

République Algérienne Démocratique et Populaire

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



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE
MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

KHEDIM Saliha

BENAJMAIA Wafa

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN BIOLOGIE

Spécialité: Biotechnologie et valorisation des plantes

Thème :

Essai de l'effet antifongique de l'huile essentielle de
Salvia Officinalis sur
Alternaria sp., *Colletotrichum* sp. et *Fusarium* sp. agents pathogènes
sur tomate.

Date de soutenance : 17/07/2019

Devant le Jury

Mme. BERGEUL S.	Président	MCB	Université de Mostaganem
M. BENKKADA A	Examineur	MCB	Université de Mostaganem
Mme. SAIAH F.	Encadreur	MCB	Université de Mostaganem

Année universitaire : 2018/2019

Remerciements

*Tout d'abord, je voudrais remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux
qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce travail*

*En second lieu, je tiens à remercier mon encadreur
Mm SAIAH F pour ses appréciations, ses précieux conseils et surtout pour
m'avoir fait confiance et m'accepté dans son laboratoire.*

*Mon vifs remerciements A M BOURGOL S pour m''avoir fait l'honneur de
présider le jury.*

A M BEKKADA A d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail

*Je voudrais remercier toutes les personnes qui m'ont aidé pendant la
réalisation de mon projet.*

Dédicace

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

Je dédie ce modeste travail:

A celle qui a été toujours la source d'inspiration et de courage ma mère

*A celui qui a inséré le gout de la vie et le sens de la responsabilité mon
père*

A mes chères soeurs "Laila et Samira et Kheira"

A mes frères "Abdel Kader et M'hammed"

A ma grande mère de mamon

A mon fiancé Hamza

A toute la famille « Kourdourli »

A mes amies proches "Madiha, Nour hoda, Souad, ,Salima "

Particulièrement Ma copine «Saliha »

A toute personne que j'ai omis de nommées ici que j'ai connue.

WAFÀ

Dédicace

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

Je dédie ce modeste travail:

A celle qui a été toujours la source d'inspiration et de courage ma mère

*A celui qui a inséré le gout de la vie et le sens de la responsabilité mon
père*

A ma grande mère

A tout la famille « HAMIDI »

A mes amies proches "Leyla, Aida, Fatima, Halima, Fouzia, Ghalia "

Particulièrement Ma copine «Wafa»

A tous personnes que n'aurions nommées ici et tous que connue moi.

Saliha

Lise des abréviations

Milieu PDA :

Potato dextrose agar 39g

Eau distillé 1000ml

Autoclave pendant 20 minutes à 120C°

HE :Huile Essentielle

VCM :Vitesse de Croissance Mycélienne

CMI :Concentration Minimal Inhibitrice

Résumé

La présente étude a pour objectif de proposer des solutions alternatives basées sur l'utilisation des produits naturels « bioinsecticide », afin de lutter contre trois maladies de la tomate, considérés comme redouble pour cette culture en Algérie.

Pour répondre à cet objectif, nous avons évalué l'activité antifongique de l'huile essentielle de la plante aromatique, *Salvia officinalis*, sur la croissance de trois champignons agents pathogènes sur tomate a savoir ; *Alternaria* sp., agent de l'alternariose ; *Colletotrichum*, agent de l'anthracnose et FORL agent de la fusariose.

Les résultats obtenus révèlent que l'huile essentielle de *Salvia officinalis* inhibe remarquablement la croissance mycélienne « in vitro », des trois champignons avec une efficacité plus marqué pour l'isolat de FORL.

Cette étude doit être poursuivie et approfondi afin vérifier cet effet antifongique « in vivo » et par la suite à grande échelle, en plein champs

Mots clés : *Salvia officinalis*, huiles essentielle, tomate, agents pathogènes.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى اقتراح حلول بديلة تستند إلى استخدام المنتجات الطبيعية "المبيدات الحيوية"، من أجل مكافحة ثلاثة أمراض من الطماطم، والتي تعتبر مضاعفة بالنسبة لهذا المحصول في الجزائر.

لتحقيق هذا الهدف، قمنا بتقييم النشاط المضاد للفطريات من الزيت العطري للنبات العطري، *Salvia Officinalis*، على نمو ثلاث فطريات مسببة للأمراض على الطماطم وهي: *Alternaria* sp.، وكيل البديل *Colletotrichum*، وكيل أنثراكنوز وعامل FORL من *Fusarium*.

أظهرت النتائج أن الزيت العطري لسالفيا أوفيسيناليس يمنع بشكل ملحوظ نمو الخلايا الفطرية "المختبرية" للفطريات الثلاث مع فعالية أكبر لعزل فورل.

يجب مواصلة هذه الدراسة وتعميقها للتحقق من هذا التأثير المضاد للفطريات "في الجسم الحي" وبالتالي على نطاق واسع، في الحقول المفتوحة

الكلمات الأساسية: سالفيا أوفيسيناليس، الزيوت الأساسية، الطماطم، مسببات الأمراض.

Abstract

The aim of this study is to propose alternative solutions based on the use of natural products for "biocides" to combat three diseases of tomatoes, which are double for this crop in Algeria.

To achieve this goal, we evaluated the antifungal activity of aromatic oil of the aromatic plant, *Salvia Officinalis*, on the growth of three fungal fungi on tomatoes: *Alternaria* sp. , Alternative agent. *Colletotrichum*, anthracnose agent and FORL agent of *Fusarium*.

The results showed that the essential oil of *Salvia Officinalis* significantly inhibits the growth of the fungal "laboratory" cells of the three fungus with greater effectiveness for Forl isolation.

This study should be continued and deepened to verify this antifungal effect "in vivo" and therefore widely, in open fields

Keywords: *Salvia officinalis*, essential oils, tomatoes, pathogens

Table de matière

Remerciements

Dédicace

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

ملخص

Abstract

Synthèse bibliographique

Introduction générale..... 1

Chapitre I : la tomate

I. la Généralité sur la tomate 3

I.1. Historique de la tomate..... 3

I.2.la Classification de la tomate..... 4

I.2.1. La classification botanique..... 4

I.2.2. La graine 5

I.2.3. Le système racinaire..... 5

I.2.4. La tige..... 5

I.2.5. Le feuillage..... 6

I.2.6. Les fleurs..... 6

I.3. les exigences climatiques..... 7

I.3.1. La température et la lumière 7

I.3.2. L'eau et l'humidité..... 7

I.3.3. Le sol..... 8

I.4. Cycle biologique de tomate..... 8

I.5. la Culture..... 9

I.6.Serriculture.....	9
I.7. la Composition biochimique de la tomate.....	10
I.8.la Production nationale et mondiale de la tomate.....	11
I.8.1 la Production mondiale.....	11
I.8.2. la Production nationale.....	11
I.9. La Contraintes de la production de tomate.....	12
I.9.1. les Principales maladies de la tomate.....	12
I .9.1.1. La Maladies cryptogamiques	12
I.9.1.2.La Maladies bactériennes.....	13
I.9.1.3.La Maladies virales.....	14
I.10. les Avantages de la tomate	16
I.10. <i>Alternaria Solani</i>	16
I.10.1.Présentation du pathogène.....	16
I.10.2. Caractéristiques morphologiques	16
I.10.3. Position taxonomique.....	17
I.10.4. Symptômes sur tomate	17
I.10.5. Biologie du pathogène	18
I.10.6. Moyens de lutte	18
I.10.6.1. Lutte préventive et culturale	18
I.10.6.2. Lutte chimique	19
I.10.2.colletotrichum	19
I.10.2.1 Définition	19
I.10.2.2.Historique.....	19
I.10.3. <i>Fusarium oxysporum</i>	20
I.10.3.1. l'agent pathogène (<i>Fusarium oxysporum</i>)	20
I.10.3.2. Définition et taxonomie.....	20
I.10.3.3.Sa taxonomie se présente comme suit (FOL) ou (FORL)...	21

I.10.3.4. Les caractères morphologiques et cultureux.....	21
I.10.3.5. Biologie du pathogène.....	22
I.10.3.6. Nutrition	22
II.10.3.7. Gamme d'hôtes	22
II.10.3.8. Pouvoir pathogène.....	23

Chapitre II : *Salvia Officinalis*

Introduction.....	24
II.1. La Généralités sur <i>Salvia officinalis</i>	25
II.1.1 la Description botanique et répartition géographique.....	25
II.2. la Classification botanique.....	26
II.3. les Principaux constituants de <i>Salvia officinalis</i>	26
II.4. la Composition.....	27
II.5. l' Utilisation.....	27

Chapitre III : l'huile essentielle

III.1. Les huiles essentielles (HEs).....	28
III.1.1. la Définition.....	28
III.2. la Composition chimique.....	28
III.2.1. la Structure et constituants.....	28
III.2.2. les Facteurs influençant la composition chimique.....	29
III.3. l'Activité antimicrobienne des huiles essentielles.....	30
III.3.1. la Mode d'action.....	30
III.4. Les principales voies d'utilisation des huiles essentielles....	31
III.4.1. La diffusion atmosphérique.....	31
III.4.2. La voie interne.....	32
❖ La voie orale	32
❖ La voie rectale	32
❖ La voie gynécologique	32

III.4.3. La voie externe.....	32
❖ La voie cutanée.....	32
❖ Le bain	32
III.5.les Rôles des huiles essentielles chez les plantes.....	33

Etude expérimentale

Chapitre I : Matériels et méthodes

I. Matériels et méthodes.....	34
I.1.Matériel végétale.....	34
I.1.1.Méthodes.....	34
I.1.1. 1. Extraction des huiles essentielle.....	34
I.1.1.2.Hydrodistillation.....	34
I.1.1.3.Méthode de l'hydro- distillation utilisée.....	34
I.2.Microbiologie	34
I.2.1.Matériel fongique.....	34
I.2.2.Préparation de milieu des cultures.....	36
I.2.3.Test biologique.....	36
I.2.3.4.Les différentes dilutions sont citées successivement	36
I.3.Evaluation de la croissance mycélienne.....	37
I.5.Détermination du taux d'inhibition de croissance mycélienne...	38

Chapitre II : Résultats et discussion

II. Résultats et interprétation.....	39
II.1. Etude de l'aspect macroscopique d' <i>Alternaria sp</i>	40
II.1.2. Etude de l'aspect microscopique.....	40
II.1.3.Evaluation de l'activité antifongique de l'extrait d'HE des feuilles de <i>Salvia Officinales</i> sur <i>Alternaria sp</i>	41
II.1.3.1. Evaluation de l'activité antifongique sur la croissance mycélienne	42

II.1.4.Effet de l'HE de sur la croissance mycélienne de taux d'inhibition et la vitesse croissance	42
II.1.4.1. Evaluation de croissance mycélienne.....	42
II.1.4.2.Evaluation Taux d'inhibition (T%).....	42
II.1.4.3.Détermination de la vitesse de croissance mycélienne (VCM).....	43
II.2. Etude de l'aspect macroscopique de <i>Colletotrichum</i> sp	44
II.2.1. Etude de l'aspect microscopique.....	45
II.2.2. Evaluation de l'activité antifongique de l'extrait l'HE des feuilles de <i>Salvia Officinalis</i> sur <i>colletotrichum</i> sp.....	45
II.2.2.1. Evaluation de l'activité antifongique sur la croissance mycélienne	45
II.2.2.1.1.Extraction par l'HE	45
II.2.2.2.Evaluation Taux d'inhibition (T%).....	46
II.2.3.Détermination de la vitesse de croissance mycélienne (VCM)	47
II.3.Etude de l'aspect macroscopique.....	47
II.3.1. Etude de l'aspect microscopique.....	47
II.3.2. Evaluation de l'activité antifongique de l'extrait l'HE des feuilles de <i>Salvia Officinalis</i> sur <i>Fusarium</i> sp.....	47
II.3.2.1. Evaluation de l'activité antifongique sur la croissance mycélienne.....	48
II.3.2.3.Evaluation Taux d'inhibition (T%).....	48
II.3.2.4.Détermination de la vitesse de croissance mycélienne (VCM)	49
Discussion.....	50
Conclusion	52
Références bibliographiques.....	53
Annexe	63

Liste des fuguer

Figure. 01 : Plante de tomate <i>Lycopersicon esculentum</i>	04
Figure. 02: les graines de tomate.....	05
Figure. 03: la tige de tomate.....	05
Figure. 04 : Les feuilles de tomate.....	06
Figure. 05: la fleur de tomate.....	06
Figure. 06: Différents stades végétatifs de tomate.....	09
Figure. 07: Productions des 13 premiers pays producteurs de tomate en Million de tonnes.....	11
Figure. 08 : Superficies et production de tomate de 1999 à 2009 en Algérie.....	12
Figure 09: symptômes d'Alternariose sur plant de tomate sur fruit, feuille et tige.....	18
Figure. 10: <i>Salvia officinale</i>	26
Figure. 11 : Arbuste de <i>Salvia Officinalis</i>	34
Figure. 12: Dispositif d'extraction d'huile essentielle.....	35
Figure. 13 : Etapes d'extraction de l'huile essentielle.....	36
Figure.14 : Etapes de l'élaboration du test antifongique	37
Figure N° 15 : Aspect macroscopique de l'isolat d' <i>Alternaria</i> sp.....	40
Figure N°16: Aspect microscopique GX10 des colonies de l'isolat d' <i>Alternaria</i> sp.....	40
Figure N°17 : Aspect macroscopique de l'isolat de <i>Colletotrichum</i> sp.....	40
Figure N°18 : Aspect microscopique (GX10) de l'isolat de <i>Colletotrichum</i> sp....	42
Figure N°19 : Aspect macroscopique de l'isolat de <i>Fusarium oxysporum</i> radicis-lycopercisi cultivé sur milieu P.D.A.....	41
Figure N° 20 : Aspect microscopique GX10 des colonies de l'isolat de <i>Fusarium</i> <i>oxysporum radicis-lycopercisi</i>	42
Figure N°21 : Effet de l'huile essentielle des feuilles de la sauge sur la croissance mycélienne d' <i>Alternaria</i> sp.....	42
Figure N° 22 : Effet « in vitro » des différentes concentrations de l'huile essentielle de <i>Salvia Officinalis</i> sur l'isolat d' <i>Alternaria</i> sp.....	43
Figure N° 23: Vitesse de la croissance mycélienne d' <i>Alternaria</i> sp. Sous l'effet de l'huile essentielle des feuilles de la sauge.....	44
Figure N° 24 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne d' <i>Alternaria</i> sp	

sous l'effet de l'huile essentielle de <i>Salvia Officinalis</i>	44
Figure N°25 : Effet de l'huile essentielle des feuilles de <i>Salvia Officinalis</i> sur la croissance mycélienne de <i>Colletotrichum</i> sp.....	45
Figure N° 26 : Effet « in vitro » des différentes concentrations de l'extrait l'HE de <i>Salvia Officinalis</i> sur l'isolat de <i>Colletotrichum</i> sp.....	45
Figure N° 27 : Vitesse de la croissance mycélienne de <i>Colletotrichum</i> sp. sous l'effet de l'huile essentielle des feuilles de la sauge.....	46
FigureN°28 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de <i>Colletotrichum</i> sp. sous l'effet des différentes concentrations de l'huile essentielle des feuilles de <i>Salvia Officinalis</i>	47
Figure N° 29 : l'effet « in vitro » des différentes concentrations de l'huile essentielle de <i>Salvia Officinalis</i> sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium oxysporum radidis-lycopersici</i>	48
Figure N°30: Effet de l'huile essentielle des feuilles de <i>Salvia officinalis</i> sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium oxysporum radidis-lycopersici</i>	48
Figure N°31: Vitesse de la croissance mycélienne de FORL sous l'effet de l'huile essentielle des feuilles de la sauge.....	50
Figure N°32: Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de FORL sous l'effet des différentes concentrations de l'huile essentielle des feuilles de <i>Salvia officinalis</i>	50

Liste des tableaux

Tableau 01 : Températures requises pour les différentes phases de développement d'un pied de tomate.....	07
Tableau02 : La composition nutritionnelle de la tomate.....	10
Tableau 03 : Les maladies cryptogamiques de la tomate.....	13
Tableau 04 : Les maladies bactériennes de la tomate.....	14
Tableau 05 : Les maladies virales de la tomate.....	15

Synthèse bibliographique

Introduction

Introduction

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) fait partie de la grande famille des solanacées aux côtés de la pomme de terre, de l'aubergine, du poivron et du piment. Considérée comme premier légume après la pomme de terre et deuxième ressource alimentaire mondiale après les céréales. Elle est adaptée à des conditions de culture très variées et destinée à la consommation en frais ou à la transformation industrielle (**Toufouti, 2013**).

La production de tomate n'a cessé de progresser régulièrement ces dernières décennies dans le monde, elle est passée de 48 millions de tonnes en 1978 à 124 millions en 2006 (**Blanchard, 2009**).

Cependant, cette culture est attaquée par plusieurs maladies et ravageurs. Parmi les maladies qui touchent la tomate ; il y a la fusariose des racines et du collet causée par le champignon *Fusarium oxysporum* sp. Ce champignon vasculaire provoque la pourriture des racines et le flétrissement de la plante ce qui engendre des dégâts importants sur la culture.

La lutte contre ce champignon phytopathogène peut s'effectuer par plusieurs méthodes, soit des mesures prophylactiques ou par la lutte chimique. Cette dernière est efficace, rapide mais malheureusement elle aboutit souvent à la sélection des souches résistantes, en plus de la pollution d'environnement et l'effet toxique sur la santé des agriculteurs et des consommateurs.

Pour résoudre ce problème. Les agriculteurs et les scientifiques cherchent d'autres méthodes alternatives à la lutte chimique telle que la lutte biologique. C'est une méthode de lutte basé sur des agents biologiques comme l'utilisation des microorganismes ou même des substances issues de métabolisme des êtres vivants comme les extraits d'origines naturelles végétales. Les activités biologiques des extraits de ces plantes sont connues depuis l'antiquité.

Toutefois, il aura fallu attendre le début du 20ème siècle pour que les scientifiques commencent à s'y intéresser. Ces propriétés sont dues essentiellement à la production d'huiles essentielles et aux composés phénoliques des plantes (**Jdidi, 2015**). Pour ces raisons, l'étude des activités biologiques des substances issues des plantes, en vue de leurs applications dans le domaine phytosanitaire demeure une tâche intéressante et utile.

Introduction

Dans ce contexte, ce travail a pour objectif l'étude de l'efficacité bio fongicide des huiles essentielles de la sauge vis-à-vis *d'Alternaria* sp. De *Fusarium oxysporum* fsp *radici Lycopersici* et *Colletotrichum* sp. (colletotrichum sp) qui affecte la tomate.

Chapitre I : la tomate

I.1. Historique de culture de tomate

La tomate du genre *Lycopersicon* est une plante cultivée dans le monde entier pour son fruit. Elle est originaire des régions Andines côtières du Nord-Ouest de l'Amérique du Sud, dans une zone qui s'étend du Sud de la Colombie au Nord du Chili, et de la côte Pacifique aux contre forts des Andes (Equateur, Pérou). C'est dans ces régions, que des plantes spontanées de diverses espèces, de l'ancien genre *Lycopersicon*, notamment *Solanum lycopersicum ceraciforme* (la tomate cerise) ont été découvertes. Cette dernière actuellement répandue dans toutes les régions tropicales du globe, il s'agit d'une introduction récente (**kolev, 1976**).

C'est au XVIème siècle au Mexique que la tomate à gros fruits a été découverte et domestiquée, son nom vient des indigènes qui l'appelaient «Tomati»; ce nom provient d'un nom Aztèque «Zitomate» (**Chougar, 2011**).

Le genre *Lycopersicon* comprend neuf espèces, dont l'espèce *Lycopersicon esculentum* qui sous sa forme sauvage ceraciforme pourrait être à l'origine de nos variétés, et qui a émigré vers le Sud de l'Amérique du Nord (**Chaux et Foury, 1994**).

La tomate fut introduite en Europe au XVIème siècle par les Espagnols avant même la pomme de terre et le tabac, et les gens pensaient qu'elle avait un pouvoir aphrodisiaque et l'appelèrent « pomme d'Amour » (**Chougar, 2011**).

Les Européens l'ont exploitée au début pour un usage purement ornemental et ont évité sa consommation, à cause des liens de parenté botanique très étroits avec certaines espèces végétales connues comme plantes vénéneuses, exemple : *Hyocinusniger*, *Lycopersicum atropa* (**Kolev, 1976**).

Son introduction en Algérie fut par les cultivateurs du Sud de l'Espagne (Tomateros), étant donné les conditions climatiques qui lui sont propices. Sa consommation a commencé dans la région d'Oran en 1905 puis, elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral Algérois (**Latigui, 1984**).



Fig. N°01: Plante de tomate *Lycopersicon esculentum* (**originale**, 2019).

I.2. La Classification de la tomate

I.2.1. La classification botanique

Tout d'abord le nom scientifique *Solanum lycopersicum* L. a été proposé pour remplacer *Lycopersicum esculentum* Mille. utilisée depuis de nombreuses décennies. En effet, les éléments historiques montrent que *Solanum lycopersicum* a été proposé par Linné en 1753, un an avant la proposition de Miller d'associer la tomate au genre *Lycopersicum*. Des études phylogénétiques appuient l'idée que la tomate et ces cousins les *Lycopersicum* sauvages doivent être placées dans le genre *Solanum*. Les deux noms continuent à être utilisés dans la littérature. (**Blancard, 2009**).

I.2.2. La classification systématique de *Lycopersicum esculentum* (Benton, 2008).

Règne	Plantae
Sous-Règne	Tracheobionia
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Solanales
Famille	Solanacées
Genre	<i>Lycopersicum</i>
Espèce	<i>Lycopersicum esculentum</i>

I.2.3. La graine

Dans chaque fruit, les graines sont petites (**figure. 2**), nombreuses (environ 300 à 350 graines/gr), Elles sont de 3 à 5 mm de long et 2 à 4mm de large ,1000 graines pèsent approximativement 2,5 à3, 5g (**Shankara et al. 2005**). Selon **Rey (1965)**, les semences peuvent garder leur faculté germinative pendant 4 à 5 ans dans les conditions normales



Fig.N° 02: les graines de tomate (**original, 2019**).

I.2.4. Le système racinaire

Il est très développé et pivotant avec de nombreuses racines, la plus part des racines se situent à une profondeur de 30 à 40 cm, dans le cas où le semis est effectué directement en place, la racine centrale se développe relativement vite, elle peut atteindre une profondeur de 100 à 150 cm (**KOLEV, 1976**).

I.2.5. La tige

Elle est pleine et anguleuse, pousse jusqu'à une longueur de 2 mètres (**Shankara, 2005**). Le port de croissance varie entre érigé et prostré (**figure 3**).



Fig. N°03: la tige de tomate (**originale, 2019**).

I.2.6. Le feuillage

Les feuilles sont simples, composées, alternées, sans stipule, mesurant entre 15 et 50 cm de long et 10 et 30 cm de large, le pétiole mesure de 3 à 6 cm (**SHANKARA, 2005**) (**figure. 04**)



Fig. N°04 : Les feuilles de tomate (originale, 2019)

I.2.7. Les fleurs

Les fleurs sont bisexuées, régulières de 1,5 et 2 cm de diamètre. Elles poussent opposées aux feuilles ou entre elles, Le tube du calice est court et velu, les sépales, sont parfois persistantes. La corolle est constituée en général de six pétales qui peuvent atteindre une longueur de 1 cm. Elles sont jaunes et courbées lorsqu'elles sont mûres.

L'androcée est formée de quatre étamines, les anthères ont une couleur jaune vif et entourent le stylet qui a une extrémité stérile allongée (**figure. 5**).



Fig. N°05: la fleur de tomate (original, 2019)

I.3. les exigences climatiques

I.3.1. La température et la lumière

La tomate demande un climat relativement frais et sec pour fournir une récolte abondante et de qualité. Cependant, la plante s'est adaptée à une grande diversité de conditions climatiques, allant du climat tempéré vers le climat tropical chaud et humide. La température optimale pour la plupart des variétés se situe entre 21 et 24 °C. Les plantes peuvent surmonter un certain intervalle de températures, mais en dessous de 10 °C et au-dessus de 38 °C les tissus des plantes seront endommagés.

La tomate réagit aux variations de température qui ont lieu pendant le cycle de croissance, cela affecte la germination des graines, la croissance des semis, la floraison, la mise à fruits ainsi que la qualité des fruits. Lorsque des périodes de froid ou de chaleur perdurent pendant la floraison, la production de pollen sera réduite. Ceci affectera la formation des fruits.

Mises dans des pots ou des caissettes ; L'intensité de la lumière affecte la couleur des feuilles, le fruit et sa couleur.

Tableau 01 : Températures requises pour les différentes phases de développement d'un pied de tomate. (Chavanat A., 1972).

Phases	Température (°C)		
	Min	Intervalle optimal	Max
Germination des graines	11	16-21	34
Croissance des semis	18	21-24	32
Mise à fruits	18	20-24	30
Développement de la couleur rouge	10	20-24	30

I.3.2. L'eau et l'humidité

Une simple astuce permet de déterminer si les réserves en eau disponibles sont suffisantes pour cultiver la tomate. Si des plantes herbacées (des plantes avec de nombreuses feuilles fines) poussent dans le milieu naturel, il sera possible d'y faire pousser des tomates. Il faut pouvoir compter sur au moins trois mois de pluie. Le stress causé par une carence en eau et les longues périodes arides fait tomber les bourgeons et les fleurs et provoque le fendillement des fruits.

Par contre, lorsque les averses sont très intenses et l'humidité est très élevée, la croissance des moisissures et la pourriture des fruits seront plus importantes.

Les temps nuageux ralentissent le mûrissage des tomates. Cependant, des cultivars adaptés sont disponibles. Les sociétés semencières ont des variétés de tomates spécialement adaptées aux climats chauds et humides.

I.3.3. Le sol

La tomate pousse bien sur la plupart des sols minéraux qui ont une bonne capacité de rétention de l'eau, une bonne aération et qui sont libres de sels. Elle préfère les terres limoneuses profondes et bien drainées. La couche superficielle du terrain doit être perméable. Une profondeur de sol de 15 à 20 cm est favorable à la bonne croissance d'une culture saine. Dans les sols d'argile lourde, un labour profond permettra une meilleure pénétration des racines.

La tomate tolère modérément un large intervalle de valeurs du pH (niveau d'acidité), mais pousse le mieux dans des sols où la valeur du pH varie entre 5,5 et 6,8 et où l'approvisionnement en éléments nutritifs est adéquat et suffisant. En général, ajouter de la matière organique stimule une bonne croissance. Les sols qui contiennent beaucoup de matières organiques, comme les sols tourbeux, sont moins appropriés dû à leurs fortes capacités de rétention d'eau et à une insuffisance au niveau des éléments nutritifs.

I.4 Cycle biologique de tomate

Le cycle de la tomate, de la graine à la graine, varie de 3 mois et demi à quatre mois selon la variété et les conditions du milieu. Du semis de la graine à la floraison, il s'écoule six à huit semaines, et environ deux mois de la floraison à la maturation du fruit avec formation des graines (**Blancard, 2009**).

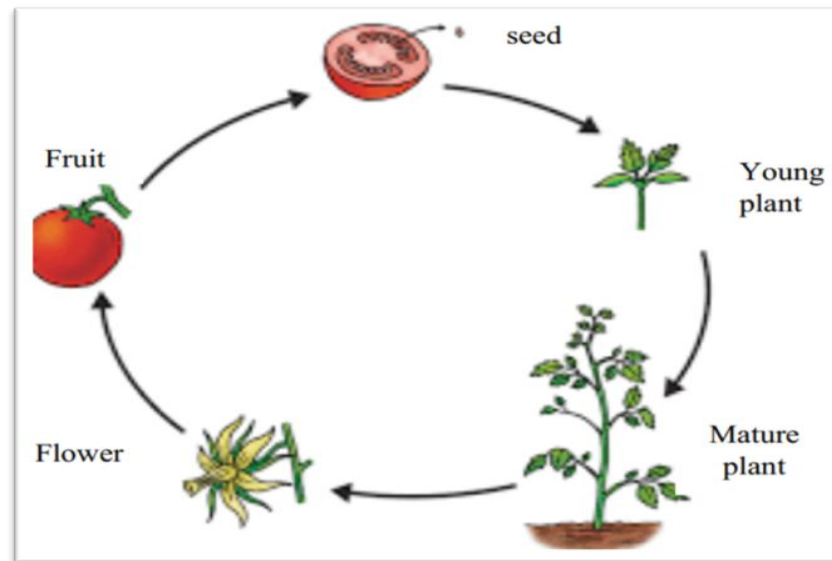


Fig.N° 06:Différents stades végétatifs de tomate (**original, 2019**).

I.5. La Culture

La tomate est une plante de climat tempéré chaud. Sa température idéale de croissance se situe entre 15°C (la nuit) et 25 °C (le jour). Elle craint le gel et ne supporte pas les températures inférieures à 2 °C, elle demande une hygrométrie moyenne. Sa période de végétation est assez longue : il faut compter jusqu'à cinq à six mois entre le semis et la première récolte. La multiplication se fait par semis, opération qu'il faut faire assez tôt, vers février-mars, et donc sous abri en climat tempéré (en serre ou sous châssis vitré). Les jeunes plants obtenus sont à repiquer entre le 15 avril et le 15 mai, sitôt que la période des gelées est passée. Il est nécessaire de les tuteurer, sauf pour les variétés à croissance déterminée pour lesquelles on prévoit seulement un paillage. C'est une culture très exigeante, qui demande un sol profond et bien fumé, et la possibilité d'irrigation (**ITCMI, 1994**).

I.6. Serriculture

La serre est une enceinte destinée à la culture ou à la protection des plantes en exploitant le rayonnement solaire, cette enceinte, constituée principalement par un matériel de couverture transparent ou translucide, isole plus ou moins les cultures de l'environnement extérieur. Elle consiste un abri efficace contre les intempéries (vent, pluie, neige.....) et réduit l'introduction des divers agents nuisible. Elle crée à l'intérieur un microclimat particulier qui peut être facilement amélioré à l'aide de divers équipements (**Wacquant, 2000**).

Les serres présentent des avantages non négligeables par rapport aux cultures de plein champ. Elles permettent en premier lieu de pallier les difficultés liées aux fluctuations de température, de lumière et des conditions d'humidité de plein champ, ce qui a pour avantage d'étendre considérablement la période de production (près de 11 mois de cycle) (**Pilkington et al., 2009 in Ferrero, 2009**).

I.7. La Composition biochimique de la tomate

On entend par la composition biochimique d'un aliment, la concentration en éléments essentiels qui sont répartis en cinq catégories : protides, lipides, glucides, vitamine et minéraux (**ROUX, 1995**). La composition biochimique des fruits de tomate fraîche dépend de plusieurs facteurs, à savoir : la variété, l'état de maturation, la lumière, la température, la saison, le sol, l'irrigation et les pratiques culturales (**DAVIES JN, HOBSON GE, 1981**).

Tableau 02 : La composition nutritionnelle de la tomate (**ROUX, 1995**).

Composants	(g)	Vitamines	(mg)
Glucides	2.80	Vitamine C (ac. ascorbique)	18.00
Protides	0.80	Provitamine A (carotène)	0.600
Lipides	0.10	Vitamine B1 (thiamine)	0.060
Eau	94.0	Vitamine B2 (riboflavine)	0.040
Fibres alimentaires	1.20	Vitamine B3 ou PP (nicotinamide)	0.600
Minéraux	(mg)	Vitamine B5 (A. panothénique)	0.280
Potassium	226.0	Vitamine B6 (pyridoxine)	0.080
Phosphore	24.00	Vitamine B8 (biotine)	0.001
Calcium	9.000	Vitamine B9 (ac. folique)	0.020
Magnésium	11.00	Vitamine E (tocophérols)	1.000
Souffre	11.00	Apports énergétiques	
Sodium	5.000	K Calories	15.00
Chlore	51.00	K Joules	63.00
Bore	0.100	Apport Énergétique 16.8% 14.2% 60.0% 0.0% ■ Protéines ■ Lipides ■ Glucides disp. ■ Alcool	
Fer	0.500		
Cuivre	0.060		
Zinc	0.140		
Manganèse	0.110		
Nickel	0.023		
Cobalt	0.009		
Chrome	0.005		
Fluor	0.024		
Iode	0.002		

I.8.la Production nationale et mondiale de la tomate

I.8.1 la Production mondiale.

Selon la **FAO stat (2010) (figure. 07)**, la Chine se trouve au premier rang avec une production qui dépasse les 34 millions de tonnes en 2009 avec une superficie d'environ 1,5 millions d'hectares soit l'équivalent d'un rendement de 22,67 t/ha.

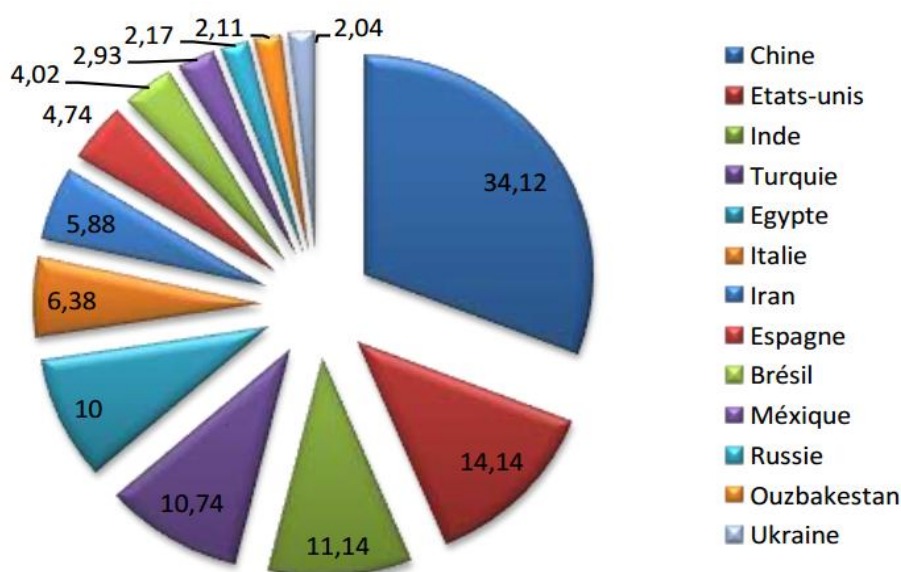


Fig.N° 07: Productions des 13 premiers pays producteurs de tomate en Million de tonnes
(FAO, 2010)

I.8.2. la Production nationale

En Algérie, la superficie cultivée en tomate en 1999 était de 55 210 ha et la production de 954804 tonnes soit un rendement de 17,29 t/ha (**Figure. 8**). En 2009, près de 33 000 ha sont consacrés annuellement à la culture de tomate (maraîchère et industrielle), donnant une production moyenne de 11 millions de quintaux et des rendements moyens d'environ 311 Qx/ha (**Madr, 2009**).



Fig.N° 08 : Superficies et production de tomate de 1999 à 2009 en Algérie (FAOSTAT, 2010).

I.9.la Contraintes de la production de tomate

En Algérie, comme dans la plupart des pays méditerranéen, la culture de la tomate est soumise à plusieurs contraintes biotiques et abiotiques. Ces contraintes sont liés à des changements de l'environnement, notamment les mauvaises conditions de température, l'humidité de l'air ou du sol, les dés équilibres de la nutrition, la carence ou l'excès de substances minérales, l'acidité ou l'alcalinité du sol, un mauvais drainage et au développement des maladies

I.9.1. Principales maladies de la tomate

Comme toutes les plantes, la tomate est soumise à l'attaque de nombreux agents pathogènes qui sont responsables de diverses maladies. Elle peut ainsi être attaquée par des virus (CMV, TMV, TSWV ...), des mycoplasmes (transmis par des insectes vecteurs comme la cicadelle), des bactéries (*Pseudomonas syringae*, *Xanthomonas Spp*, *Clavibactermichiganensis*...) (**tableau 05**), des champignons (*Botrytis cinerea*, *Phytophthora infestans*, *Fusarium oxysporum*...) (**Tableau 04**).

I .9.1.1. Maladies cryptogamiques

La tomate est sujette à de nombreuses maladies cryptogamiques conduisant non seulement à une diminution du rendement, mais aussi à d'importantes altérations de la qualité du fruit (**Tableau 03**).

Certains agents phytopathogènes sont responsables d'importantes pertes de récoltes en causant diverses maladies dont :

- 1) pourriture des semences (*Fusarium spp.*, *Pythium spp.*, etc.),
- 2) fonte des semis (*Pythium spp.*, *Sclerotinia spp.*, etc.),
- 3) pourriture racinaire (*Fusarium spp.*, *Phytophthora spp.*, *Rhizoctonia spp.*, etc.)
- 4) flétrissement des plantes (*Fusarium spp.*, *Verticillium spp.*, etc.) (Agris, 1988).

Tableau 03 : Les maladies cryptogamiques de la tomate (Snoussi, 2010)

Maladie	agents causals	symptôme et dégâts
mildiou	<i>Phytophthora infestans</i>	Grandes tâches brunes sur les feuilles et les tiges.
Altémariose	<i>Alternaria solani</i>	Tâches noires de taille variables sur les feuilles.
Fusariose	- <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp <i>lycopersici</i> . - <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp <i>radicis lycopersici</i>	Flétrissement des feuilles avec brunissement des vaisseaux et pourriture des racines.
Verticilliose	- <i>Verticillium albo-atrum</i> -- <i>Verticillium dahlia</i>	Flétrissement des feuilles accompagné d'un jaunissement. Unilatéral suivi de dessèchement des feuilles de la base.
Anthraxnose	<i>Collectotrichum coccodes</i>	Tâches circulaires de 05 à 10 mm sur les fruits rouges.
Oïdium	<i>Oïdium neolycopersici</i>	Feutrage blanc sur feuilles
Pourriture grise	<i>Botrytis cinerea</i>	Feutrage gris sur les feuilles et sur les fruits.

I.9.1.2-les Maladies bactériennes

Dans les régions humides, nombreuses maladies s'attaquent la tomate. Parmi celles-ci, la moucheture bactérienne, le flétrissement bactérien, la gale bactérienne et le chancre bactérien, causent de sérieux problèmes aux cultures de tomates en champs. Ces maladies bactériennes peuvent affecter gravement le rendement des tomates et, par conséquent, entraîner des pertes importantes pour le producteur.

Tableau 04 : Les maladies bactériennes de la tomate (Snoussi, 2010).

Maladies	Agents causals	Symptômes et dégâts
Moucheture bactérienne	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. Tomato	Petits points noirs habituellement inférieurs à 2 mm de diamètre, entourés d'une auréole jaune et par des taches noires rarement supérieures à 1mm de diamètre, entourées parfois d'un halo vert foncé, sur les fruits (Blancard, 2009).
Gale bactérienne	<i>Xanthomonas</i> spp	Sur feuilles, tiges et pétioles de tomate, les lésions se présentent sous forme des zones circulaires (1-5 mm) saturées d'eau, d'abord vertes, puis brunes et nécrosées. Les fruits de tomate portent des taches tubérisées de 2 à 10 mm de diamètre, circulaires et à marges saturées d'eau. (Blancard, 2009).
Chancre bactérien	<i>Clavibacter michiganensis</i> sub sp. Michiganensis	Petites taches chancreuses sur les folioles decouleur blanc marron. Jaunissement de l'aurole en bordure des vaisseaux sur les tiges. Présence de petites taches blanches, brunes au centre sur les fruits (Blancard, 2009).
Le flétrissement bactérien	<i>Ralstonia solanacearum</i>	flétrissement irréversible sur la partie aérien de la plante qui survient après blocage, par la bactérie de la circulation de l'eau dans la plante.

I.9.1.3-les Maladies virales

Les maladies d'origine virale se traduisent chez les plantes malades des symptômes externes multiples et variés : altération des fleurs ou des feuillages, dérèglement de croissance.

La tomate est toujours exposée à l'attaque d'une grande variété de virus. Les symptômes se manifestent le plus souvent par des altérations de la pigmentation (panachures) mais aussi par des nécroses et des déformations **Tableau 05**.

Tableau 05 : Les maladies virales de la tomate (Idrenmouche, 2011).

Maladies	Symptômes et dégâts
CMV Cucu ber Mosaic Virus	Lorsque l'infection est précoce, on peut observer une stérilité des plantes ou une mal formation des fruits.
TICV: Tomato Infectious Chlorosis Virus	une jaunisse généralisée et un retard du développement de la plante. Apparition de nécroses ce qui entraine de grandes pertes de rendement.
TMV : Tobacco Mosaic Virus	Virus de la mosaïque du tabac Ce dernier est caractérisé par une mosaïque verte ou blanche, des folioles gaufrés devenant filiformes et ont tendance à s'enrouler, les fruits encore vert présentent une surface légèrement bosselée avec des plages nécrotiques brunes. Les fruits murs sont parsemés de plages vertes.
ToCV Tomato Chorois Virus	virus de la jaunisse de la tomate. Un jaunissement généralisé à l'ensemble des folioles d'une feuille et un retard du développement de la plante.
TSWV : Tomato Spotted Wilt Virus ou virus de la maladie bronzée de la tomate.	Il est à observer des mouchetures en mosaïque avec une décoloration des feuilles. Sur les tiges et pétioles, il y a apparition des tâches nécrotiques. Par contre sur les fleurs, on observe un nanisme, une déformation et une décoloration. La maladie peut entraîner un rabougrissement du plant.
TYLCV Tomato Yellow Leaf Curl Virus ou maladies des feuilles jaunes en cuillères de la tomate.	La croissance des plantes atteintes est fortement perturbée. Les feuilles sont de tailles réduites et présentent un jaunissement et ou un enroulement en forme de cuillères. En cas d'infection précoce, les plantes sont naines et ne produisent plus de fruits.

I.10. Les agents pathogènes étudiés

I.10.1. *Alternaria* sp.

I.10.1.1. Présentation du pathogène

Alternaria solani est un champignon phytopathogène de la famille des Pleosporaceae Présent dans les régions tempérées et tropicales de l'Ancien et du Nouveau monde, provoquant chez les plantes de la famille des Solanaceae, notamment la tomate et la pomme de terre, mais aussi le piment et l'aubergine, une maladie appelée « *Alternariose* » ou « brûlure *Alternarienne* ».

I.10.1.2. Caractéristiques morphologiques

Alternaria sp. qui se distingue par son niveau de virulence est identifiable par la forme caractéristique de ses spores. Les conidies fuselées et muriformes d'*A. Solani* se caractérisent par un appendice apical, aussi long que le corps de la spore, et mesurent 150 à 300 mm de longueur. Le montage et l'examen microscopique des conidies dans une goutte d'eau permettent d'identifier les spores (Idnurm et Heitman, 2005).

I.10.1.3. Position taxonomique

Selon Soraueur (1896), ce champignon appartient à :

Règne	Fungi
Division	Ascomycota
Sous-division	Pezizomycotina
Classe	Dothideomycetes
Ordre	Pleosporales
Famille	Pleosporaceae
Genre	<i>Alternaria</i>
Espèce	<i>Alternaria solani</i>

I.10.1. 4. Symptômes sur tomate

L'*Alternariose* est une maladie très répandue chez la tomate de plein champ et parfois chez la tomate de serre élevée dans du sol et en substrats artificiels. *Alternaria Solani* infecte aussi la pomme de terre, l'aubergine et des adventices de la famille des solanacées (Vieira, 2004).

Chez la tomate de serre, cette maladie atteint les feuilles plus âgées, mais elle se trouve aussi sur les tiges et les fruits qui mûrissent. Les taches foliaires sont rondes, brun foncé à noires, mesurent environ 1 cm de diamètre et se reconnaissent facilement par les anneaux concentriques ou zones (tachent zonées) qu'elles forment. Les anneaux peuvent ne pas apparaître sur les lésions situées en bordure de la feuille. Sur les tiges, les rameaux et les pédoncules, les lésions sont noires, s'élargissent, s'allongent par la suite et parfois les encerclent. Sur le fruit, les lésions apparaissent d'abord autour d'un pédoncule, d'une blessure ou d'une fissure, s'agrandissent rapidement et forment des plages noires, déprimées et coriaces. Si la défoliation est importante, les fruits sans protection peuvent subir des insulations (Shankar, 2006).



Fig N° 09: symptômes d'*Alternariose* sur plant de tomate sur fruit, feuille et tige (Vieira, 2004)

I.10.1. 5. Biologie du pathogène

Pendant l'hiver, le parasite se conserve dans le sol, sur les reliquats des cultures antérieures. Les spores hivernales sont très résistantes et capables de survivre plus d'un an à la surface du sol ou dans les reliquats enfouis.

Dès que les températures sont comprises entre 18 et 25 °C, des pluies légères suffisent à déclencher la contamination des plantes. La propagation de la maladie est ensuite rapide, dépendante des faibles précipitations ou de la répétition des rosées matinales. Ce champignon

produit ses organes de dissémination (spores) à des températures qui varient entre 8 et 28 °C, lorsque l'humidité est élevée. Les spores présentes sur les premières taches disséminent ensuite la maladie sur les fruits ou les plantes, transportées par le vent, la pluie, les insectes ou les oiseaux. La rosée ou la pluie sont essentielles à leur germination et à leur pénétration dans la plante.

La maladie se transmet également par les semences, notamment lorsque l'on récolte soi-même les graines sur une culture contaminée (**Vieira, 2004**).

I.10.1. 6. Moyens de lutte

I.10.1. 6.1. Lutte préventive et culturale

Des mesures de préventions consistent principalement à observer une rotation de manière que les cultures de Solanées respectent un intervalle de trois ans sur la même parcelle, et à veiller à une bonne aération des plantations (intervalle entre les rangs). Il est également possible de sélectionner des cultivars résistants à cette maladie.

I.10.1. 6.2. Lutte chimique

Le recours aux fongicides, notamment l'azoxystrobine, le manèbe, le bicarbonate de potassium ou le peroxyde d'hydrogène.

I.10.2. *Colletotrichum* sp.

I.10.2. 1 Définition

Colletotrichum est un genre asexué, classé parmi les champignons imparfaits. Il appartient aux Coelomycètes, produisant ses conidies dans les acervules (**Dean et al. 2012**). Malgré son importance, la taxonomie et la nomenclature de ce genre prêtent à confusion. Sur la base de critères d'interprétation taxinomique, Von **Arx (1957)** pense que le nombre d'espèces peut varier de 29 à plus de 700. D'autres ont également indiqué qu'il y a 802 enregistrements dans la mycobank, mais seulement 66 espèces ont été répertoriées comme étant actuellement utilisées (**Hyde et al. 2009**).

L'identité de nombreuses espèces est discutable, tandis que les grands complexes d'espèces sont supposés contenir diverses espèces (**Sreenivasaprasad et Talhinhos, 2005; Johnston et Jones, 1997**). Une telle compréhension du complexe des espèces de *Colletotrichum* exige une révision des espèces rapportées auparavant, où les techniques traditionnelles ont été utilisées pour le groupement taxonomique approprié et sa gestion efficace. De plus, (**Phoulivong et al. 2010**) ont signalé que certains isolats qui ont été considérés à tort comme des variants de *C. gloeosporioides*, en particulier sur les cultures fruitières tropicales, sont des isolats de *Colletotrichum* différents dont le statut des espèces n'a pas encore été établi.

I.10.2.2. Historique

Colletotrichum a été décrit à l'origine sous le nom de *Vermicularia* par Tode (1790), mais plus tard il a été révisé comme *Colletotrichum* par Corda (1837). *Colletotrichum* a été classé dans "Melanconiales" sous "Coelomycetes" (**Hawksworth, 1983**). Les épithètes *Colletotrichum* et *Vermicularia* ont été utilisées indistinctement au cours du 19ème et début du 20ème siècle pour une gamme d'espèces, qui sont maintenant classées dans *Colletotrichum* (**Sutton, 1992**). *Colletotrichum* se distingue de *Vermicularia* par la présence de soies marginales par rapport aux soies dispersées dans les Conidiomata de *Vermicularia* (**Clements&Shear 1931**). Cependant, (**Duke, 1928**) avait précédemment démontré que la structure et la forme conidiomatiques, la présence / absence de soies et leur disposition à l'intérieur de l'acervule sont extrêmement variables et n'ont aucune signification taxonomique au niveau du genre. Cela a entraîné le transfert d'un grand nombre d'espèces de *Vermicularia* à *Colletotrichum* (**Duke 1928, Cannon et al. 2012**). *Gloeosporium*, un anamorphe morphologiquement similaire, a également posé des problèmes lors de l'identification, et le distinguer de *Colletotrichum* était difficile, car bien que *Gloeosporium* ne produisait pas de soies, certains pouvaient générer des soies sur certains substrats (**Baker et al., 1940**). Dernièrement, *G. Hori* a été transféré à *C. horii* (**Weir et Johnston, 2010**) et *G. pedemontanum* a été synonyme de *C. gloeosporioides* (**Weiret al., 2012 ; Sharma et al., 2016**).

I.10.3. *Fusarium oxysporum*

I.10.3. 1. Définition et taxonomie

Le genre *Fusarium* est bien connu pour son rôle important en phytopathologie, ce dernier regroupe un grand nombre d'espèces (**Messiaen et Cassini, 1968**). Le *Fusarium oxysporum*, est un champignon cosmopolite et commun particulièrement fréquent dans le sol ou il survit grâce à des chlamydospores pendant les mois froids. Phytopathogène, il comprend plusieurs formes spéciales (on en connaît plus de 72). Ces dernières sont adaptées à des espèces végétales particulières et des races physiologiques s'attaquant à certaines variétés de la plante hôte (**BOTH, 1971**).

10.3.2. Taxonomie

Selon **Agrios (1988)**, sa taxonomie se présente comme suit.

Règne :	Mycota
Subdivision :	Deuteromycota
Division :	Eumycota
Ordre :	Hyphales
Classe :	Hyphomycetae
Famille :	Tuberculariaceae
Genre:	<i>Fusarium</i>
Espèce :	<i>Fusarium oxysporum</i>

I.10.3.3. Les caractères morphologiques et cultureux

Le *Fusarium oxysporum*, se caractérise par un mycélium aérien feutré, septé, blanc et coloré en violet (**Both, 1971; Domschk et al., 1993**). Il est reconnu par ses caractéristiques suivantes :

❖ Les microconidies: *F. oxysporum* est caractérisé par la présence abondante de microconidies (**Tivoli, 1988**) fusiformes à réniformes, présentant 0 à 2 septa, agglomérés en fausses têtes produites par de petits phialides (5-12 x 2,2-3,5µm).

❖ Les macroconidies: légèrement arquées, présentant 3 à 4 septa, la cellule basale pédicellée, la cellule apicale en crochet, produite par des phialides sur des conidiophores ramifiés ou en sporodochie (27-46 x 3-4,5 µm) (**Messiaen et Cassini, 1968**)

❖ Les chlamydospores: Les chlamydospores sont des organes de conservation, hyaline, lisse ou rugueuse, globuleuses, terminales ou intercalaires (5-15µm de diamètre) (**Komi, 1993**).

I.10.3.4. Biologie du pathogène

Les *F. oxysporum* sont pas des parasites obligatoires, en absence de la plante hôte, ils mènent une vie de saprophyte sur des débris végétaux et des matières organiques (**Smith, 1965**).

En contact de l'hôte et une fois les conditions favorables, les chlamydospores germent et les jeunes filaments pénètrent au niveau des racines.

Après pénétration dans la cellule épidermique, le mycélium se ramifie, colonisant ainsi toutes les cellules avoisinantes.

Les hyphes mycéliens progressent à l'intérieur des cellules puis colonisent le cortex, arrivé au niveau du cylindre central, le parasite s'installe dans les vaisseaux du xylème où il se propagera dans la tige par l'intermédiaire des microconidies aisément véhiculées par la sève dans toutes les parties de la plante.

A la surface des feuilles, se forment des organes fructifères appelés sporodochies qui produisent des macroconidies qui vont à leur tour contaminer d'autres plantes lorsqu'elles sont transportées par le vent, par l'eau ou bien par l'intermédiaire des insectes (**El Mahdjoub, 1972**).

I.10.3. 5. Nutrition

Le *Fusarium oxysporum* est un champignon prototrophe, il n'a besoin que d'une seule source de carbone pour la structure des composés organiques : glucides, lipides et acides aminés (**Woltz et Jons, 1981**). Les autres éléments nutritionnels en l'occurrence : C, H, O₂, N, P, K, Mg, S, Fe, Mn, Zn, sont nécessaires pour la croissance, la sporulation et la virulence

(Stintzi, 2000), le chlore n'est pas nécessaire pour la croissance, mais il active les enzymes lytiques (il a un rôle dans l'apparition de la maladie) (Woltz et Jons, 1981).

I.10.3. 6. Gamme d'hôtes

Pathogène sur de nombreuses variétés de plante : concombre, courgette, topinambour, piment, pomme de terre, patates douces, tomates, pastèques, céleri, asperge, ail, oignon, chou, gingembre, mais il est aussi isolé des plants de banane, et de nombreuses plantes environnementales, provoquant une pourriture des tissus avec apparition d'un mycélium blanc rosé à la surface (Bennet et Klich, 2003).

I.10.3.7. Pouvoir pathogène

La pathogénécité du *Fusarium Oxysporum* est le résultat des réactions biochimiques des substances secrétées par l'agent pathogène sur la plante hôte. Ces substances sont généralement des enzymes hydrolytiques (chitinases, cellulases, pectinases et protéases) et des toxines, qui sont secrétées à différents degrés selon les plantes infectées (Rezzonico et al. 2005).

Les formes spécialisées de *Fusarium oxysporum* s'attaquent à la plupart des plantes cultivées mono et dicotylédones (El Modafar, 1994). Certaines formes spéciales ne présentent plus de réels problèmes agronomiques, c'est le cas de la forme spéciale *Lycopersici*, pour laquelle la plupart des variétés de tomate cultivées sont résistantes, des variétés sensibles sont toujours cultivées dans de nombreux pays, notamment en Afrique du Nord comme l'Algérie où, pour des raisons économiques, ces variétés sont utilisées. Il existe certaines souches dites non pathogènes, c'est-à-dire n'ayant aucun pouvoir pathogène connu ou ne sont pas pathogènes pour l'espèce végétale considérée.

Chapitre II : Salvia Officinalis

Introduction

Le recours aux plantes médicinales pour se guérir a pris naissance depuis bien longtemps en médecine traditionnelle grec, romaine, indienne, chinoise et arabo-musulmane.

Au niveau national et d'après une enquête réalisée dans le cadre d'une étude sur l'utilisation des plantes en médecine traditionnelle, 71% des personnes interrogées utilisent les plantes médicinales et aromatiques pour se faire soigner. De nombreuses formes médicamenteuses à base de plantes ou de substances végétales ne cessent de croître à l'échelle mondiale (**Wicht et Anton, 2003**).

Malgré le progrès de la biologie et de la médecine, la majorité des populations des pays en voie de développement n'ont pas accès aux soins de santé suffisants suite à de faibles systèmes économiques (**Konda et al. 2011 ; Singh & Singh, 2012 ; OMS, 2013**).

Pour cette raison, les ressources végétales occupent une grande place dans la vie de cette population (**Mangambu et al. 2008**).

Actuellement, l'organisation mondiale de la santé (OMS) estime qu'environ 80% des habitants de la terre ont recours aux préparations traditionnelles à base de plantes en tant que soins de santé primaire (**Lhuillier, 2007**).

Le continent africain regorge de plantes médicinales très diversifiées (**Mangambu et al. 2010**).

Les propriétés biologiques des plantes aromatiques et médicinales sont connues depuis l'antiquité. Toutefois, il aura fallu attendre le début du 20ème siècle pour que les scientifiques commencent à s'y intéresser (**Yano et al. 2006**).

Récemment, l'attention s'est portée sur les herbes et les épices comme source d'antioxydants, qui peuvent être employés pour se protéger contre les effets du stress oxydant.

(**Mata et al. 2007**). Une grande partie de l'intérêt des recherches actuelles porte sur l'étude de molécules antioxydant naturelles qui agissent comme capteurs de radicaux libres. Ces derniers sont produits quotidiennement par l'organisme. Ce sont des composés très réactifs comportant un électron célibataire et nécessaires à des mécanismes vitaux. Sur la production de ces radicaux peut être néfaste pour l'organisme. En effet, ils en dommages de nombreux composants cellulaires aussi divers tels que les protéines, les lipides ou l'ADN en entraînant un stress oxydatif. Les composés antioxydants font actuellement l'objet de nombreuses études car, en plus d'un intérêt dans le traitement de certaines pathologies, ils sont aussi utilisés pour la conservation des denrées comestibles pour l'industrie agroalimentaire (par exemple empêcher l'oxydation des lipides) (**Pan et al. 2008**).

Notre étude consiste à la recherche de l'extrait aqueux (décoction) de la plante aromatique, *Salvia Officinalis*, qui appartient à la famille des Lamiacées qui est parmi les familles de plantes les plus utilisées comme source mondiale d'épices et d'extraits à qualité médicale intéressante.

La sélection de cette plante est motivée par le fait qu'elle est parmi les plantes aromatiques les plus populaires utilisées dans le monde entier. Elle est employée fréquemment par nos populations dans le domaine culinaire et celui de la médecine traditionnelle et, aussi leurs huiles essentielles dans les industries alimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques. Aussi, leur efficacité est reconnue traditionnellement dans le traitement symptomatique de troubles de l'appareil digestif supérieur. Cette plante représente un sujet de recherche scientifique intéressant.

II.1. La Généralités sur *Salvia officinalis*

II.1.2. La Description botanique et répartition géographique

Il y a plusieurs centaines d'espèces de sauge dans le monde (environ 900 espèces); en Europe c'est la sauge officinale (ou grande sauge) qui est la plus utilisée comme plante médicinale (**Walker et al. 2004**). La sauge officinale est une plante commune dans les pays du pourtour méditerranéen, elle affectionne les lieux ensoleillés, on la cultive par semis au printemps. Les plantes sont remplacées tous les 3 ou 4 ans et les feuilles sont récoltées en été. La sauge est une plante très ramifiée, aux tiges de section carrée, à la base lignifiée mesure de 20 à 30 centimètres. La racine de la sauge est brunâtre et fibreuse. Les feuilles opposées, elliptiques, inférieures pétiolées, veloutées, oblongues, rugueuses, à bord dentelé réticulées, molles, à dessus blanchâtre, persistent l'hiver grâce au revêtement de poils laineux qui les protège. Les fleurs, bleu-rose lilas, visibles de mai à août, sont grandes, groupées à la base des feuilles supérieures, l'ensemble forme de grands épis. Commune en Europe, plus spécialement dans les régions méridionales, elle est cependant rare à l'état sauvage. Sa hauteur est de 50 à 60 cm (**Maatoug, 1990**) (**figure. 09**).



Fig. N°10: *Salvia officinalis* (Original, Mars, 2019).

II.2. La Classification botanique (Brieskorn *et al.* 1971) .

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Genre	<i>Salvia</i>
Espèce	<i>Salvia officinalis</i>
Nom commun	la sauge, sauge des prairies, herbe sacrée

II.3. Les Principaux constituants de *Salvia Officinalis*

- ✓ Huile essentielle
- ✓ Composés phénoliques dont l'acide rosmarinique
- ✓ Tanins et flavonoïdes
- ✓ Riche en œstrogènes (hormones féminines)
- ✓ Salvène (Teuscher *et al.* 2005).

II.4.1a Composition

La sauge officinale contient certaines composées comme : Pinène salviène, thuyone, cinéol, bornéol, camphrène, saponine, polyphénols (tanins), résine, œstrogène, asparagine. Il est également une excellente source de vitamine K, A et C. On y trouve en outre un peu de fibres, des folates, du magnésium, du potassium, du calcium et du manganèse (**Fruleux, 2009**).

II.5. L'utilisation

Pendant longtemps, des espèces sauges ont été employées dans la médecine traditionnelle, pour le soulagement de la douleur, protégeant le corps contre l'effort oxydant, des dommages de radicaux libres, angiogénèse, inflammation, bactérienne et infection de virale etc.

Elle est aussi utilisée pour traiter des maladies communes mineures, et aussi pourraient potentiellement fournir des traitements normaux originaux pour le soulagement ou le traitement de beaucoup de maladies sérieuses telles que la dépression, la démence, l'obésité, le diabète, les lupus, la maladie cardiaque, et le cancer (**Tosun, et al. 2014**). Elle est aussi employée comme épices dans l'industrie alimentaire et aromatisant dans l'industrie cosmétique et aromathérapie (**Ben Khedher et al., 2017**).

Chapitre III : l'huile essentielle

III. Les huiles essentielles

III.1.1. Définitions

Les huiles essentielles sont des extraits volatils et odorants que l'on extrait de certains végétaux par distillation à la vapeur d'eau, pressage ou incision des végétaux qui les contiennent.

Elles se forment dans un grand nombre de plantes comme sous-produits du métabolisme secondaire. Les huiles essentielles sont des composés liquides très complexes. Elles ont des propriétés et des modes d'utilisation particuliers et ont donné naissance à une branche nouvelle de la phytothérapie : l'aromathérapie. (**Bernadet, 2000**)

Une huile essentielle est un produit vivant. Cela veut dire que la composition moléculaire d'une huile issue des plantes de la même espèce, par exemple la lavande ne sera pas la même d'une année à l'autre, ni même d'un lot à l'autre. Cette différence est due, d'une part au biotope dans lequel la plante a évolué, (la nature du sol, la période d'ensoleillement, l'altitude, son environnement, etc...) Mais également à la façon dont elle a été récoltée, stockée puis distillée.

Les huiles sont constituées de molécules chimiques définies et clairement identifiées et quantifiées lors de la distillation, c'est un mélange de molécules très complexe constitué par : Les acides, les alcools, les aldéhydes, les cétones, les coumarines, les esters, les éthers, les lactones, les oxydes, les terpènes.

III.2. la Composition chimique

III.2.1 les Structures et constituants

Les plantes sont de véritables petites usines chimiques. (**Delaveau et al. 1985**). Les cellules végétales sont capables en dehors de la synthèse des composés fondamentaux de la matière vivante qui sont, les protéines, les lipides, les sucres de coordonner les multiples réactions chimiques conduisant à l'élaboration des essences. (**Garnero, 1991**).

Bien qu'une huile essentielle puisse contenir un grand nombre d'éléments biochimiques, les molécules les plus fréquemment rencontrées sont: les terpènes, les alcools, les cétones, les aldéhydes, les esters et les éthers. Ces molécules peuvent agir en synergie, ce qui explique à la fois leur efficacité, mais aussi la polyvalence, dans la mesure où elles y sont le plus souvent, certes à des concentrations différentes, toutes présentes dans les huiles essentielles. L'ensemble de leurs constituants se caractérise par un faible poids moléculaire (**Girard, 2010**).

Selon (Pibiri, 2006), la structure des composés des huiles essentielles est constituée d'un squelette hydrocarboné, constituant une chaîne plus ou moins longue. Sur ce squelette de base est souvent présent un ou plusieurs sites fonctionnels semblables ou différents. La majorité des sites fonctionnels sont des sites oxygénés avec un ou plusieurs atomes d'oxygène, pour quelques groupes fonctionnels azotés ou soufrés.

Selon (Maihebiau, 1994), cette structure varie en fonction :

a) Nombre d'atomes de carbone qui les constitue :

- Les monoterpènes
- Les sesquiterpènes
- Rarement les diterpènes

b) Caractère saturé ou insaturé des liaisons

c) Agencement : linéaire ou cyclique

d) Configuration spatiale (forme de chaise, de bateau, de trièdre...)

e) Nature des groupes fonctionnels à savoir :

- □ Terpènes : $R_1\text{-HC=CH-R}_2$
- Alcools terpéniques : $R\text{-OH}$
- Cétones : $R_1\text{-CO-R}_2$
- Phénols : $\text{C}_6\text{H}_6\text{-OH}$
- Aldéhydes : $R\text{-CHO}$
- Esters : $R_1\text{-COO-R}_2$
- Ethers $R_1\text{-O-R}_2$

III.2.2. Les Facteurs influençant la composition chimique

Etant formées de mélanges généralement complexes, les huiles essentielles présentent une très grande variabilité, tant au niveau de leur composition, qu'au plan du rendement des plantes d'origine. Cette variabilité peut s'expliquer par différents facteurs, que nous pouvons regrouper en deux catégories :

▪ **Facteurs intrinsèques** : liés à l'espèce, au type de clone, à l'organe concerné, à l'interaction avec l'environnement (type de sol ou climat, ...) et au degré de maturité du végétal concerné, voire au moment de la récolte au cours de la journée ;

▪ **Facteurs extrinsèques** : en lien avec la méthode d'extraction. (Besombes, 2008) (Aprotosoia et al., 2010).

III.3. L'Activité antimicrobienne des huiles essentielles

C'est en 1875 que Buchholtz avait mis en évidence pour le premier foie que les HEs sont douées d'une activité biocide envers les microorganismes **(Pauli et Schilcher, 2010)**. Cette activité biologique est généralement attribuée à certaines molécules communes dans les HEs. Les molécules oxygénées des HEs sont parmi les plus actives envers les microorganismes, notamment les alcools, et en moindre degré, les aldéhydes et les cétones **(Kotan et al. 2007)**.

Selon la bibliographie, les HEs sont parmi les métabolites secondaires les plus actifs vis-à-vis des microorganismes. Ces substances volatiles possèdent un large spectre d'activité antimicrobienne contre non seulement les bactéries, y compris les espèces multi résistantes, mais aussi vis-à-vis des champignons et les virus **(Burt, 2004; Edris, 2007)**. Toute fois, il existe une disparité dans l'activité antimicrobienne des HEs, car elle est plus dirigée envers les champignons que les bactéries et beaucoup plus actives contre les bactéries à Gram positif que les bactéries à Gram négatif **(Burt, 2004)**.

Cette affinité du potentiel antimicrobien contre les champignons est expliquée par le fait que les plantes sont beaucoup plus attaquées par les champignons que par les bactéries **(Agrios, 2005)**. D'autre part, les bactéries à Gram négatif sont moins sensibles aux HEs par rapport aux Gram positif grâce à la physiologie de leur paroi **(Burt, 2004)** qui est caractérisée par une double membrane **(Pommerville, 2010)**.

III.3.1. Mode d'action

A ce jour, l'activité antimicrobienne des HEs n'est pas clairement élucidée. Cette ambiguïté est attribuée à plusieurs facteurs, notamment la variété des composés actifs existants au sein d'une HE donnée, avec la possibilité de synergie ou antagonisme entre ces molécules. En revanche, ce qui est sûr selon pas mal d'études, la cible d'action de la plupart des HEs est focalisée envers les membranes cytoplasmiques des microorganismes **(Kalemba et Kunicka, 2003 ; Burt, 2004)**.

Par ailleurs, le mode d'action de certains composés volatils est bien étudié, due à leur activité antimicrobienne très effective et leur présence dans plusieurs HEs connues. Le Thymol et le Carvacrol agissent sur la perturbation de la fraction lipidique de la membrane plasmique des bactéries, ce qui entraîne des modifications létales dans leurs propriétés physiologiques, notamment la perméabilité membranaire **(Cristani et al. 2007)**. En outre, d'après une étude portée sur l'évaluation de l'activité antimicrobienne du Carvacrol envers

Bacillus cereus, les auteurs ont constaté que ce phénol induit l'inhibition de la synthèse d'ATP à la conséquence d'une fuite de protons intracellulaire (**Ultee et Smid, 2001**).

Selon la littérature, le Cinna aldéhyde est parmi les molécules volatiles les plus actives envers les microorganismes connus actuellement. Son mode d'action envers les bactéries est similaire à celui des phénols, où il provoque l'inhibition de leur production d'ATP intracellulaire (Gill et Holley, 2004). En revanche, d'autres auteurs supposent que l'aldéhyde cinnamique agit d'une façon plus compliquée sur les bactéries. Des observations sous microscopie électronique à balayage ont montré que le Cinna aldéhyde cause des modifications morphologiques graves au niveau des bactéries cible. Chez *Bacillus cereus*, cet aldéhyde empêche la formation complète des septal de division et du coup, il entraîne des déformations cellulaires (**Kwon et al. 2003**). Tandis que chez *S. aureus* le Cinna aldéhyde provoque des pertes du contenu cellulaire en raison des dommages au niveau de la membrane cytoplasmique (**Carson et al. 2002**).

En raison de son activité antimicrobienne très effective envers les bactéries à Gram positif et à Gram négatif, le mode d'action du terpinène-4-ol (composé majoritaire de l'HE de *Melaleuca alternifolia*) a été bien étudié. Aussi semblable aux phénols, le terpinène-4-ol cause le dysfonctionnement de la membrane cytoplasmique des bactéries, ce qui conduit à la vidange des cellules de son contenu et la formation des structures qui ressemblent aux lysosomes (**Carson et al. 2002**).

III.4. Les principales voies d'utilisation des huiles essentielles

III.4.1. La diffusion atmosphérique

Lors de la diffusion dans l'atmosphère, il faut prendre soin de choisir des huiles essentielles labélisées biologiques, pures, et adaptées afin d'éviter les allergies et les contre-indications.

Certaines huiles essentielles peuvent être irritantes pour les muqueuses respiratoires. Il faut éviter de diffuser en continu dans une pièce close et toute la nuit en présence d'une personne qui dort, mais plutôt une quinzaine de minutes, une à trois fois par jour. Le diffuseur doit être placé de façon à ne pas diffuser directement vers le visage ou les yeux (**Baudoux et al. 2002**).

Il faut utiliser un diffuseur qui ne chauffe pas les huiles essentielles afin qu'elles ne s'oxydent pas. Cette voie d'administration est préférée dans certaines indications comme pour

les huiles essentielles utilisées pour une indication respiratoire comme l' *Eucalyptus globules*, le Pin (Baudoux et al. 2002).

III.4.2. La voie interne

La voie interne peut être utilisée avec beaucoup de précaution.

❖ La voie orale

L'ingestion ne doit jamais se faire pure : il faut toujours les diluer avec de l'huile végétale ou par exemple dans du miel car celles-ci ne sont pas solubles dans l'eau et laisser fondre sous la langue. Il existe des capsules à avaler déjà prêtes avec une base d'huile végétale. Il est préférable de ne jamais ingérer plus de trois gouttes d'une même huile essentielle plus de trois fois par jour.

❖ La voie rectale

La voie rectale, avec l'emploi de suppositoires est le mode d'utilisation préconisé dans les infections broncho-pulmonaires. Cette voie permet une absorption rapide et efficace des principes actifs des huiles essentielles en évitant le circuit digestif.

❖ La voie gynécologique

Elle permet une action rapide localement avec l'emploi d'ovules vaginaux fabriqués sur le même modèle que les suppositoires en aromathérapie (Baudoux et al., 2002).

III.4.3. La voie externe

❖ La voie cutanée

La voie cutanée peut être utilisée dès trois ans en effleurage. Elle est beaucoup utilisée en aromathérapie.

L'huile essentielle est appliquée pure ou en mélange avec une huile végétale préférentiellement au niveau des poignets ou du plexus solaire.

❖ Le bain

On peut également mettre quelques gouttes d'huile essentielle dans un bain. Là encore, la dilution avec une huile végétale hydrosoluble est recommandée pour éviter tout risque de réaction cutanée du fait de leur insolubilité et ainsi de leur contact avec la peau en trop grande concentration.

Les huiles essentielles sont toujours insolubles dans l'eau, pour cette raison, il faut utiliser un dispersant en quantité quatre fois supérieure à celle de l'huile essentielle pour disperser le tout dans le bain (Baudoux et al. 2002).

III.5. Les Rôle des huiles essentielles chez les plantes

Long temps considérés comme métabolites secondaires, les constituants volatils ont un rôle encore mal défini dans la plante. Nous nous contenterons d'énumérer ici quelques hypothèses. Indépendamment des théories avancées, il semble que les compositions très variées des huiles essentielles autorisent des messages complexes et sélectifs si bien que chercher un rôle propre à chaque constituant paraît illusoire.

D'après Ver Scheffel, 1910, les essences constituent un moyen de défense contre les prédateurs en modulant les comportements trophiques de ceux-ci vis à vis des plantes. Les constituants des huiles essentielles sont considérés par Lutz comme des modérateurs des réactions d'oxydation intramoléculaire protégeant la plante contre les agents atmosphériques. Selon lui, certains de ces composés se comportent aussi comme source d'énergie à la suite d'une baisse de l'assimilation chlorophyllienne (**Lutz, 1940**).

Bouquet (1972), considère que certains de ces produits seraient des composés intermédiaires du métabolisme et qu'ils se trouveraient à l'état libre durant certaines périodes en relation avec l'activité végétale de la plante, Les travaux de Nicholas (**1973**) ont montré que les mono et sesquiterpènes peuvent jouer des rôles aussi importants dans la relation des plantes avec leur environnement. C'est le cas du 1,8-cinéole et du camphre qui inhibent la germination des organes infectés ou la croissance des agents pathogènes issus de ces organes **Erman (1985)** dégage lui, le rôle incontestable des huiles essentielles dans la pollinisation et la dispersion des diaspores grâce à leur pouvoir attracteur sur les insectes pollinisateurs, relation d'une grande importance écologique et physiologique **BRUNETON** estime que la volatilité et l'odeur marquée de ces essences en font des éléments de la communication chimique (**Bruneton, 1987**). Enfin, une mise au point de **Croteau (1986)** montre que les huiles volatiles auraient en réalité un rôle de mobilisateur d'énergie lumineuse et de régulateur thermique au profit de la plante. Elles réguleraient la transpiration diurne en absorbant les rayons ultraviolets par leurs constituants insaturés. La présence et la teneur des plantes en huile essentielle seraient donc en rapport avec la photochimie.

Etude expérimentale

Chapitre I : Matériels et méthodes

Objectif

Il vise à voir l'effet antifongique des huiles essentielles de la sauge sur le champignon alternaria et phoma de la tomate.

Méthode

Hydrodistillation

L'hydrodistillation ou entraînement à la vapeur, est une technique d'extraction dans laquelle le solvant est l'eau. Le principe consiste à porter à ébullition dans un ballon un mélange d'eau et de plante dont on souhaite extraire l'huile essentielle. Les cellules végétales éclatent et libèrent les molécules odorantes, lesquelles sont alors entraînées par la vapeur d'eau créée. Elles passent par un réfrigérant à eau où elles sont condensées, puis sont récupérées dans un récipient **(Bruneton., 1999)**.

Méthode de l'hydrodistillation utilisée

Trié et nettoyé, 500 g de matériel végétal sec ont été placé sur une grille métallique et introduite dans une cocotte minute contenant 850 mL d'eau. Cet ensemble est porté à ébullition pendant deux heures (Kouamé, 2012) et les huiles essentielles sont entraînées à la vapeur d'eau. Après condensation et liquéfaction, l'huile surmontant l'eau (non miscible) est séparée de l'eau, puis séchée par congélation. Après extraction, le volume d'huile essentielle obtenu a été mesuré puis conservé dans un flacon en verre bien bouché. Le flacon a été couvert d'un papier aluminium à l'abri de la lumière puis conservé dans un réfrigérateur jusqu'à son usage pour les tests biologiques



FIG12 : Dispositif d'extraction d'huile essentielle (mars 2019)

Microbiologie

1. Isolement et récolte du champignon alternaria et phoma de la tomate :

Ils ont été isolés à partir de la tomate

Préparation de milieu des cultures

- Le milieu utilisé pour le repiquage du champignon est PDA

Après avoir coulé le milieu PDA dans les boîtes de pétri ; le repiquage se fait avec la lanse de platine stérile dans le champignon alternaria et phoma

- L'incubation des boîtes pétries se fait dans l'étuve à 25 °C pendant 7 jours

L'observation macroscopique se fait après 7 jours pour voir le développement du champignon alternaria et phoma

Chapitre II :

Résultats et

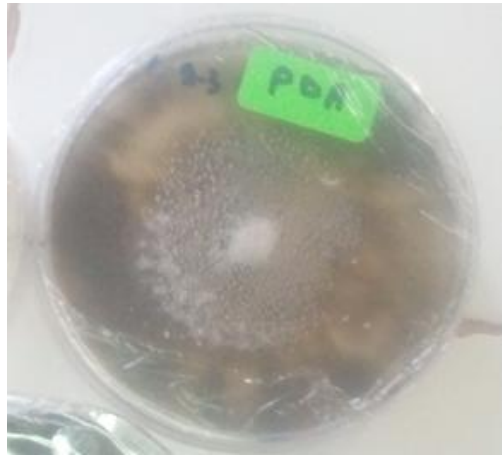
discussion

II. Résultats et interprétation

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

II.1.1. Etude de l'aspect macroscopique et microscopique d'*Alternaria* sp.

Après 3 jours on observe un mycélium blanc et dense plus ou moins cotonneux sur le milieu de culture P.D.A; après 5 à 6 jours l'isolat présente une pigmentation noire, qui devient de couleur noir foncé sur les côtés de la boîte et un aspect poudreux au centre après 8 jours de culture.



FigN°15 : Aspect macroscopique de l'isolat d'*Alternaria* sp. (Originale, 2019).

Sous le microscope optique, ce champignon présente des hyphes septés de couleur brunes. Les conidiophores sont en bâtonnets marron. Elles sont simples, lisses, parfois ramifiées, courts ou allongés. Ils portent de grandes conidies qui sont parfois ovoïdes et parfois elliptiques avec à leur extrémité un bec conique à cylindrique, brun et court. Ces spores asexuées sont pluricellulaires : elles sont divisées par des cloisons (ou septas) transversales et/ou longitudinal (on dit qu'elles sont obclavées).



Fig N°16 : Aspect microscopique GX10 des colonies de l'isolat d'*Alternaria* sp. (Originale, 2019).

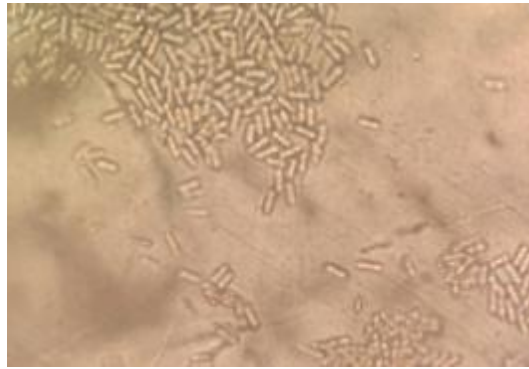
II.1.2. Etude de l'aspect macroscopique et microscopique de *Colletotrichum* sp.

Après 3 à 4 jours le champignon présente un mycélium blanc et dense plus ou moins cotonneux sur le milieu de culture P.D.A; l'isolat dévoile une pigmentation rose avec des ponctuation rosâtre ce sont les acervules qui portent les conidies. Après plusieurs jours, le champignon produit des sclérotes de couleur vert olive.



FigN°17: Aspect microscopique GX10 des colonies de *Colletotrichum* sp. (Originale, 2019).

L'aspect microscopique révèle un mycélium cloisonné et hyalin, portant des acervules. Ces dernières sont très variables en taille, en forme et exsudent un liquide visqueux dans lequel baignent des conidies. Les conidies sont unicellulaires, hyalines, droites, cylindriques, et ovales.



FigN°18 : Aspect microscopique (GX10)de l'isolat de*Colletotrichum*sp.(**Originale, 2018**).

II.1.3. Etude de l'aspect macroscopique et microscopique de *Fusariumoxysporum* f. sp. radicis-lycopersici

Après 3 jours de culture on observe un mycélium blanc et dense plus ou moins cotonneux sur le milieu de culture P.D.A; par la suite, au 5 ou 6 jours l'isolat présente une pigmentation rose, qui devient foncée avec un aspect poudreux de la colonie aux 8èmes jours.



Fig N°19: Aspect macroscopique de l'isolat de *Fusariumoxysporumradicis-lycopercis*cultivésur milieu P.D.A (**Originale, 2019**)



FigN°20 : Aspect microscopique GX10 des colonies de l'isolat de *Fusarium oxysporum radialis-lycopercisi* (**Originale, 2019**).

Ce champignon possède un mycélium septé hyalin. On remarque la présence abondante de macroconidies hyalines en forme légèrement arqué et allongées, cloisonnés transversalement, comportant entre quatre à six cellules basales en forme de pied.

II.2. Evaluation de l'activité antifongique "in vitro" de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* vis-à-vis des trois champignons pathogènes de la tomate.

II.2.1. Evaluation de l'activité antifongique "in vitro" de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* vis-à-vis d'*Alternaria* sp.

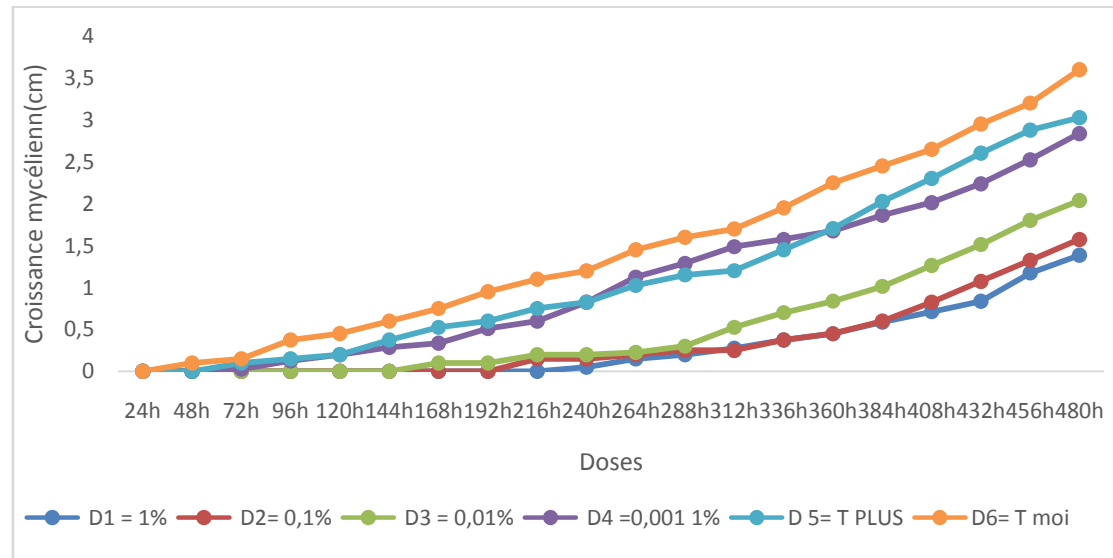


Fig N°21: Effet de l'huile essentielle des feuilles de la sauge sur la croissance mycélienne d'*Alternaria* sp. (Originale, 2019).

L'huile essentielle de *Salvia officinalis* (Figure 21) a réduit considérablement la croissance mycélienne de ce champignon. Les quatre doses ont réussi à restreindre la croissance mais ne l'ont pas complètement inhibé. Ce qui dénote une certaine résistance de ce champignon vis-à-vis de cet extrait.

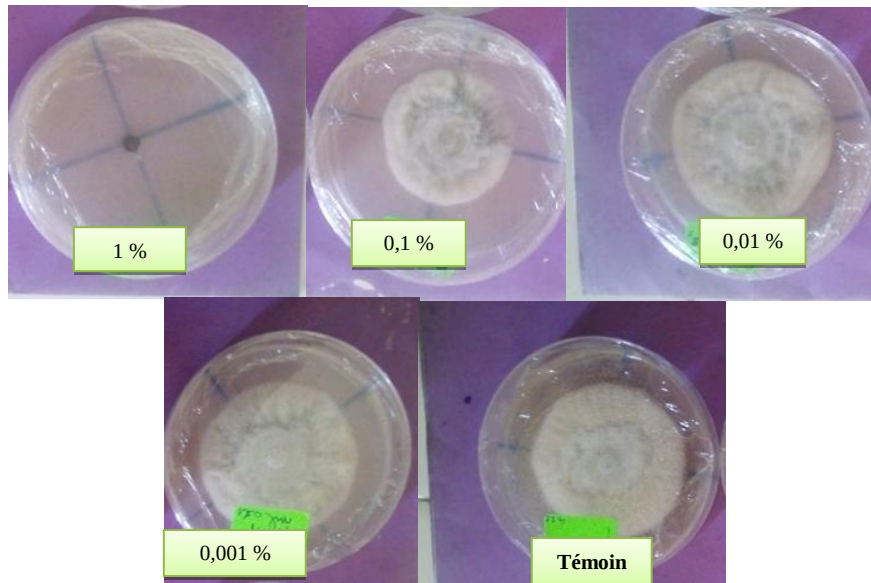


Fig N°22 :Effet « in vitro » des différentes concentrations de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* sur l'isolat de *Alternaria* sp.(**Originale, 2019**).

La (figure22) illustre les valeurs de la vitesse de croissance mycélienne de l'isolat de *Alternaria* sous l'effet des différentes doses de l'huile essentielle de *Salvia officinalis*. Les résultats obtenus indiquent que la vitesse de croissance mycélienne est très faible en présence de l'huile essentielle, comparativement aux deux témoins où la croissance était beaucoup plus rapide. Nous avons également remarqué que la vitesse de croissance devient plus importante lorsque la concentration diminue.

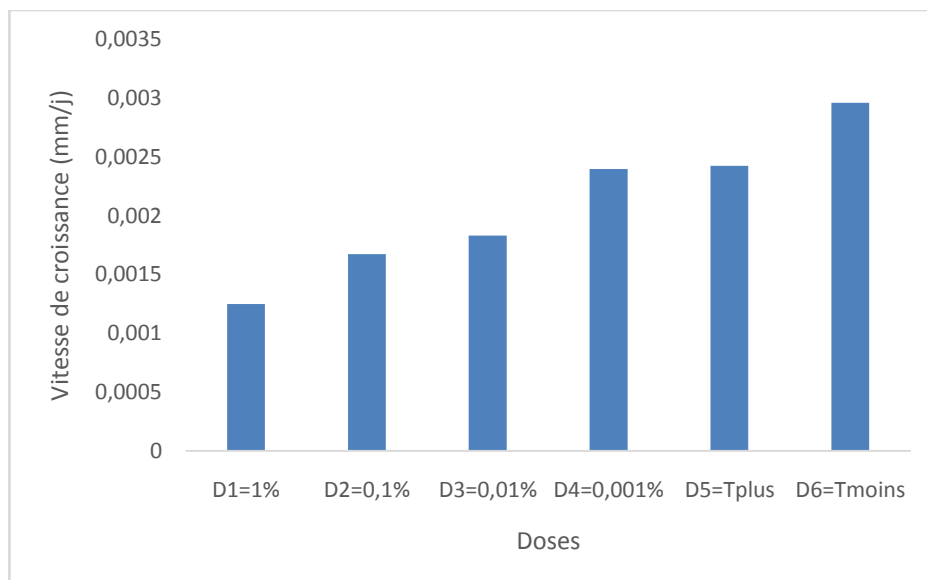


Fig N°23 : Vitesse de la croissance mycélienne d'*Alternaria* sp. sous l'effet de l'huile essentielle des feuilles de la sauge.

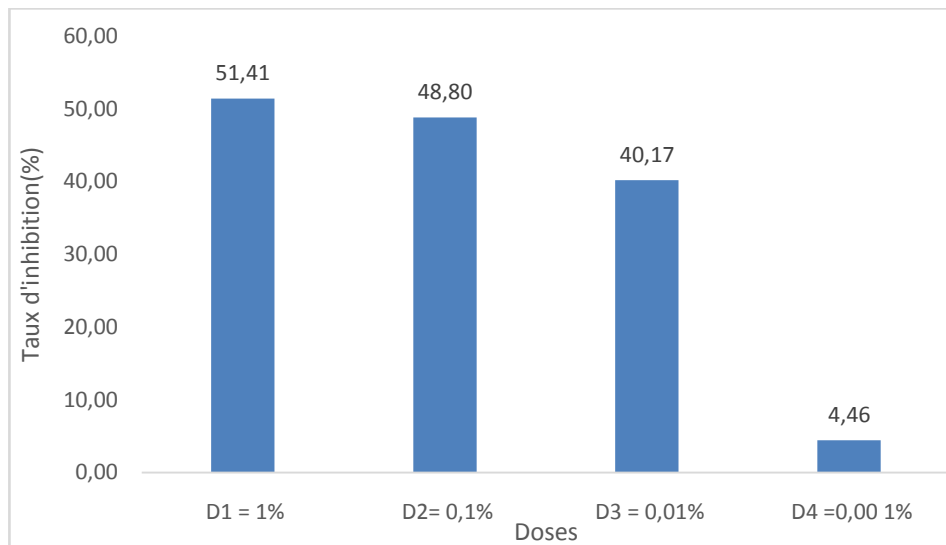


Fig N° 24 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne d'*Alternaria* sous l'effet de l'huile essentielle de *Salvia officinalis*

Les résultats de l'évaluation du taux d'inhibition sont représentés sur la (figure 24). L'analyse de ces derniers montre que l'huile essentielle de *Salvia officinalis* présente une forte activité inhibitrice pour la croissance mycélienne de *Alternaria* sp., dépassant les 50% pour la dose de 1%, et légèrement inférieure à 50% pour la dose 0,1%. La dose 0,01% a inhibé la croissance avec un taux de 40%. Alors que la dose la plus faible (0,001) a présenté un effet inhibiteur presque nul.

II.2.3. Evaluation de l'activité antifongique de l'huile essentielle des feuilles de *Salvia officinalis* sur *Colletotrichum* sp.

Les résultats de l'effet in vitro de l'huile essentielle des feuilles de la sauge sont représentés sur la Figure 25.

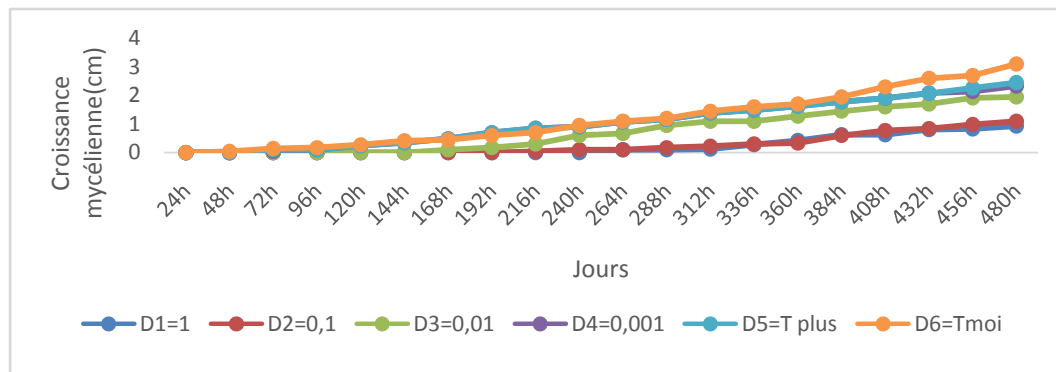
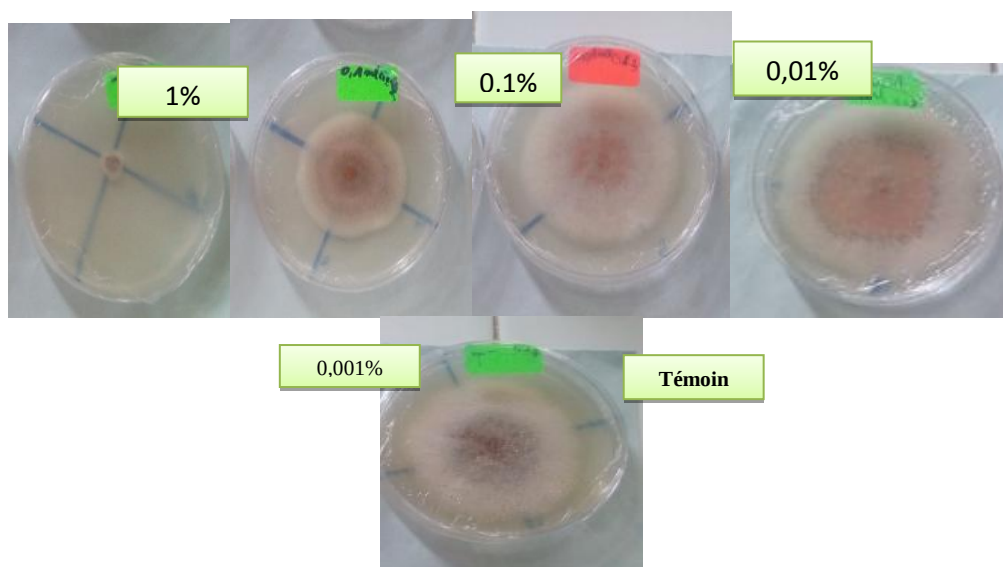


Fig N°25 : Effet de l'huile essentielle des feuilles de *Salvia officinalis* sur la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp. (Originale, 2019).

La (figure 25) démontre l'effet inhibiteur de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* sur la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp. Cette dernière, met en exergue une légère inhibition de la croissance par la concentration 0,01%.

La croissance mycélienne dans les boîtes ayant reçu la dose de 0,001% était très proche des boîtes du témoin ayant reçus du tween uniquement (témoin positif). Par ailleurs les doses de 1% et 0,1% ont réduit la croissance mycélienne d'une manière remarquable.



FigN°26: Effet « in vitro » des différentes concentrations de l'extrait l'HE de *Salvia officinalis* sur l'isolat de *Colletotrichum* sp. (Originale, 2019).

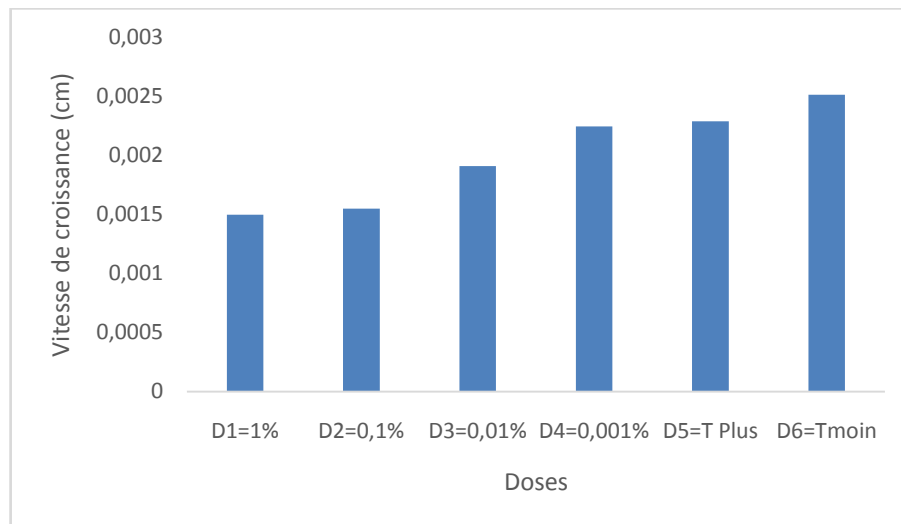


Fig N°27: Vitesse de la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp. sous l'effet de l'huile essentielle des feuilles de la sauge

La (figure 27) illustre les valeurs de la vitesse de croissance mycélienne de l'isolat de *Colletotrichum* sp. cultivée sur le milieu de culture PDA contenant différentes doses de l'huile essentielle de *Salvia officinalis*.

Les résultats obtenus indiquent que la vitesse de croissance mycélienne est réduite sur les boîtes ayant reçu les plus fortes doses de l'huile essentielle à savoir 0,01 et 0,001. La colonie la plus rapide est celle du témoin négatif suivi du témoin positif.

L'utilisation des témoins positif (0%HE+Tween) et négatif (0%HE) permet de quantifier d'une manière fiable l'effet inhibiteur de cette huile essentielle contre *Colletotrichum* sp.

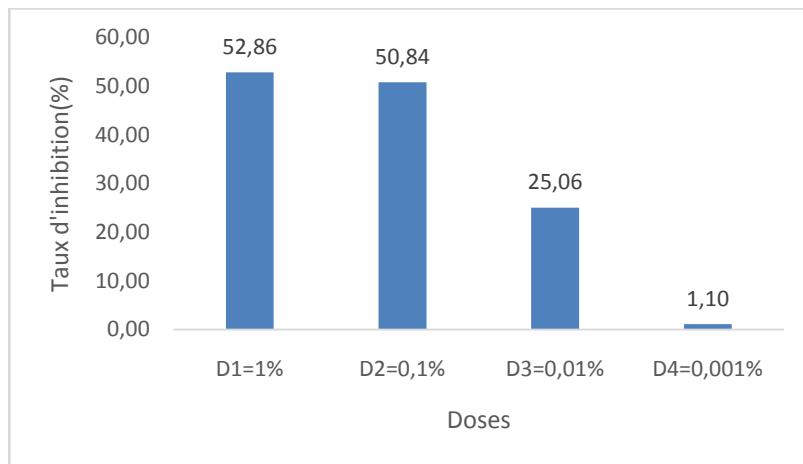


Fig N° 28: Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp. sous l'effet des différentes concentrations de l'huile essentielle des feuilles de *Salvia officinalis*

L'analyse des résultats de la (figure 28) montre que l'huile essentielle de *Salvia officinalis* présente une activité inhibitrice importante sur la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp pour toutes les doses 0.01%, 0.1% et 1%. La dose 0,001 a démontré un très faible pouvoir inhibiteur.

A partir des résultats enregistrés dans la (figure 28) ci-dessus on trouve que la concentration minimale inhibitrice (CMI) de la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp n'a pas été atteinte.

II.2.2 Evaluation de l'activité antifongique de l'huile essentielle des feuilles de *Salvia officinalis* sur *Fusarium oxysporum* *radicis-lycopersici*.

Les résultats de l'essai in vitro de l'effet de l'huile essentielle de la sauge sur la croissance mycélienne de *F. oxysporum* f.sp. *radicislycopersici* (FORL), sont représenté sur la (Figure 29)

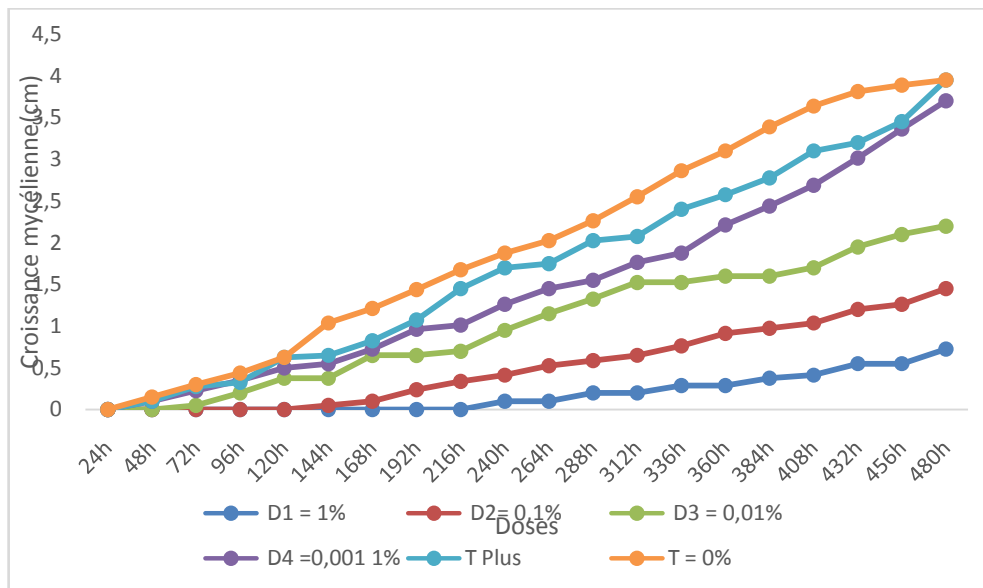


Fig N°29 : l'effet « in vitro » des différentes concentrations de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* sur la croissance mycélienne de *Fusariumoxysporumradicis-lycopersici* (**originale, 2019**).

La figure 29 représente l'effet des différentes concentrations de l'huile essentielle des feuilles de *Salvia officinalis* sur la croissance mycélienne de l'isolat de *Fusariumoxysporumradicis-lycopersici*. L'analyse des résultats montre l'efficacité des quatre concentrations de l'huile essentielle 0,001%, 0,01%, 0,1% et 1%, à inhiber la croissance mycélienne de cet isolat comparativement au témoin négatif.

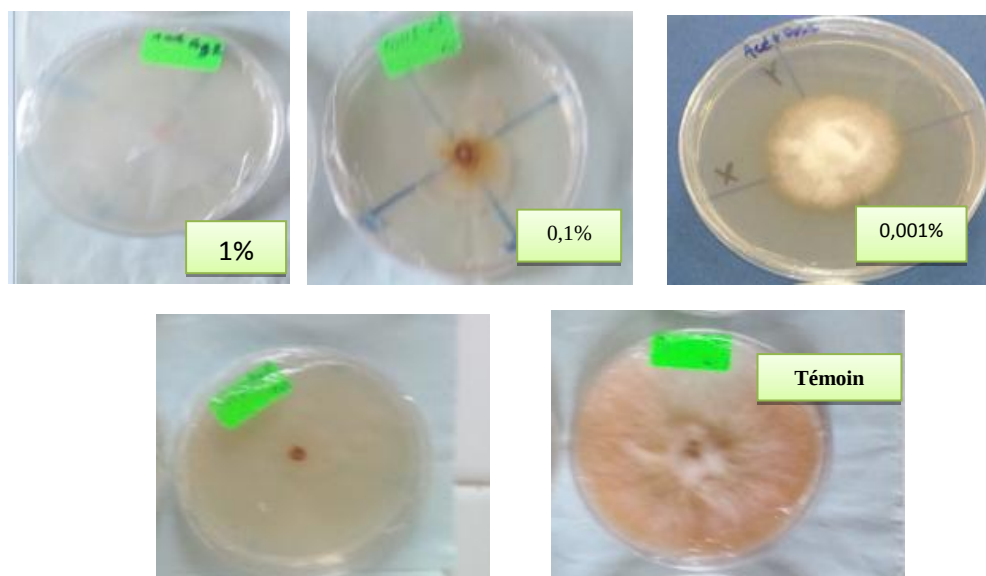


Fig N°30: Effet de l'huile essentielle des feuilles de *Salvia officinalis* sur la croissance mycélienne de *Fusariumoxysporumradicis-lycopersici* (**Originale, 2019**).

La (figure 30) illustre les valeurs de la vitesse de croissance mycélienne de FORL cultivée dans le milieu de culture PDA contenant différentes doses de l'huile essentielle de *Salvia officinalis*.

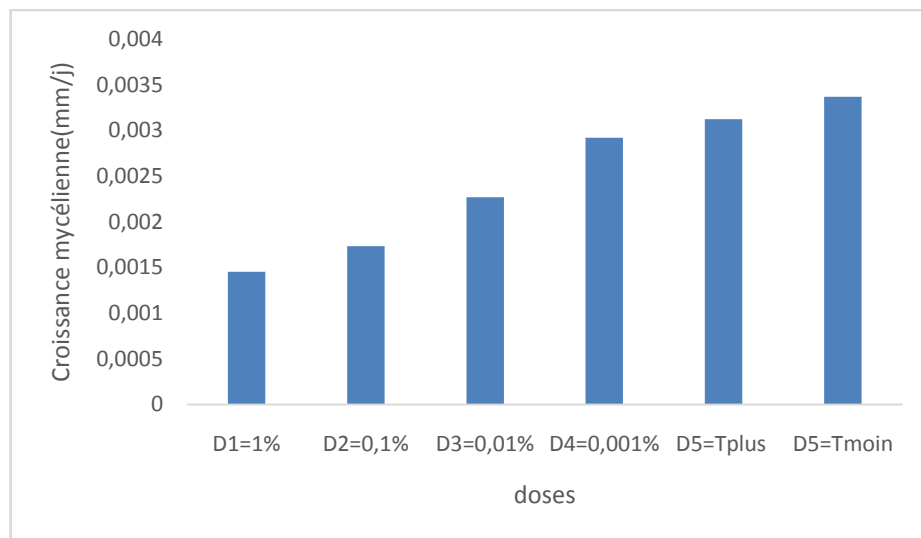


Fig N°31: Vitesse de la croissance mycélienne de FORL sous l'effet de l'huile essentielle des feuilles de la sauge

Les résultats obtenus indiquent que la vitesse de croissance diminue avec la concentration de la dose de l'huile essentielle des feuilles de sauge.

La croissance mycelienne de FORL dans des boîtes témoins était nettement plus importante.

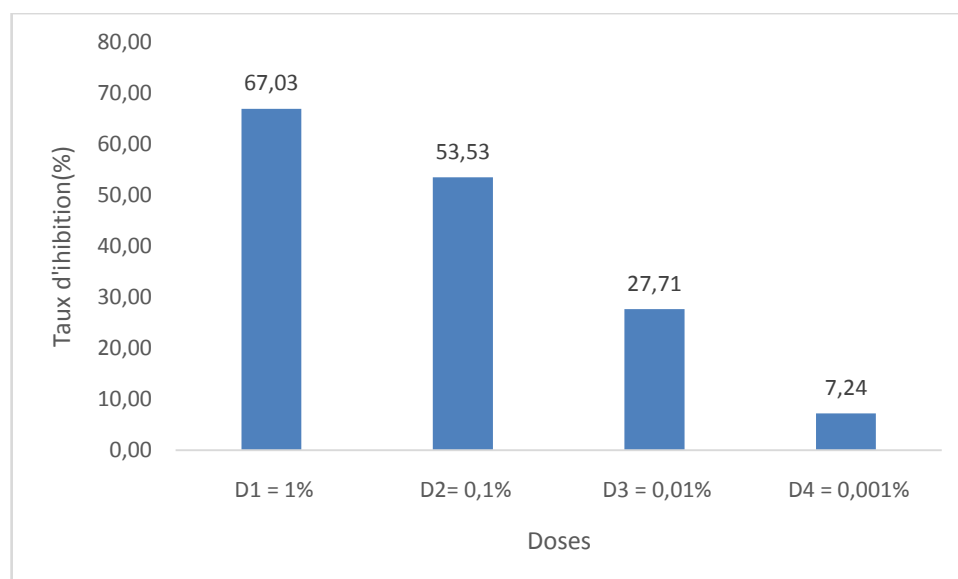


Fig N°32: Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de FORL sous l'effet des différentes concentrations de l'huile essentielle des feuilles de *Salvia officinalis*

L'analyse des résultats de la figure 32, montre que l'huile essentielle des feuilles de *Salvia officinalis* présente une activité inhibitrice remarquable sur la croissance mycélienne de FORL pour toutes les doses testées, précisément pour 0,1% et 1% où l'inhibition a dépassé les 50 %.

On enregistre une réelle efficacité de l'huile essentielle à contrôler la croissance mycélienne de FORL; cette efficacité se trouve diminuée, lorsqu'on utilise les faibles doses

II. 3. Discussion

L'étude de la croissance mycélienne des isolats fongiques testés : *Alternaria* sp., *Colletotrichum* sp., et *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis lycopersici*, en présence de l'huile essentielle des feuilles de *Salvia officinalis*, montre une diminution de la croissance mycélienne synchronisée avec l'augmentation de la concentration de l'huile.

Ces résultats montrent clairement que les trois paramètres étudiés (la croissance mycélienne, le taux d'inhibition et la vitesse de la croissance mycélienne) sont fortement influencés par l'ajout d'un extrait riche en substances actives dans le milieu de culture. Donc d'une manière générale, le degré d'activité antifongique est proportionnel à la concentration de l'huile

Le résultat obtenu montre que l'huile essentielle de sauge a inhibé la croissance mycélienne des trois champignons testés, avec une efficacité plus marquée vis-à-vis de FORL. Ce qui fait de lui le champignon le plus sensible.

Les résultats obtenus confirment ceux présentés par Grainge et Ahmed (1988), qui ont montrés que les lamiacées possèdent une activité antibactérienne et antifongique grâce à la multitude de composés bioactives qu'ils contiennent.

Avec la concentration 1% nous n'avons pas enregistré une inhibition totale de la croissance mycélienne pour aucun des champignons testés, ce qui démontre qu'aux doses utilisées cette huile n'a permis d'atteindre la CMI de la croissance mycélienne, donc il va falloir augmenter les doses pour l'atteindre. Néanmoins, aux doses utilisées, cette huile s'est montrée très efficace à réduire la croissance mycélienne des trois isolats testés.

Les résultats obtenus confirment ceux présentés par Filipowicz et al., 2003 qui ont montrés que Le 1,8-cinéole qui est un monoterpène oxygéné fortement concentré

dans l'huile essentielle de sauge (5,79%) s'est montré très actif contre des souches de dermatophytes, de candidoses et d'aspergillose Benkheraraet *al.*, (2011) ont relié la sensibilité des différentes espèces fongiques étudiées à la fraction des terpènes oxygénés. Certains autres auteurs, tel que Bouaziz et *al.*, (2009) et Juven (1994) suggèrent que les différents composés de l'huile essentielle ne peuvent pas agir séparément, mais l'activité biologique est, en fait, la résultante d'une synergie probable entre les différents composants. Les phénols terpéniques peuvent aussi agir sur les champignons en se fixant sur le groupe amine et hydroxylamine des protéines membranaires provoquant ainsi une altération de la perméabilité et la fuite des constituants intracellulaire (Ultee et *al.*, 1999 ; Knowles et *al.*, 2005 ; Lopez-Malo et *al.*, 2005 ; Celimene et *al.*, 1999).

conclusion

Conclusion

Les plantes médicinales représentent une source inépuisable de substances et composés naturels bioactifs. L'étude des propriétés antifongique a concerné les feuilles de sauge, arbustes très répandus en Algérie et dans la région de Mostaganem.

L'huile essentielle a été extraite des feuilles séchées par entraînement à la vapeur. A travers cette étude et d'après les résultats obtenus, on constate que l'huile essentielle des feuilles de sauge présente une forte activité antifongique vis-à-vis des agents des trois maladies parmi les plus redoutables affectant la tomate.

Le test de l'activité antifongique de l'huile essentielle a fait ressortir que les trois champignons ont présenté une sensibilité très importante. Toutes les concentrations de l'huile ont inhibé remarquablement la croissance mycélienne de *Alternaria* sp, *Colletotrichum* sp. et FORL. Ce dernier était le plus sensible avec un taux d'inhibition de 67%.

Alternaria a été le moins sensible ou l'on a enregistré pour la dose la plus concentrée le plus faible taux d'inhibition (51%).

L'huile essentielle a donc montré, *in vitro*, une forte activité antifongique contre tous les champignons phytopathogènes testés. Ce grand pouvoir bioactif observé chez cette plante est attribué principalement à sa teneur élevée en phénols.

D'après ces résultats, on peut penser que l'huile essentielle de cette espèce mérite une étude plus approfondie pour exploiter ses propriétés antifongiques dans le domaine de phytosanitaire à l'échelle industrielle

En perspective, il serait intéressant de poursuivre ce travail, afin de

- Déterminer l'espèce des isolats d'*Alternaria* sp. et de *Colletotrichum* sp.
- Tester « in vivo » l'effet de l'huile essentielle des feuilles de sauge sur ces champignons phytopathogènes
- Tester l'efficacité d'autres principes actifs isolés de la même plante
- L'effet des extraits de sauge sur d'autres isolats phytopathogènes des plantes
- Tester l'activité antifongique des extraits d'autres plantes de la pharmacopée algérienne.

Référence

A

Agrios, G.N., 1988-Plant Pathology.3e éd.Academic Press, New-York.803 pp.

ARRAS G., et USAI M. (2001). Fungi toxic activity of 12 essential oils against four postharvest *Citrus* pathogens: chemical analysis of *Thymus capitatus* oil and its effect in sub atmospheric pressure conditions. *J. Food Prot.*, **(64)**, P: 1025-1029.

B

Benton J. (2008). Tomato plant culture: In the field, Greenhouse, and home garden, deuxième édition. Edition: Taylor et Francis Group. New York. 399p.

Bernadet M ,(2000) ; phyto-aromathérapie pratique, plantes médicinales et huiles essentielles . Dictionnaire thérapeutique de 530 affections courantes. Dangles, Toulouse, France, 384p.

Blancard, B., Laterrot, H., Marchoux, G., Candresse, T. 2009. Les maladies de la tomate, identifier, connaître, maîtriser. Edition Quae, INRA, Versailles. France.

Blancard D. Blanchard (2009).Les maladies de la tomate, identifier, connaître, maîtriser. Edition: Quae. Paris. 691p.

Booth, C. 1971. The Genus Fusarium, p. 237. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England.

Bouaziz, Mohamed & Dhouib, Abdelhafidh & Loukil, Slim & Boukhris, Makki & Sayadi, Sami. (2010). Polyphenols content, antioxidant and antimicrobial activities of extracts of some wild plants collected from the south of Tunisia. African Journal of Biotechnology. 8. 7017-7027. 10.4314/ajb.v8i24.68789.

Brewer D. (1960). Studies in *Asochyta pisi*. Canadian journal de la végétale philosophie mathématique. Classique Hachette.

Brieskorn, C H., et Biechele W., (1971).The flavones from *Salvia officinalis* L. Archiv der Pharmazie.304: 557–561

Bruneton, J. (1993).Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales, 2ème Ed. Lavoisier, Paris 7.

Références bibliographiques

Bruneton J., 1999.- Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème édition, Ed. TEC et DOC, Paris

C

Chaux. C.L et Foury .C.L, 1994 : Cultures légumières et maraichères. Tome III : légumineuses potagères, légumes fruit .Ed Tec et Doc Lavoisier. Paris. 563p.

Celimene C.C., Micales J.A., Ferge L. & Young R.A., 1999. Efficacy of pinosylvins against white-rot and brown-rot fungi. *Holzforschung*, 53, 491-497.

Chougar. S, 2011 : Bioécologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae) sur trois variétés de tomate sous serre (Zahra, Dawson et Tavira) dans la wilaya de tizi-ouzou. Mémoire de magister. Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou.98p.

conséquences pour la lutte biologique. Thèse doctorat. Montpellier SupAgro., 228 p.

Clements FE, Shear CL. 1931 – The general of Fungi. Hafner Press, New York. p. 496. *Colletotrichum*: Host specificity, Pathology and Host- Pathogen Interactions. APS Press, St. paul, Minnesota, p.1-20.

Corda ACJ. 1837 – Pilze in J. Sturm. Deutschland Flora 3, 41

D

Dean, R., Van Kan, J. A., Pretorius, Z. A., Hammond-Kosack, K. E., Di Pietro, A., Spanu, P. D., Rudd, J. J., Dicman, M., Kahmann, R. and Ellis, J. (2012). The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13: 414-430.

DORMAN H.J.D. et DEANS S.G. (2000). Antimicrobial agents from plants: antimicrobial activity of plant volatile oils. *J. Appl. Microbiol.*, (88), P: 308-316.

Duke MM. (1928) – The genera *Vermicularia* Fr. and *Colletotrichum* Cda. Transactions of the British Mycological Society 13, 156–184.

E

Références bibliographiques

Edris A.E, (2007) ; Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituent: A review. *Phytother. Res*, 21, 3-323p 08.

El Mahjoub, M., Le Picard, D., and Moreau, M. 1984. Origin of tyloses in melon (*Cucumis melo*) in response to a vascular *Fusarium*. *IAWABulletin n.s.,Vol.5(4)*. 307-311.

El Modafar, C. 1994. Aspects histologiques et biochimiques des interactions hôte-parasites *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* inducing root rot of tomato. *Proc. Kansai. Plant Prost. Soc.* 16:17-29.

F

FAO 1997, 2005, 2010, 2013-Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Division statistique.Web. <http://faostat.fao.org/default.aspx>.

Ferrero M., 2009. Etude de la variabilité des comportements alimentaires du prédateur et

Flowers T J., Flowers S A., 2005: Why does.

Filipowicz N., Kamin ski M., Kurlenda J., Asztemborska M., Ochocka J.R., 2003: Antibacterial and Antifungal Activity of Juniper Berry Oil and its Selected Components *Phytotherapy Research* *Phytother. Res.* 17 , 227–23.

G

Garnéro J, (1996) ; Huiles essentielles. Techniques de l'ingénieur, K 345, Paris, 39p.

Grainge, M. and Ahmed, S. (1988) **Handboook** of Plants with Pest-Control Properties. John Wiley & Sons, Hoboken, 470 p.

H

Hawksworth DL, Sutton BC, Ainsworth GC. 1983 – Ainsworth and bisby's dictionary of the fungi 7th ed. Commonwealth Mycological Institute, Kew United Kingdom. p. 445.

Hyde, K., Cai, L., Mckenzie, E., Yang, Y., Zhang, J. and Prihastuti, H. (2009). *Colletotrichum*: a catalogue of confusion. *Fungal Diversity*, 39: 1.

I

Idnurm A, Heitman J (2005) Light controls growth and development via a conserved pathway in the fungal Kingdom. *PLoS Biol* 3:615-626.

Idrenmouche S., 2011- Biologie et écologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (**Meyrick, 1917**) (Lepidoptera : Gelechiidae) dans la région de Boumerdes. Mémoire Magistère en Sciences Agronomiques. E.N.S.A. El Harrach, 103p.

interprofessionnel des fruits et légumes. Ctifl. Rue bergère, Paris, 208 p.

J

Jdidi,I.(2015). Etude phytochimique et activités biologiques des extraits et des huiles essentielles de foeniculum vulgare mill. Projet de fin d'études *Pour l'obtention du diplôme National d'Ingénieur : Science de la Production Végétale Option : Forêt*. Tunisie, 41p.

Juven BJ1, Kanner J, Schved F, Weisslowicz H. :1994. Factors that interact with the antibacterial action of thyme essential oil and its active constituents. *J Appl Bacteriol.* Jun;76(6):626-31.

K

Kalembe D., Kunicka A, 2003, Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Curr.Med. Chem*, 10, 813-829p.

Kolev.N. 1976 : Les cultures maraichères en Algérie .Tome I .Légumes fruits .Ed. Ministre de l'Agriculture et des Reformes Agricoles. 52p.

Kouamé-Bi K.F.P., 2012.- Valorisation de quatre plantes médicinales Ivoiriennes: étude phytochimique. Thèse de doctorat, chimie organique, Université de Nantes et de l'Université de Cocody-Abidjan. 180 p.

Knowles J.R., Roller S., Murray D.B. & Naidu A.S., 2005. Antimicrobial action of carvacrol at different stages of dual species biofilm development by *Staphylococcus aureus* and *Salmonella enterica*, Serovar Typhimurium. *Appl. Environ. Microbiol.* 71: 797-803.

L

Latigui .A, 1984 : Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. Mémoire de magister. INA El-Harrach.79p.

LATORRE, B.A., SPADARO, I., and RIOJA, M.E. 2002. Occurrence of resistant strains of *Botrytis cinerea* to anilinopyrimidine fungicides in table grapes in Chile. Crop Protection 21: 957-961.

Lopez-Malo A, Palou E, Jiménez-Fernández M, Alzamora SM, Guerrero S, 2005. Multifactorial fungal inactivation combining thermosonication and antimicrobials Journal of food engineering 67 (1-2), 87-93.

M

.Maatoug, Février (1990). « Nos plantes médicinales ». Lexiques cliniques des plantes médicinales non toxiques employées en Tunisie.

MADR., 2009-Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural , Direction des Statistiques.62

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

P

Pibiri M.-C, (2005) ; Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huile essentielle. Thèse de doctorat. Polytechniques Fédérale de Lausanne. France.

Phoulivong S, Cai L, Chen H, McKenzie EHC, Abdelsalam K, Chukeatirote E, Hyde KD (2010) *Colletotrichum gloeosporioides* is not a common pathogen on tropical fruits. Fungal Diversity 44:33-43.

Phoulivong S., Mckenzie, E. and Hyde, K. (2012). Cross infection of *Colletotrichum* species: A case study with tropical fruits. Current Research in Environmental and Applied Mycology, 2(2): 99–111.

R

Raemaekers R., 2001. Agriculture en Afrique tropicale. Direction Générale de la Coopération Internationale (D-2001/02/0218/1).

Rezzonico F., Binder C., Défago G., Moenne-locco Y. 2005. The type III secretion system of biocontrol *Pseudomonas fluorescens* KD targets the phytopathogenic oomycete *Pythium ultimum* and promotes cucumber protection. *Molecular Plant-Microbe Interaction*, 18, p.

S

Salah, Benkherara & Bordjiba, Ouahiba & Ali Boutlelis, Dr. Djahra. (2011). Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de la sauge officinale : *salvia officinalis* L. sur quelques entérobactéries pathogènes. *Rev. Sci. Technol., Synthèse*. 23.

Shankara ., 2005.Sara Debbab.pdf.les graine.

Shankara, J., 2005. Recombinant glutathione –S- transterase a major allergen form alternaria clinical use allergy patients. *Molecular Immunology* .43 (12) : 1927-1932.

Shankar, J., 2006. Recombinant glutathione-S-transferase a major

Smith, H.C. 1965. The morphology of *Verticillium albo-atrum*, *V. dahlia*, and *V. tricopos*. *New Zealand J. Agric. Res.* 8:450-478.

Snoussi S. A., 2010- Etude de base sur la tomate en Algérie. Rapport de mission Programme régional de gestion intégrée des ravageurs pour le Proche-Orient. Rome, 52 p.

Soraueur, 1896. Catalogue of life

Sutton BC. 1992 – The genus *Glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*. In: *Colletotrichum* Biology, Pathology and Control. J. A. Bailey and M. J. Jeger, eds. CAB International, Wallingford, England. pp. 1–26.

Sreenivasaprasad, S. and Talhinhos, P. (2005). Genotypic and phenotypic diversity in *Colletotrichum acutatum*, a cosmopolitan pathogen causing anthracnose on a wide range of hosts. *Molecular Plant Pathology*, 6: 361-378. structure in *Candida dubliniensis*. *FEMS Microbiology Letters*. 10394: 1-6

T

Teuscher E., Anton R., et Lobstein A., (2005). Plantes Aromatiques (épices, aromates, condiments et huiles essentielles). Edition Tec et Doc. Paris. Edition. E.M. inter. Allemagne. P : 266.

Tivoli, B. 1988. Guide d'identification des différentes espèces ou variétés de *Fusarium* rencontrées en France sur la pomme de terre et dans son environnement. *Agronomie*, 8(3):211-222.

Tode HJ. 1790 – *Fungi Mecklenbergensis Selecti* 1, 1–64.

Than, P P, Jeewon R, Hyde, KD, Pongsupasamit, S; Mongkolporn, O. and pathogenicity of *colletotrichum* species associated with anthracnose on chilli (*Capsicum* spp.) in Thailand. *Plant Pathology* 57:562-572.

Toufouti, Tounsi, M.S., Wannes, W.A., Ouerghemmi, I., Msaada, K., Smaoui, A., Marzouk, B.2011,2013. Variation in essential oil and fatty acid composition in different organs of cultivated and growing wild *Ruta chalepensis* L. *Ind Crop Prod*, 33: 617–623.

U

Ultee A., Kets E.P.W., Smid E.J. Mechanisms of action of carvacrol on the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied and Environmental Microbiology*. 1999; 65: 4606-4610.

Ultee,1, * E. P. W. Kets,2 and E. J. Smid, 1999. Mechanisms of Action of Carvacrol on the Food-Borne Pathogen *Bacillus cereus* *Appl Environ Microbiol* v.65(10).

V

Vieira BS (2004) Alternariaeuphorbiicolacomomicoherbicida para leiteiro (Euphorbiaheterophylla):produção massal e integração com herbicidasquímicos. Tese de Doutorado. Viçosa MG. UniversidadeFederal de Viçosa.

W

Wacquant C., 2000. La construction des serres et abris. Edit. Centre technique

Références bibliographiques

Walker, J B., Sytsma, K J., Treutlein, J., Wink, M., (2004). Salvia (Lamiaceae) is not monophyletic: implications for the systematics, radiation, and ecological specializations of Salvia and tribe Mentheae. *Am. J. Bot.* 91, 1115–1125

Weir B., Johnston, P. and Damm, U. (2012). The *Colletotrichum gloeosporioides* species complex. *Studies in Mycology*, 73: 115-180.

Weir BS, Johnston PR, 2010 – Characterisation and neotypification of *Gloeosporium kaki* Hori as *Colletotrichum horii* nom. nov. *Mycotaxon* 111, 209–219.