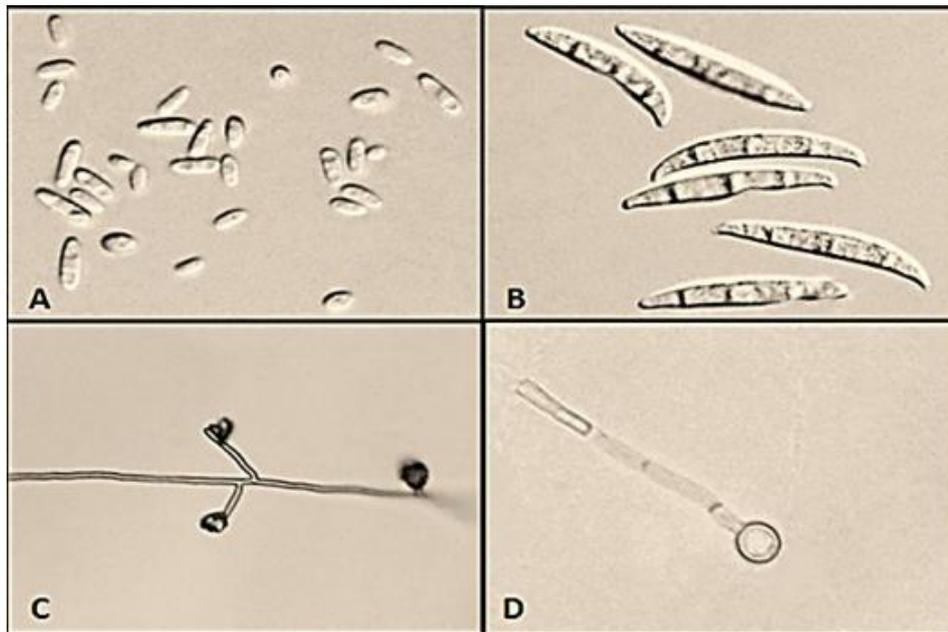


Figure 13 : Caractéristiques morphologiques de *Fusarium* sp. (Fourie et *al.*,2011).

- (A) Microconidies;
- (B) macroconidies;
- (C) microconidies germées sur des monophialides
- (D) chlamydospore.

2.3.Classification du genre *Fusarium*

Selon Debourgne (2013), la nouvelle classification taxonomique basée sur la phylogénie moléculaire classe le *Fusarium* sp. comme suit :

Règne :	Fungi
Division:	Ascomycota
Classe:	Sordariomycetes
Sous classe:	Hypocreomycetidae
Ordre:	Hypocreales
Famille:	Nectriaceae
Genre:	<i>Fusarium</i>

2.4. Symptomatologie

Les fusarioses vasculaires sont des maladies très graves et courantes, qui peuvent affecter toutes les parties de la plante à n'importe quel stade de sa croissance. Les symptômes de cette maladie sont nombreux et se manifestent de différentes manières, avec une intensité variable. Selon (Roger1953), les symptômes de la fusariose vasculaire apparaissent généralement entre 20 et 25 jours après la levée de la plante. Les souches de *Fusarium* entraînent le curling des feuilles et des stipules vers le bas, l'épaississement de la base de l'entre-nœud, le jaunissement et la nécrose des feuilles, ainsi que la fragilité accrue des tiges (Fig.). Les racines semblent indemnes, mais une coupe longitudinale de la tige révèle une coloration anormale (brunissement) qui se propage dans les tissus vasculaires de la racine jusqu'à la tige (Bencheima, 1991). La fusariose se développe rapidement entraînant la mort des plantes (Bani, 2015).



Figure 14: Symptômes de la fusariose vasculaire de petit pois (Hagedorn, 1991; Bani, 2015). (A) jaunissement unilatéral des feuilles (B) Coloration des tissus vasculaire.

2.5. Cycle épidémiologique de *Fusarium* sp.

Le *Fusarium* sp. est un parasite du sol qui possède également la capacité de vivre en tant que saprophyte. Grâce à ses organes de résistance, les chlamydospores, il peut survivre pendant de nombreuses années dans des conditions défavorables, même en l'absence de plante hôte. Il est capable de coloniser même les zones les plus profondes du sol cultivé (Haware et al., 1982).

Le cycle de *Fusarium* sp. peut être composé d'une seule période de reproduction asexuée qui se renouvelle et se perpétue sous forme de conidies (Walker, 1971). Le *Fusarium* sp. produit trois types de spores asexuées : les microconidies, les macroconidies et les chlamydo-spores (Nelson et al., 1983; Agrios, 2005). Le processus d'infection, débute par la germination des spores et leur croissance dirigée vers les racines de la plante hôte en réponse à des signaux spécifiques émis par la plante (Nelson, 1991 ; Turrà et al., 2015). Par la suite, les hyphes infectieux en expansion se fixent aux racines de l'hôte et y pénètrent à travers des lésions ou en perforant l'épiderme (Nelson, 1981 ; Bishop et Cooper, 1983; Benhamou et Garand, 2001; Zvirin et al., 2010). Le mycélium progresse ensuite de manière intercellulaire dans le cortex racinaire jusqu'à atteindre les vaisseaux du xylème et les coloniser par les plasmodesmes (Bishop et Cooper, 1983b; Beckman, 1987). L'entrée dans les vaisseaux du xylème se fait par les plasmodesmes, et le champignon subit une transformation vers une phase vasculaire distincte où il reste confiné dans les vaisseaux du xylème. À ce stade, le champignon se multiplie dans le xylème, se propage en produisant des microconidies qui migrent vers le haut avec la sève (Chakrabarti, 2013). Lors des stades avancés de l'infection, lorsque la plante est morte, le champignon passe d'un mode biotrophe à un mode nécrotrophe, en envahissant le parenchyme de l'hôte et en produisant abondamment des conidies et des chlamydo-spores (Chakrabarti, 2013). Une température du sol comprise entre 21 et 25°C est généralement plus propice à la propagation de la maladie (Hagedorn, 1984 ; Kraft et Pflieger, 2001).

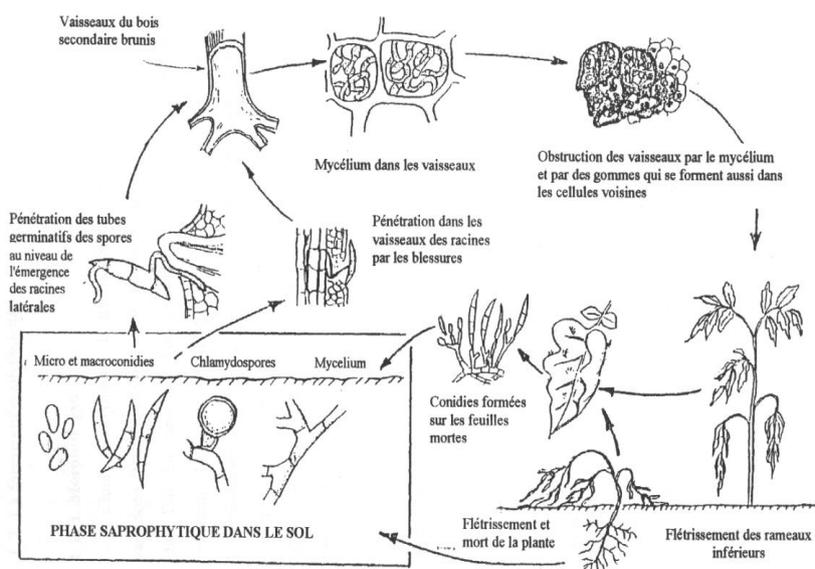


Figure 15: Cycle infectieux de *Fusarium* sp. (Agriose, 2005).

2.6 Contrôle de la maladie

Le contrôle des agents phytopathogènes est principalement basé sur trois stratégies: les pratiques culturales, l'application des produits agrochimiques et l'utilisation de variétés résistantes (Guimaraes et *al.*, 2007).

2.6.1. Lutte culturale:

La rotation des cultures présente un petit effet et ne fait aucune différence dans le cas de la fusariose vasculaire du pois. La persistance prolongée des chlamydospores de *Fusarium* sp. dans le sol et la multiplication de l'inoculum sur les racines des hôtes porteurs réduisent considérablement l'impact de cette stratégie (Keiko et Nagisa, 2005).

2.6.2. Lutte chimique:

L'une des bonnes méthodes du contrôle préventif est la fumigation du sol avec un fongicide à large spectre, bien que la recolonisation du sol par le champignon se déroule très rapidement (Keiko et Nagisa, 2005). La fumigation des sols est coûteuse pour l'application aux champs et en raison de l'impact négatif des produits chimiques sur les organismes non-cibles et le potentiel de risque pour l'environnement et la santé, la gamme et le taux de fongicides utilisés a été progressivement limitée et certains d'entre eux ont été éliminés, tels que le bromure de méthyle (Duniway, 2002).

2.6.3. Lutte génétique:

La lutte génétique est l'un des moyens les plus sûres, les plus économiques et les plus écologiques pour combattre les maladies. Elle est la plus facilement adoptable par les agriculteurs. Elle repose sur la création des variétés génétiquement résistantes aux parasites.

L'utilisation des variétés résistantes du pois a été envisagée comme la seule solution pratique et économique pour contrôler la maladie en plein champ. Lorsque le potentiel de la maladie est élevé, les cultivars meurent ou mûrissent plus tôt que les plantes non infectées, ce qui entraîne une perte de rendement et de qualité lors de la congélation ou de la mise en conserve des graines de pois (Hagedorn, 1984 ; Kraft et Pflieger, 2001).

2.6.4. La lutte biologique

C'est une méthode prometteuse pour contrôler les maladies du sol. Différents types de microorganismes ont été utilisés pour réduire la gravité de la fusariose du petit pois. Actuellement, les souches non pathogènes de *Fusarium* sont parmi les microorganismes les

plus utilisés et les plus proches d'une application pratique. Leur efficacité a été prouvée à plusieurs reprises (Rouxel et *al.*, 1979 ; Alabouvette, 1986).

Au cours des dernières années, le contrôle biologique de la fusariose a montré des résultats encourageants en utilisant des champignons antagonistes tels que *Trichoderma*, des bactéries comme *Pseudomonas fluorescens* et *Burkholderia cepacia* (Benchabane et *al.*, 2000 ; Pal et Gardener, 2006; Toua et *al.*, 2013).

Malgré leur potentiel, aucun de ces microorganismes n'a encore été utilisé en pratique pour contrôler la fusariose (Bani, 2015).

Chapitre III

Salvia officinalis

Chapitre III : généralités sur la sauge

La sauge est un aromate réputé et une des principales plantes médicinales. Le nom scientifique de la sauge indique clairement l'importance de cette plante en phytothérapie; la sauge vient de salvare qui en latin, signifie « guérir » selon un dicton « qui a la sauge dans son jardin n'a pas besoin de médecin » (Beloued, 2009).

La sauge officinale, ou *Salvia officinalis*, est une plante herbacée vivace originaire de la région méditerranéenne. Elle appartient à la famille des Lamiacées (Abderraba, 2006) et est largement cultivée pour ses utilisations culinaires et médicinales.

Elle a une longue histoire d'utilisation dans la médecine traditionnelle, où elle a été utilisée pour ses propriétés médicinales et ses bienfaits pour la santé.

Cette plante et surtout ses huiles essentielles sont utilisées par les industries de la parfumerie et de la cosmétologie, par l'industrie alimentaire et enfin par l'industrie pharmaceutique (Fellah et al., 2006).



Figure 16: *Salvia officinalis* L. (Pixta)

3.1. Historique :

La sauge officinale est originaire de la région méditerranéenne, où elle pousse à l'état sauvage depuis des millénaires. Elle a été largement utilisée par les anciennes civilisations méditerranéennes, notamment les Grecs, les Romains et les Égyptiens, tant pour ses qualités culinaires que médicinales. Elle fait partie des plantes dont la culture était recommandée par Charlemagne dans l'ordonnancement rural « Capitulaire de villis » (Brieskorn, et al., 1991; Laux et al., 1993; Ruegg et al., 1997).

Elle était une des plantes salvatrices du moyen âge. Elle est reconnue par les Chinois. Ces derniers n'hésitaient pas à échanger leurs feuilles de thé les plus précieuses contre des

feuilles de sauge. D'après l'histoire, une variété de sauge appelait « Chia » était cultivée par les mexicains (Madi, 2010). Il existe environ 900 espèces de *Salvia* identifiées autour du monde (Maksimovic et al., 2007 ; Longaray et al., 2007).



Figure 17: Carte de répartition géographique mondiale de *Salvia officinalis* (Prado, 2012).

En Algérie les espèces qui ont été déterminées sont dans l'ordre d'une trentaine. Plusieurs appellations ont été données à la sauge. Selon Ibn El Beytar, les andalous la nomment « essalma» qui ajoute qu'elle est appelée « salbia » par les botanistes en Espagne.



Figure 18: Aspect de *Salvia officinalis* (originale, 2024)

3.2. Description morphologique

La sauge officinale (*Salvia officinalis* L.), est un sous-arbrisseau de 20 à 70 cm, à tige et rameau ligneux à la base, de couleur vert-blanchâtre. Les feuilles sont assez grandes, épaisses, vert-blanchâtres et opposées. La floraison a lieu en Juin/Juillet, avec de grandes fleurs d'un bleu violacé, plus rarement d'un bleu-violet clair en épis terminaux lâches, disposées par trois à six en verticilles espacés (Belkamel, 2020).

Les tiges sont de section carrée et ligneuse à la base mesurent. Elles mesurent de 20 à 30 centimètres, elles sont très rameuses avec des rameaux verts

Les feuilles sont opposées, elliptiques, inférieures, pétiolées, ovales, rugueuses, et épaisses. Elles sont à bord dentelé, réticulées, pubescentes-grisâtres ou vertes, à dessus blanchâtre, finement crénelées. Elles persistent l'hiver grâce au revêtement de poils laineux qui les protège (Hans et *al.*, 2007). La texture des feuilles est feltrosa au toucher et d'une couleur vert grisâtre et une odeur caractéristique de fraîcheur sa taille est de 1 cm de largeur et 2 à 3 cm de longueur (Bruneton, 2009). Elles ont une saveur légèrement amère et aromatique, qui est souvent utilisée en cuisine et en médecine traditionnelle

Les fleurs de la sauge officinale sont bleu-violacé en épis terminaux lâches, disposées par 3 à 6 en verticilles espacés et visibles de Mai à Aout. Elles sont grandes, groupées à la base des feuilles supérieures. La longueur des fleurs est de 17 à 30 mm (Bruneton, 2009).

Le fruit en forme de tétrakène brunâtre, c'est-à-dire qu'il se compose de quatre petites coques indéhissantes, renferment chacune une graine, et entourées par le calice persistant (Cuvier et *al.*, 1835).

La sauge a un système racinaire peu profond mais bien développé, avec des racines fibreuses qui s'étendent dans le sol. (Aug et *al.*, 1833).

La sauge dégage un arôme distinctif et agréable, souvent décrit comme étant à la fois boisé et camphré (Cuvier et *al.*, 1835).



Figure 19: tiges et feuilles de *Salvia officinalis*(Monde de lupa)



Figure 20: fleurs et graines de *Salvia officinalis*(Native plant trust)



Figure 21: Les racines de la sauge officinale (Alamy)



Figure 22 : Représentation schématique d'une fleur de sauge. (Boufeker.D.2022)

3.4. Classification de *Salvia officinalis*

Selon Hippolyte et *al.*, (1993), la sauge officinale est classée comme suit :

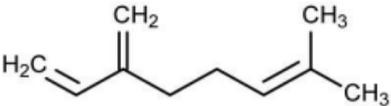
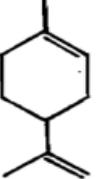
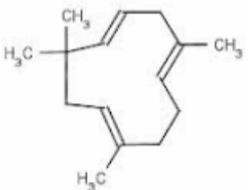
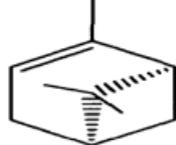
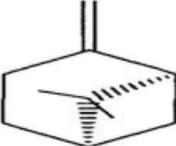
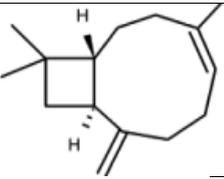
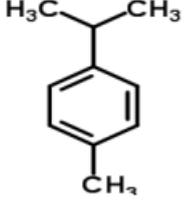
Règne :	Plantae
Division :	Magnoliophyta
Classe :	Magnoliopsida
Sous-classe :	Asteridae
Ordre :	lamiales
Famille:	lamiaceae
Embranchement:	Spermatophyta
Sous-embranchement:	Angiospermae
Genre :	<i>Salvia</i>
Espèce :	<i>Salvia officinalis</i> L.

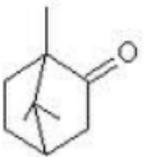
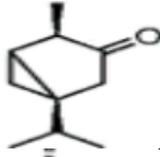
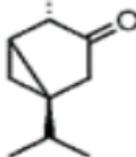
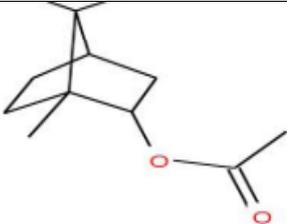
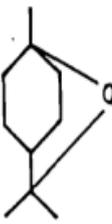
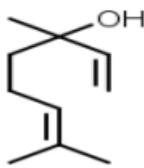
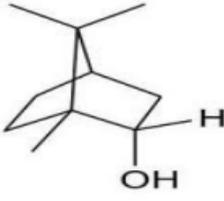
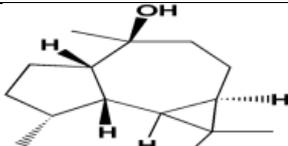
Les noms vernaculaires français de la sauge sont : Herbe sacrée, thé de Grèce, herbe sage, calamenthe vulgare (Fabre et *al.*, 1992). En arabe on l'appelle Sâlmīya et Marīmīya; en anglais on l'a nommé Garden sage (Ghourri et *al.*, 2013).

3.5. Composition chimique :

La sauge officinale est riche en huile essentielle de 1.2 à 1.5% de son poids sec. Elle est constituée principalement de monoterpènes. Selon Guenther la sauge renferme de 1.5 à 1.7% de sesquiterpènes, dont du viridiflorol, du caryophyllène. En pleine floraison, elle ferme, une huile dextrogyre (Bogrow, 2009). Les feuilles de *Salvia officinalis* renferment également de nombreux composés polyphénoliques qui sont les acides phénoliques, les flavonoïdes et les tanins, qui sont les meilleurs antioxydants (Gérard et François, 2008 ; 2009). Les groupes de principes actifs à effet thérapeutique sont présentés dans le tableau 4:

Tableau 3: Compositions chimiques de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* (Bouzaoui in Haridi, 2013)

Hydrocarbures terpéniques	Pourcentage	Structure
Myrcène	0.3 à 3%	
Limonène	Trace à 7.6%	
Humulène	Trace à 18.9%	
α -pinène	1.7 à 13.1%	
β -pinène	0.5 à 17.9%	
Camphène	1.1 à 10.3%	
β -caryophyllène	Trace à 9.4%	
p-cymène	Trace à 1.1%	

Cétones		
Camphre	4.1 à 27.7%	
α -thuyone	1.5 à 44.2%	
β -thuyone	1 à 36.7%	
Ester		
Acétate de bornyle	0.1 à 3.5%	
Oxydes terpénique		
1.8-cinéole	0.7 à 20.8%	
Alcools		
Linalol	Trace à 1.8%	
Bornéol	0.7 à 6.2%	
Viridiflorol	0 à 9.9%	

3.6. Les propriétés de la sauge

3.6.1. Les propriétés thérapeutiques

La sauge officinale est connue pour ses vertus médicinales depuis l'époque antique. Elle est célèbre pour ses effets antioxydants, anti-inflammatoires, antiseptiques et antimicrobiens et anti-tumorales. On l'utilise fréquemment comme remède naturel pour apaiser les maux de gorge, les inflammations buccales et les problèmes digestifs (Iserin, 2001).

Les feuilles de *Salvia officinalis* L., sont fréquemment employées dans la médecine traditionnelle en raison de leurs vertus digestives, carminatives, antispasmodiques, sédatives, analgésiques, toniques et diurétiques et contre les maladies cardiovasculaires.

De plus, la sauge est réputée pour ses propriétés anti-stress et antidépressives, améliorant la mémoire et la concentration, elle est conseillée pour les étudiants en période d'examen (Djerroumi et Nacef 2004). Elle est considérée comme un stimulant pour les gens anémiques. On lui attribuait également des bienfaits pour l'insomnie et la dyssomnie (Miraj et Kiani, 2016).

Elle a une activité antispasmodique qui permet de l'utiliser lors des troubles digestifs : digestion difficile, renvois d'air, ballonnements (gaz intestinaux). Elle a une action relaxante sur les muscles de l'estomac et des intestins. Cholérétique, en agissant sur la sécrétion de la bile, elle facilite la digestion des aliments gras (Bogrow, 2009).

Elle possède une propriété apaisante qui peut apaiser les crises de la maladie d'Alzheimer en combattant la diminution du taux d'acétylcholine. Elle est indiquée en cas d'infection virale accompagnée de fatigue, après des chocs émotionnels; c'est un excellent tonifiant après une fausse couche. Elle est recommandée pour les troubles menstruels, la ménopause (comme les bouffées de chaleur et les vertiges). Elle soulage les sueurs nerveuses en cas de transpiration excessive (Funiel, 2002).

3.6. 2. Les propriétés culinaires :

La sauge est utilisée comme herbe aromatique dans de nombreux plats, en particulier dans la cuisine méditerranéenne. Ses feuilles dégagent un parfum distinctif et sont souvent ajoutées aux plats de viande, de volaille, de poisson, de pâtes et de soupes (Nilson et *al.*, 2008).

Les fleurs sont utilisées dans l'industrie alimentaire pour la confection de confitures, du vinaigre odorants et de la bière aromatisée à la sauge (Bhar et *al.*, 2011).

3.6.3. Les propriétés cosmétologiques :

3.6.3.1. Propriétés astringentes :

La sauge officinale contient des tanins qui ont des propriétés astringentes, ce qui signifie qu'elle peut aider à resserrer les pores de la peau et à réduire l'excès de sébum. Cela en fait un ingrédient utile dans les produits destinés aux peaux grasses et sujettes aux imperfections (Wilson, 2008).

3.6.3.2. Propriétés antiseptiques :

Les composés présents dans la sauge, tels que l'acide rosmarinique, ont des propriétés antiseptiques qui peuvent aider à combattre les bactéries et à prévenir les infections cutanées. Cette propriété en fait un ingrédient précieux dans les produits destinés à lutter contre l'acné et les affections cutanées inflammatoires (Gotz et al., 2007).

3.7. Toxicité

L'huile essentielle de *S. officinalis* peut contenir jusqu'à 50% de thuyone, une substance pouvant avoir des effets épiléptogènes et neurotoxiques (Iserin, 2001). L'ingestion de thuyone peut entraîner non seulement une irritation locale, mais aussi des effets psychomimétiques centraux après son absorption. Une consommation prolongée de thuyone peut donc causer des dommages irréversibles au système nerveux central, ainsi que des perturbations des fonctions hépatiques, rénales et cardiaques (Rice et al., 1976; Lewin et al., 1992; Teuscher et al., 1994).

Cependant, aucune toxicité aiguë ou chronique n'a été rapportée suite à l'utilisation des feuilles de sauge et de son huile essentielle à des doses normales (jusqu'à 15 gouttes par jour) (Iserin, 2001). La quantité de drogue utilisée à des fins culinaires reste faible pour les consommateurs (Bruneton, 1996). Par conséquent, des quantités importantes de drogues (dose supérieure à 15g de drogue sèche) peuvent entraîner une sécheresse de la bouche, l'apparition de sueurs, de tachycardies et de vertiges. Il est même possible de déclencher des convulsions épiléptiques (Teuscher et al., 2005).

Données expérimentales

Chapitre I

Matériel et Méthodes

Chapitre I : Matériels et méthodes

I.1. Objectif du travail

L'objectif principale de notre travail consiste à étudier l'effet antifongique de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* « in vitro » et « in vivo » sur la croissance et la sporulation de l'agent pathogène *Fusarium* sp agent de la fusariose sur le petit pois. Pour cela nous avons suivi les étapes suivantes :

- Isolement et identification des isolats fongiques.
- Extraction de l'huile essentielle de la plante aromatique *Salvia officinalis*
- Evaluation de l'activité antifongique des extraits de la sauge sur *Fusarium* sp

I.2. Matériel fongique

Les isolats ayant servi à l'étude antifongique ont été isolés à partir d'échantillons de petit pois présentant des symptômes de fusariose. La collecte, s'est faite dans une ferme située à Oued El kheir douar Slamnia, le 9 décembre 2024.

I.2.1. Préparation de milieux de culture PDA (Potatoes dextrose agar) :

La gélose glucosée à l'extrait de pomme de terre est préconisée pour le comptage des levures et des moisissures dans les denrées alimentaires. Pour préparer 1l de milieu, il faut bouillir 200grammes de pomme de terre. On récupère par la suite le filtrat, on lui ajoute 20g de glucose et 20g d'agar agar. On complète avec de l'eau distillée jusqu'à atteindre 1l de milieu. On porte le tout à ébullition sous agitation continu. Le milieu ainsi préparé est autoclavé à 120°C pendant 20 minutes. Par la suite le milieu est réparti dans des boîtes de Petri (Emanfo et al., 2013).

I.2.2. Isolement de l'agent pathogène

Pour isoler le champignon responsable de la fusariose sur le petit pois en l'occurrence *Fusarium* sp, il a été nécessaire de laver l'échantillon portant les symptômes de la maladie à l'eau de robinet afin d'éliminer les poussières du terrain qui s'y déposent. Ensuite, des fragments des racines malades sont découpés et plongés pendant 5 minutes dans une solution d'hypochlorite de sodium (titré à 1 %) pour éliminer les saprophytes. Ils sont ensuite rincés trois fois à l'eau distillée stérile, séchés sur du papier wattman stérilisé, puis placés dans des boîtes de Petri contenant le milieu de culture PDA (Annexe), à raison de quatre fragments par boîte. Après 7 jours d'incubation à une température de 25 °C, les colonies intéressantes sont repiquées (MAHIOUT, 2017).

1.2.3. Purification de l'agent pathogène *Fusarium sp.*

La purification se fait par des repiquages successifs, qui consistent à prélever une partie d'une culture de champignon afin de la transplanter sur un nouveau milieu où elle pourra poursuivre sa croissance. Le choix des milieux de culture pour tous les parasites dépend de leurs besoins nutritionnels (Rappily, 1969).

L'ensemencement est réalisé avec des explants de 5 mm de diamètre, prélevés sur la périphérie d'une culture âgée de 7 jours à l'aide d'un emporte-pièce stérile. Ces explants sont placés au centre de la boîte de Pétri dans des conditions de travail strictes, incluant la stérilisation du matériel et du manipulateur pour éviter toute contamination de la souche. Les boîtes sont incubées à 25°C.

1.2.4. Identification de l'agent pathogène

Selon (Botton et *al.*, 1985), Les isolats sont identifiés en fonction des observations globales sur les caractéristiques macroscopiques et microscopiques ; elle s'effectue après 8j de culture.

a) Observation macroscopique

L'observation macroscopique a été effectuée à l'œil nu, en observant les caractères suivants :

- La vitesse de croissance,
- La couleur et l'aspect de la colonie fongique.

b) Observation microscopique

L'observation microscopique fait essentiellement appel aux caractères morphologiques de mycélium et des structures de reproduction (la présence ou non de cloisons, structure et disposition des spores couleur, forme, cloisons et taille, l'observation consiste à prélever un fragment de culture qui sera déposé sur une lamelle, l'observation a été réalisée avec l'objectif 40 en utilisant un microscope optique.

1.2.5. Culture monospore

L'objectif de cette technique est d'obtenir un matériau fongique génétiquement homogène. La purification a été effectuée en utilisant la méthode de culture monospore selon Henni et *al.* (1994). Cette technique repose sur la préparation de dilutions décimales. Les cultures monospores ont été obtenues dans des conditions stériles. Un fragment de mycélium a été placé dans 9 ml d'eau distillée stérilisée et agité vigoureusement manuellement. Des dilutions décimales ont ensuite été réalisées de 10^{-1} à 10^{-5} , seules les dilutions 10^{-3} et 10^{-5} ont

été retenues et un volume de 0,1 ml de cette suspension a été déposé et étalé en surface sur le milieu PDA coulé dans des boîtes de Pétri. L'incubation a été réalisée à une température de 25°C pendant 72 heures. Après cette période d'incubation, un autre repiquage a été réalisé à partir des souches de culture monospore. Un microscope optique a été utilisé pour observer les colonies.

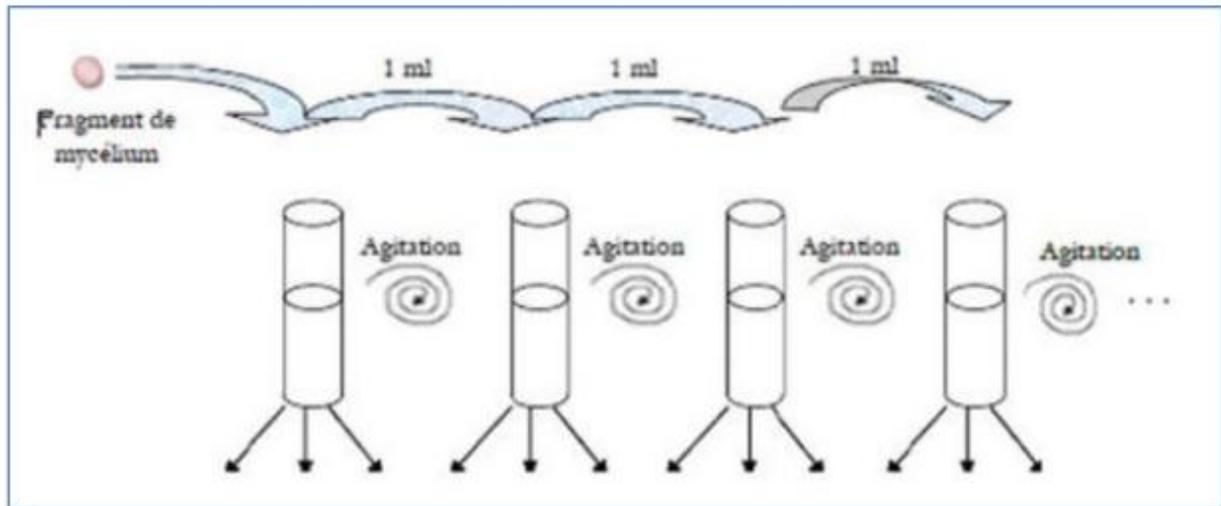


Figure N° 24: schéma montrant des étapes de la culture monospore (Brahim et *al.*, 2021)

1.3. Matériel végétale

Pour tester l'effet antifongique de l'huile essentielle des feuilles de *Salvia officinalis*. Nous avons récolté les feuilles du jardin du site 3 (ex : ITA) de l'Université de Mostaganem.

Les échantillons ont été mis dans l'étuve à la température de 35°C (pendant 4 jours) et ensuite conservés à l'abri de la lumière et de l'humidité. 600 g de feuilles ont servi à l'extraction de l'huile essentielle.

1.3.1. Extraction par hydro-distillation

L'hydrodistillation repose sur un principe simple : la matière végétale est immergée dans l'eau, puis portée à ébullition sous pression atmosphérique. Cette augmentation de température provoque l'éclatement des cellules végétales et la libération des molécules odorantes qu'elles contiennent. L'eau bouillante pénètre ensuite dans ces cellules et solubilise une partie de l'huile essentielle, créant une solution aqueuse chargée de composés volatils. Cette solution diffuse ensuite à travers le tissu végétal vers la surface, où l'huile essentielle se vaporise (Mnayer, 2014).

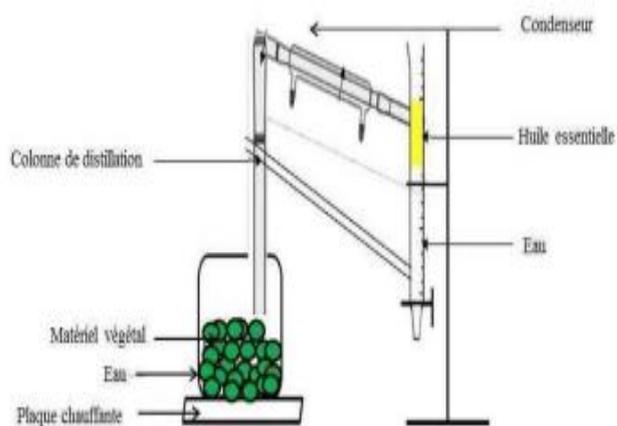


Figure N° 26: Dispositif de l'extraction par hydrodistillation
(A-shéma,) (Mnayer, 2014)

1.3.2. Calcul du rendement d'huile essentielle

Selon la norme Afnor (1986), le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue après extraction et la masse de la matière végétale utilisée. Il est exprimé en pourcentage et calculé par la formule suivante :

$$\mathbf{RHE = M'/M \times 100}$$

RHE : Rendement en huile essentielle en %.

M': Masse d'huile essentielle en gramme.

M : Masse de la plante en gramme.

1.4. Evaluation de l'activité antifongique de l'huile essentielle sur les champignons isolés à partir du pois

1.4.1. Evaluation in vitro de l'activité antifongique de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* vis-à-vis des deux espèces de *Fusarium* sp

Pour mettre en évidence l'activité La méthode fongicide de l'huile essentielle des feuilles de *Salvia officinalis* sur la croissance et la sporulation des deux espèces de *Fusarium* sp. isolé à partir des racines du petit pois, nous appliqué la méthode de contact directe. La technique consiste à additionner l'huile essentielle à différentes concentrations (1%, 0.5%, 0.25 %, 0.125%, 0.06%, 0.03 %) au milieu de culture encore liquide.

Pour chaque concentration, 3 répétitions sont préparées de la même façon afin de minimiser l'erreur expérimentale. Après solidification du milieu de culture, pour chaque champignon, un disque mycélien de 5 mm de diamètre est déposé aseptiquement à la surface du milieu gélosé au centre de la boîte de Pétri.

Le volume du milieu utilisé est approximativement de 15 ml/boîte de Pétri. En parallèle des témoins composés de PDA sans huile servent de contrôle. L'incubation a été effectuée dans une étuve à la température de 25°C pendant 7 jours.

Des mensurations quotidiennes du diamètre des colonies ont été réalisé, le test s'arrêté lorsque l'une des boîtes est recouverte par le mycélium.

1.4.1.1. Evaluation de la croissance mycélienne

La croissance mycélienne est estimée en calculant la moyenne des deux diamètres mesurés sur les deux axes perpendiculaires, en utilisant la formule suivante :

$$L = (D-d) / 2$$

L = croissance mycélienne /

D = diamètre de la colonie /

d = diamètre de l'explant

L'évaluation du taux d'inhibition de la croissance mycélienne est obtenue à partir de la formule de Doumbouya et *al.*, (2012).

$$Ti\% = [(DT-D) / DT] * 100$$

Ti% : taux d'inhibition de la croissance mycélienne.

DT : diamètre moyen de la croissance mycélienne du champignon (en cm) dans la boîte Pétri sans extrait (témoin)

D : diamètre moyen de la croissance mycélienne du champignon (en cm) dans la boîte Pétri qui contient la dilution préparée

1.4.1.2. Evaluation de la sporulation

Lorsqu'une boîte de Petri est recouverte de mycélium, le test de croissance s'arrête, les mêmes boîtes vont servir à l'évaluation de la sporulation et par conséquent le taux d'inhibition de la sporulation, pour ce faire on doit préparer une solution sporale à partir de chaque boîte, en suivant les étapes suivantes:

- Déposer 10 ml d'eau stérile sur la surface de la culture fongique
- Gratter délicatement le mycélium à l'aide d'une lame pour récolter les spores.
- Récupérer la suspension dans un tube à essai stérile.
- Charger la cellule de Malassez avec une goutte de la suspension diluée pour dénombrer les spores.
- dénombrer le nombre de spores contenu dans 1ml de solution sporale

L'évaluation du taux d'inhibition de la sporulation des deux champignons est réalisée par la comptabilisation du pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne en utilisant la formule de Boughendjioua(2019).

$$\text{P.I.c (\%)} = \left(\frac{dt - dT}{dt} \right) \times 100$$

P.I.c : pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne (%)

dt : la croissance diamétrale du témoin (-).

Dt : la croissance diamétrale du champignon en présence d'une concentration (C) d'huile essentielle.

1.4.1. Evaluation « in vivo » de l'activité antifongique de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* vis-à-vis des deux espèces de *Fusarium* sp.

Ce test a pour but de vérifier l'effet préventif de l'huile essentielle de *Salvia officinalis*. Contre l'attaque des deux espèces de *Fusarium* sp. sur les racines de petits pois.

1.4.1.1. Matériel végétal

Les plants de petit pois de variété Utrillo ont été rapportés de la région d'Abdel Malek Ramadan la wilaya de Mostaganem.

Chapitre II

Résultats et interprétations

III. Discussion :

Les études obtenues confirment ceux présenté par Grainge et Ahmed (1988), qui ont montrés que les lamiacées possèdent une activité antifongique grâce à la multitude de composés phénoliques qu'ils contiennent.

L'évaluation de l'activité antifongique de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* par la méthode de contact direct montre l'efficacité de cette l'huile vis-à-vis des champignons phytopathogènes *Fusarium* sp.1 et *Fusarium* sp.2.

On remarque que le *Fusarium* sp 1, a été particulièrement sensible à la présence dans le milieu de culture de l'huile essentielle. La concentration d'huile influence l'activité inhibitrice, plus la concentration de l'extrait augmente plus les diamètres d'inhibitions sont importants. Ces résultats s'accordent avec ceux d'Emiroğlu et *al.*, (2010). Hadji et *al.* (2020), ont expliqué ce phénomène par la détérioration de la paroi et la membrane cytoplasmique de la cellule fongique ce qui permet le passage de l'huile essentielle et fragilisé la structure cellulaire.

Malheureusement une absence totale de la sporulation nous a empêché d'estimer le taux d'inhibition de la sporulation de *Fusarium* sp1.

Par ailleurs, l'espèce *Fusarium* sp 2, a démontré en comparaison avec la première espèce une certaine résistance à l'HE. En effet, nous n'avons enregistré qu'une inhibition de 30% pour la concentration la plus élevée. On remarque aussi, que le l'HE de sauge exerce un pouvoir inhibiteur de la sporulation, moyen avec un taux de 54,5%.

Cet effet inhibiteur exercé par l'HE a été attribuée à la présence de composés chimiques qui présente une grande efficacité et un plus large spectre tel que les phénols (Dorman et Deans, 2000). Contre les champignons, les phénols provoquent plusieurs dégâts tels que des perturbations morphologiques des hyphes mycéliens, la rupture de la membrane plasmique et l'altération de la structure des mitochondries (Arras et *al.*, 2001) ; De Billerbeck et *al.*, 2001).

Parallèlement, L'huile essentielle de *Salvia officinalis* a montré une efficacité remarquable dans la prévention et la réduction des symptômes causés par *Fusarium* spp. Les plantes témoins ont subi des dommages sévères, tandis que les plantes traitées n'ont pas été gravement affectées. Cela démontre le potentiel antifongique et protecteur de l'huile essentielle de sauge et son utilisation possible comme alternative ou complément aux fongicides chimiques dans la gestion des maladies causées par *Fusarium* sp.

Conclusion

Conclusions :

Notre travail a pour but d'évaluer l'effet antifongique de *Salvia officinalis* sur la croissance « in vitro » et le développement « in vivo » de *Fusarium sp.*, isolé à partir du pois. Cette étude a permis de mettre en évidence l'effet antifongique de l'huile essentielle « in vitro » et permit de montrer la relation inversement proportionnelle entre la dose de l'HE et la croissance mycélienne des champignons étudiés.

L'étude in vivo nous a permis de révéler l'activité antifongique de l'huile essentielle de sauge, sur la sévérité de l'attaque suite à l'inoculation des racines de pois préalablement trempé dans l'HE, par *Fusarium sp.*

Salvia officinalis est révélée être une plante ayant une activité antifongique très importantes, contre le *Fusarium sp.1.*, avec un taux d'inhibition de la croissance mycélienne de 100%. L'inhibition de *Fusarium sp.2* a été beaucoup moins importante avec un taux de 30%. L'inhibition de la sporulation a été plus prononcée avec un taux de 60%.

La qualité antifongique de l'huile essentielle de la sauge, fait d'elle une candidate, très intéressante pour la lutte biologique contre la fusariose du pois, grâce à sa composition en molécules actives. Ces résultats ont des implications importantes pour les applications phytosanitaires telles que les procédés de lutte biologique basés sur l'utilisation de substances naturelles pour combattre les maladies fongiques tout préservant la sécurité de l'environnement et de la santé humaine.

Afin de mieux valoriser cette plante, il serait donc, intéressant de poursuivre cette étude et de révéler d'une manière précise, les molécules actives qui ont un effet direct sur ce champignon.

Références bibliographiques

Les références

Arras et al., (2001). Improving the safety of fresh fruit and vegetables (livre).

AFNOR (Association Française de Normalisation), (1986). Recueil des normes françaises “huiles essentielles”. AFNOR, Paris, 57p

A.belkamel, (2020). Étude comparative morphologique, anatomique et chimique de la sauge officinale (*Salvia officinalis* L.) récoltée au Maroc et en France.

AUG. M. M., (1833). Mémoires de la société de physique et d’histoire naturelle de Genève, Volume 5, 504p

Alamy. ensemble avec les racines des plantes sauge sur fond blanc.

<https://www.alamyimages.fr/photo-image-ensemble-avec-les-racines-des-plantes-sauge-sur-fond-blanc-139385480.html>

Alamy. Pisum sativum L, <https://www.alamyimages.fr/pisum-sativum-1-le-31-janvier-2001-jjean-philippe-masclaf-amedee-1858-jjean-philippe-masclaf-autres-noms-botaniste-francais-description-date-de-naissance-deces-1858-19-contrôle-d-autorité-q18507759-233362923-viaf-isni-0000-0003-6776-1587-rcac-n88663684-jjean-philippe-masclaf-botaniste-sudoc-worldcat-488-035266805-pisum-sativum-1-image207883162.html>

Abderraba, M. (2006). EXTRACTION ET ETUDE DES HUILES ESSENTIELLES DE *SALVIA OFFICINALIS*. L CUEILLIE DANS DEUX REGIONS DIFFERENTES DE LA TUNISIE

Agrios, G.N., (2005). Plant pathology, 5th edition. Department of plant pathology. University of Florida; Elsevier Academic Press. pp.948.

Agrios G.N. (2005). Plant Pathology. Fifth Edition, Elsevier Academic Press, California 92101, 524-539.

Alabouvette, (1986). Fusarium-wilt suppressive soils from the Châteaurenard region

Ali, S.M. Nishchke, L.F. Dube, A.J. Krause, M.R. et Cameron, B.(1978). Selection of pea lines for resistance to pathotypes of *Ascochyta pinodes*, *A. pisi* and *Phoma medicaginis* var. *Pinodella*. *AustJ. Agric. Res.*, 29: 841-849.

Alabouvette, (1986). Fusarium-wilt suppressive soils from the Châteaurenard region. **BASF.** La sitone ravageur du pois [en ligne]. (Page consultée le (13/05/2020).

https://www.agro.basf.fr/fr/cultures/proteagineux/ravageurs_du_pois/sitones_du_pois.html

BASF. Le thrips du pois du lin et des céréales [en ligne]. (Page consultée le 31/05/2020).

https://www.agro.basf.fr/fr/cultures/proteagineux/ravageurs_du_pois/thrips_du_pois_du_lin_et_des_cereales.html

BASF. Les trois lignes de la ligne et les écrans [dans la ligne]. (Page consultée le 31/05/2020).

https://www.agro.basf.fr/fr/cultures/proteagineux/ravageurs_du_pois/thrips_du_pois_du_lin_et_des_cereales.htm

BAFS. La tordeuse du pois, ravageur du pois [en ligne]. (Page consultée le 01/06/2020).

BAFS. Noctuelle défoliatrice, ravageur du pois [en ligne]. (Page consultée le 03/06/2020).

Bani, M., (2015) Multidisciplinary approaches including histological, biochemical and molecular tools to study the resistance mechanisms to fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum* in pea (*Pisum sativum*), PhD thesis, Department of genetics, University of Cordoba, Spain, 187p

Baudoin, J.-P., & Wink, M. (2011). Légumineuses : Biologie et systématique. Quae.

Beckman, C.H. (1989). Verdier, P.A. and Mueller, W.C., A system of defense in depth provided by vascular parenchyma cells of tomato in response to vascular infection with *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, race 1, *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 34, 227 - 239.

Bektas, T., Dimitra, D., Atalay, S., Munevver, S., & Moschos, P. (2005). Antimicrobial and antioxidant activities of essential oil and various extracts of *Salvia tomentosa* Miller. *Food Chemistry*, 90.

Beloued A, (2009). Plantes médicinales d'Algérie. Office de la publication universitaire, 5ème édition, pp62-56.

Belabid, L. (2003). La fusariose vasculaire de la lentille (*Lensculinaris* Med.) dans le nord-ouest algérien : morphologie et diversité génétique chez *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) Emend. S.&H. f.sp. *lentis* (Vasud. & Srin.) en relation avec la répartition géographique et le pouvoir pathogène. Thèse de Doctorat. Université d'Oran, 178p.

Benchabane, M., Bakour, R., Toua, D. et Boutekrabt, A., (2000). Mise en évidence de l'effet antagoniste de *Pseudomonas fluorescens* vis-à-vis de la fusariose vasculaire de la tomate. *Bulletin OEPP/EPPO*, 30, 243- 24

Ben Chaima B., (1991). Contribution à l'étude du *Fusarium oxysporum* (Schlect) emend SNYDER HANS f.sp. *lentis* agent du flétrissement de la lentille. Pathogénicité et comportement variétal. Thèse d'ingénieur en agronomie, université de Cheliff ; 67 p.

Benhamou, N., Garand, C., Goulet, A. (2002). Ability of Nonpathogenic *Fusarium oxysporum* Strain Fo47 to Induce Resistance against *Pythium ultimum* Infection in Cucumber. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(8), p. 4044-4060.

Benmansour et al., (2020). The importance of pea cultivation in Algeria: A review of its agronomic, economic, and social benefits"

BHAR. H., BALOUK. A., (2011). Les Plantes aromatiques et médicinales, le Centre de Recherche Forestière et l'Institut National des Plantes Médicinales et Aromatiques, Maroc, 27p

Bishop CD. et Cooper RM, (1983). a. An ultrastructural study of rootinvasion in 3 vascular wilt diseases. *Physiological Plant Pathology* 22,15–27

Brahim. H;(2021). Isolement et caractérisation des nouvelles isolats de champignons rézospherique pour la production des bio-engrais.

Breeze T.D., Bailey A.P., Balcombe K.G., Potts S.G., (2011). Pollination services in the UK: How important are honeybees? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 142 (3-4), 137-143

Brieskorn C.H., Z., (1991). *phytother.*12(2) :61-69

Bruneton J. (1996). Plantes toxiques-Végétaux dangereux pour l'homme et les animaux.

Bruneton, J. (2009). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales 4ème édition.

Buxton, (1955). Fusarium diseases of peas, Pages 193-201

Booth, C. (1984). The Fusarium problem: Historical, economic and taxonomic aspects. In *The applied Mycology of Fusarium*, Moss, M.O. and Smith, J. E. Ed. Cambridge University Press, 1-13.

Botton, B. ; Breton, A. ; Fevre, M. ; Guy, PH. ; Laprent, J. P. et Veau, L., (1985).

Moisissures utiles et nuisibles. Importance industrielle. Ed. Masson, 364 p

BOUFEKER.d et KOUITEN.D (2022). Etude phytochimique et biologique d'une plante médicinale *Salvia officinalis* L. ; P (24)

Boughendjioua., (2019). Activité antifongique de l'huile essentielle extraite à partir des feuilles de *Citrus reticulata*. pp. Nature & Technology Journal, Vol. B, Agronomic and Biological Sciences, 20 : p 54-57.

BOUGROW. S., (2009). Reconnaître les champignons les plante et baies sauvages, E/P/A, 410 p

BOUZAOUl.n _ HARIDI.Z(2013) Compositions chimiques de l'huile essentielle de *Salvia officinalis*.

Camara, B. Sanogo, S. Cherif, M. et Kone, D. (2018). Effet du stress salin sur la germination des graines de trois légumineuses (*Phaseolus vulgaris*, *Glycine max* et *Vigna unguiculata*). J.Appl. Biosci. 124: 12424-12432

Cuvelier M. E., Berset, C., & Richard, H. (1994). Antioxydant constituents in sage (*Salvia officinalis*). Journal of Agriculture and Food Chemistry. 42 : 665-669.

Cuvier. G., Richard A., Auguste. P .et Drapirz. J., (1835). Histoire naturelle médicale et pharmaceutique, H. Dumont, 501p.

Chakrabarti A., (2013), "Fusarium oxysporum: A Moving View of Pathogenicity, Chapter 7, In: Horwitz, B.A. et al. Genomics of soil and plant associated fungi, Soil Biology, 36, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, Germany, 157 – 18

Dorman et deans, 2000 : j appl microbiol. 2000 feb ;88(2) :308-16. antimicrobial agents form plants: antibacterial activity of volatile oils.

Doumbouya M. (2012). Activités comparées in vitro de deux fongicides de synthèse et deux huiles essentielles, Journal of Applied Biosciences 50 : 3520–3532.

DSASI. 2001. Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Information, Ministère de l'Agriculture, Série B (2001), 43 P.

- Duniway, J.M., 2002.** Status of chemical alternatives to methyl bromide for pre-plant fumigation of soil. *Phytopathology*, 92 : 1337-1343.
- Duc G., (1996).** Valeur alimentaire et usage des graines de légumineuses. Sauve qui peut n°8- INRA station de génétique et d'amélioration des plantes. 3p
- Djerroumi A., et Nacef M. (2004).** 100 plantes médicinales d'Algérie. Ed Palais du livre. P 135 -131.
- Djerroumi S ; Nacef A :**100 plantes d'Algérie, édition Masson, Paris,2004 ; p159.
- Elzebroek, T., and Wind, K. (2008).** Guide to cultivated plants.CABInternational, oxfordshir, UK, enzymology. New York;Academicpress.(1);149-158
- Emiroğlu, Z. K., Yemiş, G. P., Coşkun, B. K., & Candoğan, K. (2010).** Antimicrobial activity of soy edible films incorporated with thyme and oregano essential oils on fresh ground beef patties. *Meat science*, 86(2), 283-288.
- Ephytia. *Sitona lineatus* (Linnaeus 1758).** sitone du pois.
<http://ephytia.inra.fr/fr/C/22651/Vigi-Semences-Sitona-lineatus-Sitone-des-Pois>
- FAOSTAT (2013).** Available online : <http://faostat.fao.org/>
- FAOSTAT-dat (2004).** <http://apps1.fao.org/faostat>.
- Fabre Marie-Claude., Genin Aimé., Merigoux Jacques et Moget Elisabeth.(1992).** Herboristerie Familiale, Des Recettes Simples, Pour Résoudre Les Problèmes Simples, p93.
- Fellah, S., Romdhane, M., Abderraba, M. (2006).** Extraction et étude des huiles essentielles de la *Salvia officinalis* cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie, *Journal de la Société Algérienne de Chimie*, 16(2) :193-202.

Felliti.k, (2018). Etude de l'effet de l'extrait méthanoïque et de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* sur les deux séquences biologiques du *Fusarium* sp., agent de la pourriture sèche des agrumes.

Fourie G., Steenkamp E.T., Ploetz R.C., Gordon T.R. and Viljoen A.,(2011). Current status of the taxonomic position of *Fusarium oxysporum* formae specialis *cubense* within the *Fusarium oxysporum* complex. *Infection, Genetics and Evolution*. 11: 533-542.

Gérard Debuigne & François Couplan. (2008-2009). PETIT LAROUSSE des PLANTES MÉDICINALES. Faculté libre des sciences et technologies L3 environnementaliste
Monographie *Salvia officinalis*, 352, 6

Ghourri Mohamed., Zidane Lahcen & Douira Allal. (2013). Usage des plantes médicinales dans le traitement du Diabète Au Sahara marocaine (Tan-Tan), *Journal of Animal & Plant Sciences*, 17 :1, 2388-241

Graige m., ahmed s. (1988). Handbook of plants with pest control.

Guimaraes, E.P., Ruane, J., Scherf, B.D., Sonnino, A. and Dargie, J.D., "Marker-Assisted Selection, Current status and future perspectives in crops, livestock, forestry and fish", FAO, Rome, (2007), 494 p.

Gotz et al., (2007). Erratum: Rapid control of protein level in the apicomplexan *Toxoplasma gondii*

Hadji Yousra, Zeggai Soumia, Benamrouche Rabab. (2020). Evaluation de l'activité antifongique des huiles essentielles de certaines plantes médicinales algériennes

Haglund WA. et Kraft JM. ,1970. *Fusarium oxysporum* f.sp. *pisii* race 5. *Phytopathology* 60, 1861-1862.

Haglund WA. et Kraft JM.,1979. *Fusarium oxysporum* f.sp. *pisii* race 6: Occurrence and distribution. *Phytopathology* 69, 818-820.

Haglund WA (1984). Fusarium wilts. In: Compendium of Pea Diseases (DJHagedorn, ed), Am Phytopath Soc, Saint-Paul, MN, USA, 22-24

Hagedorn D.J. (1991). Handbook of pea diseases, Madison, Wisconsin, USA, 25p.

Henni, je. Boisson, c. geiger, jp. 1994. variabilité de la morphologie chez fusarium oxysporum f.sp lycopersici. Thèse de doctorat en science de la nature (phytopathologie), phytopathmedit.51-58.

HIPPOLYTE. I., ALLAIN. P., PELLECUER. J., Variation de la teneur de certains composés de l'huile essentielle de la sauge (*salvia officinalis* L.) en fonction de divers états physiologiques. Huile essentielle, biochimie, *salvia officinalis*, micropropagation, vitroplant, terpène, société botanique de France. Acta Bot. gall. Bull. Soc. Bot. Fr (1904). Tome 140-Fascicule 2, p 225-225,1993.

Iserin P. (2001). Encyclopédie des plantes médicinales. London, ypogly Edith Ybert, Tatiana Delasalle- Feat.01: p335.

Iserin. P., (2001). Encyclopédie des plantes médicinales, identification, préparation, soins, 2^{eme} Edition, Larousse, 335p.

ITGC, (2016). Institut Technique des Grandes Culture

jardiner-malin. La tordeuse du pois : la reconnaître et lacombattre.<https://www.jardiner-malin.fr/fiche/tordeuse-du-pois.html>

Kay D., (1979).Food legumes. Tropical Products Institute (TPI). TPICrop and Product Digest No. 3. p. 26-47. UK

Kabir, A.H. Paltridge, N.G. Able, A.J. Paull, J.G. Stangoulis, J.C. 2012. Naturel variation for Fe-efficiency is associated with upregulation of Strategy I mechanisms and enhanced citrate and ethylene synthesis in *Pisum sativum* L. Planta, 235: 1409-1419.

Khairi, Hanane. Lamani, Randa. (2008). Mécanismes de protection des plantes de pois par des polysaccharides extraits d'une souche de *Rhizobium* contre *Orobanche crenata*. Production alimentaire et nutrition. Tunisie : Université de Monastir, 80p

Kraft JM. And Pfleger F.L. (2001). Compendium of Pea Diseases, APS Press, St. Paul, Minnesota, USA, 67p.

Krawczak, M. (1999). Informativity assessment for biallelic single nucleotide polymorphisms. *Electrophoresis*, 20: 1676-1681.

Kratable. https://media.kartable.fr/uploads/finalImages/final_60d357d557acb9.12494759.png

Keiko, Y. and Nagisa, M., "Control of Fusarium Wilt of Pea and Occurrence conditions", *Research Bulletin of the Aichi-ken Agricultural Research Center*, 37, (2005), 105-110.

Laumont et Chevassus, (1960). Note sur l'amélioration du pois rond en Algérie.

Laux H.E. et al., *Gewürzpflanzen anbauen, ernten, verwenden*, Franckh, Stuttgart, (1993). Rüegg, K., W.O. Feißt, Großmutterküche, Müller-Rüschlikon V Cham 1997

LEPOIVRE P., (2003). Les champignons phytopathogènes, [Pathogenic fungi]. Pages 111-143, In *Phytopathologie [Phytopathology]*. Ouvrage collectif sous la direction de P. Lepoivre. De Boeck Université Eds., 427 p.

Longaray Delmare A.P., Ivete T.M.P., Liane A., Luciana A.S., et Sergio E. (2007). Antibacterial activity of the essential oils of *Salvia officinalis* and *Salvia triloba* cultivated in south Brazil. *Food Chemistry*, 100: 603-608.

Leslie et al., (2006). The Fusarium genus: A history of confusion and controversy" <https://apsjournals.apsnet.org/journal/phyto>

MacHardy, W.E. Beckman, C.H. (1981). Vascular wilt Fusaria: infection pathogenesis. In *Fusarium: Diseases, Biology Taxonomy* (Eds. P.E. Nelson, T.A.)

MADI. A.,(2010) Caractérisation et comparaison du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales (Thym et Sauge) et la mise en évidence de leurs activités biologiques, mémoire de magister, à l'Université Mentouri Constantine,116p.

MAHIOUT, (2017). Contribution à la caractérisation de *Ascochyta rabiei*(Pass.) Labr., agent causal de l'antracnose du pois chiche (*Cicerarietinum* L.) et étude de son interaction avec *Medicago truncatula*Gaertn

Maksimovic M., DAnijela V., Mladen M., Marija E.S., Sabaheta A. etSonja S.Y. (2007).Effet of the environmental condition on essentialoil profile in two dinaric *Salvia* species: *Salvia brachydonvandas* and *Salvia officinalis* L. *Biochemical Systematics and Ecology.* 35:473-478.

Martinez-Hernandez et al., (2008). Effect of harvesting time on quality and sensory characteristics of green peas (*Pisum sativum* L.) cv. Kelvedon Wonder.

Mc Gee, R, (2002). USDA. ARS. Personal communication.

Monde-de-lupa. *Salvia officinalis* subsp.officinalis.

<https://www.monde-de-lupa.fr/Medicinales/PagesMed/Salvia%20pg/Salvia.html>

Messiaen, C.M. et R. Cassini, (1968). Recherche sur les fusarioses.IV- La systématique *Fusarium*. *Ann. Epiphyt.* 19, 387-454.

Miraj, S. and Kiani, S. (2016). A review study of therapeutic effects of *Salvia officinalis* L. *der Pharmacia Lettre*, 8.

Muehlbauer et al., (2007). Sensory quality and consumer acceptability of wrinkled-seeded peas (*Pisum sativum* L.)

Mustafa Al-Shehabi., Production agricole., Légumineuses. Imprimerie moderne, 12 novembre 2018.233.

Mnayer, D. (2014). Eco-Extraction des huiles essentielles et des arômes alimentaires en vue d'une application comme agants antioxydants et antimicrobiens. France : Université d'avignon et des pays de vaucluse. p 9 – 14

NASRAOUI B., (2000). Introduction (p 1), Maladies fongiques (pp 43-47)et Conclusion (p 71) In Cultures des légumineuses alimentaires dansles régions semi-arides de la Tunisie (Coordination B. Nasraoui & M.Melki), [Cropping of food legumes in semi-arid areas of Tunisia(Edited by B. Nasraoui & M. Melki)]. Ecole Supérieure d'Agriculture duKef, 71 p

Nelson P. E., 1981. Life cycle and epidemiology of *Fusarium oxysporum*. In: Fungal wilt diseases of plants. (M.E. Mace, A.A. Bell and C.H. Beckman, editors), Academic Press, New York, 51-80.

Nelson P. E., 1981. Life cycle and epidemiology of *Fusarium oxysporum*. In: Fungal wilt diseases of plants. (M.E. Mace, A.A. Bell and C.H. Beckman, editors), Academic Press, New York, 51-80.

Nelson P. E., Toussoun T.A. and Marasas W. F. O., 1983. *Fusarium* species: An illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University press, University Park. 193 pp.

Nelson, M.E. and Powelson, M.L., 1988. Biological control of gray mould of snap beans by *Trichoderma hamatum*. Plant Dis. 72: 727-729.

Nelson, M.E. and Powelson, M.L., 1988. Biological control of gray mould of snap beans by *Trichoderma hamatum*. Plant Dis. 72: 727-729.

NigelCattlin.,(2020).naturepicturelibrary .

[https://www.naturepl.fr/stock-photo/field-thrips-\(thrips-angusticeps\)-wingless-micropterous-adult-crop-pest-of/search/detail-0_01655678.html](https://www.naturepl.fr/stock-photo/field-thrips-(thrips-angusticeps)-wingless-micropterous-adult-crop-pest-of/search/detail-0_01655678.html)

Ozenda, P. (1990). Les organismes végétaux, tome 1 : Végétauxinférieurs, Masson, 220 p.

Prado J. (2012). Embryopsida, a new name for the class of land plants. *Taxon*, 61(5): 1096-1098

Pal, K.K. and McSpadden-Gardener, B., (2006). Biological control of plant pathogens. The plant health instructor. *Biological Control*, 25p

Quezel, P., & Santa, S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed, CNRS. Paris. Tom. 2: 793p.

Rappily F. et Skajennifoff M. (1969). Etude sur l'inoculum de *Septoria nodorum* Berk., agent de la septoriose du blé. II – Les pycniospores. *Ann. Phytopathol.* 6 71-82

Rice, et al., 1976 ; Lewin et Al., 1992 ; Teuscher et al., (1994). The impact of Kurt Lewin's life on the place of social issues in his work?. *Journal of Social Issues*, 48, 2, 15–29.

Rouxel, F.; Alabouvette, C.; Louvet J., (1979). Recherche sur la résistance d'un sol aux maladies. IV- mise en évidence du rôle des *Fusarium* autochtones dans la résistance d'un sol à la fusariose vasculaire du melon. *Ann phytopathol* 11, 199-207.

Roger, (1953). *Phytopathologie des pays chauds*. 2ème édition, Paul Lechevalier, P1170-2252.

syngenta. Thrips du pois; *Frankliniella robusta* ; THRIPS (F.

OCCIDENTALIS). <https://www.syngenta.fr/traitements/thrips-du-pois>

Sanford et al., (1997). Molecular phylogeny of legumes (Leguminosae): a cladistic analysis using *rbcL* sequences.

Tacques, Lanore. (1985). Tables de composition des aliments, Institut scientifique d'hygiène alimentaire

Terres inovia. <https://www.terresinovia.fr/documents/20126/157421/pois-hiver-ascochytose-gousse.jpg/1874dc2c-c45e-bdc7-d276-0928110e10d3?t=1553704935250>

Toua, D., Benchabane, M., Bensaid, F. and Bakour, R., (2013).Evaluation of *Pseudomonas fluorescens* for the biocontrol of fusariumwilt in tomato and flax. African Journal of Microbiology Research. Vol. 7(48): 5449-5458.

Toussoun R.J. (Cook), The Pennsylvania State University Press, University Park, 365-390.

Turrà, D. and Di Pietro, A. (2015). Chemotropic sensing in fungus–plant interactions. Curr. Opin. Plant Biol. 26, 135–140.

Uddin et al., (2018). Nutritional composition and health benefits of peas (*Pisum sativum* L.)

Walker, J.W., (1961). Plant pathology. 3rd edition, P.829.

Weeden, N.F. Ellis, T.H.N. Timmerman-Vaughan, G.M. Swiecicki, W.K. Rozov, S.M. Berdnikov, V.A. (1998). A consensus linkage map for *Pisum sativum*. *Pisum Genet*, 30: 1-4

Wikipedia. Fichier:
Graines.sauge.jpg. https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Fichier:Graines_sauge.jpg

UniProt Consortium. (2009). Taxonomy: fungi metazoa group. Site de UniProt. 4-6-2009.

Zahara et al., (2021). Global pea cropping systems and their improvement: A review.

Zohary, D. and Hopf, M. (1988). Domestication of plants in the old world: the origin and spread of cultivated plants in west Asia, Europe and the Nile valley. Clarendon press, Oxford.

Zvirin T., Herman R., Brotman Y., Denisov Y., Belausov E., Freeman S., et al. (2010). Differential colonization and defence responses of resistant and susceptible melon lines infected by *Fusarium oxysporum* race 1.2. *Plant Pathol*

Annexes

Tableau1: Les ingrédients de la solution Knop

Ingrédients	Quantité(g)
Eau distillé	1000 g
Nitrate de Ca	1 g
Nitrate de K	0.25 g
Phosphate de K	0.25 g
Sulfate de Mg	0.25 g
Phosphate de fer	0.1 g

TABLEAU 2 : LES INGREDIENTS DE MILIEU PDA

Ingrédients	Quantité(g)
Pommes de terre	200g
Agar agar	20g
Glucose	15g

