

République Algérienne Démocratique et Populaire

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



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE
MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

KHDIM Bachir Et MERROUCHE Aimen

Pour l'obtention du diplôme de
MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité : Protection des cultures

Thème

Evaluation antifongique de l'extrait
méthanoïque de *Salvia officinalis* vis-à-vis
de *Colletotrichum* sp.

DEVANT LE JURY

Président	ABDEREZZAK Larbi	MAA	Université de Mostaganem
Examineur	BADAOUI Ikram	Dr	Université de Mostaganem
Encadreur	SAIAH Farida	Dr	Université de Mostaganem
Co-Encadreur	FLITI Kheira	Doctorante	Université de Mostaganem

Thème réalisé au laboratoire du Protection des végétaux

Année universitaire : 2021 -2022

Remerciements

Nous remercions Tout d'abord notre Grand Dieu tout puissant qui nous a comblé de ses bienfaits et nous a donné assez de force pour achever ce travail et de venir au bout de cette formation.

*Nous tenons tout d'abord, à exprimer notre profonde reconnaissance et nos vifs remerciements à notre promotrice, **Mme SAIAH Farida** , maitre de conférence B à l'université de Mostaganem, pour nous avoir guider, conseiller et prêter assistance tout au long de notre travail.*

*Nous tenons également à remercier **Melle FLITI kheira** pour sa présence, son aide fructueuse et ses encouragements tout au long de ce travail.*

*Nous adressons nos plus sincères remerciements à **M ABEDREZAK Larbi**, d'avoir accepté de présider le jury de ce modeste travail.*

*Nous présentons également toutes nos reconnaissances et gratitudes à **Mme BADAOUI Mahdjouba Ikram**, qui nous a fait l'honneur d'accepter d'examiner ce travail.*

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

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

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

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

Dédicaces

Avant tout, je dois rendre grâce à Dieu de m'avoir donné le courage pour 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 très chers frères

*« **Mohamed, Abedrezak, Achour, Marouane** »*

A ma très chère sœur

*« **FLITI Kheira** »*

A mes chères amis « Aimen, Chaima et Imène

A tous mes collègues : Asma, Ilham, Nessrine Faiza , Baba et Youcef

À tous ceux que j'aime et qui je respecte

À ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

A toute personne que j'ai omis de nommer ici et que j'ai connue

*Sans oublier **M^{me} SAIAH Farida** et tous mes enseignants du primaire, moyen, secondaire et du supérieur.*

Bachir

Dédicace

Je dédie ce travail et ma réussite à : Mes très chers parents que Dieu les protège, qui sont pour moi l'exemple d'amour, de confiance et de sacrifice. Qu'ils sachent que ce travail est en partie le fruit de leur soutien. Qu'ils trouvent ici toute ma gratitude pour leur soutien tout au long de mes études

*Je ténois mes sincères remerciements aux **M SAIAH Farida** et **Melle FLITI Kheira** pour leurs encouragements durant la réalisation de ce travail*

J'adresse mes remerciements à mes collègues du bureau national de l'organisation des étudiants libres et tous les bureaux d'états particulièrement le bureau d'état Mostaganem

*Pour chères compagnons de chemin le président de bureau d'état Mostaganem et chères frères **MAAMOURI Ahmed Elamine**, **ZEROUKI Haroun** et **TEOUAME Boumediene***

*Egalement la présidente de comité national des sciences médicales **DELMI Shahinaze***

Tous mes collègues de la promotion PC (2019-2022)

À tous ceux qui sont proches de mon cœur

Et dont je n'ai pas cité les noms

Je dédie ce modeste travail

Aimen

Résumé

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

La sauge *Salvia officinalis* est une plante médicinale et aromatique de la famille des *Lamiacées*, qui contiennent des phénols possédant un effet sur les champignons. Sur ce, on a effectué un test « *in vitro* » des extraits hydrométhanolique sur le *Colletotrichum* sp.

Les résultats du test « *in vitro* » de l'effet des feuilles de *S. Officinalis* sur la croissance mycélienne et la sporulation, montre une corrélation entre les doses des deux extraits (extrait hydrométhanolique par macération et soxhlet) et les taux d'inhibition, en effet, plus la dose est élevée plus la croissance mycélienne est faible.

Mots clés : *Colletotrichum* sp, *Salvia officinalis*, croissance mycélienne, sporulation, des extraits hydrométhanolique, macération, soxhlet.

Abstract

The present study aims to propose alternative solutions based on the use of natural products "biopesticides", in order to fight against tomato anthracnose, considered as double for this culture in Algeria.

The sauge *Salvia officinalis* is a medical and aromatic plant of the Lamiaceae family, which contains phenols with an effect on fungi. On this, we carried out an "in vitro" test of hydromethanolic extracts on *Colletotrichum* sp.

The results of the "in vitro" test of the effect of *S. Officinalis* leaves on myceliense growth and sporulation show a correlation between the doses of the two extracts (hydromethanolic extract by maceration and soxhlet) and the inhibition rates, indeed, the higher the dose, the lower the myceliense growth.

Key words: *Colletotrichum* sp, *Salvia officinalis*, myceliense growth, sporulation, hydromethanolic, maceration, soxhlet.

Liste des figures

Figure N°01 : Premières images de tomate publiées.....	03
Figure N°02 : Système racinaire du plant de tomate.....	06
Figure N°03 : Tige de la tomate.....	06
Figure N°04 : Feuilles de tomate	07
Figure N°05 : Coupe longitudinale de fleur de tomate	07
FigureN°06 : Fruits de la tomate.....	08
FigureN°07 : Section transversale d'une tomate.....	08
FigureN°08 : Principaux pays producteurs de la tomate dans le monde	12
Figure N°09 : Symptôme de l'antracnose sur le fruit de la tomate.....	16
Figure N°10 : Symptôme de l'antracnose sur une feuille de tomate	17
FigureN°11 : Symptôme de l'antracnose sur racine de la tomate.....	17
Figure N°13 : Cycle de vie de l'agent responsable (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>) et les conditions de développement	20
Figure N°14 : Les voies des métabolismes -Interrelation entre les métabolites primaires et les métabolites secondaires	21
Figure N°15 : Structure d'unité de base des polyphénols	22
FigureN°16 : Principales classes des composés phénoliques.....	23
FigureN°17 : Hydroxylation d'acide benzoïque	24
FigureN°18 : Hydroxylation d'acide cinnamique.....	24
FigureN°19 : Structure de quelques tannins hydrolysables.....	25
Figure N°20 : Tanins condensés	25
FigureN°21 : Structure de base des flavonoïdes	26
FigureN°22 : Structure du resvératrol.....	26
FigureN°23 : Structure des lignanes	27
FigureN°24 : Structure de la lignine	27
Figure N°25 : Aspect de <i>Salvia officinalis</i>	28
Figure N°26 : la poudre de la sauge	33

Figure N°27 : Agitation de l'extrait polyphénolique de <i>S. officinalis</i>	34
Figure N°28 : Filtration de l'extrait Polyphénolique de <i>S. officinalis</i>	34
Figure N°29 : Montage Soxhlet	35
Figure N°30 : Montage du Rotavapor.....	36
Figure N°31 : Les différentes dilutions du composé phénolique	37
Figure N°32 : Aspect macroscopique de <i>Colletotrichum</i> sp. après 7 jours d'incubation sur milieu PDA.....	40
Figure N° 33 : Aspect microscopique du mycélium de <i>Colletotrichum</i> sp	40
Figure N°34 : l'effet « in vitro » des différentes concentrations de l'extrait hydrométhanolique par macération de <i>S. officinalis</i> sur l'isolat <i>Colletotrichum</i> sp	41
Figure N°35 : L'effet de l'extrait hydrométhanolique par macération sur la croissance mycélienne de <i>Colletotrichum</i> sp.....	42
Figure N°36 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de <i>Colletotrichum</i> sp sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait hydrométhanolique par macération des feuilles de <i>Salviaofficinalis</i>	42
Figure N°37 : l'effet « in vitro » des différentes concentrations de l'extrait méthanoïque (par soxhlet) de <i>Salvia officinalis</i> sur l'isolat <i>Colletotrichum</i> sp.....	43
Figure N°38 : L'effet de l'extrait méthanoïque (soxhlet) sur la croissance mycélienne de <i>Colletotrichum</i> sp.....	43
Figure N°39 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de <i>Colletotrichum</i> sp sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait méthanoïque (par soxhlet) des feuilles de <i>Salvia officinalis</i>	44
Figure N°40 : Taux d'inhibition de sporulation de <i>Colletotrichum</i> sp., sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait hydrométhanolique (macération) des feuilles de <i>Salvia officinalis</i>	45
Figure N°41 : Taux d'inhibition de sporulation de <i>Colletotrichum</i> sp., sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait hydrométhanolique par soxhlet des feuilles de <i>Salvia officinalis</i>	45

Liste des tableaux

Tableau N°01 : Production de la tomate dans la Wilaya de Mostaganem (DSA, 2016)

Tableau N°02 : Ravageurs de la tomate (Pyron, 2006)

Tableau N°03 : Les principales maladies et désordres physiologiques de la tomate (Pyron, 2006)

Tableau N°04 : Les différentes classes des flavonoïdes (Ghnimi., 2015).

Tableau N°05 : Les principales composées phénoliques de la *salvia officinalis*.

Tableau N° 06 : Rendements des extraits de *S. officinalis*.

Liste des abréviations et symboles

% : Pourcentage

°C : degré Celsius

cm : centimètre

D : diamètre de la colonie.

d : diamètre de l'explant.

Kg : kilogramme

g : gramme

DSA : direction des services agricole

FAO : Food agriculture organisation

Ha : hectare

L : croissance mycélienne.

M : Masse de la plante en gramme

m : mètre

M' : Masse de l'extrait en gramme

ml : millilitre

mm : millimètre

Mt : millions de tonnes

P.D.A : Potato dextrose agar

Ti% : taux d'inhibition de la croissance mycélienne

EBr : Extrait Hydro-méthanolique.

Table des matières

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale	

Donnée bibliographique

Chapitre I : Généralité sur la tomate

I. 1- Origine et historique de la tomate	03
I.2- Classification de la tomate	04
I.2.1- Classification génétique	04
I.2.2- Classification botanique (systématique)	04
I.2. 3- Classification variétale selon le mode de croissance	05
I.2.3.1- Croissance indéterminée	05
I.2.3.2- Croissance déterminée	05
I.3- Caractéristiques morphologique de la tomate	05
I.3.1- Système racinaire	05
I.3.2- Tige	06
I.3.3- Feuilles	06
I.3.4- Fleurs	06
I.3.5- Fruits	07
I.3.6- Graines	08
I.4- les exigences de l'espèce	09
I.4.1- Les exigences climatiques	09
I.4.1.1- La température	09
I.4.1.2- L'humidité	09
I.4.1.3- La lumière	09
I.4.2- Les exigences édaphiques	09
I.4.2.1- Structure et texture du sol	09
I.4.2.2- PH du sol	09
I.4.2.3- La salinité	10
I.4.2.4- La température du sol	10
I.4.3- Les exigences nutritionnelles	10
I.4.3.1- les exigences hydriques	10
I.4.3.2- Les éléments fertilisants	10
I.5- le cycle de développement	10
I.5.1- Phase de germination	10
I.5.2- Phase de croissance	10
I.5.3- phase de floraison	11
I.5.4- La fécondation	11
I.5.5- La fructification et nouaison des fleurs	11
I.6- Importance de la tomate	11
I.6.1- Dans le monde	11

I.6.2- Dans l'Algérie	12
I.6.3- dans la région de Mostaganem	12
I.7- Les problèmes phytosanitaires de la tomate.....	13

Chapitre II : L'antracnose

II.1- Généralités sur la maladie.....	15
II.2- Historique	15
.3-Description des symptômes.....	16
.3.1- Sur les fruits.....	16
.3.2- Sur les feuilles.....	16
.3.3- Sur les racines et les organes enterrés	17
.2-L'agent pathogène.....	18
.2.1- Mode d'infection.....	18
II.2.2- Classification.....	18
I.2.3- Cycle de vie de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	19
II.2.4- Moyen de protection	20

Chapitre III : Les composés phénoliques

III.1- Les métabolites secondaires.....	21
III.1- Généralité	21
III.1.2- Définition	21
II.1.3-Biosynthèse des substances naturelles	21
II.1.4- Classification des métabolites secondaires.....	22
II.1.4.1- Les composés phénoliques.....	22
II.1.4.1.1- Définition.....	22
II.1.4.1.2- Localisation.....	22
II.1.4.1.2- les principales classes des composés phénoliques	23
II.1.4.1.3.1- Les acides phénoliques.....	23
II.1.4.1.3.2- Les tanins	24
II.1.4.1.3.2.1- Les tanins hydrolysables	24
II.1.4.1.3.2.2- Les tanins condensés	25
II.1.4.1.3.3- Les Flavonoïdes.....	25
II.1.4.1.3.3.1- La classification.....	26
II.1.4.1.3.4- Les stilbenes Hydroxylés	26
II.1.4.1.3.5- Les lignines et les lignanes	26
III.2-La sauge	27
III.2.1- Description morphologique	28
III.2.3- Nomenclature.....	29
III.2.4- Classification taxonomique	29
III.2.5- Production	29
III.2.6- Usage thérapeutique de la sauge	30
III.2.6.1-Usage interne	30
III.2.6.3- Toxicologie.....	30
III.2.6.2- Usage externe	30
III.3.7- Composition chimiques.....	31

Données expérimentales
Chapitre I : Matériels et méthodes

I.1- Objectif du travail.....	32
I.2- Matériel fongique	32
I.2.1- Repiquage de l'agent pathogène <i>Colletotrichum</i> sp. De la tomate	32
I.3- la plante aromatique	32
I.3.1- La préparation de la plante aromatique pour l'extraction	32
I.3.2- Le solvant d'extraction	33
I.3.3-Méthodes d'extraction	33
I.3.3.1-Macération.....	33
I.3.3.2- Extraction Soxhlet	34
I.3.4- Evaporation rotatif	35
I.3.4.1- Le principe de l'évaporateur rotatif	35
I.5- Lyophilisation.....	36
I.3.6- le rendement d'extraction	36
I.3.7- Préparation des dilutions des composés phénoliques	37
I.4- Conduit de l'essai de l'évaluation de l'activité antifongique «in vitro» des extraits méthanoïques de <i>Salvia officinalis</i> vis-à-vis de <i>Colletotrichum</i> sp.	
I.5- Evaluation de la croissance mycélienne	38
I.6-Analyse statistique.....	39

Chapitre II : résultats et discussion

II.1- Caractères morphologiques d'isolat de <i>Colletotrichum</i>	40
II.1.1- Etude de l'aspect macroscopique	40
II.1.2- Identification microscopique.....	40
II.2- Evaluation de l'activité antifongique des extraits méthanoïques des feuilles de <i>Salvia officinalis</i> vis-à- vis <i>Colletotrichum</i> sp. De la tomate	
II.2.1- Evaluation de l'activité antifongique sur la croissance mycélienne	41
II.2.2- Evaluation de l'activité antifongique de l'extrait méthanoïque des feuilles de la sauge sur la sporulation de <i>Colletotrichum</i> sp	45
II.3- discussion	46
Conclusion générale et perceptives.....	48

Références bibliographiques

Annexes

Introduction générale

Introduction

La tomate (*Lycopersicon esculentum*) est l'un des fruits et légumes le plus cultivé au monde pour son utilisation dans de nombreux mets (FAO STA, 2010). C'est aussi un produit agricole riche en éléments nutritifs, notamment le lycopène, dont des études épidémiologiques ont montré qu'il pourrait lutter contre l'apparition de certaines maladies dégénératives telles que le cancer de la prostate (Liu *et al.*, 2000).

En Algérie, la tomate occupe une place privilégiée dans le secteur maraîcher (Ferrero, 2009). la production de tomate en Algérie est de 7,9 millions de tonnes en 2012 et elle est cultivée sur 23 500 ha (Anonyme, 2013).

Néanmoins, cette solanacée se trouve confrontée à plusieurs problèmes notamment d'ordre phytosanitaire. Parmi les différents bio-agresseurs de cette plante, les champignons phytopathogènes occupent la première place. L'antracnose figure parmi les maladies fongiques les plus importantes de la tomate provoquant, en effet, des pertes économiques considérables du point de vue rendement (Bonten *et al.*, 2008; Alhussaen, 2012).

Colletotrichum sp., est l'agent causal de l'antracnose, une maladie dangereuse de la tomate ainsi que de la pomme de terre (Agrios, 1997; Abbo *et al.*, 2012; Abdalla *et al.*, 2014.)

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 entraînent souvent la pollution de l'environnement, l'apparition des souches résistantes et augmente la quantité des résidus sur les fruits (ITAFV, 2012; Ozbay et Newman, 2004).

Il est devenu indispensable de rechercher de nouvelles molécules en prenant en compte d'autres critères que l'efficacité. Cette recherche s'est orientée vers la lutte biologique par l'utilisation de substances naturelles antifongiques pouvant constituer une solution alternative aux produits chimiques. Parmi ces substances naturelles figurent les extraits polyphénoliques des plantes aromatiques.

Les plantes aromatiques constituent une richesse naturelle très importante, dont les propriétés dépendent de la présence d'agent bioactif variés et appartenant à différentes classes chimiques (Mailhebiau, 1994).

L'Algérie, par sa situation géographique, offre une végétation riche et diverse. Un grand nombre de plante aromatiques y pousse spontanément. L'intérêt porté à ces plantes n'a pas cessé de croître au cours de ces dernières années (Benkiki, 2006). C'est dans cette optique, qu'on s'est intéressé à une espèce qui appartient à la famille des Lamiacées: *Salvia officinalis* (sauge), un arbuste indigène méditerranéen très prisé en phytothérapie.

Le présent travail, a pour objectif de mettre en évidence l'activité antifongique «*in vitro*» des extraits méthanoïques de La sauge. Il s'agit d'étudier leurs actions sur la croissance mycélienne du champignon phytopathogène *Colletotrichum* sp.

Ce travail est réparti en deux parties:

La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique mettant l'accent sur quatre chapitres; Le premier, traite des généralités sur la plante hôte: la tomate; le second présente la maladie fongique et son agent causal; et le troisième chapitre est consacré aux composées phénoliques et quelques données sur *Salvia officinalis*.

La deuxième partie est divisée en deux chapitres, le premier présente le matériel et méthodes, alors que le deuxième expose les résultats et discussions.

Données Bibliographiques

Chapitre I

Généralité sur la tomate

I- Généralité sur la tomate

I. 1-Origine et historique de la tomate

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) est originaire des Andes d'Amérique du Sud, dans une zone allant de la Colombie au nord du Chili et de la côte Pacifique, aux contreforts des Andes (Equateur, Pérou). Elle fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe au XVI^{ème} siècle par les Espagnols avant même la pomme de terre et le tabac (Figure 1) (Naika et al., 2005). A l'origine, elle était cultivée par les Aztèques ; son nom provient de « tomatl » qui, dans la langue nahuatl parlée dans la région de Mexico, correspond à *Physalis Philadelphia* ; la tomate à proprement parler, *Lycopersicon esculentum* était appelée « jitomatl » (Figure N° 01) (Blancard et al., 2009).

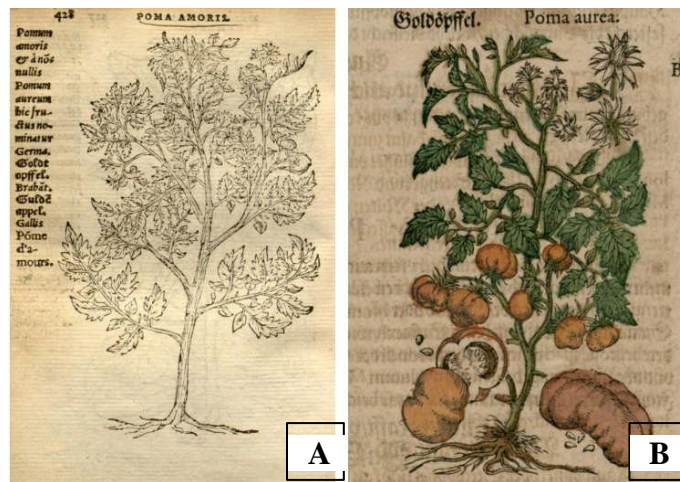


Figure N°01: Premières images de tomate publiées.

A : image publiée par Dodoens en 1533 (Daunay et al., 2007).

B : planche de tomate dessinée par Mattiolo en 1590 (Anonyme, 2009).

Le genre *Lycopersicon* comprend neuf espèces, dont une seule; *Lycopersicon esculentum* sous sa forme sauvage cerasiforme qui pourrait être directement à l'origine des autres variétés et qui a émigré vers le Sud de l'Amérique du Nord (Chaux et Foury, 1994).

En Algérie, ce sont les cultivateurs du Sud de l'Espagne (Tomateros) qui l'ont introduite, étant donné les conditions 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).

I.2- Classification de la tomate :

La tomate est une plante herbacée annuelle à port buissonnant appartenant à la famille des Solanacées. Elle est classée selon des critères différents liés à l'aspect botanique, la composition génétique et le type de croissance (Gallais et Bannerot, 1992).

I.2.1- Classification génétique

La tomate cultivée *Lycopersicon esculentum* est une espèce diploïde avec $2n=24$ chromosomes, chez laquelle il existe de très nombreux mutants monogéniques dont certains sont très importants pour la sélection. C'est une plante autogame mais on peut avoir une proportion de fécondation croisée par laquelle la plante peut se comporter comme plante allogame (Gallais et Bannerot, 1992). Selon le mode de fécondation, on distingue deux types de variétés de tomate:

I.2.1. A- Variétés fixées: Elles se caractérisent par l'homozygotie, c'est-à-dire qu'elles conservent les caractères parentaux (Chaux et Fourry, 1994).

I.2.1. B- Variétés hybrides: Elles se caractérisent par un effet hétérosis qui permet un cumul de gènes favorables, de résistance aux maladies, une meilleure nouaison, particulièrement en conditions défavorables (Chaux et Fourry, 1994)

I.2.2- Classification botanique (systématique) :

La tomate a été classée par Linné en 1753, comme *Solanum lycopersicon*, puis, Philip Miller lui attribua en 1754 le nom de *Lycopersicon esculentum* qui a été retenu (Munroe et Small, 1997). Selon Munroe et Small (1997) la tomate appartient à la classification suivante :

Règne Plantae
 Sous règne..... Trachenobionta
 Division..... Magnoliophyta
 Classe Magnoliopsida
 Sous classe..... Asteridae
 Ordre Solanales
 Famille Solanaceae
 Genre..... *Solanum ou Lycopersicon*
 Espèce *Lycopersicon esculentum*

I.2. 3-Classification variétale selon le mode de croissance

Il existe deux types de croissance chez la tomate

I.2.3.1- Croissance indéterminée

La plante se présente comme un empilement ininterrompu de sympodes à trois feuilles (succession de trois feuilles et une inflorescence). La croissance des ramifications latérales, que l'on supprime est également indéterminée (Pitrat et Foury, 2003).

Naika *et al.* (2005) proposent le choix d'une variété à croissance indéterminée lorsque l'on souhaite une longue période de récolte. Ces variétés continuent à pousser après la floraison. C'est cette caractéristique qui est désignée par le terme «croissance indéterminée». Cependant, sous des conditions tropicales, les maladies et les attaques d'insectes freineront la croissance. Les mêmes auteurs ajoutent que les variétés à croissance indéterminée nécessitent des tuteurs, des cages ou des treillis pour les appuyer.

I.2.3.2- Croissance déterminée

La plante se présente comme un empilement d'un nombre limité de sympodes (deux à dix environ selon le matériel végétal) dont le nombre de feuilles peut être de trois, qui se réduira à deux, puis à une feuille. La croissance de la tige principale et des ramifications latérales se termine par une inflorescence. La plante est d'envergure limitée, elle s'arrête rapidement de pousser, le nombre d'inflorescence sur la tige principale et les ramifications est limitée à deux ou trois, les entre-nœuds sont raccourcis (Pitrat et Foury, 2003).

Les variétés à croissance déterminée se supportent elles-mêmes et n'ont généralement pas besoin de tuteur. Elles arrêtent leur croissance après la floraison, elles requièrent moins de main d'œuvre, c'est pourquoi elles sont choisies pour la culture commerciale. Les fruits mûrissent bien plus rapidement que ceux des variétés à croissance indéterminée (Naika *et al.*, 2005).

I.3- Caractéristiques morphologique de la tomate:

La tomate est une plante annuelle buissonnante, poilue et aux tiges plutôt grimpantes. Elle est aromatique lorsqu'on la froisse. Cette plante potagère herbacée voit sa taille varier de 40 cm à plus de 5 mètres selon les variétés et le mode de culture (Dumortier *et al.*, 2010).

I.3.1- Système racinaire

Le système racinaire est une forte racine pivotante qui pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus. La racine principale produit une haute densité de racines latérales et adventices (Figure N°02) (Naika *et al.*, 2005).



Figure N°02 : Système racinaire du plant de tomate (Original, 2022)

I.3.2- Tige

Le port de croissance varie entre érigé et prostré. La tige pousse jusqu'à une longueur de 2 à 4 m. La tige est pleine, fortement poilue et glandulaire (Naika et *al.*, 2005).

La tige porte deux types de poils, simple ou glanduleux. Ces derniers contenant une huile essentielle qui donne son odeur caractéristique à la plante (Figure N°03) (Kolev, 1976).



Figure N°03 : Tige de la tomate (Original, 2022)

I.3.3- Feuilles

Les feuilles sont disposées en spirale, imparipennées, à contour de 15-50cm x10-30cm, les stipules sont absentes, les pétioles sont de 3-6 cm de longueur, les folioles sont de taille inégale, le plus souvent 7-9 de grande taille sur chaque feuille, ovales à oblongues, de 5-10cm de long et les folioles sont recouvertes de poils glandulaires (Figure N°04) (Grubben et Denton, 2004).



Figure N°0 4 : Feuilles de tomate (Original, 2022)

I.3.4- Fleurs

Les fleurs sont bisexuées. Le pistil est entouré d'un cône constitué d'étamines. La fleur comporte 5 sépales, 5 pétales, 5 à 7 étamines et 2 carpelles soudés formant un ovaire (Shankara *et al.*, 2005).

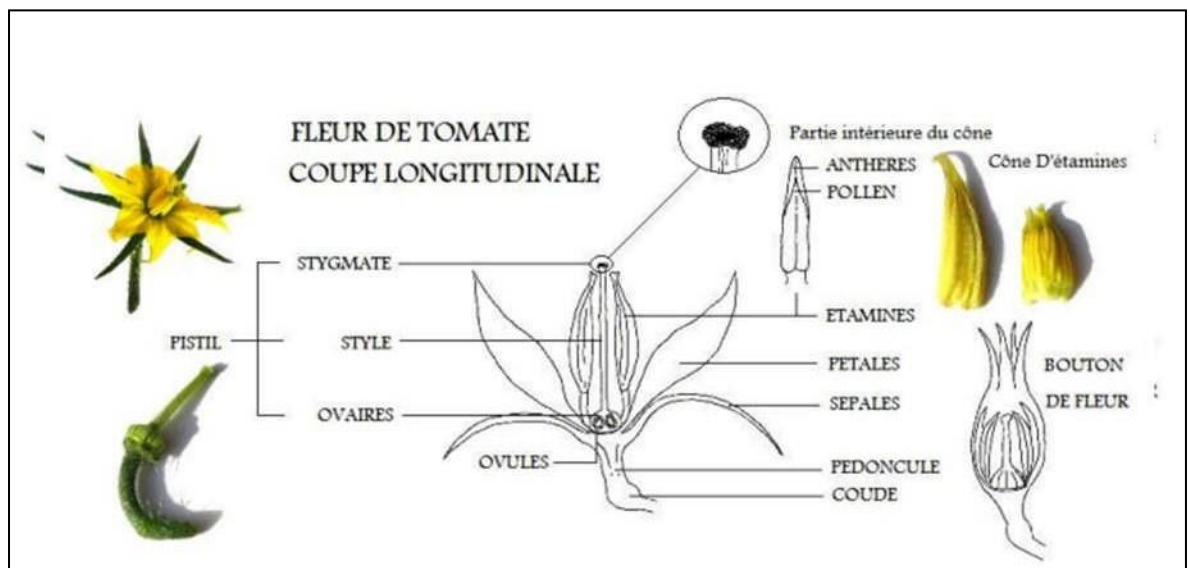


Figure N°05 : Coupe longitudinale de fleur de tomate (Anonyme, 2009)

I.3.5-Fruits

C'est une baie charnue de 2 ou 3 loges, à graines très nombreuses, de taille, de forme et de couleur très variées. Le pédoncule du fruit présente une zone d'abscission, de sorte que le fruit mûr se détache en conservant une partie du pédoncule ainsi que le calice. Le fruit à maturité peut se présenter soit rond et régulier ou côtelés (Shankara *et al.*, 2005).



FigureN°0 6 : Fruits de la tomate.

I.3.6-Graines

Nombreuses, chaque fruit contient un nombre important de graines qui varie de 80 à 500 graines. Elles sont en forme de rein ou de poire, poilues, beiges, de 3 à 5 mm de long et de 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen (Shankara *et al.*, 2005).



Figure N°07 : Coupe longitudinale d'un fruit de tomate (Originale, 2022).

I.4- les exigences de l'espèce

I.4.1- Les exigences climatiques

I.4.1.1-La température

La tomate est exigeante en ce qui concerne les températures, dont l'optimum se situe entre 13 et 20°C pendant la nuit et entre 20 et 27°C pendant la journée (Nyabyenda, 2006).

Selon Caburet et Hekimian Letheve (2003), la tomate a une croissance maximale vers 25°C. Les périodes sèches et fraîches sont plus favorables à la production que la saison pluvieuse et chaude. Au-dessus de 30°C, le lycopène, pigment responsable de la couleur rouge du fruit ne se forme plus. C'est le pigment ² carotène qui se forme, donnant ainsi une coloration jaune-orange au fruit.

I.4.1.2- L'humidité

Une humidité élevée favorise les infestations de ravageurs, les maladies et la pourriture des fruits. C'est pourquoi la production de la tomate se fait plutôt sous les climats secs (Doorenbos et Kassam, 1987).

I.4.1.3- La lumière

La tomate est peu sensible au photopériodisme, mais est exigeante en énergie lumineuse. Un faible rayonnement lumineux réduit le nombre de fleurs par bouquet, affecte la fécondation et conduit à l'avortement des fleurs et des fruits (Caburet et Hekimian Letheve, 2003).

I.4.2- Les exigences édaphiques

I.4.2.1- Structure et texture du sol

La tomate n'est pas très exigeante en ce qui concerne les sols, pourvu qu'ils soient fertiles et bien drainés. Elle ne craint pas les bas-fonds et les marais, pourvu qu'ils soient bien drainés (Nyabyenda, 2006).

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 labourage profond permettra une meilleure pénétration des racines (Naika et al., 2005).

I.4.2.2- PH du sol

Selon Chaux et Foury (1994), La tomate est très tolérante en pH. Le meilleur équilibre nutritionnel étant assuré entre 6.0 et 7.0.

I.4.2.3- La salinité

Laumonier (1979) atteste que la tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis-à-vis de la salinité. Le taux moyen de sensibilité se situe entre 1.5 à 03 g/l.

I.4.2.4- La température du sol

C'est le premier facteur dont dépendent le pourcentage de levée et la vitesse de germination. Les semis doivent être soumis à une température supérieure à 16 C°. La plante croît lorsque la température du sol passe de 13°C à 30°C (Zuang, 1982). Cette dernière intervient sur la croissance des racines, ainsi que sur l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs.

I.4.3- Les exigences nutritionnelles**I.4.3.1- les exigences hydriques**

La tomate est l'une des cultures les plus exigeantes en eau. D'après Bentvelsen (1980), les besoins de tomate en plein champ se situent entre 4000 et 5000 m³/ha. L'évolution des besoins en eau de la tomate est fonction de ses stades de développement et l'environnement.

I.4.3.2- Les éléments fertilisants

La tomate nécessite des éléments fertilisants tels que l'azote (N), le phosphore (P), le potasse (K) ainsi que le magnésium (Mg). Une production d'une tonne de tomate requiert environ 2.2 à 2.7 Kg d'Azote, 0.7 à 0.9 Kg de phosphore, 3 à 3.3 Kg de potasse et 0.5 à 1 Kg de magnésium (Naika *et al.*, 2005).

I.5- le cycle de développement**I.5.1- Phase de germination**

A température comprise entre 18 et 24°, la levée s'effectue au bout de 6 à 8 jours. Au-dessus du sol apparaissent la tigelle et deux feuilles cotylédonaire simples et opposées. Dans le sol, la racine possède un manchon de poils absorbants bien visible.

I.5.2- Phase de croissance

La croissance d'un végétal est définie par une augmentation irréversible d'une ou de plusieurs de ses dimensions. Cette augmentation se traduit par un changement quantitatif de la plante au cours du temps (Mazliak, 1982).

Selon Laumonier (1979), la croissance de plant de tomate se déroule en 2 phases et en deux milieux différents:

- **En pépinière:** de la levée jusqu'au cinq feuilles, non encore photosynthétique, avec l'apparition des racines non fonctionnelles et des pré-feuilles;
- **En plein champ:** de l'apparition des feuilles photosynthétiques et des racines qui deviennent fonctionnelles, capables d'absorber de l'eau et des éléments nutritifs. Dans cette phase, la tige s'allonge au fur et à mesure qu'il y a formation des feuilles.

I.5.3- phase de floraison

Durant la phase de floraison, la croissance continue et la première inflorescence apparaît. Les autres inflorescences vont apparaître au-dessus de la première, avec entre chaque inflorescence un nombre variable de feuilles: de une à quatre. La floraison s'échelonne donc de bas en haut.

La floraison dure un mois à un mois et demi, c'est-à-dire de deux mois et demi à trois mois et demi-quart mois après le semis.

I.5.4- La fécondation

La fécondation se fait par pollinisation naturelle sous l'influence de plusieurs facteurs tels que la température, le vent et les insectes (Rey et Costes, 1965). En effet, selon Pesson et Louveaux (1984), si la température nocturne est inférieure à 13°C, la plupart des grains de pollen seraient vides, et une faible humidité dessèche les stigmates et de cela résulte la difficulté du dépôt du pollen.

I.5.5- La fructification et nouaison des fleurs

Le pistil qui se développe pour former le fruit. La paroi de l'ovaire s'épaissit et les ovules qui ont été fécondés se transforment en graines qui contiennent les embryons. Le reste du pistil (style et stigmate) disparaît, ainsi que les pétales et les étamines qui tombent (Shankara *et al.*, 2005). Un coup de froid ou de chaud au moment de la fécondation peut gêner la mise à fruit

I.6- Importance de la tomate

I.6.1- Dans le monde

Selon (FAOSTAT, 2015) la tomate est la 2^{ème} culture légumière après la pomme de terre par sa production au niveau mondial. Une production de plus de 34 million de tonne sur

4,98 million ha annuellement

La production mondiale de tomates a battu un record historique en 2016, dépassant les 177.000 millions de kilos, selon les données de FAOSTAT. Plus précisément, au cours de cette année, il y avait une production totale de 177.042 million de kilos, soit 29,08% de plus qu'il y avait dix ans. La superficie consacrée à la production était de 4 782 754 hectares avec un rendement moyen de 3,7 kilos/m².

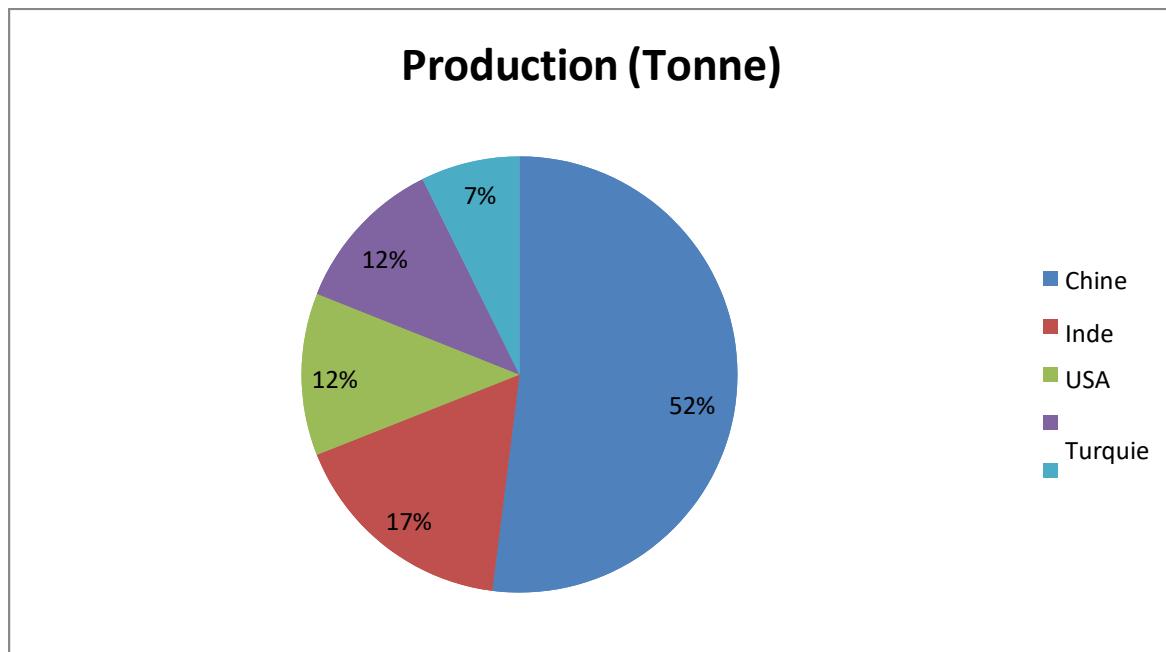


Figure N°08: Principaux pays producteurs de la tomate dans le monde (FAO STAT, 2016).

I.6.2- Dans l'Algérie

La tomate occupe une place très importante dans le secteur maraîcher en Algérie. Elle est considérée à juste que la pomme de terre, l'ail et l'oignon, qui forment un groupe d'espèce prioritaires (FAO, 2008).

Selon le Ministère de l'Agriculture, l'Algérie peut atteindre l'autosuffisance en tomate industrielle dans 5 ans et même envisager l'exportation. Il est à noter qu'elle produit que 50% seulement de ses besoins en tomate et importe le reste (Anonyme 1, 2013).

I.6.3- dans la région de Mostaganem

La production de la tomate a présenté pendant les années (2003-2005) une stabilité des superficies cultivées de l'ordre de 2123 à 2340 ha. D'autre part cette production a diminué durant l'année 2006 où il a été enregistré 426260 qx pour une superficie de 2011 ha, pour reprendre en expansion durant les années (2008-2014) (DSA Mostaganem, 2014)

Tableau N°01: Production de la tomate dans la Wilaya de Mostaganem (DSA, 2016)

Année	Superficie (ha)	Rendement (qx/ha)	Production (qx)
2003	2123	239.4	508 202
2004	2170	222.3	408 330
2005	2340	197.4	462 000
2006	2011	212	426 260
2007	2026	240.7	487 650
2008	1680	290	487 200
2009	1957	258.1	505 050
2010	2336	291.2	680 143
2011	2298	288.4	662 643
2012	2512	310.4	779 695
2013	2427	335.1	83 313
2014	2541	372.7	946 996
2016	1802,82	402.26	725 220

I.7- Les problèmes phytosanitaires de la tomate

Malgré l'utilisation de variétés hybrides, résistantes, la tomate demeure toujours sujette aux attaques d'ordre biotique. Les principaux dégâts des ravageurs et symptômes des maladies sont respectivement récapitulés dans les tableaux 02 et 03.

Tableau N°02 : Ravageurs de la tomate (Pyron, 2006).

Insectes et ravageurs	Nom scientifique	Symptômes et dégâts
Nématodes à galles	<i>Meloidogyne incognita</i> Chitwood et <i>Meloidogyne arenaria</i> Neal.	Des galles sur les racines des plants attaqués. La tige rabougrit, les feuilles jaunissent, puis la plante Dépérit
Acariens	<i>Tetranychus urticae</i> Koch et <i>T. cinnabarinus</i> Boisduval	La face inférieure des folioles devient brune à bronzé. Sur fruit, la peau présente des craquelures
Noctuelles terricoles Et Noctuelles des fruits	<i>Agrostis segetum</i> Oberdorfer <i>Chloridea</i> <i>armigera</i> Hampson,	Les jeunes chenilles dévorent le collet et entraînent la mort de la plante. Sur fruit, des galeries évoluent en pourriture
Aleurodes	<i>Trialeurodes vaporariorum</i> Westwood et <i>Bemisia tabaci</i> Gennadius	Rabougrissement des apex et développement de fumagine sur le miellat produit par les larves, transmission des virus ToCV, TICV et TYLCV.
Cicadelles	<i>Hialesther obsoletus</i>	Transmission du stolbur, mycoplasmoses
Mineuses	<i>Liriomyza trifolii</i> Burgess, <i>Liriomyza strigata</i> Meigen et <i>Tuta absoluta</i> Meyrick	Galleries dans le limbe des feuilles âgées par les larves
Pucerons	<i>Macrosiphon euephorbiae</i> Büning <i>Myzus persicae</i> Sulzer	Enroulement des feuilles, développement de la fumagine et transmission de virus CMV et PVY.

Tableau N°03 : Les principaux maladies et désordres physiologique de la tomate (Pyron, 2006)

Maladie	Symptômes et dégâts	Moyens de lutte
Maladies cryptogamique		
Alternerai	-des taches noirâtres sur feuille - des taches chancreuses sur tige -ders nécrosent sur fruit	-utilisation des variétés résistantes -rotation culturale -traitement chimique
Oidium	-Apparition de taches jaunâtres sur les feuilles	-assurer une bonne aération de serres
Mildiou	Apparition de taches jaunâtres qui brunissent rapidement	-éviter les excès d'azote et d'eau une bonne aération aussi
Maladies bactériennes		
Chancre bactérien	-flétrissement unilatéral sur feuilles -des coups longitudinales sur tige et Pétiotes montrent des stries brunâtres	-éviter les terrains infestés -aération convenable des serres -éviter l'apport excessif d'azote
Moucheture de la Tomate	-taches noires sur les feuilles -des taches brunes nécrotiques sur fruit	-éviter les excès d'eau -appliquer des fongicides à base de cuivre
Gale bactérienne	-apparition de taches brunâtres entourées d'un halo jaune sur les feuilles	-variétés résistantes -éliminer les plants malades
Virus (TYLCV)	-ralentissement de la croissance -jaunissement des folioles -fruit petites et nombreux	-lutte préventive contre le vecteur <i>Bemisia tabaci</i> -utiliser les plants sains
Désordres physiologique		
Nécrose apical	-observation des taches brunâtres sur fruits qui se nécrose par la suite	-irrigation régulière -apport azotée à base de nitrate -ébourgeonnage et effeuillage à temps
Tomate creuse	-fruit a forme triangulaire, avec loges vides et chair moins épaisse.	-fertilisation potassique avec une bonne maîtrise d'irrigation et bonne fermeture des abris pendant la nuit.

Chapitre II

L'anthracnose

- L'anthracnose

II.1- Généralités sur la maladie

Les anthracoses sont communes sur les cultures maraichères et fruitières, sur cultures ornementales, sur cultures pérennes industrielles ou traditionnelles telles que: le palmier à huile, l'hévéa, le caféier, le cacaoier, ainsi que sur de nombreuses cultures vivrières : igname, manioc, patate douce, ...etc (Boisson et Renard 1967, Chevaugéon 1956, Resplandy et *al.*, 1954).

D'une manière générale, les anthracoses sont considérées comme des maladies de faiblesse dont le développement est favorisé sur les plantes présentant un déséquilibre physiologique. Le champignon attaque préférentiellement des organes jeunes ou vulnérables tels que jeunes feuilles et fleurs ou peut envahir rapidement les tissus blessés par suite de piqûres d'insectes par exemple (Maurice, 1982).

L'anthracnose ou maladie du charbon selon les racines grecque et latin est une maladie cryptogamique qui affecte plusieurs plantes cultivées. Parmi les arbustes fruitiers les plus exposés à cette pathologie, on cite le cerisier, le framboisier et le haricot, le pois et la tomate sont des exemples de plantes potagères sensibles à l'anthracnose (Dita et *al.*, 2003).

II.2- Historique

Colletotrichum a été décrit à l'origine sous le nom de *Vermicularia* par Tode (1970), 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 19^{ème} et début du 20^{ème} 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 et Shear, 1931). Cependant, Duke (1928) avait précédemment démontré que la structure de 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* 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. Hori* (Weir et Johnston, 2010) et *G. pedemontanum* a été synonyme de *C. gleosporioides* (Weir et *al.*, 2012; Sharma et *al.*, 2016).

.3-Description des symptômes

Ce champignon cause des dommages différents selon les parties atteintes:

.3.1- Sur les fruits

Les premiers symptômes apparaissent plutôt sur des fruits murs sous la forme de petites lésions brun clair qui évoluent en taches circulaires, légèrement déprimées, et humides, réparties au hasard. Ces lésions s'étendent, se creusent progressivement et s'assombrissent. La chair sous-jacente prend une teinte plus claire et une texture granuleuse. Le centre des lésions évoluées prend une teinte brunâtre et des ponctuations noires apparaissent, qui correspondent aux micros sclérotés produits par le champignon. La cuticule des fruits reste intacte; elle peut se couvrir de petites masses de spores muqueuses, couleur saumon, en conditions climatiques humides.



Figure N°09 : Symptôme de l'anthracnose sur le fruit de la tomate (Mark et Edmunds, 2005)

Signalons que plusieurs taches présentes sur les fruits peuvent confluer et entraîner une large pourriture (Duval, 1991).

L'évolution plutôt lente des taches et la présence des micros sclérotés et des acervules sur ces dernières permettent d'identifier facilement cette mycose.

.3.2- Sur les feuilles

Les symptômes qui apparaissent sur les jeunes feuilles sont sous forme de taches circulaires décolorées ou des lésions nécrosées irrégulières.



Figure N°10: Symptôme de l'anthracnose sur une feuille de tomate (Hansen, 2009).

Par temps favorable, les zones nécrosées s'étendent et peuvent recouvrir tout le limbe des feuilles. Celles-ci semblent desséchées par un vent chaud et sec brûlées par le gel, selon la saison. Les champignons envahissent ensuite le système vasculaire, causent l'assèchement des pétioles et la chute prématurée des feuilles.

À un stade avancé, on peut voir de petits points noirs sur les feuilles des lésions aqueuses foncées marquent les fruits et des chancres (plaies) se développent sur les jeunes rameaux. Par conséquent, les fruits pourrissent et les pousses terminales se dessèchent. Parfois, les plantes annuelles meurent (Kenneth, 2014).

.3.3- Sur les racines et les organes enterrés

On remarque la présence de lésion brunâtre à brun rougeâtres, et étendues sur le cortex des racines principales. Ce dernier une fois décomposé se détache par endroits du cylindre central. Les radicelles sont peu nombreuses, voire inexistantes (Figure N°11). Les racines sont peu développées et partiellement décomposées en culture hors sol. Une pourriture de la base de la tige est parfois signalée (Achbani *et al.*, 1995).



Figure N°11 : Symptôme de l'anthracnose sur racine de la tomate (Egel et Saha, 2015).

.2-L'agent pathogène

La maladie de l'anthracnose causée par *Colletotrichum gloeosporioides* est une source de préoccupation majeure chez les agriculteurs.

Colletotrichum gloeosporioides est un genre pathogène omniprésent. Ce champignon infecte les monocotylédones (gazon) et les dicotylédones supérieures (anacardiés).

C. gloeosporioides est largement distribué et pathogène végétal commun dans le monde (Sutton, 1992, Cannon *et al.*, 2000). Le champignon est plus abondant dans les régions tropicales et subtropicales que dans les régions tempérées (CAB international 2005). Ces pathogènes infectent environ 470 genres hôtes différents. Le pathogène provoque également des problèmes post-récolte (Prusky et Plumbly, 1992) et agit également comme des souches endophytes isolées de parties de plantes asymptomatiques (Cannon et Simmons, 2002; Lu *et al.*, 2004, 2005).

.2.1- Mode d'infection

Colletotrichum gloeosporioides suit le mode d'infection hémibiotrophique où des phases biotrophes et nécrotrophes sont séquentiellement présentes. Tout d'abord, l'agent pathogène établit une interaction avec l'hôte en produisant un appressorium mélanisé puis pénètre dans la cuticule hôte. Après la pénétration, des vésicules d'infection et des hyphes primaires sont formées. Ces structures sont quelque peu semblables à haustoria (formé par les oïdiums et les champignons de la rouille) ne causent aucun dommage à l'hôte. Cette étape de l'infection est appelée phase bio trophique. Plus tard, des hyphes secondaires nécrotrophes se sont développées et se sont propagées pour tuer la cellule hôte (Munch *et al.*, 2008).

II.2.2- Classification

Colletotrichum gloeosporioides est une espèce de champignons Ascomycètes, il appartient au genre *Colletotrichum* suit la classification suivante selon BISSETT (2004) (in BENKADA, 2006):

- Règne: Fungi
- Sous règne: Dikarya
- Division: Ascomycota
- Sous division: Pezizomycotina
- Classe: Sordariomycetes
- Ordre: Glomerellales

- Famille: Glomerellaceae
- Genre: *Colletotrichum*
- Espèce: *Colletotrichum gloeosporioides*

I.2.3- Cycle de vie de *Colletotrichum gloeosporioides*

Le cycle de vie de ce pathogène commence par la germination des spores à la surface de la plante pour former des structures d'infection mélanisées appelées appressorium suivies de la pénétration du tissu de l'hôte. A ce stade, des hyphes d'infection épaisses sont produites dans les cellules infectées primaires, ce stade est appelé stade biotrophique de l'infection.

Après cela, le champignon se transforme soudainement en phase nécrotrophe d'infection qui se caractérise par la formation d'hyphes secondaires minces provenant des hyphes primaires et ce sont ces hyphes secondaires qui commencent à coloniser les cellules voisines et qui finissent par entraîner le développement de lésions visibles à la surface. Site d'infection (Figure N°12).

Enfin, les spores sont formées à la surface des tissus infectés, puis elles sont dispersées par les insectes, le courant d'air et les éclaboussures d'eau pour commencer un autre cycle d'infection (Figure N°13).



Figure N°12 : Formation des hyphes dans le site d'infection (HAO et *al.*, 2003).

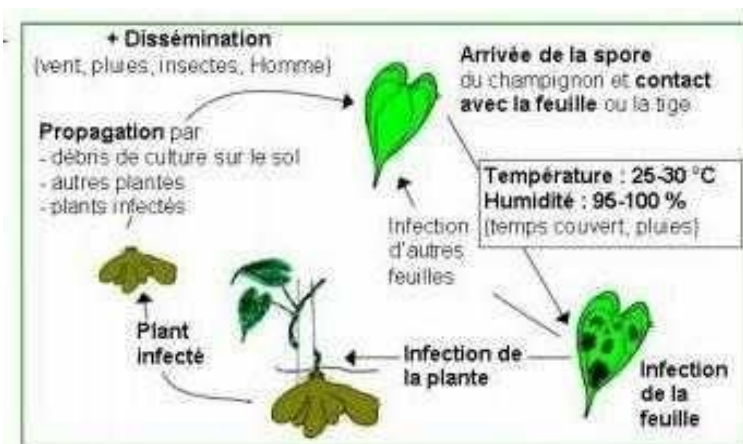


Figure N°13: Cycle de vie de (*Colletotrichum gloeosporioides*) et les conditions de développement de l'anthracnose.

II.2.4- Moyen de protection

Pour bien lutter contre l'anthracnose, il faut une combinaison de stratégies dont:

- S'assurer d'avoir des plants sains
- Détruire les champs infectés.
- Mettre un couvre-sol dans les entre rangs (paille)
- Éviter le passage lorsque le feuillage est humide
- Récolter les champs atteints d'anthracnose en dernier
- Sortir les fruits infectés du champ; ne pas les mettre dans l'entre rangs

Chapitre III

Les composées phénoliques

III- Les composés phénoliques

III.1- Les métabolites secondaires

III.1.1- Généralités

Une des originalités majeures des végétaux réside dans leur capacité à produire des substances naturelles très diversifiées. En effet, à côté des métabolites primaires classiques (glucides, protides, lipides et acides nucléiques), ils accumulent fréquemment un grand nombre de composés qui ne sont pas issus directement de la photosynthèse, mais résultent des réactions chimiques ultérieures. Ces composés sont appelés «métabolites secondaires» dont la fonction physiologique représente une source importante de molécules bioactives utilisables par l'homme dans des domaines aussi différents que la pharmacologie ou l'agroalimentaire (Marjorie M.C., 1999; Naghibi *et al.*, 2005).

III.1.2- Définition

Les métabolites secondaires sont des molécules organiques complexes synthétisées et accumulées en petites quantités par les plantes autotrophes, dont la structure chimique est souvent complexe, ils sont très dispersés et très différents selon le type d'espèce. Ils peuvent jouer un rôle dans la défense contre les herbivores et dans les relations entre la plante et son environnement (Paris et Moysse, 1965; Venturini, 2012).

Ces molécules biologiques ne sont pas nécessaires et vitales pour la cellule ou l'organisme mais elles ont des effets biologiques sur d'autres organismes (Diallo *et al.*, 2004).

III.1.3- Biosynthèse des substances naturelles

Les grandes lignes des voies de biosynthèse des principaux métabolites secondaires sont maintenant bien connues:

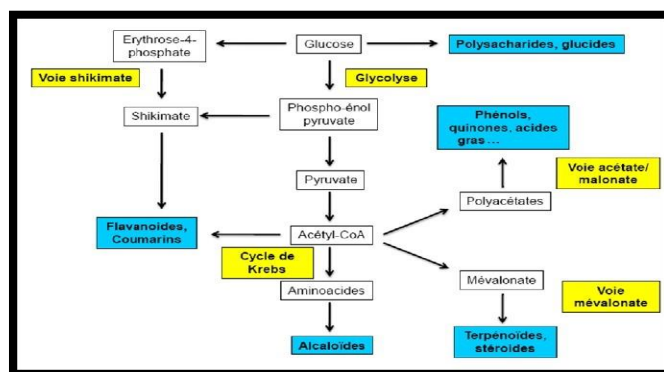


Figure N°14 : Les voies des métabolismes -Interrelation entre les métabolites primaires et les métabolites secondaires (Fettah, 2019).

II.1.4- Classification des métabolites secondaires

Les métabolites secondaires sont synthétisés en très faible quantité, il en existe plus de 200000 qui sont classés, selon leur appartenance chimique, en l'occurrence, les terpènes, les alcaloïdes, les composés acétyléniques, les cires, et les composés phénoliques (Kabouche et *al.*, 2007). Nous citons ci-dessous quelques importants groupes phytochimiques, source de molécules biologiquement actives et regroupés en trois classes principales (Venturini, 2012):

- Les composés aromatiques (les composés phénoliques, l'acide shikimique ou les dérivés d'acétate).
- Les composés azotés.
- Les terpénoïdes et les stéroïdes.

II.1.4.1- Les composés phénoliques

II.1.4.1.1- Définition

Les polyphénols ou bien les composés phénoliques, sont des molécules spécifiques du règne végétal. Cette appellation générique désigne un vaste ensemble de substances aux structures variées qu'il est difficile de définir, cependant l'élément structural de base est un noyau benzénique auquel sont directement liés un ou plusieurs groupes hydroxyles, libres ou engagés dans une autre fonction chimique (éther, ester, hétéroside...etc.)(Moghtader, 2009; Lograda et *al.*, 2014 ; Belmekki et *al.*, 2013).

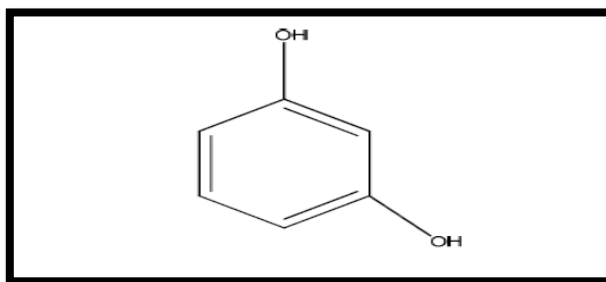


Figure N°15 : Structure d'unité de base des polyphénols (Ghnimi, 2015).

II.1.4.1.2- Localisation

Les composés phénoliques sont localisés dans toutes les parties des végétaux (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines et bois) (Boukhatem et *al.*, 2010). Ils sont présents aussi dans diverses substances naturelles comme les fruits rouges, le raisin ...etc. (Michel, 2011).

II.1.4.1.3- Les principales classes des composés phénoliques

Les composés phénoliques représentent le groupe le plus nombreux et le plus largement distribué dans le royaume des végétaux, avec plus de 8000 structures phénoliques connues (Hammoudi et *al.*, 2012). Ces composés peuvent être regroupés en plusieurs catégories qui se différencient d'abord, par la complexité du squelette de base, ensuite par le degré de modification de ce squelette (degré d'oxydation, d'hydroxylation etc.) et enfin par les liaisons possibles de ces molécules de bases avec d'autres molécules (glucides généralement) (Malki, 2017).

On distingue les acides phénoliques, les flavonoïdes, les tanins, les coumarines, les stilbenes et les quinones (Naghbi et *al.*, 2005; Djeridane et *al.*, 2007). Les différentes classes de ces composés phénoliques sont représentées dans la (Figure N°16).

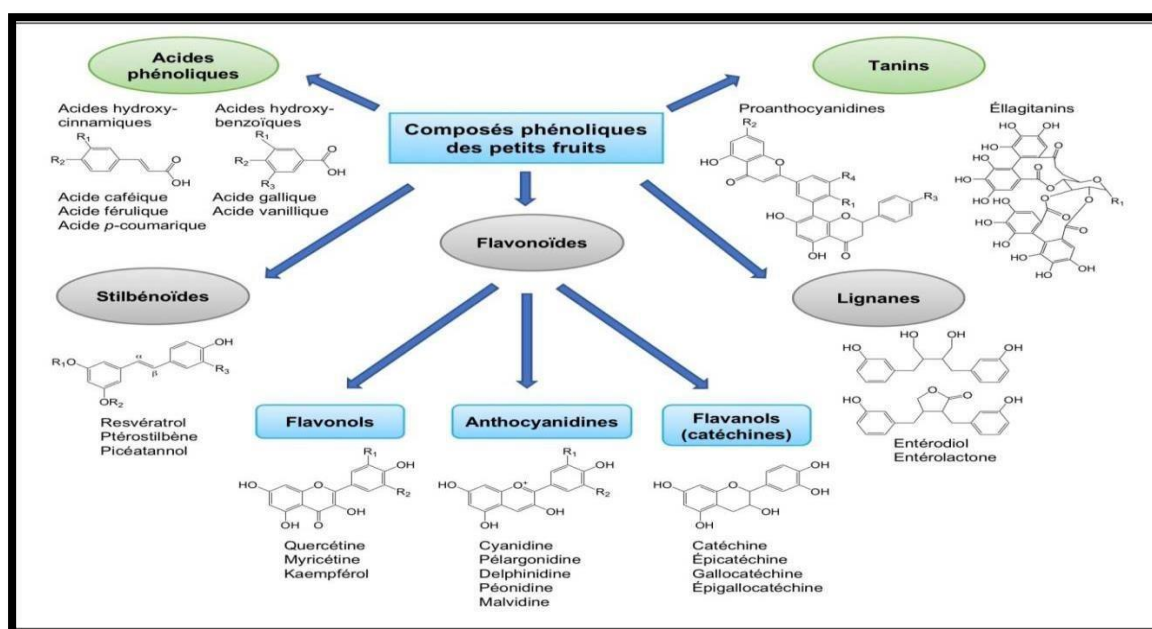


Figure N°16 : Principales classes des composés phénoliques (Fettah, 2019).

II.1.4.1.3.1- Les acides phénoliques

Les acides phénoliques sont rares dans la nature. Ces composés sont divisés en deux catégories: la première catégorie contient les acides phénoliques dérivés de l'acide benzoïque qui par mono-hydroxylation et/ou poly-hydroxylation forme des acides phénoliques et des acides polyphénoliques respectivement l'acide gallique et l'acide protocatéchique (Figure N°17).

La deuxième catégorie regroupe les acides phénoliques dérivés de l'acide cinnamique.

De même avec l'acide cinnamique, l'hydroxylation conduit à l'acide p-coumarique et à l'acide caféique (**FigureN°18**) (Haslam, 1994).

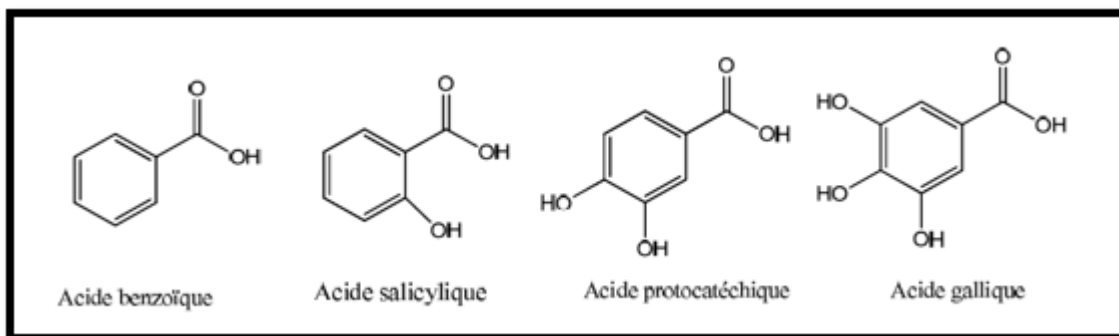
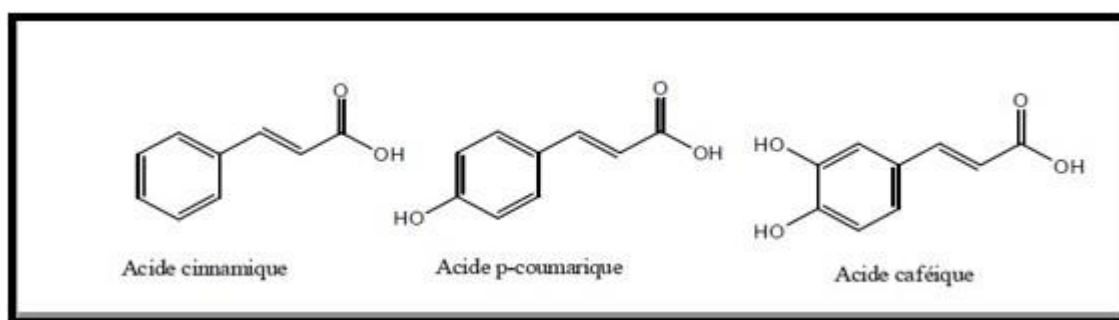


Figure N°17 : Hydroxylation d'acide benzoïque (Ghnimi, 2015).



FigureN°18 : Hydroxylation d'acide cinnamique (Ghnimi, 2015).

II.1.4.1.3.2- Les tanins

Le terme tanin provient d'une pratique ancienne qui utilisait des extraits de plantes pour tanner les peaux d'animaux, autrement dit, transformer une peau en cuir (Hopkins, 2003). Leur structure complexe est formée d'unités répétitives monomériques qui varient par leur centre asymétrique, leur degré d'oxydation et leur saveur astringente mais ayant en commun la propriété de tanner la peau (Hemingway, 1992).

Selon leurs structures biochimiques, on distingue deux classes des tannins: les tannins hydrolysables et les tannins condensés.

II.1.4.1.3.2.1- Les tanins hydrolysables

Ces tanins sont des dimères d'acide gallique condensés sur des dérivés glycolyses. Ces composés après hydrolyse à chaud à l'aide de solutions acides étendues donnent une fraction glucidique (glucose) et une fraction polyphénolique exemple la bréviligne 1 et 2 (Doat, 1978).

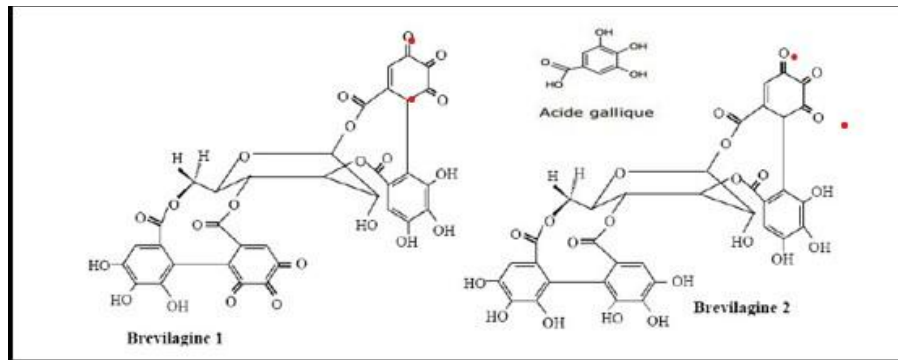


Figure N°19 : Structure de quelques tannins hydrolysables (Ghnimi, 2015).

II.1.4.1.3.2.2- Les tanins condensés

Les tanins condensés appelés aussi polyphénols ou procyanidoliques, sont largement répandus dans l'alimentation humaine; Dont la structure ne contienne pas de sucre. Ces tanins sont des oligomères ou des polymères de flavan-3-ols qui ont la capacité de libérer des anthocyanes en milieu acide à chaud par rupture de la liaison inter monomérique (Peronny, 2005) (Figure N°20).

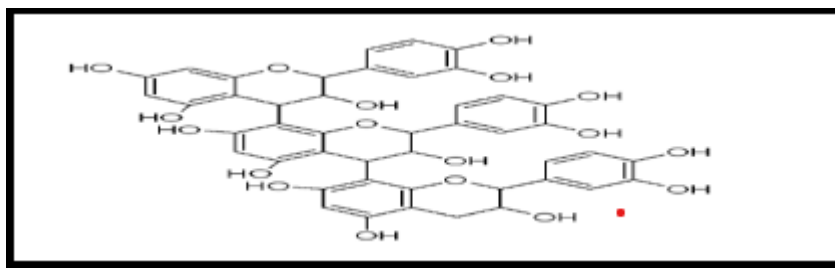


Figure N°20 : Tanins condensés (Ghnimi, 2015).

II.1.4.1.3.3- Les Flavonoïdes

Le terme « flavonoïde du grec flavus, (jaune) en latin» est le nom générique qui désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols. Ils sont considérés comme des pigments quasiment universels des végétaux, souvent responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. À l'état naturel les flavonoïdes se trouvent le plus souvent sous forme d'hétérosides (Bruneton, 1999 ; Ghestem *et al.*, 2001).

Ces composés ont une structure de base formé de 2 noyaux benzéniques A et B reliés par un noyau C qui est un hétérocycle pyranique (Lobstein, 2010).

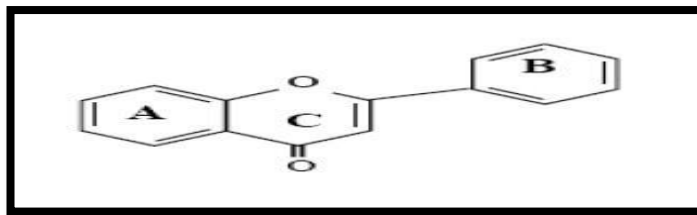


Figure N°21 : Structure de base des flavonoïdes (Ghnimi, 2015).

II.1.4.1.3.3.1- La classification

La classification des flavonoïdes se fait selon le degré d'oxydation du noyau pyranique central (Balasundram et *al.*, 2006) (Annexe N°02).

II.1.4.1.3.4- Les stilbenes Hydroxylés

Ces dérivés hydroxylés sont des composés formés de deux noyaux aromatiques liés par un groupe éthylénique (C6-C2-C6) (Lobstein, 2010). Le resvératrol, un des stilbenes le plus connus se trouve dans le raisin ainsi que le vin (Cornwell et *al.*, 2004) (Figure N°22).

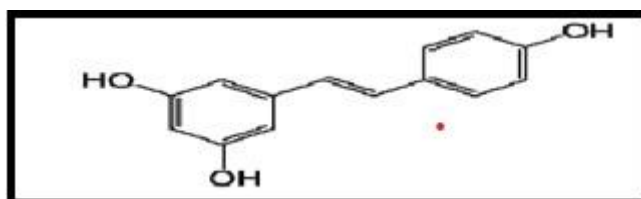


Figure N°22 : Structure du resvératrol (Ghnimi, 2015).

II.1.4.1.3.5- Les lignines et les lignanes

Les lignanes constituent une classe importante de substances naturelles du règne végétale. Il s'agit des dimères ramifiés de phénylpropènes. Ces derniers sont formés par dimérisation de trois types d'alcools: alcool p-coumarique, alcool coniférique et alcool sinapique. Le sécoisolaricirésinol et le matairesinol constituent les principales lignanes d'origine végétale (Axelson et *al.*, 1982) (Figure N°23).

La polymérisation de ces trois alcools conduit à la formation de la lignine. Il est à noter que la composition de la lignine diffère d'une espèce à une autre. Une structure précise pour la lignine n'est pas encore connue, mais sûrement elle est très complexe (Buchanan et *al.*, 2000) (Figure N° 24).

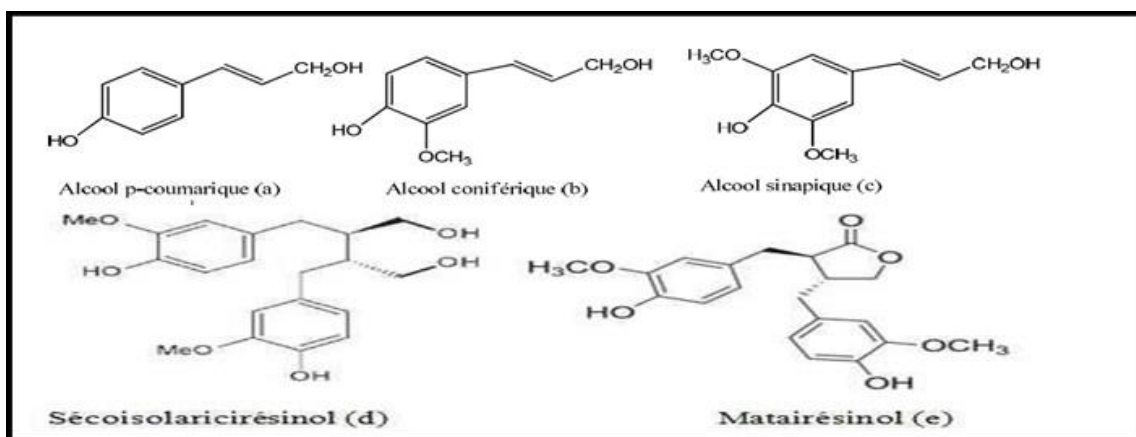


Figure N°23: Structure des lignanes (Ghnimi, 2015).

a, b et c structure des alcools formant les lignanes et les lignines ; d et e exemples de lignanes

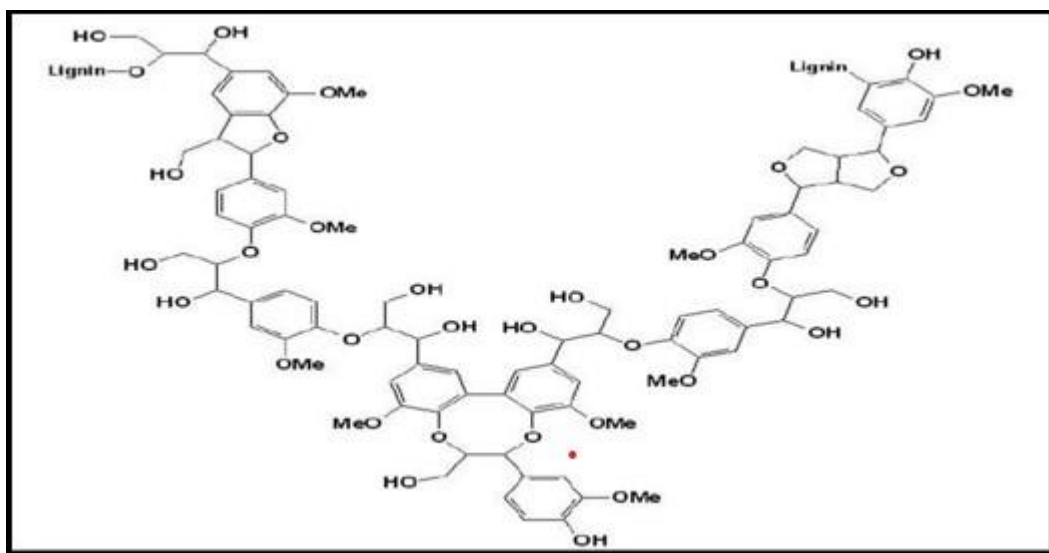


Figure N°24: Structure de la lignine (Ghnimi, 2015).

III.2-La sauge

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

D'après la 1ère histoire, une variété de sauge appelait « Chia » était cultivée par les mexicains. Les grecs, les romains et les arabes ont utilisé la sauge comme tonique, et en compresse contre les morsures de serpent. Au 18ème siècle, les feuilles de la sauge ont été roulées comme des cigarettes pour les fumer contre l'asthme, surtout au printemps (Anonyme, 2010).

Salvia officinalis L. est économiquement une des espèces les plus importantes du genre *Salvia*, comprend près de 1000 espèces à travers le monde, et représente l'un des plus grands genres dans la famille des Lamiacées (Lakuai et al., 2013). La sauge est une plante annuelle et biennale d'origine méditerranéenne (Djerroumi et Nacef, 2004)

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 nomme «essalma» et est appelée «salbia» par les botanistes en Espagne. En Algérie elle est indiquée sous l'expression «souek ennebi » comme synonyme de Saleme (Khireddine, 2013).



Figure N°25 : Aspect de *Salvia officinalis* (originale, 2022).

- A :** Arbuste de la sauge (fleurs et feuilles).
B : les feuilles de sauge.

III.2-1- Description morphologique

Plante vivace à tige ligneuse formant un buisson dépassant parfois 80 cm, rameaux vert-blanchâtre. Feuilles assez grandes, épaisses, vert-blanchâtres, et opposées; fleurs bleu-violacé claire en épis terminaux lâches, disposées par 3 à 6 en verticilles espacés. Calice campanulé à 5 dents longues et corolle bilabée supérieure en casque et lèvre inférieure trilobée; fruits en forme de tétrakènes (Hans, 2007).

La racine de la sauge est brunâtre et fibreuse. la tige mesure de 20 à 30 cm et est très rameuse. Les feuilles, opposées, elliptiques, inférieures pétiolées, rugueuses, à bord dentelé, réticulée, molles à dessus blanchâtre, persistent l'hiver grâce au revêtement de poils laineux qui les protègent. Les fleurs, sont grandes, bleu-rose lilas, visibles de mai à aout, groupées à la

base des feuilles supérieures, l'ensemble forme de grands épis. Commune en Algérie, elle est cependant rare à l'état sauvage.

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.

III.2.3- Nomenclature

- **Noms communs** Herbe sacrée, thé de Grèce, herbe sage (Fabre et *al.*, 1992).
- **Nom scientifique** : *Salvia officinalis*
- **Nom français** : *Calamenthe vulgare*
- **Nom vernaculaire** : Sâlniya ; Marimiya
- **Nom français** : Saugue
- **Nom anglais** : Garden sage (Ghourri et *al.*, 2013; Azzi, 2013).

III.2.4- Classification taxonomique

Selon Ristic et *al.*, (1999) la sauge suit la classification suivante:

- **Règne** : Plantae
- **Division** : Magnoliophyta
- **Classe** : Magnoliopsida
- **Ordre** : lamiales
- **Famille** : lamiaceae
- **Genre** : salvia
- **Espèce** : *Salvia officinalis* L.

III.2.5- 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.2.6- Usage thérapeutique de la sauge

III.2.6.1-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. Enfin, on s'en sert pour faire tarir la lactation (Ahami, 2007).

Elle est considérée comme un stimulant pour les gens anémiques, aussi pour les stressées et déprimées, et conseillée pour les étudiants en période d'examen (Djerrouni 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.2.6.2- 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'alopécie et les piqures des guêpes et d'insectes. Enfin elle sert aussi à désinfecter les habitations (Beloued, 2009). Elle est utilisée pour traiter les enfants affaiblis, les rachitiques, les scrofuleux et les rhumatisants, en ajoutant de l'infusion de la sauge à leur bain (Ahami, 2007). Avec son odeur rude et son goût puissant, légèrement amer et camphré, elle est utile partout dans la maison pour parfumer les aliments, assainir les armoires. Elle sert en gros à protéger la ligne, préserver la beauté et soigner les maladies (Duling, 2007).

III.2.6.3- Toxicologie

D'après nos connaissances, aucune toxicité aigüe ou chronique n'a été signalée après emploi aux doses usuelles des feuilles de la 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 psycho mimétiques, après sa résorption. Une consommation chronique de thuyone peut ainsi conduire à des troubles irréversibles du système nerveux central, 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 15 g de drogue sèche) peuvent engendrer une sécheresse de la bouche, l'apparition de sueurs, de tachycardies et de vertiges. Un cas de toxicité aiguë 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; Hansel et *al.*, 1999).

III.3.7- Composition chimiques

La sauge contient 5% de tanins, un principe amer 5,5% de résine, 6% de gomme du mucilage, des acides phosphoriques oxaliques, des nitrates, 9% de pentosane, des traces d'aparagone et de 1,5 % à 2,5 % d'huiles essentielles dite huile de sauge, renfermant de la thuyone, du cinéole, du camphre des terpènes salive et piosalive (Ryberg, 1991). Les principales composées phénoliques de *salvia officinalis* sont rapportées sur le tableau Annexe N°03.

Donnée expérimentale

Chapitre I

Matériels et méthodes

I- Matériels et méthodes

I.1- Objectif du travail

L'objectif principal de ce travail consiste à étudier l'effet de deux extraits méthanoïques de *Salvia officinalis* «*in vitro*» sur la croissance et la sporulation de l'agent pathogène *Colletotrichum* sp. Les deux extraits sont préparés par macération et par extraction au soxhlet.

Notre travail a été réalisé au sein du laboratoire pédagogique de protection des végétaux et le laboratoire de recherche de protection des végétaux de la faculté SNV, université Abed El Hamid Ibn Badis de Mostaganem.

I.2- Matériel fongique

L'isolat de *Colletotrichum* sp., utilisée dans cette étude a été isolé en 2020 et conservé au niveau du laboratoire de protection des végétaux.

I.2.1- Repiquage de l'agent pathogène *Colletotrichum* sp. De la tomate

Le choix des milieux de culture pour tous parasites dépend de ses exigences nutritionnelles (Rappily, 1969).

Le repiquage correspond au prélèvement d'une partie d'une culture de champignon pour la transplanter sur un milieu neuf où il continuera sa croissance. Nous avons fait un repiquage du 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.3- la plante aromatique

I.3.1- La préparation de la plante aromatique pour l'extraction

Le matériel végétal est constitué de feuilles de sauge (*Salvia officinalis* L.). Prélevées à partir d'un arbuste se trouvant dans l'enceinte du site 3 (ex: ITA) de l'Université de Mostaganem durant le mois février 2022. Les feuilles fraîchement récoltées, sont lavées puis laisser sécher dans un endroit sec et aéré.

Les échantillons ont été mis dans l'étuve à la température de 34 °C (pendant 3 jours), puis nous les avons broyer jusqu'à ce qu'on obtient une poudre.



Figure N°26 : La poudre de la sauge (Original, 2022).

I.3.2- Le solvant d'extraction

L'extraction par solvant reste la méthode la plus pratique. Les solvants les plus utilisés à l'heure actuelle sont le méthanol, l'hexane, le cyclohexane, l'éthanol et l'acétone. Ces solvants ont un pouvoir d'extraction plus élevé que l'eau si bien que les extraits contiennent un nombre important de composés non volatiles tels que des cires, des pigments des acides gras mais également des composés volatiles et bien d'autre substances (El haib, 2011).

Plusieurs résultats confirment la fiabilité du méthanol, ainsi que sa disponibilité, ce qui nous a poussé à le choisir comme un solvant extracteur dans cette expérimentation.

I.3.3-Méthodes d'extraction

I.3.3.1-Macération

La macération est un procédé qui consiste à laisser séjourner une plante dans un solvant à froid pour en extraire les composés solubles (aromes, principes actifs). Elle peut se faire dans une solution alcoolique, de l'eau, une saumure, l'huile...etc. Cette dernière préserve les espèces chimiques fragiles.

I.3.3.2- Extraction Soxhlet

Le Soxhlet permet :

- Le lavage d'un composé solide par un solvant dans lequel il est totalement insoluble.
- Les impuretés sont extraites vers le ballon et le solide pur est récupéré dans la cartouche.
- La recristallisation d'un composé par un solvant dans lequel il est modérément soluble.
- Les impuretés insolubles restent dans la cartouche tandis que le composé cristallise dans le ballon récepteur par refroidissement lorsque la solution est assez concentrée.

L'opération est répétée plusieurs fois dans le but d'avoir un volume suffisant pour effectuer le test « *in vitro* » prévus, et l'extrait obtenu est conservé à 4 C et à l'obscurité

I.3.4- Evaporation rotatif

L'évaporateur rotatif appelé souvent « rotavapor » utilise une technique rapide et efficace de séparation : elle permet l'extraction d'un solvant dont la température d'ébullition est abaissée en travaillant sous pression réduite (Hireche, 2013).

I.3.4.1- Le principe de l'évaporateur rotatif

Le mélange du solvant et du soluté est placé dans le ballon de droite. Celui-ci est plongé dans un bain-marie. Il est incliné et animé d'un mouvement de rotation de manière à créer un film de liquide et ainsi accroître la surface d'évaporation du solvant. La pression à l'intérieur du montage est abaissée au moyen d'une trompe à eau ce qui augmente la vitesse d'évaporation. Après condensation dans le réfrigérant, le solvant est récupéré dans le ballon de gauche (Ould Amar, 2013).

I.5- Lyophilisation

La lyophilisation (sublimation de l'eau à froid ou cryodessiccation) est un procédé très utilisé qui conserve les propriétés de l'aliment. Elle a été inventée en 1906 par les français Arsène d'Arsonval et F. Bordas.

Elle consiste à enlever l'eau d'un produit liquide, pâteux ou solide, à l'aide de la surgélation puis une évaporation sous vide de la glace sans la faire fondre. Le réchauffement de l'eau à l'état solide à très basse pression conduit à sa sublimation (passage directement de l'état solide à l'état gazeux). La vapeur d'eau (ou de tout autre solvant) quitte le produit et sera capturé par congélation à l'aide d'un condenseur. Ce procédé préserve particulièrement bien les propriétés et la structure du produit sensible à la chaleur. Il permet la réhydratation rapide grâce à la structure poreuse des poudres et la petite humidité résiduelle.

I.3.6- le rendement d'extraction

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

$$R(\%) = [(M_{ext}) / (M_{ech})] * 100$$

- **R** : Rendement (en %).
- **M_{ext}** : est la masse de l'extrait après lyophilisation en g.
- **M_{ech}** : est la masse de l'échantillon végétal en g.

I.3.7- Préparation des dilutions des composés phénoliques

L'extrait est solubilisé dans des volumes variables d'eau distillée stérile en vue d'obtenir un mélange homogène à différentes concentrations 12,5mg/ml, 25mg/ml, 50mg/ml, 75mg/ml, 100mg/ml et un témoin contenant de l'eau distillée stérile (figure N°31).

I.4- Conduit de l'essai de l'évaluation de l'activité antifongique «in vitro» des extraits méthanoïques de *Salvia officinalis* vis-à-vis de *Colletotrichum* 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 0,6mm de diamètre provenant du front de croissance des cultures âgés d'une semaine. Les boîtes sont incubées à 25°C; trois répétitions pour chaque concentration sont retenues.

I.5- Evaluation de la croissance mycélienne

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

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

L = croissance mycélienne / **D** = diamètre de la colonie / **d** = diamètre de l'explant

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

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

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

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

D: diamètre moyen de la croissance mycélienne du champignon (en cm) dans laboite 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 :

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

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.6-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- Résultats et Interprétation

II.1- Caractères morphologiques d'isolat de *Colletotrichum*

II.1.1- Etude de l'aspect macroscopique

L'étude macroscopique de la souche purifiée après 7 jours de développement sur milieu PDA a permis de déterminer un seul morphotype à savoir le morphotype duveteuses ou cotonneuse avec une couleur blanchâtre initialement (Figure N°32).

II.1.2- Identification microscopique

L'observation microscopique de l'isolat à l'aide d'un microscope optique (GX40) a montré la présence d'un mycélium cloisonné (Figure N°33).



Figure N°33 : Aspect microscopique de mycélium de *Colletotrichum* sp. (G X10).

II.2- Evaluation de l'activité antifongique des extraits méthanoïques des feuilles de *Salvia officinalis* vis-à- vis *Colletotrichum* sp. De la tomate

II.2.1- Evaluation de l'activité antifongique sur la croissance mycélienne

➤ Extrait hydro-alcoolique par macération

La figure N°34, représente l'effet des différentes concentrations de l'extrait hydrométhanolique par macération des feuilles de *Salvia officinalis* sur l'isolat de *Colletotrichum* sp. L'analyse de variance des différents traitements, montre l'effet significatif des doses sur la croissance mycélienne de cet isolat. En effet, on remarque une efficacité des 5 concentrations 100mg/ml, 75mg/ml, 50mg/ml, 25mg/ml et 12,5mg/ml à inhiber sa croissance mycélienne ; par contre la concentration du témoin négatif (l'eau distillée stérile) démontre une croissance mycélienne significativement supérieure aux différents traitements.

les taux d'inhibitions de la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp., sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait hydro méthanoïque (par macération) des feuilles de *Salvia officinalis*. On enregistre une efficacité de l'extrait à contrôler la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp; l'efficacité à inhiber la croissance mycélienne devient plus important lorsque l'extrait est plus concentré.

➤ **Extraction par Soxhlet**

Les résultats obtenus sur la figure N°38, montre un faible effet d'inhibition sur la croissance mycélienne pour les plus importantes concentrations 100mg/ml, 75mg/ml et 50mg/ml. D'autre part, on enregistre, un effet presque nul pour les concentrations 12,5mg/ml et 25mg/ml. L'analyse de variance montre l'effet significatif des doses sur le développement de *Colletotrichum* sp.

La figure N° 39, représente les taux d'inhibitions de la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp., sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait méthanoïque (par soxhlet) des feuilles de *Salvia officinalis*.

A la lumière des résultats précédent, on peut affirmer que malgré l'efficacité des deux extraits testés à inhibé la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp., ces derniers n'ont pas réussi à inhiber complètement la croissance mycélienne.

I.2.2- Evaluation de l'activité antifongique de l'extrait méthanoïque des feuilles de lasauge sur la sporulation de *Colletotrichum* sp.

➤ **Extraction par macération**

D'après les résultats obtenus (Figure N°40), on remarque que l'inhibition de la sporulation de l'isolat de *Colletotrichum* 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 50mg/ml, 75mg/ml et 100mg/ml.

➤ **Extraction par montage soxhlet**

La figure N°41, représente le taux d'inhibition de la sporulation de l'isolat de *Colletotrichum* sp., sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait méthanoïque (extraction par soxhlet) des feuilles de la sauge (*Salvia officinalis*).

Références Bibliographiques

- AFNOR (Association Française de Normalisation), (1986).** Recueil des normes françaises “huiles essentielles”. *AFNOR, Paris, 57p.*
- Agrios, G.N., (1997).** *Plant Pathology*. 3e éd. Academic Press, New-York. 803 pp.
- 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.
- Akroum, S. (2011).** Etude Analytique et Biologique des Flavonoïdes Naturels. Thèse de doctorat. Université Mentouri de Constantine. 125p.
- Anonyme a, (2013).** <http://archive2013.ministère de l'agriculture/économie/Algérie/html>.
- Anonyme b, (2013).** <http://archive2013.ministère de l'agriculture/économie/Algérie/html>.
- Anonymec, (2013).** <http://inra.fr /Tomate-physiologie-des-fruits>.
- Anonyme a, (2009).** <http://tomodori.com /phpBB2/viewtopic.php. gov.t=4567>. 2009.
- Anton R., Lobstein A, (2005).** Plantes aromatiques. Epices, aromates, condiments et huiles essentielles. *Tec & Doc, Paris*.
- Axelson M., Sjoval J., Gustafsson B.E., Setchell K.D. (1982).** Origin of lignans in mammals and identification of a precursor from plants. *Nature*, **298**, pp 659-660.
- Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M, (2008).** Biological effects of essential oils. *Food and Chemical Toxicology*, **46**, 446-475p
- Balasundram N., Sundram K. and Sammam S. (2006).** Phenolic compounds in plants and agri-industrial by- products : antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*. **99**, pp 191-203.
- Belkamel. S., Drouet, M., Rouzet, (1990).** *Rev. Mar. Pharmacol.* 4, 7.
- Belmekki Nacéra., Nassima Bendimerad., Chahrazed Bekhechi., Xavier Fernandez. (2013).** Chemical analysis and antimicrobial activity of *Teucrium polium* L. essential oil from Western Algeria, *Journal of Medicinal Plants Research* **7(14)**, 897–902. 10.
- Beloued A, (2009).** Plantes médicinales d'Algérie. Office de la publication universitaire, 5ème édition, pp62-56.
- Benabdallah Hassiba. (2016).** Polycopié du Cours : Techniques d'extraction, de purification et de conservation, Master I : Analyses biochimiques. Université Ferhat Abbas de Sétif, 83p.
- Benaissa, O. (2011).** Etude des métabolismes terpénique et flavonique d'espèces de la famille des composées, genres *Chrysanthemum* et *Rhantherium*. Activité Biologique, Thèse Doctorat, université Mentouri Constantine.
- Bennacef Rym., Brahimi Tassadit. (2020).** Dosage des composés phénoliques dans les extraits de *Peganum Harmala*. Mémoire pour l'obtention de diplôme de Master en Biochimie. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimy - B.B.A, 66p.

- 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 D., Latterot H., Marchaud G. et Candresse T. (2009).** Les maladies de la tomate. Ed. Quae, Paris. 679p.
- Bouaziz M., Yangui T., Saya S., Dhouib A.** Disinfectant activities of essential oils from *Salvia officinalis L* cultivated in Tunisia. *Food and chemical Toxicology*. 2009 ; 47: 2755-276
- Boukhatem M.N., Hamaidi M.S., Saidi F., Hakim Y. (2010).** Extraction, composition et propriétés physico- chimiques de l'huile essentielle du Géranium Rosat (*Pelargonium graveolens L.*) cultivé dans la plaine de Mitidja (Algérie), *Revue Nature et Technologie*. N° 03, 37 -45.
- Brieskon c.h., biechele w. (1971).** The flavones form *salvia officinalis l.* *Archiv der pharmazie*. 304 : 557-561.
- Bruneton, J. (1993).** Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales, 2ème Ed. Lavoisier, Paris 7.
- Bruneton, J. (1997).** *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. Edition Impr. CEE p 315-338.
- Bruneton, J. (1999).** Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales, 3ème Ed. Ed. Médicales internationales and Tec & Doc Lavoisier, Paris.
- Buchanan B., Gruissem W., Jones R. (2000).** American Society of Plant Physiologists, chapitre 24, pp 1250- 1318.
- Caburet A. et Hekimian Letheve C., (2003).** Les légumineuses à grains. *In Memento de l'Agronome*, Paris-France, CIRAD-GRET. 878p.
- Canon, P.F. et Simmons, C.M. (2002).** Diversité et préférence de l'hôte des champignons endophytes des feuilles Réserves forestière d'Iwokrama, Guyana. *Mycologia*. 94. 210-220.
- Charpentier B., Hamon-Lorleac'h F., Harlay A., Huard A., Ridoux L., Chanselle S, (2008).** Guide du préparateur en pharmacie. 3ème édition, Elsevier Masson, Paris, 1358p.
- Chaux C.L. et Foury C.L., (1994).** Production légumières et maraichères, tome III : légumineuses potagères, légumes fruits. Tec & Doc. Lavoisier, Paris. 563p.
- Cornwell T., Cohick W., Raskin I. (2004).** Dietary phytoestrogens and health. *Phytochemistry*, 65, pp 995-1016.
- Crespo M.E., Jiménez J., Navarro C, (1991).** Special methods for the essential oils of the genus *Thymus*. *In : Modern Methods of Plant Analysis*, (edited by H.F. Linskens and J.F. Jackson), pp 41-46. Vol 12, New series, Essential oils and waxes. Springer-Verlag, Berlin

- Daunay M.C., Janick J., et Laterrot H., (2007).** Iconography of the Solanaceae from antiquity to the XVIIIth century: a rich source of information on genetic diversity and uses. Ed Solanaceae VI: Genomics meets biodiversity. *Acta Horticulturae* 745: 59–88.
- Degryse A.C., Delpla I and Voinier M.A, (2008).** Risques et bénéfices possibles des huiles
- Diallo D., Sanogo R., Yasambou H., Traore A., Coulibaly K., Maiza A. (2004).** Etude des constituants des feuilles de *Ziziphus mauritiana* Lam (Rhamnaceae) utilisées traditionnellement dans le traitement du diabète au Mali, *C.R.Chimie.* 7,1073-1080.
- Djeridane A., M Yousfi., B Nadjemi., N Vidal., J.F Lesgard. And P Stocker. (2007).** Screening of some Algerian medicinal plants for the phenolic compounds and their antioxidant activity. *European Food Research and Technology.* 224(6), 801-809.
- Djerroumi S ; Nacef A, (2004).** 100 plantes d'Algérie, édition Masson, Paris ; p159.
- Doat J. (1978).** Les tannins dans les bois tropicaux. *Revue bois et forêts des tropiques*, 182, pp 37-54.
- Doorenbos J. et Kassam A. H., 1987.** Réponse des rendements à l'eau. *Bulletin FAO d'irrigation et de drainage* n°33 ; Rome, 1987, 235 p.
- Doumbouya M., Abo kouabenan.L., NicaiseA., Camara B ., Kanko K.,Aidara D., and Kone D.(2012).** Activités comparées in vitro de deux fongicides de synthèse et de deux huiles essentielles sur des champignons telluriques des cultures maraichères en Côte d' Ivoire. *J.Appl.Biosc.* P 3523-3530.
- Duling E.N ;Oven J.C ;John B.G ;Rosmery F.W ;Kevin.A.M ;Yeap L.F ;Nigel B.P (2007).** Extraction of phynolic and essential oie from dried sage (*Salvia officinalis*) using ethanol nixture.*Food chemistry.* ,110 :927-931.
- Dumortier P., Evrad M., Maiche M., Nicolas A., De ridder C. et Costa Santos Baltazar S., 2010.** Biodiversité chez la tomate, stratégie de conservation et valorisation de collection « luc fichot ». Rapport final, Phytotechnie et horticulture. Gembloux agro bio tech., 105 p.
- Duval, J. (1991).** Les fusarioses de la tomate. *Agro-Bio*, 320 – 05. Pages 4-6
- Egel, D.S. et Saha, S.K. (2015).** *Tomato Disease Management in Greenhouses*, Purdue
- EL Modafar C., ElBoustani E.,Aganchich B.,Rahioui B.,Boulouha B.(2002).**mécanismes biochimiques impliqués dans la défense des plantes.
- Extension publication BP-197-W, Univ. Kentucky,** Cooperative Extension publication
- Fabre Marie-Claude., Genin Aimé., Merigoux Jacques &Moget Elisabeth, (1992)** .Herboristerie Familiale, Des Recettes Simples, Pour Resoudre Les Problemes Simples, p93.
- FAO STAT., (2010, 2015, 2016).** Base des données des statistiques de l'organisation des nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- FAO, (2008).** L'actualité agricole en Méditerranée. Ed. Ciheam, 33p.

- Ferrero M., (2009).** Etude de la variabilité des comportements alimentaires du prédateur et conséquences pour la lutte biologique. Thèse doctorat. Montpellier Sup Agro., 228 p.
- Fettah A. (2019).** Étude phytochimique et évaluation de l'activité biologique (antioxydant-antibactérienne) des extraits de la plante *Teucrium polium* L. Sous espère Thymoïdes de la région Béni Souik, Biskra. Université Mohamed Khider Biskra, pp 5.
- Fleuriet, A. (1982).** Thèse Doc. Etat, Montpellier.
- Futrell J.M.,R.L.Rietschel , (1993).** *Cutis* 52(5) :288-290.
- Gallais A. et Bannerot H., 1992.** Amélioration des espèces végétales cultivées objectif et critère de sélection. INRA, Paris. 765p.
- Garnéro J, (1996).** Huiles essentielles. *Techniques de l'ingénieur, K 345, Paris*, 39p.
- Ghestem A., Seguin E., Paris M. and Orecchioni A.M. (2001).** Le préparateur en pharmacie dossier 2èmeEd TEC&DOC. (cited in Djemai Zoueglache S, 2008). Paris. pp 275.
- Ghnimi W. (2015).** Etude phytochimique des extraits de deux Euphorbiacées : *Ricinus communis* et *Jatropha curcas*. Evaluation de leur propriété anti-oxydante et de leur action inhibitrice sur l'activité de l'acétylcholinestérase, pp 26-42
- Ghourri Mohamed., Zidane Lahcen&Douira Allal. (2013).** Usage des plantes médicinales dans le traitement du Diabète Au Sahara marocaine (Tan-Tan), *Journal of Animal & Plant Sciences*, **17 :1**, 2388-2411.
- Goszczyńska T., Serfontein J. J., Serfontein S. et Safrinet. (2000).** Introduction to Références bibliographiques 42 practical phytopathology : A manual for phytobacteriology. ISBN : 0-620-25487-4. Ultra litho (Pty) Ltd, Heriotdale. Johannesburg. Page 6
- Grubben G.J.H. et Denton O.A., 2004.** Plant resources of Tropical Africa 2. *Nordic journal of botanic*. 298p.
- Hans w.k. (2007).** 1000 plantes aromatiques et médicinales. Terre édition.
- Hansen, M. A. (2009).** Early Blight of Tomatoes. Virginia Polytechnic Institute and
- Harborne, J.B., (1980).** Plant Phenolics: Encyclopedia of Plant Physiology, New series.p8, 329-402.
- Haslam, e. (1994) :** Natural polyphenols (vegetable tannins) : gallic acid metabolism. *Nat. Prod*, 11: 41-66.
- 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.
- Hemingway R.W. (1992).** Structural variation in proanthocyanidins and their derivatives. In : Lplant polyphénols : synthesis, proprieties, significande. Laks P.E, Hemingway R.W New York.

Hernandez-Ochoa L.R, (2005). Substitution de solvants et matières actives de synthèse par combiné « Solvant/Actif ». D'origine végétale. *Thèse de doctorat. Institut National Polytechniques de Toulouse. France.*

Hopkins. (2003). Physiologie végétale, 2ème édition, Boeck, pp 276-280. Idaho Cooperative Extension System, USDA, PNW369.

<http://www.phytoma-ldv.com/article-23601>.

ID-233. Page 85

Isman M.B, (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection, 19*, 603-608p.

Jocteur G., (2007). Les huiles essentielles à l'approche de l'hiver : une alternative naturelle pour booster votre conseil, le troisième forum des pharmaciens, Lyon, 7p.

Kabouche A. et al. (2007). Analysis of the essential oil of *Teucrium polium* ssp. *Aurasiacum* from Algeria. *Journal of essential oil Research 191*, 44-46.

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

Kenneth, W.S. (2014). Tomato Wilt Problems. Plant Pathology Fact Sheet, University

Khireddine Hamida. (2013). comprimés de poudre de dattes comme support universel des principes actifs de quelque plantes médicinales d'Algérie, Memoir de Magister,option : Technologie Alimentaire , université Bougara-Boumerdes.

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

Lakuai Branislava S., Risti Mihailo S., Slavkovska1 Violeta N., Stojanovi Danilo Lj&Dmitar V. Lakuai . (2013). Variations in essential oil yields and compositions of *Salvia officinalis* (Lamiaceae) at different developmental stages, *Original Scientific Paper, 37* (2) : 127-139.

Lardry J.M. & Haberkorn V.,(2007). Les huiles essentielles : principes d'utilisation, *Kinesither Rev ; (61) :18-23.*

Latigui A., 1984. Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. Thèse Magister. INA El-Harrach.180p.

Laumonnier R., 1979. Cultures légumières et maraichère. Tome III. Ed. Bailliere, Paris. 279p.

Leffingwell J.C, (Consulté le 24 Janvier 2011), Rose (*Rosa damascena*). Disponible sur <http://www.leffingwell.com/rose.htm>.

Lima c.f.,patricia c.,valentao r., andrade p.b.,seabra.r.m., fernandes-ferreira.m., pereira-wilson c.(2007).Water and méthanolic extracts of *Salvia officinalis* protect hepg2 cells from t-bhp induce oxidative damage. *Chemobiological interaction.167 :107-115.*

- Liu Q., Suzuki K., Nakaji S. et Sugawara K., (2000).** Antioxidant activities of natural 9-cis ans synthetic all-trans carotene assessed by human neutrophil chemiluminescence. Ed Nutrition Research. 300p.
- Lobstein A. (2010).** Substances naturelles et pharmacognosie, les alcaloïdes, pp 3-25.
- Lograda T. et al. (2014).** Chemical analysis and antimicrobial activity of *Teucrium polium* L. Essential oil from eastern Algeria. *American Journal of Advanced Drug Delivery*.697-710.
- Lucchesi M.E, (2005).** Extraction sans solvant assistée par micro-ondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles. *Thèse de doctorat en Sciences, Université de la Réunion, France*, 146p.
- Madi A., (2009).** Caractérisation et comparaison du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales (thym et sauge) et la mise en évidence de leur activité biologiques-thèse Magister, Uni de Constantine pp 107.
- Malki S. (2017).** Etude morphologique, biochimique, physiologique et biologique de quelques populations de
- 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.
- Mann J, (1987).** Secondary metabolism. *Clarendon Press, Oxford, UK*, 374p.
- Marjorie M.C. (1999).** Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology Reviews*, **12**, 564-582.
- Martini M.-C., Seiller M, (1999).** Actifs et additifs en cosmétologie. *Tec & Doc édition, Paris*, 656p.
- Messiaen C.M., Blancard D., Rouxel F. & Lafon R. (1991).** Les Maladies des Plantes Maraichères. 3ème Edition. *INRA, Paris, France*. 552 p.
- Michel T. (2011).** Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification : Application aux molécules bioactives de l'argousier (*Hippophaë rhamnoides*). Thèse doctorat Université Orléans.
- Ministère de l'agriculture et de la pêche, (2008).** Plan écophyto 2018 de réduction des usages de pesticides 2008-2018. *Ecophyto 2018*.
- Moghtader M. (2009).** Chemical composition of the essential oil of *Teucrium polium* L. from Iran. *Am-Eurasian J Agric Environ Sci* **56**, 843-846
- Moussaoui L., Chabane L. (2019).** Effet antimitotique et cytotoxique des flavonoïdes des feuilles de *Peganum harmala* L. (Thèse de Magistère). Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie

- Naghibi F., Mosaddegh M., Mohammadi Motamed S. & Ghorbani A. (2005).** Labiatae family in folk medicine in Iran : from ethnobotany to pharmacology, Iran, *J. Pharm. Res* **2**, 63-79.
- Naghibi F., Mosaddegh M., Mohammadi Motamed S. & Ghorbani A. (2005).** Labiatae family in folk medicine
- Naika S., De Jeud J.V.L., De Joffeau M., Hilmi M. et Vandam B., 2005.** La culture de tomate, production, transformation et commercialisation. Ed. Wageningen, Pays-Bas. 105p.
- Nkhili, Ez-zohra. (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.
- Nyabyenda P., 2006.** Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique. Edit. Gembloux, France, 241p.
- Paris R. et Moyse M. (1965).** Précis de matière médicale. Edit. Masson. Paris. 412.
- Peronny S. (2005).** La perception gustative et la consommation des tannins chez le MAKI (*Lemur Catta*).Thèse de Doctorat du Muséum national d'histoire naturelle.
- 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.*
- Pitrat M., Foury C. et Coord. 2003.** Histoire de légumes. Edition INRA.415p.
- Radulescu V. ; Silvia C.; Eliza O.J.,2004;** Capillary gas chromatography, mass spectrometry of volatile and semi volatile compound of *Salvia officinalis*. *Journal of chromatography a* ; 121-126.
- Rappily F.1969.**Techniques de mycologie en pathologie végétales. *Ann epiphyties*; 102p.
- Regnault R., (2006).** Les substances naturelles d'origine végétale. Qu'elles soient biopesticides
- Regnault-Roger C., (2009).** Moyens alternatifs et agriculture durable en Afrique de l'Ouest. *Phytoma. La défense des végétaux*. N° 624-525 pp. 41-44.
- Regnault-Roger C., Hamraoui A, (1995).** Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Stored Prod. Res*, **31**, 291-299p.
- Rice K.C.,Wilson R.S,J.***Med.chem.*19 :1054 (1976).
- Roux-Sitruk D., Chaumont J.P., Cieur C., Millet J., Morel J.M., Tallec D., (2008).** Conseil en aromathérapie, ed Pro-Officina Wolters Kluwer France 187pp.

Ryberg M., Moller C., Erriscon T., Salvia composition and carie development in asthmatic patients treated with B₂ adrenoceptor, agonist, a four-years flow. Up Study. 1991 ;99 :212-8.

Saiah f. 1996. Etude de la résistance des sols à la fusariose causée par *Fusarium oxysporum* fsp *mélonis* dans la plaine du chellif. Mémoire ing université de Chlef.

Sallé J.-L. (2004). Les huiles essentielles, Synthèse d'aromathérapie et introduction à la sympathicothérapie. 2ème édition, Frison Roche, 168p.

Sarni-manchado p., cheynier v. (2006). Les polyphénols en agroalimentaire, ed. Lavoisier.

Slimani T., Ayad A. (2018). Etude *in vivo* et *in vitro* de l'efficacité de l'extrait de *Mentha spicata* sur les larves de *Tuta absoluta* sur tomate sous serre. Pour l'obtention du diplôme de Master en sciences agronomiques. Université de Mostaganem, 108p.

Tiaiba A. (2020). Utilisation de substances naturelles extraites de quelques plantes endémiques des régions steppiques algériennes (le Honda en particulier) comme moyen de biocontrôle de l'anthracnose des légumineuses alimentaires causée par *Ascochyta* sp. Thèse de Doctorat. Université Mostaganem, 245p.

Venturini N. (2012). Contribution chimique à la définition de la qualité : exemples des spiritueux de Myrte (*Myrtus communis* L.) et de Cedrat (*Citrus medica* L.) de Corse. Thèse de Doctorat en Chimie, Université De Corse-Pascal Paoli.

Annexes

ANNEXE 1

Milieu de culture

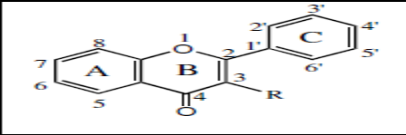
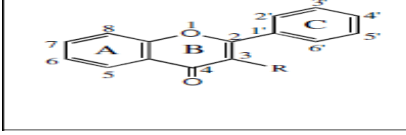
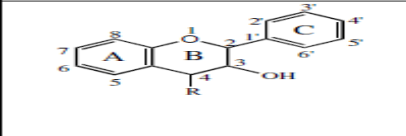
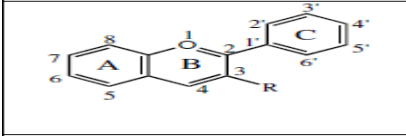
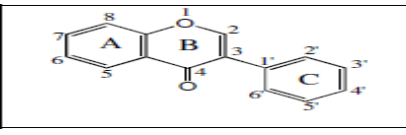
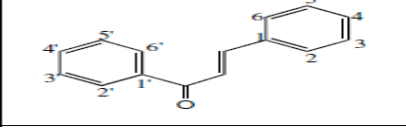
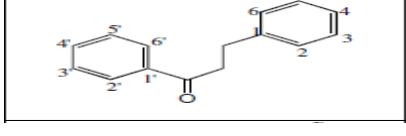
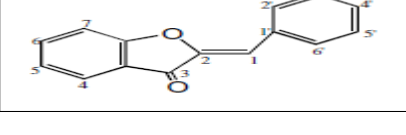
Milieu PDA (Potato Dextrose Agar)

- | | |
|-----------------------------|------|
| - Extrait de pomme de terre | 200g |
| - Glucose | 20g |
| - Agar | 15g |

Laver et couper en petits cubes 200g de pommes de terre non pelées. Les mettre dans un litre d'eau distillée et porter à l'ébullition pendant une heure. Ecraser, filtrer et compléter à un litre. Stériliser 20 minutes à 120°C Ajuster le pH = 5.6 (Goszczyńska *et al.*, 2000).

ANNEXE 2

Tableau N°04 : Les différentes classes des flavonoïdes (Ghnimi, 2015).

Différentes classes		Principales substances	
Structure	Nom de famille	Hydroxylation	Nom
	R=H FLAVONE	5, 7, 4' 5, 7, 3', 4'	Apeginine Luteoline
	R=OH FLAVONOL	5, 7, 4' 5, 7, 3', 4'	Kaempferol Quercetine
	R=H FLAVANONE (Dihydroflavone)	5, 7, 4' 7, 3', 4'	Naringenine Butine
	R=OH FLAVANONOL (Dihydroflavonol)	7, 3', 4' 5, 7, 3', 4'	Fustine Taxifoline
	R=H CATECHINE (Flavanol-3)	5, 7, 3', 4', 5' 5, 7, 3', 4'	Gallocatechie Catechine
	R=OH LEUCOANTHOCYANIDINE (Flavandiol-3, 4)	5, 7, 3', 4' 5, 7, 3', 4', 5'	Leucocyanidine Leucodelphinidine
	R=H FLAVYLIUM (Anthocyane)	5, 7, 4' 5, 7, 3', 4'	Apigenidine Luteolidine
	R=OH ANTHOCYANIDINE	5, 7, 3', 4' 5, 7, 3', 4', 5'	Cyanidine Delphinidine
	ISOFLAVONE	7, 4' 5, 7, 3', 4'	Daidzein Orobol
	CHALCONE	2', 4', 3, 4 2', 3', 4', 3, 4	Buteine Okanine
	DIHYDROCHALCONE	4, 2', 4', 6' 3, 4, 2', 4', 6'	Phloretine Hydroxyphloretine
	AURONE	6, 3', 4' 6, 7, 3', 4'	Sulphuretine Maritimetine

ANNEXE 3

Tableau N°05: Les principaux composés phénoliques de *Salvia officinalis*

Polyphénols	Auteurs
<u>Acides phénols</u>	
4-Hydroxybenzoïque acide	WANG et al., 2000
3-Methoxy-4-hydroxybenzoïque acide (acide vanillique)	CUVELIER et al., 1996
Acide férulique Acide rosmariniqueAcide salvianolique	CUVELIER et al., 1996 CUVELIER et al., 1996: WANG et al. 1998ZHANG and LI1994
Cis-p-Coumarique acide 4-(2-apiosyl)	LU and FOO
Glucoside trans-p-coumarique acide 4-(2- piosyl) glucoside	2000LU and FOO 2000
6-Feruloyl-a-glucose6- Feruloyl-b-glucose	
1-(2,3,4-Trithydroxy-3-méthyl) butyl-6 feruloylglucoside	WANG et al., 1998WANG et al., 1998WANG et al., 1998
6-Caffeoyl-1-fructosyl-a-glucoside1- Caffeoyl-6-apiosylglucoside	
1-p-Hydroxybenzoyl-6-apiosylglucoside	WANG et al., 1998WANG et al., 1998WANG et al., 1998
<u>Les flavonoïdes</u>	
<u>Flavones</u>	
5,7,40-Trihydroxyflavone (apigénine)	
-7-Méthylether (genkwanine)	
-7,40-Diméthylether (acacétine)	
5,7,3,4-Tetrahydroxyflavone (luteoline)	SAGDULLAEVA et al. 1972; CUVELIER et al., 1996
	BRIESKORN and BIECHELE, 1971 ;CUVELIER et al., 1996
	CUVELIER et al., 1996
	BRIESKORN and BIECHELE, 1971
<u>Flavonols</u>	
Quercétine	
<u>Flavanones</u>	
5,7,30-Trihydroxy-40-méthoxyflavanone (hespétine)	KENJ ERIC et al., 2008
<u>Flavone glycosides</u>	
Apigénine-7-glucoside (cosmosiine)	CUVELIER et al., 1996
Luteoline-7-glucoside (Cinaroside)	MASTER OVA et al. 1989
-7-Glucuronide	WANG et al. 1998; LU and FOO 2000 Lu and Foo 2000. LiMA et al. 2007.

Polyphénols	Auteurs
<p><u>Acides phénols</u> 4-Hydroxybenzoïque acide 3-Methoxy-4-hydroxybenzoïque acide (acide vanillique) Acide férulique Acide rosmariniqueAcide salvianolique Cis-p-Coumarique acide 4-(2-aposyl) Glucoside trans-p-coumarique acide 4-(2- piosyl) glucoside</p> <p>6-Feruloyl-a-glucose6- Feruloyl-b-glucose 1-(2,3,4-Trithydroxy-3-methyl) butyl-6 feruloylglucoside</p> <p>6-Caffeoyl-1-fructosyl-a-glucoside1- Caffeoyl-6-aposylglucoside 1-p-Hydroxybenzoyl-6-aposylglucoside</p> <p><u>Les flavonoïdes</u> <u>Flavones</u> 5,7,40-Trihydroxyflavone (apigenine) -7-Methylether (genkwanine) -7,40-Dimethylether (acacetine) 5,7,3,4-Tetrahydroxyflavone (luteoline)</p> <p><u>Flavonols</u> Quercétine</p> <p><u>Flavanones</u> 5,7,30-Trihydroxy-40-methoxyflavanone (hesperetine)</p> <p><u>Flavone glycosides</u> Apigenine-7-glucoside (cosmosiine) Luteoline-7-glucoside (Cinaroside) -7-Glucuronide</p>	<p>WANG et al., 2000 CUVELIER et al., 1996</p> <p>CUVELIER et al., 1996 CUVELIER et al., 1996: WANG et al. 1998ZHANG and LI1994 LU and FOO 2000LU and FOO 2000</p> <p>WANG et al., 1998WANG et al., 1998WANG et al.,1998</p> <p>WANG et al., 1998WANG et al., 1998WANG et al., 1998</p> <p>SAGDULLAEVA et al. 1972; CUVELIER et al., 1996 BRIESKORN and BIECHELE,1971 ;CUVELIER et al., 1996 CUVELIER et al., 1996 BRIESKORN and BIECHELE, 1971</p> <p>KENJ ERIC et al., 2008</p> <p>CUVELIER et al., 1996 MASTER OVA et al. 1989 WANG et al. 1998; LU and FOO 2000 Lu and Foo 2000. LiMA et al. 2007.</p>