

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

DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

MEDJAHERI Habiba
MEHADJRI Ferial

Pour l'obtention du diplôme de

Master en Biologie

Spécialité: Biotechnologie et Valorisation des Plantes

THÈME

Etude du pouvoir antifongique des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques (*Lavandula sp.*, *Origanum sp.*, *Salvia officinalis* et *Thymus sp.*) vis-à-vis du champignon *Fusarium sp.*

DEVANT LE JURY

Présidente	M ^{me} SAIAH F.	M.C.B	Université de Mostaganem
Examinatrice	M ^{me} BERGHEUL S.	M.C.B	Université de Mostaganem
Encadreur	M ^{me} BADAOUI M.I	M.C.B	Université de Mostaganem

Année universitaire : 2019/2020

Remerciement

Avant tout nous remercions le bon Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la force et la patience qui nous a permis de réaliser ce modeste travail. Merci Dieu de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.

Nous tenons tout particulièrement à adresser nos remerciements à notre encadreur, **Mme BADAOUI M.I.** qui nous a fait l'honneur de diriger notre mémoire sur un sujet passionnant et nous a bien voulu prendre en charge et nous a guidé tout au long de son élaboration, nous lui sommes très reconnaissantes pour ces conseils, sa disponibilité et son sérieux dans le travail.

Nos remerciements sont adressés également à **M^{me} SAIAH F.**, maître de conférence à l'université de Mostaganem, d'avoir accepté de présider le jury.

Nos sincères remerciements vont aussi à **M^{me} BERGHEUL S.**, maître de conférence à l'université de Mostaganem, d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Un énorme merci aux personnes qui ont participé à réaliser ce travail, particulièrement le technicien du Laboratoire de « Protection de végétaux » et la technicienne de laboratoire Biochimie.

Nous remercions également tous ceux qui nous ont accordé un soutien moral, une aide technique et leur conseil, trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A la mémoire de mon père

A ma mère

Pour son affection, sa patience, sa compréhension, sa disponibilité, son écoute permanent et sa tendresse sans égal dans les moments les plus difficiles de ma vie et son aide si précieuse qui a rendu possible la soutenance de ce mémoire.

Là où je suis arrivée aujourd'hui c'est à toi ma chère maman, que je le dois, que Dieu te garde.

A mon Binôme «FERIEL» qui a partagée avec moi les moments difficiles de ce travail et sa famille

A mes très chers frères et mes sœurs

Mes adorables cousines NESSRINE, MELOUKA ET FATIMA ZOHRA

Tous mes chers amis qui ont été toujours avec moi «AMINA, NACERA et SALIMA » avec leurs aides et soutiens

Habiba

Dédicace

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

Je dédie ce modeste travail à :

*A mes deux yeux mon papa et ma maman qui m'ont donné la possibilité de
poursuivre mes études, pour l'espoir qu'ils me donnent leur guide affectueux
dans ma vie et j'espère que je puisse leur rendre le minimum de bonheur qu'ils
m'ont offert, Que dieu les protège et gardent à mes côtés*

*A mon chère frère **LAHCEN**, et mes sœurs **INES . NOUR . SERINE .***

*A mon binôme **HABIBA***

*A mon encadreur Mme **BADAOUI M.I***

*A mes amis **KARIM SI KEBIR** et **TOUMI ABDELKADER***

FERIEL

Résumé

Le présent travail porte sur l'évaluation de l'activité antifongique des huiles essentielles (HEs) de quatre plantes aromatiques vis-à-vis le champignon *Fusarium* sp.. L'objectif de cette étude consiste à valoriser ces ressources naturelles pour trouver des alternatives basées sur l'utilisation des produits naturels pour lutter contre les agents pathogènes.

Le pouvoir antifongique des HEs de *Lavandula* sp., *Origanum* sp., *Salvia officinalis* et *Thymus* sp. a été évalué par la méthode de contact direct sur le milieu PDA.

À travers ce modeste travail, l'ensemble des résultats obtenus montrent que les HEs d'*Origanum* sp. et de *Thymus* sp. ont réussi à inhiber parfaitement la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. en comparaison avec l'effet des HEs de *Lavandula* sp. et de *S. officinalis*. En effet, une inhibition totale de la croissance des colonies a été observée pour les trois doses les plus élevées des HEs d'*Origanum* sp. et de *Thymus* sp. (0.1% , 0.05% et 0.025%). Tandis que pour la plus forte dose (0.1%) des taux d'inhibition inférieur à 96% et 52% ont été enregistrés respectivement pour les HEs de *S. officinalis* et de *Lavandula* sp..

Mots clés : Activité antifongique, huiles essentielles (HEs), *Lavandula* sp., *Origanum* sp., *Salvia officinalis*, *Thymus* sp., et *Fusarium* sp.

Abstract

The present work focuses on the evaluation of the antifungal activity of essential oils (EOs) of four aromatic plants against the fungus *Fusarium* sp.

The objective of this study is to valorize these natural resources in order to find alternatives based on the use of natural products to fight against pathogens.

The antifungal power of the EOs of *Lavandula* sp., *Origanum* sp., *Salvia officinalis* and *Thymus* sp. was evaluated by the direct contact method on the PDA medium.

Through this modest work, all the results obtained show that the EOs of *Origanum* sp. and *Thymus* sp. succeeded in perfectly inhibiting the mycelial growth of *Fusarium* sp. in comparison with the effect of the EOs of *Lavandula* sp. and *S. officinalis*. Indeed, total inhibition of colony growth was observed for the three highest doses of *Origanum* sp. and *Thymus* sp. EOs (0.1%, 0.05% and 0.025%). While for the highest dose (0.1%) inhibition rates below 96% and 52% were recorded for EOs of *S. officinalis* and *Lavandula* sp., respectively.

Keywords: Antifungal activity, essential oils (EOs), *Lavandula* sp., *Origanum* sp., *Salvia officinalis*, *Thymus* sp. and *Fusarium* sp.

ملخص

يتعلق العمل الحالي بتقييم النشاط المضاد للفطريات للزيوت الأساسية لأربعة نباتات عطرية مقابل فطر *Fusarium sp.*

الهدف من هذه الدراسة هو تطوير هذه الموارد الطبيعية لإيجاد بدائل على أساس استخدام المنتجات الطبيعية لمكافحة مسببات الأمراض.

القوة المضادة للفطريات للزيوت الأساسية لـ *Lavandula sp.* و *Origanum sp.* و *Salvia officinalis* و *Thymus sp.* تم تقييمه من خلال طريقة الاتصال المباشر على وسط PDA.

من خلال هذا العمل المتواضع، أظهرت جميع النتائج التي تم الحصول عليها أن الزيت الأساسي لـ *Origanum sp.* و *Thymus sp.* نجح في تثبيط نمو فطريات *Fusarium sp.* تماماً. بالمقارنة مع تأثير الزيت الأساسي لـ *Lavandula sp.* و *S. officinalis*. في الواقع، لوحظ تثبيط كامل لنمو المستعمرة بالنسبة للجرعات الثلاث الأعلى للزيت الأساسي لـ

(0.1 ، %0.05 ، %0.025). *Origanum sp.* و *Thymus sp.*

في حين سجلت أعلى جرعة (0.1%) معدلات تثبيط أقل من 96% و 52% على التوالي في حالات الذبذبات من *S. officinalis* و *Lavandula sp.*

الكلمات المفتاحية: نشاط مضاد للفطريات ، زيوت أساسية. *Lavandula sp.* HEs ، *Origanum sp.* ،

Salvia officinalis ، *Thymus sp.* و *Fusarium sp.*

Remerciement	
Dédicaces	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des abréviations	
Liste des figures et des planches	
Liste des tableaux	

Sommaire

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Partie bibliographique

Chapitre 01 : Les plantes aromatiques étudiées

1 Généralités sur la famille des Lamiacées	2
2 Le thym	3
2.1 Origine et répartition géographique	3
2.2 Description botanique	4
2.3 Position systématique	5
2.4 Composition chimique	5
2.5 Propriétés du thym	6
3 L'origan	6
3.1 Origine et répartition géographique	6
3.2 Description botanique	7
3.3 Position systématique	8
3.4 Composition chimique	8
3.5 Propriétés de l'origan	9
4 La sauge.....	9
4.1 Origine et répartition géographique	9
4.2 Description botanique	9
4.3 Position systématique	10
4.4 Composition chimique	10
4.5 Propriétés de la sauge	11
5 La lavande	11
5.1 Origine et répartition géographique	11
5.2 Description botanique	11

5.3	Position systématique.....	12
5.4	Composition chimique.....	12
5.5	Propriétés de la lavande.....	13

Chapitre 02: Les huiles essentielles

1	Définition et historique.....	14
2	Localisation des huiles essentielles.....	14
3	Rôle des huiles essentielles.....	15
4	Méthodes d'extraction des huiles essentielles.....	15
4.1	Extraction par entraînement à la vapeur d'eau.....	16
4.2	Hydrodistillation.....	16
4.3	Enfleurage.....	17
4.4	Extraction au CO2 supercritique.....	17
4.5	L'extraction par micro-ondes.....	18
4.6	L'extraction par les solvants volatils.....	18
5	Activité antifongique des HEs.....	19

Chapitre 03: *Fusarium* sp.

1	Généralité.....	20
2	Taxonomie.....	20
3	Caractères morphologiques de <i>Fusarium</i> sp.....	21
4	Incidences.....	21

Partie expérimentale

Chapitre 01: Matériel et méthodes

1	Matériel biologique.....	22
1.1	Matériel végétal.....	22
1.1.1	Collecte et séchage.....	22
1.2	Matériel fongique.....	23
2	Méthode Extraction des huiles essentielles.....	23
2.1	Détermination du rendement d'extraction.....	24
3	Evaluation de l'activité antifongique "in vitro" des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques sur le champignon <i>Fusarium</i> sp.....	25
3.1	Préparation des milieux de cultures.....	25
3.2	Technique de repiquage.....	25

3.3	Evaluation de la croissance mycélienne.....	27
3.4	Taux d'inhibition de la croissance mycélienne (TI%)	27
3.5	Détermination des concentrations minimale inhibitrices (CMI).....	28
3.6	Détermination de la vitesse de croissance mycélienne (VCM).....	28

Chapitre 02 : Résultats et discussion

1	Détermination du Rendement.....	29
2	Evaluation de l'activité antifongique "in vitro" des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques sur <i>Fusarium</i> sp.	30
2.1	Effet des HEs de <i>Salvia officinalis</i> et de <i>Lavandula</i> sp. vis-à-vis de <i>Fusarium</i> sp....	30
2.1.1	Evaluation de la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp.....	31
2.1.2	Evaluation du taux d'inhibition (TI%)	31
2.1.3	Détermination de la vitesse de la croissance mycélienne (VCM).....	31
2.2	Effet des HEs de <i>Thymus</i> sp. et d' <i>Origanum</i> sp. vis-à-vis de <i>Fusarium</i> sp.	35
2.2.1	Evaluation de la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp.....	36
2.2.2	Evaluation du taux d'inhibition (TI%)	38
2.2.3	Détermination de la vitesse de la croissance mycélienne (VCM).....	39
	Conclusion.....	41
	Références bibliographiques.....	42
	Annexes	

Liste des abréviations

PDA: *Potato Dextrose Agar*

HE: Huile Essentiel

EFS : Extraction de Fluide Supercritique

CPG : Chromatographie en Phase Gazeuse

CO₂ : dioxyde de carbone

AFNOR : association française de normalisation

EAG : Equivalent d'Acide Galique

VCM : vitesse de croissance mycélienne

TI : taux d'inhibition

CMI : concentration minimale inhibitrice

ml : millilitre

cm : centimètre

R : rendement

h : heure

J : jour

et *al* : et collaborateurs

Liste des figures et des planches

Figure 1	Répartition géographique de la famille des Lamiacées dans le monde entier.....	2
Figure 2	Distribution géographique de thym dans le monde(Le cercle noir représente la zone de distribution du genre <i>Thymus</i> dans le monde.....	3
Figure 3	Aspects morphologiques de <i>T. vulgaris</i> L.....	4
Figure 4	Structure chimique de thymol, carvacol et linalol.....	5
Figure 5	Aire de distribution du genre <i>Origanum</i> dans le monde.....	7
Figure 6	Dessin d' <i>O. vulgare</i>	8
Figure 7	Partie aérienne de la sauge.....	9
Figure 8	Partie aérienne de la lavande.....	12
Figure 9	Diversité des structures de sécrétion des huiles essentielles.....	14
Figure 10	Montage de l'hydrodistillation.....	16
Figure 11	Extraction par CO2 supercritique	17
Figure 12	Montage d'extraction par micro-ondes.....	18
Figure 13	Stations de la récolte des échantillons à Mostaganem.....	22
Figure 14	Aspect macroscopique et microscopique de <i>Fusarium</i> sp.....	23
Figure 15	Dispositif d'extraction des HEs «entraînement à la vapeur».....	24
Figure 16	Histogramme comparatif des rendements des deux plantes aromatiques <i>Salvia officinalis</i> et <i>Lavandula</i> sp.....	29
Figure 17	Effet des différentes concentrations de l'HE de <i>S. officinalis</i> sur <i>Fusarium</i> sp.....	30
Figure 18	Effet des différentes concentrations de l'HE de <i>Lavandula</i> sp. sur <i>Fusarium</i> sp.....	30
Figure 19	Effet synergique des HEs de <i>S. officinalis</i> et de <i>Lavandula</i> sp. sur <i>Fusarium</i> sp.....	31
Figure 20	Effet de l'HE de <i>S. officinalis</i> sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp.....	31
Figure 21	Effet de l'HE de <i>Lavandula</i> sp. sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp.....	32
Figure 22	Effet synergique des HEs de <i>S. officinalis</i> et de <i>Lavandula</i> sp. sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp.....	32
Figure 23	Comparaison de l'effet des différentes concentrations des HEs de <i>S. officinalis</i> (HE1), de <i>Lavandula</i> sp. (HE2) et du mélange (HE1+ HE2) sur l'isolat de <i>Fusarium</i> sp.....	33
Figure 24	Histogramme comparatif des taux d'inhibition de la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp sous l'effet des HEs de <i>S. officinalis</i> et de <i>Lavandula</i> sp.....	33
Figure 25	Histogramme comparatif des vitesses de la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp. sous l'effet des HEs de <i>S. officinalis</i> et de <i>Lavandula</i> sp.....	34

Figure 26	Effet des différentes concentrations de l'HE de <i>Thymus</i> sp. sur <i>Fusarium</i> sp.....	35
Figure 27	Effet des différentes concentrations de l'HE d' <i>Origanum</i> sp. sur <i>Fusarium</i> sp.....	35
Figure 28	Effet synergique des HEs de <i>Thymus</i> sp. et d' <i>Origanum</i> sp. sur <i>Fusarium</i> sp.....	36
Figure 29	Effet de l'HE de <i>Thymus</i> sp. sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp.....	36
Figure 30	Effet de l'HE d' <i>Origanum</i> sp. sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp.....	37
Figure 31	Effet synergique des HEs de <i>Thymus</i> sp. et d' <i>Origanum</i> sp. sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp.....	37
Figure 32	Comparaison de l'effet des différentes concentrations des HEs de <i>Thymus</i> sp. (HE1), d' <i>Origanum</i> sp. (HE2) et du mélange (HE1+ HE2) sur l'isolat de <i>Fusarium</i> sp.....	38
Figure 33	Histogramme comparatif des taux d'inhibition de la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp. sous l'effet des HEs de <i>Thymus</i> sp. et d' <i>Origanum</i> sp.....	39
Figure 34	Histogramme comparatif de la vitesse de croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp. sous l'effet des HEs de <i>Thymus</i> sp. et d' <i>Origanum</i> sp.....	39
Planche 01	Protocole expérimental de l'activité antifongique des HEs de <i>Lavandula</i> sp., <i>Origanum</i> sp., <i>Salvia officinalis</i> et <i>Thymus</i> sp. sur le champignon <i>Fusarium</i> sp.....	26

Liste des tableaux

Tableau 1 : Systématique de <i>Thymus</i> sp.	5
Tableau 2 : Teneur en polyphénols (en µg EAG/mg d'extrait) dans l'infusion aqueuse du <i>T. vulgaris</i>	6
Tableau 3 : Systématique d' <i>Origanum</i> sp.	8
Tableau 4 : Systématique de <i>Salvia</i> sp.	10
Tableau 5 : Systématique de <i>Lavandula</i> sp.....	12
Tableau 6 : Systématique de <i>Fusarium</i> sp.....	20

Introduction générale

L'ethnopharmacologie s'emploie à recenser, partout dans le monde, des plantes réputées actives dans le but de trouver de nouvelles molécules, préciser leurs propriétés et valider leurs usages. Cette approche a permis de sélectionner des plantes potentiellement actives et d'augmenter le nombre de découvertes de nouveaux principes actifs (Pelt, 2001).

La flore algérienne est caractérisée par sa diversité florale : méditerranéenne, Saharienne et une flore paléo tropical, estimée à plus de 3000 espèces appartenant à plusieurs familles botaniques dont 15% sont endémiques (Quezel et Santa, 1963). Parmi cette végétation on trouve les plantes aromatiques qui ont l'aptitude à synthétiser de nombreux métabolites secondaires en réponse aux stress biotique et abiotique qu'elles peuvent subir. Ces métabolites secondaires possèdent diverses propriétés biologiques. Les huiles essentielles et les polyphénols font partie de ce groupe de métabolites, les HEs ont suscité beaucoup d'intérêt scientifique dû au fait qu'elles présentent une source d'antifongiques naturels et de molécules biologiquement actives.

Les produits biodégradables provenant de plantes constituent une bonne alternative qui permet aux producteurs de pouvoir assurer la protection de leurs cultures à un coût relativement faible. La réduction de l'emploi des pesticides chimiques due à l'utilisation des extraits de plantes contribue énormément à la réduction de la pollution de l'environnement et cela permet également d'améliorer la santé publique des populations (Weaver et al., 2000 in Bonzi, 2007).

Dans le cadre de ce travail notre objectif, était de vérifier la possibilité d'utiliser les huiles essentielles de quatre plantes aromatiques locales (*Lavandula* sp., *Origanum* sp., *Salvia officinalis* et *Thymus* sp.) comme bio-pesticide et cela par l'étude de leur pouvoir antifongique sur *Fusarium* sp.

Partie
bibliographique

Chapitre 1 :

**Les plantes aromatiques
étudiées**

1 Généralités sur la famille des Lamiacées

Selon Lazarin et Couplan (2010) la famille des Lamiacées (Labiées, qui signifie "labié" en référence à la forme des lèvres des fleurs). Il s'agit de l'une des principales familles de plantes dicotylédones qui comprend environ 7200 espèces, avec 258 genres répartis en sept ou huit sous-familles. Ce sont, le plus souvent, des plantes herbacées, des arbustes et très rarement des arbres ou des lianes largement répandus autour du monde mais particulièrement ré pondues depuis le bassin méditerranéen jusqu'en Asie centrale (Lazarin et Couplan, 2010).

De nombreuses espèces de cette famille sont des plantes aromatiques source d'huiles essentielles très utiles pour l'aromathérapie, la parfumerie et l'industrie des cosmétiques. Parmi les nombreux genres de Lamiaceae on peut citer : *Origanum*, *Lamium*, *Lavandula*, *Mentha*, *Rosmarinus*, *Salvia*, *Melissa*, *Ocimum*, *Teucrium*, *Stachys* et *Thymus* (Lazarin et Couplan, 2010).

Dans la partie expérimentale de ce document nous avons évalué l'activité antifongique de quatre plantes aromatiques (thym, origan, sauge et lavande) vis-à-vis le champignon *Fusarium* sp..

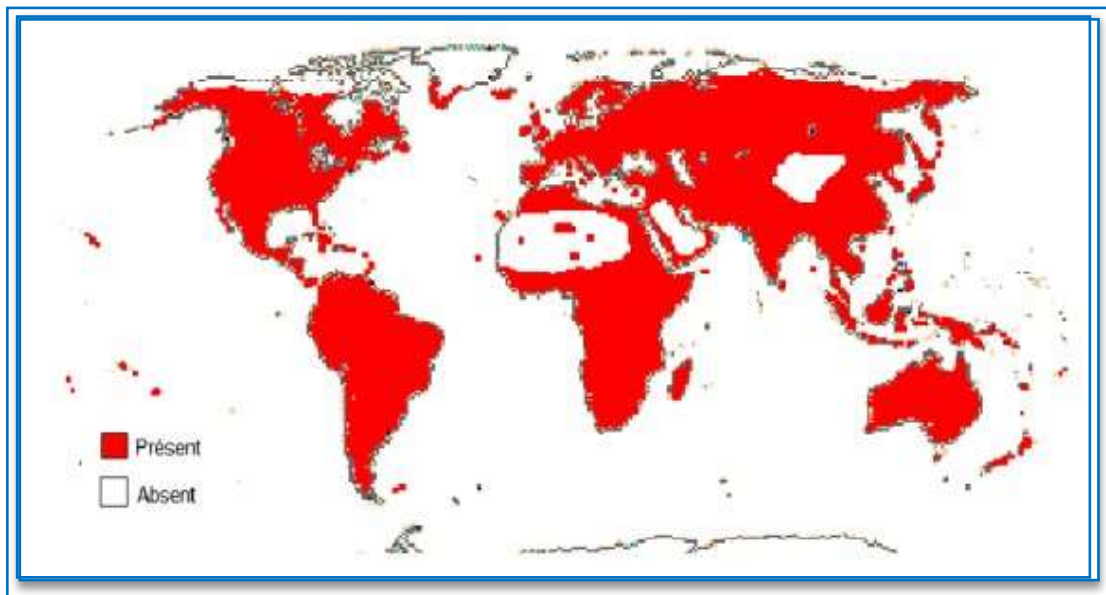


Figure 01: Répartition géographique de la famille des Lamiacées dans le monde entier (Tabti et Tahdjerit, 2017)

2 Le thym

2.1 Origine et répartition géographique

Le thym est indigène de l'Europe du sud, on le rencontre depuis la moitié orientale de la péninsule ibérique jusqu'au sud-est de l'Italie, en passant par la façade méditerranéenne française. Il est maintenant cultivé partout dans le monde comme thé, épice et plante médicinale (Naghibi et *al.*, 2005).

Le genre *Thymus* est l'un des 250 genres les plus diversifiés de la famille des labiées. Il existe près de 350 espèces de thym réparties entre l'Europe, l'Asie de l'ouest et la méditerranée (Métail et Kevvas, 2016).

C'est une plante très répandue dans le Maroc, la Tunisie, l'Algérie et la Libye. Elle pousse également sur les montagnes d'Ethiopie et d'Arabie du sud-ouest en passant par la péninsule du Sinaï en Egypte, l'Espagne. Passant par les régions arides de l'Asie occidentale jusqu'à l'Himalaya, il peut même atteindre les limites des régions tropicale et du Japon. Il pousse en Sibérie et en Europe Nordique, ainsi qu'en Islande et sur la côte Groenlandaise (figure 02) Selon une étude menée par (Nickavar et *al.*, 2005), environ 110 espèces différentes du genre *Thymus* se concentrent dans le bassin méditerranéen. C'est pour cela que l'on peut considérer la région méditerranéenne comme étant le centre de ce genre. Plus de 27 espèces du genre *Thymus* poussent entre l'Algérie et le Maroc (Chickoune, 2007).



Figure 02: Distribution géographique de thym dans le monde (Le cercle noir représente la zone de distribution du genre *Thymus* dans le monde) (Stahl-Biskup et Saez, 2002).

Le genre *Thymus* inclut presque 300 espèces dans le monde parmi les quelles une variabilité important localisées en Algérie (Chikhoun, 2007).

L'Algérie est connue par sa richesse en plantes médicinales au regard de sa superficie et de sa diversité bioclimatique. Le *Thymus* regroupe 12 espèces qui sont : *T. fontanesii*, *T. commutatus*(Ball.), *T. dreatensis*, *T.numidicus*, *T.guyonii*, *T. lanceolatus*, *T. pallidus*, *T. glandulosus*, *T. hirtus*, *T. algeriensis*, *T.ciliatus*, et *T. capitatus*(L)

Le thym se présente toujours dans un état sauvage en plaines et collines, comme la lavande, le romarin, la sauge et beaucoup d'autres plantes sauvages (Kaloustian et *al.*, 2003) .Cette plante spontanée pousse abondamment dans les lieux arides, caillouteux et ensoleillés des bords de la mer à la montagne.

2.2 Description botanique

Le thym est un arbuste aromatique à tiges ramifiées, pouvant atteindre 40 cm de hauteur. Il possède de petites feuilles recourbées sur les bords de couleur vert foncés, et qui sont recouvertes de poils et de glandes (appelés trichomes).

Les trichomes contiennent l'huile essentielle majoritairement composée de monoterpènes. Ses petites fleurs zygomorphes sont regroupées en glomérules et leur couleur varie du blanc au violet en passant par le rose. *T. vulgaris* est caractérisé par un polymorphisme floral qui a été au moins aussi étudié que son polymorphisme chimique (Bruneton, 1999).

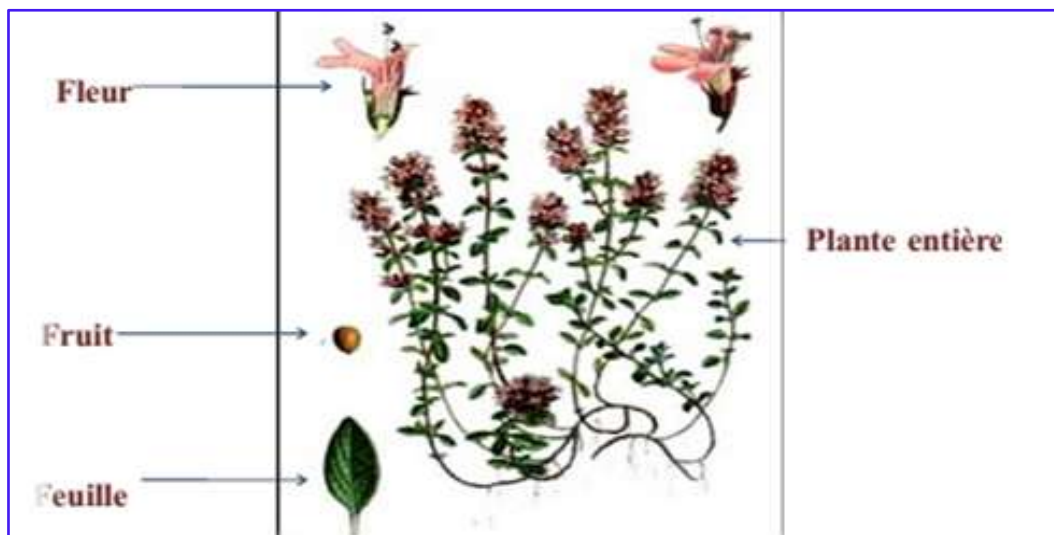


Figure 03: Aspects morphologiques de *T. vulgaris* L (Iserin, 2001).

2.3 Position systématique

Tableau 01: Systématique de *Thymus* sp. (Goetz et Ghédira, 2012)

Règne	Plantes
Sous règne	Tracheobionta
Embranchement	Magnoliophyta
Sous embranchement	Magnoliophytina
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Asteridae
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacées
Genre	Thymus
Espèce	<i>Thymus</i> sp.

2.4 Composition chimique

De nombreuses études ont révélé que les parties aériennes du thym sont très riches en plusieurs constituants dont la teneur varie selon l'espèce, la variabilité des conditions géographiques, climatiques, de séchage et de stockage (Amiot, 2005).

La teneur en huile essentielle de *T. vulgaris* varie de 5 à 25 ml/Kg et sa composition fluctue selon le chémotype considéré (Bruneton 1999), l'huile essentielle de cette plante a été analysée en utilisant la chromatographie en phase gazeuse (CPG) couplée à une spectrométrie de masse (SM), 30 composés ont été identifiés et caractérisés, les plus abondants sont respectivement : thymol (44,4 - 58,1 %), p-cymène (9,1 - 18,5 %), γ -terpinène (6,9 - 18,0 %), carvacrol (2,4 - 4,2 %), linalol (4,0 - 6,2 %). La caractéristique d'huile essentielle de *T. vulgaris* était sa teneur élevée du thymol (Guillén et Manzanos 1998).

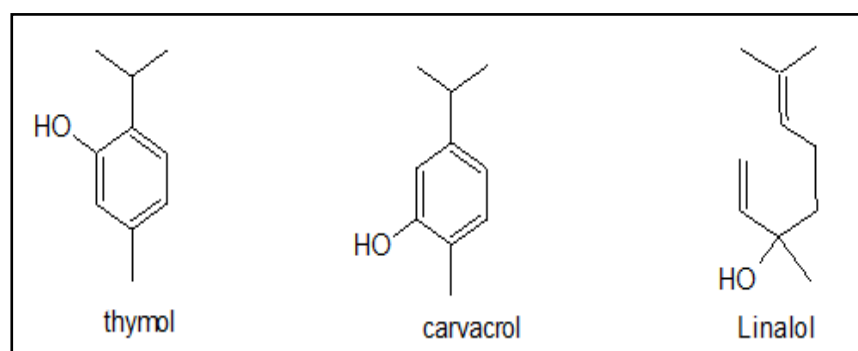


Figure 04: Structure chimique de thymol, carvacrol et linalol (Kintzios, 2002)

Le contenu phénolique total, flavonoïdes, catéchine, et anthocyanine dans l'infusion aqueuse préparée du *T. vulgaris* a été déterminé par des méthodes spectrophotométriques (Kulisic et al., 2007). Le tableau suivant résume les résultats.

Tableau 2: Teneur en polyphénols (en µg EAG/mg d'extrait) dans l'infusion aqueuse du *T. vulgaris*

Plante	Phénols totaux	Flavonoïdes	Non-flavonoïdes	Catéchines	Anthocyanines
<i>T. vulgaris</i>	33.3	25.0	8.3	1.2	6.7

2.5 Propriétés du thym

Le thym est souvent utilisé dans Assaisonnement des aliments et des boissons; et aussi Antiseptique, et comme désinfectant dermique et c'est un spasmolytique bronchique dont il est indiquée pour traiter les infections des voies respiratoire supérieur. Les principaux constituants du thym montrent également des propriétés vermifuges et vermicide et des propriétés antivirales, antifongiques, anti-inflammatoires, et antibactériennes (Bazytko et Strzelecka., 2007). Et aussi des propriétés anthelminthique et des Propriétés anti oxydantes qui lui permette d'être utilisé comme un conservateur afin de prolonger la durée de conservation des poissons *T. vulgaris* durant leur stockage.(Selmi et Sadok.,2008).

3 L'origan

3.1 Origine et répartition géographique

Originaire d'Europe, l'origan a été exporté au Moyen-Orient. Le terme « origan » est dérivé du latin *Origanum*, signifie « aime la montagne » (Dauzart et al., 1971).

Le genre *Origanum* reconnaît 3 groupes, 10 sections, 38 espèces, 6 sous-espèces, 3 variétés et 16 hybrides (Ietswaart, 1980). Il est largement présent des îles Canaries et des Açores, à l'Europe du Nord et jusqu'à l'est de l'Asie. On peut le rencontrer aussi en culture à Cuba ou dans l'île de Réunion, mais la région méditerranéenne représente son aire de distribution la plus importante.

Certaines espèces sont endémiques à un pays. Par exemple *O. saccatum*, *O. boissieri*, *O. hypericifolium*, *O. sipyleum*, *O. acutidens*, *O. haussknechtii*, *O. brevidens*, etc...

sont particulières à la Turquie, pays qui est considéré comme le centre génique du genre *Origanum* puisqu'il en possède 16 espèces (Baser et Buchbauer 2015).



Figure 05 : Aire de distribution du genre *Origanum* dans le monde (Ietswaart, 1980).

L'origan est une plante très répandue en Algérie, elle est représentée par les espèces suivante: *O. vulgare* . *O. glandulosum* et *O. floribundum*. Cette dernière est une espèce endémique algérienne (Quezel et santa, 1963).

3.2 Description botanique

L'origan est une plante herbacée vivace dont les tiges sont basses, généralement ligneuse, on trouve plusieurs tiges dressées, de section quadrangulaire ou ramifié, ces tiges peuvent persister l'hiver à l'état sec (Caillaud, 2013).

Il porte des branches latérales sur le quart ou la moitié supérieure, de longueur très variable de 10 à 60 cm, la plupart des tiges portent des poils, au moins à la base dans toutes les espèces, les poils sont simples (Padulsol., 1997).

Les Feuilles sont simples, opposées, ovales portent des poils glandulaires ou non sur leur surface (El brahimi., 2014), elles portent des poches sécrétrices sessiles ou pédonculées, ces glandes sécrétrices sont aussi présentes sur tiges, bractées, calices et corolles (Chickoune, 2007).

Les inflorescences sont portées par chacune des tiges et chacune des branches ; l'aspect en panicule sera fonction du nombre de branches, les bractées sont arrondies, ovales ou lancéolées, les plus petites ressemblent à des feuilles, les plus grandes sont fines et membraneuses, souvent pourpres ou de couleur jaune-vert (Figueredo , 2007).

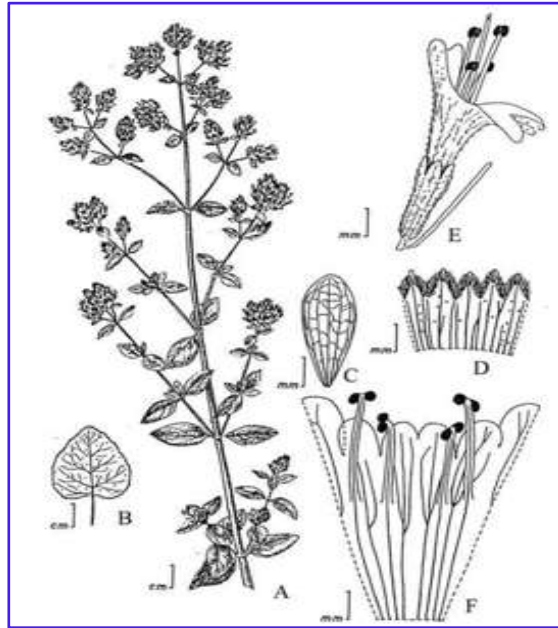


Figure 06: Dessin d'*O. vulgare*. A: tige entière; B: feuille; C: bractée ; D: calice coupé; E : fleur; F : corolle coupée (Figueredo, 2007).

3.3 Position systématique

Classification d'après Deysson (1967)

Tableau 3 : Systématique d'*Origanum* sp.

<i>Règne</i>	<i>Plantes</i>
Sous règne	Plantes vasculaires
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Gamopétales
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacées
Genre	<i>Origanum</i>
Espèce	<i>Origanum</i> sp.

3.4 Composition chimique

L'origan est très riche en plusieurs constituants telque les Phénols (60 à 70%) (Carvacrol, Thymol), Huile essentielle à carvacrol majoritaire, Monoterpènes (25 à 30%) (Terpinène), Monoterpénols (5 à 10%) (Linalol), Tanins, Flavonoïdes : hétérosides de lutéoline, d'apigénine et de naringénine, Acides phénoliques (Anonyme, 2017).

3.5 Propriétés de l'origan

Antiseptique et antibactérien : l'origan aide à lutter contre le développement des champignons, mycoses, virus et autres bactéries. Il soulage dans les cas de piqûres d'insectes et de toutes les irritations de la peau. Stimulant et excitant : l'origan est tonocardiaque et sert dans les cas de fatigue ou d'asthénie (Anonyme, 2017).

4 La sauge

4.1 Origine et répartition géographique

Le genre *Salvia* comprend près de 1000 espèces à travers le monde, et représente l'un des plus grands genres dans la famille des Lamiacées (Lakušić et *al.*, 2013). La sauge est une plante annuelle et biennale d'origine méditerranéenne, elle préfère les terrains chauds et calcaires. Elle croit de manière spontanée et en culture de long de tout le bassin méditerranéen, depuis l'Espagne jusqu'à la Turquie, et dans le nord de l'Afrique (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 nomment «essalma» qui ajoute qu'elle est appelée «salbia» par les botanistes en Espagne. L'algérien indique l'expression «souekennebi» comme synonyme de saleme (Khireddine, 2013).



Figure 07 : Partie aérienne de la sauge (Original 2020).

4.2 Description botanique

La sauge est une plante annuelle et vivace appartient à la famille de Labiées (Goutier, 2009). Elle forme un petit sous arbrisseau de 50 cm à 80 cm de haut à racine ligneuse, brunâtre, et fibreuse (Aug , 1833).

La tige est ligneuse à la base, formant un buisson dépassant parfois 60 cm, rameaux vert blanchâtre quadrangulaire, et velue (Verbois, 2003).

Les feuilles opposées, elliptiques, inférieures pétiolées, ovales, rugueuses, épaisses, À bord dentelé, réticulées, pubescentes-grisâtres ou vertes, à dessus blanchâtre, finement crénelées. Elles persistent l'hiver grâce au revêtement de poils laineux qui les protège (Hans et *al.*, 2007).

Les fleurs de la sauge officinale sont bleu-violacé en épis terminaux lâches, disposées par 3 à 6 en verticilles espacés et visibles de mai à aout. Elles sont grandes, groupées à la base des feuilles supérieures (Busser, 1997).

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

4.3 Position systématique

La sauge suit la classification suivante selon Cronquist (1968).

Tableau 04: Systématique de *Salvia* sp.

<i>Règne</i>	<i>Plantes</i>
Sous règne	Tracheobionta
Embranchement	Spermatophyta
Sous embranchement	Angiosperme
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Asteridae
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Genre	salvia
Espèce	<i>Salvia</i> sp.

4.4 Composition chimique

La sauge est riche en huile essentielle de 1.2 à 1.5% de son poids sec. Elle est constituée principalement de monoterpènes et de 1.5 à 1.7% de sesquiterpènes, dont du viridiflorol, du caryophyllène en pleine floraison (Bogrow, 2009).

La sauge contient essentiellement de nombreux polyphénols : flavonoïdes et acides- phénols (acide caféique, acide chlorogénique, acide rosmarinique, etc.). Elle contient également un acide diterpénique (*salvine*) qui lui donne ses vertus bactéricides, un principe amer

(*picrosalvine*), une huile essentielle contenant une cétone terpénique (*thuyone*) (Gilly, 2005).

4.5 Propriétés de la sauge

Le nom scientifique de la sauge indique clairement l'importance de son rôle en phytothérapie: *Salvia* vient de *salvare* qui, en latin, signifie «guérir». Sa saveur est chaude, amère et astringente, elle agit contre les maux de gorge, les troubles de la digestion, elle est stimulante, tonique et stomachique. La sauge possède aussi à divers degrés des propriétés antispasmodiques, fébrifuges, antisudorales et emménagogues (action bénéfique sur les menstruations) (Duke et al., 2002).

5 La lavande

5.1 Origine et répartition géographique

Le genre *Lavandula* appartient à la sous-famille des Nepetoideae du fait du caractère hexaperturé des grains de pollen, la sous-famille des Nepetoideae est divisée en 3 tribus dont celle des Ocimeae dans laquelle sont placées les lavandes. D'après Baba Aissa (2011), la lavande est une plante méditerranéenne commune dans l'Atlas tellien occidental, originaire de sud-ouest de la méditerranée (Portugal, Espagne, Maroc).

En Algérie, elle est très commune dans le Tell et pousse sur les sols secs et siliceux. On la trouve sur les sommets arides, les pelouses et le maquis (Benabdelkader, 2012).

5.2 Description botanique

Les espèces appartenant au genre *Lavandula*, sont des sous arbrisseaux aromatiques vivaces à tiges ligneuses formant des touffes, à feuilles généralement étroites, linéaires grisâtres, à épis floraux plus ou moins denses, suivant l'espèce. Les fleurs sont bractéoles, avec un calice tubuleux à 5 dents inégales, la corolle est petite, de couleur bleue ou violacée, tubuleuse et bilabiée. les 4 étamines et carpelles incluses. les fruits sont sous forme d'akènes. Les fleurs de *Lavandula dentata* sont bleuâtres en épi court, dense, surmonté de bractées de même couleur (Baba Aissa, 2011). Cette lavande fleurit deux fois dans l'année, une première fois au printemps (entre février et juin) puis une seconde fois au l'automne (entre septembre et novembre) (Lazarin et Couplan, 2010). Le fruit est un tétrakène (Benabdelkader, 2012).



Figure 08: Partie aérienne de la lavande (Original, 2020).

5.3 Position systématique

D'après Mark (2009), la lavande est classée comme suit:

Tableau 05: Systématique de *Lavandula* sp.

<i>Règne</i>	<i>Plantes</i>
Sous règne	viridaeplantae
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	magnoliidae
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacées
Genre	<i>Lavandula</i>
Espèce	<i>Lavandula</i> sp.

5.4 Composition chimique

La lavande renferme 0,5 à 3% d'huile essentielle, dans laquelle on trouve: Acétate de linalyle(40 à 50%). Linalol (30 à 40%), en partie libre et en partie combiné avec l'acide acétique, butyrique et valérianique. Géraniol, Pinène, Acides-phénols, Bornéol, Cinéol, Ethylamylcétone (elle donne l'odeur de la lavande).

On trouve également dans les sommités fleuries les substances, telles que: Coumarines, flavonoïdes, tanins (Zahalaka, 2009).

5.5 Propriétés de la lavande

Toutes les parties de la lavande, soit les tiges, les feuilles et surtout les fleurs sont aromatiques, chaudes, amères et stimulantes. Dans les espèces de lavandes, le principe aromatique prédomine sur le principe amer, ce principe aromatique communique à ces plantes à un degré éminent, les propriétés chaudes et excitant, propre à cette famille, le principe amer les rend toniques et stomachiques, cette plante est éminemment céphalique, nerval, antispasmodique et antihistérique (Schauenberg et Paris, 2010).

Chapitre 2 :
Les huiles essentielles

1 Définition et historique

Une huile essentielle est définie comme un produit obtenu à partir d'une matière première d'origine végétale, après séparation de la phase aqueuse par des procédés physiques. La pharmacopée européenne définit les huiles essentielles comme : « Produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement par la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, ou par un procédé mécanique approprié sans chauffage.

Les huiles essentielles sont des mélanges de nombreux composés qui sont des molécules peu complexes comme les terpènes, les phénols, les méthyle-éthers, les oxydes, les esters, et les cétones (Isman.2002). Elles ont des applications importantes en médecine soit par leur qualité odorante soit pour soulager la douleur ou pour leur efficacité physiologique (Valnet, 2003)

2 Localisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont produites dans des cellules glandulaires spécialisées recouvertes d'une cuticule. Elles sont alors stockées dans des cellules à huiles essentielles (Lauraceae ou Zingiberaceae), dans des poils sécréteurs (Lamiaceae), dans des poches sécrétrices (Myrtaceae ou Rutaceae) ou dans des canaux sécréteurs (Apiaceae ou Asteraceae). Elles peuvent aussi être transportées dans l'espace intracellulaire lorsque les poches à essences sont localisées dans les tissus internes.

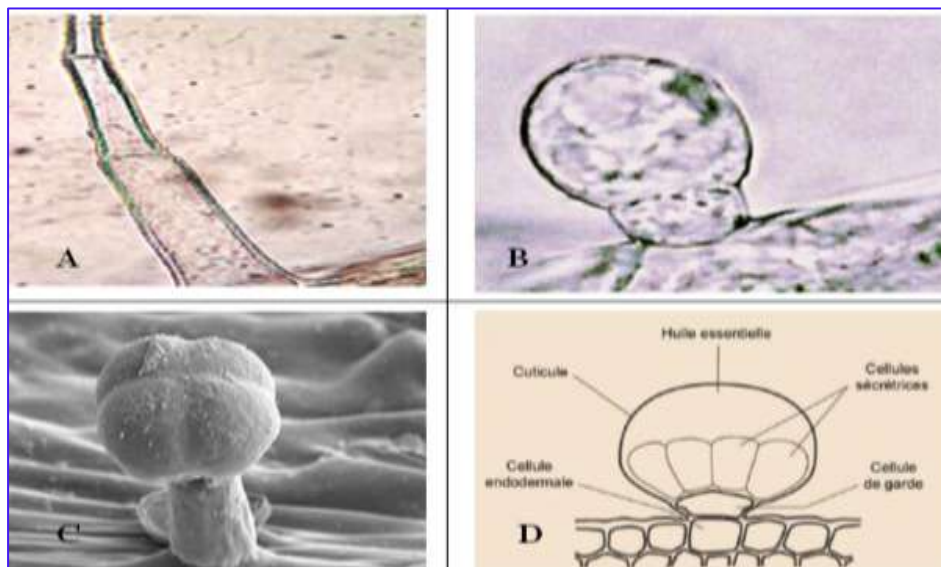


Figure 09: Diversité des structures de sécrétion des huiles essentielles. (A): poil sécréteur de *Mentha pulegium*, (B): trichome glandulaire de *Mentha pulegium*, (C): trichome glandulaire de *Lippia scaberrima* et (D): structure de trichome glandulaire de *Thymus vulgaris*

Sur le site de stockage, les gouttelettes d'huile essentielle sont entourées de membranes spéciales constituées d'esters d'acides gras hydroxylés hautement polymérisés, associés à des groupements peroxydes. En raison de leur caractère lipophile et donc de leur perméabilité extrêmement réduite vis-à-vis des gaz, ces membranes limitent fortement l'évaporation des huiles essentielles ainsi que leur oxydation à l'air.

3 Rôle des huiles essentielles

Les plantes utilisent les huiles essentielles pour se protéger contre les virus et tous pensent qu'il s'agit d'hormones végétales. D'autres considèrent que les huiles sont des messagers entre sorte de parasites et de microbes (Willem. 2013) ; des travaux ont montré que les monoterpènes et les sesquiterpènes peuvent jouer des rôles importants dans la relation des plantes avec leur environnement. Par exemple, le 1,8- cinéole et le camphre inhibent la germination des organes infectés ou la croissance des agents pathogènes issus de ces organes (Holly.1999).

Beaucoup de plantes produisent les huiles essentielles en tant que métabolites secondaires, mais leur rôle exact dans les processus de la vie de la plante est inconnu (Raïetal., 2003).

Il y a beaucoup de spéculations au sujet du « rôle » d'huiles essentielles des plantes. Certainement plusieurs effets apparents « utiles » ont été décrits: protection contre la flore microbienne infectieuse par les propriétés fongicides et bactéricides et contre les herbivores par goût et effets défavorables sur le système nerveux (Porter, 2001).

Certains auteurs pensent que la plante utilise l'huile pour repousser ou attirer les insectes, dans ce dernier cas, pour favoriser la pollinisation. D'autres considèrent l'huile comme conservateur de l'humidité des plantes dans les climats désertiques (Belaiche, 1979).

Certaines huiles essentielles servent à la défense des plantes contre les herbivores, insectes et micro-organismes (Capo et *al.*,1990).

4 Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Plusieurs méthodes sont utilisées pour l'extraction des huiles essentielles, des méthodes traditionnelles qui sont les plus utilisées c'est le cas de: l'hydrodistillation ou l'enfleurage (Meyer-Warnod, 1984); des méthodes innovatrices comme l'extraction au CO₂ supercritique et l'extraction sans solvant assistée par micro-ondes (Capuzzo et *al.*, 2013).

4.1 Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

La plupart des huiles essentielles sont obtenues par entraînement à la vapeur d'eau. (Bruneton 1999) signale que le principe de la distillation repose sur la propriété qu'ont les huiles essentielles d'être volatiles sous l'effet de la chaleur, l'huile est alors entraînée par la vapeur d'eau. Après condensation, l'huile essentielle se sépare du distillat par décantation.

4.2 Hydrodistillation

Cette méthode consiste à évaporer l'huile essentielle en chauffant un mélange d'eau ou d'autres matériaux comme les solvants avec la plante, suivie par la liquéfaction des vapeurs dans un condenseur, cette dernière étape peut s'effectuer sans ou avec retour d'eau dans le ballon. Ce recyclage est dit cohobage et le système conçu pour l'opération est appelé Clevenger. La distillation de la plante s'effectue soit avec une immersion de la plante dans l'eau ou par l'injection directe de la vapeur en plaçant la matière végétale sur une grille perforée et n'est pas en contact avec l'eau (Fabrocini, 2007).

Les principes volatils sont entraînés par les vapeurs d'eau puis refroidis et enfin séparés de la phase par décantation (Moro-Buronzo, 2008).

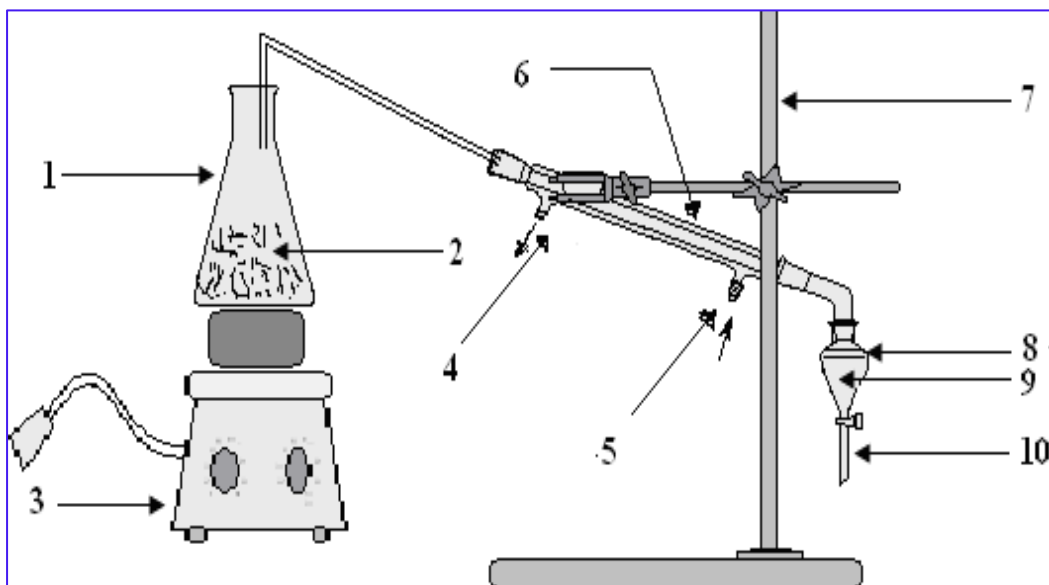


Figure 10: Montage de l'hydrodistillation. 1 : erlemnyer; 2 : l'eau + plante ; 3 : chauffe ballon; 4 : sortie de l'eau ; 5 : entrée de l'eau; 6 : réfrigérant; 7 : support de réfrigérant; 8 : Huile essentielle; 9 : hydrolat ; 10 : l'ampoule à décompter (Luicita, 2006)

4.3 Enfleurage

C'est une méthode complexe, elle n'est plus utilisée sauf pour les fleurs. Celles-ci sont étalées délicatement sur des plaques grasses qui absorberont tout le parfum. Les corps gras vont, ensuite, être épuisés par un solvant. Une fois l'arôme des fleurs absorbé, les fleurs sont remplacées par d'autres fraîches, et ceci jusqu'à saturation du corps gras. Au bout de 24 heures, le corps gras et les HEs sont séparés (Moro-Buronzo, 2008).

4.4 Extraction au CO₂ supercritique

L'extraction de fluide supercritique (EFS) est un processus consistant à séparer une composante de l'autre en utilisant les fluides supercritiques au lieu d'un solvant d'extraction. Cette méthode est utilisée pour l'extraction des huiles essentielles (figure 11), dont 90 % l'extraction est exécutée avec le dioxyde de carbone (CO₂) pour plusieurs raisons pratiques. Outre une pression critique relativement faible (74 bars) une température de 32C⁰, le CO₂ est relativement non toxique, ininflammable, non corrosif, sans danger, disponible en grande pureté à un coût relativement faible et s'élimine facilement de l'huile (Rozzi et al., 2002). Le seul inconvénient du CO₂ est son manque de polarité pour l'extraction des composés polaires (Pourmortazavi et Hajimirsadeghi., 2007). Il a été constaté que des extraits préparés par EFS a produit une activité antioxydante plus élevée que les extraits préparés par d'autres méthodes (Fadel et al., 1999). Cette méthode d'extraction produit un meilleur rendement, un coefficient de diffusion plus élevé et une plus faible viscosité. Beaucoup d'huiles essentielles qui ne peuvent pas être extraites par distillation à la vapeur peuvent être obtenues par extraction au dioxyde de carbone.

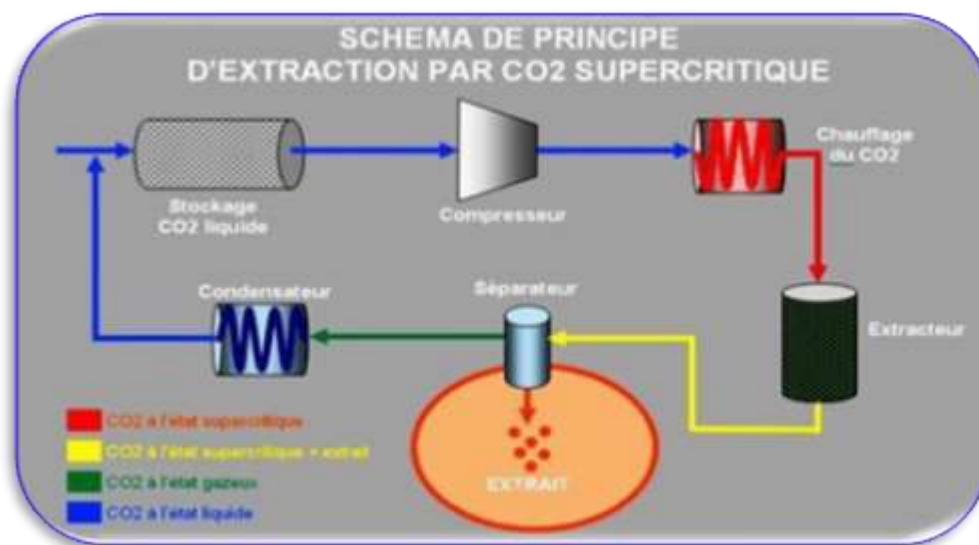


Figure 11 : Extraction par CO₂ supercritique (Luicita.2006)

Néanmoins, cette technique est très coûteuse en raison du prix de l'équipement. L'huile supercritique s'est avérée pour être de qualité supérieure, avec les meilleurs résultats d'activités (Capuzzo et *al.*, 2013).

4.5 L'extraction par micro-ondes

C'est un procédé utilisant les micro-ondes et les solvants transparents aux micro-ondes pour extraire de façon rapide et sélective des produits chimiques de diverses substances (Paré, 1997). Le matériel végétal est immergé dans un solvant transparent aux micro-ondes de manière à ce que seul le végétal soit chauffé. Les micro-ondes vont chauffer l'eau présente dans le système glandulaire et vasculaire de la plante, libérant ainsi les produits volatils qui passent dans le solvant. On filtre et on récupère ensuite l'extrait (Figure 12). L'extraction par micro-ondes a le grand avantage de réduire le temps d'extraction à quelques secondes (France-Ida, 1996). Ce procédé, très rapide et peu consommateur d'énergie, livre un produit qui, est le plus souvent, de qualité supérieure à celle du produit d'hydrodistillation traditionnelle (Bruneton, 1999).

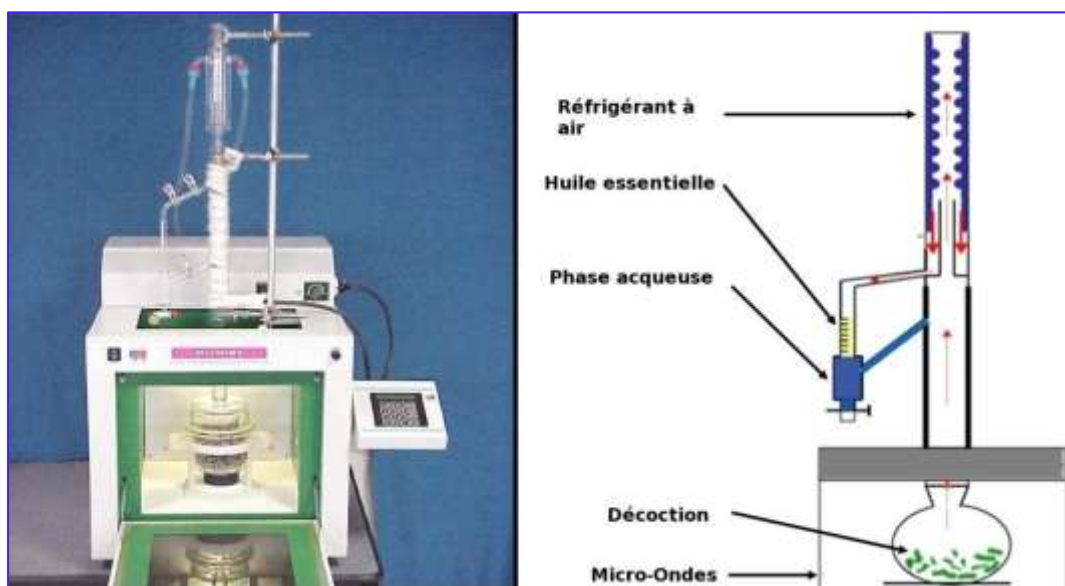


Figure 12: Montage d'extraction par micro-ondes (Luicita .2006)

4.6 L'extraction par les solvants volatils

Cette méthode est utilisée pour les organes végétaux présentant une concentration en essence relativement faible ou pour les essences que l'on ne peut pas extraire par distillation. Elle est basée sur le pouvoir qu'ont certains solvants organiques à dissoudre les composants des huiles essentielles. Dans ce procédé, un épuisement des plantes est effectué à l'aide d'un solvant volatil dont l'évaporation laisse un résidu cireux, très coloré et très aromatique appelé

«concrète». Le traitement de cette concrète par l'alcool absolu (pour éliminer les cires) conduit à «l'absolue» (Luque de Castro et *al.*, 1999).

L'extraction par les solvants présente toutefois des contraintes diverses liées en premier lieu au manque de sélectivité de ces produits, en effet, de nombreuses substances peuvent de ce fait se retrouver dans les concrètes (huiles fixes, phospholipides, cires, certaines coumarines) et imposer une purification ultérieure, et en second lieu, à la toxicité des solvants et leur présence sous forme de traces résiduelles dans l'extrait final (Bruneton, 1999).

5 Activité antifongique des HEs

Les infections fongiques sont d'une actualité criante aujourd'hui. En effet, leur extension est largement favorisée par l'utilisation abusive et parfois trop légère des antibiotiques. Les groupes moléculaires cités en priorité pour leurs actions antibactériennes Elles sont également active sur les champignons. Néanmoins, la durée de ce type de traitement pendant une période plus longue que pour le traitement antibactérien. Par exemple, les huiles essentielles de Cannelle, de Palmarosa, de Clou de girofle et de Niaouli sont des antifongiques. Le pouvoir antifongique est attribué aussi à la présence de certains groupements fonctionnels chimiques dans la composition des HEs. Plusieurs travaux montrent que le pouvoir inhibiteur était essentiellement dû à la réactivité de la fonction aldéhyde avec le groupement thiol des acides aminés impliqués dans la division cellulaire (kurita, 1979). D'autres auteurs ont démontré que la formation d'un complexe entre le donneur d'électrons et l'aldéhyde abouti à un changement de l'état ionique de la membrane traduisant par un déséquilibre d'échange avec le milieu extérieur. Ce déséquilibre entraîne la destruction cellulaire (Baser et Buchbauer, 2015) Cependant, les phénols (eugénol, chavicol 4-allyl-2-6- diméthoxyphénol) sont plus antifongiques que les aldéhydes testés (Laib,2010).

Chapitre 3 :

Fusarium sp.

1 Généralité

Le genre *Fusarium* tire son nom du latin « fusus » car ses spores sont en forme de fuseau. La première et véritable description du genre *Fusarium* a été réalisée par Link en 1809, ce dernier a créé le genre pour des espèces présentant des spores macro conidies cloisonnées, fusiformes, formées sur des stromas. Les espèces de *Fusarium* sp. se caractérisent par une large gamme de plante hôtes et la plus part des souches pathogène de *Fusarium* sp. envahissent le système vasculaire de ces plantes et présente une spécificité parasitaire c'est -à-dire que l'espèce ne peut attaquer qu'un hôte déterminée (Ozenda , 1990).

2 Taxonomie

La diversité et l'extrême variabilité des champignons appartenant au genre *Fusarium* expliquent les difficultés rencontrées dans leur classification, d'où l'existence de nombreux systèmes taxonomiques. Ainsi, les travaux de Wollenweber et Rincking (1935), qui ont servi de références, ont pu décrire 65 espèces 55 variétés et 22 formes rassemblées en 16 sections et 06 sous sections. Le genre *Fusarium* a été profondément revu par Snyder et Hansen en 1940, Messiaen et Cassini en 1968, ils ont simplifiés la classification pour ne retenir que 09 espèces dont le but de détermination rapide des parasites rencontrés (Bounaga, 1985). Aujourd'hui et grâce à l'utilisation des techniques de la biologie moléculaire, la systématique des *Fusarium* a considérablement évolué et ces derniers sont considérés comme les formes asexuées de plusieurs espèces d'Ascomycètes. Ce champignon dispose d'une large répartition géographique mais est plus adapté aux climats tempérés, se développe à des températures comprises entre 5 et 37° C avec un optimum entre 25 et 30° C. Il est présent dans les sols sous forme sporulée.

Fusarium sp. est considéré comme ascomycète proche du groupe télé-morphique (Michielse et Rep, 2009) et ayant plus de 120 formes spéciales.

Tableau 06: Systématique de *Fusarium* sp.

Règne	<i>Fungi</i>
Division	Ascomycota
Classe	Sordariomycetes
Sous-classe	Hypocreomycetidae
Ordre	Hypocreales
Famille	Nectriaceae
Genre	<i>Fusarium</i>
Espèce	<i>Fusarium</i> sp.

3 Caractères morphologiques de *Fusarium* sp.

Fusarium sp. est un champignon vasculaire, imparfait avec un mycélium septé aérien, généralement blanchâtre ou rosâtre, il peut prendre d'autres pigmentations (violet, mauve, orange ou beige) qui sont dues à la formation d'une multitude de spores en surface par des organes fructifère, ainsi qu'aux variations de la lumières du milieu de culture.

Le *Fusarium* sp. fait partie du groupe des champignons imparfaits chez lesquels la phase sexuée n'existe pas ou, du moins, n'a jamais été observée. Il produit trois types de spores asexuées produites par des sporodochies ou des sclérotés, les microconidies, les chlamydospores, et les macroconidies.

Les champignons du genre *Fusarium* synthétisent des toxines responsable de l'augmentation de la perméabilité cellulaire et d'une importante transpiration des plantes atteintes comme les lycomarasmines et de l'Acide fusarique et qui facilite la classification des différentes espèces du champignon (Corbaz R., 1990).

4 Incidences

Fusarium sp. est un champignon d'origine tellurique très ubiquiste, qui présente une très grande diversité génétique et écologique et qui infectent collectivement plus de 100 hôtes différents, provoquant des pertes économiques importantes chez de nombreuses plantes cultivées comme le bananier, le cotonnier, le melon, la tomate, etc. provoquant ainsi des maladies sur de nombreuses espèces végétales cultivées d'intérêt économique (Armstrong et Armstrong, 1965). Il est responsable de diverses maladies, la principale étant le flétrissement vasculaire caractérisée par un flétrissement des plantes dû à l'envahissement des vaisseaux du xylème par le pathogène, il provoque une pourriture des tissus avec apparition d'un mycélium blanc rosé à la surface.

Partie

Expérimentale

Chapitre 01 :

Matériel et méthodes

Introduction

Les fongicides chimiques ont permis l'amélioration des rendements en agriculture, tandis que leur utilisation exagérée a engendré l'apparition de phénomène de résistance. La recherche de nouveaux produits antifongiques qui respecte l'environnement reste donc une nécessité à laquelle il faut répondre. L'orientation des recherches vers des bio-fongicides semble alors encourageante ; la stratégie de développer de nouvelles molécules à partir de substances végétales peut ainsi être intéressante.

Dans ce contexte, on se propose d'évaluer l'activité antifongique des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques (*Lavandula* sp., *Origanum* sp., *Salvia officinalis* et *Thymus* sp.) vis-à-vis le champignon *Fusarium* sp.. Ce travail a été réalisé au niveau du laboratoire pédagogique de la protection des végétaux à l'université de Mostaganem.

I Matériel biologique

1.1 Matériel végétal

L'intérêt de ce travail est la valorisation de quatre plantes aromatiques (*Lavandula* sp., *Origanum* sp., *Salvia officinalis* et *Thymus* sp.) poussant à l'état spontané dans la région de Mostaganem par l'étude de leurs activités antifongiques.

L'encadreur nous a donnée les huiles essentielles du thym et de l'origan tandis que pour la lavande et la sauge une extraction a été effectuée.

1.1.1 Collecte et séchage

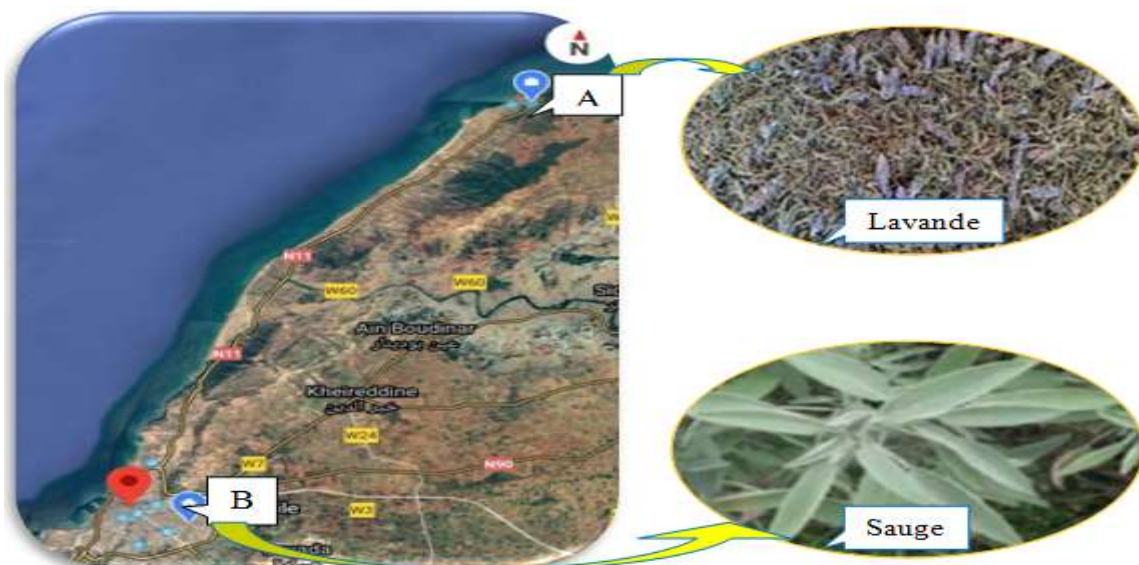


Figure 13: Stations de la récolte des échantillons à Mostaganem. A : Montagne de la Fnar «Cap ivi» ; B : Université Abdelhamid Ibn badis (Google Earth, 2020).

La collecte des échantillons étudiés a été réalisée le mois de Février dans la wilaya de Mostaganem (figure 13). La lavande a été récoltée de la montagne Fnar (cap Ivi) et la sauge du jardin de l'université au centre ville (I.T.A).

Le séchage des feuilles et des sommités fleurées de la lavande a été réalisé à une température ambiante et à l'abri de la lumière afin de préserver au maximum l'intégrité des molécules, le matériel végétal est conservé dans des sacs en papier à l'abri de la lumière et de l'humidité pendant 20 jours. Pour la sauge l'extraction des HEs a été faite à l'état frais directement après la cueilli de la partie arienne de la plante.

1.2 Matériel fongique

La souche utilisée dans ce travail est le champignon *Fusarium* sp. qui provient de la collection du laboratoire de recherche « Protection des Végétaux » à l'université de Mostaganem.

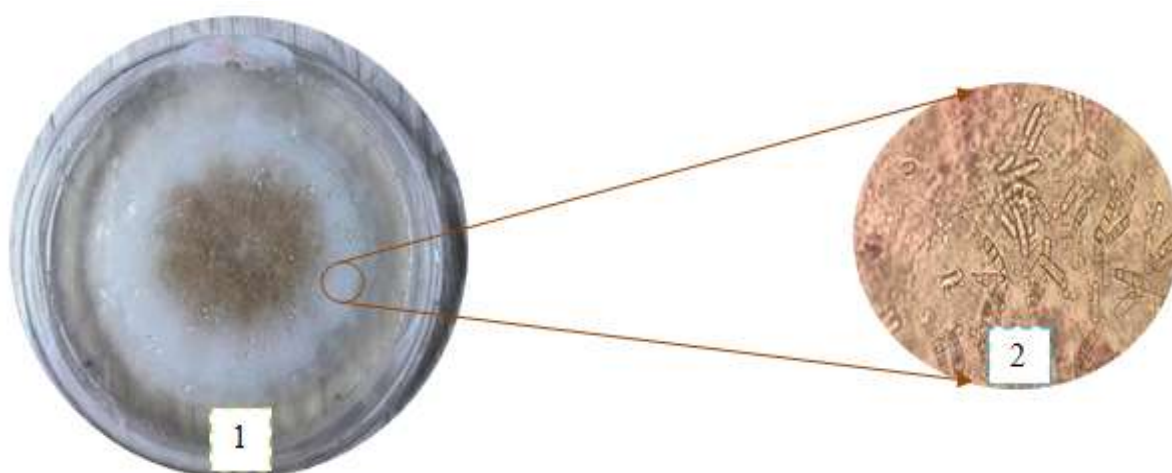


Figure 14: Aspect macroscopique (1) (Original 2020) et microscopique (2) (Khedim, Benjmaia, 2019) de *Fusarium* sp.

2 Méthode Extraction des huiles essentielles

L'extraction des HEs a été réalisée dans le laboratoire de Biochimie à l'Université de Mostaganem à l'aide d'un dispositif d'entraînement à la vapeur d'eau. Cela en Triant et nettoyant 500 g du matériel végétal qui a été placé sur une grille métallique et introduit dans une cocote minute contenant de l'eau. Cet ensemble est porté à ébullition pendant deux heures et les huiles essentielles sont entraînées à la vapeur d'eau (figure 15). Après condensation et liquéfaction, l'huile surmontant l'eau (non miscible) est séparée de l'eau et récupéré dans un tube gradué dans laquelle la décantation a été effectuée. Après extraction, le volume d'huile

essentielle obtenu a été mesuré puis conservé dans un flacon hermétique (couvert avec du papier d'aluminium) dans un réfrigérateur jusqu'à son usage pour les tests biologiques.

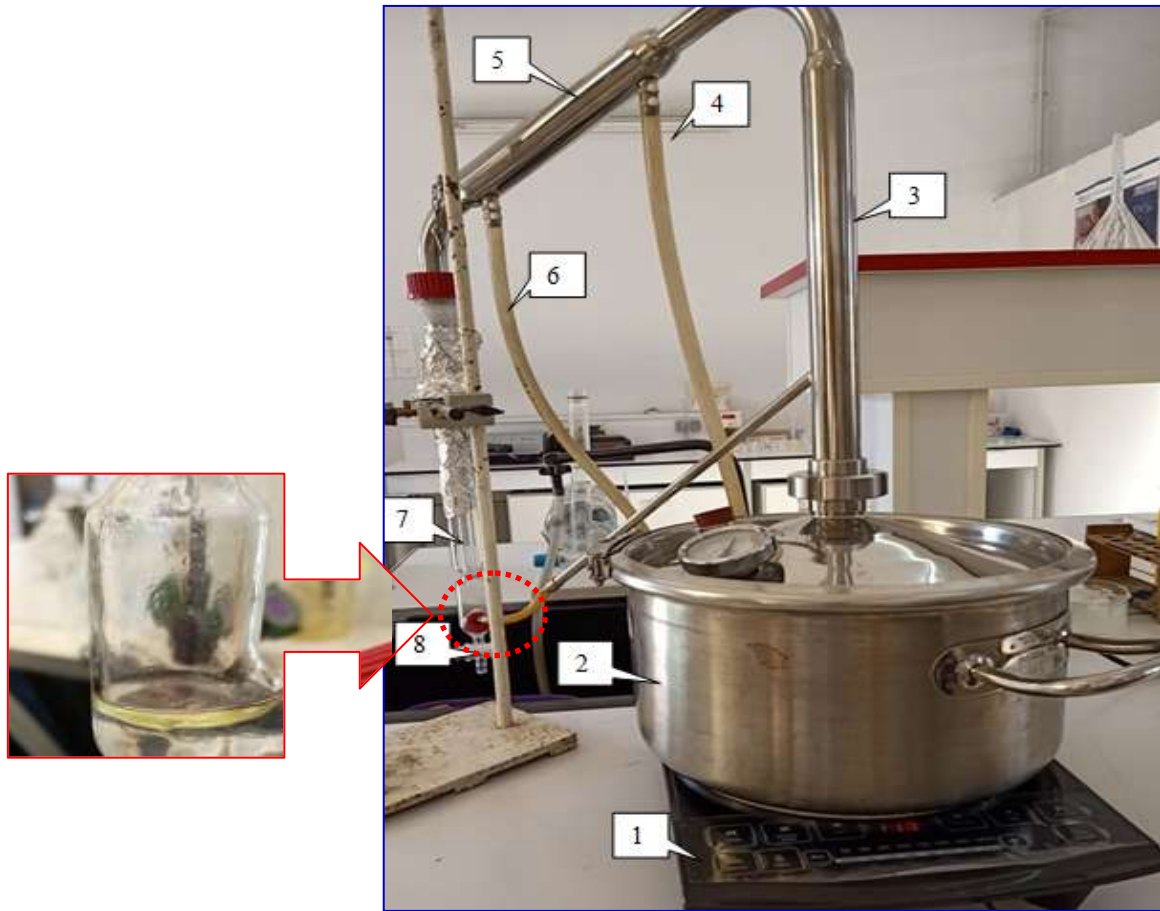


Figure 15 : Dispositif d'extraction des HEs «entraînement à la vapeur». 1: Plaque chauffante; 2: Cocote minute; 3: Condensateur; 4: Sortie de l'eau; 5: Entrée de l'eau ; 6: Réfrigérant; 7: Tube graduée et 8: Ampoule à décompter (Originale, 2020)

2.1 Détermination du rendement d'extraction

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

Le rendement est exprimé en pourcentage par la formule suivante:

$$R = (P_h / P_p) \times 100$$

R : Rendement en HE exprimé en pourcentage (%)

P_h: Poids de l'HE en gramme

P_p: Poids de la masse végétative en gramme

3 Evaluation de l'activité antifongique "in vitro" des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques sur le champignon *Fusarium sp.*

3.1 Préparation des milieux de cultures

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

Les solutions de différentes concentrations en HE avec le tween 20 sont incorporées dans 100 ml de PDA pour obtenir cinq doses différentes (0.1%, 0.05%, 0.025%, 0.0125%, 0.0062%). Les HEs des quatre plantes aromatiques (*Lavandula sp.*, *Origanum sp.*, *Salvia officinalis* et *Thymus sp.*) ont été incorporées à des concentrations variables dans le milieu de culture gélosé. Il s'agit de la méthode de contact direct qui permet la mise en évidence de l'activité antifongique (Fandohan, 2004). Le mélange de chacun des milieux, est coulé dans des boîtes de Pétri étiqueté.

3.2 Technique de repiquage

A l'aide d'une pipette pasteur stérile, un fragment de culture fongique de 5mm de diamètre a été découpé à partir d'un tapis mycélien âgé de 21 jours, puis a été déposé au centre de la boîte de Pétri. Pour chaque concentration, trois répétitions sont préparées de la même façon. Deux témoins avec trois répétitions ont été retenus, le PDA avec tween a servi comme témoin positif (T1) et un PDA sans HE a servi de témoin négatif (T2).

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

Il est à noter que le repiquage a eu lieu au laboratoire mais l'incubation des boîtes a été faite dans une chambre contenant un climatiseur réglé à 25°C et ceci suite à la fermeture de l'université due à la pandémie (COVID 19) qui a touché le monde entier cette année.

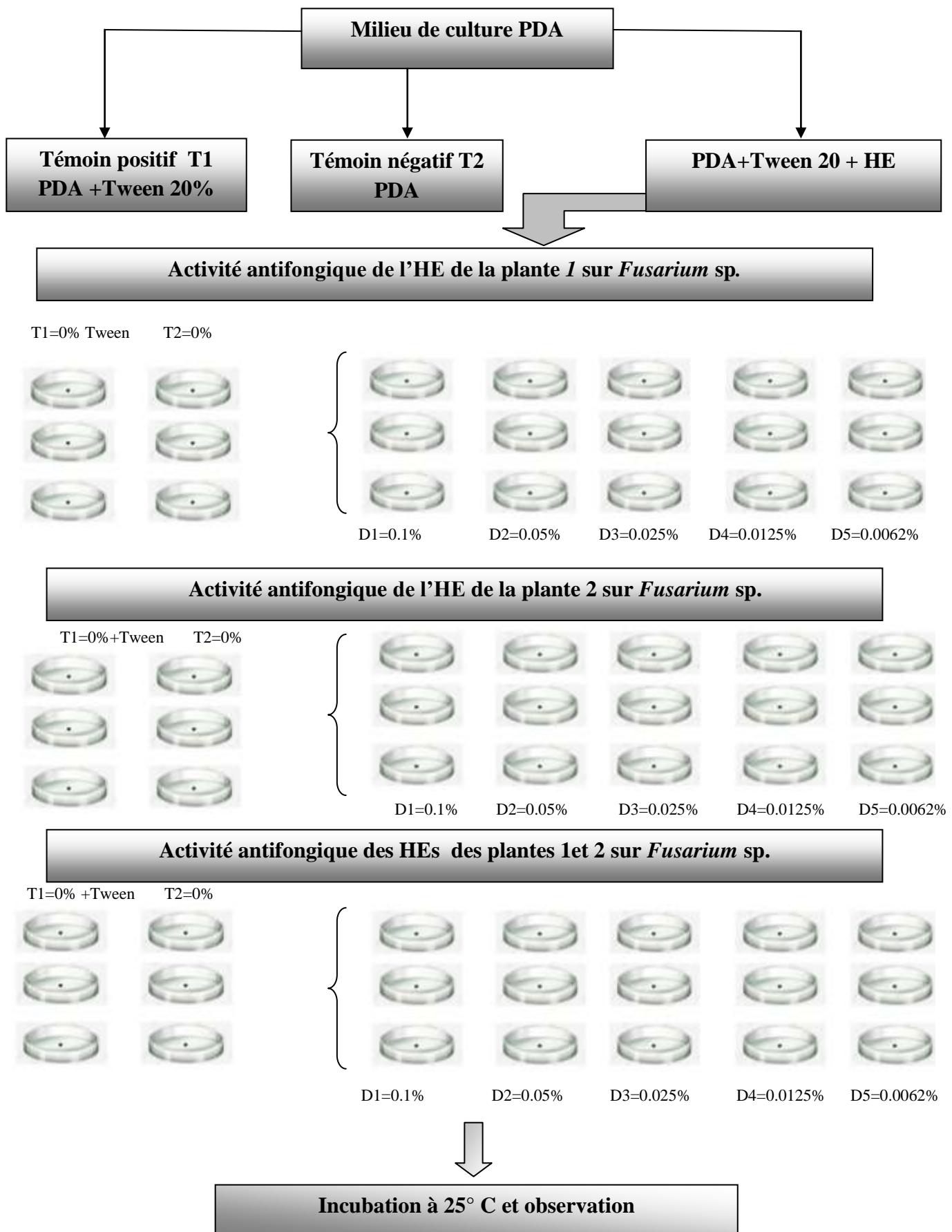


Planche 1 : Protocole expérimental de l'activité antifongique des HEs de *Lavandula* sp., *Origanum* sp., *Salvia officinalis* et *Thymus* sp. sur le champignon *Fusarium* sp.

3.3 Evaluation de la croissance mycélienne

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

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

L : croissance mycélienne

D : diamètre de la colonie

d: diamètre de l'explant (0.5cm)

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

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

$$TI (\%) = 100 \times (dC-dE)/dC$$

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

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

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

L'huile essentielle est dite:

- Très active lorsqu'elle possède une inhibition comprise entre 75 et 100 %; la souche fongique est dite très sensible ;
- Active lorsqu'elle possède une inhibition comprise entre 50 et 75 % ; la souche fongique est dite sensible ;
- Moyennement active lorsqu'elle possède une inhibition comprise entre 25 et 50%; la souche est dite limitée;
- Peu ou pas active lorsqu'elle possède une inhibition comprise entre 0 et 25%; la souche est dite peu sensible ou résistante.

3.5 Détermination des concentrations minimale inhibitrices (CMI)

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

3.6 Détermination de la vitesse de croissance mycélienne (VCM)

Selon Cahagnier et Molard (1998), la vitesse de la croissance mycélienne de chaque concentration est déterminée par la formule suivante:

$$\text{VCM} = [D1/Te1] + [(D2-D1)/Te2] + [(D3-D2)/Te3] + \dots + [(Dn- Dn-1)/Ten]$$

Di: diamètre de la zone de croissance chaque jour (cm).

Te: temps d'incubation

Chapitre 02 :

Résultats et discussion

Résultats et discussion

1 Détermination du Rendement

Les rendements moyens des HEs des deux plantes aromatiques *Salvia officinalis* et *Lavandula sp.* extraites par entraînement à la vapeur ont été calculé en fonction de la masse du matériel végétal traité. Les résultats obtenus sont illustrées dans la figure 16.

Le rendement de l'HE de la plante aromatique *Lavandula sp.* est de l'ordre de 0.5%. Cette huile a une couleur jaune orangée. Il est à noter que, la plus grande quantité d'HE extraite est obtenue à la première heure d'extraction.

Salvia officinalis a fournis un rendement d'environ 0.31%. L'huile de cette plante a une couleur jaune claire.

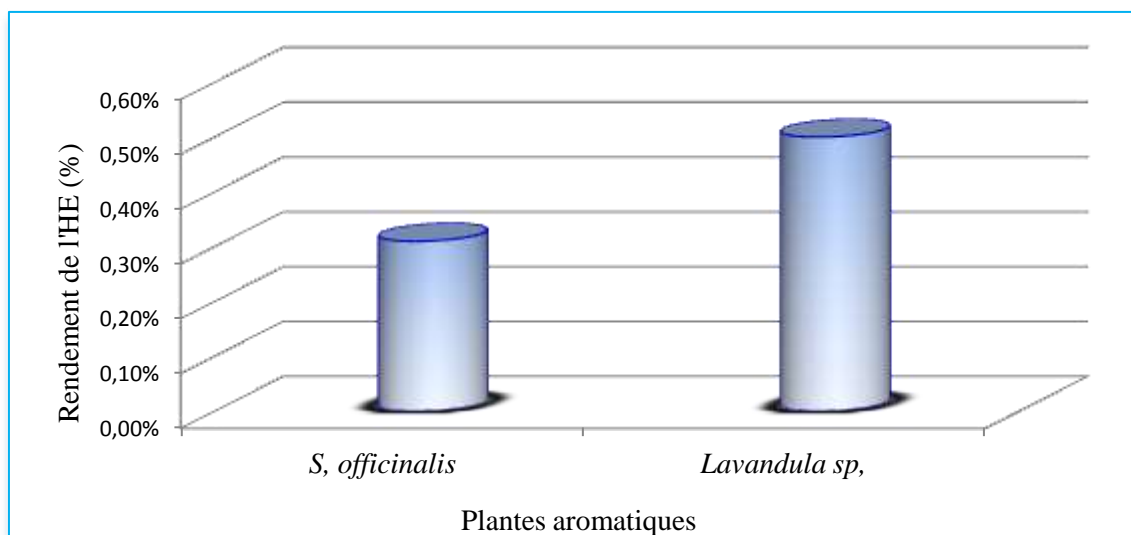


Figure 16: Histogramme comparatif des rendements des deux plantes aromatiques *Salvia officinalis* et *Lavandula sp.*

Un écart entre les rendements en HEs extraite de *Lavandula sp.* et celle extraite de *Salvia officinalis* a été observé pour ces deux plantes aromatiques qui font partie de la même famille botanique (Lamiacées). La différence est due à plusieurs facteurs comme; l'aspect de plante lors de l'extraction (fraîche ou séchée), les facteurs écologiques notamment climatiques, l'espèce végétale elle-même, l'organe végétal, le stade de la croissance.....ect.

2 Evaluation de l'activité antifongique "in vitro" des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques sur *Fusarium sp.*

2.1 Effet des HEs de *Salvia officinalis* et de *Lavandula sp.* vis-à-vis de *Fusarium sp.*

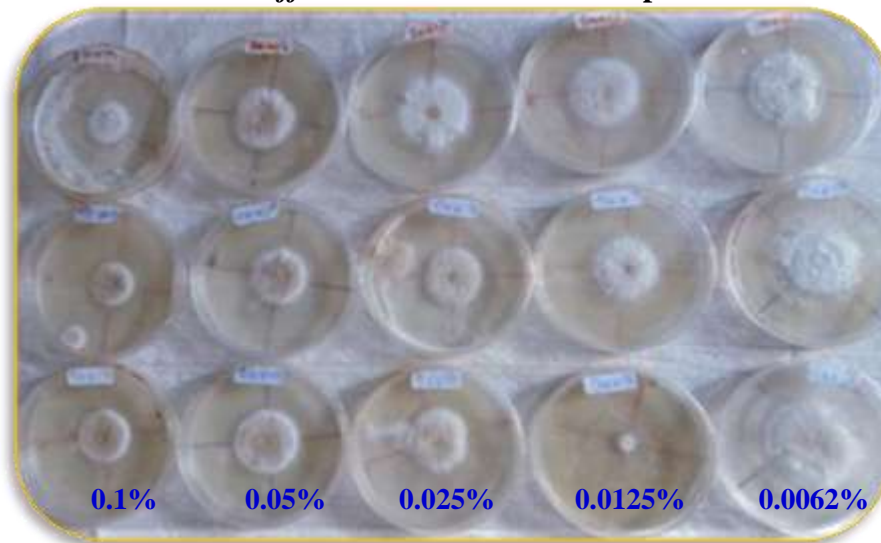


Figure 17: Effet des différentes concentrations de l'HE de *S. officinalis* sur *Fusarium sp.*

Les figures 17,18 et 19 montrent l'effet des différentes concentrations (0.1% , 0.05%, 0.025%, 0.0125%, 0.0062%) des huiles essentielles de *S. officinalis* et de *Lavandula sp.* sur l'isolat de *Fusarium sp.*.

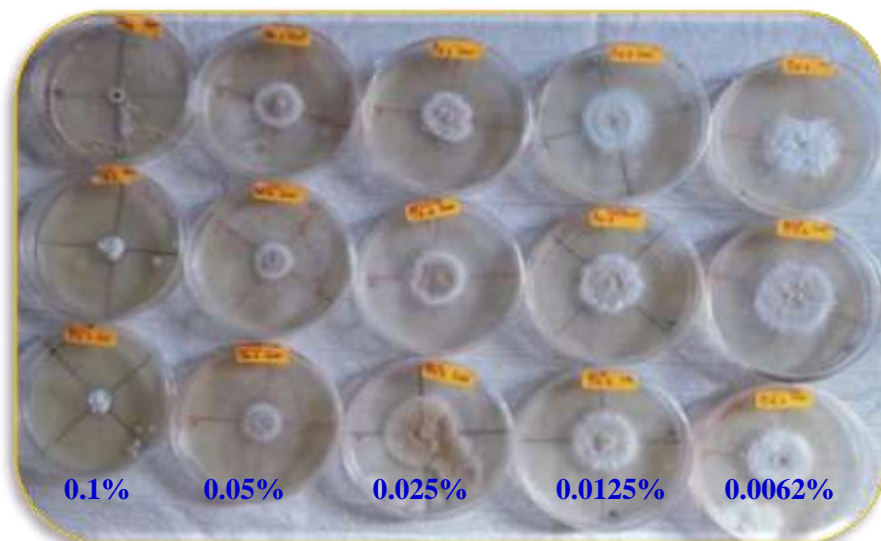


Figure 18: Effet des différentes concentrations de l'HE de *Lavandula sp.* sur *Fusarium sp.*

Une différence de la croissance des colonies a été observée entre les trois bio-essais. La croissance mycélienne dans les boites contenant de l'HE de la sauge (figure 17) est supérieure par rapport aux autres essais (figure 18 et 19) surtout pour les trois doses les plus élevées des HEs (0.1% , 0.05% et 0.025%)

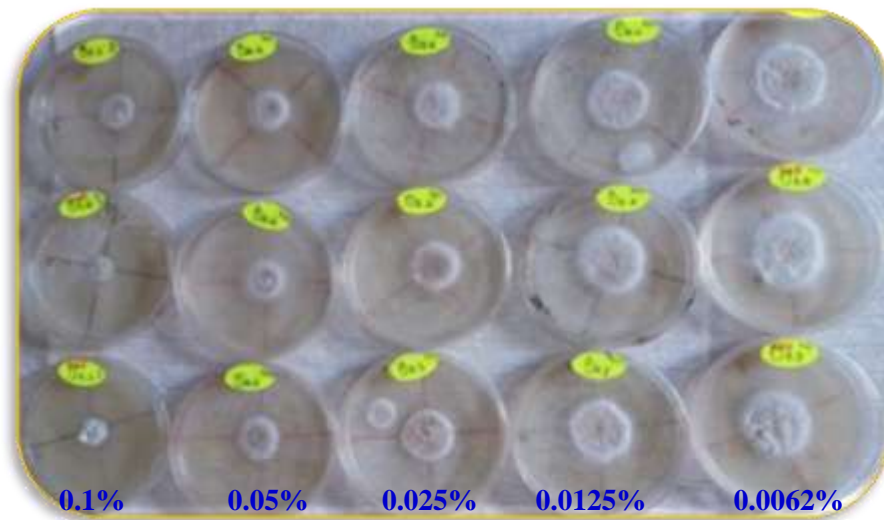


Figure 19: Effet synergique des HEs de *S. officinalis* et de *Lavandula* sp. sur *Fusarium* sp.

Ces observations macroscopiques des colonies nous a permis d'avoir une idée sur les quelles des doses est efficace et aussi l'HE le plus efficace.

2.1.1 Evaluation de la croissance mycélienne de *Fusarium* sp.

2.1.2 Evaluation du taux d'inhibition (TI%)

2.1.3 Détermination de la vitesse de la croissance mycélienne (VCM)

2.2 Effet des HEs de *Thymus* sp. et d'*Origanum* sp. vis-à-vis de *Fusarium* sp.

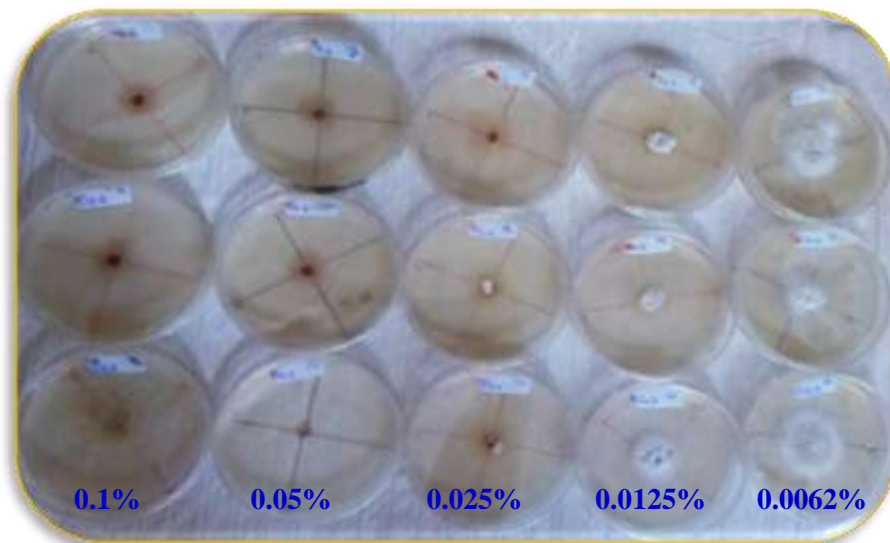


Figure 26: Effet des différentes concentrations de l'HE de *Thymus* sp. sur *Fusarium* sp.

Les figures 26,27 et 28 montrent l'effet des différentes concentrations (0.1% , 0.05%, 0.025%, 0.0125%, 0.0062%) des huiles essentielles de *Thymus* sp. et d'*Origanum* sp. sur l'isolat de *Fusarium* sp..

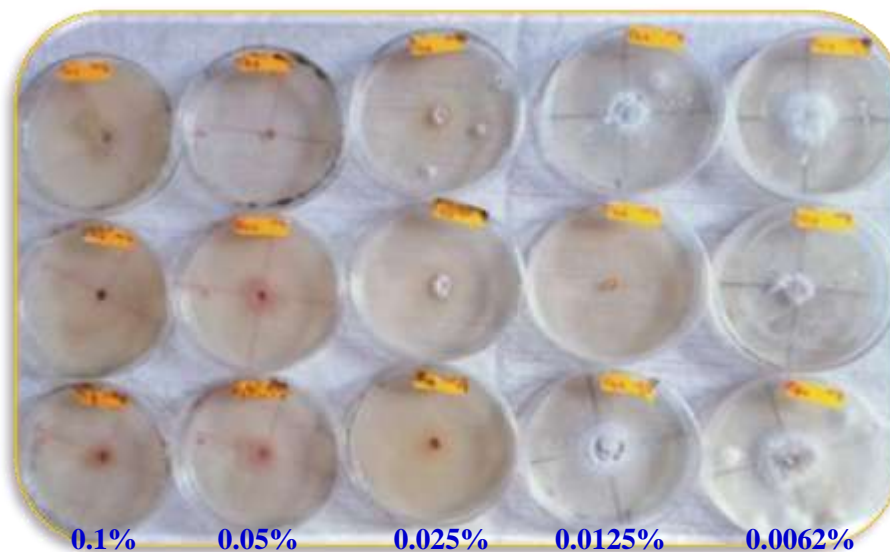


Figure 27 : Effet des différentes concentrations de l'HE d'*Origanum* sp. sur *Fusarium* sp.

Une inhibition totale de la croissance des colonies a été observée pour les trois doses les plus élevées des HEs (0.1% , 0.05% et 0.025%) dans les trois bio-essais. La croissance mycélienne dans les boîtes contenant de l'HE du thym et de l'origan est presque similaire pour les autres doses (0.0125%, 0.0062%).

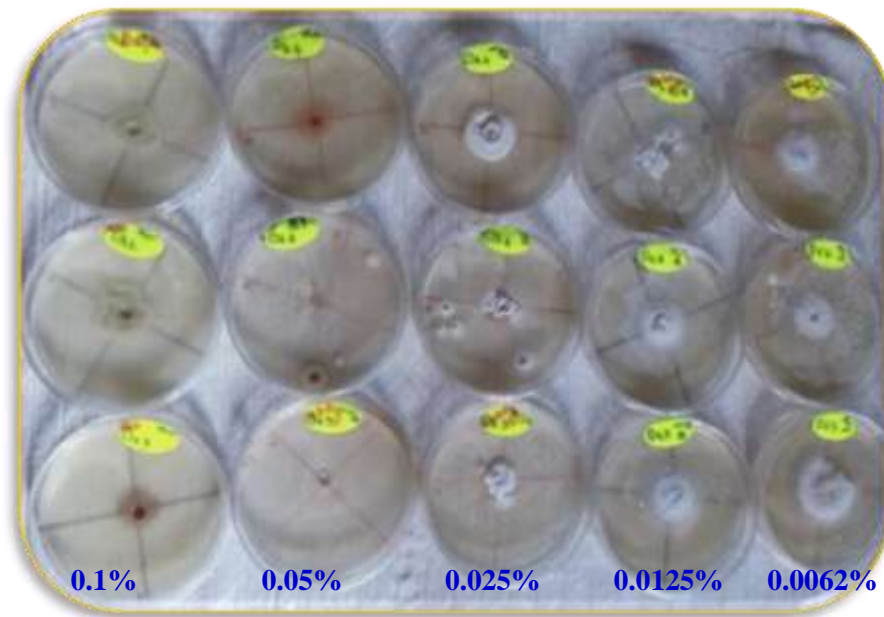


Figure 28: Effet synergique des HEs de *Thymus* sp. et d'*Origanum* sp. sur *Fusarium* sp.

2.2.1 Evaluation de la croissance mycélienne de *Fusarium* sp.

2.2.2 Evaluation du taux d'inhibition (TI%)

2.2.3 Détermination de la vitesse de la croissance mycélienne (VCM)

Conclusion

Cette étude qui a été menée sur les huiles essentielles appartenant à quatre plantes aromatiques (*Lavandula* sp., *Origanum* sp., *Salvia officinalis* et *Thymus* sp.) a donnée des résultats encourageants. Elle concerne la valorisation des substances naturelles afin de trouver des alternatives bio qui remplace les pesticides chimiques.

Les résultats enregistrés montrent que les huiles essentielles de *Thymus* sp. (HE1), d'*Origanum* sp. (HE2) et du mélange (HE1+ HE2) présentent une excellente propriété antifongique. Avec la concentration 0.025% une inhibition totale de la croissance mycélienne pour le champignon testé (*Fusarium* sp.) a été observée, ce qui démontre que cette dose a permis d'atteindre la concentration minimale inhibitrice (CMI) de la croissance mycélienne.

Notre travail montre que la flore algérienne peut constituer une réserve importante d'espèces végétales intéressantes, dont les principes actifs peuvent être employés dans plusieurs domaines.

D'après ces résultats, on peut penser que les huiles essentielles de ces espèces méritent une étude plus approfondie pour exploiter leurs propriétés antifongiques dans le domaine de phytosanitaire à l'échelle industrielle.

Références bibliographiques

- Amiot, J., 2005.** Thymus vulgaris, un cas de polymorphisme chimique pour comprendre l'écologie évolutive des composés secondaire. Thèse de doctorat-Ecole nationale supérieure d'Agronomie de Montpellier.
- Anonyme, 2017.** <https://www.doctissimo.fr/html/sante/phytotherapie/plantemedicinale/origan.htm>
- Armstrong, G. M. et Armstrong, J. K. 1965:** Further studies on the pathogenicity of three forms of *Fusarium oxysporum* causing wilt on alfalfa. Plant Disease Reports, 49: 412-416p.
- Aug. M. M., 1833.** Mémoires de la société de physique et d'histoire naturelle de Genève, Volume 5, 504p.
- Baba Aissa F. 2011** Encyclopedie Des Plantes Utiles. Elmarifa, Beo Alger. 496p.
- Baser, K.H.C. et Buchbauer G., 2015.** Handbook of essential oils: science, technology, and applications.: CRC Press.
- Bassole I. H. N., Ouattara A. S., Nebie R., Ouattara, C. A. T. Kabore, Z. et Traore, S.A., 2001.** Composition chimique et activités antibactériennes des huiles essentielles des feuilles et des fleurs de cymbopogon proximus (stapf.) et d'ocimum canum (sims). Pharm. Méd.Trad. AF, Vol.II, pp.37-51
- Bazylko A. et Strzelecka H., 2007.** A HPTLC densitometry determination of lutéoline in *Thymus vulgaris* and its extracts. Fitoterapia., 78 : 391-395.
- Belaiche P., 1979.** Traité de phytothérapie et l'aromatothérapie. Tome I: L'aromatogramme. Ed.maloine S., Paris, p. 204
- Benabdelkader T., 2012.** Biodiversité, Bioactivité Et Biosynthèse Des Composés Terpéniques Volatiles Des Lavandes Ailles, Lavandula Stoechas, Un Complexe D'espèces Méditerranéennes D'intérêt Pharmacologique. Thèse De Doctorat Ens De Kouba, Algérie, P 24-25.
- Bogrow. S., 2009.** Reconnaître les champignons les plante et baies sauvages, E/P/A, 410 p.
- Bonzi,S., 2007.** Efficacité des extraits aqueux de quatre plantes dans la lutte contre les champignons transmis par les semences de sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) : cas particulier de *Colletotricum graminicola* (Ces.) Wilson et *Phoma sorghina* (Sacc.) Boerema, Dorenbosch et Van Kesteren, Mémoire de diplôme d'études approfondies en gestion intégrée des ressources naturelles. Burkina faso.
- Bounaga, N. 1985.** Contribution à l'étude de *Fusarium oxysporum f.sp. albedinis* (Killian et Maire) Gordon, agent de la fusariose du palmier dattier. Thèse de Doctorat d'état. Université de sciences et technologies « Houari Boumediene » Alger.
- Brewer. D., 1960.** Studies in Asochyta pisi .canadian journal de la végétale philosophie mathématique .Classique Hachette.
- Bruneton J, 1999.** Pharmacognosie. Phytochimie, plantes médicinales. 3 ème édition, Tec & Doc. Lavoisier, Paris, 1120p

- Busser. C., 1997.** Se soigner par les plantes du XIVème au XXème siècle, Université de paris et Strasbourg, 210p.
- Cahagnier B. et Richard-Molard D., 1998.** Moisissures des aliments peu-hydratés, les moisissures. Collection sciences et techniques agroalimentaires. Ed. : Lavoisier. p :39-4
- Caillaud M A., 2013.** étude de l'espèce *Origanum vulgare* L,thèse doctorant.,Université Nantes.
- Capo M., Courilleau V. et Valette C., 1990.** Chimie des couleurs et des odeurs. Culture et techniques, p. 204.
- Capuzzo A., Maffei M.E. et Occhipinti A., 2013.** Supercritical fluid extraction of plant flavors and fragrances. *Molecules*.18:7194-7238.
- Chickoune A., 2007.** Huiles essentielles de thym et d'Origan étude de composition ,de l'activité antioxydant antimicrobienne ,mémoire de magister. Institut nationale agronomique El Harrach-Alger.
- Corbaz, R., 1990.** Principe de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes. Edition Presse polytechnique et universitaire romande. p286
- Cronquist A., 1968.** The Evolution and Classification of Flowering Plants. pp 396.
- Cuvier. G., Richard A., Auguste. P .et Drapirz. J., 1835.** Histoire naturelle médicale et pharmaceutique, H. Dumont, 501p.
- Djerroumi A., et Nacef M., 2004.** 100 plantes médicinales d'Algérie. Ed Palais du livre. P 135 -131.
- Duke J A., Bogenschutz-godwin du cellier M J., et Duke P A K., 2002.** Medicinal Herbs. Edition CRC Press LLC.P:201.
- EL brahimi R., 2014.** Caractérisation morphologique et phénologique de quelques accessions d'*Origanum compactum*.,mémoire de magister.,Université Sidi Mohamed BenAbdellah.
- Fabrocini V.C., 2007.** Comment se soigner avec L'AROMATHERAPIE et guérir : agitation, anxiété, allergie, asthme, déprime, insomnie, lombalgie, mal de dos, migraines, palpitations, etc. Ed. de vecchi.4-17..
- Fandohan, P., Gbenou, J .D et Gnonlofin, B., 2004.** Effect of Essential Oils on the Growth of *Fusarium verticilloides* and Fumonisin Contamination in Corn JAgric Food Chem 52 pp .6824-6829.
- Figueredo Gilles., 2007.** *Étude chimique et statistique de la composition d'huiles essentielles d'origans (Lamiaceae) cultivés issus de graines d'origine méditerranéenne* – Thèse, Clermont- Ferrand, France.
- France-Ida J., 1996.** Bref survol de diverses méthodes d'extraction d'huiles essentielles. *Info-essences, Bulletin sur les huiles essentielles*. 3: 5-6.

- Gilly. G., 2005.** Les plantes aromatiques et huiles essentielles a grasse : Botanique, Culture, Chimie Production et Marché, Edition l'Harmattan, 414p.
- Goetz P et Ghédira K., 2012.** Phytothérapie anti-infectieuse. Springer Science & Business Media, 394p.
- Guillén M. D.,et Manzanos M. J., 1998.** Study of the composition of the different parts of a Spanish *Thymus Vulgaris* L. plant. Food chemistry. 63 (3): 373-383.
- Hans. D. et Kothe W., 2007.** 1000 Plantes aromatiques et médicinales, Terres Edition.
- Holley A., 1999.** Eloge de l'odorat. Odile Jacob.
- Ietswaart J.H., 1980.** A taxonomic revision of the genus *Origanum* (Labiatae): (Labiatae). Springer, Netherlands.
- Iserin P., 2001.** Encyclopédie des plantes médicinales. 2ème Ed. Larousse. Londres Pp : 143 et 225-226
- Isman, M., 2002.** Problème et perspectives de commercialisation des insecticides d'origine botanique. Biopesticides d'origine végétales. CBJR Renault-Roger, and CV Phylogène (Eds), Tec and Doc Editions, Lavoisier, Paris, France. 300-311.
- Zahalaka J.P., 2009.** Les plantes en pharmacie propriétés et utilisation. Édition Douphin.125p.
- Kaloustian, J. Chevalier. J, Mikail. C, Martino. M, Abou. L et Vergnes. M.F 2003.** étude de six huiles essentielles : composition chimique et activité antibactérienne, Phytothérapie (2008) 6: 160–164 © Springer 2008.
- Khedim et Benjmaia, 2019.** Essai de l'effet antifongique de l'huile essentielle de *Salvia Officinalis* sur *Alternaria* sp., *Colletotrichum* sp. et *Fusarium* sp. agents pathogènes.
- Khireddine Hamida, 2013.** Comprimés de poudre de dattes comme support universel des principes actifs de quelque plantes médicinales d'Algérie, Mémoire de Magister, option : Technologie Alimentaire , université Bougara-Boumerdes.
- Kintzios spirdon E., 2002.** *Oregano: the genera Origanum and Lippia (Medicinal and Aromatic Plants - Industrial Profiles)* - Taylor&Francis
- Kulisic T., Radonic A., et Milos M, 2007.** *Antioxidant properties of thyme (Thymus vulgaris L.) and wild thyme (Thymus serpyllum L.) essential oils. Italian J. Food Sci, 17(3), 1-10p*
- Kurita, N., 1979.** Antifungal activity and molecular orbital energies of aldehyde compounds from oils of higher plants. Agricultural and Biological Chemistry. 1979, 4311, 2365-2371.
- Laib I., 2010.** Etude des activités antioxydants et antifongique de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula Officinalis* sur les moisissures des légumes secs. Mémoire de Magister. Option : Technologie alimentaire. Université Mentouri Constantine.
- Lazarin A. et Couplan F., 2010.** Lavande Aromes Et Bienfaits. Edition Sang De La Terre, P14-15-25-26-96.

- Luicita. lagunez rivera, 2006.** Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffe par induction thermomagnétique directe. Thèse de l'institut national polytechnique de Toulouse, France.
- Luque de Castro M.D., Jiménez C.M.M. et Fernández P., 1999.** Towards more rational techniques for the isolation of valuable essential oils from plants. *Trend. Anal. Chem.* 18(11): 708-716.
- Mark W., 2009.** Applii Th eLinnean Botanical Journal Of The Linnea Society ».Edition The Linnean Society Of London.P116.
- Métail, M. et Kevvas K., 2016.** étude des activités antibactérienne et antioxydants des extrais d'ocimum basilicum (basilic) dans la région de Ain Defla. Mémoire de master en analyses biologiques et biochimique univ. Khemis Meliana.
- Meyer-Warnod B., 1984.** Natural essential oils: extraction processes and application to some major oils. *Perfumer & Flavorist.* 9: 93-104.
- Michielse M. et Rep CB., 2009.** plant pathology molecular *fusarium oxysporum* update profil pathogen :p 324-311.
- Moro - Buronzo A., 2008.** Grand guide des huiles essentielles : Santé, Beauté, Bien- Etre, Hachette pratique. 14.
- Naghibi F., Mosaddegh M., Mohammadi M.S. et Ghorbani A 2005.** labiatae family in folk medicine in Iran: from ethno botany to pharmacology. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 2, 63-79p
- Nickavar B., Mojab F. et Dolat-Abadi R., 2005** Analysis of the essential oils of two Thymusspecies from Iran. *Food Chemistry* 90: 609-611.
- Ozenda P., 1990.** Les organismes végétaux, tome 1 : Végétaux inférieurs, Masson, p220.
- Padulsol S., 1997.** Oregano Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of Plant Genetics and Crop Plant research, International Plant Genetic Resources Institute IPGRI Rome, Italy.
- Paré J., 1997.** Procédé assisté par micro-ondes. Info-essences, Bulletin sur les huiles essentielles. 4: 4.
- Pelt J. M., 2001.** Les nouveaux actifs naturels. Ed. Marabout, Paris. pp: 219-124.
- Porter N., 2001.** Essential oils and their production. *Crop & Food Research*, p.39.
- Pourmortazavi S.M. et Hajimirsadeghi S.S., 2007.** Supercritical fluid extraction in plant essential and volatile oil analysis. *Journal of Chromatography A.* 1163:2-24.
- Quezel P. et Santa S., 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome 1. CNRS. Ed. Paul Le chevalier, Paris.
- Rai M., Acharya D. et Wadegaonkar P., 2003.** Plant derived-antimycotics: potential of Acteraceous plants. In: *Plantb-derived antimycotics: Current trends and future prospects*, HaworthPress, N-York, Londin, Oxford, p.165-185

- Rozzi N.L., Phippen W., Simon J.E. et Singh R.K., 2002.** Supercritical fluid extraction of essential oil components from lemon-scented botanicals. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*.35:319-324.
- Satrani B; Farah A; Fechtal M; Blaghen M et Chaouch A., 2001.** Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Satureja calamintha* et *Satureja alpina* du maroc. *ann. fais. exp. chim.* 94(956) :241-250.
- Schanenberg P. et Paris F., 2010.** Guide Des Plantes Médicinale : Analyse, Description Et Utilisation De 400 Plantes, Ed. Delachaux Et Niestlé, P.396.
- Selmi S. et Sadok S., 2008.** The effect of natural antioxidant (*Thymus vulgaris* L innaeus) on flesh quality of tuna (*Thunnus Linnaeus*) during chilled storage. *Pan-American Journal of aquatic sciences.*, 3 (1) : 36-45
- Stahl-Biskup E., et Sàez F., 2002.** Thyme: The genus *Thymus*. CRC Press, 346p
- Tabti et tahdjerit O., 2017.** Étude taxonomique de quelques populations de *Salvia verbenaca* ssp. *Euver benaca* et ssp.*clandestina* (Lamiaceae) du golfe de Bejaia et de la vallée de la soummam. mémoire de l'obtention du diplôme master on taxo-génétique végétale et évolution.univ. Bejaia.
- Valnet, 2003.** Les huiles essentielles, une santé toute naturelle. *Phytothérapie de la recherche à la pratique*. 2003, 1(1), 12.
- Verbois S., 2003.** Plantes et herbes aromatique saveurs et vertus, Fernande Lanore , 234p.
- Willem J.P. 2013.** 60 maux soignés par les huiles essentielles : l'aromathérapie au quotidien pour toute la famille, Les minipockets de santé.
- Wollenweber H.W. et Reiking O.A, 1935.** Die Fusarien, ihre Beschreibung, Schadwirkung und Bekämpfung. Paul Parey. Berlin 335p

Annexes

Annexe 01 : Effet de l'HE de *Salvia officinalis* sur la croissance mycélienne de *Fusarium sp.*

Annexe 02 : Effet de l'HE de *Lavandula sp.* sur la croissance mycélienne de *Fusarium sp.*

Annexe 03 : Effet synergique des HEs de *S. officinalis* et de *Lavandula sp.* sur la croissance mycélienne de *Fusarium sp.*

Annexe 04: Effet de l'HE de *Thymus sp.* sur la croissance mycélienne de *Fusarium sp.*

Annexe 05 : Effet de l'HE de *Origanum sp.* sur la croissance mycélienne de *Fusarium sp.*

Annexe 06 : Effet synergique des HEs de *Thymus sp.* et d'*Origanum sp.* sur la croissance mycélienne de *Fusarium sp.*