

UNIVERSITE KASDI MERBAH - OUARGLA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire
MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences agronomiques
Spécialité : **Phytoprotection et environnement**

Présenté par : **Melle** SAYAH BEN AISSA Maroua

Thème

**les huiles essentielles de trois plantes aromatiques
(Artemesia herba-alba, Ocimum basilicum, Mentha
puleguim) issues des régions sahariennes et leurs
activité antifongiques à l'égard de fusarium sp**

Déposé pour l'évaluation
Le : 4/07/2021

Devant le Jury :

M. SEKOUR	Makhlouf	Pr.	Président	UKM Ouargla
Mme IDDER-IGHILI	Hakima	M.C.A.	Encadreur	UKM Ouargla
M. MOULAI	Younes	Doctorant(e)	Co-Encadreur	UKM Ouargla
M. YUCEF	Mahmoud	M.A.A.	Examineur	UKM Ouargla

Année Universitaire : 2020 / 2021

DIDECACES

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

Je dédie ce modeste travail à mes parents pour tous les sacrifices qu'ils ont consentis pour me permettre de suivre mes études dans les meilleures conditions possibles et n'avoir jamais cessé de m'encourager tout au long de mes années d'étude.

A Mes très chers frères et sœurs et toute la famille

A toutes et tous mes amis qui sont toujours à mes côtés à tout moment.

Je remercie toutes les personnes dont je n'ai pas pu citer leurs noms ici, et qui ont participé de près ou de loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce travail

Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu Allah, le tout Puissant de m'avoir donné courage, santé et patience pour achever ce travail

(Elhamdou Lillah).

Je tiens à remercier sincèrement Madame IDDER- IGHLI H, qui, en tant que directrice de mémoire, s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Mes remerciements tout particulièrement et vivement à Monsieur MOULAI Y. pour ses précieux conseils et son aide durant toute la période de travail.

Je remercie les membres du jury Monsieur SEKOUR M. et Monsieur YUCEF M. pour avoir accepté d'en faire partie.

Mes remerciements vont également à Monsieur SEGNI L. qui m'a autorisé à travailler dans son laboratoire de génie des procédés à l'université de Ouargla.

Je souhaite également exprimer ma reconnaissance aux personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Table de matières

Liste des tableaux.....	A
Liste des figures.....	B
Liste des photographies.....	C
Liste des abréviations.....	D
Introduction.....	1
Partie bibliographique	
Chapitre 1 Plantes aromatique	
1. Définition.....	3
2. Usage des plantes aromatiques dans la gastronomie et la cuisine.....	3
3. Usage des plantes aromatiques dans le cosmétique.....	3
4. Usage des plantes aromatiques comme biopesticides.....	4
5. Aromathérapie.....	4
6. Plantes aromatiques produits et consommées en Algérie.....	6
Chapitre 2 Les huiles essentielles	
1. Définition	10
2. Répartition botanique des huiles essentielles	10
3. Composition physique des huiles essentielles	10
4. Composition chimique des huiles essentielles	11
4.1. Composés terpéniques	11
4.2. Composés aromatiques	12
4.3. Composés d'origine divers.....	12
4.4. Chymotype	12
5. Principaux domaines d'application des huiles essentielles	13
5.1. Armothérapie.....	13
5.2. Agro-alimentaire	13
5.3. Cosmétologie et parfumerie	13
5.4. Pharmacie	13
5.5. Agronomie.....	14
6. Méthode d'extraction des huiles essentielles	14
6.1. Entraînement à la vapeur d'eau	14
6.2. Hydrodistillation	14
6.3. Disstillation à vapeur saturée	15
6.4. Hydrodiffusion	15
6.5. Expression à froid	15
7. Conservation des huiles essentielles	15
8. Role de l'huile essentielle sur la plante	15
9. Modes d'action des huiles essentielles comme biopesticides	16
9.1. Insectes	16
9.2. Microorganismes	16
9.3. Adventices	17
Chapitre 3 <i>Fusarium sp</i>	
1. Généralités	18
2. Taxonomie	18

3.	Disposition systématique	18
4.	Cycle de vie	19
5.	Aspects morphologiques	19
6.	Pouvoir pathogène	20
7.	Moyens de lutte	20
7.1.	Lutte intégrée	20
7.1.1.	Lutte chimique	20
7.1.2.	Lutte physique.....	20
7.1.3	Lutte prophylactique.....	21

Partie expérimentale

Chapitre 1	Matériel et méthodes	
1.1.	Matériel biologique	22
1.1.1.	Matériel fongique	22
1.1.2.	Matériel végétal.....	22
1.2.	Méthodes	24
1.2.1.	Echantillonnage , préparation et conditionnement	24
1.2.2.	Préparation des huiles essentielles	25
1.2.3.	Extraction de l'huile essentielle	25
1.2.4.	Procédé d'extraction	26
1.2.5.	Conservation de l'huile essentielle	27
1.3.	Préparation du milieu de culture	27
1.4.	Test in « in vitro » de l'activité antifongique des huiles essentielles contre le phytopathogène <i>Fusarium sp</i>	29
1.4.1.	Confrontation directe sur milieu de culture	29
1.4.2.	Evaluation de taux d'inhibition de la croissance mycélienne de <i>Fusarium sp</i>	31
1.4.3.	Analyse statistique des données	31
Chapitre 2	Résultats et discussion	
1.	Résultats	32
2.	Discussion	35
Conclusion	39
Références bibliographiques.....		40
Annexes		
Résumé		

Liste des tableaux

Tableau 1.	Liste des plantes aromatiques et leurs vertus.....	5
Tableau 2.	Principales plantes aromatiques consommées en Algérie.....	8
Tableau 3.	Présentation des plantes testées.....	23
Tableau 4.	Analyse de la variance du pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne de <i>Fusarium sp</i> par les huiles essentielles.....	35
Tableau 5.	Test Fisher.....	35

Liste des figures

Figure 1.	Quelques plantes aromatiques	9
Figure 2.	Situation géographique de deux régions de récolte.....	24
Figure 3.	Méthode de préparation d'extraction de l'huile essentielle par hydrodistillation.....	25
Figure 4.	La préparation du milieu de culture.....	28
Figure 5.	Les étapes de la confrontation directe.....	30
Figure 6.	Histogramme représentant le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne du <i>Fusarium sp</i> de chaque H.E.....	32
Figure 7.	Histogramme représentant le diamètre de <i>Fusarium sp</i> dans les deux doses de H.Es	32
Figure 8.	Résultats des traitements des extraits végétaux à 0,1 ml sur la croissance mycélienne du <i>Fusarium sp</i>	33
Figure 9.	Résultats des traitements des extraits végétaux à 0,5 ml sur la croissance mycélienne du <i>Fusarium sp</i>	34

Liste des Photographies

Photo 1.	<i>Artemesia herba alba</i>	9
Photo 2.	<i>Ocimum basilicum</i>	9
Photo 3.	<i>Mentha puleguim</i>	9
Photo 4.	<i>Mentha Piperit</i>	9
Photo 5.	<i>Fusarium sp</i>	22
Photo 6.	Tubercule de pomme de terre infestée par <i>Fusarium sp</i>	22
Photo 7.	Hydro distillateur.....	26
Photo 8.	Les étapes d'extraction.....	27

Liste de abréviations

H. E : Huile Essentielles

PDA : Potatoes Dextrose Agar

T : Témoin

F: *Fusarium*

P. A : Plantes Aromatiques

P.A.M : Plantes Aromatiques et Médicinales

I% : Taux d'inhibition

Sp : Espèce

ANOVA : Analyse de la variance

D : dose

Introduction

Depuis des milliers d'années, l'homme utilisait les plantes trouvées dans la nature, pour traiter et soigner des maladies (SANAGO, 2006). Actuellement les plantes aromatiques possèdent un atout considérable, et sont largement utilisées en médecine et dans d'autres domaines d'intérêt économique tels que la parfumerie, le cosmétique, l'aromathérapie et l'agroalimentaire (GUEMIDI et DJEROUROU, 2017)

Les plantes aromatiques constituent une richesse naturelle très importante, leur valorisation demande une parfaite connaissance des propriétés. Les propriétés des plantes dépendent de la présence d'agents bioactifs variés et appartenant à différentes classes chimiques (MAILHEBIAN, 1994).

L'Algérie, par sa situation géographique, offre une végétation riche et diverse. Un grand nombre de plantes aromatiques y pousse spontanément. L'intérêt porté à ces plantes n'a pas cessé de croître au cours de ces dernières années (KHOLKHAL, 2014).

Les microorganismes sont des êtres vivants microscopiques prouvant vivre dans différents milieux comme l'eau, l'air et le sol, ils vivent en interaction avec leur environnement. Parmi ces organismes, on trouve des champignons telluriques dont une espèce ubiquiste nommé *Fusarium sp* (BURGES, 1981).

Comme moyens de lutte alternative il est devenu très indispensable de recherché des molécules nouvelles 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 antioxydantes et antifongiques. Parmi ces substances naturelles figurent les huiles essentielles extraites des plantes aromatiques. Les huiles essentielles avec leurs larges spectres d'action vis-à-vis d'un grand nombre d'espèces fongiques constituent une alternative très prometteuse, sans être une source de danger pour la santé humaine ou de pollution pour l'environnement (BROYDE et DORE, 2013).

La lutte biologique contre les phytopathogènes par les huiles essentielles est l'une des solutions trouvées pour ce problème, dont plusieurs travaux de recherche ont noté leurs activités antimicrobienne (SATRANI *et al.*, 2006 ; KALEMBA et KUNICKA, 2003 ; AMARTI *et al.*, 2010; CARSON et RILEY, 1995) et spécifiquement antifongique (EL AJJOURI *et al.*, 2008 ; BOUAIN, 2017). Ainsi, pour améliorer les rendements et répondre à la demande des marchés sans cesse croissante, le recours à l'usage des pesticides de synthèse par les producteurs est quasiment systématique (YAROU *et al.*, 2017).

Dans notre travail, nous nous sommes intéressés à l'efficacité de l'activité antifongique de l'huile essentielle extraite de 3 plantes aromatiques (*Artemesia herba-alba*, *Ocimum basilicum*, *Mentha puleguim*) à deux doses différents 0,1 ml et 0,5 ml sur le champignon *Fusarium sp.*

Notre étude sera scindée en deux parties :

Une partie théorique comprenant trois chapitres, où le premier donnera un bref aperçu sur les plantes aromatiques et leur usage dans différent secteurs, le second sera consacré à l'étude des huiles essentielles, les méthodes d'extraction, tandis que le troisième concernera l'étude du champignon *Fusarium* d'une manière générale.

Une partie expérimentale, quant à elle, comprendra la méthode utilisée pour la réalisation de ce travail dont l'extraction des huiles essentielles et l'évaluation de l'activité antifongique, ainsi qu'une présentation des différents résultats obtenus et leur discussion par rapport aux références issus d'une recherche bibliographique. Elle finira par une conclusion résumant les résultats obtenus et dégageant les principales perspectives.

Partie Bibliographique

Chapitre 1
Plantes aromatiques

1.1. Définition

En effet en l'absence de définitions précises des notions des plantes aromatiques ainsi que de leur extrait, il apparaît difficile de délimiter leur secteur, ou de dresser une liste exhaustive des produits concernés. Les plantes aromatiques sont des végétaux qui contiennent suffisamment de molécules aromatiques dans un ou plusieurs organes producteurs : feuilles, fleurs, tiges, fruits, écorces, racines etc. La définition « Epice » n'est pas spécifiquement distincte de celle de « Plantes Aromatiques ». Elle (=épice) renvoie à l'origine tropicale des plantes concernées dont la production et les échanges portent sur des volumes très importants. D'après PEYRON (2000), ces diverses plantes peuvent être, tour à tour ou ensemble, aromatiques, médicinales, cosmétiques ou de parfumerie. Les unes et les autres sont utilisées sous diverses formes : en l'état, transformées (déshydratées, surgelées ...), élaborées (extraits, huiles essentielles, oléorésines, isolats). Elles peuvent également se distinguer selon les organes récoltés (NEFFATI et SGHAIER,2014)

1.2. Usage des plantes aromatiques dans la gastronomie et la cuisine

L'usage des plantes aromatiques dans la gastronomie et la cuisine, reste fortement ancré dans toutes les cultures méditerranéennes. Menthe, origan, persil, romarin, sauge... sont largement présentes dans notre alimentation quotidienne sans parler de leur rôle thérapeutique indéniable. Elles accompagnent les recettes les plus sages aux plus originales et vous permettent de profiter de leurs bienfaits : fromage à la grecque, omelette aux fines herbes, soupe au pistou, concombre à la menthe pour n'en citer que quelques-unes ! (COSMETICOBBS,2021).

1.3. Usage des plantes aromatiques dans le cosmétique

Les aromates ont l'avantage de pouvoir être cultivés facilement et localement. Ce sont principalement de leurs feuilles qu'on tire les actifs cosmétiques, sous forme d'extraits, mais aussi d'hydrolats et d'huiles essentielles. Et pour être modestes en taille, ces petites feuilles offrent nombre de composés intéressants, en plus de leurs principes aromatiques qui viennent ajouter à la palette des parfums (BIEN_ETRE AU NATUREL,2021).

1.4. Usage des plantes aromatiques comme biopesticides

Les plantes aromatiques sont parmi les insecticides les plus efficaces d'origine botanique et constituent souvent la fraction bioactive des extraits de plantes (SHAAYA et *al.*, 1997).

Un biopesticide se définit comme tout pesticide d'origine biologique, et plus généralement tout produit de protection des plantes qui n'est pas issu de la synthèse chimique. Cependant, pour certains auteurs, le terme de biopesticide doit être réservé aux agents biologiques de lutte ou de contrôle des insectes, comme les arthropodes entomophages, les champignons pathogènes et enfin les bactéries (VINCENT et CODERRE, 1992 ; VINCENT, 1998). Il est cependant fondé étymologiquement d'appeler les molécules phytochimiques à caractère phytosanitaire des « biopesticides d'origine végétale » (PHILOGENE et *al.*, 2002). Avec le statut d'insecticide idéal c'est-à-dire spécifique, sélectif, biodégradable et disponible, ces phytoproduits constituent une composante essentielle de la lutte intégrée. Ils doivent leur spécificité à leur nature, aux molécules issues du métabolisme secondaire des plantes. Ils sont synthétisés initialement pour la défense du végétal contre la pression d'un herbivore. Leur sélectivité tient de la variabilité des composés qui les constituent, mélange de composés chimiques de nature et de structures différentes, leur activité biologique étant liée à la structure de ces composés. Leur biodégradabilité s'explique par la demi-vie assez courte de leurs composés. Ainsi, les huiles essentielles intervenant dans la lutte contre les ravageurs des denrées stockées peuvent être considérées comme des biopesticides d'origine végétale (LOKBANI,2018).

1.5. Aromathérapie

Une plante peut être qualifiée de médicinale lorsqu'elle contient, au niveau de ses tissus, un ou plusieurs principes actifs utilisables à des fins thérapeutiques (TOUMI et BENKHLIFA ,2018).

Chapitre 1 : plantes aromatiques

Tableau1: Liste des plantes aromatiques et leurs vertus(CONSERVATION NATURE ,2021)

Plantes aromatiques	Nom en arabe	Nom scientifique	Familles	Vertus
Ail	الثوم	<i>Allium sativum</i>	Amaryllidacées	antibactérien, protection contre les risques cardiovasculaires, antihypertenseur, il renferme aussi de nombreuses vitamines.
Persil	المعدنوس	<i>Petroselinum crispum</i>	Apiacées	On en trouve de nombreuses espèces différentes. Ses feuilles servent à aromatiser les soupes, omelettes, viandes, légumes... C'est aussi l'ingrédient principal de certains plats comme le taboulé. Le Persil est riche en vitamines et minéraux.
Basilic	الحبق	<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiacées	Ses feuilles sont un excellent condiment, utilisé notamment dans la cuisine italienne. Placé à la fenêtre, il éloigne les moustiques.
Laurier Noble	الرند	<i>Laurus nobilis</i>	Lauracées	On l'utilise notamment dans les soupes et plats en sauce. Le laurier-sauce se présente comme un petit arbre aux feuilles vert mat. Il se plaît sous les climats tempérés.
Coriandre	الدبشة	<i>Coriandrum sativum</i>	Apiacées	Ses petites feuilles délicates exhalent un parfum très caractéristique et incontournable dans la cuisine asiatique et indienne. On consomme ses feuilles fraîches et ses graines, mais aussi son huile essentielle.
Menthe Poivrée	النعناع	<i>Mentha piperita</i>	Lamiacées	On utilise ses feuilles dans les sauces, salades, boissons et desserts, tandis que son arôme et son parfum se retrouve dans de nombreux produits d'hygiène et d'entretien.
Armoise	الشيح	<i>Artemisia vulgaris</i>	Astéracées	Les feuilles sont utilisées depuis l'Antiquité pour leurs vertus médicinales.

1.6. Plantes aromatiques produites et consommées en Algérie

Selon MOKKADEM (1999), l'Algérie comprenait plus de 600 espèces de plantes médicinales et aromatiques. L'Hoggar comprenait une flore de 300 espèces dont plus d'un quart ont un usage médicinal traditionnel qui se trouvent en un état précaire avec les autres plantes suite aux effets de sécheresse excessive accentuée par l'activité mal raisonnée de l'homme.

On peut classer les plantes médicinales comme une ressource naturelle renouvelable, c'est à dire, que l'apparition ou la disparition des plantes, se fait périodiquement et continuellement dans des saisons définies par la nature (la biologie de la plante, l'écologie, ...etc.). Ces ressources subissent des dégradations irréversibles, comme on l'assiste aujourd'hui en Algérie et comme l'estime MOKKADEM (1999), que ces dix dernières années, des dizaines de plantes médicinales et aromatiques ont été disparues.

Les plantes médicinales comme les autres plantes subissent différents aspects de dégradation avec un gradient d'intensité variable selon plusieurs causes. Les PAMs spontanées et cultivées en Algérie subissent plusieurs opérations selon le niveau de développement de la filière (NEFFATI et SGHAIER ;2014).

- La production : Elle est assurée en milieu naturels, parcours et forêts et dans les exploitations privées.
- La récolte : La production de la matière première est assurée soit directement par les producteurs, soit sous-traitée, totalement ou partiellement par des intermédiaires.
- La transformation : On distingue à ce niveau la distillation des eaux de fleurs qui est assurée en partie par les producteurs et les intermédiaires familiaux de façon traditionnelle pour la consommation familiale ou la commercialisation locale. La quantité la plus importante est transformée par les entreprises industrielles telle que la Société de productions de plantes aromatiques et huiles essentielles en vrac en Algérie.

Parmi les principaux produits transformés et commercialisés sous forme industrielle nous citons :

- Huiles essentielles de Romarin, Thym, d'Eucalyptus, Genévrier, Lavande, Géranium, Menthe poivrée.
- Eau florale de Romarin, Thym, d'Eucalyptus, Genévrier, Lavande, Géranium, Menthe poivrée, Néoli (Fleur d'oranger amer)
- Plantes séchées de Romarin, de Thym et d'Eucalyptus.

Chapitre 1 : plantes aromatiques

Conditionnement : C'est au niveau des entreprises industrielles que se fait le contrôle de qualité, l'emballage, le stockage et la préparation à la commercialisation.

Commercialisation : Elle peut être en vrac et/ou sous différentes formes d'emballage. A l'échelle nationale, la commercialisation est assurée au niveau familial, souks locaux, régionaux et nationaux. En gros et/ou en détail elle est assurée, en partie, directement par les producteurs, par les intermédiaires et par les entreprises industrielles. L'exportation qui porte sur les huiles essentielles et les solutions distillées est assurée par les entreprises de transformation ou par des agents d'exportation à différents pays, en particulier européens.

La consommation : elle s'effectue dans les marchés locaux, nationaux et internationaux.

Chapitre 1 : plantes aromatiques

Tableau 2 : Principales plantes aromatiques consommées en Algérie (SAHI,2016)

Espèces	Noms scientifiques	Partie utilisées	Importance
Fenugrec	<i>Trigonelle foenum groecum</i>	Graines	XXX
Verveine	<i>Verbena citriodora</i>	Feuilles	XXX
Sablinae	<i>Arenaria rubra L.</i>	Plantes entière	XXX
Coriandre	<i>Coriandrum sativum L.</i>	Graines	XXX
Queue de cerise	<i>Prunus cerasus L.</i>	Queues	XXX
Armoise blanche	<i>Artemesia herba alba asso</i>	Sommités fleuries	XXX
Marrube blanc	<i>Marrubium vulgaire L.</i>	Sommités fleuries	XXX
Globulaire	<i>Globularia alpum L.</i>	Sommités fleuries	XXX
Menthe verte	<i>Mentha viridis L.</i>	Feuilles	XXX
Origan	<i>Majorana horteniis moeneli</i>	Sommités fleuries	XXX
Nigelle	<i>Nigelle sativa L.</i>	Graines	XXX
Petite centaurée	<i>Erithrea centaurium L.</i>	Sommités fleuries	XXX
Cumin	<i>Cuminum cyminum L.</i>	Graines	XXX
Réglisse	<i>Glycyrrhiza glabra L.</i>	Racines	XX
Romarin	<i>Romarinus officinalis L.</i>	Sommités fleuries	XX
Thym	<i>Thymus vulgaris</i>	Sommités fleuries	XX
Bigaradier	<i>Citrus bigaradia(duham)</i>	Feuilles et fleurs	XX
Séné	<i>Cassia abovata .collad</i>	Feuilles	XX
Sauge	<i>Salvia officinalis L.</i>	Sommités fleuries	XX
Lavande	<i>Lavandula officinalis L.</i>	Fleurs	XX
Noyer	<i>Juglans regia L.</i>	Feuilles et croce	XX
Myrte	<i>Myrtus communis L.</i>	Feuilles et fruits	XX
Alaterne	<i>Rhammus alaternus L.</i>	Feuilles	XX
Menthe pouliot	<i>Menta pulegium L.</i>	Sommités fleuries	XX
Thym serpolet	<i>Thymus serpyllum L.</i>	Sommités fleuries	XX
Aubépine	<i>Carataegus monogyna jacq</i>	Fleurs	XX
Camomille	<i>Matricaria camomilla l.</i>	Fleurs	XX
Anis	<i>Vert pimpinella anisum L.</i>	Graines	XX
Ortie	<i>Urtica urens l sommités</i>	Fleuries	X
Frêne	<i>Faxinus exelsior L.</i>	Feuilles	X
Lentisque	<i>Pistacia lentiscus L.</i>	Feuilles	X
Basilic	<i>Ocinum basilicum L.</i>	Sommités fleuries	X
Pétale de rose	<i>Rosa canina L.</i>	Pétales et fruits	X
fenouil	<i>Foeniculum vulgaire</i>	Graines	X

XXX : très consommé, XX : moyennement consommé, X : peu consommé



Artemesia herba-alba



Ocimum basilicum



Mentha pulegium



Mentha Piperita

Photo 1. Quelques photos des plantes aromatiques

Chapitre 2
Les huiles essentielles

2. Les huiles essentielles

2.1. Définition

Ce sont des substances huileuses, volatiles, d'odeur et de saveur généralement fortes, extraites à partir des différentes parties de certaines plantes aromatiques, par les méthodes de distillation, par enfleurage, par expression, par solvant ou par d'autres méthodes (BELAICHE, 1979 ; VALNET, 1984 ; WICHTEL et ANTHON, 1999). Pour BRUNETON (1999), les huiles essentielles (=essences=huiles volatiles) sont « des produits de compositions généralement assez complexes renfermant des principes volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifiés au cours de la préparation ». La norme française AFNOR NF T75-006 définit l'huile essentielle comme : « un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des Citrus, et qui sont séparés de la phase aqueuse par procédés physiques » (GARNERO, 1996).

2.2. Répartition botanique des huiles essentielles

Les huiles essentielles n'ont pas une présence générale chez les végétaux. Parmi les 1500000 espèces végétales recensées, seulement 10% sont capables de synthétiser une essence. Ces plantes sont alors dites « aromatiques » (BRUNETON, 1999 ; DEGRYSE et *al.*, 2008).

Certaines familles se caractérisent par le grand nombre d'espèces à essences qu'elles regroupent, en particulier les Labiées, les Ombellifères, les Myrtacées et les Lauracées (BASER et BUCHBAUER, 2010).

2.3. Composition physique des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des liquides à température ordinaire, d'odeur aromatique très prononcée, généralement incolores ou jaune pâle à l'exception de quelques huiles essentielles telles que l'huile de l'Achillée et l'huile de la Matricaire. Ces dernières se caractérisent par une coloration bleue à bleu verdâtre, due à la présence de l'azulène et du chamazulène (ABOU ZEID, 2000).

Les huiles essentielles s'évaporent et se volatilisent à température ambiante. Très peu solubles dans l'eau à laquelle elles communiquent leurs odeurs, cette eau est dite « eau distillée florale ». Les huiles essentielles sont solubles dans les alcools, dans les huiles fixes et dans la plupart des solvants organiques (PARIS et HURABIELLE, 1981 ; BRUNETON, 1999 ; ABOU ZEID, 2000 ; GHUESTEM et *al.*, 2001). Leur point d'ébullition est toujours supérieur à 100°C et dépend de leurs poids moléculaires par exemple les points d'ébullition du caryophyllène, du

géraniol, du citral et du α -pinène sont 260°, 230°, 228° et 156 °C respectivement (ABOU ZEID, 2000), mais d'après VALNET (1984), ce point varie de 160 °C à 240 °C.

Les huiles essentielles s'oxydent facilement à la lumière et se résinifient en absorbant de l'oxygène, en même temps, leurs odeurs se modifient, leurs points d'ébullition augmentent et leurs solubilités diminuent. Elles absorbent le chlore, le brome et l'iode en dégageant de la chaleur (DURAFFOURD *et al.*, 1990).

2.4. Composition chimique des huiles essentielles

Comme toute substance, les huiles essentielles se caractérisent par une composition chimique analysable et très variable. Le nombre de composants isolés est d'environ des milliers et il en reste beaucoup à découvrir (BACIS, 1999). Ces constituants appartiennent, de façon quasi exclusive, à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpénoïdes (les composés terpéniques) et le groupe des composés aromatiques dérivés du phenylpropane, beaucoup moins fréquents. Elles peuvent également renfermer divers produits issus du processus de dégradation mettant en jeu des constituants non volatils (BRUNETON, 1999).

2.4.1. Composés terpéniques

Les terpènes constituent une famille de composés largement répandus dans le règne végétal. Leur particularité structurale la plus importante est la présence dans leur squelette d'une unité isoprénique à 5 atomes de carbone (C, H,) (LAMARTI *et al.*, 1994). Seuls les terpènes dont la masse moléculaire est relativement faible (mono - et sesquiterpènes) sont rencontrés dans les huiles essentielles (BRUNETON, 1999) et leur confère un caractère volatil et est à la base de leurs propriétés olfactives (PIBIRI, 2006).

Les terpènes sont constitués d'un mélange d'hydrocarbures et de composés oxygénés dérivés de ces hydrocarbures. Dans certaines huiles essentielles, les hydrocarbures prédominent (ex. l'essence de Térébenthine) dans d'autres, la majeure partie de l'essence est constituée de composés oxygénés. Il est à noter que l'odeur et le goût des huiles essentielles sont donnés par ces composés oxygénés. Parmi ces composés oxygénés, on note d'alcools (géraniol, linalol), d'esters (acétate de linalyle), d'aldéhydes (menthone, camphre, thuyone), les cétones, les éthers, les phénols et les peroxydes (PARIS et HURABIELLE, 1981 ; SVOBODA et HAMPSON, 1999).

2.4.2. Composés aromatiques

Les huiles essentielles renferment aussi des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (C6-C3), mais qui sont beaucoup moins fréquents que les terpènes et dont la biogenèse est totalement différente (PARIS et HURABIELLE, 1981). BRUNETON (1999) considère que ces composés sont très souvent des allyl- et propenyl phénols, parfois des aldéhydes, caractéristiques de certaines huiles essentielles d'Apiacées (Anis, Fenouil : anéthole, anisaldehyde, méthyl-chavicol=estragole. Persil : apiole) mais aussi de celles du Girofle (eugénol), de la Muscade (safrol, eugénol), de l'Estragon (eugénol), du Basilic (eugénol), de l'Acore (asarones) ou des Cannelles (cinnamaldéhyde eugénol safrol).

2.4.3. Composés d'origines diverses

Ce sont des produits résultant de la transformation de molécules non volatiles entraînaibles par la vapeur d'eau. Il s'agit de composés issus de la dégradation d'acides gras, de terpènes. D'autres composés azotés ou soufrés peuvent subsister mais sont rares. Enfin, il n'est pas rare de trouver dans les concrètes des produits de masses moléculaires plus importantes non entraînaibles à la vapeur d'eau, mais extractibles par les solvants homologues des phénylpropanes, diterpènes, etc.... (BRUNETON, 1999). Le composé soufré le plus rencontré est l'allyl-isothiocyanate issu de la dégradation d'un glucoside sinigraside qui se trouve dans les graines de moutarde noire. Ce composé est incolore, fluide et de saveur piquante. Certaines plantes aromatiques produisent des huiles essentielles dont les composés terpéniques renfermant l'élément nitrogène. Parmi ces composés on cite l'indole, qui se trouve dans l'huile essentielle de citron et des fleurs de jasmin (ABOU ZEID, 1988).

2.4.4. Chymotype

La composition chimique de l'huile essentielle de certaines plantes peut varier à l'intérieur d'une même espèce. En effet une même plante aromatique, botaniquement définie, synthétise une essence qui sera biochimiquement différente en fonction du biotope dans lequel elle se développera ; ces variétés chimiques sont communément appelées chémotypes, types biogénétiques, races chimiques ou races biologiques.

Biochimiquement différent, deux chémotypes présenteront non seulement des activités thérapeutiques différentes mais aussi des toxicités très variables (BAUDOUX, 1997). La non connaissance de cette notion capitale et le manque de précision laissent la porte ouverte aux échecs thérapeutiques et à la toxicité de certaines d'entre elles (LAOUER, 2004).

2.5. Principaux domaines d'application des huiles essentielles

2.5.1. Aromathérapie

L'aromathérapie est une forme de médecine alternative dans laquelle les H.Es ont une grande importance car elles induisent de nombreux effets curatifs. Ainsi elles s'utilisent de plus en plus dans diverses spécialités médicales telles que : la podologie, l'acupuncture, la masso-kinésithérapie, l'ostéopathie, la rhumatologie ainsi que dans l'esthétique (SALLE, 1991).

2.5.2. Agro-alimentaire

En vertu de leurs propriétés antiseptiques et aromatisantes, les H.Es sont employées quotidiennement dans les préparations culinaires (ail, laurier, thym,...). Elles sont également très prisées en liquoristerie (boissons anisées, kummel) et en confiserie (bonbons, chocolat, ...). Leur pouvoir antioxydant leur permet de conserver les aliments en évitant les moisissures, conservation du smen par exemple par le thym et le romarin (TEISSEDRE et WATERHOUSE, 2000).

2.5.3. Cosmétologie et parfumerie

Les huiles essentielles sont recherchées dans l'industrie des parfums et des cosmétiques en raison de leurs propriétés odoriférantes. L'industrie de la parfumerie consomme d'importants tonnages d'essences (60%) en particulier celles de rose, de jasmin, de violette, de verveine.

Les huiles essentielles sont aussi consommées en cosmétologie pour parfumer les produits cosmétiques : les dentifrices, les shampoings, les crèmes solaires, les rouges à lèvres, les savons, etc (SEU-SABERNO et BLAKEWAY, 1984).

2.5.4. Pharmacie

Les essences issues des plantes sont utilisées en grande partie dans la préparation d'infusion (menthe, verveine, thym, ...) et sous la forme de préparations galéniques (Sallé, 1991). Plus de 40% de médicaments sont à base de composants actifs de plantes, par exemple gastralgine est un digestif anti-acide qui se compose d'H.E de carvi (PHARMACOPÉE EUROPEENNE, 1999).

De même, elles permettent par leurs propriétés aromatisantes de masquer l'odeur désagréable de médicaments absorbés par voie orale. Aussi beaucoup de médicaments vendus en pharmacie sont à base d'E.H comme par exemple les collyres, les crèmes, les élixirs. (RICHARD, 1999).

2.5.5. Agronomie

Les modes d'application des huiles essentielles en agriculture sont très variés soit par fumigation, attractif ajouté aux pièges à phéromones, répulsif ou par contact (REGNAULTROGER et HAMRAOUI, 1995). Outre leurs activités biologiques, les huiles essentielles présentent d'autres caractéristiques qui en font des produits adaptés dans la lutte contre les nuisibles.

2.6. Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Plusieurs techniques permettent d'extraire les huiles essentielles de végétaux :

2.6.1. Entraînement à la vapeur d'eau

Les méthodes d'extraction par l'entraînement à la vapeur d'eau sont basées sur le fait que la plupart des composés volatils contenus dans les végétaux sont entraînaibles par la vapeur d'eau, du fait de leur point d'ébullition relativement bas et de leur caractère hydrophobe. Sous l'action de la vapeur d'eau introduite ou formée dans l'extracteur, l'essence se libère du tissu végétal et entraînée par la vapeur d'eau. Le mélange de vapeurs est condensé sur une surface froide et l'huile essentielle se sépare par décantation (BRUNETON, 1993).

En fonction de sa densité, elle peut être recueillie à deux niveaux :

- au niveau supérieur du distillat, si elle est plus légère que l'eau, ce qui est fréquent.
- au niveau inférieur, si elle est plus dense que l'eau.

Les principales variantes de l'extraction par l'entraînement à la vapeur d'eau sont l'hydrodistillation, la distillation à vapeur saturée et l'hydrodiffusion (BRUNETON, 1993).

2.6.2. Hydrodistillation

Le principe de l'hydrodistillation est celui de la distillation des mélanges binaires non miscibles. Elle consiste à immerger la biomasse végétale dans un alambic rempli d'eau, que l'on porte ensuite à l'ébullition. La vapeur d'eau et l'essence libérée par le matériel végétal forment un mélange non miscible. Les composants d'un tel mélange se comportent comme si chacun était tout seul à la température du mélange, c'est à dire que la pression partielle de la vapeur d'un composant est égale à la pression de vapeur du corps pur. Cette méthode est simple dans son principe et ne nécessite pas un appareillage coûteux. Cependant, à cause de l'eau, de l'acidité, de la température du milieu, il peut se produire des réactions d'hydrolyse, de réarrangement, d'oxydation, d'isomérisation, etc. qui peuvent très sensiblement conduire à unedénaturation (BRIAN, 1995).

2.6.3. Distillation à vapeur saturée

Dans cette variante, la matière végétale n'est pas en contact avec l'eau. La vapeur d'eau est injectée au travers de la masse végétale disposée sur des plaques perforées. La distillation à vapeur saturée est la méthode la plus utilisée à l'heure actuelle dans l'industrie pour l'obtention des huiles essentielles à partir de plantes aromatiques ou médicinales. En général, elle est pratiquée à la pression atmosphérique ou à son voisinage et à 100°C, température d'ébullition d'eau. Son avantage est que les altérations de l'huile essentielle recueillie sont minimisées (BRIAN, 1995).

2.6.4. Hydrodiffusion

Elle consiste à pulser de la vapeur d'eau à travers la masse végétale, du haut vers le bas.

Ainsi le flux de vapeur traversant la biomasse végétale est descendant contrairement aux techniques classiques de distillation dont le flux de vapeur est ascendant. L'avantage de cette technique est traduit par l'amélioration qualitative et quantitative de l'huile récoltée, l'économie du temps, de vapeur et d'énergie (ROUX, 2008).

2.6.5. Expression à froid

Elle constitue le plus simple des procédés, mais ne s'applique qu'aux agrumes dont l'encore des fruits comporte des poches sécrétrices d'essences. Ce procédé consiste à broyer, à l'aide de presses, les zestes frais pour détruire les poches afin de libérer l'essence. Le produit ainsi obtenu porte le nom d'essence, car il n'a subi aucune modification chimique (ROUX, 2008).

2.7. Conservation des huiles essentielles

A cause de leur évaporation rapide, leur sensibilité à l'air et à la lumière, les huiles essentielles doivent être conservées dans des flacons opaques et fermés hermétiquement (VALNET, 1984 ; SALLE et PELLETIER, 1991).

2.8. Rôle de l'huile essentielle dans la plante

Certains auteurs pensent que les huiles essentielles pourraient avoir un rôle attractif vis-à-vis des insectes pollinisateurs et favoriseraient ainsi la pollinisation (BRUNETON, 1999 ; ABOU ZEID, 2000 ; GUIGNARD, 2000).

D'autres auteurs affirment que les huiles essentielles jouent un rôle hormonal, régulateur et catalyseur dans le métabolisme végétal et semblent aider la plante à s'adapter à son environnement. BELAICHE (1979) signale que l'utilité des huiles essentielles pour les plantes désertiques est liée à la conservation d'une humidité indispensable à la vie des plantes. Les

vapeurs aromatiques permettent de saturer l'air autour de la plante empêchant, le jour, la température de l'air de monter jusqu'à un degré insupportable pour la vie végétale et la nuit de baisser de façon excessive.

2. 9. Modes d'action des huiles essentielles comme biopesticides

Les huiles essentielles ont été testées sur différentes cibles en protection des cultures : les insectes, les micro-organismes (champignons et bactéries), les adventices et aussi en protection des semences (FURET et BELLENOT, 2013).

2.9.1. Insectes

Les activités des huiles essentielles décrites sur les insectes sont variées : larvicides, adulticides, répulsifs ou inhibiteurs de croissance. La plupart des huiles essentielles agissent en perturbant la structure de la membrane cellulaire mais, pour certaines, des effets neurotoxiques ont pu être mis en évidence, dus à des interactions avec des neurotransmetteurs tels que le GABA (acide gamma-aminobutyrique) et l'octopamine, ou par inhibition de l'acétyl cholinesterase. Enfin, certaines huiles essentielles peuvent potentialiser l'action d'autres molécules en inhibant les cytochromes P450 qui, normalement les détoxifient. Par leur volatilité et leur petite taille, beaucoup des constituants des huiles essentielles interagissent avec les récepteurs d'odeur des insectes, déclenchant des comportements variés fuite, attraction, oviposition, etc (REGNAULT-ROGER, 2012).

2.9.2. Micro-organismes

La grande majorité des études sur l'activité antibiotique des huiles essentielles porte sur les micro-organismes pathogènes pour l'homme ou qui altèrent sa nourriture. Les huiles essentielles les plus efficaces sont riches en phénols (thymol, carvacrol, eugénol) ou en aldéhyde cinnamique, bien que quelques alcools (1maI01, terpinène-4-ol...) montrent dans certains cas une activité intéressante (LANG et BUCHBAUER, 2012).

Un article récent (VIDYASAGAR et *al*, 2013), fait le point sur les huiles essentielles ayant démontré, au laboratoire, des activités intéressantes contre des champignons pathogènes des cultures. Les champignons étudiés appartiennent aux genres suivants : Botrytis, Penicillium, Aspergillus, Pythium, Collet otrichum, Curvularia, Fusarium, Alternaria, Bipolaris, Pyricularia, Rhizoctonia, Cladosporium, Lasiodz»lodia, Phomopsis, Rhizopus...

2.9.3. Adventices

Les études publiées sur l'activité des huiles essentielles comme herbicides sont nombreuses et recouvrent généralement des tests d'inhibition de germination de graines. Celles qui paraissent les plus actives sont des huiles essentielles à phénols (thymol, carvacrol), à cétones (carvone, pulégone) ou à étheroxydes (eucalyptol ou 1 8-cinéol) (SOLTYS et *al.*, 2013).

Les produits commercialisés aux USA sont majoritairement des herbicides de contact qui agissent en dissolvant la cuticule recouvrant les feuilles, ce qui entraîne la mort des cellules. Cet effet ne dure pas longtemps, ce qui nécessite des applications fréquentes, à doses assez élevées (50 à 500 l/ha d'huile essentielle) (SOLTYS et *al.*, 2013). Certains composés issus d'huile essentielle agissent différemment. Par exemple, la leptospermone de l'huile essentielle de *Leptospermum scoparium* s'est révélée être un puissant inhibiteur de la HPPD (ou phydroxyphenylpyruvate dioxygenase), qui entraîne une décoloration et un flétrissement des adventices. Elle est efficace en pré et post levée des adventices (sétaire, avoine, moutarde brune, rumex crépu, panic pied-de-coq, digitale sanguine, amarante réfléchie) mais il en faut 9 kg/ha pour un contrôle satisfaisant (DAYAN et *al.*, 2011). L'huile essentielle de *Leptospermum* est plus active que la leptospermone pure et des études récentes (2013) ont mis en évidence la circulation de cette molécule dans la digitale sanguine (OWENS et *al.*, 2013). Des molécules de synthèse de structure proche (sulcotrione et mésotrione par exemple) ont été développées avec des efficacités 100 fois supérieures (SOLTYS et *al.*, 2013).

Chapitre 3
Fusarium sp

1. Généralités

Les *Fusarium* (LINK, 1809) sont des champignons imparfaits « Fungi imperfecti » ou Deutéromycètes ou encore Adélomycètes.

C'est une espèce essentiellement saprophyte, mais elle a pourtant un rôle de premier plan en pathologie végétale. Elle comprend en effet des agents pathogènes responsables de dégâts importants dans de nombreuses cultures, telles que les cultures florales (œillet, cyclamen) et maraîchères sous serres (tomate, melon, concombre...), les palmeraies et bananeraies, et les cultures de coton et de lin (NELSON et *al*, 1981).

2. Taxonomie

La taxinomie ou taxonomie a pour objet de décrire les organismes vivants et de les regrouper en entités appelées taxons afin de les identifier, les nommer et enfin les classer. Depuis la seconde moitié du XXème siècle, une nouvelle approche conceptuelle de ces classifications est possible grâce à la biologie moléculaire. La taxinomie en mycologie est donc en constante évolution suite aux données recueillies lors des différentes approches phylogénétiques. Ce remodelage des classifications s'applique également pour le genre *Fusarium*. Le genre *Fusarium* appartient au phylum des Ascomycota, à la classe des Sordariomycetes et à l'ordre des Hypocreales (GHORRI, 2015). Il s'agit d'un genre polyphylétique à la taxinomie complexe. Par exemple, *Fusarium solaniet Fusarium verticillioides* possèdent des formes sexuées (téleomorphes) appartenant respectivement aux genres *Nectria* ou *Gibberella* alors que *Fusarium oxysporum* est actuellement connu que sous sa forme asexuée (anamorphe). La taxinomie du genre autrefois basée sur les aspects morphologiques ou l'adaptation à un substrat particulier, a été revue en profondeur avec l'avènement des techniques de phylogénie moléculaire. Les données récentes issues de ces travaux montrent que les anciennes taxinomies sont en partie erronées. Ceci s'est traduit par le rattachement d'espèces des genres *Acremonium* ou *Cylindrocarpon* au sein du genre *Fusarium* telles que *Acremonium falciforme* ou *Cylindrocarpon lichenicola* (GHORRI, 2015).

3. Disposition Systématique

Selon DEBOURGOGNE (2013), La nouvelle classification taxonomique du genre *Fusarium* basée sur la phylogénie moléculaire est la suivante :

Règne : Fungi
Division : Ascomycota
Classe : Sordariomycetes
Sous-classe : Hypocreomycetidae
Ordre : Hypocreales
Famille : Nectriaceae
Genre : *Fusarium*

4. Cycle de vie

Cycle biologique Le champignon qui cause la maladie persiste et se multiplie sur les résidus végétaux infectés, qu'il s'agisse de céréales, de graminées ou d'autres plantes, cultivées ou non, qui se trouvent dans le champ et dans les environs. Les spores de *Fusarium* se déposent sur les épis à la faveur du vent et des éclaboussures. Les petites céréales sont sensibles à l'infection à partir de la floraison (apparition de l'épi) jusqu'au stade mi- pâteux ; selon les caprices du climat. (MARTIN et al., 2007 ; WEGULO et al., 2008). Les conditions les plus propices à l'infection sont des périodes de 48 à 72 heures de forte humidité et des températures de 24 à 30 °C. Des périodes plus longues d'humidité élevée combinées à des températures fraîches peuvent aussi provoquer l'infection. Les infections qui se produisent tôt dans la saison produisent parfois des spores qui, transportées par le vent, peuvent propager la maladie (MARTIN et al., 2007).

5. Aspects Morphologiques

Les champignons du genre *Fusarium* appartiennent aux hyalo-hyphomycètes et présentent un mycélium septé et incolore. En culture, les colonies présentent souvent des nuances roses, jaunes, rouges ou violettes (BOOTH, 1985 ; ALVES-SANTOS et al., 1999 ; et ORTONEDA et al., 2003). Les cellules conidiogènes se forment sur des hyphes aériens ou sur des conidiophores courts et densément branchés. Les conidies sont de trois types : macroconidies, microconidies et blastoconidies. Les macroconidies falciformes, avec plusieurs septa transverses, une extrémité apicale crochue et une base pédicellée sont produites en basipétale (croissance à partir de la base) par les monophialides ou les sporodochia (agrégats de conidiophores) et sont accumulées en masse. Les microconidies sont ellipsoïdes, ovoïdes, subsphériques, pyriformes, claviformes ou allantoïdiennes, généralement unicellulaires et présentent une base arrondie ou tronquée. Elles sont produites en séries basipétales sur des mono ou polyphialides et accumulées en petites têtes ou en chaînes. Les blastoconidies sont produites séparément sur des cellules polyblastiques et présentent de 0 à 3 septa. Des chlamydospores, souvent présentes, sont hyalines ou pâles, intercalaires ou terminales et possèdent une paroi épaisse (DE HOOG et al., 2011).

6. Pouvoir pathogène

Les *Fusarium* sont, principalement, des phytopathogènes. Ces champignons contaminent Les céréales, les légumes, les arbres fruitiers provoquant des maladies nommées fusarioses. Les *Fusarium* sont généralement impliqués dans la pourriture des racines, tiges et fruits ; dans la dégradation du système vasculaire (TRENHOLM et *al.*, 1988). Le pouvoir pathogène chez l'homme et les animaux est varié. Certaines espèces sont à l'origine des kératites et endophtalmies. D'autres espèces (*F. solani*, *F. moniliforme*) sont impliquées dans des infections systémiques (GUARRO et GENE, 1992).

- *Fusarium verticillioides* est un agent de fusarioses disséminées chez les patients infectés par le HIV (DURAN et *al.*, 1989).

- *Fusarium oxysporum* est un agent d'onyxis, de kératites, d'endophtalmies, de péritonites et d'infections disséminées chez les patients atteints d'hémopathie maligne (THOMAS., 1992).

- *Fusarium solani* est l'espèce la plus commune, impliquée dans les fusarioses rencontrées aux patients diabétiques. Il peut également être responsable des ulcères cornéens (DEL PALACIO et *al.*, 1985 ; GARI-TOUSSAINT et *al.*, 1997).

7. Moyens de lutte

7.1 Lutte intégrée

C'est la combinaison de toutes les techniques de lutte afin de lutter contre les phytopathogènes. Ces méthodes ne sont efficaces que si l'on a une meilleure connaissance des mécanismes qui sont à l'origine des interactions entre la plante et l'agent pathogène (CORBAZ, 1990).

Ces moyens de lutte sont :

7.1.1 Lutte chimique

Désinfection du sol à l'aide de fongicide chimique le triazole. (MARTIN et *al.*, 2007).

7.1.2 Lutte physique

AINCHISI et *al* (1985) ont utilisé un traitement à l'eau chaude pour protéger les plantes dans un sol où la maladie est présente la technique consiste à traiter les racines des plantes avec l'eau entre 48 et 49 °C pendant 30 secondes avant de transplanter, cela stimule la croissance des racines.

7.1.3 Lutte prophylactique (MARTIN *et al.*, 2007).

- Désinfection du sol.
- Recours à des graines enrobées.
- Protection vis à vis des insectes et des blessures.
- Traitements fongicides systémiques de la culture, post récolte avant stockage.
- Elimination des fruits et légumes légèrement atteints avant le stockage.
- Stockage réfrigéré (développement ralenti à 10 °C).
- Utilisation de cultivars plus résistants.

Partie expérimentale

Chapitre 1
Matériel et méthodes

1. Matériel et Méthode

1.1. Matériel biologique

1.1.1. Matériel fongique

L'espèce du champignon testé est *Fusarium sp.* La souche utilisée a été isolée à partir d'un tubercule de pomme de terre infesté conservé au niveau du Laboratoire de Microbiologie, Faculté SNV de l'Université KASDI Merbah Ouargla. Des repiquages à plusieurs reprises ont été réalisés afin de garder la viabilité de la souche, et conservée à 04 °C jusqu'à son utilisation.



Photo 5. *Fusarium sp*



photo 6. La fusariose de la pomme de terre (GOOGLE,2021)

1.1.2. Matériel végétal

Pour l'essai des effets des huiles essentielles sur l'isolat de *Fusarium sp.*, trois espèces de plantes ont été choisies (*Mentha pulegium*, *Artemisia herba alba*, *Ocimum basilicum*). Les noms scientifiques et communs de ces espèces de plantes, la région et la date de leur récolte et photographies sont résumés dans le tableau :

Tableau 3: Présentation des plantes testées.

Systematique	Nom commun	Région et date de récolte	Photo
<p>Règne : Plantes Embranchement : Phanérogames ou Spermaphytes Sous-embranchement : Angiospermes Classe : Eudicots Sous-classe : Astéridées Ordre : Lamiales Famille : Lamiacées Genre : <i>Mentha</i> L. Espèce : <i>Mentha pulegium</i> L. QUEZEL et SANTA (1963)</p>	Fliyo	<p>Ouargla Mars 2021</p>	
<p>Règne : Plantes Embranchement : Spermaphyte Division : Magnoliophyta Ordre : Lamiales Famille : Lamiaceae Genre : <i>Ocimum</i>. Espèce : <i>Ocimum basilicum</i> L. (CHENNI, 2016)</p>	Hbak	<p>Ouargla Avril 2021</p>	
<p>Règne : plantes Embranchement : Phanérogames Sous-embranchement : Angiospermes Classe : Dicotylédones gamopétales Sous-classe : Gamopétale Epigynes Isotémones Ordre : Astérales Famille : Syntherées ou composées Sous-famille : Tubiliflores Genre : <i>Artemisia</i> Espèce : <i>Artémisia herba alba osso</i> QUEZEL et SANTA (1963)</p>	Chih	<p>Ghardaïa Avril 2021</p>	

1.2. Méthodes

1.2.1. Echantillonnage, préparation et conditionnement

Etant donné que chaque partie d'une plante contient des métabolites secondaires pouvant construire un principe actif utilisable à des fins de protection des cultures. La concentration de ces métabolites varie principalement en fonction du stade phonologique, de l'altitude, et de la période de l'année. En principe, le stade probable à forte concentration au niveau du feuillage est bien la floraison.

Les échantillons de plants (feuillage) sont récoltés à partir de deux régions (Ghardaïa et Ouargla), durant les mois de mars et avril 2021. (Figure 2)

La partie aérienne des plantes a été séchée à l'ombre dans un endroit sec et aéré à une température ambiante pendant 4 à 5 jours en fonction de l'espèce. Cette étape est nécessaire afin que les réactions d'altération ne puissent plus se reproduire et la prolifération des micro-organismes sont limitée. Les échantillons de plantes séchés sont coupés en petits morceaux et conservé séparément dans des sacs en papier à une température ambiante et à l'abri de la lumière et de l'humidité jusqu'à leur utilisation.



Figure 2 : Situation géographique de deux régions de récolte (GOOGLE MAPS, 2021).

1.2.2. Préparation des huiles essentielles

La préparation des huiles essentielles à base de la partie aérienne (tige, feuille et fleur) de trois espèces de plantes étudiées ont été réalisées au niveau du laboratoire de génie des procédés de l'université KASDI Mebah Ouargla. (Figure 3)

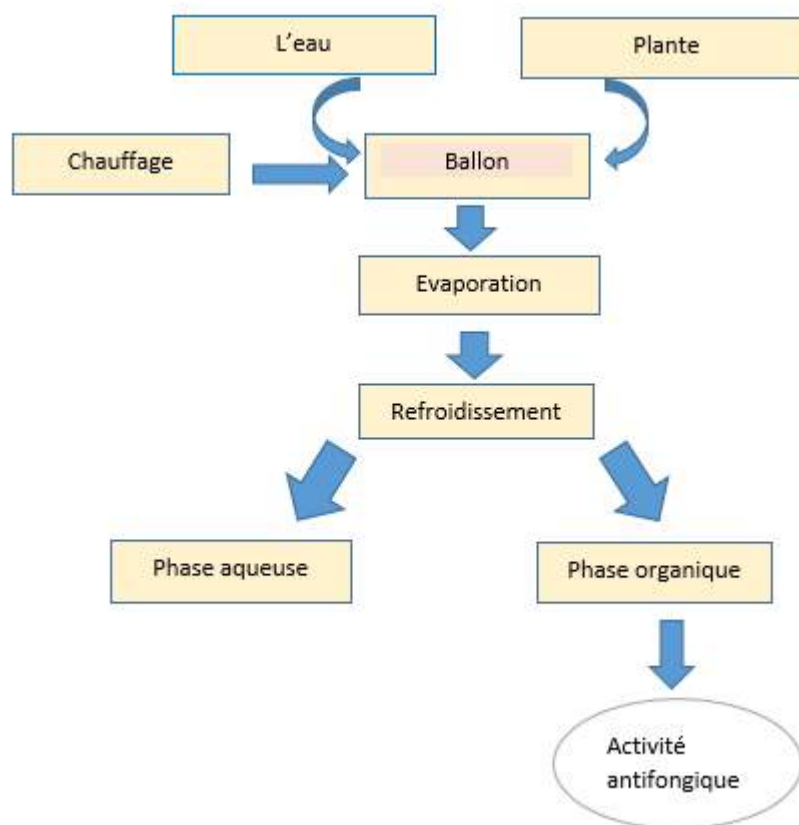


Figure 3. Méthode de préparation d'extraction de l'huile essentielle par hydrodistillation

1.2.3. Extraction de l'huile essentielle

Parmi les techniques d'extraction des huiles essentielles l'hydro distillation est l'une des plus anciennes. Le principe est le suivant :

L'hydrodistillation est constitué d'un chauffe ballon qui permet la distribution homogène de la chaleur dans le ballon, un ballon en verre où l'on place la plante séchée et l'eau distillée, une colonne de condensation de la vapeur (réfrigérant) qui vient de l'échauffement du ballon, les cellules végétales éclatent et libèrent les molécules odorantes, les quelles sont alors entraînées par

la vapeur d'eau crée .Elle passent par un réfrigèrent à eau ou elles sont condensées puis sont récupérées dans un récipient en verre .(Photo 5)



Photo 5. Hydro distillateur

1.2.4. Procédé d'extraction

Les Plantes aromatiques sèches sont mises dans un ballon à fond rond, additionnées d'eau distillée. L'ensemble est porté à ébullition pendant environ 2 heures. L'huile essentielle est alors entraînée par la vapeur d'eau. Elle est ensuite condensée en passant par le condensateur. Le liquide recueilli résulte en un distillat avec une couche d'huile mince à la surface qui sera par la suite séparée, après repos du liquide. L'huile essentielle obtenue est gardée au réfrigérateur. (Photo 6)

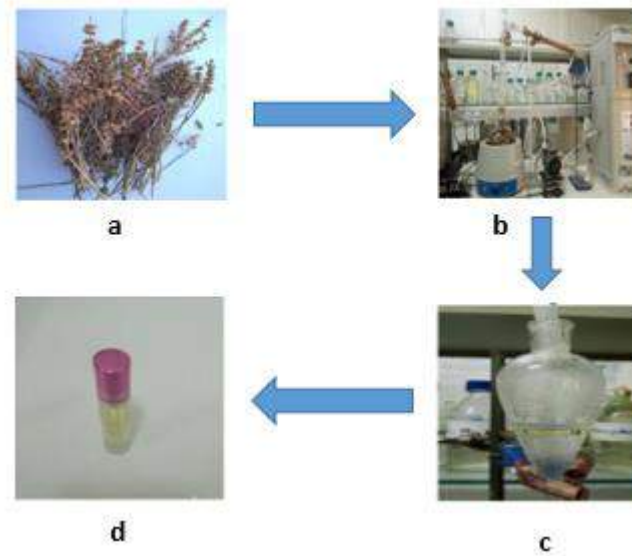


Photo 6. Les étapes d'extraction

a: plante ,b :hydrodistillateur ,c :erlenmeyer de recuperation ,d :extraite d'huile

1.2.5. Conservation de l'huile essentielle obtenue

La conservation des huiles essentielles exige certaines précautions indispensables. Pour cela nous les avons conservées à une température voisine de 4 °C, dans une petite bouteille en verre fermée hermétiquement pour la préserver de l'air et de la lumière.

1.3. Préparation du milieu de culture

Pour évaluer l'activité antifongique, nous avons opté pour le test de confrontation direct dans des boîtes contenant un milieu gélosé. Le milieu utilisé est le PDA (Potato Dextrose Agar), qui se prépare comme suit (figure 4)

- Pomme de terre.....200 g
- Glucose..... 20 g
- Agar agar.....15 g
- Eau distillé.....1000 ml

Laver, couper en morceaux les pommes de terre, les faire cuire dans 700 ml d'eau distillé pendant 25 min , ensuite filtrer et ajouter les autres ingrédients (Glucose, Agar agar), puis ajuster la quantité d'eau à 1000 ml. Autoclaver pendant 20 min à 120° C et couler dans des boîtes de Pétri directement. Les boîtes préparées sont utilisées le lendemain du jour du coulage.

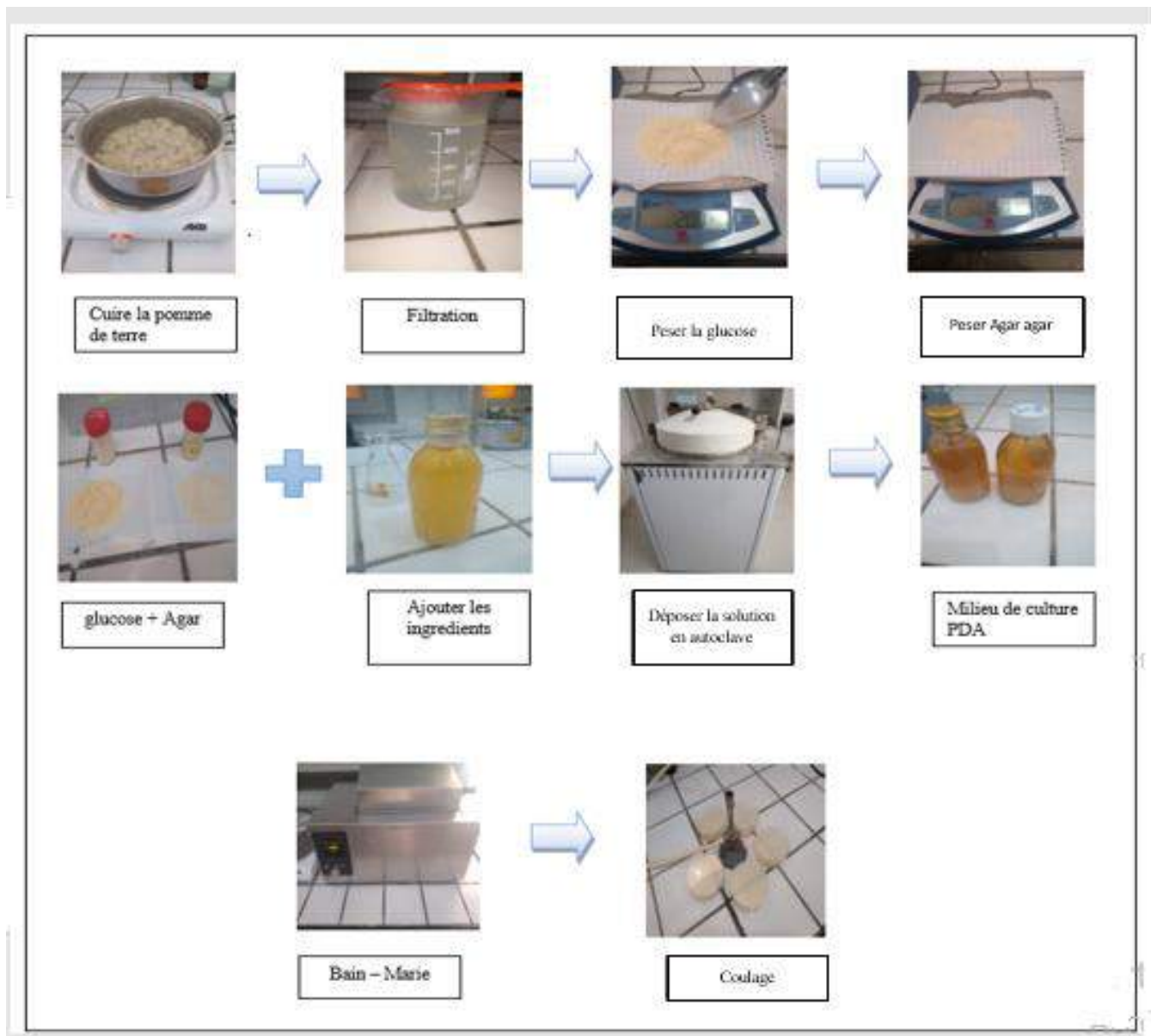


Figure 4. La préparation du milieu de culture

1.4. Test "in vitro" de l'activité antifongique des huiles essentielles contre le phytopathogène *Fusarium sp.*

L'activité antifongique des extraits végétaux vis-à-vis de l'isolat obtenu au moyen d'un test in vitro sera d'abord évaluée.

Les manipulations sont effectuées au niveau du Laboratoire de Microbiologie de la faculté SNV université KASDI Merbah Ouargla.

1.4.1 Confrontation directe sur milieu de culture

La méthode utilisée consiste à cultiver le champignon dans un milieu de culture (PDA) contenant de l'huile essentielle (figure 5). Deux doses (0,1 et 0,5) ml de HE brut stérile à l'aide d'une seringue à filtre millipore de 0,45 μ , est ajoutée à 100 ml du milieu, juste avant d'être coulé dans des boîtes de Pétri, à une température de 45 °C. Après solidification, un disque mycélien issu d'une culture fongique jeune découpé à l'aide d'un emporte-pièce de 6 mm de diamètre est déposé au centre de la boîte de Pétri. Le témoin négatif est constitué de boîtes contenant le milieu PDA et réaliser dans les mêmes conditions, chaque traitement est répété 05 fois ; Les traitements réalisés sont :

- Le témoin : milieu de PDA seul
- Le milieu PDA avec d=0,1ml H.E de *Artemisia herba alba*
- Le milieu PDA avec d=0,5ml H.E de *Artemisia herba alba*
- Le milieu PDA avec d=0,1ml HE de *Ocimum basillicum*
- Le milieu PDA avec d=0,5ml H.E de *Ocimum basillicum*
- Le milieu PDA avec d=0,1ml H.E de *Mentha puleguim*
- Le milieu PDA avec d=0,5ml H.E de *Mentha puleguim*

Les boîtes ont été incubées une à température de 25°C.

L'activité antifongique des extraits bruts à l'égard des isolats testés, est estimée en mesurant le diamètre des colonies du champignon en mm après 07 jours.

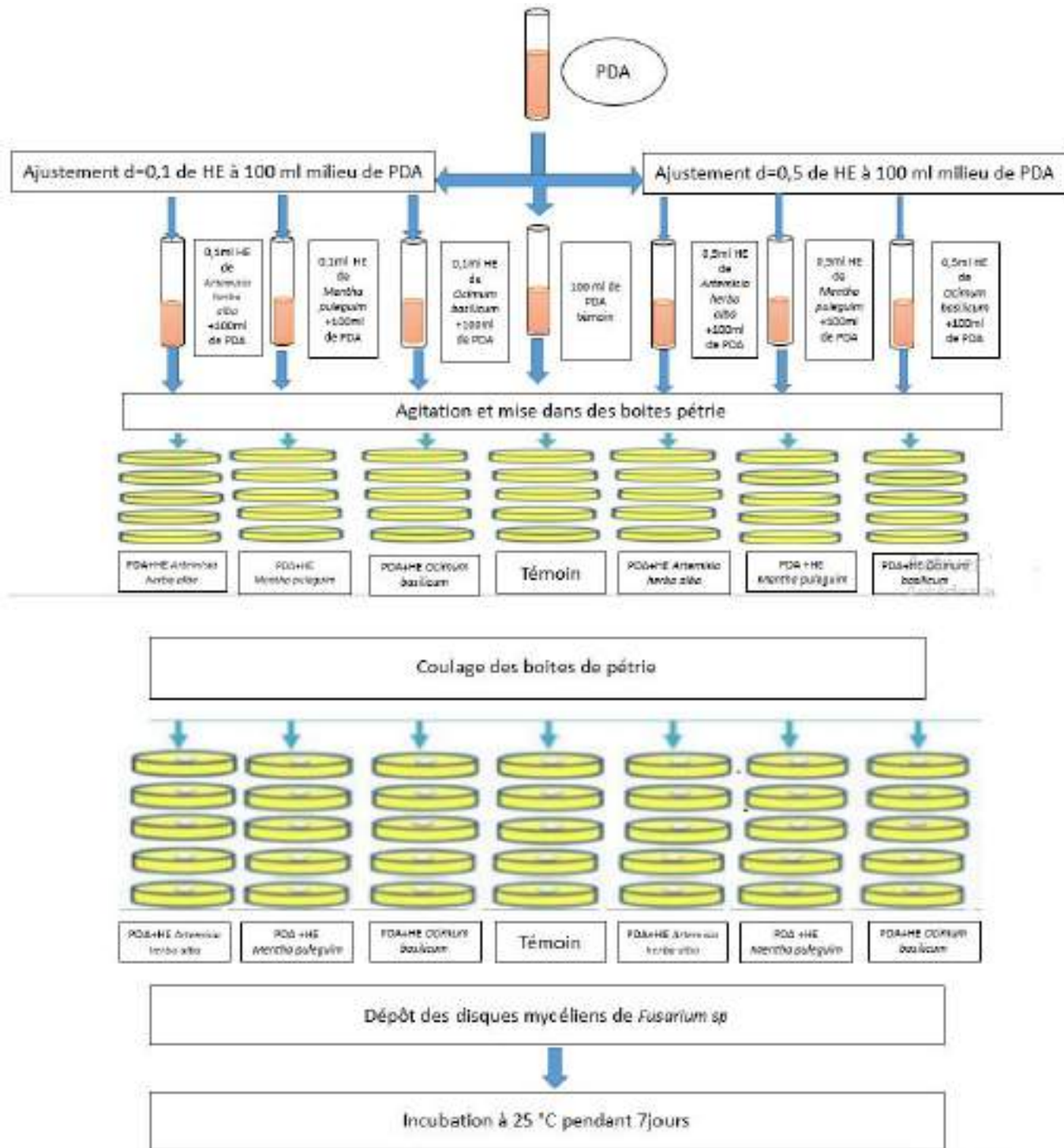


Figure 5. Les étapes de la confrontation directe.

1.4.2. Evaluation de taux d'inhibition de la croissance mycélienne de (*Fusarium sp.*)

La croissance radiale est exprimée en pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne, cette technique consiste à mesurer les diamètres des différentes colonies de champignon après le temps d'incubation requis (après sept jours) en utilisant la formule décrite par PANDEY et *al.*, (1982)

$$TI\% = (DMT - DME) / DMT * 100$$

Où:

- **TI%** : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne des champignons testés ;
- **DMT** : Diamètre Moyen sur le milieu témoin,
- **DME** : Diamètre sur le milieu avec extrait

L'extrait de l'huile essentielle est qualifiée de :

- 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.

1.4.3. Analyse statistique

Les données recueillies ont été traitées à l'aide d'une analyse de variance (ANOVA) à un facteur. Les différences statistiquement significatives entre les concentrations des extraits et les témoins ont été déterminées par un test post-hoc de Tukey pour détecter des différences significatives au seuil de 0,05%. Ces analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel SPSS version 22.0.

Chapitre 2
Résultats et discussion

1. Résultats

Les huiles essentielles des plantes testés (*Artemisia herba alba*, *Mentha puleguim*, *Ocimum basilicum*) pour leur pouvoir antifongique à l'égard de *Fusarium sp* ont toutes donné des effets intéressants à des degrés variables (Figure 6)

Après une semaine d'incubation, les diamètres de colonies des *Fusarium sp* nous a permis de calculer le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne pour chaque extrait à 2 concentrations différents (0,1 ml et 0,5 ml).

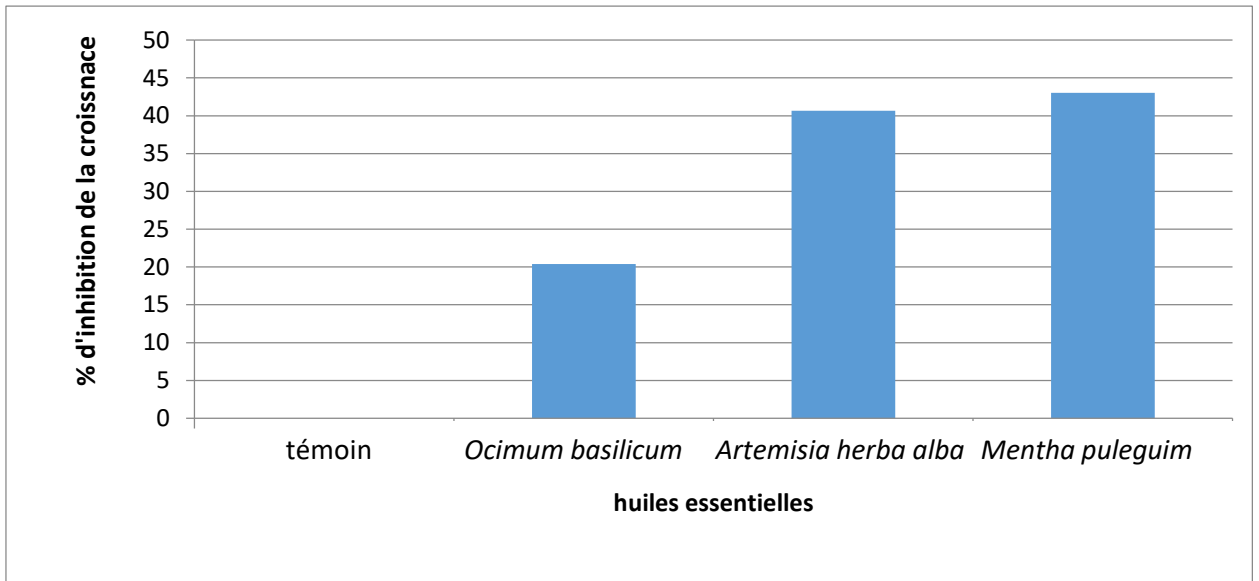


Fig 6. Histogramme représentant le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne du *Fusarium sp* de chaque H.E

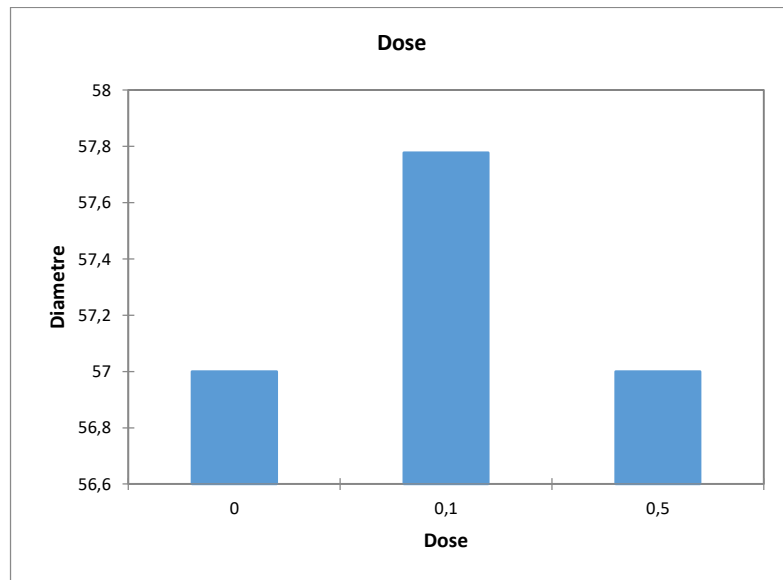


Fig7. Histogramme représentant le diamètre de *Fusarium sp* dans les deux doses de H.Es



Diamètre du *Fusarium sp* en H.E de *Ocimum basilicum* d=0,1 ml



Diamètre du *Fusarium sp* en H.E de *Mentha pulegium* d=0,1ml



Diamètre du *Fusarium sp* en Témoin



Diamètre du *Fusarium sp* en H.E de *Artemisia herba-alba* d=0,1ml

Fig 8. Résultats des traitements des huiles essentielles à 0,1 ml sur la croissance mycélienne du *Fusarium sp*



Diamètre du *Fusarium sp* en H.E de *Ocimum basilicum* d=0,5 ml



Diamètre du *Fusarium sp* en H.E de *Mentha pulegium* d=0,5 ml



Diamètre du *Fusarium sp* en Témoin



Diamètre du *Fusarium sp* en H.E de *Artemisia herba-alba* d=0,5 ml

Fig 9. Résultats des traitements des huiles essentielles à 0,5 ml sur la croissance mycélienne du *Fusarium sp*

Chapitre 2: Résultats et Discussion

L'analyse de variance du pourcentage d'inhibition de l'espèce *Fusarium sp* montre l'existence d'une différence significative ($P < 0.000$) entre les extraits des plantes testés.

Tableau 4 : Analyse de la variance du pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium sp* par les huiles essentielles

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Plante	3	2946,310	982,103	6,043	0,006
Dose	1	2,722	2,722	0,017	0,899
Erreur	16	2600,111	162,507		
Total corrigé	20	5549,143			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

Selon le test de Fisher (LSD) (tableau 5) l'analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% montre deux groupes d'extrait à savoir groupe A présente témoin et *Ocimum basilicum*. Le groupe B comprend les traitements *Artemisia herba-alba* et *Mentha puleguim*

Tableau 5 : Test Fisher

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
témoin	0	A
hbak	20,392	A
Chih	40,659	B
fliyo	43,031	B

2. Discussion

L'analyse statistique montre que l'effet des extraits des huiles essentielles des 3 plantes aromatiques étudiés (*Artemisia herba alba*, *Mentha puleguim*, *Ocimum basilicum*) sur le taux d'inhibition est hautement significatif et la différence entre les concentrations testées et non significative.

Artemisia herba alba

La recherche des effets antifongiques sur les souches phytopathogènes a révélé une efficacité des huiles essentielles des plantes aromatiques sur les souches fongiques testés. Les résultats l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* à une activité antifongique sur le champignon *Fusarium sp.*

Ce résultat est confirmé par plusieurs auteurs (AMROUI, 2014) qui montre que l'H.E de l'*A. Herba alba* montre une activité très importante contre les souches testées de *Fusarium* et a une activité inhibitrice de 100% et que *F.Langsethiae*, *F.Poae* sont très sensible contre l'action de l'HE *A. Herba alba*, nos résultats concorde donc une forte activité antifongique de l'*A. Herba alba*.

Les travaux de HAOUARI M., et FERCHICHI A (2009) ont confirmé la richesse de huiles essentielles d'*A.herba alba* de Tunisie. Ces huiles contiennent 10 composées (cineole, thujones, chrysanthenone, camphor, borneol, chrysanthenyl acetate, sabinyl acetate, davana éthers et davanone) le majeur composé est 1,8-cineole à concentration (24%-,25%).

Selon DEGRYSE et al (2008), le degré d'activité antimicrobienne est proportionnel à la concentration en huile essentielle. L'avantage des huiles essentielles des plantes est donc leur bioactivité, une caractéristique qui les rend attrayants pour la protection des produits stockés tels que les grains de céréales contre l'attaque des champignons et même le blocage de leur écotoxigénèse (TRIPATI et DUBEY, 2004).

Mentha puleguim

Concernant *Mentha puleguim* nous avons remarqué que *Fusarium sp* est sensible aux huiles essentielles de ce dernière, la croissance mycélienne est observée par les deux concentrations testés (0,1 ml ;0,5 ml) et l'augmentation de la dose en huiles essentielles est accompagnée d'une meilleure efficacité. Le taux d'inhibition est variable à 43.031%.

D'après quelques travaux réalisés sur l'effet antifongique de l'huile de *Mentha puleguim* nous avons constaté les mêmes résultats que ABOU et FAREH (2017) qui trouvé que les trois souches fongiques testés (*Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* et *fusarium monoliformum*) sont sensibles aux HE de *Mentha puleguim*. Ont signalé aussi que la réduction de la croissance mycélienne est observée pour toutes les concentrations testées et l'augmentation de la dose en huile essentielle est accompagnée d'une meilleure efficacité, cependant, il y avait une différence significative dans l'inhibition mycélienne entre les trois concentrations (0,10%, 0.25% et 0.75%) dont ($P < 0.05$).

L'activité antifongique est due probablement au type et à la structure moléculaire des composants actifs présents dans les huiles essentielles, tels que les terpènes qui affectent non seulement la perméabilité mais aussi d'autres fonctions dans les membranes cellulaires (OMIDBEYGI et *al.*, 2007 ; CRISTANI et *al.*, 2007). Cependant, de tous les effets possibles des monoterpènes sur les membranes biologiques, les effets délétères sur les membranes mitochondriales devraient provoquer une inhibition du métabolisme énergétique mitochondrial, ce qui entraîne des perturbations dans un large éventail des processus physiologiques et biochimiques dans la cellule (YOSHIMURA et *al.*, 2010).

L'activité antifongique des huiles essentielles, peut être expliquée par l'effet synergique entre leurs différents composés. En effet, les composés majoritaires sont souvent responsables de l'activité antifongique de ces huiles essentielles (GIORDANI et *al.*, 2008).

Ocimum basilicum

D'après nos résultats nous constatons que l'effet de l'huile essentielle de *Ocimum basilicum* sur *Fusarium sp* est moyen (20,392%). A chaque fois qu'on augmente la concentration d'huile (0,1ml ;0,5ml) le diamètre de colonie augmente.

D'après ce résultat, il s'avère que l'activité de notre huile n'est pas valable et contrairement aux différents résultats obtenus (MAIDI,2014) qui constate que les taux d'inhibition pour *Fusarium oxysporum f. sp. Albedinis* sont variable entre 11,87 et 100%. D'après cet auteur l'inhibition totale est obtenue avec une concentration de l'extrait de 0,4 %, une inhibition moyenne a 0,2 % et nulle de 0,001 a 0,1 %.

Les résultats de EDRIS et FARRAG (2003), GBOGBO et *al* (2006)., qui constatent que les vapeurs de cette huile essentielle et de son composé majoritaire, le linalol, peuvent inhiber la croissance de *Mucor sp* et *Rhizopus stolonifer*. D'après cet auteur, plusieurs études ont également signalé que l'activité antifongique des H.E de *Ocimum basilicum* est due à la présence de haute teneur en linalol, composé majoritaire.

Ces différents résultats peuvent être expliqué probablement par l'âge de la plante et par des facteurs génétiques, climatologiques (humidité et température), pédologiques (texture de sol, fertilisation), l'origine géographique, l'espèce végétale elle-même, l'organe végétale et le stade de croissance. Nous pouvons déduire que la différence ou la concordance de nos résultats avec ceux d'autres travaux sur les mêmes espèces peut être expliquée par :

Chapitre2: Résultats et Discussion

- La composition des huiles essentielles qui est liée a plusieurs facteurs comme : le chémotype, facteur climatique, et aussi le mode d'extraction.
- La nature et ou la concentration de principes actifs présents dans les différentes espèces
- Les méthodes utilisées pour évaluer l'activité antifongique et le choix des microorganismes à tester

Conclusion

Conclusion

L'objectif principal de ce travail est de trouver une alternative aux insecticides synthétiques via des biopesticides constitués uniquement de composés naturels et biologiques en testant l'efficacité des huiles essentielles extraites de trois plantes aromatiques (*Mentha pulegium*, *Ocimum basilicum* et *Artemisia herba-alba*) sur *Fusarium sp.*

Les huiles sont extraites par la méthode d'hydrodistillation et l'activité antifongique est obtenue par confrontation directe.

Les résultats obtenus nous ont permis de mettre en évidence le pouvoir antifongique des huiles essentielles testées. Nous pouvons noter que *Fusarium sp* est sensible aux huiles essentielles de *Mentha pulegium* et *Artemisia herba-alba*, et nul de sensibilité aux huiles essentielles de *Ocimum basilicum*.

Nous pouvons déduire que nos extraits ont un bon pouvoir antifongique sur la souche *Fusarium sp* et une capacité inhibitrice de la croissance mycélienne de la souche testée exprimé par un indice antifongique remarquable. La concentration de ces extraits n'a pas d'effet sur l'inhibition

Ces résultats restent préliminaires et nécessitent des études complémentaires approfondies à différents niveaux pour développer des produits à base de plantes qui peuvent être un alternatif à l'utilisation des produits de synthèse pour lutter contre les agents pathogènes

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

1. ABOU et FAREH.,2014-activité antioxydante et antimicrobienne des huiles essentielles de mentha pulgium l.thème master académique.univ MOHAMED El Bachir El Ibrahimi B.B.A.P73
2. ALVES-SANTOS F.M. BENITO E.P. ELSAVA A.P. DÍAZ-MÍNGUEZ JM.,1999- Genetic diversity of *Fusarium oxysporum* strains from common bean fields in Spain. *Appl. Environ. Microbiol.* 65 :3335-3340.
3. AMARTI F., SATRANI B., GHANMI M., FARAH A., AAFI A., AARAB L., EL AJJOURI M., CHAOUCH A., 2010- Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. Et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth du Maroc. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 14(1), 141-148
4. AMRAOUI K.,2014- Etude in vitro de l'activité des huiles essentielles de quelques plantes Spontanées sur la croissance des moisissures associées aux graines des céréales. Thème master académique, univ KASDI Merbah Ouargla.
5. BACIS.,1999- *Boalens Aroma Chemical Information Service - the complete Database of Essential Oils*. Leffingwell and Associates publisher, Georgia, USA.137 p.
6. BASER K.H.C. and BUCHBAUER G., 2010- *Handbook of essential oils: science, technology, and applications*, Ed. Taylor and Francis Group, LLC. United States of America, 994p.
7. BAUDOUX D., 1997 - Un procédé, une analyse, une définition. *Aroma News. Lettre d'information de N.A.R.D: Natural Aromatherapy Research and Development* 6p.
8. BELAICHE P.,1979- *Traité de phytothérapie et d'aromathérapie. Tome1: l'aromatogramme*. ed. Maloine. Paris. 915 p.
9. BOOTH C., 1985- *The genus Fusarium*. Ed. Commonwealth Mycological Institute. 237p.
10. BOUAINE A., 2017- Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles extraites de deux plantes aromatiques et médicinales : lentisque et myrte. Mémoire de fin d'études, université Sidi mohammed ben abdellah p.p.6-10.
11. BRIAN M.L. 1995- *The isolation of aromatic materials from plant production*, R.J. Reynolds Tobacco company, Winston_salem (USA), p.p.57-148.
12. BROYDE H et DORE T.,2013- Effets des pratiques agricoles sur la contamination des denrées par les mycotoxines issues de *Fusarium* et *Aspergillus* sp. *Cahier Agriculture.*,22 : 182-94.
13. BRUNETON J. (1999) -Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème édition, Ed. Tec et doc et EM inter 1120, Paris
14. BRUNETON J. 1993- *Pharmacognosie:phytochimie,plantesmédicinales.*,2èmeéd.Tec.Doc.lavoisier,Paris, France ,915 p.
15. BURGESS LW 1981- General ecology of the *Fusaria*. In: NELSON PE, TOUSSOUN TA, COOK RJ, editors. *Fusarium: Disease, Biology and Taxonomy*. Pennsylvania State University Press; University Park. pp. 225–235.
16. CARSON C.F. et RILEY T.V., 1995- Antimicrobial activity of the major components of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* J. *Appl Bacteriol*, 78(3): 264-269.

17. CHENNI, M.,2016- Etude comparative de la composition chimique et de l'activité biologique de l'huile essentielle des feuilles du basilic « *Ocimum basilicum L.* » extraite par hydro-distillation et par micro-ondes. Mémoire de doctorat, université d'Oran, 1.
18. CRISTANI M., D'ARRIGO M., MANDALARI G., CASTELLI F., SARPIETRO M.G. et MICIELI D., 2007- Interaction of four monoterpenes contained in essential oils with modal membranes, Implications for their antibacterial activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*55: 6300-6308.
19. DAYAN F.E., HOWELI J.L., MARAIS J.P., FERREIRA D., KOIVUNEN M. 2011- Manuka Oit, A *Natural Herbicide with Preemergence Activity*. *Weed Science* : October-December 2011, 59(4) :464-469p.
20. DE HOOG .2011- *Atlas of clinical fungi electronic version 3.1* (3rd Ed.2011)
21. DEBOURGOGNE A. 2013-Typage moléculaire du complexe d'espèces *Fusarium solani* et détermination de son mécanisme de résistance au voriconazole. Thèse de doctorat. Université de lorraine.
22. DEGRYSE A.C., DELPLA I and VOINIER M.A, 2008-Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. Atelier santé environnement-IGS-EHESP, 87p.
23. DEL PALACIO H.A., GUTTIEREZ A., GUTTIEREZ E.,1985- *Ulcers corneal pour Fusarium solani*, *Rev. Iber. Micol.*, 2 ; p.p. 29-35.
24. DURAFFOURD C., DHERVICOURT L. et LAPARAZ J.C.,1990- Examen de laboratoire galémique, Eléments thérapeutiques synergiques, T.1.2ème édition, Masson, Paris, 10p.
25. DURAN J.A., MALVAR A., PEREIRO M., PEREIRO JR. M., 1989-*Fusarium moniliforme* keratitis, *Acta ophthalmol.*, Scand. 67, 710-713.
26. EL AJJOURI M., SATRANI M., GHANMI M., AAFI A., FARAH A., RAHOUTI M., AMARTI F., ABERCHANEM.,2008- Activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus bleicherianus Pomel* et *Thymus capitatus (L.) Hoffm.* & Link contre les champignons de pourriture du bois d'œuvre *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 12(4),345-351
27. FURET A., BELLENOT D. 2008- Les huiles essentielles dans la protection des cultures : une voie en cours d'exploration.,8p.
28. GARI-TOUSSAINT M., LEGUAY J.M., ZUR C., MICHIELS J.F., FERRAEN L., NEGRE S., LE FICHOUX Y-1997-Keratite à *Fusarium solani* chez une patiente diabétique, *J. Mycol. Med.*, 7, 227- 23p1.
29. GARNERO J. 1996-Huiles essentielles. Dossier : K345. Base documentaire : *Constantes physico-chimiques*. vol. papier n° : K2
30. GHESTEM A., SEGUIN E., PARIS M. et ORECCHIONI A.M. 2001 - Le préparateur en pharmacie. Dossier 2, - *Botanique, Pharmacognosie, Phytothérapie, Homéopathie*. Ed. TEC et DOC, Paris.275p.
31. GHORRI S, 2015 -Isolement des microorganismes possédant une activité anti*Fusarium*. Thèse de doctorat .116p
32. GIORDANI R., HADEF Y., KALOUSTIAN J., 2008 -Compositions and antifungal activities of essential oils of some Algerian aromatic plants. *Fitoterapia* ,79: pp199-203.
33. Google maps.,2021- Situation géographique de deux régions de récolte,consulté le 19 mai 2021

34. GUARRO J., GENE J. 1992- *Fusarium* infections, Criteria for the identification of the responsible species, *Mycoses*, 35, 109-114p.
35. GUEMIDI CH et DJEROUROU N,2017- Effets antimicrobiens de l'extrait au éthanol de *Thymus vulgaris* (Thym) récolté dans la région de Naama sur la croissance des germes spécifiques du yaourt : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. Univ Abdelhamid Ibn BadisMostaganem.P68
36. Guignard J.L. 2000- Biochimie végétale. 2ème Ed. De l'abrégé Dunod, Paris. P 177-185.
37. HAOUARI M., et FERCHICHI A., 2009- *Essential Oil Composition of Artemisia herba-alba* from Southern Tunisia.
38. KALEMBA D., KUNICKA A., 2003- Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Curr. Med. Chem.* 10: 813-829
39. KHOLKHAL F.,2014 - Etude Phytochimique et Activité Antioxydante Des Extraits Des Composés Phénoliques De *Thymus.ciliatus ssp coloratus* et *ssp eucliliatus*. Université de Tlemcen.
40. KORDALI S., CAKIR A., ZENGİN H.& DURU M. E,2003- Antifungal activities of the leaves of three *Pistacia* species grown in Turkey. *Fitoterapia.* 74 p : 164-167
41. LAMARTI A., BADO C., DEFFILEUX G., ET CARDE J.P. 1994- Biogénèse des monoterpènes I-localisation et sécrétion. *Bull. Soc. Pharm.* Bordeaux, 133 :69-78.
42. LANG, G. and BUCHBAUER, G. 2012- A review on recent research results (2008-2010) on essential oils as antimicrobials and antifungals. A review. *Flavour Fragr. J.*, 27 : P1 3-39.
43. LAOUER H. 2004 -Inventaire de la flore médicinale utilisée dans les régions de Sétif, de Bejaia, de Msila et de Djelfa, composition et activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Ammoides pusilla* et de *Magydaris pastinacea*. Thèse de Doctorat d'état, Département de Biologie, Faculté des sciences, UFA de Sétif.146p.
44. LOKBANI CH,2018- Formulation d'un biopesticide à base de plantes de la région de Tlemcen.univ de TLEMEN .P65
45. MAIDI L.,2014-Mise en évidence des activités antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles et des extraits de *Ocimum basilicum L.* (Lamiaceae) de la région d'El Assafia (W. de Laghouat) Algérie. Thème master académique univ ZIANE Achour Djelfa
46. MAIHEBIAU P., 1994- La nouvelle aromathérapie : biochimie aromatique et influence psychosensorielle des odeurs. Lausanne. 635p.
47. MARTIN L., YVES D. et SYLVIE R., 2007-Fusariose de l'épi chez le blé et l'orge. CÉROM Saint-Bruno-de-Montarville, bulletin technique : *phytopathologie* : 2. (1). 5p.
48. MOKADDEM.,1999-tests d'hypothèses linéaires dans un modèle d'égression non paramétrique
49. NEFFATI M. et SGHAIER M,2014- développement et valorisation des plantes aromatiques et médicinales (PAM) au niveau des zones désertiques de la région méné (Algérie, Egypte, Jordanie, Maroc et Tunisie),152p.
50. NEFTATI M et SGHAIER M.2014-devloppement et valorization plantes aromatiques et médicinales (PAM)au niveau des zones desrtiques et la région MENA (Algérie, Egypte,Jordanie ,Maroc et Tunisie).P152
51. NELSON PE. 1981- *Life cycle and epidemiology of Fusarium oxysporum*. In: Fungal wilt diseases of plants. (MACE ME, BELL AA AND C.H. BECKMAN, EDITORS), Academic Press, New York. P.p.51-80.

52. OMIDBEYGI M., BARZEGAR M., HAMIDI Z. et NALHDIBADI, H., 2007- Antifungal activity of thyme, summer savory and clove essential oils against *Aspergillus flavus* in liquid medium and tomato paste. *Food Control*,18: 1518-1523.
53. ORTONEDA M, GUARRO J, MADRID M, CARACUEL Z, RONCERO MI, MAYAYO E, DI PIETRO A. 2003- *Fusarium oxysporum* as a Multihost Model for the Genetic Dissection of Fungal Virulence in Plants and Mammals. *Infect. Immun.* 72:1760–1766.
54. Owens D.K., Nanayakkara N.P., Dayan F.E. (2013): In planta mechanism of action of leptospermone: impact of its physico-chemical properties on uptake, translocation, and metabolism. *J Chem Ecol.* Vol 39 (2)p : 62-70.
55. PARIS M. et HURABIELLE M. 1981 – Abrégé de matière médicale (pharmacognosie) Tome. Ed. Masson ,339p.
56. PEYRON L. (2000) -Aspect international du marché des PAM. Communication à la journée de réflexion sur les plantes aromatiques et médicinales, Casablanca, 16 Novembre 2000 ; *Annales de la recherche forestière au Maroc*, N spécial (Actes de la Journée), pp 3-14.
57. PHILOGENE B.J.R, REGNAULT-ROGER C. et VINCENT C., 2002- Produits phytosanitaires insecticides d'origine végétale : promesses d'hier et d'aujourd'hui. Paris: Lavoisier-Éditions Tec et Doc, 1-17.
58. PIBIRI M. C. 2006- Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. Thèse Doctorat, EPFL Lausanne, 161p.
59. QUEZEL P et SANTA S., 1963- Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II. Ed. CNRS, Paris.
60. 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.
61. REGNAULT-ROGER C., VINCENT C., THOR ARNASON J. 2012- Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *ANNUAL REVIEW OF ENTOMOLOGY*, (57), 405-424p.
62. RICHARD, J. A. *Toxicology Brief* 1999
63. ROUX R. 2008- conseil en armothérapie. 2^{ème} Edition, pro_officia, p.187. Their main components upon *Cryptococcus neoformans*. *Mycopathologia*,128: p151_153.
64. RUZICKA L. 1953-The isoprene me and the biogenesis of terpenic compounds. *Experientia.* 9 (10), P :357-367.
65. SAHI L, 2016-le marché des plantes aromatiques et médicinales : analyse de tendances du marché mondial et des stratégies économiques en Albanie et en Algérie, revue options méditerranéennes, série B p109.
66. SALLE J.L. et PELLETIER J. 1991 - Les huiles essentielles, synthèse d'aromathérapie et introduction à la sympathicothérapie. Ed. Frison-Roche, pp.19-45 Sallé, J.L. « Le Totum en Phytothérapie » Approche de phytothérapie. Ed Frison- Roche. Paris 1991.
67. SANAGO R. 2006- Le rôle des plantes médicinales en médecine traditionnelle. Université Bamako(Mali) : 53.
68. SEU-SABERNO, M. ; BLAKEWAY, J. 1984- « La mouche de chêne, une base de la parfumerie », Pour la science, Edition Française de Scientific American, Mai, 83 p. *Pharmacopée Européenne*, 3^{ème} Ed. 1999, 103-130.

69. SHAAYA E., KOSTJUKOVSKI M., EILBERG J. & SUKPRAKARN C., 1997 - Plant oils as fumigants and contact insecticides for control of stored product insects, *Journal Stored Product Research*. (33): 7-15.
70. SOLTYS D., KRASUSKA U., BOGATEK R., GNIAZDOWSKA A. 2013- *Allelochemicals as Bioherbicides - Present and Perspectives*, 1 85p.
71. SVOBODA K. P. and HAMPSON J. B. 1999 – *Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants: antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory and other related pharmacological activities*. 17p.
72. TEISSEDRE, P.L.; WATERHOUSE, A. L. J. *Agric. Food Chem.* (2000), 48, 3801-3805
73. THOMAS P.A., GERALDINE P- 1992. *Fungal keratitis due Fusarium and other fungi*, *J. Mycol. Med.*, 2, 121-131
74. TOUMI M, BENKHALIFA A., 2018 - Développement et valorisation des Plantes Aromatiques et Médicinales (PAM) en Algérie.
75. TRENHOLM, MILLER ,PRELUSKY, HARTIN, 1988-Pharmacokinetic Fate of ¹⁴C-Labeled Deoxynivalenol in Swine; *Toxicological Sciences*, Volume 10, Issue 2, Pages 276–286.
76. TRIPATHI, P. AND DUBEY, N.K., 2004- Exploitation of Natural Products as an Alternative Strategy to Control Postharvest Fungal Rotting of Fruit and Vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 32, 235-245.
77. VALNET J. 1984- *Aromathérapie. Traitement des maladies par les essences des plantes*. Maloine S.A. éditeur. Paris p 544.
78. VIDYASAGAR G.M. 2013- *Antifungal investigations on plant essential oils*. *A RE VIE W. Int J Pharm. Sci*, Vol 5, Suppl 2, P 19-28.
79. VINCENT C. et CODERRE D., 1992 - *La lutte biologique*. Gaëtan Morin Editeur (Montréal) et Tec et Doc Lavoisier, Paris Vincent C., 1998. *Les biopéticides*. *Antennae*, 5 : 7- 29.
80. VINCENT C., 1998 - *Les biopéticides*. *Antennae*, (5): 7-29.
81. WICHTEL M. et ANTON R. 1999 - *Plantes thérapeutiques : tradition, pratiques officinales, science et thérapeutiques*. Ed. Tec et Doc. 636p.
82. YOSHIMURA H., SAWAI Y., TAMOTSU S. et SAKAI A., 2010: 1, 8-cineole inhibits both proliferation and elongation of BY-2 cultured tobacco cells, *J Chem Ecol.*, 1-9.
83. أبو زيد ن.ح. (1988) - النباتات العطرية ومنتجاتها الزراعية والدوائية. الدار العربية للنشر والتوزيع القاهرة 472 صفحة
84. أبو زيد ن.ح. (2000) - الزيوت الطيارة الدار العربية للنشر والتوزيع القاهرة 256 صفحة
85. BIEN ETRE AU NATUREL, 2021- les aromatiques au jardin cuisine et bienfaits, <https://www.bien-etre-au-naturel.fr/les-aromatiques-au-jardin-cuisine-et-bienfaits/>, consulté le 2 mai 2021.
86. COSMETICOBBS 2021-le aromates de la beauté, <https://cosmeticobs.com/fr/articles/lingredient-du-mois-10/les-aromates-de-la-beaute-2910>. consulté le 2 mai 2021.
87. CONSERVATION NATURE ,2021- Plante aromatique : les vertus des plantes et herbes aromatiques <https://www.conservation-nature.fr/phytotherapie/plantes-aromatiques/>, consulté le 3 mai 2021

Annexes

Le diamètre des colonies dans le 7^{ème} jours

	témoin	chih		fliyo		hbak	
		0,1ml	0,5ml	0,1ml	0,5ml	0,1ml	0,5ml
rép1(mm)	79	61	46	25	54	55	78
rép2(mm)	74	46	39	54	49	54	49
rép3(mm)	79	63	21	44	39	57	77
Moyenne	77,3	56,7	35,3	41,0	47,3	55,3	68,0

Statistiques descriptives :

Variable	Modalités	Effectifs	%
Extrait	Chih	6	28,571
	fliyo	6	28,571
	hbak	6	28,571
	témoin	3	14,286
Dose	0,1ml	9	42,857
	0,5ml	9	42,857
	témoin1	3	14,286

Matrice de corrélation

Variables	Extrait-Chih	Extrait-fliyo	Extrait-hbak	Extrait-témoin	Dose-0,1ml	Dose-0,5ml	Dose-témoin1	Croissance
Extrait-Chih	1,000	-0,400	-0,400	-0,258	0,091	0,091	-0,258	0,328
Extrait-fliyo	-0,400	1,000	-0,400	-0,258	0,091	0,091	-0,258	0,400
Extrait-hbak	-0,400	-0,400	1,000	-0,258	0,091	0,091	-0,258	-0,282
Extrait-témoin	-0,258	-0,258	-0,258	1,000	-0,354	-0,354	1,000	-0,576
Dose-0,1ml	0,091	0,091	0,091	-0,354	1,000	-0,750	-0,354	0,183
Dose-0,5ml	0,091	0,091	0,091	-0,354	-0,750	1,000	-0,354	0,224
Dose-témoin1	-0,258	-0,258	-0,258	1,000	-0,354	-0,354	1,000	-0,576
Croissance	0,328	0,400	-0,282	-0,576	0,183	0,224	-0,576	1,000

Régression de la variable Croissance :

Coefficients d'ajustement :

Observations	21,000
Somme des poids	21,000
DDL	16,000
R ²	0,533
R ² ajusté	0,416
MCE	270,222
RMCE	16,438
MAPE	454,877
DW	1,814
Cp	5,000
AIC	121,873
SBC	127,096
PC	0,759

Analyse Type I Sum of Squares :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Extrait	3	4923,161	1641,054	6,073	0,006
Dose	1	4,556	4,556	0,017	0,898

Analyse Type III Sum of Squares :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Extrait	2	1857,836	928,918	3,438	0,057
Dose	1	4,556	4,556	0,017	0,898

Paramètres du modèle

Source	Valeur	Ecart-type	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	0,000	9,491	0,000	1,000	-20,119	20,119
Extrait-Chih	40,995	12,252	3,346	0,004	15,021	66,969
Extrait-fliyo	43,366	12,252	3,539	0,003	17,392	69,340
Extrait-hbak	20,727	12,252	1,692	0,110	-5,247	46,701
Extrait-temoin	0,000	0,000				
Dose-0,1ml	-1,006	7,749	-0,130	0,898	-17,434	15,421
Dose-0,5ml	0,000	0,000				
Dose-temoin1	0,000	0,000				

Coefficients normalizes

Source	Valeur	Ecart-type	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Extrait-Chih	0,882	0,264	3,346	0,004	0,323	1,441
Extrait-fliyo	0,933	0,264	3,539	0,003	0,374	1,492
Extrait-hbak	0,446	0,264	1,692	0,110	-0,113	1,005
Extrait-temoin	0,000	0,000				
Dose-0,1ml	-0,024	0,183	-0,130	0,898	-0,411	0,364
Dose-0,5ml	0,000	0,000				
Dose-temoin1	0,000	0,000				

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
temoin vs fliyo	-43,366	-3,539	2,120	0,003	Oui
temoin vs Chih	-40,995	-3,346	2,120	0,004	Oui
temoin vs hbak	-20,727	-1,692	2,120	0,110	Non
hbak vs fliyo	-22,639	-2,385	2,120	0,030	Oui
hbak vs Chih	-20,267	-2,135	2,120	0,049	Oui
Chih vs fliyo	-2,372	-0,250	2,120	0,806	Non

Dose / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
0,1ml vs 0,5ml	-1,006	-0,130	2,120	0,898	Non
0,1ml vs temoin1	-1,006	-0,130	2,120	0,898	Non
0,5ml vs temoin1	0,000				

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
0,1ml	25,266	A
0,5ml	26,272	A
temoin1	26,272	A

les huiles essentielles de trois plantes aromatiques (*Artemesia herba-alba*, *Ocimum basilicum*, *Mentha puleguim*) issues des régions sahariennes et leurs activité antifongiques à l'égard de *Fusarium sp*

Résumé

Le présent travail porte sur l'étude de l'effet antifongique des huiles essentielles de la partie aérienne de trois plantes aromatiques sahariennes *Artemesia herba alba*, *Ocimum basilicum*, *Mentha puleguim* sur le champignon *Fusarium Sp*.

Les huiles essentielles ont été extraite par hydrodistillation et testées par confrontation directe

Les résultats montrent que les différents doses utilisés (0,1ml et 0,5 ml) des huiles essentielles de *Artemesia herba alba* et *Mentha puleguim* ont une efficacité remarquable sur la souche testée surtout à haute concentration.

La souche testé *Fusarium sp* n'est pas sensible à l'huile essentielle de *Ocimum basilicum*.

Mots clés : huiles essentielles, plantes aromatiques sahariennes, effet antifongique, *Fusarium sp*

Essential oils of three aromatic plants (*Artemesia herba-alba*, *Ocimum basilicum*, *Mentha puleguim*) from the Saharan regions and their antifungal activity with respect to *Fusarium sp*.

Abstract

This work focuses on the study of the antifungal effect of the essential oils of the aerial part of three Saharan aromatic plants *Artemesia herba alba*, *Ocimum basilicum*, *Mentha puleguim* on the fungus *Fusarium Sp*.

The essential oils were extracted by hydrodistillation and tested by direct confrontation.

The results show that the different doses used (0.1ml and 0.5ml) essential oils of *Artemesia herba alba* and *Mentha puleguim* have a remarkable efficiency on the strain tested especially at high concentration. The strain tested *Fusarium sp* is not susceptible to the essential oil of *Ocimum basilicum*.

Keywords: essential oils, Saharan aromatic plants, antifungal effect, *Fusarium sp*.

الزيوت الأساسية لثلاث نباتات عطرية *Artemesia herba alba*, *Ocimum basilicum*, *Mentha puleguim* من المناطق الصحراوية و النشاط المضاد للفطريات فيما يتعلق *fusarium sp*

ملخص

يركز هذا العمل على دراسة التأثير المضاد للفطريات للزيوت الأساسية للجزء الجوي من ثلاثة نباتات عطرية صحراوية *Ocimum basilicum*, *Mentha puleguim*, *Artemesia herba alba* ، على فطر *Fusarium sp*.

تم استخراج الزيوت الأساسية عن طريق الاستخلاص بالتقطير واختبارها عن طريق المواجهة المباشرة

تظهر النتائج أن التراكيز المستخدمة (0.1 مل، 0.5 مل) من الزيوت الأساسية لـ *Mentha puleguim* و *Artemesia herba alba* لها فعالية ملحوظة على السلالة التي تم اختبارها خاصة عند التركيز العالي.

سلالة الاختبار *Fusarium sp* ليست حساسة للزيت الأساسي *Ocimum basilicum*

الكلمات المفتاحية: الزيوت العطرية، النباتات العطرية الصحراوية ، تأثير مضاد للفطريات، *Fusarium sp*