

DÉPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

Laribi Romaissa

et

Isaias ildarminda

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Spécialité : Protection des végétaux

Thème

Etude de l'activité antifongique de l'huile
essentielle de *Calamintha nepeta* vis-à-vis des
champignons phytopathogènes: *Phoma sp.*,
Fusarium sp., et *Alternaria sp.*

DEVANT LE JURY

Présidente :	ADJOU DJ F.	MCA	Université de Mostaganem
Encadreur :	SAIAH F.	MCB	Université de Mostaganem
Examinatrice :	BADA OUI M.I.	MCB	Université de Mostaganem

REMERCIEMENT

Tout d'abord, nous voudrions remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux

Qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce travail

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur

**Mme SAIAH Farida pour ses appréciations, ses précieux conseils et surtout
pour sa confiance.**

Nos vifs remerciements vont à:

**Mme ADJOUDJ Fatma pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de
présider ce jury.**

**A Mme BADAoui Mahdjouba Ikram., pour tous ses conseils et d'avoir accepté
d'examiner ce modeste travail.**

**Nos remerciements vont également à M. Salah pour nous avoir, aidé et
accueilli dans le laboratoire pédagogique de protection des végétaux.**

**Nous voudrions remercier toutes les personnes qui nous ont nous aidé de près ou
de loin pendant la réalisation de notre projet.**

Dédicace

Avant tout, je rends grâce à dieu de m'avoir donné le courage de terminer ce travail

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, le respect et l'estime que j'ai toujours eu pour vous papa. Merci pour vos efforts fournis jours et nuit pour mon éducation et mon bien être.

A maman, qui toujours me donne l'amour, le courage et la confiance en moi.

A ma chère tante Fatima

A ma chère sœur Hanane

A ma chère cousine

Sanaa

A mes chers frères Amine, Oussama, Sofiane

A mes chères amies: Amani, Asma, Hanane, Manal, pour tous les bons moments, en espérant de partager plus de succès ensemble.

A ma chère amie et binôme: Ilda, à qui je souhaite beaucoup de réussite et de bonheur inchallah.

A tous mes collègues de la protection de végétaux.

A tous les professeurs qui nous ont enseigné.

Romaissa

DEDICACE

For from him and through him and to him are all things

A Dieu la gloire pour toujours !

I will praise God's name with song and exalt him with thanksgiving

Honor your father and your mother, so that you may live long in the land the Lord your God is giving you

À mes parents (Isaias Tinosse & Celestina Bernardo) et à mes frères et sœur (Herman, Nerio, Walter, Isaias Jr. et Leimiza)

A ma belle-sœur Geta et mon neveu Yuran, mes princesses Cleity et Blessing et au petit prince Izzy, je dédie également ceci.

Pour votre amour infini, votre soutien indéfectible et vos sacrifices sans fin. Ce mémoire est le fruit de votre encouragement constant et de vos valeurs inculquées qui ont guidé chacune de mes décisions. À travers ce travail, je souhaite vous rendre hommage pour votre dévouement et votre confiance en moi. Merci pour tout ce que vous avez fait et continuez de faire pour moi.

I thank my God upon every remembrance of you

Je dédie avec beaucoup d'amour à: Caleb Ck, Laercia Sicavel, Gerson Machaculo, Cynthia, Emmanuel Moses, Phillip Bila, Sandra Valemo, Joana Simango, Michée, Anne, Margarida, Christian Bilolo, Hortencia Jérémie Raja, Helder, John.

A friend loves at all times, and a brother is born for a time of adversity

A vous mes sœurs : Anita Paixão, Gisela Salvado, Naira Boa, Vianie Bobdac

Two are better than one, because if one falls, the other will pick him up

A mes compagnons de combat : Cleidy Lombole, Donélia Mutota, Marie Antto

Je dédie également à :

A cette amie chérie et le meilleur binôme de tous les temps : Romaiassa – We dit Girl !

A vous, mes chers professeurs : Saiah Farida, Malika Boualem, Badaoui.

A mes collègues : Asma, Amani, Ismahene, Manel, Abdalah, Merouane.

Aux frères Maristes, a la cellule Mostaganem et aux Rachetés Algérie

MERCI ! OBRIGADA ! THANKS ! شُكْرًا !

Ildarminda !

Résumé

La présence de champignons phytopathogènes est une menace pour la production agricole, entraînant des pertes de rendement et de qualité des cultures, telles que la pomme de terre et la tomate. Les pesticides de synthèse sont souvent utilisés pour contrôler ces maladies fongiques, mais ils sont responsables des dommages environnementaux et des résistances à long terme. La recherche de solutions alternatives durables est donc cruciale, et les plantes aromatiques comme la menthe sauvage offrent une source prometteuse d'agents antifongiques naturels.

L'étude vise à évaluer « in vitro » et « in vivo », les propriétés antifongiques de l'huile essentielle de *Calamintha nepeta* extraite par hydro distillation.

Les résultats des tests «in vitro» ont démontré l'efficacité de l'huile essentielle de *Calamintha nepeta* à réduire la croissance mycélienne jusqu'à l'inhibition totale avec une CMI de 0,5% pour les deux espèces de *Phoma* sp., et une CMI de 0,25 pour *Fusarium* sp. Alors que *Alternaria* sp., a démontré une meilleure tolérance.

Les tests «in vivo» ont mis en évidence l'effet protecteur de l'huile essentielle de *Calamintha nepeta* sur les plantes hôtes inoculés par les quatre espèces de champignons phytopathogènes par réduction des symptômes et la suppression de la charge pathogène.

Mots-cles : *Phoma* sp., *Fusarium* sp, *Alternaria* sp., *Calamintha nepeta*, l'huile essentielle, activité antifongique, *Solanum tuberosum* L, *Solanum lycopersicum* L.

المخلص

يشكل وجود الفطريات المسببة للأمراض النباتية تهديدا للإنتاج الزراعي مما يؤدي إلى فقدان الغلة و الجودة للمحاصيل مثل البطاطس و الطماطم. غالبا ما تستخدم المبيدات الحشرية الاصطناعية للسيطرة عال الأمراض الفطرية لكنها مسؤولة عن التسبب في أضرار بيئية و مقاومة طويلة الأمد. لذلك فان البحث عن بدائل مستدامة امر بالغ الأهمية و توفر النباتات العطرية مثل النعناع البري مصدرا و اعدا للعوامل الطبيعية المضادة للفطريات. تبدأ الدراسة باكتشاف خصائص و مستخلصاتها. مما يسלט الضوء على المركبات النشطة بيولوجيا التي يحتمل أن تكون مسؤولة عن النشاط المضاد للفطريات. طرق الاستخراج المستخدمة مفصلة. بما في ذلك تقنيات مثل الاستخراج المائي للحصول على الزيت مركز.

يتم تقييم النشاط المضاد للفطريات المستخلصة في المختبر و في الجسم الحي. يشمل الاختبار في المختبر تحديد الحد الأدنى للتركيز المثبط لعزلات *Phoma.sp*, *Fusarium.sp* و تقليل الفعالية ضد *Alternaria.sp*.

تم إجراء الاختبارات في الجسم الحي عن طريق تطبيق المستخلصات على النباتات المضيفة. مما يتيح قياس فعالية العلاجات على تقليل الأمراض الفطرية و على قمع الحمل الممرض.

أخيرا. تكشف النتائج التي تم الحصول عليها أن الزيت الأساسي للنعناع البري يمنع بشكل ملحوظ النمو الطري للفطريات الأربعة

الكلمات المفتاحية: *Alternaria sp* النعناع البري. الزيت مركز. الأمراض الفطرية. النشاط المضاد للفطريات.

Phoma.sp, *Fusarium.sp*

Abstract

The presence of phytopathogenic fungi is a threat to agricultural production, leading to yield and quality losses in crops such as potatoes and tomatoes. Synthetic pesticides are often used to control these fungal diseases, but they are responsible for causing environmental damage and long-term resistance. The search for sustainable alternatives is therefore crucial, and aromatic plants such as wild mint offer a promising source of natural antifungal agents. The study begins by exploring the properties of *Calamintha nepeta* and its extracts, highlighting the bioactive compounds potentially responsible for antifungal activity. The extraction methods used are detailed, including techniques such as hydrodistillation extraction to obtain the concentrated oil.

Evaluation of the antifungal activity of extracts is carried out both *in vitro* and *in vivo*. *In vitro* tests included determination of the minimum inhibitory concentration (MIC) against isolates of *Phoma sp.*, *Fusarium sp.*, and reducing efficacy against *Alternaria sp.*

In vivo the tests were carried out by applying the extracts to host plants, enabling us to measure the efficacy of the treatments in reducing fungal disease symptoms and suppressing the pathogen load.

Finally, the results obtained show that the essential oil of *Calamintha nepeta* remarkably inhibits the mycelial growth of the three fungi *in vitro*.

Key words: *Phoma sp.*, *Fusarium sp.*, *Alternaria sp.*, *Calamintha nepeta*, essential oil, antifungal activity, *Solanum tuberosum* L, *Solanum lycopersicum* L.

Table de matières

I. Chapitre I: Les plantes hôtes	4
I.1. I.1-Généralités sur la pomme de terre (Solanum tuberosum)	4
I.1.1. Histoire de la pomme de terre	4
I.1.2. Production de la pomme de terre.....	5
I.1.3. Nomenclature et classification botanique.....	5
I.1.4. Description morphologique:.....	6
I.1.5. Cycle de vie	9
I.1.6. Facteurs écologiques de production	11
I.1.7. Différentes variétés cultivées en Algérie.....	12
I.1.8. Les systèmes de culture de la pomme de terre	12
I.1.9. Maladies et ravageurs	12
I.2. Généralités sur la tomate	15
I.2.1. Origine et Historique :	15
I.2.2. Production en Algérie.....	15
I.2.3. Situation de la tomate à Mostaganem.....	16
I.2.4. Nomenclature et classification botanique.....	16
I.2.5. Description morphologique de la tomate.....	17
I.2.6. Cycle biologique de la tomate	20
I.2.7. Variétés de la tomate	20
I.2.8. Systèmes de culture de la tomate.....	21
I.2.9. Les maladies et ravageurs de la culture de tomate	21
II. Chapitre II : Agents pathogènes.....	24
II.1.1. Généralité sur le genre Fusarium.....	24
II.1.2. Histoire de la nomenclature.....	24
II.1.3. Description morphologique	25
II.1.4. Nomenclature et taxonomie.....	26
II.1.5. Gamme d'hôte	26
II.1.6. Cycle biologique de Fusarium sp.	27
II.1.7. Symptomatologie.....	28
II.1.8. Facteurs favorisant le développement de <i>Fusarium sp.</i>	30
II.2. Généralité sur <i>Phoma sp.</i>	31
II.2.1. Historique du genre Phoma	31
II.2.2. Gamme d'hôte	31
II.2.3. Taxonomie.....	32
II.2.4. Principaux symptômes de la gangrène de la pomme de terre:.....	32
II.2.5. Caractéristiques des <i>Phoma sp.</i>	33
II.3. <i>Alternaria sp.</i>.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3.1. Origine.....	34
II.3.2. Taxonomie.....	34
II.3.3. Morphologie des espèces de <i>Alternaria</i>	35
II.3.4. Gamme d'hôtes.....	35
II.3.5. Cycle de vie	36
II.3.6. Les conditions favorables à la propagation	37
III. Plante aromatique <i>Calamintha nepeta</i>	39
III.1. Origine de la plante	39

III.2. Histoire et utilisations traditionnelles en Algérie.....	39
III.3. Nomenclature et taxonomie	39
III.4. Description de la plante.....	40
III.5. Morphologie	40
III.6. La composition chimique et propriétés	41
IV. Matériel et méthodes	43
IV.1. Objectif de travail.....	43
IV.2. Matériel biologique.....	43
IV.2.1. Matériel végétal	43
IV.2.2. Matériel fongique	43
IV.3. Méthodes utilisées	43
IV.3.1. Isolement	43
IV.3.2. Repiquage de l'isolat	44
IV.3.3. Test de pathogénicité.....	44
IV.3.4. L'extraction et conservation d'huile essentielle	44
IV.3.5. Détermination de rendement de l'HE.....	45
IV.3.6. Test antifongique.....	45
V. Résultat	Erreur ! Signet non défini.
V.1. Re-identification des isolats	50
V.1.1. Phoma sp.	50
V.1.2. Fusarium sp.	50
V.1.3. Alternaria.sp	50
V.2. Evaluation du test de pathogénicité	51
V.2.1. Phoma.spp et Fusarium.spp	51
V.2.2. <i>Alternaria sp.</i>	Erreur ! Signet non défini.
V.3. Détermination du Rendement d'HE de <i>C.nepeta</i>	51
V.4. Evaluation de l'activité antifongique "in vivo" de huile essentielle de la plante aromatique <i>C.nepeta</i>	51
V.4.1. Pour phoma.spp	Erreur ! Signet non défini.
V.4.2. Pour <i>Fusarium sp.</i>	Erreur ! Signet non défini.
V.4.3. Pour <i>Alternaria sp.</i>	Erreur ! Signet non défini.
V.5. Evaluation de l'activité antifongique "in vitro" d'huile essentielle de la plante aromatique <i>C.nepeta</i>	51
V.5.1. Sur <i>Phoma sp.</i>	52
V.5.2. Sur <i>Fusarium sp.</i>	Erreur ! Signet non défini.
V.5.3. Sur <i>Alternaria.spp.</i>	53
VI. Discussion.....	56
VII. Conclusion.....	59

Liste de figures

Figure 1 : Principaux producteurs mondiaux de la pomme de terre (en millions de tonnes).....	5
Figure 2: Feuilles de pomme de terre	7
Figure 3: Fleurs de la pomme de terre.....	7
Figure 4: Les fruits de la pomme de terre	8
Figure 5:Tubercules de pomme de terre.....	8
Figure 6: Les différentes méthodes de multiplication de la pomme de terre.	9
Figure 7 Les racines de la tomate.....	17
Figure 8:Tige de la tomate.....	17
Figure 9: Les feuilles de tomate	18
Figure 10: Coupe longitudinale de la fleur de tomate	18
Figure 11: Le fruit de tomate.....	19
Figure 12:Les graines de tomates.....	19
Figure 13: Aspect macroscopique de <i>Fusarium</i> sp.....	25
Figure 14: Cycle infectieux du <i>Fusariumoxysporum</i>	28
Figure 15: Jaunissement des tissus foliaires causés par <i>Fusarium</i> sp.	29
Figure 16: Brunissement vasculaire causée par <i>Fusariumoxysporum</i>	29
Figure 17: Pourriture causée par <i>Fusarium</i> sp. avec cavité interne recouverte de mycélium..	30
Figure 18: Symptômes de <i>Phoma</i> sp sur tubercule de pomme de terre..	33
Figure 19: Aspect macroscopique de <i>Phoma</i> sp.	33
Figure 20: Aspect microscopique de <i>Phoma</i> sp.	Erreur ! Signet non défini.
Figure 21: Aspect <i>macroscopique</i> d' <i>Alternaria</i> sp.	Erreur ! Signet non défini.
Figure 22: Aspect microscopique d' <i>Alternaria</i> sp..	Erreur ! Signet non défini.
Figure 23: <i>Calamintha nepeta</i>	41
Figure 24:Test de pathogénicité <i>Fusarium</i> sp. et <i>Phoma</i> sp. sur tubercule de pomme de terre et <i>Alternaria</i> sp. sur fruit de tomate	Erreur ! Signet non défini.
Figure 25: Dispositif d'extraction de HE « entrainement à la vapeur ».....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 26: Protocole expérimental de l'activité antifongique des HE de <i>Calamintha nepeta</i> sur les champignons <i>Fusarium</i> sp., <i>Phomas</i> p1 et <i>Phoma</i> sp2 et <i>Alternaria</i> sp.	50
Figure 27: Etapes de l'évaluation de la sporulation des trois champignons testés	52
Figure 28: Solution de l'huile essentielle diluée	Erreur ! Signet non défini.

Figure 29: Test antifongique « in vivo » d' <i>Alternaria sp.</i> sur tomate	Erreur ! Signet non défini.
Figure 30: Aspect macroscopique et microscopique des deux espèces de <i>Phoma.sp.</i> (×40).	Erreur ! Signet non défini.
Figure 31: Aspect macroscopique (A) et microscopique (×40) (B) de <i>Fusariumsp.</i>	Erreur ! Signet non défini.
Figure 32: Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) (×40) de <i>Alternariasp.</i>	Erreur ! Signet non défini.
Figure 33: Symptômes sur tubercule de pomme de terre après inoculation	Erreur ! Signet non défini.
Figure 34: Symptômes sur tubercule de pomme de terre après inoculation de <i>Fusarium sp.</i>	Erreur ! Signet non défini.
Figure 35: Effet d'inoculation d' <i>Alternariasp.</i> sur fruit de tomate	58
Figure 36: Effet des différentes concentrations de l'HE de <i>Calamintha nepeta</i> sur <i>Phoma sp1.</i> (A) et <i>Phoma sp.2</i> (B)	59
Figure 37: Effet de l'HE de <i>Calaminthanepeta</i> sur la croissance mycélienne de <i>Phomasp1.</i> ...	60
Figure 38: Effet de l'HE de <i>Calaminthanepeta</i> sur la croissance mycélienne de <i>Phoma sp2.</i>	60
Figure 19: Vitesse de la croissance mycélienne de <i>Phomasp1</i> sous l'effet des différentes concentrations de l'huile essentielle de <i>Calaminthanepeta</i>	61
Figure 40: Vitesse de la croissance mycélienne de <i>Phomasp. 2</i> sous l'effet des différentes concentrations de l'huile essentielle de <i>Calaminthanepeta</i>	61
Figure 41: Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de <i>Phoma sp1.</i> , sous l'effet des différentes concentrations de l'HE de <i>Calaminthanepeta</i>	62
Figure 42: Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de <i>Phoma sp.2.</i> , sous l'effet des différentes concentrations de l'HE de <i>Calaminthanepeta</i>	62
Figure 43: Taux d'inhibition de la sporulation de l'isolat de <i>Phomasp.1</i> sous l'effet des différentes concentrations de l'HE de <i>Calaminthanepeta</i>	63
Figure 44. Taux d'inhibition de la sporulation de l'isolat de <i>Phoma.sp2.</i> sous l'effet des différentes concentrations de l'HE de <i>Calaminthanepeta</i>	64
Figure 45: Effet des différentes concentrations de l'HE de <i>Calaminthanepeta</i> sur <i>Fusariumsp.</i>	64
Figure 46: L'effet de l'HE de <i>Calaminthanepeta</i> sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium sp.</i> (Originale, 2024).....	65
Figure 47: Vitesse de la croissance mycélienne de <i>Fusarium sp.</i> sous l'effet des différentes concentrations de l'huile essentielle de <i>Calaminthanepeta</i>	67

Figure 48: Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de <i>Fusarium sp.</i> sous l'effet des différentes concentrations d'HE de <i>Calaminthanepeta</i>	66
Figure 49: Taux d'inhibition de la sporulation de <i>Fusarium sp.</i> sous l'effet des différentes concentrations de l'HE de <i>Calaminthanepeta</i>	66
Figure 50: Effet des différentes concentrations de l'HE de <i>Calaminthanepeta</i> sur <i>Alternaria sp.</i> (ORIGINALE, 2024).....	67
Figure 51: l'effet de différentes concentrations de l'HE de <i>Calaminthanepeta</i> sur l'isolat d' <i>Alternaria.sp.</i>	68
Figure 52: Vitesse de la croissance mycélienne d' <i>Alternariasp</i> sous l'effet des différentes concentrations de l'huile essentielle de <i>Calaminthanepeta</i>	68
Figure 53: Taux d'inhibition de la croissance mycélienne d' <i>Alternaria.sp.</i> , sous l'effet des différentes concentrations de l'HE de <i>Calaminthanepeta</i>	69
Figure 54: Taux d'inhibition de la sporulation de l'isolat d' <i>Alternariasp.</i> sous l'effet des différentes concentrations de l'huile essentielle de <i>Calaminthanepeta</i>	70
Figure 55: L'effet « in vivo » de l'HE de <i>Calamintha nepeta</i> sur le développement des symptômes de <i>Phoma sp.</i> sur tubercule de pomme de terre (ORIGINALE, 2024).....	71
Figure 56: L'effet « in vivo » de l'HE de <i>Calaminthanepeta</i> sur le développement des symptômes de <i>Fusarium sp.</i> sur tubercule de pomme de terre.....	71
Figure 57: L'effet « in vivo » de l'HE de <i>Calaminthanepeta</i> sur le développement des symptômes de <i>Alternaria sp.</i> sur fruit de tomate.....	72

Liste des tableaux

Tableau 1: Les maladies fongiques de la pomme de terre.	13
Tableau 2: Les maladies bactériennes de la pomme de terre.	14
Tableau 3: Les maladies virales de la pomme de terre.....	14
Tableau 4: Les principales maladies fongiques de la culture de tomate	21
Tableau 5: Les maladies bactériennes de la tomate	22
Tableau 6: Les maladies virales de la tomate.....	22
Tableau 7:Les insectes ravageurs de la tomate	22
Tableau 8: Symptôme des agents pathogène abiotiques sur la culture de tomate.....	23
Tableau 9: Aspect macroscopique de <i>Fusarium</i> sp.....	25

Liste des abréviations

% : pourcentage

cm : centimètre

CMI : la concentration minimale inhibitrice

d:diamètre de l'explant

D : diamètre de la colonie

D : diamètre moyen de la croissance de l'isolat dans les traitements

dC = Diamètre de colonies dans les boîtes

dE = Diamètre de colonies dans les boîtes contenant l'extrait de plante

Di: diamètre de la zone de croissance chaque jour.

DT : diamètre moyen de la croissance de l'isolat du témoin.

FNPPT : Fédération National des Producteurs de Plants de Pomme de Terre

g: gramme

HE : huile essentielle

L : croissance mycélienne

L = Croissance mycélienne.

L1= Croissance mycélienne au 1^{er} jour.

Ln= Croissance mycélienne du dernier jour.

MHE : Masse d'huiles essentielles.

ml : millilitre

Mv : Masse du matériel végétal.

n = Nombre de jours durant le test

N0 : nombre de spores estimées chez le témoin

NC : nombre de spores estimées en présence de l'extrait

PDA: Potato Detroxe Agar

PIs : pourcentage d'inhibition de la sporulation.

RHE : Rendement en Huile Essentielle.

T⁻ : Témoinnégatif

T⁺ : Témoin positif

Te: temps d'incubation

TI(%) = Taux d'inhibition exprimé en pourcentage

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

V = Vitesse de croissance.

Introduction

Introduction

Les champignons phytopathogènes constituent une menace pour la production agricole, entraînant des pertes significatives de rendement et de la qualité des cultures.

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) et la tomate (*Solanum lycopersicum* L.) sont deux cultures maraîchères d'importance économique majeure dans le monde. Cependant, ces cultures sont sujettes à l'attaque de nombreux agents pathogènes fongiques, parmi les plus rencontrés, on cite *Phoma* sp., *Fusarium* sp. Et *Alternaria* sp. Ces derniers causent des pertes énormes.

Face à ces problèmes phytosanitaires, l'utilisation de pesticides de synthèse est souvent la solution immédiate, leurs utilisations excessives pour contrôler ces maladies fongiques peut non seulement entraîner des dommages environnementaux, mais aussi conduire au développement de souches résistantes, limitant ainsi leur efficacité à long terme.

Pour cela, la recherche de solutions alternatives et durables est devenue cruciale. Les plantes aromatiques comme *Calamintha nepeta* communément appelée menthe sauvage, avec leurs propriétés bioactives, représentent une source prometteuse d'agents antifongiques naturels.

L'objectif de notre travail est de tester les propriétés antifongiques de l'huile essentielle de *Calamintha nepeta* vis-à-vis de :

Phoma sp., responsable de la gangrène de la pomme de terre,

Fusarium sp., responsable de la fusariose de la pomme de terre,

Alternaria sp., responsable de l'alternariose de la tomate.

Le travail est scindé en deux parties :

La première partie: (bibliographique), comprend trois chapitres, le premier regroupe des données sur les plantes hôtes, le deuxième concerne les agents pathogènes, le dernier est réservé à la plante aromatique *Calamintha nepeta* et ces métabolites secondaires.

La deuxième partie: (expérimentale), résume la méthodologie du travail et les résultats obtenus ainsi que leur discussion.

L'étude s'appuiera donc sur :

- Isolement des agents pathogènes
- Test du pouvoir de pathogénicité
- Extraction de l'huile essentielle de *Calaminthanepeta* par la technique d'hydro distillation
- Evaluation de l'activité antifongique des extraits vis-à-vis des champignons pathogènes mentionnés ci-dessus.

Partie bibliographique

Chapitre I: Les plantes hôtes

I.1-Généralités sur la pomme de terre (*Solanumtuberosum*)

I.1.1.Histoire de la pomme de terre

La pomme de terre, (*Solanumtuberosum*), est originaire des hauts plateaux de la Cordillère des Andes en Amérique du Sud, où sa culture remonte à environ 8 000 ans.

Les Incas, la nommaient "papa", et la cultivaient et la consommaient dès le XIIIe siècle.(Spooner, D. M., et al. (2007), Ó Gráda, C. (1999), Hawkes, J. G. (1990).

C'est au XVIIIe siècle que la pomme de terre commence à gagner en popularité en Europe, notamment en Irlande, en France, en Allemagne et en Russie, en raison de sa capacité à produire un rendement élevé sur des terres marginales et à fournir une source de nourriture fiable en cas de famine.(HASDDAD &BOUCHEMAL,. 2018).

Aujourd'hui, la pomme de terre est cultivée dans de nombreux pays et est considérée comme l'une des cultures alimentaires les plus importantes au monde. Elle est utilisée dans une grande variété de produits alimentaires, tels que cuites, les purées, les frites, les pommes de terre sautées, et bien plus encore.(Spooner, D. M., et al. (2007), Ó Gráda, C. (1999), Hawkes, J. G. (1990).

L'histoire de la pomme de terre en Algérie est liée à son histoire coloniale, mais elle a également été façonnée par les échanges culturels et les adaptations locales, faisant de cet aliment un élément essentiel de la cuisine et de l'économie du pays.

Elle a été introduite en Algérie pendant la période coloniale française, pour répondre aux besoins alimentaires de la population européenne et des colons installés dans le pays.(Ouyahia, D. (2014).

La pomme de terre a progressivement gagné en importance dans l'alimentation Algérienne, devenant un élément important de la cuisine locale. Bien que traditionnellement la cuisine algérienne se soit basée sur des céréales comme le blé et l'orge, la pomme de terre est devenue un ingrédient courant dans de nombreux plats algériens, apportant sa polyvalence et sa richesse nutritionnelle (HASDDAD &BOUCHEMAL, 2018).

I.1.2. Production de la pomme de terre

La production mondiale de pommes de terre a atteint un niveau record de 376,1 millions de tonnes en 2021, sur une superficie totale de 18 millions d'hectares, soit le niveau le plus élevé depuis 2013. Cependant, les rendements ont baissé dans la plupart des grandes régions productrices, à l'exception de l'Océanie.

Les principaux producteurs mondiaux de pommes de terre sont la Chine, l'Inde, la Russie, et les États-Unis. Ces pays représentent une part significative de la production mondiale. (FAO stat.2021).

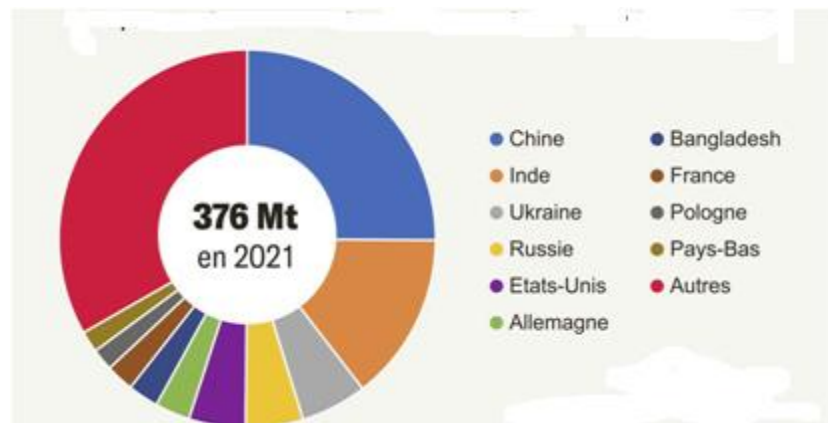


Figure 1 : Principaux producteurs mondiaux de la pomme de terre (en millions de tonnes) (FAO stat. 2021).

L'Algérie étant le 17e producteur mondial (FAO stat. 2021). Cette culture représente une part importante de l'industrie agricole algérienne, avec une production centrée sur deux régions principales: la côte méditerranéenne et le désert autour d'El Oued.

La production de pommes de terre est répartie dans plusieurs régions agricoles d'Algérie, notamment dans les wilayas (provinces) de Sétif, Batna, Tizi Ouzou, et d'autres. (HOUBEN. 2017).

I.1.3. Nomenclature et classification botanique

La pomme de terre appartient à la famille des Solanacées. Cette famille botanique comprend de nombreuses plantes cultivées pour leurs fruits comestibles, comme la tomate, l'aubergine, le poivron et le piment. Et d'autres ornementales, comme le pétunia et le brugmansia.

La pomme de terre a pour nom botanique *Solanumtuberosum* L. Ce nom a été donné par le naturaliste suisse Gaspar BAUHIER(1560- 1624), naturaliste suisse en 1595 (OSWALDO, 2010). Ce nom est généralement accepté et utilisé dans la littérature botanique et scientifique.

Le terme *tuberosum* est l'épithète spécifique qui désigne la présence de tubercules, les organes de stockage souterrains de la plante.

La classification botanique de la pomme de terre a évolué avec le temps à mesure que de nouvelles informations sur son histoire évolutive et sa diversité génétique ont été découvertes. Les progrès dans la taxonomie moléculaire ont également contribué à clarifier les relations entre les différentes espèces de pommes de terre. (HAWKES, 1990).

Selon BOUMLIK (1995), la position systématique de la pomme de terre est:

Règne:	Plantae
Embranchement :	Angiospermes
Classe :	Dicotylédones
Sous classe:	Gamopétales
Ordre :	Polémoniales
Famille:	Solanacées
Genre:	Solanum
Espèce :	<i>Solanum tuberosum</i> L.

Les taxons suivants sont considérés comme des synonymes du *Solanum tuberosum*(OVCHINNIKOVA et al., 2011):

Battata tuberosa Hill;
Lycopersicon tuberosum (L.) Mill.
Solanum andigenum Juz., etc

1.1.4. Description morphologique:

La pomme de terre est une plante dicotylédone, herbacée vivace, c'est-à-dire qu'elle vit plusieurs années et produit des fleurs et des fruits chaque année (ROUSSELLE et al., 1996).

C'est une espèce commune blanche cultivée et a pour nom latin *Solanumtuberosum* (Kleinkopf, 1983).

1.1.4.1. Les Feuilles

Les feuilles de pomme de terre sont grandes, lobées et généralement composées de 5 à 7 folioles ovales ou lancéolées avec un bord denté. Elles sont portées par les tiges aériennes et sont importantes pour la photosynthèse et la production de nutriments. Elles sont de couleur verte, mais peuvent parfois être légèrement jaunâtres ou violacées.

Les jeunes feuilles sont densément recouvertes de poils soit longs et droits, soit courts et de type glandulaire (trichomes). La nervation des feuilles est de type réticulé avec une plus grande densité de nervures vers le bord du limbe (ROUSSELLE et *al.*, 1996).



Figure 2: Feuilles de pomme de terre (Livre vert,. S.d)

I.1.4.2. Les fleurs

Les fleurs sont blanches ou bleues et ont une forme en étoile avec cinq pétales. Elles se développent à partir des extrémités des tiges aériennes et sont importantes pour la reproduction sexuée de la plante. Elles sont pollinisées par les insectes, principalement les abeilles. (CAMPOS,. et *al.*, 2016) ;



Figure 3: Fleurs de la pomme de terre (Livre vert,. S.d).

I.1.4.3. Les fruits

Les fruits de la pomme de terre sont des baies vertes de petites tailles qui ressemblent à de petites tomates. Ces fruits contiennent des alcaloïdes toxiques tels que la solanine et la chaconine, qui les rendent non comestibles et potentiellement dangereux pour la consommation humaine.

Les fruits de la pomme de terre jouent un rôle dans la reproduction de la plante en produisant des graines. Cependant, ces graines ne sont généralement pas utilisées dans la propagation des pommes de terre, car les plants cultivés sont le plus souvent reproduits par des moyens végétatifs, tels que les tubercules.



Figure 4: Les fruits de la pomme de terre (DELAVIE, 2018)

I.1.4.4. Les tiges

Les tiges de la pomme de terre peuvent atteindre une hauteur de 50 à 100 cm sous forme anguleuses ou cylindriques. Elles sont généralement rampantes et souterraines, produisant des stolons qui portent les tubercules. Elles sont de couleur verte, mais peuvent parfois être violettes ou rougeâtres.

Des tiges aériennes peuvent également se développer à partir des stolons, portant des feuilles et des fleurs.

I.1.4.5. Les tubercules

Les tubercules de pomme de terre sont la partie de la plante que nous consommons. La forme, la taille et la couleur des tubercules varient selon les variétés de pomme de terre. Ils sont des structures souterraines spécialisées qui servent de réserves nutritives pour la plante. Ils se forment à partir des stolons et sont récoltés pour leur valeur alimentaire.



Figure 5: Tubercules de pomme de terre (Livre vert.,(s.d).

I.1.4.5. Les racines

Les racines de la pomme de terre sont un fasciculé, relativement peu développées par rapport aux tubercules. Elles servent principalement à l'absorption de l'eau et des nutriments du sol. Les racines de la pomme de terre sont superficielles et peuvent atteindre une profondeur de 80 cm.(Campos, H., & Ortiz, O. 2016).

1.1.5. Cycle de vie

La reproduction de la pomme de terre se fait par la multiplication végétative ou sexuée. La reproduction des graines, se pratique pour obtenir de nouvelles variétés, les boutures, se pratique lorsqu'on ne dispose que de quelques tubercules de variétés méritantes. La plantation des tubercules est la multiplication la plus courante. La figure 06 présente les différentes méthodes de multiplication de la pomme de terre.

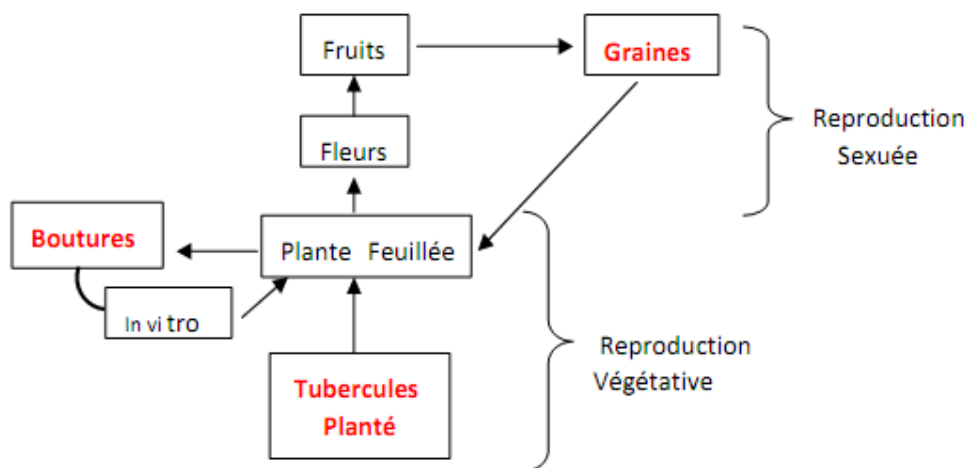


Figure 6: Les différentes méthodes de multiplication de la pomme de terre.

1.1.5.1. Multiplication sexuée

Les semences sont lancées au sol puis la germination est épigée et les cotylédons sont portés au-dessus du sol. Quand la jeune plante atteint quelques centimètres de hauteur, les stolons commencent à se développer d'abord au niveau des cotylédons puis aux aisselles situées au-dessus de sol et s'enfoncent dans le sol pour donner des tubercules à la présence des conditions favorables(BOUFARES., 2012).

1.1.5.2. Multiplication végétative

- **Plantation:**

Les tubercules de pomme de terre sont plantés dans le sol à la profondeur appropriée. Les tubercules sont généralement coupés en morceaux contenant au moins un œil ou un bourgeon pour favoriser la croissance des nouvelles plantes.

- **Germination et développement:**

Après la plantation, Les jeunes pousses se développent rapidement, formant des tiges vertes portant des feuilles composées et commencent à produire des stolons, qui sont des tiges souterraines qui porteront les tubercules. Les tiges s'étendent et se ramifient, créant un feuillage dense qui permet à la plante de capter la lumière du soleil pour la photosynthèse. Au cours de cette phase, la plante développe également son système racinaire, qui lui permet d'absorber l'eau et les nutriments du sol (CAMPOS, 2016).

- **Floraison et pollinisation:**

Environ 60 à 80 jours après la plantation, la pomme de terre entre en floraison. Des fleurs blanches ou bleues en forme d'étoile apparaissent à l'extrémité des tiges, ces fleurs sont pollinisées par les insectes, principalement les abeilles, qui transportent le pollen d'une fleur à l'autre.

- **Maturité et récolte:**

Les tubercules atteignent leur pleine maturité après plusieurs semaines à quelques mois, selon la variété et les conditions de croissance. Ils sont récoltés lorsque les fanes

commencent à se dessécher et à jaunir, indiquant que les tubercules ont atteint leur taille maximale et sont prêts à être récoltés (SALAMINI&BONNEMA, 1995).

1.1.6. Facteurs écologiques de production

1.1.6.1. Facteurs climatiques

- **Température**

Elle est influencée sur le type de croissance; les hautes températures stimulent la croissance des tiges par contre les basses températures favorisent la croissance des tubercules. (BOUFARES,2012). Les tubercules risquent de geler à partir du moment où les températures deviennent inférieures à environ 2°C et le zéro de germination est compris entre 6 et 8 C°.

- **Lumière**

La croissance végétative de la pomme de terre est favorisée par des jours longs (14 à 18h). La tubérisation est plutôt favorisée par des jours courts (inférieur à 12h).

1.1.6.2. Les facteurs édaphiques

- **Sol**

Généralement la pomme de terre se développe mieux dans des sols à texture plus ou moins grossières (sablonneuse ou sablo-limoneuse), que dans les sols de texture fine et battante (argileuse ou argilo-limoneuse). Le sol possède un certain nombre de caractéristiques physico-chimiques telles que sa texture, son degré d'aération, son aptitude au réchauffement, sa capacité de rétention d'eau. Pour la bonne croissance la pomme de terre préfère des sols profonds, fertiles et meubles. (Toumi, 2014).

- **pH**

La pomme de terre peut donner de bons rendements dans des sols légèrement acides (pH=5,5 à 6); dans le cas du pH élevé dans le sol peut causer le développement de la gale commune sur le tubercule. (BOUFARES, 2012).

- **Salinité**

Le taux élevé de salinité dans le sol peut bloquer l'absorption de l'eau par le système racinaire et le point de flétrissement est atteint rapidement, malgré que la pomme de terre soit tolérante à la salinité par rapport aux autres cultures maraîchères. En peut réduire la salinité d'un sol en lessivant par l'eau d'irrigation douce (BAMOUEH, 1999).

1.1.6. Différentes variétés cultivées en Algérie

Cent vingt variétés sont inscrites au catalogue Algérien des espèces et variétés cultivées. Cette inscription est obligatoire pour leur commercialisation. Elle est précédée de deux ans au cours desquels sont évalués les caractères d'utilisation, le rendement, le comportement vis-à-vis des parasites par le service de Contrôle et certification des qualités semences et plants.

Les principales variétés cultivées en Algérie sont: Spunta (à chair blanche), Désirée (à chair jaune), Bartina, Lisita, Agata, Charlotte et Victoria. (Bouregghda, A., et al. (2017), Kherouatou, N., et al. (2019), Benazzouz, M., et al. (2016).

Les variétés sont déterminées par, la forme du tubercule, la couleur de la peau et de la chair, la durée de conservation, la date de mise sur le marché.(Bouregghda, A., et al. (2017) Kherouatou, N., et al. (2019). Benazzouz, M., et al. (2016).

1.1.7. Les systèmes de culture de la pomme de terre

Dans le système de culture en plein champ, les tubercules de pomme de terre sont plantés directement dans des champs ouverts, généralement en rangées espacées.

La culture sous serre implique l'utilisation de films plastiques pour couvrir les lits de culture. Cela permet de contrôler les mauvaises herbes, de conserver l'humidité du sol et de favoriser des conditions de croissance optimales pour les plants de pomme de terre.

Le système de culture en sac et en conteneurs est utilisé dans les zones urbaines ou périurbaines où l'espace disponible est limité. Les tubercules de pomme de terre sont plantés dans des sacs ou des conteneurs remplis de substrat de culture. (Mwaja, V. N., et al. (2018), Kumar, A., et al. (2017), Hijmans, R. J., et al. (2003).

1.1.8. Maladies et ravageurs

La pomme de terre est soumise à l'attaque de plusieurs ravageurs et maladies fongiques ou bactériennes qui affectent tout ou une partie de la plante (racines, tiges, feuilles, tubercules) pendant la phase de végétation et/ou pendant la phase de conservation des tubercules, occasionnant parfois des dégâts importants.

Les tableaux 01, 02 et 03 représentent respectivement les maladies fongiques, bactériennes et virales de la tomate.

Tableau 1: Les maladies fongiques de la pomme de terre.

Maladie	Agent pathogène	Symptômes
Mildiou	<i>Phytophthora infestans</i>	Sur feuilles: petites taches brunes entourées d'un halo jaune sur la face Supérieure ; Sur tige et bouquets terminaux : des taches brunes, parfois nécrotiques Sur tubercule: des taches au contour mal défini, de couleur brune ou gris bleuâtre.
Verticilliose	<i>Verticillium dahliae</i> et <i>Verticillium alboatrum</i>	Sur feuilles Le jaunissement suivi par flétrissement du feuillage qui se généralise à l'ensemble de la plante, Sur les tiges mortes ; la présence de petites sclérotés noirs ou de mycélium suivant l'espèce de champignon Sur les tubercules: on note des taches brunes au niveau de l'anneau vasculaire.
Rhizoctone Brun	<i>Rizoctonia solani</i>	Sur feuillages Enroulement et un jaunissement des feuilles Le tubercule contaminé porte à la surface de petits amas noirs très durs (Sclérotés). sont difformes, angleux et parfois avec des desquamations rappelant la galle commune.
Alternariose	<i>Alternaria solani</i> et <i>Alternaria alternata</i>	Sur feuilles: des taches nécrotiques, bien délimitées, de taille variable, situées sur les feuilles du bas. Sur tubercules (pourritures brunes à noires, très sèches avec une dépression.)
Fusariose (la pourriture sèche)	<i>Fusarium roseum</i> var. <i>sambucinum</i> et <i>Fusarium solani</i> var. <i>Coeruleum</i>	les tissus touchés brunissent et dépriment présente des sites concentriques, la coupe de tubercule montre une pourriture marron qui se développe vers l'intérieur
La gangrène de la pomme de terre	<i>Phoma</i> sp. (<i>Phoma exigua</i> var. <i>foveata</i> (variété la plus agressive) et <i>Phoma exigua</i> var. <i>exigua</i> .)	Sur les feuilles, des lésions nécrotiques, souvent de forme irrégulière; feuilles infectées peuvent flétrir et se dessécher Les tiges: Les tiges des plants de pommes de terre qui peuvent montrer des signes de pourriture, sont souvent près du sol, affaiblissent la structure de la plante. Sur tubercules: les tubercules de pommes de terre développent des zones de pourriture, généralement près des yeux ou des blessures.

Tableau 2: Les maladies bactériennes de la pomme de terre.

Maladie	Agent pathogène	Symptômes	Lutte
Gale commune	<i>Streptomyces</i> sp.	se manifeste uniquement sur la surface des tubercules , des attaques plus profondes avec présence de pustules (gale en pustules) ou des taches liégeuses superficielles (gale en liège).	utilisation de variétés peu sensibles, allonger les rotations, éviter les sols légers,
Jambe noire	<i>Erwinia carotovora</i>	Sur feuilles jaunissement et le flétrissement sur tige provoque des pourritures noires. sur le tubercule des pourritures molles internes et dégrade les tissus de tubercule	éviter les fumures azotées excessives, limité les blessures de tubercules lors de la manipulation.

Tableau 3: Les maladies virales de la pomme de terre.

Virus	Symptômes
Virus Y	est un potyvirus transmis par des pucerons, provoque des taches nécrotiques noires sur les nervures des feuilles, les feuilles deviennent cassantes
Virus X	Il se transmet de façon mécanique (par contact), provoque des symptômes faciles à distinguer (apparition de mosaïques limitées par les nervures).
Virus M	il est transmis par les pucerons selon un mode non persistant correspondant l'enroulement mou des feuilles, une ondulation des bords et la formation de tâches en mosaïque

I.1.8.2. Insectes et ravageurs

Parmi les ravageurs de la pomme de terre on cite, la teigne (*Phthorimeaopercullella*), le doryphore (*Leptinotarsadecemlineata*), les nématodes Gallicoles (*Meloidogyne* sp.), etc.

I.2. Généralités sur la tomate

I.2.1. Origine et Historique

La tomate est originaire des Andes. Elle fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe en 1544. Ensuite elle s'est propagée en Asie du Sud et de l'Est, en Afrique et en Moyen Orient (SHANKARA et *al.*, 2005). Elle a d'abord été cultivée et améliorée par les indiens du Mexique, sous le nom aztèque « tomatl », avant d'être ramenée en Europe par les conquistadores. Neuf espèces sauvages peuvent être observées en Amérique du Sud, seulement deux comestibles, la « tomate groseille » (*Solanum pimpinellifolium*) et la « tomate cerise » (*Solanum lycopersicum* var *cesariforme*) qui est l'ancêtre de nos tomates actuelles, (Bollinger, 1970). En 1905, la tomate est introduite en Algérie par les espagnols dans la région Ouest « Oran » (REY & COSTES, 1965).

I.2.2. Production en Algérie

La consommation des légumes frais a beaucoup augmenté en Algérie à la suite de l'essor démographique et à la relative amélioration du niveau de vie.

La production nationale de la tomate fraîche s'est établie à 12,7 millions de quintaux durant 2020, avec un rendement moyen de 743qx par hectare (Radio algérienne, 2020).

La tomate est le deuxième produit maraîcher suite à la place qu'elle occupe dans les habitudes alimentaires des algériens. Les principales zones de la tomate industrielle en Algérie sont essentiellement :

Zone Est: elle représente 84% des superficies et regroupe les wilayas de Skikda, El-Taraf, Annaba, Guelma et Jijel, Cette zone est caractérisée par une bonne pluviométrie et possède des sols à forte capacité de rétention d'eau. La culture de tomate se pratique en sec et semi-irrigue, avec une production d'environ 90% de la production nationale.

Zone Centre: représente 12% des superficies et regroupe les wilayas de Blida, d'Alger, Boumerdes, Bejaia, Chleff, Tipaza et Ain Defla.

Zone Ouest: Cette zone regroupe les wilayas de Mostaganem, Relizane, Mascara, Sidi-Bel-Abbès et Tlemcen. Elle représente 2,7% des superficies destinées à la production de la tomate.

Zone Sud: est représentées par les wilayas d'Adrar et Biskra

I.2.3. Situation de la tomate à Mostaganem

Selon la Direction des services agricoles (DSA), la wilaya de Mostaganem table sur une production de plus d'un demi-million de quintaux de tomates saisonnières, au titre de la saison agricole 2022-2023 (SALIMA, 2023).

Le bilan provisoire du service de l'organisation de la production et de l'appui technique, estimée 960ha de superficies cultivées (64%) ont été récoltes donnant lieu à une production estimée à 534 620qx, soit un rendement estimé à 347 quintaux à l'hectare. En ce qui concerne les tomates industrielles, durant la première décade du mois de juillet dernier, a tiré à sa fin, après avoir atteint un taux de récolte de 92%. (SALIMA, 2023). Les agriculteurs ont procédé, durant cette période de production, à la collecte d'environ 175 000qx de ces variétés de tomates, avec un rendement estimé à 800qx par hectare, prévoyant une récolte pouvant atteindre, à la fin de la campagne, 190 000 quintaux. (SALIMA, 2023).

I.2.4. Nomenclature et classification botanique

En 1753, le botaniste Suédois Linnaeus a nommé la tomate comme: *Solanumlycopersicum*, mais 15 ans plus tard Philippe Miller a remplacé le nom donné par Linnaeus, par *Lycopersiconesculentum*.

Selon GUIGNARD (2000), tomate appartient à la classification suivante:

Règne:	Plantae
Embranchement:	Spermaphytes
Sous-embranchement:	Angiospermes
Classe:	Dicotylédones
Ordre:	Polémoniales
Famille:	Solanacées
Genre:	<i>Lycopersicum</i>
Especie:	<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill. (1768)

Synonymes: *Solanumlycopersicon* L. 1753,

Lycopersicon esculentum Mill. (1768),

Lycopersicon pomumamoris Moench 1794,

Lycopersicon lycopersicum Karst. 1882.

I.2.5. Description morphologique de la tomate

La tomate est une plante herbacée annuelle, appartenant au groupe des légumes-fruits

➤ **Racines :**

Les plantes de la tomate possèdent un système racinaire fort et pivotant se développe jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus. La racine principale est très dense, ramifiée et très active sur les 30 à 40 premiers centimètres.



Figure 7: Les racines de la tomate ((Livre vert,. s.d)

➤ **Tiges**

Le port de croissance varie entre érigé et prostré un peu ligneux en vieillissant. La tige est anguleuse fortement poilue, peuvent atteindre une longueur de 02mètres ou plus.



Figure 8:Tige de la tomate (POTAGER, 2018)

➤ **Feuilles**

Les feuilles sont composées, imparipennées et disposées en spirale, comprennent 5 à 7 folioles aux lobes très découpés. Le bord du limbe est denté, elles mesurent 10 à 25 cm de

longueur. Elles portent des poils glanduleux, ces derniers contenant une huile essentielle qui donne son odeur caractéristique à la plante.



Figure 9: Les feuilles de tomate (POTAGER, 2018)

➤ Fleurs

Elles sont hermaphrodites, régulières et entre 1,5 et 2 cm de diamètre. Elles poussent opposées aux ou entre les feuilles. Le tube du calice est court et velu, les sépales sont persistants. En général il y a 6 pétales qui peuvent atteindre une longueur de 1 cm, qui sont jaunes et courbées lorsqu'elles sont mûres. Il y a 6 étamines et les anthères ont une couleur jaune vif et entourent le style qui a une extrémité stérile allongée. L'ovaire est supère avec entre 2 et 9 carpelles. En général la plante est autogame, mais la fécondation croisée peut avoir lieu. Les abeilles et les bourdons sont les principaux pollinisateurs.

Les fleurs comportent ainsi l'organe reproducteur de la plante.

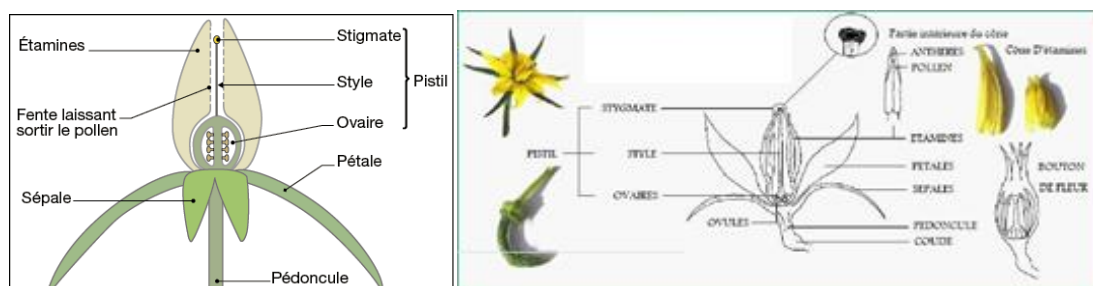


Figure 10: Coupe longitudinale de la fleur de tomate

➤ Le Fruit

C'est une baie charnue de forme globulaire ou aplatie avec un diamètre de 2 à 15 cm. Lorsqu'il n'est pas encore mûr, le fruit est vert et poilu. La couleur des fruits mûrs varie du jaune au rouge en passant par l'orange. En général les fruits sont ronds et réguliers ou côtelés.

Les fruits charnus sont des baies présentant deux ou plusieurs loges. Ils peuvent peser de quelques grammes à près de deux kilogrammes. Leur forme est généralement sphérique mais peut être plus ou moins aplatie, plus ou moins côtelée, en forme de cœur ou de poire.

Les fruits sont verts puis virent généralement au rouge à maturité. Ils peuvent cependant être de couleur jaune, rose, orange, blanche, noire voire bicolore à maturité, etc.



Figure 11:Le fruit de tomate (JARDINER, 2024)

➤ Graines

Elles sont nombreuses, en forme de rein ou de poire, poilues, beiges, de 3 à 5 mm de long et de 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen. Le poids de mille graines est en moyenne de 3 g. Le cycle de la graine à la graine, est variable selon les variétés et les conditions de culture, il est en moyenne de 3.5 à 4 mois (7 à 8 semaines de la graine à la fleur et 7 à 9 semaines de la fleur au fruit).

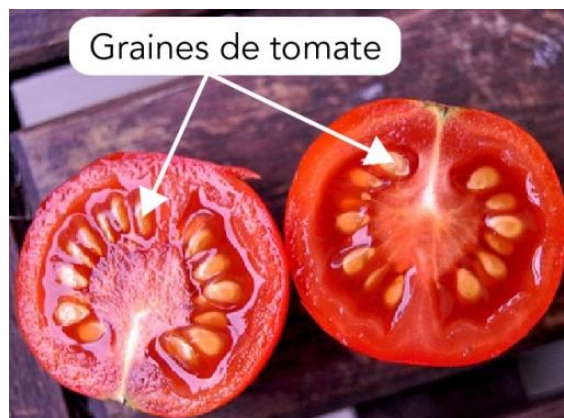


Figure 12:Les graines de tomate (Jardiner, 2024)

I.2.6. Cycle biologique de la tomate

Le cycle biologique de la tomate se décompose en six étapes:

➤ **Germination**

La germination est le processus par lequel une graine de tomate se développe en une plantule. Cela commence lorsque la graine absorbe l'eau et la chaleur. La radicule, ou première racine, émerge ensuite de la graine et commence à pousser vers le bas dans le sol.

Les cotylédons, ou premières feuilles, émergent ensuite de la graine et commencent à photo synthétiser. (CORBINEAU et CORE, 2006).

➤ **Croissance végétative**

Au cours de la phase de croissance végétative, le plant de tomate développe ses feuilles, ses tiges et ses racines. Cette phase dure généralement six à huit semaines.

➤ **Floraison**

La floraison est le stade auquel le plant de tomate commence à produire des fleurs. Les fleurs de tomate sont jaunes et ont cinq pétales. Elles sont généralement autogames, ce qui signifie qu'elles peuvent être pollinisées par leur propre pollen (CHAUX et FOURY, 1994)

➤ **Fructification**

La fructification est le stade auquel les fleurs de tomate se transforment en fruits. Le fruit de la tomate est une baie. Il est généralement rouge, mais peut également être jaune, orange ou violet. (REY et COSTES, 1965)

➤ **Maturation**

La maturation est le stade auquel le fruit de la tomate mûrit et devient rouge. Ce stade dure généralement six à huit semaines.

➤ **Sénescence**

La sénescence est le stade auquel le plant de tomate meurt. Cela se produit généralement après avoir produit des fruits. Le cycle biologique de la tomate dure généralement de trois à quatre mois, de la germination à la sénescence. Cependant, la durée du cycle peut varier en fonction de la variété et des conditions environnementaux.

I.2.7. Variétés de la tomate

Il existe plus de cinq cent variétés, conservant les qualités parentales. Leurs fruits sont plus ou moins réguliers. Elles sont sensibles aux maladies, mais donnent en général des fruits d'excellente qualité gustative (POLESE, 2007).

Parmi les variétés fixées existante en Algérie, on peut citer : Rio Grande, Elgon, Castlong, Heintz 1350, Sabra, Pico de Aneto, Giaron ...

I.2.8. Systèmes de culture de la tomate

Il existe plusieurs systèmes de culture de la tomate, dont les plus courants sont :
 Culture en plein champ : c'est le système le plus simple et le plus économique. Les plants de tomate sont plantés directement dans le sol. Ce système est adapté aux régions aux climats chauds et ensoleillés. Cependant, les plants de tomate sont plus exposés aux maladies et aux ravageurs. (La sentinelle. 2023)

La culture sous serre permet de protéger les plants de tomate des intempéries. Cela permet de cultiver des tomates dans des régions aux climats plus frais. Ce système de culture « est plus coûteux que la culture en plein champ. Cependant, il permet d'obtenir des rendements plus élevés et de meilleure qualité.

Culture hors-sol : est un système de culture qui utilise un substrat autre que le sol. Les substrats les plus courants sont la laine de roche, la perlite et la fibre de coco. La culture hors-sol permet de contrôler l'irrigation et la fertilisation. Ce système est plus coûteux que la culture en plein champ et la culture sous serre. Cependant, il permet d'obtenir des rendements encore plus élevés et de meilleure qualité. (La sentinelle. 2023)

I.2.9. Les maladies et ravageurs de la culture de tomate

I.2.9.1. Les maladies de la culture de tomate

La culture de tomate est sujette à l'attaque de plusieurs maladies cryptogamiques, bactériennes et virales. Les tableaux 04, 05 et 06, regroupent les maladies les plus importantes

Tableau 4: Les principales maladies fongiques de la culture de tomate (BLANCARD, 2009).

Agent pathogène	Maladie
<i>Phytophthora infestans</i>	Mildiou
<i>Alternaria solani</i>	Alternariose
<i>Botrytis cinerea</i>	Moisissure grise
<i>Cladosporium fulvum</i>	Cladosporiose
<i>Pseudoidiumneo lycopersici</i>	Oïdium
<i>Pythium spp.</i>	Pythium
<i>Verticilliumdahliae</i>	Verticilliose
<i>Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici</i>	Fusariose
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Sclerotiniose
<i>Rhizoctonia solani</i>	Rhizoctone brun

Tableau 5: Les maladies bactériennes de la tomate (BLANCARD, 2009)

Agent pathogène	Maladie
<i>Xanthomonas campestris pv. Vesicatoria</i>	Tache bactérienne
<i>Pseudomonas syringae pv. Tomato</i>	Moucheture bactérienne
<i>Clavibacter michiganensis pv. Michiganensis</i>	Chancre bactérien

Tableau 6: Les maladies virales de la tomate. (BLANCARD, 2009)

Virus	Maladie
TMV	Virus de la mosaïque du tabac
TSWV	Virus de la tache bronzée de la tomate
TYLCV	Virus de l'enroulement des feuilles de la tomate
PVY	Potato virus Y
RepMV	Pepinomosaique virus

I.2.9.2. Les ravageurs de la culture de la tomate

La tomate subit l'attaque des ravageurs, les plus importants sont les insectes représentés sur le tableau 07. Cette plante est également attaquée par des acariens principalement *Tetranychus urticae* (Tétranyque tisserand) et *Aculos lycopersici* (acarien bronzé de la tomate) et également parasitée par *Meloidogyneincognita* (nématode à galles).

Tableau 7: Les insectes ravageurs de la tomate. (Naika et al, 2005)

Insectes	Nom commun
<i>Leptinotarsadecemlineata</i>	Doryphore de la pomme de terre
<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Mouche blanche
<i>Myzus persicae</i>	Puceron de la tomate
<i>Bemisia tabaci</i>	Aleurode
<i>Frankliniella occidentalis</i>	Thrips
<i>Tuta absoluta</i>	Teigne de la tomate
<i>Mamestra brassicae</i>	Noctuelle du potager
<i>Liriomyza trifolii</i>	Mouche mineuse de la tomate

A côté des agents biotiques la culture de la tomate peut être atteinte par des agents ou facteurs abiotiques causant ainsi des maladies, dites maladies abiotiques causées par des facteurs environnementaux défavorables, tels que: manque d'eau, excès d'eau, carences en nutriments, toxicité, lumière excessive, températures trop élevées ou trop basses.

Ces facteurs peuvent affecter la croissance et le développement de la tomate, et peuvent entraîner des symptômes tels que: flétrissement des feuilles, jaunissement des feuilles, taches sur les feuilles, chute des feuilles, déformation des fruits, pourriture des fruits (voir tableau 08).

Tableau 8: Symptôme des agents pathogène abiotiques sur la culture de tomate

Facteur abiotique	Symptômes
Carence en azote	Croissance ralentie, feuilles jaunes
Carence en phosphore	Feuilles violettes, retard de floraison
Carence en potassium	Bords des feuilles jaunes, marbrure des fruits
Excès de sel	Brûlure des feuilles, dessèchement des racines
Excès de cuivre	Feuilles tordues, nécrose des feuilles
Lumière excessive	Brûlure des feuilles
Températures trop élevées	Flétrissement des feuilles, chute des fleurs
Températures trop basses	Taches sur les fruits, retard de croissance

Chapitre II: Agents pathogènes

II.1. Généralité sur le genre *Fusarium*

Les *Fusarium* sp. désignent un groupe de champignons appartenant au genre *Fusarium*. Ces champignons sont largement répandus dans le sol et sont connus pour être des agents pathogènes des plantes, provoquant des maladies dans diverses cultures, notamment les céréales, les légumes et les plantes ornementales. Les *Fusarium* sp. peuvent provoquer des maladies telles que le flétrissement fusarien, la pourriture des racines et la brûlure de l'épi chez différentes espèces de plantes. (O'Donnell, K., Kistler, H. C., Cigelnik, E., & Ploetz, R. C. 1998).

En plus d'être des agents pathogènes pour les plantes, certaines espèces de *Fusarium* peuvent également produire des mycotoxines, qui sont des composés toxiques nocifs pour l'homme et les animaux en cas d'ingestion. Les mycotoxines produites par les *Fusarium* sp. comprennent notamment le déoxynivalénol (DON), également connu sous le nom de vomitoxine, et les fumonisines. Ces mycotoxines peuvent contaminer les denrées alimentaires et les aliments pour animaux et présenter des risques pour la santé si elles sont consommées en fortes concentrations. (O'Donnell, K., Kistler, H. C., Cigelnik, E., & Ploetz, R. C. 1998).

II.1.1. Histoire de la nomenclature

L'origine du terme "*Fusarium*" provient du latin "fusus" signifiant "fuseau" en référence à la forme en fuseau des spores de ce champignon. Le mot "*Fusarium*" a été créé par Heinrich Friedrich Link en 1809.

Dans les années 1930, Wollenweber et Reinking ont organisé le genre en 65 espèces avec 55 variétés et 22 formes sous-spécifiques en 16 sections.

Dans les années 1940-1950, Snyder et Hansen ont réduit le nombre d'espèces à seulement 9, simplifiant l'identification mais regroupant de nombreux génotypes de phénotypes variables. Par la suite, d'autres chercheurs comme Gordon et Booth ont proposé d'autres systèmes taxonomiques.

Les études moléculaires récentes ont permis de décrire des espèces cryptiques (espèces phylogénétiques) au sein du genre *Fusarium*, non différenciables morphologiquement.

Actuellement, le genre *Fusarium* comprend 68 espèces nommées répertoriées dans la banque de données internationale du consortium Universal Protein Resource. (Universal Protein Resource, 2016).

II.1.2. Description morphologique

La description morphologique du *Fusarium* sp. se base sur des caractéristiques macroscopiques et microscopiques. Macroscopiquement, le *Fusarium* sp. se présente sous forme de colonies de croissance rapide, souvent de couleur blanche, rose, rouge, ou violette, avec des pigments diffusant dans le milieu de culture. Elles ont souvent une texture cotonneuse ou floconneuse.



Figure 13: Aspect macroscopique de *Fusarium* sp. (ORIGINAL, 2024).

II.1.3. 1. Hyphes:

Les hyphes de *Fusarium* sp. sont généralement septés et peuvent être hyalins ou pigmentés. Certaines espèces de *Fusarium* sp. peuvent produire des périthèces, qui sont des structures reproductrices sexuées. Les périthèces contiennent des ascospores, qui sont les spores sexuelles. (Nelson, P. E., Toussoun, T. A., & Marasas, W. F. O. 1983).

II.1.3. 2. Conidies:

Elles sont les principales structures de reproduction asexuée chez les *Fusarium* sp., généralement produites en grande quantité et sont portées sur des structures spécialisées appelées conidiospores.

Les conidies peuvent être en forme de banane, de fusée ou de fil, selon l'espèce. Elles peuvent être unicellulaires ou multicellulaires, et peuvent être hyalines ou pigmentées. Il existe deux principaux types de conidiospores chez les *Fusarium* sp.:

- **Microconidies:** Petites, simples, hyalines et mono forme. Elles sont produites dans des microconidiophores.
- **Macroconidies:** Plus grandes multicellulaires hyalines ou pigmentées. Elles sont produites dans des macroconidiophores plus ramifiés.

Les Chlamydospores peuvent être formés par certaines espèces de *Fusarium*. Ce sont des structures de survie résistantes, généralement sphériques, produites dans le mycélium.

II.1.3. Nomenclature et taxonomie

La taxonomie du genre *Fusarium* a fait l'objet de nombreuses modifications au fil des ans. La classification actuelle est basée sur une combinaison de caractéristiques morphologiques, moléculaires et d'autres données. (G. Ainsworth, B. Sutton et A. Kirk 1983).

Règne:	Fungi
Phylum:	Ascomycota
Classe:	Eucomycetes
Ordre:	Hypocreales
Famille:	Hypocreaceae
Genre:	<i>Fusarium</i>

II.1.4. Gamme d'hôte

Les *Fusarium* sp. sont des champignons phytopathogènes qui peuvent infecter une large gamme d'hôtes végétaux, comme les céréales, les légumineuses, les fruits, les légumes, les arbres et les plantes ornementales. Leur spectre d'hôtes est remarquablement diversifié, ce qui en fait des pathogènes majeurs dans l'agriculture. (J. F. Leslie, S. K. Bartnicki-Webb et A. E. Platz 2006).

Voici quelques-uns des principaux groupes d'hôtes susceptibles d'être infectés par les *Fusarium* sp. :

Céréales: blé, maïs, orge, avoine, riz ;

Légumineuses: haricots, pois-chiche, lentilles, soja ;

Fruits et légumes: pommes de terre, tomates, bananes, melons, raisins ;

Plantes ornementales: roses, œillets, lys ;

Arbres: chênes, ormes, érables

Certaines espèces comme *Fusariumoxysporum* possèdent de nombreuses "formes spéciales" qui sont sélectivement pathogènes pour un nombre limité de cultures.

La gamme d'hôtes de *Fusarium*sp. peut être affectée par divers facteurs environnementaux, tels que la température, l'humidité et le pH du sol.

Certaines espèces sont plus prévalentes dans les climats chauds et humides, tandis que d'autres préfèrent les climats frais et secs.

II.1.5. Cycle biologique de *Fusarium* sp.

Le cycle biologique de *Fusarium* spp. est un processus complexe qui implique la reproduction asexuée et sexuée. Ce cycle peut varier en fonction de l'espèce de *Fusarium*, de l'hôte végétal, des conditions environnementales et des pratiques agricoles:

II.1.5.1. Reproduction asexuée:

Le *Fusarium*sp.peut survivre l'hiver sous forme de chlamydospores et d'ascospores dans les résidus de culture, servant ainsi d'inoculum primaire.Le champignon pénètre la plante-hôte, se développe entre les cellules et remonte vers la tige, obstruant les vaisseaux et provoquant le flétrissement caractéristique. Le *Fusarium* continue de se développer et sporule sur les tissus morts, produisant des macroconidies(c'est l'infection et la propagation). Les spores du *Fusarium*sp. sont disséminées par le vent, l'eau, les insectes, les outils et équipements contaminés. La transmission peut également se faire par les semences infectées c'est la dissémination.J. F. Leslie, S. K. Bartnicki-Webb et A. E. Platz (2006).

II.1.5.2. Reproduction sexuée:

Bien que moins fréquente, certaines espèces de *Fusarium* peuvent se reproduire sexuellement.Cela implique la fusion de deux hyphes fongiques compatibles pour former une structure appelée périthèce.

À l'intérieur du périthèce, des spores sexuelles appelées ascospores sont produites. Ces dernières peuvent être libérées et dispersées par les courants d'air, atterrissant potentiellement sur de nouveaux hôtes et initiant un nouveau cycle d'infection.

La figure 13, schématise le cycle infectieux de *Fusarium oxysporum*

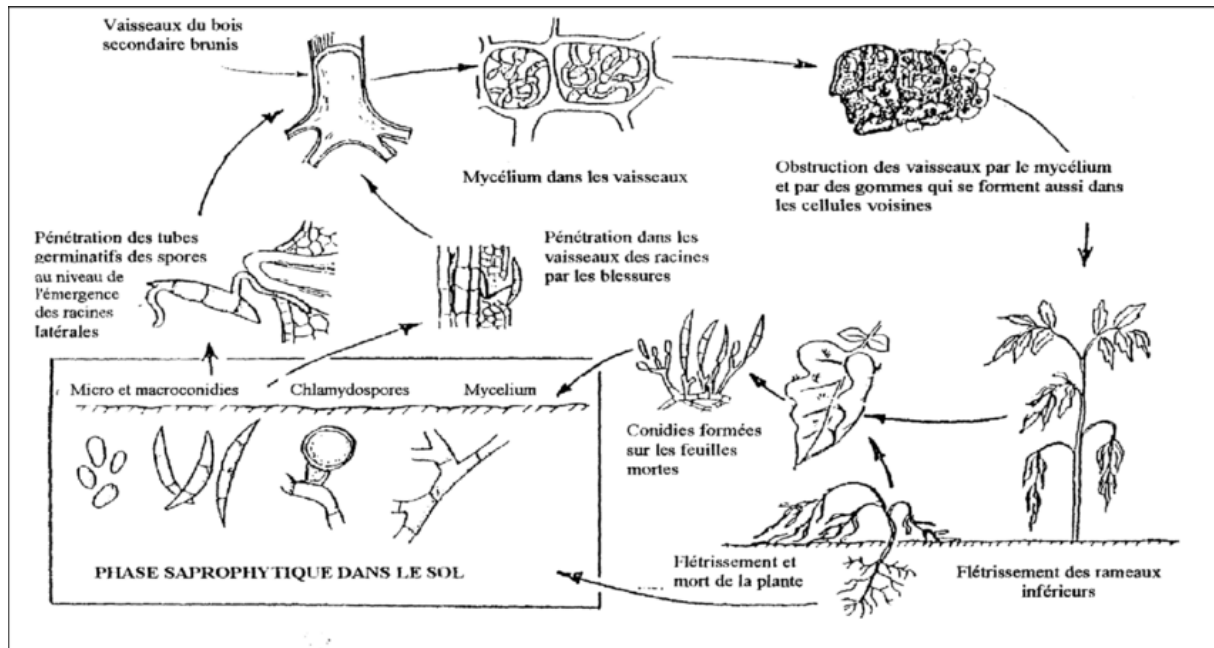


Figure 13: Cycle infectieux du *Fusarium oxysporum* (RAYNAL, 1988)

II.1.6. Symptomatologie

Les symptômes causés par les champignons du genre *Fusarium* sp. sont extrêmement variés et dépendent de plusieurs facteurs, tels que l'espèce fongique, la plante hôte, les conditions environnementales et le stade de développement de la maladie (Cullen et al., 2005).

Les principaux symptômes causés par le *Fusarium* sp. sont :

- **Flétrissement:** Les plantes infectées par *Fusarium* sp. peuvent présenter un flétrissement soudain ou progressif des feuilles et des tiges. Ce flétrissement est souvent causé par une obstruction des vaisseaux conducteurs de la plante par le champignon.
- **Taches foliaires:** Des taches brunes ou jaunes peuvent apparaître sur les feuilles. Les taches peuvent être circulaires ou irrégulières et peuvent avoir un centre plus foncé.
- **Nécrose des tissus:** Les tissus infectés peuvent présenter des lésions nécrotiques, qui apparaissent généralement sous forme de taches brunes ou noires sur les feuilles, les tiges, les racines ou les fruits.
- **Pourriture des racines et destiges:** *Fusarium* sp. peut provoquer une pourriture des racines et des tiges, ce qui affaiblit la plante et peut entraîner un effondrement de la structure de la plante.

- **Décoloration des tissus:** Les tissus infectés peuvent présenter une décoloration anormale, qui peut varier en fonction de l'espèce de *Fusarium* et de l'hôte végétal infecté.
- **Réduction de la croissance et de la production:** Les infections par *Fusarium* sp. peuvent entraîner une réduction de la croissance des plantes, une diminution de la production de fruits ou de graines, et une diminution de la qualité des produits récoltés.

Certains *Fusarium* sp. peuvent causer des symptômes spécifiques à l'espèce et à l'hôte.



Figure 15: Jaunissement des tissus foliaires causés par *Fusarium* sp. (Canna research, 2020)



Figure 16: Brunissement vasculaire causée par *Fusarium oxysporum*



Figure 147: Pourriture causée par *Fusarium* sp. avec cavité interne recouverte de mycélium (GRAVOUEILLE, s.d)

II.1.7. Facteurs favorisant le développement de *Fusarium* sp.

Le développement de la fusariose est favorisé par des conditions chaudes et humides. Les autres facteurs qui peuvent favoriser la maladie sont:

- **Sol mal drainé:** Les sols mal drainés retiennent l'eau, ce qui favorise la croissance du champignon.
- **Les blessures aux plantes,** causées par des insectes, des animaux ou des outils de jardinage, peuvent créer des points d'entrée pour le champignon.
- **Excès d'azote:** Un excès d'azote dans le sol peut favoriser la croissance du champignon.
- **Semences infectées:** la semence est un principal vecteur de transmission de la fusariose
- **Rotation des cultures inadéquate:** La plantation de la même culture au même endroit année après année peut augmenter la population du champignon dans le sol.

II.2. Généralité sur *Phoma* sp.

Phoma est un genre cosmopolite de champignons coelomycètes. De nombreuses espèces ont été signalées dans une large gamme d'hôtes, des substrats, en particulier comme agents pathogènes des plantes, ainsi que des espèces terrestres mais principalement saprophytes et opportunistes ont également été isolés. Jusqu'à présent, près de 2000 espèces de *Phoma* ont été signalées dans le monde (BOEREMA et al., 2004).

II.2.1. Historique du genre *Phoma*

Les premières traces du *Phoma* remontent au XVIIIème siècle, avec des descriptions de maladies fongiques sur des plantes en Europe. Au cours du XIXème siècle, les observations se multiplient dans diverses régions du monde, notamment en Amérique du Nord et en Australie.

Il a été conceptualisé au XIXème siècle par le mycologue italien Pier Andrea Saccardo (1880), et presque 100 ans plus tard, des mises à jour ont été apportées à la définition et à la classification du genre par BOEREMA et BOLLEN (1975). Plus de 220 espèces ont été officiellement reconnues dans le manuel, « *Phoma* Identification Manual », de BOEREMA et al., (BOEREMA., BOLLEN, 1975), dont l'identification est déterminée par des caractéristiques morphologiques, comme la formation de conidies (spores asexuées), de pycnides (fructifications asexuées) (BOEREMA., et al., 2004).

En Algérie, les premières mentions du *Phoma*, datent de la fin du XIXème siècle et du début du XXème siècle, principalement dans les régions de cultures céréalières. Des études menées dans les années 1920 ont identifié *Phoma herbarum* comme un agent pathogène causant des taches foliaires et des nécroses sur le blé et l'orge.

II.2.2. Gamme d'hôte

La gamme d'hôtes du champignon *Phoma* comprend diverses cultures et plantes comme par exemple:

Céréales: Blé, orge, avoine, maïs

Légumineuses: Pois, haricots, lentilles

Cultures maraîchères: tomates, pommes de terre, aubergines, poivrons

Fruits: Pommes, poires, pêches, agrumes

Arbres forestiers: Chênes, hêtres, peupliers

En Algérie, le *Phoma* est associé à des maladies fongiques touchant principalement les légumineuses alimentaires telles que le pois chiche, où le champignon *Aschochyta rabiei* (aussi appelé *Phoma rabiei*) est l'agent pathogène, attaquant les parties aériennes de la plante.

De plus, la gangrène de la pomme de terre, causée par le champignon *Phoma exigua* var. *foveata* et *Phoma exigua* var. *exigua*, est une maladie importante affectant les tubercules de pomme de terre, se propageant par la terre contaminée adhérant au tubercule et pénétrant par les blessures lors de la récolte (BOEREMA., et al., 2004).

II.2.3. Taxonomie

Il est important de noter que la taxonomie du genre *Phoma* est un sujet complexe et qui a subi des révisions au fil du temps. Actuellement, *Phoma* est considéré comme un genre anamorphe. La phase sexuée (téléomorphe) de *Phoma* peut appartenir à différents ordres, notamment *Pleospora*, *Didymella*, et *Leptosphaeria* (DO AMARAL et al., 2004).

Ce champignon est classé comme suit:

Règne :	Fungi
Division:	Deuteromycotina
Ordre:	Sphaeropsidales
Famille:	Sphaerioidaceae
Genre :	<i>Phoma</i> sp.(Sacc., 1880)

II.2.4. Principaux symptômes de la gangrène de la pomme de terre:

La gangrène est une pourriture sèche du tubercule qui est principalement provoquée par le champignon *Phoma exigua* var. *foveata* (variété la plus agressive) mais aussi par *Phoma exigua* var. *exigua*.

Initialement, ces lésions sont de forme ronde, foncées et légèrement déprimées, et elles ressemblent souvent à la trace d'un pouce. Ces taches sont souvent situées au niveau de blessures, des yeux, des lenticelles ou du talon du tubercule. À mesure qu'elles se développent, elles noircissent et se creusent avec un bord dentelé irrégulier. Le tissu pourri est généralement de couleur brune ou noire avec un espace bien défini entre le tissu sain et le tissu malade.

La coupe d'un tubercule atteint montre une pourriture sèche de couleur brun foncé, avec le développement de pycnides (structures de fructification du champignon) dans les cavités existantes. Les cavités sont généralement bordées de mycélium mauve, jaune ou blanc. (ROUSSELLE, 1996).

Le champignon se conserve dans le sol de manière saprophyte et peut se propager par la terre contaminée adhérant aux tubercules lors de la récolte. Les locaux de conservation et le matériel peuvent être aussi des sources de contamination. Le champignon peut également se répandre par aérosols en période de pluie. Les attaques en végétation passent souvent inaperçues et ne provoquent qu'un jaunissement prématuré du feuillage. Des pycnides noires peuvent apparaître à la base des tiges en fin de végétation ou après le défanage (HOOG et *al.*, 2000).

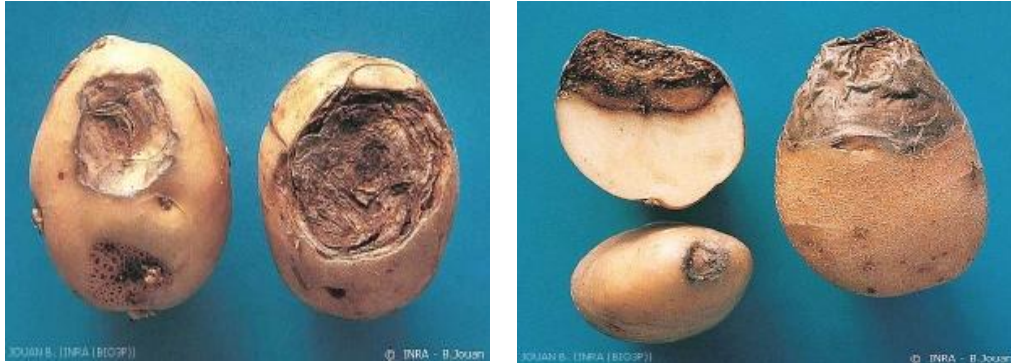


Figure 158: Symptômes de *Phoma* sp sur tubercule de pomme de terre. (INRA, 2014).

II.2.5. Caractéristiques des *Phoma* sp.

II.2.5.1. Caractéristiques macroscopiques des *Phoma* sp.

Les colonies de *Phoma* se développent rapidement. Elles sont plates, étalées, poudreuses à veloutées et souvent en grande partie submergées dans le milieu. De face, la couleur est initialement blanche et devient plus tard gris olive avec une teinte occasionnelle de rose. Au revers, il est brun foncé à noir.

Certaines espèces (en particulier *Phomacruris-hominis* et *Phomaherbarum*) produisent un pigment diffusable rougeâtre-pourpre à brun jaunâtre (LARONE, 1995).

II.2.5.2. Caractéristiques microscopiques des *Phoma* sp.

Les hyphes septés, les pycnides, les conidies et les chlamydo-spores (pour certaines espèces seulement) sont visualisés. Les hyphes sont hyalins à bruns, les pycnides sont de grandes fructifications asexuées, rondes à pyriformes, de 70 à 100 µm de diamètre.

Ils sont de couleur foncée et portent des phialides à leur doublure intérieure.

Les pycnides ont une à plusieurs ouvertures (ostioles) sur leur surface d'où les conidies sont libérées à l'extérieur.

Les conidies sont unicellulaires, hyalines et ovales. Certaines espèces de *Phoma* produisent des chlamydo-spores brunes qui sont disposés individuellement ou en chaînes.

II.3. *Alternaria* sp.

Alternaria sp. est un genre de champignons filamenteux, Deutéromycètes de la famille des Pleosporaceae. Ce genre renferme un grand nombre d'espèces parasites ou saprophytes, généralement isolé des plantes, du sol, de la nourriture et de l'air intérieur. La production de pigment ressemblant à la mélanine est l'une de ses principales caractéristiques. Il comprend plusieurs espèces phytopathogènes causant des maladies fongiques chez de nombreuses plantes. (WALLROTH, 1816).

II.3.1. Origine

Le genre *Alternaria* a été décrit pour la première fois en 1817, par le botaniste allemand Christian Gottlieb Ehrenberg dans son ouvrage "Flora Carniolica" qui a décrit une espèce sous le nom de *Cladosporium alternatum*. Cette espèce est aujourd'hui connue sous le nom d'*Alternaria alternata*, l'espèce la plus commune et étudiée du genre. Au fil du temps, de nombreuses espèces ont été découvertes et décrites, élargissant ainsi la classification du genre. (Kumari, 2020).

En Algérie les travaux de Faurel (1956) ont mentionné la présence d'*Alternaria tenuissima* sur du blé dur (*Triticum durum*), suggérant qu'il pourrait s'agir de l'une des premières espèces d'*Alternaria* identifiées dans le pays. Les travaux de Jacquot et Lucas (1964) décrivent la présence d'*Alternaria citri* sur des citronniers (*Citrus limon*), indiquant que cette espèce était également présente dans le pays au cours des années 1960. Alors que les travaux de Pouchon et Bolay (1966) ont mentionné la présence d'*Alternaria solani* sur des plants de tomate (*Solanum lycopersicum*), démontrant que cette espèce était également présente dans le pays au cours des années 1960.

II.3.2. Taxonomie

Le genre *Alternaria* est classé dans (Woudenberg, J. H. L., Verkley, G. J. M., Groenewold, R., & Scholten, G. A. 2013) :

Règne:	Fungi
Embranchement :	Ascomycota
Classe :	Dothideomycetes
Ordre :	Pleosporales
Famille:	Pleosporaceae.
Genre :	<i>Alternaria</i>

II.3.3.Morphologie des espèces de *Alternaria*

II.3.3.1.Aspect macroscopique

Alternaria sp. croît rapidement et la taille de la colonie atteint un diamètre de 3 à 9 cm après incubation à 25 °C pendant 7 jours sur gélose au glucose de la pomme de terre. La colonie est plate, duveteuse à laineuse et est couverte d'hyphes grisâtres, courts et aériens dans le temps.

La surface est d'un blanc grisâtre au début qui s'assombrit plus tard et devient noir verdâtre ou brun olive avec une bordure claire. (St-GERMAIN&SUMMERBELL., 1996).

II.3.3.2.Aspect microscopique

Les hyphes d'*Alternaria* sp. sont septés, à hyphes bruns. Les conidiophores sont également septés de couleur brune. Ils portent de grandes conidies simples ou ramifiées (7-10 x 23-34 µm) qui ont des septations transversales et longitudinales. Ces conidies peuvent être observées individuellement ou dans des chaînes acropétales et peuvent produire des tubes germinaux. Ils sont ovoïdes à obclavés, foncés, muriformes, lisses ou rugueuses. L'extrémité du conidium le plus proche du conidiophore est rond tandis qu'elle se rétrécit vers l'apex. Cela donne l'apparence typique du bec. (Collier., 1998).

II.3.4. Gamme d'hôtes

Le genre *Alternaria* sp., regroupe des champignons pathogènes ubiquistes caractérisés par une large gamme d'hôtes affectés, incluant des plantes cultivées, des arbres, des arbustes, des herbes sauvages et des fruits. Cette diversité d'hôtes reflète la capacité d'adaptation remarquable d'*Alternaria* sp. à différents environnements et conditions de croissance.

Sur cultures fruitières, *Alternaria* sp. affecte une large gamme de fruits, tels que les pommes, les poires, les pêches, les nectarines, les prunes, les cerises, les agrumes, les fraises, les framboises, les mûres, les kiwis, les raisins et les bananes. Les pêchers, nectarines, pruniers sont également touchés par ces agents pathogènes.

Sur cultures légumières; les légumes couramment touchés par *Alternaria* sp. incluent les tomates, les pommes de terre, les aubergines, les poivrons, le haricots, les pois, les laitues, les épinards, les carottes, le céleri et les oignons.

Sur cultures céréalières : le blé, l'orge, le seigle et l'avoine sont les hôtes importants d'*Alternaria* sp., causant des maladies telles que la tache brune.

Sur cultures oléagineuses : le tournesol, le coton et le soja sont également sensibles aux infections par *Alternaria* sp., entraînant des pertes de rendement et une dégradation de la qualité des graines.

Sur cultures ornementales : de nombreuses plantes ornementales, y compris les roses, les chrysanthèmes, les lys, les hortensias et les azalées, peuvent être affectées par *Alternaria* sp., causant des taches foliaires, des flétrissures et des nécroses.

Sur les espèces forestières; *Alternaria* sp. peut infecter diverses espèces d'arbres, telles que les chênes, les érables, les peupliers, les saules et les conifères, provoquant des taches foliaires, des chancre et des nécroses des rameaux. (Mosch, W.H.M., Mool, J.C. 1975)

II.3.5.Cycle de vie

Malgré les différences taxonomiques et pathogéniques entre les espèces *Alternaria*, ces dernières provoquent des schémas d'infection similaires (SIMMONS,. 2007).

II.3.5.1. La reproduction asexuée:

La reproduction asexuée est le mode de propagation le plus important chez les espèces d'*Alternaria* sp. Elle implique la formation de conidies, des spores asexuées produites à partir de structures spécialisées appelées conidiophores.

Les conidies libérées dans l'environnement germent en présence d'humidité et de nutriments, donnant naissance à des mycéliums haploïdes.

Le mycélium se développe sur la surface des plantes hôtes et pénètre les tissus végétaux par les stomates, les blessures ou les ouvertures naturelles. Il se propage dans les tissus végétaux, absorbant les nutriments et provoquant des symptômes pathologiques, tels que des taches foliaires, des nécroses et des flétrissures (c'est l'infection).

Le mycélium mature produit de nouvelles conidies sur des conidiophores, perpétuant le cycle de reproduction asexuée en produisant de nouvelles conidies.

II.3.5.2. La reproduction sexuée:

La reproduction sexuée chez *Alternaria* sp. est hétérothallique, ce qui signifie que deux souches compatibles de types sexuels opposés (haploïdes) sont nécessaires pour la formation de gamètes; les mycéliums haploïdes compatibles fusionnent pour former des cellules binucléées (GROVE,. 1914).

II.3.6. Les conditions favorables à la propagation

Alternaria sp. prospère dans des conditions de température modérée à chaude (20-30°C) et une humidité relative élevée (supérieure à 70-80%). Ces conditions sont particulièrement propices à la germination des spores et à la croissance du champignon.

La présence de débris végétaux, tels que les feuilles mortes, les résidus de récolte et les mauvaises herbes, fournissent un substrat favorable à la croissance et à la multiplication d'*Alternaria* sp. Les débris végétaux peuvent également protéger les spores d'*Alternaria* sp., des conditions environnementales défavorables.

Des pratiques agronomiques telles que la monoculture, la densité de plantation élevée et l'utilisation excessive d'engrais azotés peuvent favoriser la propagation d'*Alternaria* sp. en créant des conditions propices à la croissance du champignon et en réduisant la résistance des plantes hôtes. Aussi, une mauvaise rotation des cultures, un drainage inadéquat, une irrigation excessive et une mauvaise gestion des résidus de culture peuvent créer des conditions favorables à la propagation d'*Alternaria* sp. et à l'apparition de la maladie.

La diversité génétique des espèces d'*Alternaria* peut contribuer à leur capacité à s'adapter à différents environnements et à surmonter les obstacles biotiques et abiotiques, favorisant ainsi leur propagation et leur virulence (AGRIO, 2005).

II.4. Les différentes méthodes de lutte contre les maladies phytopathogènes

La lutte contre les différentes maladies causées par *Phoma* sp., *Fusarium* sp., et *Alternaria* sp., regroupe des méthodes préventives et des méthodes curatives.

La lutte préventive; qui consiste à mettre en œuvre des pratiques telles que la sélection de semences saines, l'utilisation de variétés résistantes, la rotation des cultures, le contrôle des mauvaises herbes et la désinfection des outils agricoles.

La lutte curative; englobe un ensemble de différentes méthodes telles que; La lutte physique ou mécanique, la lutte chimique, la lutte biologique et en fin la lutte intégrée.

II.4.1. Lutte intégrée

Le concept de lutte intégrée est défini par l'association d'un ensemble de lutttes. En d'autres termes, c'est la combinaison de la prévention, de la surveillance régulière des cultures, de l'utilisation de variétés résistantes, et de l'évaluation constante de l'efficacité des stratégies mises en place. Dans le cas où la lutte préventive ne donne pas des résultats probants le recours à la lutte biologique et à la lutte chimique devient alors nécessaire.

II.4.2. La lutte chimique

Cette méthode consiste en l'utilisation des produits chimiques pour combattre les ennemis de culture. Elle est la plus utilisée grâce à sa rapidité et son moindre coût. Le choix du produit est déterminé par la nature du bioagresseur, l'espèce de la plante hôte, et le site d'infection... etc. elle représente néanmoins plusieurs inconvénients comme le risque élevé de résistance fongique, ainsi que la toxicité potentielle pour l'environnement et la santé humaine.

Le traitement contre *Fusarium sp* se fait après la récolte avec un fongicide à base (Thiabendazole + Imazalil).

Le traitement vis-à-vis de *Phoma sp.* requière l'utilisation de fongicides, en particulier les benzimidazoles, qui sont fortement recommandées contre les espèces de ce genre.

Le traitement de *Alternaria sp.*, se fait par certains fongicides utilisés contre le mildiou qui présentent également une efficacité contre remarquable vis-à-vis de l'alternariose, comme les dithiocarbamates ou le chlorothalonil.

II.4.3. La lutte biologique contre les phytopathogènes

La lutte biologique dans le cadre de la phytopathologie est un événement qui se passe naturellement. On parle de la capacité qu'un organisme a à synthétiser des composés qui vont agir comme inhibiteurs de croissance d'un autre organisme. Elle se définit par l'évaluation de la capacité qu'ont les composés de certaines plantes à lutter contre les maladies. Ce qui a incité les chercheurs à extraire les métabolites secondaires (tanins, flavonoïdes, huiles essentielles...) de ces plantes et les essayer dans le cadre de la lutte biologique.

Cette méthode de lutte est efficace et réduit le facteur de pollution causé par les produits chimiques. Notre projet s'inscrit dans ce contexte. Nous avons choisi d'essayer les huiles essentielles de *Calaminthanepeta* pour inhiber la croissance de *Fusarium sp.*, *Phoma sp.* et *Alternaria sp.*

III. *Calamintha nepeta*

III.1. Origine de la plante

La *Calamintha nepeta*, est une plante vivace aromatique appartenant au genre « *Calamintha* » de la famille des Lamiacées. Originaires du pourtour méditerranéen, d'Europe et d'Asie Occidentales, cette plante pousse dans des lieux incultes, en sous-bois clairs ou en lisières de forêts, jusqu'à 1500 mètres d'altitude. Son nom vient du grec ancien « Kaláminthos », signifiant "sorte de menthe". Les calaments offrent une floraison légère et vaporeuse, avec des fleurs tubulaires de couleurs variées, mellifères et charmantes. (Dioscorides, 2000).

III.2. Histoire et utilisations traditionnelles en Algérie

L'utilisation de *Calamintha nepeta* également connue sous le nom « nabta » en Algérie, remonte à des temps anciens. Les populations locales l'ont traditionnellement utilisée pour ses applications thérapeutiques en tant qu'antibactérien, tonique, stimulant, etc. En plus de ses usages médicaux, *Calamintha nepeta* est également utilisée comme condiment culinaire en Algérie. (Meddour, 2018).

III.3. Nomenclature et taxonomie

Calamintha nepeta a porté plusieurs appellations ou synonymes:

Satureja nepeta (L.) Scheele

Clinopodium nepeta (L.) Kuntze

Melissa nepeta (L.) Benth.

Nepeta glandulosa Lam.

Nepeta nepeta (L.) Karst.

Satureja glandulosa (Lam.) Briq.

Thymus nepeta (L.) Schreb.

Calamintha grandiflora (L.) Moench

Selon la nouvelle nomenclature, cette plante est nommée *Calamintha nepeta* (L.) Savi (DOBIGNARD et CHATELAIN, 2013). Elle portera ce nom pour tout ce document.

Selon SPICHIGER (2019), elle est classée comme suit:

Règne ;	Plantae
Embranchement :	Spermaphytes
Sousembanchement :	Angiospermes
Classe :	Astéridées
Sousclasse :	Astéridées II
Ordre :	Lamiales
Famille :	Lamiaceae
Genre :	<i>Satureja</i>
Espèce :	<i>Calamintha nepeta</i>

III.4. Description de la plante

Les calaments appartiennent aux sous genres: *Acinos*, *Micromeria*, *Clinopodium* et *Calamintha*, qui sont regroupés au sein du même genre *Satureja*. Elle est adaptée aux sols secs, calcaires, et aux climats méditerranéens.

Calamintha nepeta est une plante spontanée en Algérie, elle se ressème facilement dans les jardins des différentes régions du nord algériens, si le sol est bien drainé. Sa végétation persiste parfois l'hiver dans les régions à hiver doux, formant un petit coussin bien net. Les tiges minces de la *Calamintha nepeta* s'allongent et se ramifient pour composer une belle touffe, avec des fleurs délicates et charmantes qui éclosent de juin à octobre, offrant un spectacle subtil mais agréable. (Simonpoli, 1993).

III.5. Morphologie

Calaminthanepeta, est une plante vivace aromatique appartenant à la famille des Lamiaceae, elle ne dépasse généralement pas 60 cm de hauteur et dégage un parfum mentholé caractéristique. Elle se distingue par :

Ces feuilles sont opposées, simples, ovales à elliptiques, et généralement recouvertes de poils fins, de couleur vert sombre de 4 cm de long.

Ses fleurs sont souvent violettes ou roses, regroupées en faux verticilles à l'extrémité des tiges.

Les tiges sont généralement quadrangulaires, molles et velues.

La plante développe généralement un système racinaire fibreux peu profond. (LAWRENCE, 2006).



Figure 16: *Calamintha nepeta* (TERVADO, s.d)

III.6. La composition chimique et propriétés

Calamintha nepeta à révéle dans sa composition complexe. La présence de divers composés bioactifs ayant prouvé leur efficacité dans le contrôle des maladies fongiques et bactériennes. Elles sont utiles pour lutter contre les infections. Ces composés pourraient être utilisés en agriculture, dans la lutte contre les champignons phytopathogènes. (STRZEMSKI, et al., 2013).

Voici quelques-uns des composés chimiques de l'huile essentielle de cette plante et leur potentiel d'utilisation dans la lutte antifongique:

- **Des composés volatils** tels que le Thymol, le Carvacrol, le linalol, le géraniol, le p-cymène et le Camphène, perturbent la membrane cellulaire des champignons, inhibant leur croissance et leur reproduction.
- **Composés phénoliques** : Tels que l'acide rosmarinique et l'acide caféique, inhibent des enzymes clés impliquées dans le métabolisme des champignons et perturbent leur cycle de vie.
- **Flavonoïdes:** L'apigénine, la lutéoline et la rutine, ont des propriétés antioxydantes et antifongiques. Ils neutralisent les radicaux libres produits par les champignons et protègent les plantes des dommages cellulaires.
- **Tanins:** Les tanins, comme l'acide gallique et l'acide catéchique, ont des propriétés astringentes et fongicides. Ils précipitent les protéines des parois cellulaires des champignons, les rendant plus fragiles.

Des études précédentes ont montré que les extraits de *Calaminthanepeta* ont une activité antifongique significative contre des champignons phytopathogènes tels que *Botrytis cineria*, *Fusarium oxysporum*. et *Phytophthora infestan*.(SKOULA et al., 2002).

Partie Experimentale

I. Matériel et méthodes

I.1.Objectif du travail

L'étude vise à évaluer l'activité antifongique des extraits de *Calamintha nepeta* contre trois champignons pathogènes majeurs: *Phoma* sp, *Fusarium* sp, et *Alternaria* sp.

L'extraction de l'huile essentielle de la plante (*Calamintha nepeta*) a été faite au niveau du laboratoire de Biochimie, alors que l'expérimentation a été réalisée au laboratoire de phytopathologie, au niveau du département d'Agronomie à l'université Abd El Hamid Ibn Badis de Mostaganem.

I.2.Matériel biologique

I.2.1.Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué des parties aériennes sèches de l'espèce *Calamintha nepeta* (feuilles et tiges). La quantité obtenue était de 567g achetée du marché de Sidi ali le 08 mars 2024.

I.2.2. Matériel fongique

Le matériel fongique utilisé est composé de trois espèces différentes, *Fusarium* sp, *Phoma* sp isolé à partir tubercules de pomme terre et *Alternaria* sp isolé à partir de fruit de tomate.

I.3.Méthodes utilisées

I.3.1.Isolement

Les isolats de *Fusarium* sp, *Phoma* sp, utilisées dans cette étude ont été préalablement isolés à partir des tubercules de pomme de terre. Après purification des isolats ces derniers ont été conservés sur milieu PDA incliné, au laboratoire de protection des végétaux.

Pour *Alternaria* sp., l'isolement a été fait à partir de fruit de tomate. Après rinçage de ces derniers, des petits fragments de chaque organe endommagé sont prélevés à l'aide d'une pince dans de l'eau de javel à 2% pendant cinq minutes. Les fragments sont ensuite rincés abondamment avec de l'eau distillée stérile dans trois bains successifs, afin d'éliminer les résidus de l'eau de javel. Après séchage, les fragments sont mis aseptiquement dans des boîtes de Pétri stériles contenant le milieu PDA, et incubées à 25 °C jusqu'à ce que le développement mycélien et sporulation soit complète.

I.3.2.Repiquage de l'isolat

Afin de préparer les isolats pour les tests de pathogénicité et antifongique nous avons fait des repiquages des trois champignons par les étapes suivantes:

- Préparation du milieu PDA puis répartition de ce dernier dans des boites de Pétri à raison de 15 ml par boite.
- L'ensemencement est réalisé avec des explants de 5 mm de diamètre prélevés de la périphérie d'une culture âgée d'environ 7 jours.
- Ces échantillons sont déposés au centre de la boite de Pétri dans des conditions aseptiques pour éviter toute contamination de l'isolat. Les boites sont incubées à 25°C.

I.3.3.Test de pathogénicité

Le but de ce test est de vérifier la pathogénicité des isolats, par l'observation des symptômes après leur inoculation sur leur plante hôte. Le but est de reproduire les symptômes observés sur les plants attaqués ayant servi à l'isolement.

Les tests ont été effectués sur des tubercules de pomme de terre pour *Fusarium* sp. et *Phoma* sp. et sur la tomate pour *Alternaria* sp. Pour cela nous avons déposés des fragments des champignons (mycéliums portants des spores) de chaque champignon sur son hôte respectif. D'autre part des hôtes sains, ont servi de témoin pour ce test.

I.3.4. L'extraction et conservation de l'huile essentielle

L'extraction de l'HE a été réalisée dans le laboratoire de Biochimie à l'Université de Mostaganem à l'aide d'un dispositif d'entraînement à la vapeur d'eau. Cela en triant et nettoyant 567 g du matériel végétal qui ont été placés sur une grille métallique et introduit dans une cocotte minute contenant de l'eau. Cet ensemble est porté à ébullition pendant deux heures et les huiles essentielles sont entraînées à la vapeur d'eau (Figure 24). Après condensation et liquéfaction, l'huile surmontant l'eau (non miscible) est séparée de l'eau et récupérée dans un tube gradué dans laquelle la décantation a été effectuée. Après extraction, le volume d'huile essentielle obtenu a été mesuré puis conservé dans un flacon hermétique (couvert avec du papier d'aluminium) dans un réfrigérateur jusqu'à son usage pour les tests biologiques.

I.3.5. Détermination de rendement de l'HE

Selon la norme AFNOR (1986), le rendement en HE est défini comme étant le rapport entre la masse de l'HE obtenue après l'extraction et la masse de la matière végétale utilisée.

Le rendement est exprimé en pourcentage par la formule suivante :

$$\mathbf{RHE\% = \frac{MHE}{Mv} \times 100}$$

RHE : Rendement en Huile Essentielle en %.

MHE : Masse d'huiles essentielles récupérées en gramme (g).

Mv : Masse du matériel végétal en gramme (g).

I.3.6. Evaluation de l'activité antifongique de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* vis-à-vis de *Fusarium* sp., *Phoma* sp. et *Alternaria* sp.

1.3.6.1. Evaluation de l'activité antifongique « in vitro » :

a) Préparation des milieux de cultures

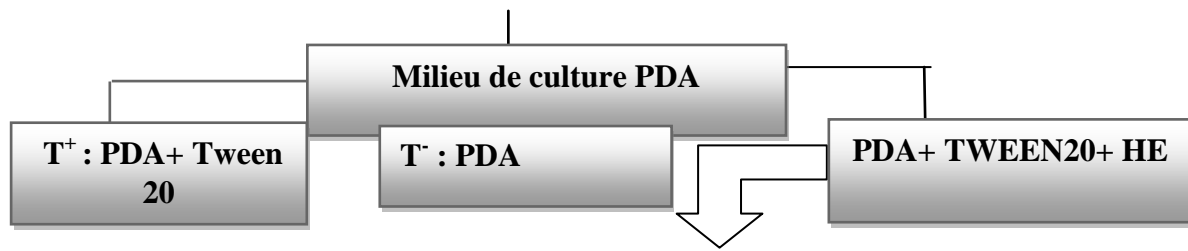
Le milieu utilisé pour le repiquage du champignon est le PDA. Compte tenu de la non miscibilité des huiles à l'eau et par conséquent au milieu de culture, une mise en émulsion de cette huile a été réalisée par le tween 20 afin d'obtenir dans le milieu une répartition homogène des composés à l'état dispersé (Satrani et *al.*, 2001).

Six concentrations différentes (1%, 0.5%, 0.25%, 0.125%, 0.06%, 0.03%) de l'HE de *Calamintha nepeta* avec du tween 20 sont incorporées dans 50 ml de PDA pour obtenir trois boîtes de petri contenant approximativement 15 ml pour chaque concentration. Il s'agit de la méthode de contact direct qui permet la mise en évidence de l'activité antifongique (Fandohan, 2004).

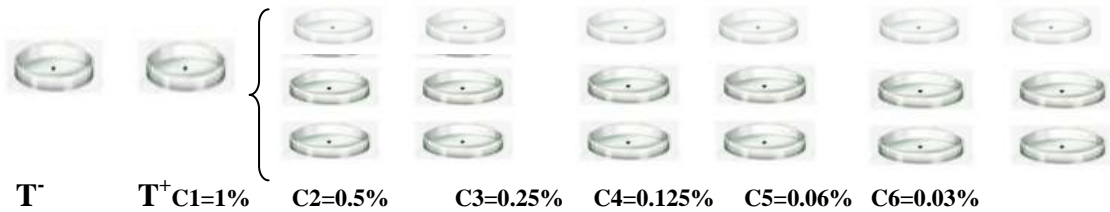
b) Technique de repiquage

A l'aide d'une pipette pasteur stérile, un fragment de culture fongique de 5mm de diamètre a été découpé à partir d'une culture mycélienne âgée de chaque champignon, puis a été déposé au centre de la boîte de Pétri. Pour chaque concentration, trois répétitions sont préparées pour les trois champignons. Deux témoins l'un positif (PDA avec du tween) et l'autre négatif (PDA) ont été retenus pour chaque champignon.

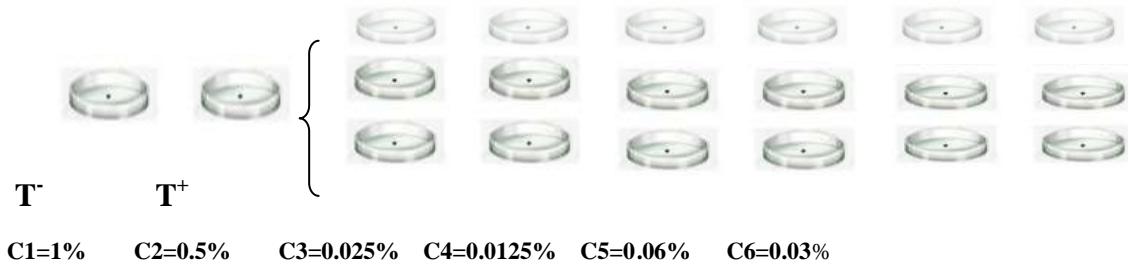
Les boîtes de Pétri sont ensuite fermées hermétiquement et incubées à 25°C. Des mesures quotidiennes de diamètre des colonies ont été effectuées pour chaque concentration afin d'évaluer la croissance mycélienne, la vitesse de croissance et le taux d'inhibition des isolats étudiés. Les mesures sont prélevées jusqu'au remplissage totale de l'une des boîtes.



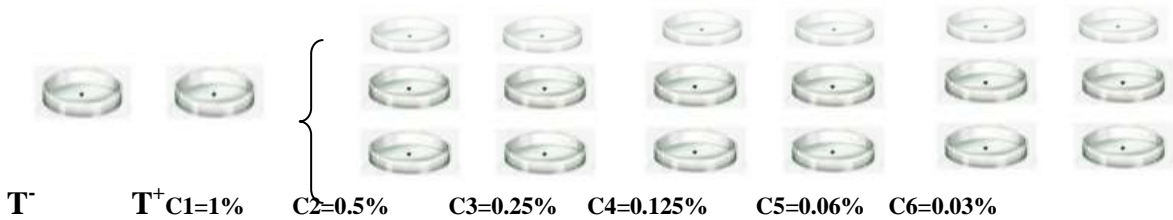
Activité antifongique de l'HE de la plante *C.nepetasur Fusarium sp.*



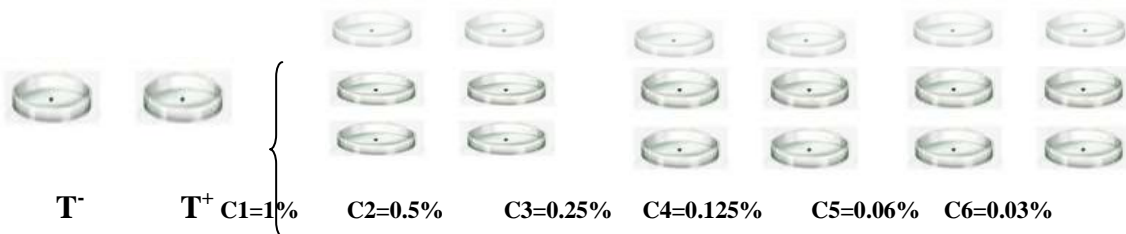
Activité antifongique de l'HE de la plante *C.nepetasur Phoma sp1.*



Activité antifongique de l'HE de la plante *C.nepetasur Phoma sp2.*



Activité antifongique de l'HE de la plante *C.nepetasur Alternaria.spp*



Incubation a 25°C et observation

Figure 26: Protocole expérimental de l'activité antifongique des HE de *Calamintha nepeta* sur les champignons *Fusarium sp.*, *Phomaspl1* et *Phoma sp2* et *Alternaria sp.*

c) Evaluation de la croissance mycélienne

La croissance mycélienne a été évaluée toutes les 24 heures en mesurant la moyenne de deux diamètres perpendiculaires passant par le milieu de l'explant mycélien. Trois répétitions ont été effectuées pour chaque concentration de *Fusarium spp.* et *Alternaria spp.* et deux répétitions pour *Phoma spp.* La lecture est réalisée en comparaison avec les cultures témoins qu'ils ont démarrés le même jour et dans les mêmes conditions. La technique employée pour le calcul de la croissance mycélienne est celle décrit par BREWER (1960), qui consiste à mesurer la croissance linéaire et diamétrale des colonies en les appliquant à la formule suivante :

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

L : croissance mycélienne

D : diamètre de la colonie

d : diamètre de l'explant (0.5cm)

d) Taux d'inhibition de la croissance mycélienne (TI%)

Les résultats obtenus à partir de l'estimation de la croissance mycélienne sont aussi exprimés en taux d'inhibition par rapport à la croissance mycélienne du témoin. La technique consiste à mesurer les diamètres des différentes colonies de champignons après le temps d'incubation requis puis résoudre l'équation.

$$TI (\%) = \frac{(dC - dE)}{dC} 100x$$

TI (%) = Taux d'inhibition exprimé en pourcentage

dC = Diamètre de colonies dans les boîtes « témoins positifs »

dE = Diamètre de colonies dans les boîtes contenant l'extrait de plante

L'huile essentielle est dite:

- Très active lorsqu'elle possède une inhibition comprise entre 75 et 100 %; et l'isolat fongique est dit très sensible.
- Active lorsqu'elle possède une inhibition comprise entre 50 et 75 %; l'isolat fongique est dit sensible;
- Moyennement active lorsqu'elle possède une inhibition comprise entre 25 et 50%; l'isolat fongique est dit limité.
- Peu ou pas active lorsqu'elle possède une inhibition comprise entre 0 et 25%; l'isolat fongique est dit peu sensible ou résistant.

e) Evaluation de la vitesse de croissance mycélienne

La vitesse de la croissance mycélienne est obtenue dans la formule suivant:

$$V = \frac{(L2 - L1) + (L3 - L2) + (L4 - L3) + \dots \dots (Ln - 1 - Ln)}{n - 1}$$

Où :

V = Vitesse de croissance (mm/j).

L = Croissance mycélienne (mm).

L1= Croissance mycélienne au 1er jour.

Ln= Croissance mycélienne du dernier jour.

n = Nombre de jours durant le test

f) Evaluation de la sporulation

La même méthode été estimée pour les trois champignons qui consiste à gratter dans 10 ml d'eau distillée stérile la culture du dernier jour des différentes boites du test. Après agitation et filtration sur mousseline fine stérile, afin de retenir les fragments mycéliens, la numération des spores se fait à l'aide d'une cellule de Mallassez sous microscope optique.

Le pourcentage d'inhibition de la sporulation (Pis%) par rapport au témoin, est calculé selon la formule suivante:

$$PIs\% = [(N0 - NC) / N0] \times 100$$

PIs : pourcentage d'inhibition de la sporulation (%)

N0 : nombre de spores estimées chez le témoin

NC : nombre de spores estimées en présence de l'extrait

g) Détermination des concentrations minimale inhibitrices (CMI)

La CMI représente la plus faible concentration d'HE inhibant toute croissance visible à l'œil nu après l'incubation (Bassole et *al.*, 2001). Les boites de Pétri dont les concentrations ayant montré une absence totale de la croissance mycélienne ont été sélectionnées pour déterminer les concentrations minimales inhibitrice.

I.3.6.2. Evaluation de l'activité antifongique « in vivo »:

Dans un bécher nous avons remplie 9 ml d'eau distillée stérile, puis à l'aide d'une seringue, nous avons ajouté 1 ml d'huile essentielle. Les tubercules de pomme de terre et les fruits de tomate ont été baignés dans cette solution pendant 15 mn, avant d'être inoculé par des explants des champignons testés.

Résultats et interprétations

II. Résultat et interprétations

II.1. Etude de l'aspect macroscopique et microscopique des isolats

II. 1.1. *Phoma* sp.

a) Etude macroscopique

L'étude macroscopique des isolats présents sur milieu de culture (PDA) a permis de visualiser le morphotype 'cotonneux' avec les variabilités de la couleur entre blanc et rose violacée (deux aspects). Les colonies sont denses et possèdent une bordure souvent diffuse. Le mycélium est cotonneux et très abondant.

b) Etude microscopique

Les observations microscopiques des isolats de *Phoma* sp. sur milieu PDA, nous montrent la présence des hyphes mycéliens septés et d'un type de spore pour chaque aspect. Les spores de l'aspect violacée sont oblongues (allongées) alors que ceux de l'aspect blanc sont d'une forme globuleuse. Nous remarquons également la présence de pycnides et de chlamydospores.

II. 1.2. *Fusarium* sp.

a) Etude macroscopique

La colonie est de type cotonneux dense et possède une bordure souvent diffuse et très abondante.

b) Etude microscopique

L'étude microscopique montre la présence de macroconidies typiques multicellulaires, hyalines, fusiformes (en forme de canoé)

II. 1.3. *Alternaria* sp.

a) Etude macroscopique

La colonie est de type duveteux, avec une croissance cotonneuse d'un vert foncé olivâtre

b) Identification microscopique

Les conidies sont cloisonnées longitudinalement et transversalement. Elles ont une forme ovale de couleur jaunâtre à brune foncée.

II.2. Test de pathogénicité

II.1.1. Test de pathogénicité des espèces de *Phoma* sp. et *Fusarium* sp. sur tubercule de pomme de terre.

15 jours, après l'inoculation de *Fusarium* sp., de *Phoma* sp1 et *Phoma* sp. sur tubercules de pomme de terre, une notation des symptômes est effectuée. Nous avons remarqué la présence de colorations blanches à la surface des blessures provoquées. Après avoir effectué une coupe transversale des nécroses brunes sont exposées.

Nous avons relevé les mêmes symptômes pour les deux espèces de *Phoma*. Nous avons remarqué également que les pourritures fusariennes sont généralement moins sèches que celles provoquées par les *Phoma* sp.

II.1.2. Test de pathogénicité des espèces d'*Alternaria* sp. sur fruit de tomate.

Après une période d'incubation de 15 jours après avoir inoculé *Alternaria* sp. sur les fruits de tomate nous avons remarqué le développement de symptômes caractéristiques de l'infection par *Alternaria* sp. sur tomate, ce sont des taches circulaires noires qui s'étendent progressivement avec formation d'un feutrage grisâtre; les tissus atteints se ramollissent, se décomposent en créant des pourritures sèches.

II.3. Détermination du Rendement d'HE de *C. nepeta*

Les rendements moyens de l'HE de la plante aromatique *Calamintha nepeta* extrait par entraînement à la vapeur a été calculé en fonction de la masse du matériel végétal traité. L'HE a fourni un rendement d'environ d'une couleur vert clair.

II.4. Evaluation de l'activité antifongique "in vitro" de l'huile essentielle de *Calamintha nepeta* sur les quatre champignons phytopathogènes testés.

Les tests ont été réalisés sur les isolats des différents champignons. Les tests ont été arrêtés au neuvième jour, car c'est le jour où nous avons observé le développement complet des champignons dans les témoins.

II.4.1. Evaluation de l'activité antifongique "in vitro" de l'huile essentielle de *Calamintha nepeta* Sur *Phomasp.*

La figure 36, représentent les résultats de l'effet de l'huile essentielle de *Calamintha nepeta* sur la croissance mycélienne de *Phomasp1* et *Phomasp2*, On remarque une réduction nette du diamètre des colonies traitées comparativement aux témoins.

Les Figures 37 et 38, représentent les résultats de la croissance mycélienne pour les deux espèces de *Phomasp.*, sous l'effet de l'huile essentielle de *Calaminthanepeta* on remarque une réduction notable des boîtes traitées à l'huile essentielle aux témoins. L'inhibition a été complète pour les concentrations de 1% et 0.5%.

Pour l'espèce *Phoma sp1*, l'efficacité s'est fait sentir à partir de la dose 0,13%, les concentrations 0,06 % et 0,03 % ont présenté une croissance mycélienne proche de celle des témoins (Figure 37).

De même l'huile essentielle de *Calamintha nepeta* a montré un effet significatif des différentes doses sur la croissance mycélienne de *Phoma sp2*. Les concentrations 0.25 %, 0.125%, 0.06 %, 0.03 % on aussi réussi réduire la croissance mycélienne comparativement aux témoins.

Les Figures 39 et 40, montrent les résultats des vitesses de croissances des deux espèces de *Phoma sp.* sous l'effet de l'huile essentielle de *Calaminthanepeta*. L'analyse des résultats des deux graphiques, montrent que les valeurs de la vitesse de croissance mycélienne des deux champignons diminuent considérablement avec l'augmentation de la

Les Figures 41 et 42, montrent les taux d'inhibitions de la croissance mycélienne de *Phoma sp.1* et *Phoma sp.2.*, sous l'effet des différentes concentrations de l'HE de *Calamintha nepeta*. On remarque que l'efficacité d'inhibitions s'accroît avec la concentration de la dose.

Les résultats de l'inhibition de la sporulation de *Phoma sp.1* et *Phoma sp.2* par l'HE de *Calaminthanepeta* sont représentés sur les Figures 43 et 44. On remarque que les taux d'inhibitions de la sporulation sont proportionnelles à la concentration de l'HE de cette plante. En effet, plus la dose est concentrée plus l'effet d'inhibiteur augmente. Mais cet effet est plus remarquable pour les grandes doses 0.25%, 0.5% et 1% pour *Phoma sp.1*, ainsi que pour les concentrations de 1% et 0.5% pour *Phoma sp.2*.

II.4.2. Evaluation de l'activité antifongique "in vitro" de l'huile essentielle de *Calamintha nepeta* sur *Fusarium* sp.

La figure 45, représente les résultats de l'effet de l'huile essentielle de *Calamintha nepeta* sur la croissance mycélienne de *Fusarium* sp.,

La Figure 46, représente l'effet des différentes concentrations de l'HE de *Calamintha nepeta* sur la croissance mycélienne de l'isolat de *Fusarium* sp.. Les résultats obtenus pendant les 9 jours test, démontrent un effet significatif des différentes doses sur la croissance mycélienne de l'isolat.

Les valeurs de la vitesse de croissance mycélienne de l'isolat de *Fusarium* sp. à différentes concentrations de l'huile essentielle de *Calamintha nepeta*, diminuent considérablement avec l'augmentation de la dose jusqu'à son absence radicale dans les trois grandes concentrations comparativement aux témoins ou la croissance était particulièrement rapide (Figure 47).

La Figure 48, démontre que le taux d'inhibition est inversement proportionnel à la croissance mycélienne c'est-à-dire que l'absence de croissance mycélienne signifie que le taux d'inhibition est de 100 %.

Les résultats des taux d'inhibition de la sporulation de *Fusarium* sp. sous l'effet de l'huile essentielle de *Calamintha nepeta* sont représentés sur la Figure 49.

Les autres doses ont permis une sporulation qui diminue avec l'augmentation des doses de l'HE.

II.4.2. Evaluation de l'activité antifongique "in vitro" de l'huile essentielle de *Calamintha nepeta* sur *Alternaria* sp.

La figure 50, représente les résultats de l'effet de l'huile essentielle de *Calamintha nepeta* sur la croissance mycélienne d'*Alternaria* sp, On remarque une réduction nette du diamètre des colonies traitées comparativement aux témoins.

La Figure 51, représente l'effet des différentes concentrations de l'HE de *Calamintha nepeta* sur des isolats d'*Alternaria* sp. les résultats obtenus montrent un effet inversement proportionnel des doses sur la croissance mycélienne du champignon. En effet, on constate l'efficacité des six (06) concentrations 1%, 0.5 %, 0.25 %, 0.125 %, 0.06 %, 0.03% à réduire la croissance mycélienne. Par ailleurs, la croissance mycélienne des témoins est nettement supérieure.

L'analyse des résultats de la Figure 52, montre que les valeurs de la vitesse de croissance mycélienne de l'isolat d'*Alternaria* sp., cultivée sur le milieu PDA mélangé à différentes concentrations de l'huile essentielle de *Calamintha nepeta*, diminue considérablement avec l'augmentation de la dose comparativement aux témoins où la croissance était particulièrement rapide.

La Figure 53, représente les taux d'inhibitions de la croissance mycélienne d'*Alternaria* sp., sous l'effet des différentes concentrations de l'HE de *Calamintha nepeta*. On remarque une efficacité de l'HE à inhiber la croissance mycélienne, cette efficacité d'inhibitions s'accroît avec la concentration de la dose.

La Figure 54, montre qu'à l'instar de la croissance mycélienne, l'inhibition de la sporulation d'*Alternaria* sp., est proportionnelle à la concentration de l'HE. En effet, plus la dose est concentrée plus l'effet inhibiteur augmente.

Discussion

Chapitre III : Discussion

Les maladies fongiques sont une menace constante pour l'agriculture et la sécurité alimentaire. *Phoma* sp., *Fusarium* sp., et *Alternaria* sp. sont respectivement responsables de des maladies de la pourriture des racines, la fusariose et la tavelure des feuilles, affectant une large gamme de cultures allant des céréales aux légumes. Les plantes médicinales offrent une solution prometteuse en tant que source de composés bioactifs pouvant remplacer ou compléter les traitements conventionnels.

Ce travail vise à évaluer le pouvoir pathogènes des isolats de *Phoma* sp1., *Phoma* sp2., *Fusarium* sp., et *Alternaria* sp. et d'apprécier l'efficacité des extraits de *Calamintha nepeta* sur les quatre champignons testés en conditions in vitro et in vivo.

D'après les résultats du test de pathogénicité on constate que les quatre isolats sont virulent et on a permis l'apparition des symptômes sur les hôtes correspondants.

Notre étude sur la croissance mycélienne pour les deux espèces de *Phoma* sp. (en présence de l'huile essentielle de *Calamintha nepeta*, a montré une réduction de la croissance mycélienne avec l'augmentation de la concentration de l'huile essentielle. De cette façon nous pouvons constater que malgré que les deux champignons soient du même genre, l'efficacité pour les mêmes concentrations est différente.

Ce qui nous permet de conclure qu'il y a une relation entre: la croissance mycélienne, la vitesse de croissance, et le taux de sporulation, c'est-à-dire que l'huile a eu une efficacité sur ces trois paramètres d'évaluation que nous avons choisi d'analyser.

Nos résultats confirment d'autres expérimentations qui ont été déjà faites sur *Alternaria* sp., et *Fusarium* sp., utilisant différentes plantes aromatiques comme *Thymus vulgaris*, *Calamintha nepeta*, etc. Certains ont donné des résultats favorables et d'autres non.

CHELBAB et MIHOUB (2019)), ont réalisé une expérimentation visant à étudier l'activité de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* vis-à-vis d'*Alternaria alternata*, moisissure de blé de stockage non traité. Ses résultats ont révélé un fort pouvoir antifongique, obtenu par la méthode de contact direct relatifs à l'action de différentes concentrations de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* et ont permis de mettre en évidence sa forte activité inhibitrice vis-à-vis du champignon étudié avec une CMI (la concentration minimale inhibitrice, à partir de laquelle, aucune croissance n'est observée à l'œil nu), de 10 µl/ml.

D'autres résultats ont été aussi enregistrés par KHEDIM et BENAJMAIA (2019), en étudiant l'effet antifongique de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* sur trois agents pathogènes *Alternaria* sp., *Colletotrichum* sp. et *Fusarium* sp. et ont montré une

réduction de la croissance mycélienne synchronisée avec l'augmentation de la concentration de l'huile.

Dans son travail, sur la valorisation des activités antibactérienne, antioxydante et fongicide, huiles essentielles et des extraits de *Satureja calamintha*, récolté de deux régions différentes Jijel et Annaba; LABIOD (2016), a remarqué que les huiles des deux zones semblent exercées une bonne activité sur *Aspergillus sp et Fusarium sp* mais l'HE de la région de Jijel le plus efficace. D'après cet auteur l'effet inhibiteur de l'huile essentielle est peut-être dû à leurs teneurs élevés en molécules terpéniques à activité antifongique.

Conclusion

Conclusion

Les plantes médicinales représentent une source inépuisable de substances et composés naturels bioactifs. L'huile essentielle a été extraite des feuilles et tiges séchées de *Calaminthanepeta* par entraînement à la vapeur comme alternative potentielle aux fongicides chimiques dans la lutte contre *Phoma* sp., *Fusarium* sp., et *Alternaria* sp., trois pathogènes fongiques majeurs affectant les cultures de la pomme de terre et tomate.

Les résultats obtenus à travers l'expérimentation « in vitro » et « in vivo » ont été significatifs quant à l'efficacité et aux mécanismes d'action des extraits de cette plante médicinale.

En comparaison avec les fongicides chimiques traditionnels, l'utilisation des extraits de *Calamintha nepeta* présente plusieurs avantages comme la réduction des risques pour la santé humaine et une préservation de la biodiversité des sols et des écosystèmes agricoles. Cela ouvre la voie à leur intégration dans des programmes de gestion intégrée des maladies, contribuant ainsi à une agriculture plus durable et respectueuse de l'environnement.

Cependant, malgré les résultats prometteurs, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour évaluer la stabilité des composés bioactifs dans des conditions agronomiques réelles, et comprendre leur impact à long terme sur les cultures et l'environnement, comme aussi l'accessibilité de la plante.

Références bibliographiques

- Gallais A. et Bannerot H. (1992). amélioration des espèces végétales cultivées objectifs et critères de sélection. INRA éditions.
- Agüero, A., Gil, L., & Vilaró, F. (2011). *Alternaria: Biology, plant diseases and future prospects*.
- Bamberg, J. B. (1994). "The taxonomy of cultivated potatoes." In "The Potato Crop" (pp. 13-40). Springer, Dordrecht.
- BAMOUEH H, 1999. Technique de production la culture de pomme de terre, bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA, N° 58, PP1-15
- BAMOUEH, 1999 : Technique de production de la pomme de terre au Maroc, bulletin
- BELAID Djamel. (Edition 2016). Algérie : la culture de la tomate. Collection Dossiers Agronomiques.
- Bellakhdar, J., Claisse, R., Fleurentin, J., & Younos, C. (1991). Repertory of standard herbal drugs in the Moroccan pharmacopoea. *Journal of Ethnopharmacology*, 35(2), 123-143.
- Benazzouz, M., et al. (2016). "Agronomic performance and water use efficiency of potato varieties grown under drip irrigation in Algerian Sahara." *Agriculture and Biology Journal of North America*, 7(5), 204-212.
- BLANCARD D., 2009 – Les maladies de la tomate, identifier, connaître et maîtriser. Avec la collaboration de H. Laterrot, G. Marchoux et T. Candresse. Editions Quae c/o inra, 679p
- BLANCARD D., 2009 - Les maladies de la tomate. Identifier, connaître, maîtriser. Éditions Quae, Paris, France, 679p.
- Bassole I. H. N., Ouattara A. S., Nebie R., Ouattara, C. A. T. Kabore, Z. et Traore, S.A., 2001. Composition chimique et activités antibactériennes des huiles essentielles des feuilles et des fleurs de *Cymbopogon proximus* (stapf.) et *Ocimum canum* (sim). *Pharm. Méd. Trad. AF*, Vol. II, pp. 37-51
- Boerema G.H., Bollen G.J. 1975. Conidiogenesis and conidial septation as differentiating criteria between *Phoma* and *Ascochyta*. *Persoonia*.; 8: 111–144.
- Boerema G.H., de Gruyter J., Noordeloos M.E., Hamers M.E.C. 2004. *Phoma Identification Manual. Differentiation of Specific and Infra-Specific Taxa in Culture*. CABI Publishing; Wallingford, UK. p. 1–480.
- Bollinger, M. (1970). *Cultures maraichères : solanacées fruits*, 503p
- Bonierbale, M. W., et al. (2016). "From wild potatoes to potatoes: Where, when, and what?" In "Genetic Transformation" (pp. 15-38). Springer, Cham.
- BOUFARES K; 2012 : Comportement de trois variétés de pommes de terre (Spunta, Désirée et Chubaek) entre deux milieux de culture substrat et hydroponique.

- Boumlik., 1995. Systématique des spermaphytes. Edition Office des Publications Universitaire. Ben Aknoun. (Alger) p80.
- Bouregghda, A., et al. (2017). "Genetic diversity of Algerian potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) as revealed by morphological traits and microsatellite markers." *Genetic Resources and Crop Evolution*, 64(5), 1163-1177.
- Bradshaw, J. E., & Ramsay, G. (2005). "Potato genetic resources for food and agriculture." *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, 3(3), 181-187.
- Bruno Bélanger, M. G. (2004, octobre 13). Études de différents systèmes cultureux dans la culture de la pomme de reytterre. Réduire l'utilisation des pesticides. canada.
- Bruno Belanger, M.G. (2004,10.13). rtudes de different systemes cultureux dans la culture de la pomme de terre. Reduire l'utilisation des pesticides. Canada
- Cahagnier B. et Richard-Molard D., 1998. Moisissures des aliments peu-hydratés, les moisissures. Collection sciences et techniques agroalimentaires. Ed. : Lavoisier. p :39- 4
- Campos, H., & Ortiz, O. (2016). "Potato physiology: A systems approach." In "Potato Biology and Biotechnology" (pp. 43-88). Academic Press.
- Campos, H., & Ortiz, O. (2016). "Potato physiology: A systems approach." In "Potato Biology and Biotechnology" (pp. 43-88). Academic Press.
- CHAUX C et FOURY C .,1994 : Productions légumières, T3 éd : tec -doc Lavoisier, Paris, 235p..
- Chebli, B., Sbabou, L., & Belfaiza, M. (2015). Chemical composition and antifungal activity of essential oils of *Calamintha nepeta* (L.) Savi subsp. *glandulosa* (Req.) Ball. collected from Tlemcen (West Algeria). *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(11), 226-230.
- Clancy-Smith, J. A. (2011). "Rebel and Saint: Muslim Notables, Populist Protest, Colonial Encounters (Algeria and Tunisia, 1800-1904)." University of California Press.
- Collier, L., A. Balows, and M. Sussman. 1998. Topley & Wilson's Microbiology and Microbial Infections, 9th ed, vol. 4. Arnold, London, Sydney, Auckland, New York.
- CORBINEAU F., et CORE A., 2006. Dictionnaire de la biologie des semences et des plantules. Ed, Tec et Doc .Lavoisier.226p.
- CULTURES MARGINALISEES : 1492 une autre perspective. (1994). Rome: ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE.
- Cultures marginalises : 1492 une autre perspective. (1994). Rome. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- Deb et all. Phoma diseases: Epidemiology and control. Wiley. Received: 22 August 2019, Accepted: 23 April 2020.15p. Plant pathology. DOI: 10.1111/ppa.13221

Delavie, A. (18.07.2021). Paris cote jardin. Retrieved from Les fruits de la pomme de terre : <https://www.pariscotejardin.fr/202107/les-fruits-de-la-pomme/#google>

Desprez-Loustau, M. L., Marçais, B., Nageleisen, L. M., Piou, D., & Vannini, A. (2006). Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. *Annales des Sciences Forestières*, 63(6), 597-612.

Dioscorides. (2000). *De Materia Medica*. Translated by Lily Y. Beck. Hildesheim: Olms-Weidmann. *Calamintha nepeta*". Plants for a Future. Retire sur: <https://pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Calamintha+nepeta>

Do Amaral A.L., de Carli M.L., Neto J.F.B., Dal Soglio F.K. (2004). Phoma sorghina, a new pathogen associated with Phaeosphaeria leaf spot on maize in Brazil. *Plant Pathol. J.* 2004; 53:259. doi: 10.1111/j.0032-0862.00988.x.

DOBIGNARD, A., & CHATELAIN, C. (2013). Index synonymique de la Flore d'Afrique du Nord. Conservatoire et Jardin botanique de la ville de Genève, Genève

Fandohan, P., Gbenou, J .D et Gnonlofin, B., 2004. Effect of Essential Oils on the Growth of *Fusarium verticilloides* and Fumonisin Contamination in Corn *JAgric Food Chem* 52 pp .6824-6829.

FAO.(2024). Production de la culture de tomate en algerie. Obtenu sur: <https://www.fao.org/countryprofiles/index/en/?iso3=DZA>

g, Y., & Costes, C. (1965). La physiologie de la tomate, étude bibliographique. INRA.111p.

groov *Alternaria*: An overview of a diverse genus.

Grove, W. J. (1914). A Monograph of the Genus *Alternaria*. *Index Fungorum*:<https://www.indexfungorum.org/>

Guégan S., Garcia-Hermoso D., Sitbon K., Ahmed S., Moguelet P., Dromer F., Lortholary O., French Mycosis Study Group Ten-Year Experience of Cutaneous and/or Subcutaneous Infections Due to Coelomycetes in France. *Open Forum Infect. Dis.* 2016;3: ofw106. doi: 10.1093/ofid/ofw106.

GUIGNARD L. ,2000 biochimie végétale. 274p

Haddad, A., & Bouchemal, I. (2018). "Impact des mesures de protection du marché sur la filière pomme de terre en Algérie." *Revue des Régions Arides*, 43(1), 127-138.

Hawkes, J. G. (1990). "The potato: Evolution, biodiversity and genetic resources." Belhaven Press.

Hijmans, R. J., et al. (2003). "Worldwide vulnerability of potato production to climate change." *Global Change Biology*, 19(12), 3670-3685.

Hoog, G. S., J. Guarro, J. Gene, and M. J. Figueras. 2000. *Atlas of Clinical Fungi*, 2nd ed, vol. 1. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht, The Netherlands.

Horton, D.E. (1987) : Potatoes in the Third World. *The Courier* 101, 82 - 84.

Houben Saskia., (2017). Current potato production in Algeria. Wageningen University and wageningeon. Obtrnue sur: <https://doi.org/10.18174/459592>.

Index Fungorum:<https://www.indexfungorum.org/>

Institut Technique Des Cultures Maraichères et Industrielles. ITCMI (2022). <https://itcmi-dz.org/wp-content/uploads/2022/06/TOMATE-IDUSTRIELLE.pdf> (opened/: 22.02.2024)

Keissl, (. (1912). *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. 1912, et autres agents. Consulté le octobre 28, 2021, sur Ephytia: <http://ephytia.inra.fr/fr/C/5328/Tomate-Alternaria-alternata-et-autres-pourritures-noires>

Kherouatou, N., et al. (2019). "Performance of potato varieties under different ecological conditions in Algeria." *Potato Research*, 62(3), 309-321.

Kleinkopf G.E., 1983. Potato in crop-Water relation. TEARE ID: 287-305.

Kumar, A., et al. (2017). "Effects of plastic mulching on yield, water-use efficiency and economics of potato (*Solanum tuberosum* L.) under varying levels of nitrogen and irrigation." *Agricultural Water Management*, 179, 36-43.

Kumari, P.(2020). Identification of collier alternate. *International Journal of Current Microbiology and Applird Science*, 6.

Kwong-Chung K.J., Bennett J.E. *Medical Mycology*. Lea & Febiger; Philadelphia, PA, USA: 1992. pp. 661–662.

La sentinelle. (23.06.2023). tomates saisonnières

Lamarck, J. B. A. P. M. (1786). *Encyclopédie Méthodique: Botanique*. Pancoucke.

Langerfeld, E. (1974) [Identification of *Phoma exigua* var.foveata in rotted potato tubers]. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig)* 26, 163-164.

Larone, D. H. 1995. *Medically Important Fungi – A Guide to Identification*, 3rd ed. ASM Press, Washington, D.C.

Lawrence, B. M. (2006). *Mint: The Genus Mentha*. CRC Press.

Lawrence, D. P., Rotondo, F., Gannibal, P. B., Dugan, F. M., & Salamati, S. (2013).

Lawrence, D.P., Rotondo, F. & Gannibal, P.B. Biodiversity and taxonomy of the pleomorphic genus *Alternaria* . *Mycol Progress* 15, 3 (2016). <https://doi.org/10.1007/s11557-015-1144-x>

Lawrence, D.P., Rotondo, F. & Gannibal, P.B. Biodiversity and taxonomy of the pleomorphic genus *Alternaria* . *Mycol Progress* 15, 3 (2016). <https://doi.org/10.1007/s11557-015-1144-x>

LETOUZEY, R. (1982). *MANUEL DE BOTANIQUE FORESTIERE AFRIQUE TROPICALE*. CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL45 bis, Av. de la Belle-Gabrielle, 94 - Nogent s/Marne.

Livre vert., (s.d). Obtenue sur : <http://www.potager-fleuri-et-compagnie.fr>

Meddour, R., Meddour-Sahar, O., & psi Traditional use of medicinal plants in the region of Oued Righ (Algerian Sahara). *Journal of Ethnopharmacology*, 219, 248-257.

Mosch, W.H.M., Mool, J.C. (1975) A chemical method to identify tuber rot in potato caused by *Phoma exigua* var. *foveata*. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 81, 86-88.

Multilocus genotyping and molecular phylogenetics resolve a novel head blight pathogen within the *Fusarium graminearum* species complex from Ethiopia. *Fungal Genetics and Biology*, 61, 22-34.

Mwaja, V. N., et al. (2018). "Effects of planting method and soil amendment on yield and yield components of Irish potato (*Solanum tuberosum* L.) in Morogoro, Tanzania." *African Journal of Agricultural Research*, 13(42), 2284-2293.

Nees ex Wallroth, 1. (1816). *Alternaria Nees ex Wallroth, 1816*. Consulté le 2023, sur Global Biodiversity Information Facility: <https://www.gbif.org/species/7388975>

Ó Gráda, C. (1999). "The introduction of the potato into Ireland." *The Journal of Economic History*, 59(2), 468-482.

Office national des statistique (Algérie). (2020). Récupéré sur annuaire statistique de l'algérie

Oliveira R.C., Goncalves S.S., Oliveira M.S., Dilkin P., Mallmann C.A., Freitas R.S., Bianchi P., Correa B. Natural occurrence of tenuazonic acid and *Phoma sorghina* in Brazilian sorghum grains at different maturity stages. *Food Chem.* 2017;230:491–496. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.03.079.

Onwueme, I.C. (1978): *The Tropical Tuber Crops*. Chichester, United Kingdom, 234 pages.

OSWALDO, T., 2010 *Hommage à la pomme de terre*. Polycopie Information et communication agricoles. Haute école de santé suisse 11p

Ouyahia, D. (2014). "Food and Algerian society: A historical perspective." In *The Mediterranean in the Age of Globalization: Migration, Welfare, and Borders* (pp. 147-159). Palgrave Macmillan, New York.

Ovchinnikova, A., Krylova, E., Gavrilenko, T., Smekalova, T., Zhuk, M., Knapp, S. and Spooner, D. M. (2011). Taxonomy of cultivated potatoes (*Solanum* section *Petota*: *Solanaceae*). *Botanical Journal of the Linnean Society* 165(2): p.ratboerema107-155.

P.Simonpoli, (1993). In : *Arburi, Arbe, Arbigvliule, savoirs populaires sur les palntes de Corse*. Edit., Parc Naturel Régional de la corse, Ajaccio , pp 72.74.

Phoma Sacc., 1880 in GBIF Secretariat (2023). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2024-06-17.

Pignatti, S. (1982). *Flora d'Italia* (Vol. 3). Edagricole.

Plant Pathology (5th ed.). Elsevier Academic Press.

Polese, Jean-Marie. (2007). La culture de tomate. Editions Artemis. 95 p.

Pomme de terre. (2007, février). Récupéré sur agridea: https://www.bioactualites.ch/fileadmin/documents/bafr/production-vegetale/grandes-cultures/4.4.11-73_Pommes_de_terre.pdf

R.DiehL. (s.d.). Caractéristiques et description des variétés. Station centrale d'Amélioration des Plantes, Versailles., Versailles.

Radio algérienne. (2020). Production et consommation des produits maraicheres en Algerie.

RE Spichiger 2019. Systematic Botany of Flowering Plants A New Phylogenetic Approach of the Angiosperms of the Temperate and Tropical Regions. 1st Edition. <https://doi.org/10.1201/9780429187889>

Rivas, L. M. (2014, Octobre). Alternaria spp. Recuperesur scielo : <https://www.scielo.cl/scienco>.

Rousselle P., Robert Y., Crosnier J C., (1996). La Pomme De Terre – Production, Amélioration, Ennemis Et Maladies, Utilisations. 1 Ed. Paris : INRA Editions. P278.

Salamini, F., & Bonnema, G. (1995). Potato: Genetics, Genomics and Breeding of Crop Plants (Vol. 4). Science Publishers.

Salima K. (13.08.2FDO023). Tomate saisonnière: Une production d'un demi-million de quintaux attendue à Mostaganem. Le jour d'algerie

Salima K.(13.08.2023).Tomate saisonnière: Une production d'un demi-million de quintaux attendue à Mostaganem. Le jour d'algerie. Consulte le: [Tomate saisonnière: Une production d'un demi-million de quintaux attendue à Mostaganem | Le jour d'Algérie \(lejourdalgerie.com\)](#)

Satrani B; Farah A; Fechtal M; Blaghen M e Cutter t Chaouch A., 2001. Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de Satureja calamintha et Satureja alpina du maroc. ann. fais. exp. chim. 94(956) :241-250.

Sauvet christine (179). Systeme et phytotoxines de Phoma exigua Desm.var.Foveata (Foister) Boerema Agent de la gangrene de la pomme de terre [These de doctorat presentee a L'universite des sciences et techniques de Lille] consulte le 24.04 sur : https://pepite-depot.univ-lille.fr/LIBRE/Th_Num/1979/50376-1979-170.pdf

Scheele, G. A. (1849). Linnaea. Ein Journal für die Botanik in ihrem ganzen Umfange, 23, 610.

SEMEA. Le plant de pomme de terre francais. 2023-2024. Disponible sur : <https://www.plantdepommedeterre.org/maladie-ravageur/gangrene-gangrene/> (29.04)

Shankara et al., (2005). La culture de la tomate production, transformation et commercialisation. Agrodok 17.

- Skoula, M., & Harborne, J. B. (2002). Secondary Metabolism of *Calamintha nepeta* and *Micromeria biflora*: An Ecological Comparison. *Phytochemical Analysis*, 13(6), 313-321.
- Skoula, M., & Harborne, J. B. (2005). Essential Oils in the Flora of Greece: From Antiquity to the Present Day. *Phytochemistry Reviews*, 4(2-3), 283-299.
- Spooner, D. M., et al. (2007). "Origins, evolution, and group classification of cultivated potatoes." *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54(6), 1255-1280
- Stace, C. (2010). *New Flora of the British Isles* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- St-Germain, G., and R. Summerbell. 1996. *Identifying Filamentous Fungi – A Clinical Laboratory Handbook*, 1st ed. Star Publishing Company, Belmont, California.
- Strzemiński, M., Wójciak-Kosior, M., Sowa, I., Załuski, D., Verpoorte, R., & Kocjan, R. (2013). Antioxidant and Antimicrobial Potential of Some Lamiaceae Species. *Natural Product Communications*, 8(12), 1743-1746.
- Sutton, D. A., A. W. Fothergill, and M. G. Rinaldi (ed.). 1998. *Guide to Clinically Significant Fungi*, 1st ed. Williams & Wilkins, Baltimore.
- T. Duchenne. (1990). *Systemes de cultures et elaboration du rendement de la pomme de terre dans les etats de veracruz et pueb&a-Mexique- compte rendu de la premiere anne d'observation*, (p.91). Parid.
- Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M., & Webb, D. A. (Eds.). (1980). *Flora Europaea* (Vol. 3). Cambridge University Pres