

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

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



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

Mémoire de fin d'études

Présenté par :

MOKRANI Faiza & MEDJROUD Nesrine

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER en AGRONOMIE

Spécialité : Protection des cultures

Thème:

**Evaluation de l'activité antifongique de l'extrait
méthanoïque de *Salvia officinalis* vis-à-vis de
Fusarium sp., agent de la fusariose des agrumes.**

Soutenue publique le 03/07/2022

DEVANT LE JURY

Président	Mme. BOUALAM. M.	MCA	Université de Mostaganem
Examinatrice	Mme. BADAOUI. I.	MCB	Université de Mostaganem
Encadreur	Mme. SAIHAH. F.	MCB	Université de Mostaganem
Co. Encadreur	Mme. FLITI. K.	Doctorante	Université de Mostaganem

Thème réalisé au Laboratoire de protection des végétaux

L'année universitaire: 2021/2022



Remerciements

*Nos remerciements vont à Dieu, le tout puissant, le miséricordieux,
qui nous a donné la force et la patience pour mener ce travail,*

*Nous remercions, Madame Boualem Malika, maître de conférences à
l'université de Mostaganem, d'avoir accepté de présider notre jury.*

*Nous tenons à remercier Madame Saiah Farida qui a accepté de nous
encadrer et à diriger ce travail de recherche. Nous lui sommes très
reconnaissantes de nous avoir confié un sujet aussi passionnant. Son
enthousiasme, son optimisme et sa bonne humeur nous ont soutenus
pendant les périodes de doute.*

*Nous remercions Madame Badaoui Ikram pour avoir accepté
d'examiner notre travail et de nous avoir prodigué autant de conseils
durant toute l'année universitaire.*

*Nos remerciements vont également à Mademoiselle Fliti KHeira pour
sa grand aide.*

*Enfin, nous remercions toutes les personnes qui nous ont aidé et
accompagné durant toute la durée de ce travail.*

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

Au plus cher de mon cœur mon père qui m'a donné la vie et qui dans les moments difficiles est toujours présent pour me rendre la vie plus facile.

A celle qui m'a transmis la vie, l'amour, le courage, à toi chère mère toutes mes joies, mon amour et ma reconnaissance.

*A mes chers frères **Abed illah** , **Mohamed** et ma précieuse sœur **Ikram***

A toute Ma famille, pour son accueil chaleureux, son aide inestimable, et pour toute les belles choses qu'on a dû partager durant mon cursus.

A tous mes proches et mes chères amies.

A Mme SAIAH. F pour son énorme aide, compréhension, et sens de responsabilité

A mes chers amis d'étude : Chahra, Chaima, Imen, Asma, Ilham, et a tous les membres de ma promotion.

A mon chère amie et binôme Faiza qui m'a supporté durant ce travail, sans elle je n'aurai su rien faire. Je ne sais pas le temps qui nous reste, Mais qu'importe le temps lorsqu'on a des amis."

Que toute personne m'ayant aidé de près ou de loin, trouve ici l'expression de ma reconnaissance.

A mon beau pays, l'Algérie

Nesrine

Dédicace

Avant tout, je tiens à remercier le bon dieu et l'unique qui m'a offert le courage et la volonté nécessaire pour affronter les différentes épreuves de la vie.

Je dédie ce travail à mes chers parents pour leurs sacrifices et leurs encouragements durant toutes mes études.

A tous mes très chers frères: Rachid, Hamza, Youcef, et Omar.

A mes très chères sœurs: Aicha, Souad, Nabila, et Khawla.

A mes chères amies: Chahra, Chaima, Imen, Asma, Ilham, et a tous les membres de ma promotion.

A mon chère amie et binôme Nesrine, qui m'a soutenu durant ce travail, et je lui souhaite une bonne santé et un bien-être continu.

A tous ceux qui sont proches de mon cœur, Et dont je n'ai pas cité les noms.

Je dédie ce modeste travail.

Faiza

Résumé :

Le travail effectué a pour objectif d'évaluer l'efficacité d'une plante aromatique endémique, la sauge *Salvia officinalis* pour lutter contre la pourriture sèche des agrumes provoqué par l'agent pathogène *Fusarium sp.*

Cette plante de la famille des Lamiaceae, est riche en composés phénoliques. Pour extraire ses derniers nous avons utilisés deux méthodes d'extraction; soxhlet et macération. Les résultats du test « in vitro » de l'effet des extraits polyphénoliques des feuilles de la sauge *Salvia officinalis* sur la croissance mycélienne, montre une corrélation entre les différentes doses des extraits méthanoïques et du taux d'inhibition du champignon testé , en effet, plus la dose est élevée plus la croissance mycélienne est ralentie.

Mot clés : *Fusarium sp.*, *Salvia officinalis*, extrait méthanoïque, macération, soxhlet.

Abstract:

The work carried out aims to evaluate the effectiveness of an endemic aromatic plant, sage *Salvia officinalis*, in the fight against dry rot of citrus fruits caused by the pathogen *Fusarium sp.*

This plant of the Lamiaceae family is rich in phenolic compound. To extract its last we used two methods of extraction; soxhlet and maceration. The results of the "in vitro" test of the effect of polyphenolic extracts of sage leaves *Salvia officinalis* on mycelial growth, shows a correlation between the different doses of methanoic extracts and the rate of inhibition of the fungus tested, in fact, the higher the dose, the slower the mycelial growth.

Key words: *Fusarium sp.*, *Salvia officinalis*, methanoic extract, maceration, soxhlet.

Liste des abréviations

% : Pourcentage

°C : degré Celsius

cm : centimètre

D : diamètre de la colonie.

d: diamètre de l'explant.

DSA : direction des services agricole

FAO : food agriculture organisation

g : gramme

Ha : hectare

ITAFV : Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne

Kg : kilogramme

L : croissance mycélienne.

M : Masse de la plante en gramme

m : mètre

M': Masse d'huile essentielle en gramme.

ml : millilitre

mm : millimètre

Mt : millions de tonnes

P.D.A : Potato dextrose agar

RHE : Rendement en huile essentielle

Ti% : taux d'inhibition de la croissance mycélienne

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figure

Liste des tableaux

Introduction générale

Partie biographique

Chapitre I : Généralités sur les agrumes

I. Historique et répartition des agrumes dans le monde	3
I.1. La production des agrumes	3
I.1.1 En Méditerranée	3
I.1.2. En Algérie	3
I.2. Systématique	4
I.3 Les exigences de l'espèce	5
I.3.1 Les exigences climatiques	5
I.3.1.1. La température	5
I.3.1.2. La Pluviométrie	5
I.3.1.3. L'humidité de l'air	6
I.3.2 Les Aléas climatiques	6
I.3.2.1 Le vent	6
I.3.2.2 Les gelées	6
I.3.3. Les exigences pédologiques	6
I.4. Description et cycle phénologique de la plante hôte	7
I.4.1 Description botanique	7
I.4.2 Les différentes espèces de <i>Citrus</i> commercialisées	8
I.4.3 Le cycle de développement	10
I.4.3.1 La croissance végétative	10
I.4.3.2 Développement floral	10
I.4.3.3 Développement des fruits	11
I.5 Les problèmes phytosanitaires des agrumes	11
I.5.1 Les maladies des agrumes	11
I.5.2 - Les maladies d'origine cryptogamique	11
I.5.3 - Les principaux ravageurs des agrumes	13

Chapitre II : La fusariose des agrumes

II.1 Généralites	14
------------------	----

II-2.Epidemiologie	14
II-3.Description de la maladie	15
II-4.Dégâts	15
II-5.Lutte	16
II-6.Agents pathogènes: <i>Fusarium sp</i>	16
II-6-1. Caractéristiques générale des <i>Fusarium sp</i>	17
II-6-2. Classification	17

Chapitre III : Les extraits de plante

III- les extraits de plante	17
III.1-Les composés phénoliques	17
III.1.1- La structure chimique	17
III.1.2- Les composés phénoliques de défense constitutive	17
III.1.3- Les composés phénoliques de défense induite	20
III.1.4- Classification des polyphénols	20
III.1.4.1- Les acides phénoliques	20
III.1.4.2- Les Flavonoïdes	21
III.1.4.3- Structure et classification des flavonoïdes	22
III.3-La sauge	22
III.3.1- Historique	22
III.3.2 - Classification	23
III. 3.3 Description morphologique	23
III.3.4 Variétés	24
III.3.5 Usage thérapeutique	25
III.3.5.1 -Usage interne	25
III.3.5.2 Usage externe	25
III.3.5.3 Production	26
III.3.5.4 Toxicologie	26
III.3.5.5 - Composition chimique	27

Donnée expérimentale

Chapitre I : Matériels et méthodes

I- Matériels et méthodes	28
I.1- Objectif du travail	28
I.2-Matériel fongique	28
I.2.1- Repiquage de l'agent pathogène <i>Fusarium solani sp</i> des agrumes	28

I.2.2- Identification _____	29
I.3 Matériel végétale _____	29
I.3.1 Technique d'extraction par Macération _____	30
I.3.2 Calcul du rendement l'extrait hydrométhanolique _____	31
I.3.2.1 Préparation des dilutions _____	32
I.3.2.2 Conduite de l'essai de l'évaluation de l'activité antifongique « in vitro » de l'extrait méthanoïque de <i>Salvia officinalis</i> vis-à-vis de <i>Fusarium</i> sp _____	32
I.4- Evaluation de la croissance mycélienne. _____	32
I.5- Analyse statistique _____	34

Chapitre II : Résultats et discussion

II.1 Caractères morphologiques d'isolat de <i>Fusarium</i> _____	35
II.1.1 Etude de l'aspect macroscopique _____	35
II.2 Evaluation de l'activité antifongique de l'extrait méthanoïque des feuilles de <i>Salvia officinalis</i> sur <i>Fusarium</i> sp. agents de pourriture sèche des racines des agrumes. _____	35
II.3 Evaluation de l'activité antifongique de l'extrait hydrométhanolique des feuilles de la sauge sur la sporulation de <i>Fusarium</i> sp : _____	40
II.4 La Dicussion : _____	41

Conclusion générale

Les références bibliographiques

Liste des figure

Figure 1 : Production des agrumes en Algérie.....	4
figure 2 : feuille et branche d'orange	7
figure 3 : inflorescence d'agrume	8
Figure 4 : Les fruits d'orange	8
figure 5 : dépérissement d'un arbre d'agrumes causé par <i>Fusarium</i> sp.,	16
Figure 6 : la structure chimique de phénole.....	17
Figure 7 : exemples de quelques acides phénols	21
figure 8 : Structure générale du noyau des flavonoïdes	22
Figure 9 : Aspect de <i>Salvia officinalis</i>	24
Figure 10 : Aspect macroscopique de l'isolat de <i>Fusarium</i> sp. Cultivé sur milieu P.D.A après 7jours	28
Figure 11 : feuilles séchées et poudre de la sauge	29
Figure 13 : Les différentes dilutions du composé phénolique	32
Figure 14 : Essai de l'évaluation de l'activité antifongique de l'extrait méthanoïque de la sauge vis-à-vis le <i>Fusarium</i> sp	32
Figure 15 : Aspect macroscopique de l'isolat de <i>Fusarium</i> sp. Cultivé sur milieu P.D.A	35
Figure 16 : Effet de l'extrait lyophilisé des feuilles de <i>Salvia officinalis</i> sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp. (Originale, 2022)	34
Figure 17 : Effet de l'extrait des feuilles de <i>Salvia officinalis</i> lyophilisé sur la vitesse de croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp. (Originale, 2022)	35
Figure 18 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait hydrométhanoïque lyophilisé des feuilles de <i>Salvia officinalis</i>	36
Figure 19 : Effet de l'extrait des feuilles de <i>Salvia officinalis</i> séché à l'étuve sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp. (Originale, 2022)	37
Figure 20 : Effet de l'extrait des feuilles de <i>Salvia officinalis</i> séché à l'étuve sur la vitesse de croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp. (Originale, 2022)	37
Figure 21: Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp. Sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait hydrométhanoïque séché à l'étuve des feuilles de <i>Salvia officinalis</i>	38
Figure 22 : Taux d'inhibition de la sporulation de l'isolat de <i>Fusarium</i> sp sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait hydrométhanolique des feuilles de la sauge (<i>Salvia officinalis</i>).....	39

Figure 23 : Taux d'inhibition de la sporulation de *Fusarium* sp sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait hydrométhanolique séché à l'étuve des feuilles de la sauge (*Salvia officinalis*)39

Liste des tableaux :

Tableau 1: Les ravageurs des agrumes en Algérie (Bich,2012)	13
Tableau 2 : Nomenclature des sections et espèces de Fusarium (Rossman et al., 1999 ; Schroers et al., 2011 ; Grafenhan et al., 2011)	18
Tableau 3 : Variétés de <i>Salvia officinalis</i> (Elisabeth et Julien, 2014)	24

Introduction générale

Introduction :

A l'échelle mondiale, l'agrumiculture constitue l'un des plus importants secteurs de l'économie internationale. La production mondiale d'agrumes, s'élève à plus de 110 millions de tonnes par an, sur une superficie de 8,5 millions d'hectares environ. Les oranges représentent environ 60 % de la production totale des agrumes (FAO, 2008). Elles ont connu une progression continue dans le monde. Parmi les 140 pays producteurs à travers le monde, 70% de ces derniers sont localisées dans l'hémisphère nord dont 20% dans la région méditerranéenne.

En Algérie, la production des agrumes atteint plus de 1174845 tonnes par hectare en 2022 (FAO, 2022).

Les agrumes subissent les attaques de nombreux bio-agresseurs. Parmi eux, les champignons pathogènes causent des maladies sur tous les organes de la plante.

Les agrumes sont particulièrement sensibles à l'attaque des *Fusarium* spp. Leur développement rapide et insidieux, engendre la destruction complète de l'arbre, cet agent tellurique occasionne des dégâts avec des conséquences désastreuses sur le rendement et la qualité de la récolte. Contre ce genre de fléaux, la prévention ainsi que l'utilisation des produits chimiques représentent à l'heure actuelle la solution la plus efficace. Cependant, les inconvénients liés à l'utilisation répétée des produits de synthèse entraîne souvent la pollution de l'environnement, l'apparition de souches résistantes et augmente la quantité des résidus sur les fruits (ITAFV, 2012; Ozbay et Newman, 2004).

C'est pourquoi les scientifiques sont à la recherche d'alternatives moins dangereuses. Ils se sont alors orientés vers la lutte biologique par l'utilisation de substances naturelles antifongiques plus sécuritaires pour les humains et pour l'environnement. Parmi ces substances naturelles figurent les extraits poly-phénoliques des plantes aromatiques.

L'Algérie, par sa situation géographique, offre un grand nombre de plantes aromatiques qui y pousse spontanément. L'intérêt porté à ces plantes n'a pas cessé de croître au cours de ces dernières années. C'est dans cette optique, qu'on s'est intéressé à une espèce appartenant à la famille des Lamiacées ; *Salvia officinalis*. C'est un arbuste indigène très prisé en phytothérapie.

Le travail qu'on a effectué a pour l'objectif de mettre en évidence une éventuelle activité antifongique « in vitro » de deux extraits méthanoïques des feuilles de *Salvia officinalis* vis-à-vis de *Fusarium* sp. Il est réparti en deux parties :

- La partie première est consacrée à une synthèse bibliographique mettant l'accent sur trois chapitres; le premier chapitre traite des généralités sur les agrumes, le second présente la maladie fongique et son agent causal, et le troisième chapitre est consacré aux composés phénoliques.

Introduction générale

• La seconde partie est réservée à l'étude expérimentale. Elle est subdivisée en deux chapitres; L'un présente les méthodes et les techniques utilisées pour la réalisation de ce travail alors que, l'autre est consacré à la présentation et la discussion des résultats obtenus.

Partie biographique

Chapitre I: Généralités sur les agrumes

Chapitre I: Généralités sur les agrumes**I. Historique et répartitions des agrumes dans le monde**

Le centre d'origine des agrumes se situe principalement dans le Sud-Est Asiatique. Dans cette zone l'hybridation naturelle est très fréquente dans ce groupe des plantes (**Parfonry, 2001**). Les agrumes auraient été diffusés au Moyen-Orient, puis dans les pays méditerranéens, par les échanges commerciaux de l'antiquité et jusqu'à nos jours. C'est ainsi, qu'à la fin du 16^{ème} siècle, les agrumes à l'exception du mandarinier, s'étaient répandus dans presque toutes les régions tropicales et subtropicales (**Parfonry, 2001**).

I.1. La production des agrumes**I.1.1 En Méditerranée**

La Méditerranée fait partie des principales zones de culture des agrumes dans le monde avec 22,4 millions de tonnes en 2011 (FAO, 2011). Elle figure en troisième position après la Chine (22,9 millions de tonnes) et le Brésil (22,7 millions de tonnes). La climatologie particulière de cette vaste région, aux hivers frais, permet de produire des oranges et de petits agrumes d'une coloration typique et d'une saveur appréciée grâce à un bon équilibre entre sucre et acidité. Cette zone est aussi exempte de certaines maladies de quarantaine qui sévissent dans d'autres régions du monde. Ainsi, en fruits frais, le bassin méditerranéen contrôle pas moins de 60% du commerce mondial des oranges et des citrons (hors limes) et plus de 70% des petits agrumes. La production du pomelo est relativement faible car cet agrume a une physiologie particulière et nécessite des températures élevées et régulières pour exprimer pleinement son potentiel gustatif. Cependant, le débouché industriel, même s'il n'est généralement pas dominant, est un élément clé de l'équilibre économique des filières méditerranéennes. Il permet de réguler les volumes proposés sur le marché du frais et de valoriser les sous-produits des chaînes de conditionnement (**Jacquemondet *al.* 2013**).

I.1.2. En Algérie

L'introduction de l'oranger en Algérie est ancienne, sans qu'il soit possible de la dater avec précision, mais le développement de sa plantation caractérise essentiellement l'époque coloniale (**Mutin, 1969**). **Trabut (1906)** a affirmé que l'étude de nombreux semis d'orangers et mandariniers réalisés en Algérie lui a permis de distinguer déjà un certain nombre de races locales ou de métis très dignes d'être conservés tels que l'orange très précoce en Kabylie, l'orange de Blida, l'orange de Toudja etc... Le mandarinier comme espèce a été introduite par Hardy en 1850 (**Trabut et Marés, 1906**), et de bonnes variétés ont pu être fixées ensuite par

greffage (INRA, 2006). Au début du siècle, une nouvelle espèce qui connaîtra le succès, le clémentinier, issu d'une hybridation entre un Mandarinier et un Bigaradier « Granito » a été trouvé, elle doit son nom au frère Clément (INRA, 2006). Cette espèce a été découverte et mise au point en 1902 à Messerghin, près d'Oran (Mutin, 1969). En 1964, le verger agrumicole algérien représentait une superficie de 45000 ha pour une production de près de 450000 tonnes, toutes variétés confondues (FAO, 2011). En 1970, beaucoup d'efforts ont été fournis pour améliorer d'avantage le niveau de production qui atteint 530000 tonnes (MADRP, 2013). De la fin des années 80 jusqu'à 1999, l'agrumiculture a connu une régression dans la production (figure 4). Ensuite, la superficie agrumicole totale a connu une progression; elle est passée de 46010 ha en 2000 à 64766 ha en 2013. Ces accroissements en superficie sont accompagnés avec des augmentations sensibles dans la production agrumicole où la production totale en agrumes de l'année 2013 a atteint 568.4 milliers de tonnes de toutes variétés confondues (figure 1).

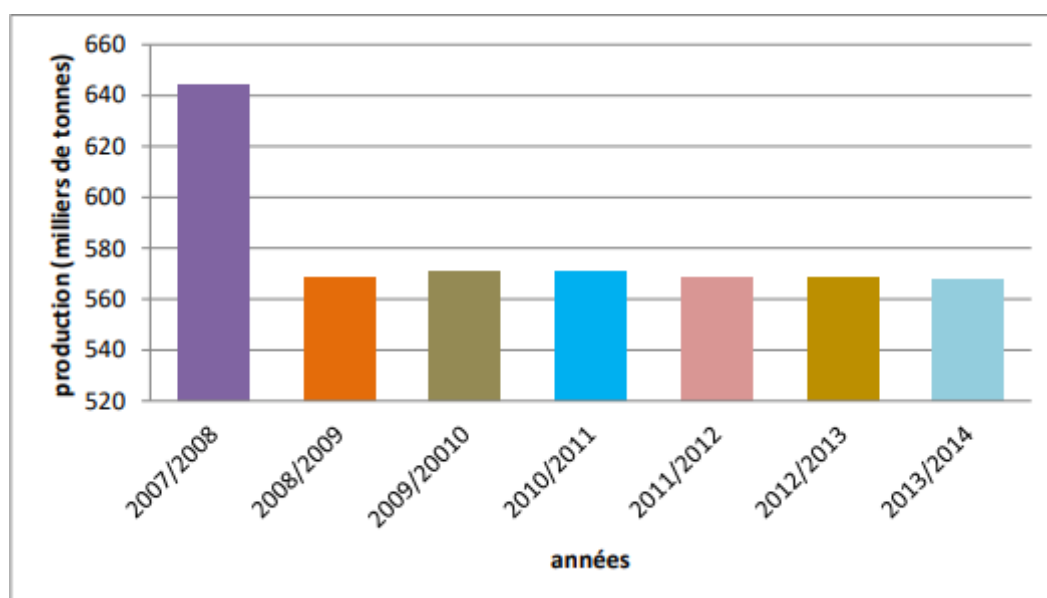


Figure 1 : Production des agrumes en Algérie (FAO, 2015).

I.2. Systématique

Selon (Praloran, 1971 cité par Berrighi, 2007), les agrumes appartiennent à

- Ordre Géniale
- Famille *Rutaceae*
- Sous-famille *Aurantioideae*
- Tribu Citreae
- Sous-tribu Citrinae
- Trois genres *Fortunella, Poncirus, Citrus*

C'est au dernier genre qu'appartiennent les principales espèces cultivées (**Praloran, 1971**).

- *Citrus sinensis* OSBACK (Oranger)
- *Citrus reticulata* BLANCO (Mandarinier)
- *Citrus clementina* CLEMENT (clémentinier)
- *Citrus limon* BRUN (Citronnier)
- *Citrus grandis* OSBACK (Pomplemoussier)
- *Citrus medica* LINN (cédratier)
- *Citrus aurantium* LINN (bigaradier)

I.3 Les exigences de l'espèce

I.3.1 Les exigences climatiques

I.3.1.1. La température

Selon **Mostfaoui (2009)**, La température représente un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces des communautés d'êtres vivants dans la biosphère.

Les agrumes sont considérés comme des arbres à climat chaud, néanmoins, les températures minimales et maximales constituent un facteur limitant. Le zéro végétatif des agrumes est de 8°C. La température optimale de croissance serait de 25 à 26°C; au-delà, l'activité décroît pour s'arrêter de 38 à 40°C et peut occasionner des brûlures sur les feuilles et les fruits (**Loussert, 1985; 1989**).

D'une façon générale, la résistance au froid et aux fortes chaleurs chez les agrumes dépend de l'état de l'arbre, de l'espèce, de la variété et de la durée de chacun des deux extrêmes de la température (**Robert in Praloran, 1981**).

I.3.1.2. La Pluviométrie

L'eau est un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres afin d'assurer un équilibre biologique (**Mercier, 1999**).

Les agrumes sont des arbres à feuilles persistantes à fort besoins en eau qui varient entre 900 à 1200 mm pendant la période estivale.

I.3.1.3. L'humidité de l'air

Si l'humidité de l'air est insuffisante, la transpiration du végétal est élevée et ses besoins en eau augmentent. Cette faible humidité de l'air peut être amplifiée par des vents chauds desséchants pouvant provoquer des brûlures sur les feuilles et les fruits (**Loussert 1985; 1989**).

I.3.2 Les Aléas climatiques**I.3.2.1 Le vent**

Le vent constitue l'un des facteurs climatiques déterminant dans la variation d'un milieu (**Seltzer, 1946**). Par son action mécanique, il peut provoquer indirectement des blessures sur le fruit (frottement, ou par transport des grains de sable) ainsi que certaines altérations qui rendent les fruits impropres à l'exportation, exemple: le vent (sirocco) chaud et sec, provoque un dessèchement surtout au moment de la floraison (**Loussert, 1989**).

I.3.2.2 Les gelées

Les agrumes craignent les gelées printanières et les gelées tardives d'hiver coïncidant avec les stades critiques (floraison, maturité des fruits de certaines variétés de clémentiniers et mandariniers).

A des températures inférieures à -1 et -2°C, des dégâts se manifestent sur les fruits tandis qu'à des températures inférieures à -3 et -4°C des dégâts sont visibles sur les parties aériennes apparaissent et en dessous de -8°C l'arbre dépérit (**Loussert, 1989**).

I.3.3. Les exigences pédologiques

Le sol est le support de l'arbre qui par les racines puisent les éléments nécessaires à sa croissance. Les agrumes possèdent un système racinaire important et exigeant des sols profonds. La large gamme de porte-greffe disponible permet, avec un choix judicieux, d'implanter les agrumes dans des sols très variables en termes de pH, de texture et d'équilibre chimique. Les sols dont le pH compris entre 6 et 7 conviennent en général le mieux (**Loussert, 1985; 1989**). Sur le plan physique, il y a lieu de retenir les terrains répondant aux critères suivants :

- Sol meuble et aéré.
- Sol à texture dominante grossière: éviter les terrains répondant aux battants (riches en éléments fins).
- Sol homogène et profond (1 m au minimum), à drainage externe satisfaisant.

I.4. Description et cycle phénologique de la plante hôte

I.4.1 Description botanique

Swingle (1948), décrit les caractères distinctifs généraux du genre *Citrus*. Ce sont des petits arbres dont les jeunes rameaux sont cylindriques et épineux mais leurs branches âgées sont fréquemment inermes.

A- Les feuilles

Les feuilles sont simples de 4 à 8 cm de longueur, unifoliées denses, avec des pétioles ailés et articulés. Elles sont oviformes, ovales ou elliptiques, et contiennent des essences dans les poches, libérées une fois écrasées (figure N°02). Les jeunes brindilles sont orientées vers le haut; elles sont vertes axillaires et unilatérales tandis que les brindilles et les branches plus anciennes, sont de couleur terreuse (circulaire dans la section transversales) et multilatérales (**Mackee, 1985**).



Figure 2: Feuilles et branches de l'oranger (**Belaidouni, 2016**).

B- Les fleurs

Elles sont solitaires ou en petites grappes corymbiformes. Calice à 4 ou 5 sépales, le nombre d'étamines est généralement quatre fois supérieur à celui des pétales et parfois 6 à 10 fois plus nombreux. L'ovaire est plus globuleux et bien distinct du style mince, ou tronqué, fusiforme ou subcylindrique passant progressivement à un style d'épaisseur voisine à celle de la partie supérieure de l'ovaire. Le stylet se termine brusquement en un stigmate sub globuleux ou en sphère aplatie.



Figure 3 : Inflorescence d'agrumes (Guenouni et kacemi, 2013).

C- Les fruits

Ils sont est formés de segments contenant des graines placées dans l'angle intérieur. Les segments sont entourée d'un endocarpe blanc à l'extérieur du quel se trouve une écorce à très nombreuses glandes à essences, devenant jaune ou orange à maturité.



Figure 4 : Les fruits d'oranger (Belaidouni, 2016).

I.4.2 Les différentes espèces de *Citrus* commercialisées

Les espèces et variétés commerciales bien connues des agrumicultures appartenant à ce genre sont décrites comme suit (Sadok, 1983).

1) L'oranger (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck)

Plus de 1000 variétés sont recensées mais les plus cultivées sont classées en : Orange blonde « Washington Navel, Hamline, Salutiana, Valencia Late, Shamouti, etc... », Orange demi sanguine (la Maltaise demi sanguine ou Portugaise, la Double Fine, etc...).

2) Le mandarinier (*Citrus reticulata* Blanco)

Parmi les variétés de cette espèce on retiendra les Tangerines et la clémentine. Les taxonomistes modernes ont érigé au rang d'espèce *Citrus clemetinia*. Les opinions sont

partagées à propos de son origine. Selon **Praloran (1971)**, Trabut et Rebour pensent qu'elle est née en Algérie d'un croisement de mandarinier commun avec le bigaradier Granito, tandis que **Webber (1943)**, **Tanaka (1954)** et **Chapot (1963)** estiment qu'elle est de souche orientale apparentée au mandarinier Canton.

3) Le citronnier (*Citrus limon* L. Burn)

Le citronnier est un arbre vigoureux qui atteint une grande taille quand il est cultivé sous des conditions de milieu qui lui sont favorables. Les fleurs teintées de pourpre et groupées en bouquets, sont remontantes et de grande taille. Un certain pourcentage d'entre elles sont mâles en raison de l'avortement du pistil, les plus courantes sont: Eureka ou quatre saisons et Lisbon.

4) Le bigaradier (*Citrus aurantium* L.)

Vulgairement appelé orange amère, le bigaradier est le plus résistant au froid, l'excès d'eau et à la gommose de *Phytophthora* sp. Principalement pour ces qualités, il a été le plus important et le plus populaire des portes greffes jusqu'à l'apparition de la Tristeza (**Praloran, 1971**).

5) Le pomelo (*Citrus paradisi* Macfayden)

Grapefruit en anglais, c'est la seule espèce qui ne soit pas originaire du Sud-Est asiatique car elle est apparue aux Antilles. Elle provient d'une mutation de bourgeon d'une hybridation du pamplemousse (**Praloran, 1971**).

6) Le pamplemoussier (*Citrus maxima* ou *Citrus grandis* L. Osbeck)

Bien qu'ils forment deux espèces différentes, le pamplemoussier et le pomelo sont assez étroitement apparentés et plusieurs auteurs considèrent que le pomelo n'est qu'une sous espèce ou une variété botanique de *Citrus grandis*.

7) Le cédratier (*Citrus medica* L.)

Les fruits de cette espèce sont habituellement de très grande taille et de forme oblongue terminée par un mamelon. Les pépins sont monoembryonnés. Le cédratier est la seule espèce d'agrumes qui se multiplie par bouturage (**Praloran, 1971**). Les variétés les plus connues sont le cédratier de corse et le cédratier diamante.

8) Le limetier (*Citrus aurantifolia* Swingle)

Les fruits très petits de couleur jaune verdâtre, sont de forme sphérique à ovale et se terminent par un court mamelon. Ils présentent une peau lisse très mince à coriace et la pulpe juteuse. Les variétés les plus connues sont la lime mexicaine appelée citron vert ou lime à petits fruits et la lime à gros fruits dont le type est la variété Bears.

I.4.3 Le cycle de développement

Le cycle de développement des agrumes se caractérise par la succession de deux phénomènes: la croissance végétative et la fructification (Rebour, 1950).

I.4.3.1 La croissance végétative

Les agrumes sont des arbres à feuillages persistants sauf pour *P. trifoliata* qui perd son feuillage en hiver (Loussert, 1989). Ils sont caractérisés par une émission régulière de feuillage durant l'année, éprésentés par l'apparition des jeunes ramifications dites poussées de sève au cours de trois périodes distinctes de l'année:

A. Première poussée de sève (poussée de printemps) : De fin février jusqu'au début Mai, les ramifications s'allongent et développent des jeunes feuilles de coloration verte-claire, sur ces nouvelles pousses apparaissent en Avril et Mai les organes fructifères.

B. Deuxième poussée de sève (poussée d'été): De juillet à Août, se développent de nouvelles pousses qui sont en général moins importantes que celles de printemps et d'automne.

C. Troisième poussée de sève (poussée d'automne) : D'octobre à fin Novembre, elle assure le renouvellement du feuillage. Ces trois poussées sont le résultat de trois flux de sève qui assurent le développement végétatif de l'arbre. Les arbres ne subissent pas le phénomène de dormance mais seulement un ralentissement de l'activité végétative (Loussert, 1989).

I.4.3.2 Développement floral

Les principales étapes du développement floral sont: la floraison, la pollinisation et la fécondation.

A. La floraison : Elle s'étale de fin Mars au début Mai; chez certaines espèces, la floraison peut être échelonnée durant toute l'année. C'est le cas des limettiers et des cédratiers. Praloran (1971), rapporte que la production des fleurs qui donnent des fruits atteignant la maturité est faible, en effet 1% des 60 000 fleurs suffisent pour assurer une récolte de 100kg /arbre.

B. Pollinisation : Lors de la pleine floraison, les anthères des étamines s'ouvrent et laissent échapper les grains de pollen, ces derniers sont transportés par le vent ou par les insectes, particulièrement les abeilles. Le développement parthénocarpique du fruit est déclenché par la germination de la graine de pollen sur le stigmate sans qu'il ait fécondation complète (Ghelamallah, 2005).

C. Fécondation : Les espèces et les variétés riches en pépins assurent la fécondation complète. Après que la germination du pollen est réalisé, il se développe dans le stylet et se termine par la fusion des deux gamètes (anthérozoïde, oosphère), c'est la phase ultime de la fécondation (Matmati, 2005).

I.4.3.3 Développement des fruits

Les étapes du développement sont: la nouaison, le grossissement et la maturation.

A. La nouaison: C'est la première étape du développement du fruit juste après la fécondation.

B. Le grossissement: Etape rapide (Mai-Juin) qui nécessite de l'eau et des éléments nutritifs (N) afin d'obtenir un bon calibre et une bonne qualité du fruit (Matmati, 2005).

C. La maturation: cette étape s'effectue pendant la période échelonnée entre Juillet et Septembre, le fruit poursuit son développement en grosseur pour atteindre en Octobre son calibre définitif (Loussert, 1989; Praloran, 1971 in Berrighi, 2007).

I.5 Les problèmes phytosanitaires des agrumes

La culture des agrumes revêt une importance économique et stratégique pour le pays, pour cela, il serait utile d'améliorer et de protéger cette culture contre tous les ravageurs et les maladies.

I.5.1 Les maladies des agrumes

I.5.2 - Les maladies d'origine cryptogamique

- **La Pourriture sèche racinaire :** C'est une maladie qui est causé par *Fusarium sp.*, dont les symptômes sont, une mort brutale des arbres. Un dépérissement unilatéral des arbres. Et une pourriture sèche des racines avec une coloration brune ou marron (ITAFV, 2012).
- **Gommose à Phytophthora:** Le champignon responsable est localisé à la base des charpentières, il provoque un craquellement de l'écorce avec exsudation de gomme et entraîne un flétrissement annonçant la mort de l'arbre au moyen et à long terme (ITAFV, 2012).
- **Pourridié (pourriture des racines) :** A la suite d'une blessure ou sur certaines variétés sensibles, le mycélium de différents champignons peut envahir les racines, provoquant l'arrêt de la circulation de la sève et par suite la mort de l'arbre (ITAFV, 2012).

- **La fumagine:** Cette maladie est généralement la conséquence d'une forte attaque de cochenille et de puceron, ou d'aleurode. En effet, ces insectes rejettent sur les feuilles et la rameaux, un miellat sur lequel le champignon responsable de la fumagine (*Capnodium citri*) trouve un milieu favorable à son développement (ITAFV, 2012).
- **L'antracnose :** Cette maladie connue sous le nom de « flétrissure des rameaux » est causée par *Colletotrichum gloeosporioides*. Elle sévit au début de l'automne, elle affecte les arbres affaiblis souffrant des déséquilibres hydriques ou minéraux. Elle provoque des dessèchements très caractéristiques des jeunes rameaux sur la cime des arbres.
- **Le mal secco :** Cette maladie cryptogamique est causée par *Phoma tracheiphilia*; champignon qui se développe dans les tissus conducteurs et entrave la circulation de la sève causant un dessèchement des grosses branches et dépérissement total de l'arbre en un ou deux ans. L'espèce la plus sensible est le citronnier, mais on peut aussi l'observer sur clémentinier.
- **L'alternariose :** Causé par *Alternaria citri* et *Alternaria pierca*, elle est appelée pourriture noire, car elle est à l'origine d'une pourriture spécifique sur les fruits. Ses dégâts sont localisés dans la zone de l'ombilic, atteignant également une partie de la pulpe qui se transforme en amas poudreux de couleur noir mate.

I.5.3 - Les principaux ravageurs des agrumes

Tableau 1: Les ravageurs des agrumes en Algérie (Bich, 2012).

Ravageurs	Noms		Dégâts	
	Scientifique	Commun		
Insectes	<i>Aonidiella aurantii</i>	Pou de Californie	Attaquent les feuilles, les rameaux et les fruits. Développement de la fumagine, chute des feuilles et dépérissement des fruits.	
	<i>Lepidosaphes beckii</i>	La cochenille moule		
	<i>Lepidosaphes glowerii</i>	La cochenille virgule		
	<i>Chrysomphalu Dictyospermi</i>	Pou rouge de Californie		
	<i>Parlatoria ziziphi</i>	Pou noir de l'oranger		
	<i>Parlatoria pergandei</i>	Cochenille blanche		
	<i>Saissetia oleae</i>	Cochenille H		
	<i>Icerya purshasi</i>	La cochenille Australienne		
	<i>Coccus hesperidum</i>	Cochenille plate		
	<i>Ceroplastes sinensis</i>	Cochenille chinoise		
	<i>Pseudococcus citri</i>	La cochenille farineuse		
	<i>Aphis spiraecola</i>	Puceron vert des citrus		Avortement des fleurs et déformation des très jeunes feuilles.
	<i>Aphis gossypii</i>	Puceron vert du Cotonnier		
	<i>Toxoptera aurantii</i>	Puceron noir des Agrumes		
	<i>Myzus persicae</i>	Puceron vert du pécher		
	<i>Aleurothrixus floccosus</i>	L'aleurode floconneux	Provoque des souillures importantes ainsi que le développement de la fumagine.	
<i>Dialeurodes citri</i>	L'aleurode des Citrus	Provoque des nuisances et développe de la fumagine.		
<i>Phyllocnistis citrella</i>	Mineuse des agrumes	Attaque les feuilles et les jeunes pousses.		
<i>Ceratitis capitata</i>	Mouche méditerranéenne des fruits	Provoque la pourriture des fruits.		
Nématodes	<i>Tylenchulus semipenetrans</i>	Nématode des agrumes	Croissance ralentie des arbres ; pas de symptômes spécifiques de cette espèce	
Acariens	<i>Tetranychus cinnabarinus</i>	Acarien tisserand	Provoquent des nécroses, décoloration et chute des feuilles, des fruits et des bourgeons.	
	<i>Hemitarsonemuslatus</i>	Acarien ravisseur		
	<i>Aceria sheldoni</i>	Acarien des bourgeons		

Chapitre II: La fusariose des agrumes

Chapitre II : la fusariose des agrumes**II.1 Généralités**

La pourriture sèche des racines d'agrumes ou "dry root rot" est une maladie qui se manifeste actuellement dans plusieurs pays provoquant, parfois, des dégâts considérables. Elle a été signalée aux Etats-Unis, en Afrique du Sud, en Argentine, au Brésil, et en Grèce (**Mathioudi et al., 1987**). Selon ces auteurs, cette maladie serait à l'origine de la destruction de plus de 3070 des arbres d'une région agrumicole en Grèce. Plusieurs chercheurs soupçonnent *Fusarium solani* (MarL) Sacc. comme étant l'agent causal de cette maladie. **Menge (1989)**, rapporte que ce champignon est le plus fréquemment isolé du bois infecté des arbres malades.

II-2. Epidémiologie

La maladie se manifeste uniformément dans toutes les catégories du sol. Les dégâts les plus importants sont observés sur des sols lourds, mal drainés et peu profonds. De plus, la maladie est favorisée par l'acidité du sol ainsi que par une fumure ammoniacale excessive et par tout facteur provoquant des blessures au niveau du collet ou des racines (techniques culturales, attaques par les nématodes, *Phytophthora spp.*, rongeurs...) (**Bender et al., 1982**).

Pendant les années à pluviosité importante et continue, ou d'années à température estivale élevée, la maladie se répand très vite. Par contre, pendant les années sèches et fraîches on constate une stabilisation de son évolution. On peut distinguer trois périodes pendant lesquelles les symptômes s'extériorisent fortement, à savoir au printemps (pleine floraison), en été (températures élevées) et en automne (début de la maturité des fruits) (**Young et al., 1984**).

Dans des conditions favorables à la maladie, les porte-greffes les plus couramment utilisés (*Citrus aurantium*, *Poncirus trifoliata* et citrange Troyer (*Poncirus trifoliata* x *Citrus sinensis* cv, Washington Navel orange) sont également affectés.

Les arbres exposés à un excès ou un manque d'irrigation deviennent très sensibles à l'infection, surtout les jeunes sujets de moins de 5 ans, ainsi que les arbres en production de 15-25 ans.

La propagation de la maladie d'une partie de la plante à l'autre peut s'effectuer, soit à partir du collet vers les grosses racines et les racinelles, soit en sens inverse (**Bender et al., 1982**).

II-3. Description de la maladie

Cette affection, décrite la première fois par **Fawcett (1936)**, a été observée en Californie, à Cuba, en Australie, en Italie, au Sud de la Russie et en Rhodésie (**Vanderweyen et Serrhini, 1981**). On a constaté que certaines espèces de *Fusarium* sont toujours associées à la pourriture sèche des racines (Dry root-rot) (**Bender et al., 1982**). L'écorce de la racine est désagrégée et le bois au-dessous du collet de l'arbre est attaqué. L'écorce est d'abord molle, puis elle devient dure. Les feuilles se dessèchent plus ou moins rapidement et tombent. Si l'arbre malade est abandonné à lui-même, la mort ne tardera pas à venir.

Les orangers doux aussi bien que les bigaradiers sont atteints. L'espèce *Fusarium solani* (téléomorphe: *Haematonectria haematococca*), est toujours associée à la maladie de la pourriture sèche des agrumes. Toutefois, d'autres espèces telles le *F. oxysporum* et le *F. proliferatum* sont aussi observées dans la rhizosphère et dans les tissus infectés des agrumes (**Ghosh et Singh, 1993**).

La reproduction asexuée est assurée par la formation de conidies qui sont disséminées passivement (eaux de pluies, outils de taille mal désinfectés, ...). Ce stade est présent dans le sol, il est saprophyte (il se retrouve fréquemment dans les tissus végétaux morts). Ce stade peut former des spores hivernantes ou chlamydospores qui peuvent rester viables pendant des années (**Dandurand et Menge, 1992**).

II-4. Dégâts

Fusarium solani est un champignon du sol qui provoque selon la plante infestée un dépérissement racinaire, la formation de chancres mous brun foncé à noirs sur les tiges, soit au niveau des nœuds soit au niveau de plaies (**Labuschagne et al., 1989**). Une section transversale de la tige montre au cœur une tâche noire qui peut s'étendre sur une grande longueur. A des stades avancés, il peut apparaître sur les zones de chancre de minuscules structures orangées ou brun clair: Les périthèces (fructifications du champignon) ou un mycélium blanc (**Labuschagne, 1994**).

Au niveau des tiges, ces chancres perturbent la circulation de la sève et entraînent le flétrissement des organes touchés ou le flétrissement complet de l'individu. Cette maladie provoque également un dépérissement unilatéral des arbres, une pourriture sèche des racines avec une coloration brune ou marron et une mort brutale des arbres (**Guilli et Chafai, 1995**).



Figure 5 : dépérissement d'un arbre d'agrumes causé par *Fusarium* sp. (Anonyme, 2017).

II-5.Lutte

Fusarium sp. est un champignon du sol. Lorsque les plantes sont atteintes, il faut enlever l'intégralité de la plante et de son système racinaire pour ne pas laisser de tissus végétaux contaminés dans le sol et brûler le tout.

Des produits de désinfection des sols peuvent être appliqués mais sans certitudes d'une désinfection totale. Après élimination des plants atteints, il convient de ne pas replanter le même type de plante.

II-6.Agents pathogènes: *Fusarium* sp.

Le genre *Fusarium* inclue des champignons imparfaits appartenant à la classe des Deutéromycètes. Les formes parfaites ou téléomorphes de quelques espèces de *Fusarium* sont connues, et appartiennent à la classe des Ascomycètes (ordre des Hyphocreales, famille des Nectriaceae, genres *Gibberella*, *Calonectria* et *Nectria*). Pour plusieurs espèces de *Fusarium*, le stade parfait n'est pas connu. Le genre comprend près de 40 espèces souvent largement répandues (Nelson et al., 1983).

Sur le plan économique le genre *Fusarium* est très important parce qu'il regroupe beaucoup d'espèces phytopathogènes, susceptibles d'induire des maladies (fusarioses) chez de nombreuses plantes. De plus, beaucoup d'espèces saprophytes sont capables de se développer en tant que pathogènes secondaires sur des tissus végétaux sénescents. Les espèces du genre *Fusarium* peuvent ainsi attaquer les céréales (maïs, blé, orge, avoine), des légumes, les plantes ornementales et beaucoup d'arbres fruitiers tels que les agrumes.

II-6-1. Caractéristiques générale des *Fusarium* sp.

La température optimale de croissance des *Fusarium* est comprise entre 22 et 37°C. Sur les milieux de culture, les *Fusarium* forment des colonies duveteuses ou cotonneuses de couleur variable (blanche, crème, jaune, rose, rouge, violette ou lilas) selon les espèces. Le revers peut être crème, rouge à pourpre, lilas ou violet. Les pigments diffusent souvent dans la gélose (Chermette et Bussieras, 1993; Ferry, 2005).

Le principal caractère morphologique des *Fusarium* est la présence de macroconidies fusiformes et cloisonnées (le nom de *Fusarium* vient du latin «fusus» car les spores de ces moisissures sont en forme de fuseau).

Les conidiophores, parfois très ramifiés, forment sur le thalle des coussinets (sporodochies) et portent des masses de spores. Les phialides, plus ou moins allongées, présentent, le plus souvent, un site de bourgeonnement unique (monophialide) situé à l'extrémité d'un col allongé (*F. solani*) ou court et trapu (*F. oxysporum*). Chez d'autres espèces comme *F. proliferatum*, les phialides présentent plusieurs sites de bourgeonnement (polyphialides). Les phialides produisent deux types de conidies:

- Microconidies, uni- ou bicellulaires, piriformes, fusiformes, cylindriques ou ovoïdes, isolées, solitaires ou groupées, disposées en verticille ou plus rarement en chaînettes (*F. verticilloides*);
- Macroconidies, conidies pluricellulaires à cloisons seulement transversales, souvent groupées en paquets. Les macroconidies sont fusiformes, souvent courbées, avec une cellule basale pédicellée, formant une sorte de talon plus ou moins visible.

Les chlamydospores, sont parfois présentes, en position terminale ou intercalaire (Roquebert, 1998).

II-6-2. Classification

Les *Fusarium* sont les formes asexuées de plusieurs espèces d'Ascomycètes.

Leur position systématique est :

Règne Fungi
Division Ascomycota
Subdivision Pezizomycotina
Classe Sordariomycetes
Sous classes Hypocreales
Ordre Nectriaceae

Genre*Fusarium*

Le classement actuel utilisé pour le genre *Fusarium*, dérive de celui de Nelson et al. (1983) lesquels regroupent les *Fusarium* dans 15 sections. Ce classement a été corrigé par Burgess et al. (1994), puis par d'autres chercheurs grâce à l'utilisation des techniques de biologie moléculaire (Leslie et Summerell, 2006). Ces techniques ont permis notamment de reclasser certaines variétés dans de nouvelles espèces (Carter et al., 2000; Aoki et O'Donnel, 1999; Benyon et al., 2000) (Tableau 2).

Tableau 2 : Nomenclature des sections et espèces de *Fusarium* (Rossman et al., 1999 ; Schroers et al., 2011; Grafenhan et al., 2011).

Section selon Wollenweber & Reinking (1935)	Section actuelles	Principales espèces	Téléomorphes connus
Eupionnotes		<i>F.dimerum, F.merismoides</i>	<i>Nectria</i> *
Macronia	Macronia		<i>Nectria</i> *
Spicarioides	Spicarioides		<i>Albonectria</i>
Submicrocera	Retirée des <i>Fusarium</i>		
Pseudomicrocera	Retirée des <i>Fusarium</i>		
Arachnites	Retirée des <i>Fusarium</i>		
Sporotrichiella	Sporotrichiella	<i>F.poa, F.tricinctum, F.sporotrichioides</i>	Non connu
Roseum	Roseum	<i>F.avenaceum</i>	<i>Gibberella</i>
Arthrosporiella	Arthrosporiella	<i>F.semitectum</i>	Non connu
Gibbosum	Gibbosum	<i>F.equiseti, F.acuminatum</i>	<i>Gibberella</i>
Discolor	Discolor	<i>F.culmorum, F.graminearum, F.sambucinum</i>	<i>Gibberella</i>
Lateritium	Lateritium	<i>F.lateritium</i>	<i>Gibberella</i>
Liseola	Liseola ou complexe <i>G.fujikuroi</i>	<i>F.verticillioides, F.proliferatum</i>	<i>Gibberella</i>
Elegans	Elegans	<i>F.oxysporum</i>	Non connu
Martiella	Martiella- Ventricosum	<i>F.solani</i>	<i>Haematonectria</i>

Chapitre III: Les extraits de plantes

III- les extraits de plantes

III.1- Les composés phénoliques

Les composés phénoliques ou les polyphénols (PP) constituent une famille de molécules très largement répandues dans le règne végétal. Ce sont des produits du métabolisme secondaire des plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits. Ce qui signifie qu'ils n'exercent pas de fonctions directes au niveau des activités fondamentales de l'organisme végétal, comme la croissance, ou la reproduction (**Fleuriet, 1982; Yusuf, 2006**).

Les polyphénols sont des produits de la condensation de molécules d'acétylcoenzyme A et de phénylalanine. Cette biosynthèse a permis la formation d'une grande diversité de molécules qui sont spécifiques d'une espèce de plante, d'un organe ou d'un tissu particulier (**Nkhili, 2009**).

III.1.1- La structure chimique

La structure chimique des polyphénols est comparable à tous les polyphénols. Ils sont caractérisés par un ou plusieurs noyaux aromatiques hydroxylés. Les polyphénols sont classés en différents groupes en fonction du nombre de noyaux aromatiques qui les composent et des substitutions qui les relie (**Manallah, 2012**).

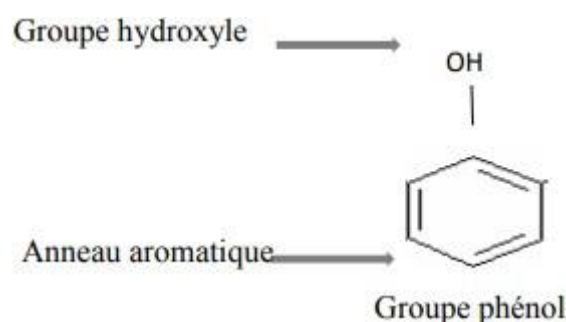


Figure 6 : la structure chimique de phénoles.

III.1.2- Les composés phénoliques de défense constitutive

Les systèmes de défense préventifs sont des barrières préformées qui peuvent être de nature physique ou chimique. Les défenses constitutives physiques constituent une barrière mécanique difficile à franchir par les micro-organismes pathogène. Dans ce cas, la morphologie de la plante limite la progression des pathogènes. La cire, la cutine ainsi que la lignine empêchent efficacement la progression des micro-organismes parasites (**Elmodafar, 2002**). Les barrières chimiques sont généralement des molécules solubles naturellement toxiques vis-à-vis des micro-organismes et des champignons parasit

On appelle phytoanticipine, ces molécules constitutives de faible poids moléculaires qui présente ce caractère antibactérien ou antifongique (**Elmodafar, 2002**).

III.1.3- Les composés phénoliques de défense induite

Le terme phytoalexine désigne les métabolites secondaires de faible poids moléculaire formés par la plante suite à une infection et possédant, entre autre, une activité antimicrobienne marquée. Les composés phénoliques de défense induite sont par définition des phytoalexines, cependant toutes les phytoalexines ne sont pas des composés phénoliques.

Une grande variété de métabolites secondaires, dont de nombreux alcaloïdes et terpènes, répondent à cette définition. La frontière n'est pas toujours claire et une dualité existe dans la terminologie entre phytoalexine et phytoanticipine. On distingue deux groupes principaux de phytoalexines phénoliques; les stilbènes d'une part et les flavonoïdes d'autre part (**Elmodafar, 2002**).

III.1.4- Classification des polyphénols

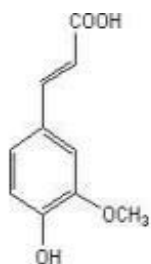
Les polyphénols possèdent plusieurs groupements phénoliques avec ou sans fonction (alcooliques, carboxyles...) (**EL Modafar, 2002**).

On distingue les acides phénoliques (phénols simples), les flavonoïdes, les lignanes, les stilbènes, les coumarines et les tannins (**Glombitza, 1985; Harborne, 1980; Goodwin, 1988; Porter, 1989; Boros, 2010**).

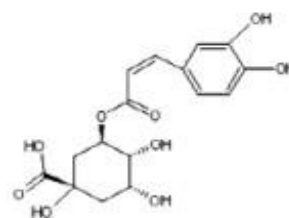
III.1.4.1- Les acides phénoliques

Ces composés sont dérivés de deux sous-groupes distincts: Les acides hydroxy cinnamiques, dont les plus abondants sont l'acide caféique, l'acide férulique, l'acide chlorogénique, et les acides hydroxybenzoïques, mais les plus répandus sont l'acide salicylique et l'acide gallique. Ils sont contenus dans un certain nombre de plantes agricoles et médicinales. Ils sont considérés comme substances photochimiques avec des effets probiotique, antioxydant, de chélation et anti-inflammatoire. Leur toxicité est très faible car ils sont considérés non toxiques.

Les acides phénols dérivés de l'acide cinnamique sont souvent estérifiés. Les plus courants sont l'acide cinnamique, l'acide caféique, l'acide férulique, l'acide p-coumarique et l'acide synaptonique (**Haslam, 1994**).



Acide férulique
(Benaissa, 2011).



Acide chlorogénique
(Benaissa, 2011)

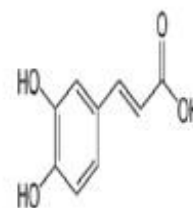
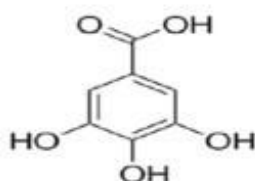


Figure 7 : exemples de quelques acides phénols

III.1.4.2- Les Flavonoïdes

Le terme flavonoïde (de flavus, « jaune » en latin) désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols (Bouakaz, 2006). Ils constituent des pigments responsables des colorations jaune, orange et rouge de différents organes végétaux (Havasteen, 2002).

Ces diverses substances se rencontrent à la fois sous forme libre (aglycone) ou sous forme de glycosides. On les trouve, d'une manière générale, dans toutes les plantes vasculaires (Erlund, 2004), où ils peuvent être localisés dans divers organe: racine, tiges, bois, feuilles, fleurs et fruits. Et jouent un rôle important dans la protection des plantes (Bruneton, 1993).

Les flavonoïdes se trouvent également dans plusieurs plantes médicinales. Des remèdes à base de plantes renfermant ces composés sont utilisés en médecine traditionnelle à travers le monde entier (Delporte *et al.*, 1999).

Les flavonoïdes sont des métabolites secondaires des plantes. Ces molécules ont été identifiées dans presque toutes les parties de la plante: les feuilles, les racines, les tiges, les fleurs, les graines et l'écorce (Lee *et al.*, 1994). Les flavonoïdes sont retrouvés dans les fruits, les légumes, les noix, les herbes, les épices, aussi bien que dans le thé. Ils sont consommés régulièrement avec l'alimentation humaine qui nous apporte environ 75 mg de flavonoïdes par jour. En effet, le thé, les agrumes, les pommes, l'huile d'olive, les oignons, le cacao et plusieurs

Autres fruits et légumes sont très riches en flavonoïdes, les flavanols et les flavonols y seraient les plus abondants (Schewe et Sies, 2003).

III.1.4.3- Structure et classification des flavonoïdes

Flavonoïde, est un terme générique pour des composés basés sur un squelette à 15 atomes de carbone qui fait de deux cycles phényles C₆, les cycles A et B, connectés par un pont à trois carbones (structure en C₆-C₃-C₆). Ce dernier est situé entre les cycles A et B est communément cyclisé pour former le cycle C (cycle centrale). Les atomes de carbone dans les cycles C et A sont numérotés de 2 à 8, et dans le cycle B de 2' à 6' (Figure 8) (Bruneton, 1999). La Distinction des sous-classes se fait sur la conformation de la structure centrale (cycle C).

Les composés de chaque sous-classe se distinguent par le nombre, la position et la nature des substituants (groupements hydroxyles libres, méthyles ou glycolyses) sur les deux cycles aromatiques A et B et le cycle central C (Bruneton, 1999; Pietta, 2000; Heim et al., 2002).

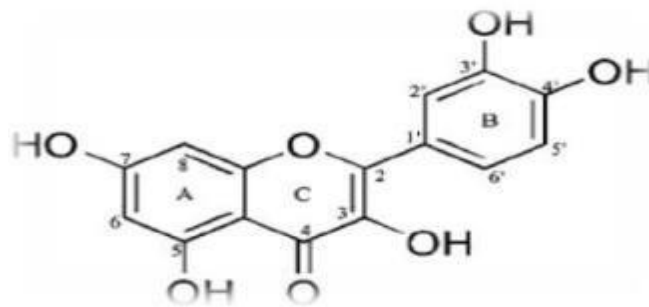


figure 8 : Structure générale du noyau des flavonoïdes (Heim et al., 2002).

III.3-La sauge

III.3.1- Historique

La sauge était probablement déjà employée en Égypte, environ 6000 ans avant J-C. Elle a vraisemblablement été cultivée pour la première fois en Grèce puis introduite en Europe centrale à partir du VIII^e siècle ou elle était cultivée dans les monastères et les jardins. Dès le Moyen Age, elle devient une véritable panacée. Elle fut partie des plantes dont la culture était recommandée par Charlemagne dans l'ordonnancement rural « capitulare de villis » (Brieskorn, 1991 et al.; Laux et al. 1993; Ruegg et al. 1997).

La sauge officinale (*Salvia officinalis* L.) appartenant à la famille des labiées, figure parmi les plantes les plus utilisées dans la pharmacopée Algérienne (Maatoug, 1990). C'est

une plante annuelle et biannuelle d'origine méditerranéenne de la famille des labiées (Djerroumi, 2004 ; Perry, 1996, Puuevsky, 1992).

Il existe environ 900 espèces identifiées autour du monde (Maksinovic et al., 2007). (Longaray et al., 2007). En Algérie les espèces qui ont été déterminées sont dans l'ordre d'une trentaine. Plusieurs appellations ont été données à la sauge. Selon Ibn el Beytar, les andalous la nomment « essalma » qui ajoute qu'elle est appelée « salbia » par les botanistes en Espagne. El Djazairi indique l'expression « souek ennebi ». (Madi, 2009).

III.3.2 - Classification

Selon Madi (2009), la sauge appartient à :

Règne	Plantae
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotyledones
Ordre	Labiales
Famille	Labiées
Genre	<i>Salvia</i>
Espèce	<i>Salvia officinalis</i> L.

III. 3.3 Description morphologique

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

Comme la figure le montre, *S. officinalis* est un sous-arbrisseau très rameux, buissonnant, à rameux dressés. Les feuilles, opposées, ont un limbe oblong-ovale à elliptique (2-10 x 1-2 cm), à extrémité arrondie ou subaiguë. Le limbe, gris-vert et finement granuleux sur la face supérieur, est blanc et pubescent sur la face inférieure. Les fleurs, bleu-violacé, nettement bilabiées, sont groupées par trois en faux verticilles au sommet des rameux (Bruneton, 2008).

Ces grains se cultivent en sol léger et perméable voire rocailleux, toujours à exposition ensoleillée. La multiplication se fait par bouturage ou division des touffes.









Figure 9 : Aspect de *Salvia officinalis* (Originale, 2022).

III.3.4 Variétés

On connaît plusieurs variétés dont les plus proéminentes sont la sauge à large feuilles, la sauge à feuilles frisées, que quelque auteurs regardent comme les variétés d'une espèce particulière, appelée; *Salvia tomentosa*; la sauge à feuilles étroites, à oreilles ou sans oreilles, ou sauge de Catalogne (Tableau 3), que certains n'hésitent pas à la classer comme une espèce à part; la sauge tricolore et la sauge panachée, qui peuvent appartenir non seulement au type de l'espèce, mais encore à ses variétés (Roziar, 1989).

Tableau 3 : Variétés de *Salvia officinalis* (Elisabeth et Julien, 2014).

Variété	Feuillage	Qualités	
Sauge officinale 'Berggarten'	Grandes feuilles oblongues vert-grisâtre.	Fleurs bleu violacé.	
Sauge officinale 'Icterina'	Feuillage panaché vert et jaune.	Ne fleurit quasiment pas.	
Sauge officinale 'Tricolor'	Feuillage gris- vert panaché avec du pourpre et du crème.	Fleurs violet pâle. Un peu moins rustique.	

Sauge officinale 'Purpurascens'	Feuillage pourpre quand il est jeune. Devient vert foncé en vieillissant.	Fleurs bleu violacé.	
Sauge officinale 'Aurea' ou sauge officinale dorée	Feuillage vert marginé de doré.	Fleurs bleu mauve.	
Sauge officinale 'Albiflora'	Feuillage vert foncé.	Fleurs blanches.	
Sauge à feuilles de lavande (<i>Salvia lavandulifolia</i>)	Feuilles ressemblant à celles de la lavande.	Fleurs bleu lavande. La plus parfumée.	

III.3.5 Usage thérapeutique

III.3.5.1 -Usage interne

En usage interne, la sauge est utilisée pour traiter toutes les faiblesses organiques, l'asthénie, la neurasthénie, les dyspepsies par atonie gastro intestinale, les digestions lentes,

L'inappétence, les affections nerveuses (tremblement, vertiges, paralysies), l'apoplexie, les bronchites chroniques et l'asthme. On se sert aussi pour soigner les sueurs nocturnes des tuberculeux et des convalescents, les sueurs profuses des mains et des aisselles, les adénites, le lymphatisme, les fièvres intermittentes, la diurèse insuffisante, la stérilité, les symptômes de la ménopause, les diarrhées des tuberculeux et des nourrissons, la cancérose. Enfin on s'en sert pour faire tarir la lactation (**Ahami, 2007**).

Elle est considérée comme un stimulant pour les gens anémique, aussi pour les stressées et déprimées, et conseillée pour les étudiants en période d'examen (**Djerroumi et Nacef, 2004**). Les infusions de la sauge sont appliquées pour le traitement de plusieurs maladies de la circulation sanguine et les troubles digestifs (**Radulescu et Eliza, 2004**).

III.3.5.2 Usage externe

En usage externe, la sauge est utilisée pour soigner les leucorrhées, les aphtes, les stomatites, les angines, les laryngites, les névralgies dentaires, l'asthme, les plaies atones, les ulcères, les dermatoses, la débilité infantile, le rachitisme, la scrofuleuse, l'alopecie et les piqures des guêpes et d'insectes (**Beloued, 2009**). Elle est utilisé pour traiter les enfants

affaiblis, les rachitiques, les scrofuleux et les rhumatisants, vous pouvez ajouter de l'infusion de sauge à leur bain (**Ahami, 2007**).

Avec son odeur rude et son gout puissant, légèrement amer et camphré, elle est utile partout dans la maison pour parfumer les aliments, assainir les armoires, désinfecter les habitations. Elle sert également à protéger la ligne et préserver la beauté (**Duling, 2007; Beloued, 2009**).

III.3.5.3 Production

Pour des plantations datant d'un an, la récolte se fait fin Aout, alors qu'elle est pratiquée début juillet et fin Aout lors de la 2^{ème} année de culture. Après fauchage, le matériel végétal doit être rapidement séché à 45°C, les tiges étant éliminées avant ou après séchage. Une partie de la drogue est récoltée à l'état sauvage (**Dachler et al., 1999**).

Pour un usage personnel, les feuilles fraîches peuvent être récoltées de mai à septembre. Les jeunes tiges feuillées doivent être cueillies juste avant la floraison, puis sont mises à sécher.

III.3.5.4 Toxicologie

D'après nos connaissances, aucune toxicité aigüe ou chronique n'a été signalée après emploi aux doses usuelles des feuilles de sauge et de son huile essentielle (jusqu'à 15 gouttes par jour).

Cependant, la thuyone provoque non seulement un effet local irritant, mais également des effets centraux psychomimétiques, après sa résorption. Une consommation chronique de thuyone peut ainsi conduire à des troubles irréversibles du système nerveux centrale, à des perturbations des fonctions hépatiques, rénales et cardiaques (**Rice, et al., 1976; Lewin et al., 1992; Teuscher et al., 1994**).

Dans la mesure où la quantité de drogue, employée à des fins culinaires reste très faible, tout danger lié à la présence d'une forte teneur en thuyone semble exclu pour le consommateur. Cependant, des quantités importantes de drogue (dose supérieure à 15g de drogue sèche) peuvent engendrer une sécheresse de la bouche, l'apparition de sueurs, de tachycardies et de vertiges. Un cas de toxicité aigüe après administration d'une forte dose d'huile essentielle (2g et plus) a été décrit, ainsi, la consommation régulière de sauge, même sous forme de tisane, ne paraît pas recommandée (**Centini et al., 1987; Saller et al. 1996**).

Le potentiel de sensibilisation est faible, des réactions allergiques restent jusqu'à présent ponctuelles et seraient liées à la présence d'acide carnosolique qui agirait comme allergène (Futrell *et al.*, 1993; Hjorth *et al.*, 1997; Hänsel *et al.*, 1999).

III.3.5.5 - Composition chimique

La sauge officinale renferme de 1 à 3 % de flavonoïdes. Ceux-ci sont des glycosides de l'apigénol et du lutéolol (cosmosioside, cynaroside, ect.). Comme chez beaucoup de Lamiaceae, elle renferme des flavones substitués en C-6 (dérivés 6 hydroxy et 6-méthoxy du lutéolol, de l'apigénol et de leurs dérivés O-méthylés en C-7: genkwanine, scutellanéine, hispiduline, cupafoline. Cirsiliol, Etc.). La feuille renferme aussi de nombreux triterpènes dérivés de l'ursane (l'acide ursolique est majoritaire) et de l'oléanane (acide oléanolique et dérivés hydrocylés et en C-2) ainsi que des diterpènes (carnosol, rosmanol, épirosmanol, acide carnos(ol)ique éptmsmanol, camosate de méthyle, acide carnosique-12-méthyléther-lactone, rosmadial). Des acides-phénols dérivés de l'acide hydroxycinnamique (acides rosmarinique, caféique, salvianolique I, glycosides caféiques, benzoïque et féruliques) ainsi que des glycosides d'acétophénone.

I- Matériel et méthodes**I.1- Objectif du travail**

Notre étude traite l'évaluation «*in vitro*» de l'effet de l'extrait hydrométhanolique par macération des feuilles de la sauge *Salvia officinalis*, ayant subi deux méthodes différentes de séchage sur la croissance mycélienne et la sporulation de l'agent pathogène *Fusarium sp.*

I.2-Matériel fongique

L'isolat de *Fusarium sp* utilisée dans cette étude a été conservé au niveau du laboratoire de protection des végétaux. Il a été isolé en 2017, à partir d'un clémentinier présentant des symptômes de dépérissements, situé dans la région de Bouguirat wilaya de Mostaganem.

I.2.1- Repiquage de l'agent pathogène *Fusarium sp* des agrumes

Le repiquage correspond au prélèvement d'une partie d'une culture de champignon pour la transplanter sur un milieu neuf ou il continuera sa croissance. Le choix des milieux de culture pour tous parasites dépend de ses exigences nutritionnelles (**Rappily, 1969**).

On a fait un repiquage de champignon sur le milieu PDA stérile dans des boîtes de Pétri à raison de 15 ml par boîte, l'ensemencement se réalise avec des explants de 5mm de diamètre, prélevés de la périphérie d'une culture âgée de 7 jours, à l'aide d'un emporte-pièce stérile. Ces explants sont déposés au centre de la boîte de pétri dans des conditions de travail rigoureuses tel que la stérilisation du matériel et du manipulateur pour éviter toute contamination de la souche. Les boîtes sont incubées à 25°C.

I.2.2- Identification

L'identification repose sur une observation globale intégrant à la fois la morphologie des colonies et l'observation microscopique des spores; elle s'effectue après 8j de culture. Selon **Botton et al., (1985)**, elle fait essentiellement appel aux:

Caractères cultureux : vitesse de croissance apicale ; texture, marge, épaisseur et couleur de la colonie ; pigmentation de l'agar, production d'exsudat et odeur des colonies.

Caractères morphologiques :

- Du mycélium: absence ou présence de cloisons, couleur, dimensions, ornementation des parois, mode de ramification.
- Des organes différenciés et de leur contenu : forme, couleur, dimensions, texture des parois et ornementation.

I.3 Matériel végétale

La plante *Salvia officinalis* a été récoltée du jardin du site 3 (ex: ITA) de l'Université de Mostaganem. Les feuilles de la sauge sont utilisées comme source de composées phénoliques pour évaluer un éventuel effet inhibiteur de la croissance mycélienne et de la sporulation de *Fusarium* sp. Les échantillons ont été mis dans l'étuve à la température de 35°C (pendant 3 jours), puis conservés à l'abri de la lumière.



Figure 11 : feuilles séchées et poudre de la sauge (original, 2022).

- **La filtration sous vide:**

La filtration est en principe un tamisage. Une différence de pression force le liquide à passer à travers le filtre pendant que les particules solides sont retenues à la surface. Les produits peuvent être retenus bien que leurs dimensions permettent leur passage à travers les pores du filtre.

- **Rotavapor :**

Le principe de cet appareil est basé sur la distillation simple sous vide, qui permet d'éliminer rapidement de grandes quantités de solvant, tel que les alcools.

- **Lyophilisation:**

La lyophilisation est un processus de séchage à basse température permettant de retirer l'eau contenue dans un produit. On a utilisé cette technique pour sécher l'extrait obtenu pendant 1 semaine.

- **La deuxième méthode de séchage :**

Nous avons également essayé la méthode de séchage de l'extrait à l'étuve à 35°C pendant 48h.

I.3.1 Calcul du rendement l'extrait hydrométhanolique:

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

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

RHE : Rendement de l'extrait hydrométhanolique en %.

M' : Masse d'extrait hydrométhanolique en gramme.

M : Masse de la plante en gramme.

I.3.1.1 Préparation des dilutions

L'extrait est solubilisé dans des volumes variables d'eau distillée stérile en vue d'obtenir un mélange homogène à différentes concentrations 6,25% , 12%, 50%, 100% et un témoin contenant de l'eau distillée stérile Figure N 13.

I.3.1.2 Conduite de l'essai de l'évaluation de l'activité antifongique « in vitro » de l'extrait méthanoïque de *Salvia officinalis* vis-à-vis de *Fusarium* sp.

1,5 ml de chaque dilution de l'extrait méthanoïque sont ajoutés aseptiquement à 13,5 ml de milieu de culture PDA. Après solidification, chaque boîte est inoculée à l'aide d'un disque mycélien de 5mm de front de croissance des cultures âgés d'une semaine. Les boîtes sont incubées à 25°C; trois répétitions sont retenues pour chaque concentration.

Pour l'estimation de la croissance mycélienne, la technique employée est celle décrite par **(Brewer 1960) et Leach (1962) in Loubelo (1992)**, qui consiste à mesurer la croissance linéaire et diamétrale des colonies en les appliquant à la formule suivante :

$$L = D - d/2$$

Où : L : croissance mycélienne.
D : diamètre de la colonie.
d : diamètre de l'explant.

Des mesures journalières du diamètre de la colonie sont effectuées **(Rappily, 1969)**.

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

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

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

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

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

La sporulation est estimée selon la méthode décrite par Kaiser (1972) in Saiah (1994) qui consiste à broyer et à macérer dans 10 ml d'eau distillée stérile, une culture, le dernier jour du test de l'évaluation de la croissance mycélienne. Après agitation et filtration sur mousseline fine stérile, afin de retenir les fragments mycéliens, la numération des spores se fait à l'aide d'une cellule de Mallassez.

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

comme suite :

$$\text{PIs}\% = [(\text{N0} - \text{NC}) / \text{N0}] * 100$$

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

N0 : nombre de spores estimées chez le témoin

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

I.5- Analyse statistique

Le traitement de toutes les données a été réalisé à l'aide de Microsoft Office Excel pour le classement des données brutes et pour l'élaboration des graphes. L'analyse de variance et la comparaison des moyennes (test de Newman-Keuls) ont été effectuées par l'utilisation du logiciel Stat box version 6.4.

Chapitre II: Résultats et discussion

II.1 Caractères morphologiques de l'isolat de *Fusarium* sp.**II.1.1 Etude de l'aspect macroscopique**

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 jaune, qui devient de couleur jaune foncé sur les côtés de la boîte. Une couleur orange avec un aspect poudreux au centre est observée après 8 à 10 jours d'incubation.

II.2 Evaluation de l'activité antifongique de l'extrait hydrométhanoïque des feuilles de *Salvia officinalis* sur *Fusarium* sp. agents de pourriture sèche des racines des agrumes.**II.2.1. L'extrait lyophilisé:**

La Figure 16 représente l'effet des différentes concentrations de l'extrait méthanoïque lyophilisé des feuilles de *S. officinalis* sur l'isolat de *Fusarium* sp. L'analyse des différents traitements, montre l'effet significatif des doses sur la croissance mycélienne de cet isolat.

En effet, on remarque une efficacité des cinq concentrations 100%, 50%, 25%, 12,5%, 6,25% à inhiber sa croissance mycélienne. Par ailleurs, on remarque une augmentation significative de la croissance mycélienne du témoin par rapport aux différents traitements.

La figure 17, représente la vitesse de la croissance mycélienne de *Fusarium* sp sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait lyophilisé des feuilles de *Salvia officinalis*.

Les résultats obtenues démontrent une diminution importante de la vitesse de croissance mycélienne de *Fusarium* sp traité par la dose de 100%; par rapport aux autres concentrations.

L'analyse de variance des résultats a démontré l'effet significatif des doses et du temps sur la vitesse de croissance mycélienne du champignon.

La figure 18 ci-dessus représente les taux d'inhibitions de la croissance mycélienne de *Fusarium* sp sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait hydrométhanolique lyophilisé des feuilles de *Salvia officinalis*. On registre une efficacité de cet extrait à contrôler la croissance mycélienne de *Fusarium* sp; cette dernière devient plus importante lorsque l'extrait est plus concentré.

D'après les résultats obtenus (Figure 18), on remarque que l'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. est proportionnelle à la concentration de l'extrait, en effet, plus la concentration augmente plus l'effet d'inhibiteur augmente; ce dernier est très important pour les différentes concentrations 50%,100%.

II.2.1. L'extrait séché à l'étuve:

Les résultats obtenus sur la figure N°19, montre un effet marqué de l'extrait à diminué la croissance mycélienne du champignon pour l'ensemble des concentrations. Plus la concentration augmente, la croissance mycélienne diminue contrairement au témoin ou la croissance a atteint son maximum.

L'analyse de variance confirme l'effet significatif des doses sur le développement de *Fusarium* sp.

L'analyse de variance des résultats de l'effet de l'extrait hydro méthanoïque séché à l'étuve a démontré un effet inhibiteur significatif des doses et du temps sur la vitesse de croissance mycélienne du champignon.

On remarque, d'après la figure 20, la capacité de l'extrait séché à l'étuve des feuilles de *S. officinalis* à ralentir la vitesse de croissance. Cet effet est inversement proportionnel aux différentes concentrations de l'extrait.

La figure 21, représente l'effet inhibiteur de la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. Par les différentes concentrations de l'extrait hydro méthanoïque séché à l'étuve, des feuilles de *Salvia officinalis*.

II.3 Evaluation de l'activité antifongique de l'extrait hydrométhanolique des feuilles de la sauge sur la sporulation de *Fusarium* sp:**1. L'extrait lyophilisé:**

D'après les résultats obtenus (Figure 22), on remarque que l'inhibition de la sporulation de l'isolat de *Fusarium* sp. Est proportionnelle à la concentration de l'extrait, en effet, plus la concentration augmente plus l'effet d'inhibiteur augmente; ce dernier est très important pour les concentrations de 50% et 100%.

2. L'extrait séché à l'étuve:

La figure 23, représente le taux d'inhibition de la sporulation de l'isolat de *Fusarium* sp. Sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait hydrométhanolique des feuilles de la sauge (*Salvia officinalis*).

Les références bibliographiques

- **Ahami F., Belghyti D., Elqaj M., 2007-** la phytothérapie comme alternative à la résistance des parasites intestinaux aux antis parasitaires journée scientifique ressources naturelles et antibiotiques, Maroc, pp89-154.
- **Anonyme 2017, Site:** <http://blogdesagrumes.blogspot.com/2012/11/fusariose-des-agrumes-pourriture-des.html>
- **Aoki t., odonnell k. 1999.** Morphological and molecular characterization of *Fusarium pseudograminearum* sp. Nov., formerly recognized as the group 1 population off. Graminearum. Mycologia 91, 597-609
- **Beloued A., 2009.** Plantes médicinales d'Algérie. Office des publications universitaires, 5ème édition, pp ; pp 62-56
- **Bender, G.S., Menge, J. A., Ohr, H. D., and R. M., Burns. 1982.** Dry root rot of citrus: its meaning for the grower. The California Citrograph 67 (4):249-254.
- **Benyon et al., 2000. Benyon f.h.l., burgess l.w. et sharp p.j. (2000).** Molecular genetic investigations and reclassification of fusarium species in sections fusarium and roseum. Mycol.res. 104, 1164-1174.
- **Bich, M., (2012);** Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels. Guide pratique.
- **Boros, B., Jakabova, S., Dornyei, A., Horvath, G., Pluhare, Z., Kilar, F., Felingera, A. (2010).** Determination of polyphenolic compounds by liquid chromatography–mass spectrometry in Thymus species. Journal of Chromatography A. p1217, 7972–7980.
- **Bouakaz, I., (2006).** Etude phytochimique de la plante *Genista Microcephala*. Mémoire de magister, Batna.
- **Brewer d. 1960.** Studies in asochyta pisi. Canadian journal de la végétale philosophie mathématique. Classique hachette.
- **Brieskorn C.H.,Z.phytother .12(2) :61-69 (1991)**
- **Bruneton J;2009,** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales.4ème édition, Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 643p
- **Bruneton, J. (1999).** Tannins. In: *Pharmacognosie, phytochimie, Plantes* Cannas A. www.ansci.cornell.edu/plants/toxicagents/tannin/pos_effects.html - 6k.

- **Carter j.p., rezaanoor h.n., desjardins a.e., nicholson p. (2000).** Variation in *Fusarium graminearum* isolates from nepal associated with their host of origin. Plant pathology 49, 452- 460.
- **Centini F & Laurini GP (1987)** Una intossicazione da olio di salvia. Zacchia 60: 263-274
- **Chermette r., bussieras j. (1993).** Parasitologie vétérinaire. Mycologie, édité par le service de parasitologie de l'école nationale vétérinaire de maisons-alfort. • Citrograph. 67:249-254.
- **17. Dachler, M.; Pelzmann, H. (1999) Arznei- und Gewürzpflanzen, Anbau, Ernte, und Aufbereitung. 2nd Ed. Österreichischer Agrarverlag, Klos-terneuburg, 351 pp**
- **Dandurand et menge, 1992.** Influence of *Fusarium solani* on citrus root growth and population dynamics of *Phytophthora parasitica* and *Phytophthora Citrophthora*; Phytopathology 83: 767- 771.
- **Delporte. G., Mascolo. N., Izzo. A. A., et al., 1999.** Life. Scien., 65(4), 337-53.
- **Djerroumi A., et Nacef M., 2004.** 100 plantes médicinales d'Algérie. ED Palais du livre. PP 135-131.
- **Duling E.N; Oven J.C ; John B.G ; Rosmery F.W ; Kevin.A.M ;Yeap L.F ; Nigel B.P, 2007-**Extraction of phénolic and essential oil from dried sage (*salvia officinalis*) using ethanol water mixture. Food chemistry. , , 110:927-931.
- **EL Modafar C., ElBoustani E.,Aganchich B.,Rahioui B.,Boulouha B.2002.**mécanismes biochimiques impliqués dans la défense des plantes.
- **Elisabeth et Julien J., 2014 -** Cultiver et soigner Les fruitiers. Ed. Sang de la terre et Eyrolles, Paris, 495 p.
- **Erlund.2004.** Plantes médicinales et aromatique., Nut. Res. p24, 851-74.**Fawcett. H. S. 1936-***Citrus* diseases and their control, 1936. (3) a. Z. Joffe and m. Schiffmannadel. Fruits 27:117,
- **Ferry, 2005 :** production et commercialisation de la datte dans le monde. Situation et perspectives. Symposium international sur le développement agricole durable des systèmes oasiens 08-10mars 2005, erfoud, maroc, inram, 18 p
- **Fleuriet, A. (1982).** Thèse Doc. Etat, Montpellier.
- **Fliti kh., Mamad S. (2018).** Etude de l'effet de l'extrait méthanoïque et de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* sur les deux séquences biologiques du *Fusarium* sp.,

agent de la pourriture sèche des agrumes.

- **Futrell JM, Rietschel RL (1993)** Spice allergy evaluated by results of patch tests. *Cutis* 52(5):288–290
- **Ghelamallah A., 2005**-Etude bio écologique du complexe parasitaire inféodé à *Phyllocnistis citrella* Stainton dans la région de Mostaganem. Mémoire d'ingénieur agronome, spécialité : protection des végétaux. Université de Mostaganem. 65 pages.
- **Ghosh, s.p. And singh. R.p. 1993**- *Citrus* in south Asia. Food and agriculture organization (fao) of the United Nations, regional office for Asia and the pacific.
- **Glombitza, K. W. & Gerstberger, G. 1985**- Phytochemistry (Elsevier) p24, 543-551.
- **Goodwin, T. W., & Britton G (1988)**. Plant Pigments, pp 61-132
- **Guenouni et kacemi, 2013**. Création d'un verger agrumicole (cas du citronnier) dans la région de Mostaganem
- **Gulli, M.E. And Chafai, M., 1995**. Symptom and etiology of dry root-rot of *Citrus* in Morocco, *alwatanian* 88: 103-110.
- **Hänsel R. et al. 1992**-Hagers Handbuch der pharmazeutischen praxis, Drogen, Bde 4 bis 6, Folgebde. 2 und 3, Spinger Verlag Berlin Heidelberg, New York (1992-1998)
- **Harborne, J.B., 1980**- Plant Phenolics: Encyclopedia of Plant Physiology, New series.p8, 329-402.
- **Haslam E., 1994**- Natural polyphenols (végatable tannins): Gallic Acid metabolism. *Nat. Prod.* p11, 41-66.
- **Havsteen, B.H. (2002)**. The biochemistry and medical significance of the flavonoids.*Pharmacol. Therapeut.* p96, 67– 202.
- **Heim E.K., Tagliaferro A.R. &Bobilya D.J. 2002**- Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, **13**: 572-584.
- **Hjorth A.B. et al., Contact Dermatitis 37(3):99-100 (1997)**
- **INRA, 2006**- Rapport National sur l'état des Ressources Phylogénétiques pour l'Alimentation et l'Agriculture Juin 2006.67 p
- **ITAFV, 2012**. La culture des agrumes.
- **Jacquemonde C., Mario H., Coord, 2013**.les Clémentiniers et autres petits agrumes. Ed. Quae. 368p.
- **Labuschagne, n., Vegte f.a.v. And Kotze, j.m., 1989**- Interaction between *Fusarium solani* and *Tylenchulus semipenetrans* on citrus roots. *Phytophylactica*, **21**: 29-33

- Labuschagne, n. 1994. *Fusarium solani* as a root pathogens of *Citrus* an overview. Citrus. Journal 4(5):22-24
- **Laux H.E.et al., Gewürzpflanzen anbauen, ernten, verwenden, Franckh, Stuttgart 1993.**
- **Leach C.M.** 1962- The quantitative relationship of uv and visible radiation to the induction of reproduction in ascochyta pisi. Can. J. Bot., 40 : 1577-1602.
- **Lee Y.J., Erdos G., Hou Z., Kim S.H., Kim J.H., Cho J.M. & Corry P.M.,1994-** Mechanism of quercetin-induced suppression and delay of heat shock gene expression and thermotolerance development in HT-29 cells.*Molecular and cellular biochemistry*.**137**: 141-154.
- **Leslie J.F., summerell B.A., 2006.** The *Fusarium* laboratory manual, blackwell publishing
- **Longaray Delamare, A.P., Moschen-Pistorello, I.T., Atti-Serafini, L., Echeverrigaray, S., 2007-**Antibacterial activity of the essential oils of *Salvia officinalis* L. and *Salvia loba* L. cultivated in South Brazil. Food Chemistry 100, 2: 603-608.
- **Loussert R., 1985.** L'agrumiculture méditerranéenne: Production, exportation et perspective d'avenir. Journées ANAPPAV d'étude sur les agrumes. homme, Terre et eaux, 9(31) :49-52.
- **Loussert R. 1989.** Les agrumes. Arboriculture Méditerranéenne. Tome 1.Ed. Tec et Doc. Paris, 136p.
- **Loussert R.1989a.** Les agrumes. Arboriculture. Ed. Lavoisier, Paris, Vol n°1.113P.
- **Loussert R.1989b.** Les agrumes. Production. Ed. Lavoisier, Paris, vol n°2,157p.
- **M.A.D.R.P., 2013.** l'agriculture dans l'économie nationale, Ed. Ministère de l'agriculture, 48 p.
- **Maatoug H., 1990-** «Nos plantes médicinales». Lexiques cliniques des plantes médicinales.
- **Madi A., 2009** : Caractérisation et comparaison du contenu poly phénoliques de deux plantes médicinales (thym et sauge) et la mise en évidence de leur activité biologiques- thèse Magister, Uni de Constantine pp107.
- **Maksimovic M., DAnijela V., Maladen M., Marija E.S., Sabaheta A., et sonja S.Y., 2007-** Effect of the environmental condition on essential oil profile in two dinaric *Salvia* species: *Salvia brachydon* vandas and *Salvia officinalis* L. Biochemical Systematics and Ecology. 35: 473-478.

- **Malikoutsaki-mathioudi, M., bourbos, V. A. and skoudridakis, M. T., 1987-** La pourriture sèche des racines- une maladie très grave des agrumes en grèce. Eppo bulletin, 17: 335–340.
- **Manallah, A., 2012-** Activités antioxydante et anticoagulante des polyphénols de la pulpe d'olive *Olea europaea* L. Pour obtenir le Diplôme de magister, Option: Biochimie Appliquée. Université Ferhat Abbas- sétif, 87p.
- **Matmati I., 2005-** Implication des composés phénoliques dans les phénomènes de défense naturelle des Citrus aux attaques de *Phyllocnistis citrella* staint (Lepidoptera ; gracillariidae) en Algérie.
- **Menge, j.a. 1989.** Dry root rot. In compendium of Citrus diseases (j.o. Whiteside, s.m. Garnsey and l.w. Timmer, eds.) American phytopathological society. 79 pp.
- **Mutin Georges.1969.** L'Algérie et ses agrumes. In: Revue de géographie de Lyon, vol. 44, n°1, 1969. pp. 5-36.
- **Mutin G, 1969.** L'Algérie et ses agrumes. In: Revue de géographie de Lyon, vol. 44, n°1, 1969. pp. 5-36.
- **Nelson P. E., Toussoun T.A., Marasas W.F.O., 1983-** Fusarium species. An illustrated manual for identification. Pennsylvania state university press, university park, pa
- **Nkhili, E.,2004.** Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant. Diplôme de Doctorat, Spécialité: Sciences des Aliments. Université Cadi Ayyad. Marrakech Université D'avignon Et Des Pays De Vaucluse Ecole Doctorale 306 – SPSA, Montpellier. 378p.
- **Omari M ., Ben Koibich M., 2017-**Etude de l'influence de quelques facteurs abiotique sur le comportement « in vitro » de *Fusarium* sp, agent de la Fusariose des agrumes (Citrus). Et évaluation «in vitro» de l'effet antifongique de l'extrait méthanoïque de *Salvia officinalis* à son égard.
- **Ousaadi Y., Moukdad N., 2019-** Evaluation in vitro de l'effet insecticide du romarin (*Rosmarinus officinalis*) et de la sauge (*Salvia officinalis*) vis-à-vis du puceron vert des agrumes (*Aphis spiraecola*).
- **parfonry r., 2001.** Plantes à fruits. In : raemaekers h. (éd), agriculture en afrique tropicale, direction générale de la coopération internationale, bruxelles, p. 555-588.
- **Porter, L. J. (1989).** Methods in Plant Biochemistry. p1, 389-419. *principes actifs de quelque plantes médicinales d'Algérie, Memoir de Problemes Simples,p93.*

- **Praloran J.C., 1971.** Les agrumes, Technique Agricoles et production Tropicales. Ed. G.P.Maisonneuve et Larose, Paris, 565p.
- **Radulescu V.; Silvia C.; Eliza O.J;** Capillary gas chromatography, mass spectrometry of volatile and semi volatile compound of *Salvia officinalis*. Journal of chromatography a 2004; 121-126.
- **Rappily F., 1969.**Techniques de mycologie en pathologie végétales. Ann epiphyties ;102p.
- **Rice K.C., Wilson R.S., 1976- J. Med. Chem.** 19:1054
- **Roquebert M.F, 1998**-Taxonomie des moisissures; méthodes de culture et techniques d'observation ; identification”, in “moisissures des aliments peu hydratés”, ed. Tec & doc, 39-95
- **Rüegg, K.,W.O. Feißt, Großmu terküche, Müller Rüşlikon V Cham 1997.**
- **Schewe T. &Sies H. (2003).**Flavonoids as protectants against prooxidant enzymes.*Biologie médicale.* **34:** 243-253.
- **Swingle W., Reece P.C., 1967**-The botany of citrus and its wild relatives of the orange subfamily. In : The citrus Industry (W.Reuther., L.D.Batchelor h.j. Webber, eds), University of California Berkely, 130-190
- **Trabut L., Battandier Mm. J.A., 1906.** Plantes du Hoggar récoltées par M. Chudeau en 1905, Bulletin de la Société Botanique de France, 53:sup2, XIIIXXXIV, DOI: 10.1080/00378941.1906.10831926
- **Trabut L., Marès R., 1906.** L'Algérie Agricole en 1906. Ed. Direction de l'agriculture. 543 p.
- **Vanderweyen, A., et Serrhini., 1981**- La pourriture sèche des racines d'agrumes au maroc. Académie d'agriculture de france. Extrait du procès-verbal de la séance du 16 décembre 1981.1492-1496
- **Young jc, Fulcher RG, Hayhde JH, Scott PM, Dexter JE., 1984.** Effect of milling and baking on deoxynivalenol (vomitoxin) content of eastern canadian wheats. J. Agric. Food chem.34:659
- **Yusuf, Y., 2006**-Trends Food Sci. Tech. p17, 64-71.