



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

**FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE**

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : Ameer Meriem, Belmecheri Hanane et Ouinten Asma

DOMAINE : Sciences de la Nature et de la Vie

FILIERE : Sciences Biologiques

OPTION : Biochimie des produits naturels

Thème

**Composition chimique et activité antifongique de l'huile
essentielle de l'armoise rouge**

Jury de soutenance :

Mme AOUISSI Hadjer	MAA	Présidente
Mlle BENABED Khadidja Houda	MAA	Examinatrice
Mme EL HOUTI Fatiha	MAA	Rapportrice
M.OUINTEN Mohamed	Professeur	Co-Rapporteur

Promotion : Juin - 2016

Dédicace

Je dédie ce mémoire à

Mes chers parents

Ma chère sœur l'adorable Asmaa

Mes chers frères Islam et Khaloudi

A mes aimables amies

Khadidja, Asmaa, Sarah, Khaoula et Zohra.

*A la mémoire de mes grands parents et mon
oncle Bensalem.*

*Et à ceux qui m'ont aimé et qui me sont chers
(chères).*

AMEUR MERIEM

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*À Mes très chères particulières parentes, qui m'ont
toujours soutenue, encouragée et supportée. Merci
pour tout ce que vous faites pour moi, je n'en serais
pas là sans vous. Je vous aime.*

À Mes frères ;

À Mes sœurs ;

*À tous mes amis, merci pour tous les moments
passés, présents et futurs en votre compagnie.*

Belmecheri Hanane.

Dédicace

*Merci à Dieu, qui grâce à lui nous avons fait ce
modeste travail que Je dédie :*

*À mes très chers parents, que Dieu les protège, qui
m'ont encouragée et aidée à atteindre ce niveau
d'études.*

*À mon oncle, Mohamed qui n'a cessé de me
conseiller le long de mes études universitaires*

À mes sœurs Nanna et Maria,

Ainsi qu'à toute ma grande famille.

*A la fin, je remercie notre encadreur Mme El-
houitti fatiha, ainsi que tous les enseignants qui ont
participé à notre formation, sans oublier mon
professeur de français Mr Chekhom*

Ouïnten Asma

Remerciements

Grâce et louange à ALLAH, qui nous a offert la force et le courage pour terminer ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance à Mme BOURENANE EL-HOUITI Fatiha enseignante promotrice pour son soutien et son aide et, surtout, sa gentillesse et compréhension.

Nous tenons à remercier vivement notre co-promoteur monsieur le Professeur OUINTEN Mohammed pour ses précieux conseils et sa disponibilité.

Un très grand merci à Mme AOUISSI Hadjer chef de département de science de la nature de l'ENSL, pour son aide et encouragement qui nous ont facilité la réalisation de ce travail.

Nous tenons à adresser nos vifs remerciements et profond respect aux membres de jury qui ont accepté de juger notre mémoire.

Nos remerciements vont également à tous le personnel du laboratoire de biologie et laboratoire de science de la nature de l'ENS de Laghouat.

Nous exprimons, aussi, notre gratitude et nos remerciements à tous les enseignants de Master de "Biochimie des Produits Naturels" à l'Université Amar Telidji, Laghouat.

Nous tenons à remercier toute personne qui a participé de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Un remerciement très chaleureux à tous nos proches et amis (amies) ainsi que nos collègues d'études pour leur soutien et encouragements.

Merci à toutes et tous

Table de matière

	Page
Liste des tableaux	i
Liste des figures.....	ii
Liste d'abréviation.....	iii
Introduction.....	02
PARTIE I : RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES	
1. LES PLANTES MEDICINALES ET AROMATIQUES.....	05
1.1. Historique.....	05
1.2. Définition.....	05
1.3. Utilisation des plantes aromatiques et médicinales (PAM).....	06
1.4. Les métabolites secondaires.....	06
1.5. Famille des astéracées.....	06
2. GENERALITE SUR L'HUILE ESSENTIELLE	07
2.1. Définition.....	07
2.2. Répartition des huiles essentielles dans la plante.....	08
2.3. Méthodes d'extraction.....	08
2.3.1. L'hydrodistillation.....	08
2.3.2. La distillation à la vapeur.....	08
2.3.3. L'hydrodiffusion.....	09
2.3.4. L'hydrodistillation par micro-onde.....	09
2.3.5. L'expression à froid.....	09
2.4. Composition chimiques.....	09
2.4.1. Les terpénoides.....	10
I)Himiterpénoides.....	10
II)Monoterpénoides.....	10
III)Sesquiterpénoides.....	10
2.5. Les facteurs influençant la composition des huiles essentielles.....	10
2.6. La conservation.....	11
2.7. L'activité biologique des huiles essentielles.....	11
2.7.1. L'activité antimicrobienne.....	11
I) L'activité antibactérienne.....	11

II) L'activité antiparasitaire.....	12
III) L'activité antivirale.....	12
IV) L'activité antifongique.....	12
2.7.2. L'activité pharmacologique.....	13
D) L'activité anti oxydante.....	13
II) L'activité anti-inflammatoire.....	13
2.8. La toxicité des huiles essentielles.....	13
3. LES CHAMPIGNONS PHYTOPATHOGENES.....	13
4. LA FUSARIOSE.....	14
4.1. Espèces touchées.....	14
PARTIE II : MATERIELS ET METHODES	
1. LE MATERIEL VEGETAL.....	17
1.1. La présentation de la plante étudiée (<i>Artemisia campestris</i>)	17
1.1.1. La description botanique de la plante.....	17
1.1.2. La systématique d' <i>Artemisia campestris</i> L.....	18
1.1.3. La collecte de la plante.....	18
2. LE MATERIEL FONGIQUE.....	19
2.1. Le genre <i>Fusarium</i>.....	19
2.1.1. <i>Fusarium oxysporum</i>	20
I) <i>Fusarium oxysporum albedinis</i>	21
II) <i>Fusarium oxysporum lycopersici</i>	21
III) <i>Fusarium oxysporum pisi</i>	21
2.1.2. <i>Fusarium culmorum</i>	21
3. L'EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES.....	22
3.1. Le procédé d'extraction.....	22
3.2. Le calcul de la teneur en huiles essentielles.....	22
4. L'ANALYSE CHROMATOGRAPHIQUES.....	23
4.1. La chromatographie en phase gazeuse CPG.....	23
4.2. Les conditions opératoires de la CPG.....	23
4.3. Le mode opératoire de CG/SM.....	24
4.4. L'identification des constituants.....	24
5. L'ETUDE DE L'ACTIVITE ANTIFONGIQUE.....	24

5.1. La préculture des champignons.....	24
5.2. L'évaluation de l'activité antifongique par la méthode de contact direct....	24
5.2.1. Le mode opératoire.....	25
6. L'ANALYSE STATISTIQUE.....	26
PARTIE III: RESULTATS ET DISCUSSIONS	
1. LA TENEUR EN HUILE ESSENTIELLE (HE).....	28
2. LA COMPOSITION CHIMIQUE DE L'HUILE ESSENTIELLE	29
3. L'EVALUATION DE L'ACTIVITE ANTIFONGIQUE.....	31
4. LA CINETIQUE FONGIQUE.....	32
Conclusion et perspectives.....	41
Références bibliographiques.....	44
Annexe.....	51

Liste des Tableaux

Tableau01 :	Références et origines des microorganismes testés dans notre étude.....	20
Tableau02 :	Durée d'extraction et teneur de la partie aérienne d' <i>Artemisia campestris</i> en huile essentielle.....	28
Tableau03 :	Composition chimique de l'huile essentielle d'un échantillon d' <i>Artemisia campestris</i> analysé par CPG.....	29

Liste des figures

Figure01 :	Tablette d'argile de l'époque sumérienne.....	05
Figure02 :	Schéma représentant deux types d' <i>Astéracées</i> en fonction de leur fleur : l'un ayant des fleurs à corolles ligulées et l'autre à corolles tubulées	07
Figure03 :	La photo d' <i>Artemisia campestris</i> L. prise dans le lieu de collecte à Djelfa.....	17
Figure04 :	La carte géographique présentant la région de collecte de la plante.....	18
Figure05 :	La variation du diamètre de croissance de <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>albedinis</i> , <i>F. o. lycopersici</i> , et <i>F. o. pisi</i> , en fonction du temps, en réponse à un traitement avec de l'HE d' <i>Artemisia campestris</i>	33
Figure06 :	La variation du diamètre de croissance de <i>Fusarium culmorum</i> 124, et 319, en fonction du temps, en réponse à un traitement avec de l'HE d' <i>Artemisia campestris</i> .	34
Figure07 :	Les taux d'inhibitions de l'huile essentielle d' <i>Artemisia campestris</i> L., vis-à-vis des cinq souches de <i>Fusarium</i> , à différentes concentrations.....	35
Figure08 :	Les CI 50 et CMI de l'huile essentielle d' <i>Artemisia campestris</i> L. vis-à-vis des cinq souches testées du <i>Fusarium</i>	36
Figure09 :	Les photos illustrant l'effet de l'huile essentielle d' <i>Artemisia campestris</i> sur les cinq souches de <i>Fusarium</i> , à différentes concentrations.....	53

Abréviation

H : heure

min : minute

v : volume

T% : Teneur en l'huile essentielle

CMI : Concentration Minimal Inhibitrice

CPG : Chromatographie en Phase Gazeuse

CG/SM : Chromatographie en Phase Gazeuse couplée à la Spectroscopie de Masse

Cl₅₀ : Concentration létale diminuant la croissance de 50 %.

HE: Huile Essentielle

FC: *Fusarium culmorum*

FG: *Fusarium graminearum*

FOL: *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*

FOA: *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*

FOP: *Fusarium oxysporum* f. sp. *lisi*

PDA : Potatoes Dextrose Agar

PAM : Plante Aromatique et Médicinale

SRPVG : La Station Régionale de la Protection des Végétaux de Ghardaïa.

NCBI : National Center for Biotechnology Information.

Introduction

Introduction

Les plantes médicinales sont utilisées, depuis longtemps, pour soulager et guérir des maladies humaines.

Aujourd'hui, les traitements à base de plante reviennent au premier plan car l'efficacité des médicaments, tels que les antibiotiques (considérés comme la solution quasi universelle aux infections graves), décroît (**Larousse, 2001**).

En Algérie, les plantes médicinales sont utilisées dans le traitement traditionnel de certaines maladies (grippe, rhume, fièvre ...etc.) avec des méthodes assez originale et souvent très efficace : des tisanes ou bain de vapeurs odoriférantes. La composition de la recette peut varier plus ou moins selon la région.

Les propriétés médicinales des plantes sont dues à des produits chimiques. Les plantes synthétisent de nombreux composés appelés métabolites primaire, indispensables à leur existence, et une gamme variée d'autres composés appelés métabolites secondaires. Ces derniers ont pour fonction, entre autre, la protection contre des microorganismes, des animaux et même d'autres plantes (**Bentia et al., 2015**).

Les huiles essentielles sont des métabolites secondaires de plante. Elles sont, généralement, synthétisées pour la lutte contre des agents parasites ou infectieux ou bien en réponse à un stress (**Sifi, 2010**). Ces huiles sont d'intérêt croissant pour les industries et la recherche scientifique en raison de leurs activités antioxydante, antibactérienne et antifongique (**Dung et al., 2008**).

L'aromathérapie en agriculture est l'une des stratégies de lutte biologique envisagée contre les maladies cryptogamiques. Elle utilise des huiles essentielles comme biopesticides (**Ondet, 2009**). Dans ce contexte, de nombreuses études ont montré que les extraits de certaines plantes aromatiques ont une action inhibitrice sur la croissance et la toxigenèse de plusieurs bactéries et champignons responsables d'infections (**Aouadhi et al., 2013 in Saadoudi et al., 2015**).

L'Algérie possède une flore végétale riche et diversifiée dont le genre *Artemisia*. Ce dernier regroupe des espèces de plantes médicinales constituant un couvert végétal à large distribution, surtout dans l'étage bioclimatique semi-aride. De nombreuses espèces de ce genre sont utilisées en médecine traditionnelle parce qu'elles renferment plusieurs molécules dotées d'activité thérapeutiques. Parmi les espèces les plus connues se trouve *Artemisia compestris*. Cette plante est fréquemment utilisée pour traiter les troubles

digestives, les ulcères, les brûlures, la diarrhée ...etc. Elle a fait l'objet de plusieurs études où la composition chimique a été déterminée (**De Pascual et al., 1984 ; Rauter et al., 1989 ; Joao et al., 1998 ; Akrouf et al., 2001 in Boudjouref, 2011**), ainsi que des propriétés biologiques (**Memmi et al., 2007 ; Sefi et al., 2010 ; ; Akrouf et al., 2001 in Boudjouref, 2011**).

Notre travail a pour objectif l'étude de (1) la composition chimique de l'huile essentielle, obtenue par hydrodistillation, à partir de parties aériennes (tiges, feuilles et fleurs) d'un échantillon d'*Artemisia campestris*, ainsi que (2) l'activité antifongique, de cette huile, vis-à-vis de champignons du genre *Fusarium*.

Notre travail est subdivisé en trois parties :

- ✓ Une partie bibliographique, dans laquelle nous présentons les plantes aromatiques et médicinales, à travers l'histoire, suivie de généralité sur les huiles essentielles, leur méthode d'extraction, leur activité biologique et leur constituant chimique.
- ✓ Une deuxième partie présente la partie expérimentale dont les étapes sont les suivantes :
 - L'extraction de l'huile essentielle de la plante étudiée ;
 - L'analyse de la composition chimique de l'huile essentielle, par CPG ; CG/SM et l'étude de leur activité antifongique ;
- ✓ La troisième partie a été consacrée à la présentation et la discussion des résultats obtenus.
- ✓ Une conclusion où nous avons repris les résultats pertinents de ce travail.

Etude Bibliographique

1. LES PLANTES MEDICINALES ET AROMATIQUES

1.1. Historique

Tout au long de l'histoire, figure l'utilisation des plantes par l'homme pour se nourrir et se soigner. Les tablettes d'argile de l'époque sumérienne qui décrivent une pharmacopée (*recueil des médicaments donnant leur mode de préparation, leur composition et leur action, autrefois appelée Codex*) riche en plantes tel le myrte, le thym et le saule. Celles-ci étaient utilisées en décoctions que l'on filtrait avant de les absorber (**Djeddi, 2012**) (figure1).



Figure 1 : Tablette d'argile de l'époque sumérienne (**Djeddi, 2012**).

De plus, les anciens, des Chinois aux Grecs et des Grecs aux Romains, ont très tôt mis à jour la propriété curative des plantes. Voyages, expéditions et guerres de religions, sont autant d'évènements permettant d'expliquer les avancées successives de la connaissance, dans le domaine de la phytothérapie et de la pharmacognosie (*étude des médicaments provenant de substances animales ou végétales*) qui constituent les bases de la médecine moderne (**Djeddi, 2012**).

1.2. Définition

On appelle plante médicinale toute plante renfermant un ou plusieurs principes actifs capables de prévenir, soulager ou guérir des maladies. Certaines plantes, contiennent toute une gamme de matières efficaces, pouvant avoir des actions très différentes suivant la préparation (**Boumlik, 1995**).

1.3. Utilisation des Plantes Aromatiques et Médicinales(PAM)

Les PAM sont utilisées, par l'Homme, depuis au moins 7.000 ans avant notre ère. Elles sont à la base de la phytothérapie. Leur efficacité relève de leurs composés, très nombreux et très variés en fonction des espèces.

De nos jours, entre 20.000 et 25.000 plantes sont utilisées dans la pharmacopée humaine. Soixante-quinze pourcent des médicaments ont une origine végétale et le reste contient au moins une molécule active d'origine végétale (**Tardivon et Chadouli, 2012**).

1.4. Les métabolites secondaires

On appelle métabolites secondaires des composés biosynthétisés, naturellement, par les végétaux mais qui ne participent pas directement au métabolisme végétal. De nombreux métabolites secondaires possèdent des propriétés thérapeutiques et sont utilisés en médecine humaine.

Les métabolites secondaires appartiennent à des groupes chimiques variés (alcaloïdes, terpènes et composées phénoliques) qui sont très inégalement répartis chez les végétaux mais dont le niveau d'accumulation peut quelque fois atteindre des valeurs élevées (**Guillaume, 2005**).

1.5. Famille des Astéracées

La famille des Astéracées ou Composées est une famille importante de plantes dicotylédones. Elle comprend près de 13.000 espèces réparties en 1.500 genres. Ce sont, essentiellement, des plantes herbacées ; bien que pouvant contenir des arbres, des arbustes ou des lianes dans cette famille (Setzeret *al.*, 2004 *in* Messai, 2011) .

Le nom scientifique de cette famille est Asteraceae, selon **Martynov (1820)** (*in* **Messai, 2011**) et Compositae, selon **Giseke (1792)** (*in* **Messai, 2011**).

La famille des Astéracées est représentée par des plantes herbacées, des arbustes, des arbres. Les feuilles sont alternes, opposées ou verticillées, simples, lobées ou découpées, à bords entiers ou dentés de différentes sortes et à nervation en général pennée ou palmée. Les fleurs sont réunies en capitules. La formule florale générale de cette famille est : (5S) + (5P) + (5E) + (2C)(**Combalot, 2013**).

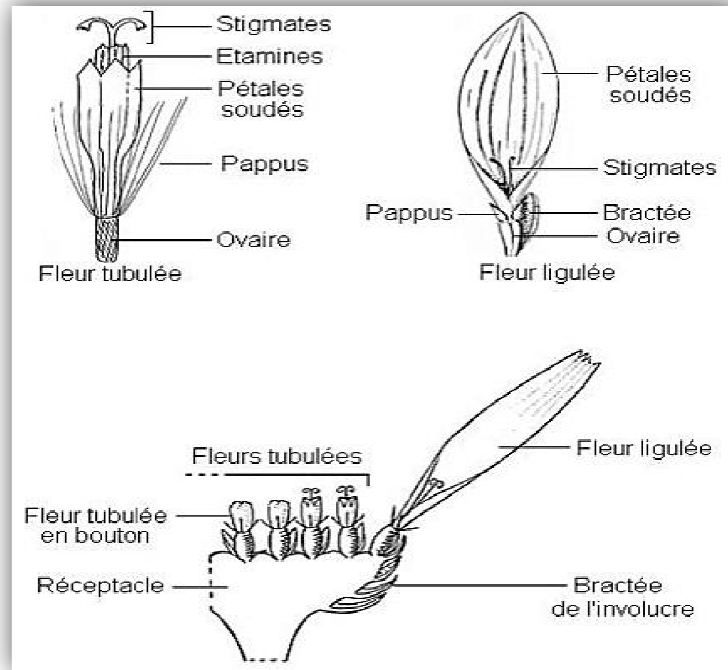


Figure 02: Schéma représentant deux types d'*Astéracées*. L'une ayant des fleurs à corolles ligulées et l'autre à corolles tubulées (**Combalot, 2013**).

Les Astéracées ont la caractéristique commune d'avoir des fleurs réunies en capitules. Elles sont serrées les unes à côté des autres, sans pédoncules, placées sur l'extrémité d'un rameau ou d'une tige et entourées d'une structure formée de bractées florales. Cette structure en forme de coupe ou de collerette est appelée un involucre.

2. GENERALITES SUR LES HUILES ESSENTIELLES

2.1. Définition

Selon **Franz et Novak (2010)**, les huiles essentielles sont des mélanges complexes de composés volatils produits par les organismes vivants et isolés par des moyens physiques. Elles proviennent d'une plante entière ou partie de la plante. Selon **AFNOR, (1996) (in Garnero, 2012)**, elles sont obtenues soit à partir de matières premières naturelles, par distillation à l'eau ou à la vapeur d'eau, soit à partir de matériel végétal par des procédés mécaniques puis séparées de la phase aqueuse par des procédés physiques.

2.2. Répartition des HE dans la plante

Les huiles essentielles s'accumulent dans des cellules pouvant être situées dans différentes parties de la plante. Il existe deux types de cellules d'H.E. Des cellules superficielles comme les poils glandulaires qui se situent à la surface de la plante. Elles sont communes à différentes herbes, telles que la menthe et la lavande. Des cellules incorporées dans le tissu de la plante apparaissant comme des cellules isolées contenant des sécrétions, comme dans les agrumes et les feuilles d'eucalyptus, ou bien comme des couches de cellules entourant l'espace intercellulaire, tels que les canaux ou les cavités de sécrétion de résine du pin (**Schmidt, 2010**).

2.3. Les méthodes d'extraction

La distillation est la méthode la plus utilisée pour l'extraction de nombreuses huiles essentielles (**Zhiri et al., 2005**). Elle est définie selon **Schmidt (2010)** comme l'évaporation d'un liquide, à une température plus ou moins grande, ou même à température ambiante, suivie d'une condensation. Il existe d'autres méthodes d'extractions, parmi elles l'expression à froid, qui est utilisée pour les agrumes (**Garnéro, 1996, in Crouzet, 2012**).

2.3.1. L'hydrodistillation

L'appareil se compose de trois compartiments. La partie productrice de la vapeur est sous forme d'un récipient contenant la matière végétale immergée dans l'eau, la partie de condensation et une partie pour la collecte. Le mélange est chauffé jusqu'à ébullition (**Clarke, 2008**). Lorsque la vapeur d'eau contenant l'huile essentielle arrive au condenseur, elle va se condenser après qu'elle ait traversé le serpentín. Le liquide obtenu, composé d'eau et d'huile essentielle, est recueilli dans un essencier (appelé autrefois vase florentin). La séparation de ces deux produits se fait par leur différence de densité (**Zhiri et al., 2005**).

Selon **Clarke (2008)**, vu la lenteur du procédé, l'eau peut endommager certains composés de l'échantillon ; ce qui représente un inconvénient de la technique.

2.3.2. La distillation à la vapeur

Le procédé de cette méthode est similaire à celui de l'hydrodistillation. La différence se présente dans la partie de production de la vapeur où la matière végétale est séparée de l'eau. L'eau est chauffé jusqu'à ébullition dans un récipient, ensuite la vapeur produite traverse la cuve qui contient la matière végétale (**Clarke, 2008**).

Selon **Clarke (2008)**, la distillation à la vapeur est rapide ; ce qui minimise les dommages causés aux composés de l'huile essentielle. La technique est jugée bonne pour l'extraction des composés volatils des mono terpènes avec les di terpènes.

2.3.3. L'hydrodiffusion

Aussi appelé percolation, cette méthode d'extraction, développée dans les années 1990, est la plus récente. Elle est similaire à la distillation à la vapeur mais est plus rapide et plus simple. La vapeur percole vers le bas, à travers la matière végétale. L'huile extraite et la vapeur sont condensées de la même manière que dans la distillation conventionnelle à la vapeur (**Clarke, 2008**).

2.3.4. L'hydrodistillation par micro-onde

Dans cette technique, les micro-ondes ont le rôle de chauffer la matière végétale. Le reste du procédé est semblable à celui de l'hydrodistillation, sauf que la vapeur d'eau qui emporte l'H.E, est produite à partir de l'eau de la plante. La méthode est très rapide, et économique en énergie (**Piochon, 2008**).

2.3.5. L'expression à froid

Selon **Schmidt (2010)** c'est l'expression à la température ambiante sans influence de la chaleur externe. Et, selon **Clarke (2008)**, c'est l'utilisation d'une pression d'écrasement qui est mécaniquement appliqué à presser les huiles du matériel végétal. Les outils en pierre ou en bois étaient bien adaptés pour briser les cellules de l'huile et libérer leur contenu parfumé. Cette méthode a été utilisée, presque exclusivement, pour la production d'huiles de zeste d'agrumes (**Schmidt, 2010**). Il est possible d'obtenir l'essence directement, par le grattage de zeste sur une éponge naturelle (**Zhiri et al, 2005**).

Selon **Schmidt (2010)**, la raison de l'extraction des huiles essentielles d'agrumes, à partir du péricarpe du fruit, en utilisant des méthodes mécaniques, est l'instabilité thermique, relative, des aldéhydes qu'elles contiennent.

2.4. Composition chimiques

Selon **Garnero (2012)** : « Le plus souvent, les huiles essentielles sont plus complexes dans leur composition chimique : outre quelques constituants principaux représentant des proportions comprises entre 10 et 50 %. Les autres constituants ne représentent que des traces ».

2.4.1. Les terpénoïdes

Les terpénoïdes forment le plus important groupe de produits naturels en ce qui concerne les huiles essentielles. Certains auteurs, en particulier dans la littérature ancienne, se réfèrent à eux comme des terpènes, mais ce terme est aujourd'hui limité aux hydrocarbures monoterpénoïdes. Ils sont définis comme des substances composées d'unités isoprène (2-méthylbutadiène). L'isoprène n'est souvent pas trouvé dans les huiles essentielles et ne constitue, effectivement, pas un intermédiaire dans la biosynthèse, mais le squelette 2-méthylbutane est facilement discernable dans les terpénoïdes (Sell, 2010).

I) Himiterpénoïdes

De nombreux alcools, aldéhydes, et esters ayant un squelette de 2-méthylbutane, se produisent en tant que composants mineurs dans les huiles essentielles. Toutefois, l'oxydation a été observée dans toutes les positions. Les esters, tels que les thioesters correspondant, contribuent à l'odeur caractéristique de galbanum (Sell, 2010).

II) Monoterpénoïdes

Geranyl pyrophosphate est le précurseur des monoterpénoïdes. Les réactions sont décrites en termes chimiques, mais tous sont sous contrôle enzymatique. Les enzymes présents dans une plante donnée détermineront les terpénoïdes qu'il produira. Ainsi, la composition de l'huile essentielle peut donner des informations sur la composante héréditaire de la plante (Sell, 2010).

III) Sesquiterpénoïdes

Par définition, les sesquiterpénoïdes contiennent 15 atomes de carbone. Cela se traduit dans leurs volatilités faibles et les points d'ébullition plus élevés que les monoterpénoïdes. Par conséquent, peu d'entre eux contribuent à l'odeur des huiles essentielles, mais ceux qui le font, souvent, des seuils d'odeur très faibles. Ils sont, aussi, importants comme fixateurs pour les composants les plus volatiles.

Comme le géraniol est le précurseur de toutes les monoterpénoïdes, le farnésol est le précurseur de toutes les sesquiterpènes (Sell, 2010).

2.5. Les facteurs influençant la composition des huiles essentielles

Les méthodes utilisées pour extraire les huiles essentielles de la plante ont un effet sur la composition d'huile. Cette dernière dépend de l'espèce, de la position de l'organe dans la plante et de l'habitat de la celle-ci. Elle dépend aussi de la méthode, du moment de la

récolte et des conditions de stockage de la plante. La composition du sol et le climat influencent, également, sur la composition de l'huile essentielle. L'utilisation de pesticides est supposée provoquer une accumulation de composés indésirables et dangereux dans la plante. Et, ceux-ci peuvent, alors, être présents sous forme de minuscules résidus dans l'huile essentielle (Clarke, 2008).

2.6. La conservation

L'HE doit être conservée dans des flacons opaques (en verre coloré), à une température entre 5°C et 35°C. Le bouchon doit être bien fermé, pour éviter l'évaporation.

Dans ces conditions, la conservation d'huile essentielle dure 5 ans, ou bien 3 ans, pour les essences des agrumes (Zhiri *et al.*, 2005).

2.7. L'activité biologique des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont connues pour être dotées de propriétés antiseptiques et antimicrobiennes. Beaucoup d'entre elles, ont des propriétés antitoxiques, antivenimeuses, antivirales, anti-oxydantes, et antiparasitaires. Plus récemment, on leur reconnaît, également, des propriétés anticancéreuses (Valnet, 2005).

L'activité biologique d'une huile essentielle est à mettre en relation avec sa composition chimique et les possibles effets synergiques entre ses composants. Sa valeur tient à son «totum» ; c'est-à-dire, l'intégralité de ses constituants et non seulement à ses composés majoritaires (Lahlou, 2004).

2.7.1. L'activité antimicrobienne

Deininger (1995) (*in* Benzeggouta (2005)), un chercheur dans le domaine des huiles essentielles, a écrit : "l'usage principal de l'action antimicrobienne des huiles essentielles, c'est les infections banales dans le contexte de l'automédication: infections du système respiratoire (en combinaison avec l'action spasmolytique des huiles essentielles), infection de la peau (virus de l'herpès), maladies gastro-intestinales (avec l'action spasmolytique), infections des voies urinaires (avec l'action diurétique). Ses avantages: un large spectre d'activités incluses. Les effets secondaires ne surviennent pas si les produits sont utilisés correctement".

I) L'activité antibactérienne

Une étude, menée sur le pouvoir antibactérien des HE de deux plantes *Laurus nobilis* et *Lavandula angustifolia* contre trois souches bactériennes pathogènes, *Escherichia coli*

ATCC25921, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC29733 et *Staphylococcus aureus* ATCC25923), a montré un effet inhibiteur très importants (**Elharas et al., 2013**).

Dans une autre étude, testant l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Thymus* vis-à-vis de huit (8) souches bactériennes appartenant à deux catégories différentes (gramme positive et gramme négative) a présenté une efficacité très importante contre ces souches (**Haddouchi et al., 2009**).

II) Activité antiparasitaire

L'activité antiparasitaire de l'huile essentielle de la plante *Aretimisea herba- alba* est prouvée contre des formes promastigotes de deux espèces de leishmania (activité antileishmanienne) *Leishmania tropica* et *Leishmania major* (**Hatimi et al., 2000**).

Des chercheurs Camerounais ont mis en évidence l'activité antiparasitaire des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques (*Cymbopogon citratus*, *Ocimum canum*, *Ocimum gratissimum*, *Thymus vulgaris*) contre *Anopheles gambiae* (**Tchoumboungang et al., 2009**).

L'huile essentielle de la plante *Pimenta racemosa* (bois de l'inde) est dotée de propriété antiparasitaire contre les poux et autres parasites externes (**Bourgeois, 1995**).

III) Activité antivirale

L'huile essentielle obtenue à partir de *Houttuynia cordata* a montré une activité antivirale contre les virus de l'herpès et de la grippe ainsi que sur l'HIV-1(**Svoboda et Hampson, 1999**).

IV) Activité antifongique

Dans le domaine phytosanitaire et agroalimentaire, les huiles essentielles, ou leurs composés actifs, pourraient, également, être employés comme agents de protection contre les champignons phytopathogènes et les microorganismes envahissant les denrées alimentaires (**Lis-Balchin, 2002**).

La mise en évidence du pouvoir antifongique de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* contre sept moisissures, appartenant à sept genres différents, a fait l'objectif d'une étude. Cette huile a démontré une bonne activité antifongique où l'inhibition totale de la croissance a un effet marquant contre essentiellement *Rhizopus* et *Mucor* (**Mohammedi et Atik, 2011**).

L'évaluation de l'activité antifongique de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis* contre cinq (5) genres de moisissures des légumes secs (*Aspergillus*,

Penicillium, Mucor, Rhizopus et Alternaria) a prouvé la sensibilité de ces moisissures vis-à-vis de cette huile (Laib, 2012).

Les huiles essentielles de trois plantes (*Thymus vulgaris, Mentha spicata et Citrus limonum*) présentent des activités inhibitrices significatives sur trois souches de champignons dermatophytes responsables de la surinfection de l'eczéma de contact (Ismaili et al., 2014).

2.7.2. Activité pharmacologique

I) L'activité antioxydante

La capacité antioxydante de l'huile volatile est étroitement liée à tout le contenu phénol (Stefanovits-Bányai et al., 2003).

Des études illustrant l'activité anti-oxydante des HE ont été menées par plusieurs chercheurs Mansouri et al. (2011). Il a été prouvé que l'essence de l'espèce de genévrier commun de Maroc, (*Juniperus communis*), est dotée d'une bonne activité antioxydante avec une CI50 de $4,71 \pm 3,53\mu\text{g/ml}$

Une autre étude, réalisée par Djeddi et al.(2015), a montré l'effet antioxydant faible de l'huile essentielle du *Thymus numidicus* (67,84 %), pour une dilution de 1000 mg /L d'huile essentielle.

II) L'activité anti-inflammatoire

Les huiles essentielles sont également utilisées en milieu clinique pour soigner des maladies inflammatoires telles que les rhumatismes, les allergies ou l'arthrite (Maruyama et al., 2005).

2.8. La toxicité des HE

Driss Lamnaouer a dit sur la toxicité : «Parmi les constituants des huiles essentielles, certains (les terpènes ou résines) peuvent être irritants pour la peau ou les muqueuses. C'est pourquoi on utilise dans certains cas des essences déterpénées ».

3. Les champignons phytopathogènes

Ce sont des champignons qui se procurent leurs substances nutritives en parasitant les plantes vivantes. Ces champignons dégradent l'hôte et causent des dommages visibles ; ce qui cause une perte de rendement et de qualité dans les champs de cultures.

La plupart des champignons phytopathogènes produisent des spores microscopiques, qui présentent une forme de résistance permettant aux champignons de survivre, à des conditions environnementales difficiles, et qui assurent la propagation de la maladie.

De plus, de nombreux champignons forment des sclérotés qui sont des formes résistantes et rigides, comme les spores. Ils ont la capacité de reprendre la croissance dans leurs conditions favorables et d'infecter la plante, même après une longue période.

Le mycélium envahit les tissus de la plante infectée. La diminution de la source de nourriture est accompagnée d'une production des nouvelles spores pour que l'agent pathogène se propage dans la culture. Ce stade signifie la mort ou l'endommagement grave de la plante infectée (Thériault *et al.*, 1994).

4. LA FUSARIOSE

Les fusarioses ou Trachéomyose sont des maladies cryptogamiques provoquant un flétrissement. Elles sont causées par divers champignons du genre *Fusarium* ou *Microdochium* pouvant survivre plusieurs années dans le sol.

Les champignons responsables de la fusariose sont présents sous forme de spores dans des débris végétaux ou profondément enfouis dans le sol (jusqu'à 0,80 m de profondeur) et développent un mycélium (filament de champignon) en été, sous l'effet conjugué d'une chaleur atteignant ou dépassant 30 °C et d'un temps pluvieux ou d'une forte humidité.

Elle se manifeste par des symptômes semblables :

- Pourriture des bulbes et des collets ;
- Flétrissement des pousses, des feuilles, des branches ou de toute la plante.

4.1. Espèces touchées

De très nombreuses espèces de végétaux peuvent être atteintes de fusarioses :

- Surtout connue en agriculture chez les céréales (riz, blé, etc.), la fusariose touche aussi des cultures de fruits ou légumes tels que le melon, la tomate, la pomme de terre et l'asperges.
- Au potager, également, avec l'aubergine, le haricots, le pois, le poireau, la betterave, l'épinard ainsi que tous les cucurbitacées et céréales qui y sont sensibles.

Il existe de nombreuses espèces de *Fusarium*, dont certaines seulement sont pathogènes et/ou sont susceptibles d'émettre des mycotoxines (fusariotoxines, en

l'occurrence), posant problèmes en agriculture ou en médecine humaine et pour l'industrie agroalimentaire (**Maamri, 2005**).

La mycotoxine, la plus fréquemment, produite par les champignons du genre *Fusarium* est le désoxynivalénol (DON), également appelée vomitoxine (**Symon et al., 2002**).

Matériels et Méthodes

Dans ce travail nous avons déterminé la composition chimique d'huiles essentielles d'*Artemisia campestris* L ainsi que son activité antifongique vis-à-vis de cinq souches phytopathogènes de genre *Fusarium* afin de pouvoir valoriser ces HE comme un produit de bioconservation

1. LE MATERIEL VEGETAL

1.1. La présentation de la plante étudiée (*Artemisia campestris*)

Artemisia campestris L est une plante appartenant à la famille des Astéracées. Elle est assez commune sur les sols siliceux et les bords des rivières jusqu'à 1.500 m. les feuilles de cette plante sont largement utilisé dans la médecine traditionnelle comme anti-venin, anti-inflammatoire (Gherib, 2009).

Noms vernaculaires :

En français : Armoise champêtre, Auronne des champs, armoise rouge.

En arabe : Allala, Tgouft

Nom scientifique : *Artemisia campestris* L

1.1.1. La description botanique de la plante

Artemisia campestris L est une plante vivace, sa floraison est en mai à septembre. C'est une plante herbacée, hermaphrodite, buissonnante de 30 cm à 50 cm. Ces tiges sont ligneuses, au bas strié. Elle est généralement rougeâtre, très ramifiées. Les feuilles de cette plante sont altérées, non charnus, plus au moins soyeuse dans leur jeunesse. Les basales de ces feuilles sont pétiolées et auriculées. Les fleurs périphériques femelles, les autres sont males (Gherib, 2009).



Figure 3 : La photo d'*Artemisia campestris* L. prises dans le lieu de collecte à Djelfa (Aouissi, 2011)

1.1.2. La systématique d'*Artemisia campestris* L

Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Eudicots
Sous classe	Astérides
Ordre	Astérales
Famille	Astéracées
Genre	<i>Artemisia</i>
Espèce	<i>Artemisia campestris</i> L

1.1.3. La collecte de la plante

La plante a été collectée au mois de juin dans la région de Djelfa (située à 300 km au sud d'Alger) et nous avons hydrodistillé la partie aérienne (tige, feuille et fleur) au même temps.



Source, google maps 2016

Figure 4 : La carte géographique présente la région de collecte de la plante

2. LE MATERIEL FONGIQUE

2.1. Le Genre *Fusarium*

Le genre *Fusarium* comprend un large éventail de champignons qui sont distribués dans le monde entier comme des agents pathogènes importants de plantes, ainsi que des colonisateurs opportunistes de la plante et de produits agricoles ou comme saprophytes sur les débris et le matériel végétal cellulosique. Les espèces pathogènes provoquent une gamme de maladies des plantes telles que la fusariose vasculaire, la pourriture de la racine et de la tige, la fonte des semis, la pourriture des épis de céréales.

La population de *Fusarium* se compose de différents individus ayant des caractères pathogènes différents, y compris la capacité à produire la toxine. Les champignons de *Fusarium* produisent plus de 40 mycotoxines connues et beaucoup d'espèces de *Fusarium* peuvent produire des mycotoxines dans les grains. Les mycotoxines peuvent être formées avant la récolte, ils infectent les plantes encore debout dans les champs ou dans les grains entreposés (Mačkinaité *et al.*, 2006).

Les subdivisions de la taxonomie du genre *Fusarium*, selon CNBI Taxonomy :

Organismes cellulaire

- Eukaryota
- Opisthokonta
- Fungi
- Dikarya
- Ascomycota
- Saccharomyceta
- Pezizomycotina
- Leotiomyceta
- Sordariomyceta
- Sordariomycetes
- Hypocreomycetidae
- Hypocreales
- Nectriaceae
- Fusarium
 - *Fusarium oxysporum*
 - *Fusarium culmorum*

2.1.1. *Fusarium oxysporum*

L'espèce *Fusarium oxysporum* est bien représentée parmi les communautés de champignons telluriques, dans chaque type de sol partout dans le monde. Cette espèce est également considérée comme un constituant normal des communautés fongiques dans la rhizosphère des plantes. Toutes les souches de *F. oxysporum* sont saprophytes et capables de croître et survivre pendant de longues périodes sur la matière organique dans le sol et dans la rhizosphère de nombreuses espèces de plantes. Par ailleurs, certaines souches de *F.oxysporum* sont pathogènes pour les différentes espèces de plantes; ils pénètrent dans les racines induisant soit la pourriture des racines ou Trichomycose quand ils envahissent le système vasculaire.

Le flétrissement induit par des souches de *F. oxysporum* est responsables de graves dommages sur de nombreuses espèces de plantes économiquement importantes. Les pathogènes de flétrissement de *Fusarium* montrent un niveau élevé de spécificité d'hôte et, basé sur les espèces et les cultivars de plantes qu'ils peuvent infecter, ils sont classés en plus de 120 formes spéciales (**Fravel et al., 2003**).

Le tableau 1 présente les souches de *Fusarium* testées dans cette étude ainsi que leurs références et leurs origines :

Tableau 1 : Références et origines des microorganismes testés dans notre étude :

Souche fongique	Référence	Source
<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	Isolat	SRPVG (Ghardaïa)
<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>albedinis</i>	Isolat	SRPVG (Ghardaïa)
<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>psi</i>	Isolat	Laboratoire de mycologie, faculté du Blida département d'agronomie
<i>Fusarium culmorum</i> 124	Isolat	Mycothèque de Mme El Houiti Fatiha
<i>Fusarium culmorum</i> 319	Isolat	Mycothèque de Mme El Houiti Fatiha

I) *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*

Il est responsable de la maladie du Bayoud ou la fusariose du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.), qui est la plus redoutable dans les bosquets de palmiers d'Afrique du Nord (**El Fakhouri et al., 1996**) (Tableau1).

Selon **Tantaoui et Fernandez (1993)**, cette maladie est apparue au Maroc vers 1870, ensuite elle a affecté des palmeraies algériennes, avant d'affecter celle de Tunisie. Ces auteurs disent que : « Les souches de *F. oxysporum* f. sp. *albedinis* isolées du rachis de palmes infectées présentent à la fois une morphologie caractéristique - thalle de couleur rose saumon et mycélium frisé - et une agressivité élevée ». Les symptômes de la maladie suggèrent que l'acide fumarique pourrait être l'un des facteurs déterminants la pathogénicité de *F. oxysporum* f. sp. *albedinis* (**El Fakhouri et al., 1996**).

II) *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*

Est un champignon qui infecte les plants de tomates, il a causé un flétrissement des feuilles quand les faisceaux vasculaires alimentant les feuillettes touchés sont malades (**Malcolm et al., 1966**). Il vie dans le sol comme dans les vaisseaux de la plante, donc il soumit aux grandes variabilités du milieu tels que la salinité du sol, qui stimule sa sporulation (**Besri, 1981**) (Tableau1).

III) *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*

Le flétrissement de pois a été décrit pour la première fois en 1925, causée par *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* (Tableau1), cette maladie est souvent grave où les rotations courtes avec d'autres cultures sont pratiquées. Sous ces conditions, des pertes de récoltes graves résultent, lorsque le champignon construit des nombres d'inoculum suffisantes, et le cultivar planté est sensible (**Kraft, 1994**).

2.1.2. *Fusarium culmorum*

Fusarium culmorum est l'un des agents les plus importants de la fusariose dans les régions tropicales et subtropicales (Tableau1). Ses dégâts à la récolte des céréales sont élevés dans les zones où la floraison et épiaison sont contemporaines avec un climat chaud et humide. Il provoque différentes maladies transmises par les semences et par le sol des semis, y compris la pourriture brune du pied, la pourriture des racines, des semis et l'épide blé. Ce pathogène est localisé dans le péricarpe, mais les conidies peuvent être portées à l'extérieur sur le tégument. L'infection peut avoir lieu à travers les stomates hypocotyle, d'où le champignon progresse à la racine, rejeton et coléoptile (**Khezri et al., 2011**).

3. L'EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES (HE)

La plante utilisée dans notre étude a été séchée, à température ambiante et à l'abri de la lumière, durant une semaine puis broyée légèrement avant de procéder à l'extraction.

3.1. Le procédé d'extraction

L'huile essentielle est extraite par le procédé d'hydro-distillation en utilisant un appareil de type Clevenger.

Cent grammes de la plante est mise dans un ballon de 2 litres aux quels on ajoute de l'eau distillée jusqu'à l'immersion de la matière végétale ; le ballon est, par la suite, connecté à un appareil Clevenger. A l'aide d'un chauffe-ballon on porte le mélange à ébullition. Les huiles essentielles véhiculées dans la vapeur se condensent et s'accumulent avec l'eau. On obtient, ainsi, deux phases (huile essentielle et eau).

L'hydrodistillat obtenus est mesurées (en ml par Kg de plante) et séchés par du sulfate de sodium anhydre (Na_2SO_4) afin d'éliminer toutes trace d'eau. Après les avoir récupérées, notre échantillon d'huile essentielle est conservé, dans un tube en verre bien scellés et recouverts d'aluminium, au réfrigérateur à 4 °C et à l'abri de la lumière (protection contre la chaleur, l'évaporation et la lumière).

3.2. Le calcul de la teneur en huiles essentielles

La teneur en huiles essentielles (HE) est exprimée en volume (ml) d'HE obtenu à partir d'un Kilogramme de matière végétale

La teneur (en %, est définit comme étant le rapport entre la masse de l'huile extraite et celle de la biomasse de la plante traitée (**Carré, 1953 in Belyagoubi, 2006**). Elle est calculée par la formule suivante :

$$T\% = \frac{m_1 \times 100}{m_0}$$

Où :

m_1 : masse d'huile essentielle, en grammes ;

m_0 : masse de la matière végétale traitée, en grammes ;

T : teneur en huile essentielle.

La teneur, en ml/kg, est définie comme étant la quantité en huiles essentielle extraite (en ml) à partir d'un Kilogramme de plante. Cette teneur est calculée par la formule utilisée par (Hilan *et al.*, 2005) :

$$T' = \frac{v}{m}$$

Où :

T' : teneur exprimé (en ml/kg);

v : volume d'huiles essentielles extrait (ml);

m : prise d'essai initiale du matériel végétal (Kg).

4. L'ANALYSE CHROMATOGRAPHIQUES

Des analyses chromatographiques (Chromatographie en phase gazeuse CPG et Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse CG/SM) ont été effectuées pour la plante *Artemisia campestris* par madame Aouissi. H.

4.1. La chromatographie en phase gazeuse CPG

La CPG (seule ou couplée par spectroscopie de masse SM) est la technique la plus adaptée pour l'analyse des huiles essentielles compte tenue de la volatilité de leurs constituants (Guillaume, 2005).

4.2. Les conditions opératoires de la CPG

L'analyse a été réalisée à l'aide d'une chromatographie en phase gazeuse de type Chrompack CP 9002, équipé d'une colonne capillaire en silice fondue de type DB-5 (30 m × 0,32 mm). L'épaisseur de film est de 0,25µm. Le gaz vecteur utilisé était l'azote à 1ml/min et le détecteur est à ionisation de flamme (FID). La température de la colonne est programmée de 50°C (3min) à 250°C à raison de 2°C/min. puis est maintenue à 250°C pendant 10 min. la température de l'injecteur et du détecteur a été fixée à 250°C.

Les indices de rétentions des constituants sont calculer par rapport à une séries d'alcane (C_9 à C_{25}) analysée dans les mêmes conditions opératoires que celle de échantillon.

4.3. Le mode opératoire de CG/SM

L'analyse CG/SM a été effectuée sur un chromatographe de type AGILENT 6890 couplé à un spectromètre de masse 5973, équipé d'une colonne capillaire UB-WAX (30m×0.25m ; épaisseur du film 0.25 μ m) et d'un détecteur quadripolaire où le potentiel d'ionisation était fixé à 70 eV. L'Hélium est utilisé comme gaze vecteur avec un débit de 1ml/min. les températures de l'injecteur et la ligne de transfert SM étaient fixée à 250°C et 220°C, respectivement. Un millilitre d'échantillon dilué dans l'éthanol (1 :100, v/v) a été injecté manuellement en utilisant le mode split-less.

Les indices de rétention des différents composés sont calculés par rapport à une série d'alcane (C_8 à C_{24}).

4.4. L'identification des constituants

L'identification des constituants de l'huile essentielle a été réalisée sur la base de la comparaison de leurs indices de rétention, calculé par rapport à une série de n-alcane et à des travaux antérieurs, qui ont utilisé les spectres de masse des constituants de deux bibliothèques Wiley et NIST (the National Institute of Standards and Technology).

5. L'ETUDE DE L'ACTIVITE ANTIFONGIQUE

Pour tester l'effet antifongique de l'huile essentielle de notre échantillon végétal *Artemisia campestris* on utilise la méthode de contact direct sur milieu PDA qui se base sur l'évaluation d'un paramètre très intéressant qu'il s'agit de la croissance mycélienne.

5.1. La préculture des champignons

Pour ensemercer les milieux de culture solides, nous avons transféré, au centre de chaque boite, à partir d'une culture pure préparée au préalable, un disque de gélose contenant du mycélium sur du milieu PDA vierge; l'incubation a été faite à $26 \pm 1^\circ\text{C}$, durant 6 à 7 jours (Colin *et al.* 1989).

5.2. L'évaluation de l'activité antifongique par la méthode de contact direct

Une mise en émulsion de l'huile essentielle a été préalablement réalisée, en utilisant une solution d'Agar à 0,2 % (Remmal *et al.*, 1993 ; Satrani *et al.*, 2001) vue la non miscibilité à l'eau et donc aux milieux de culture. Elle permet d'obtenir, dans le

milieu, une répartition homogène des composés et augmenter, au maximum, le contact entre le germe et les composés.

5.2.1. Le mode opératoire

Des dilutions d'huile essentielle sont préparées au $1/5^e$, $1/10^e$, $1/25^e$, $1/50^e$, $1/100^e$ et $1/200^e$, dans la solution d'agar. Dans des tubes à essais contenant, chacun, 13,5 ml de milieu PDA gélosé, stérilisés à l'autoclave (20 min à 121°C) et refroidis à 45°C , on ajoute 1,5 ml de chacune des dilutions, de façon à obtenir les concentrations finales allant de $1/50$ à $1/2.000$ (v/v). Puis les tubes ont été agités au vortex avant d'être versés dans des boîtes de Pétri. Des témoins, contenant le milieu de culture et la solution d'agar à 0,2 %, sans l'huile essentielle, sont également préparés (El Ajjouri *et al.*, 2008).

L'ensemencement se fait par le dépôt d'un disque de gélose, contenant du mycélium, prélevé à partir de la périphérie du thalle provenant d'une culture de 7 j sur PDA. Une culture sur milieu PDA, sans extrait, a servi de témoin. L'incubation des cultures a été faite à l'obscurité à $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$, pendant 7 jours.

Les cultures sont observées durant 6 jours pour noter l'effet de l'HE sur la croissance fongique. Le pouvoir fongicide est évalué par la réponse du repiquage de boutures de milieu gélosé provenant de cultures dans lesquelles il n'y a eu aucun développement mycélien, pendant 7 j.

La lecture des résultats nous a permis de déterminer la CMI (la plus faible concentration en HE pour laquelle on n'observe pas de croissance, visible à l'œil nu, sur le milieu PDA ; c'est une action fongistatique) après 6 jours d'incubation.

Nous avons déterminé l'action antifongique en comparant la croissance après le traitement avec celle du témoin, en utilisant la relation suivante :

$$I(\%) = \frac{(D_k - D_o)}{D_k} \times 100 \text{ (Chang et al., 1999 in Cheng et al., 2008)}$$

Où :

D_k : diamètre de la colonie mycélienne témoin, en centimètre ;

D_o : diamètre de la colonie mycélienne dans l'expérience ;

T : taux d'inhibition de la croissance du mycélium (en %).

6. L'ANALYSE STATISTIQUE

L'analyse statistique (tableaux, courbes, et histogrammes) des données a été réalisé à l'aide du logiciel de l'Excel 2010 pour mieux exprimé les résultats.

Résultats et discussions

1. LA TENEUR EN HUILE ESSENTIELLE (HE)

Le procédé d'extraction a été poursuivi jusqu'à épuisement de la matière végétale, en huiles essentielles. Ainsi, l'extraction a duré deux heures et demi (Tableau 2).

La teneur des échantillons en HE est déterminée par le rapport de la quantité d'HE extraite sur la masse de la plante sèche ; elle est exprimée en pourcentage.

Le rendement moyen en huiles essentielles d'*Artemisia campestris* fournit un taux d'environ 12 ml pour 1 Kg de partie aérienne de la plante ; ce qui correspond à une teneur de 1,03 % (Tableau 2).

Tableau 2 : Durée d'extraction et teneur de la partie aérienne d'*Artemisia campestris* en huile essentielle

	Durée d'extraction (heure)	Teneur (%) (m/m)	Teneur (ml/kg) (v/m)
Echantillon	2h 30 min	1,03	12

Une étude similaire réalisée par (Saihi, 2011) sur l'huile essentielle d'*Artemisia campestris*, de la région de Messaade (Djelfa), a montré un rendement de 0,21%.

Une autre étude menée sur le rendement d'HE d'*Artemisia campestris* de la région de Djebel Antar (Naama) a présenté un rendement 0,3% (Gherib, 2009).

Dans une étude réalisée sur l'extraction de la partie aérienne de l'espèce *Artemisia campestris* récoltée à Djelfa (Juin 1999) a montré un rendement en huile essentielle 0,1 % (Dob et al, 2005)

Diverses études ont été menées sur les huiles essentielles d'*Artemisia campestris* : (i) sur des feuilles et des fruits issus de la région de Djebel Amour (Atlas Saharien) (Bakchich et al., 2014), (ii) sur des échantillons collectés en Anatolie (Turquie) (Baykan Erel et al., 2012) et (iii) sur des spécimens collectés à Beni-Khedache, au sud tunisien (Akrouf et al., 2010) ; les rendements en huile essentielle ont été, respectivement, de 0,33 de 0,7 et de 1,2%.

A la lumière des résultats de ces études antérieures, nous pouvons constater que notre échantillon d'*Artemisia campestris* et celui de Akrouf et al (2010) sont riches en huile essentielle. Cette richesse pourrait être due à une différence dans la conduite de la plante,

depuis la collecte jusqu'à la mise en marche de la technique d'extraction ou bien à une différence liée aux conditions édapho-climatiques dont les échantillons sont issus.

2. LA COMPOSITION CHIMIQUE DE L'HUILE ESSENTIELLE

La composition chimique de l'huile essentielle *d'Artemisia campestris* étudiée a été déterminée à l'aide de la chromatographie en phase gazeuse (CPG) et la chromatographie en phase gazeuse couplée à une spectrométrie de masse (CG/SM). Les indices de rétention linéaires qui apparaissent dans le tableau 4 sont calculés par rapport à une série homologue de n-alcane.

D'après une étude réalisée par **Aouissi (2011)**, l'huile essentielle *d'Artemisia campestris* se caractérise principalement par la présence du β -pinène 36,45%, le *p*-cymène 13,17%, l' α -pinène 12,53%, le β -myrcène 9,38%, et le 1,8-cinéol 7,07%, ce qui rend cette l'huile riche en hydrocarbures monoterpéniques 75,04%. Cependant, les monoterpènes oxygénés ne représentent que 10,14% de la totalité des constituants identifiées.

Tableau 3: Composition chimique de l'huile essentielle d'un échantillon d'*Artemisia campestris* analysé par CPG (**Aouissi, 2011**)

N°	Constituants	IRL	Aires des pics
1	Tricyclène	918	0,02
2	α -Thujène	922	0,18
3	α -Pinène	928	12,53
4	Camphène	940	0,20
5	β -pinène	966	36,45
6	β -Myrcène	983	9,38
7	<i>p</i> -Cymène	1017	13,17
8	Limonène	1019	1,08
9	1,8-Cinéole (eucalyptol)	1025	7,07
10	<i>cis</i> -Ocimène	1029	1,94
11	γ -Terpinène	1047	0,05
12	Terpinolène	1076	0,04
13	Linalol	1088	0,29
14	Chrysanthène	1110	0,12
15	α -Campholenol	1117	0,09
16	Camphor	1124	0,3
17	Bornéol	1150	0,12
18	Terpinèn-4-ol	1162	0,69

19	α -Terpinéol	1173	0,29
20	Verbénone	1181	0,29
21	Nérol	1220	0,02
22	Pulégone	1222	0,12
23	Acétate de linalyle	1243	0,03
24	Citral	1246	0,05
25	Isopulegylacétate	1263	0,21
26	Acétate de bornyle	1268	0,04
27	Thymol	1279	0,04
28	Acétate de géranyle	1367	0,37
29	(<i>E</i>)-caryophyllène	1399	0,03
30	β -caryophyllène	1406	0,14
31	α -Humulène	1438	0,03
32	<i>allo</i> -Aromadendrene	1445	0,13
33	Germacrène D	1458	0,47
34	Bicyclogermacrène	1464	0,32
35	Germacrène A	1495	0,21
36	δ -Cadinène	1505	0,32
37	Nérolidol	1516	0,03
38	Germacrène B	1545	0,27
39	Spathulénol	1555	1,82
40	Caryophyllène oxyde	1563	0,3
41	Davanone	1585	0,76
42	β -Eudésmol	1630	0,3
Total identifié			90,31
Monoterpène oxygénés			10,14
Hydrocarbure monoterpénique			75,04
Sesquiterpène oxygénés			3,24
Hydrocarbure sesquiterpénique			1,89

L'étude de la composition chimique, de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* obtenue par l'hydrodistillation des échantillons collectés dans le Sud tunisien, a révélé les proportions suivants : les hydrocarbures monoterpéniques (47,8 à 63,8%), le β -pinène (24,2 à 27,9%), le *p*-cymène (17,4 à 22,3%) et l' α -pinène (4,1 à 11,0%) (Akrou *et al.*, 2001).

Un travail similaire a été réalisé, par Akrou *et al.*, (2010), sur un échantillon collecté dans une région montagneuse du Sud-est de la Tunisie. Les résultats trouvés dans ce travail montrent que les hydrocarbures monoterpéniques constituent la fraction

principale de l'huile (72,2%) et que les composés majoritaires sont : le β -pinène (34,2%), et le limonène (8,2%), suivis par le germacrène D (7,3%), le γ -terpinène (6,1%), le β -myrcène (6,0%), l' α -pinène (5,3%), le (Z)- β -ocimène (4,6%), le (E)- β -ocimène (4,3%), le β -Eudésmol (2,8%) et le *p*-cymène (2,3%).

Dans une étude menée par Neffati *et al.*, (2011), l'analyse chimique de l'huile essentielle d'échantillons d'*Artemisia campestris*, récoltés à Benguerdane (dans le Sud tunisien) a révélé que les constituants principaux sont: le β -pinène (41,0%), le *p*-cymène (9,9%), l' α -terpinène (7,9%), le limonène (6,5%), le myrcène (4,1%), le β -phellandrene (3,4%) et l' α -pinène (3,2%).

Dans une autre investigation conduite, par Dob *et al.*, (2005), sur la composition de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* collectée dans la région de Djelfa, les composés oxygénés constituent la majeure partie de l'huile (43,7%), dont le composant principale est le (Z,E)-farnesol (10,3%) suivi par le cédrol (5,4%) et le verbénone (3,8%).

Bakchiche *et al.*, (2014) ont étudiés la composition chimique de l'huile essentielle de l'*Artemisia campestris* collectée dans la région de djebel Amour (Atlas saharien). Cette huile est caractérisée par les composés suivants : le β -pinène 25,6% et le sabinène 17,0% suivi par l' α -pinène (9,9%), le limonène (6,6 %) et le *p*-cymène (4,1%).

Houicher *et al.*, 2016 ont rapporté la composition chimique, de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* collectée à Oued Moura (wilaya de Laghouat), suivante : l' α -pinène (18,65%), le β -pinène (16,78%), le β -myrcène (17,34%), et germacrène D (10,34%).

Ces études montrent, ainsi, une très grande variabilité de la composition. Selon Akrouit *et al.*, (2001), ceci pourrait être attribué à la variabilité des conditions géographiques (climat et sol) entre ces différentes zones.

3. L'EVALUATION DE L'ACTIVITE ANTIFONGIQUE

Nous avons testé l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de notre échantillon sur la croissance mycélienne des cinq (5) souches phytopathogènes du genre *Fusarium*.

L'étude de l'effet antifongique de l'HE a été réalisée par la méthode de contact direct, sur gélose. Ainsi, le microorganisme est en contact avec le milieu de culture contenant l'HE, à différentes concentrations.

Ainsi, nous avons constaté une nette différence de comportement vis-à-vis de l'HE, selon la souche.

La réduction de la croissance mycélienne dans les milieux de culture contenant l'huile essentielle, reflète la présence d'une activité inhibitrice significative de l'huile sur ces champignons.

Par ailleurs, une croissance remarquable des 5 souches fongiques est observée dans les témoins, milieux sans HE.

4. LA CINÉTIQUE FONGIQUE

A partir de la mesure du diamètre de croissance de la colonie, de chaque souche, pendant 6 jours, nous avons construit des courbes de croissance fongique des souches testées, présentées dans les figures 5 et 6.

D'après ces courbes, la croissance fongique la plus importante obtenue dans les milieux contenant l'huile essentielle, comparée avec le témoin, correspond aux dilutions 1/50, 1/100, et 1/200. Par contre, les dilutions 1/25, 1/10, et 1/5 présentent une légère croissance ; ce qui nous permet d'obtenir des diamètres de croissance augmentant avec la dilution.

Le fait que les courbes de croissance pour les différentes dilutions soient proches de la courbe témoin, signifie une faible activité de l'huile vis à vis la souche, testée.

Nous avons constaté que l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* possède un effet inhibiteur important sur la croissance de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL) pour les dilutions 1/5, 1/10, 1/25.

L'effet inhibiteur le plus important est reflété par une faible croissance de *Fusarium culmorum* 124 (FC124), à toutes les dilutions. Nous avons obtenu des résultats similaires sur la croissance de *Fusarium culmorum* 319 (FC319) mais avec un effet moins important.

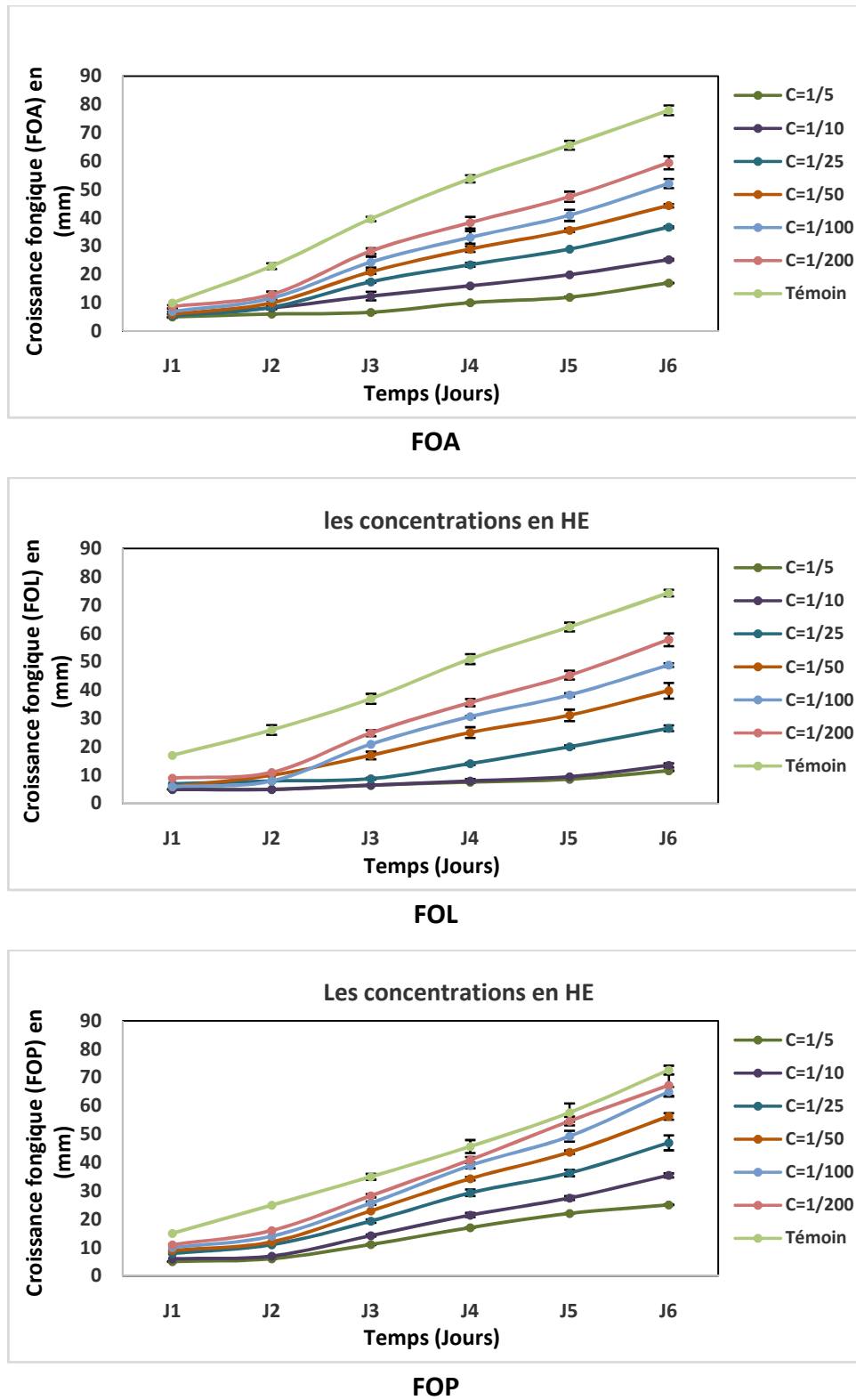


Figure 5: La variation du diamètre de croissance de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, *F. o. lycopersici*, et *F. o. pisi*, en fonction du temps, en réponse à un traitement avec de l'HE d'*Artemisia campestris*.

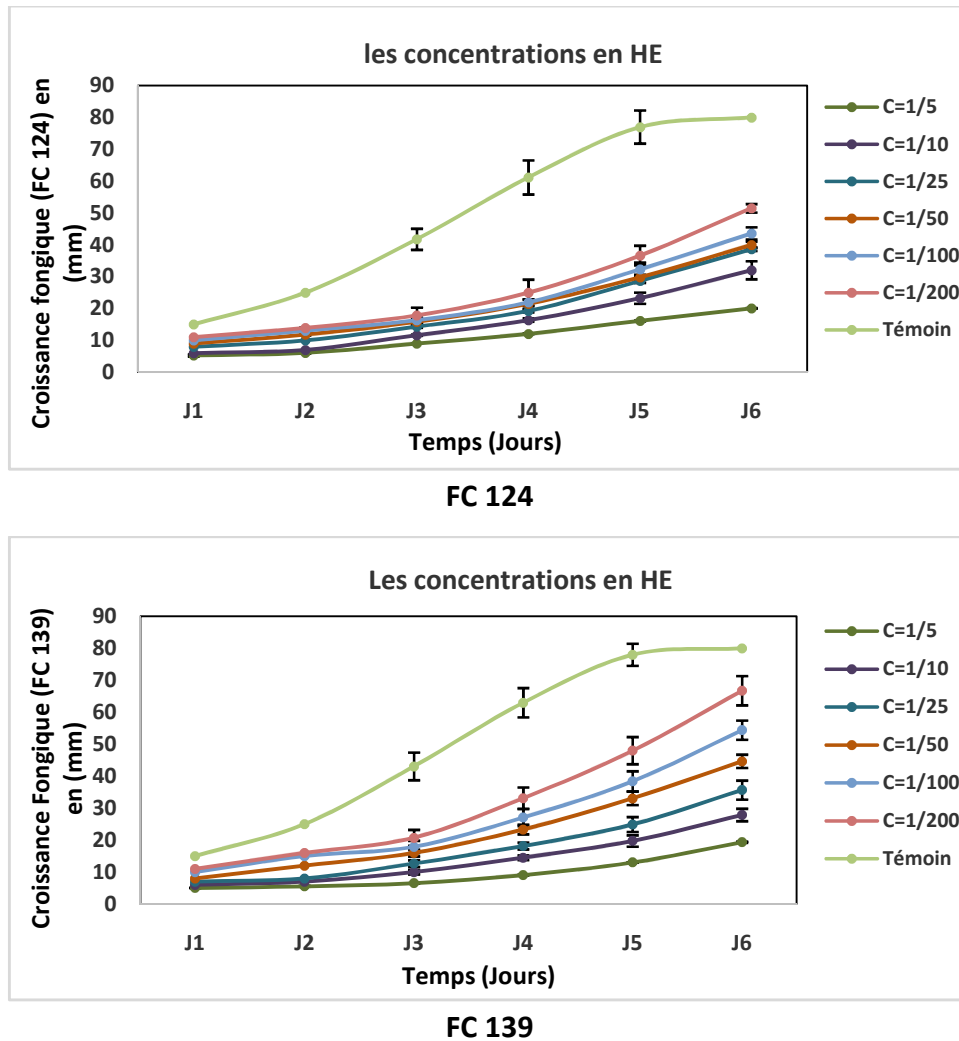


Figure 6: La variation du diamètre de croissance de *Fusarium culmorum* 124, et 319, en fonction du temps en réponse à un traitement avec de l'HE d'*Artemisia campestris*.

D'après les courbes de croissance, nous avons estimé les taux d'inhibitions de l'huile essentielle vis à vis des souches testées. Ces valeurs, pour les différentes concentrations, sont présentées dans la figure 7.

D'après l'histogramme, le taux d'inhibition augmente avec l'augmentation de la concentration. Les taux d'inhibitions supérieurs à 50% sont observés pour les concentrations 4, 10 et 20 $\mu\text{l/ml}$, pour toutes les souches testées, sauf la *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* (FOP). Cette dernière présente des taux d'inhibition supérieurs à 50%, pour les concentrations 10 et 20 $\mu\text{l/ml}$.

Dans le cas de la FC124, on obtient des taux d'inhibition relativement élevés pour les concentrations, 2, 1 et 0,5 $\mu\text{l/ml}$. Pour les concentrations 4, 10, et 20 $\mu\text{l/ml}$, les taux

d'inhibition les plus importants ont été observés pour la FOL. Cependant, des taux d'inhibition plus faible sont mis en évidence dans le cas de la FOP.

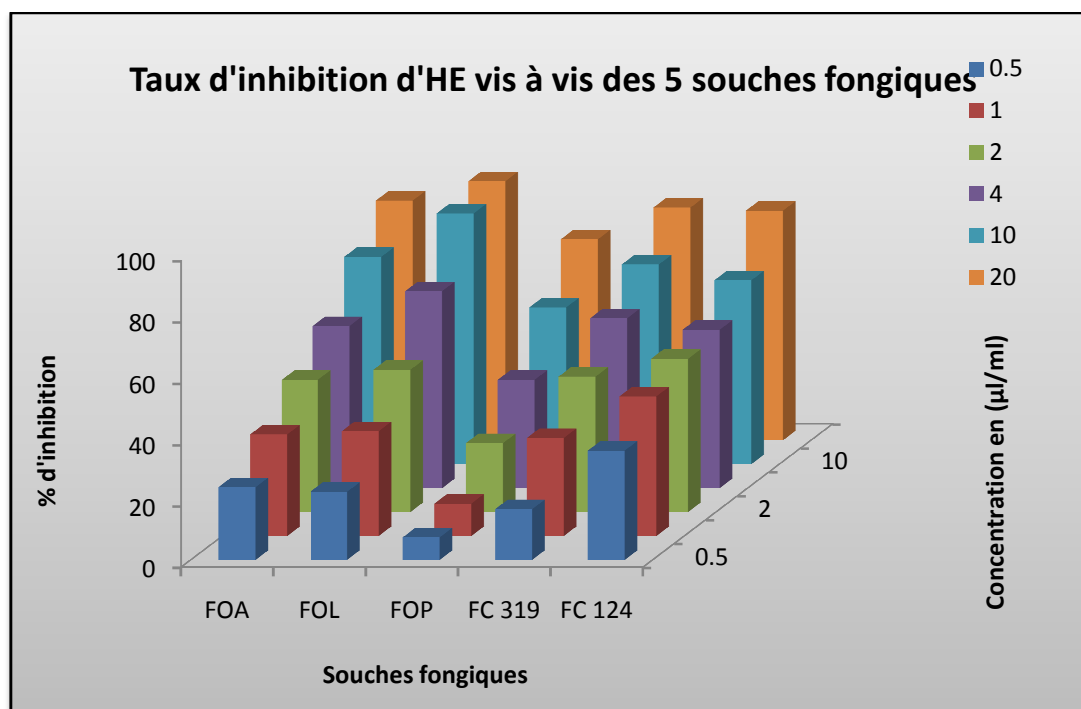


Figure 7 : Les taux d'inhibitions de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* L., vis-à-vis des cinq souches de *Fusarium*, à différente concentration

Ainsi, d'après ces résultats, nous constatons que l'effet de l'huile essentielle de l'échantillon sur les souches, testées, varie d'une souche à l'autre. La souche la moins sensible est la FOP, suivie de la FC 319 et de la FOA, dans l'ordre. Les souches les plus sensibles sont la FOL et la FC 124.

Selon les résultats notés durant la période de l'incubation des souches fongiques, nous avons pu déterminer les valeurs de la concentration minimale inhibitrice (CMI) et de la concentration létale 50 (CI 50).

Les CMI et CI 50 de notre échantillon d'HE sont mentionnés dans la figure ci-après :

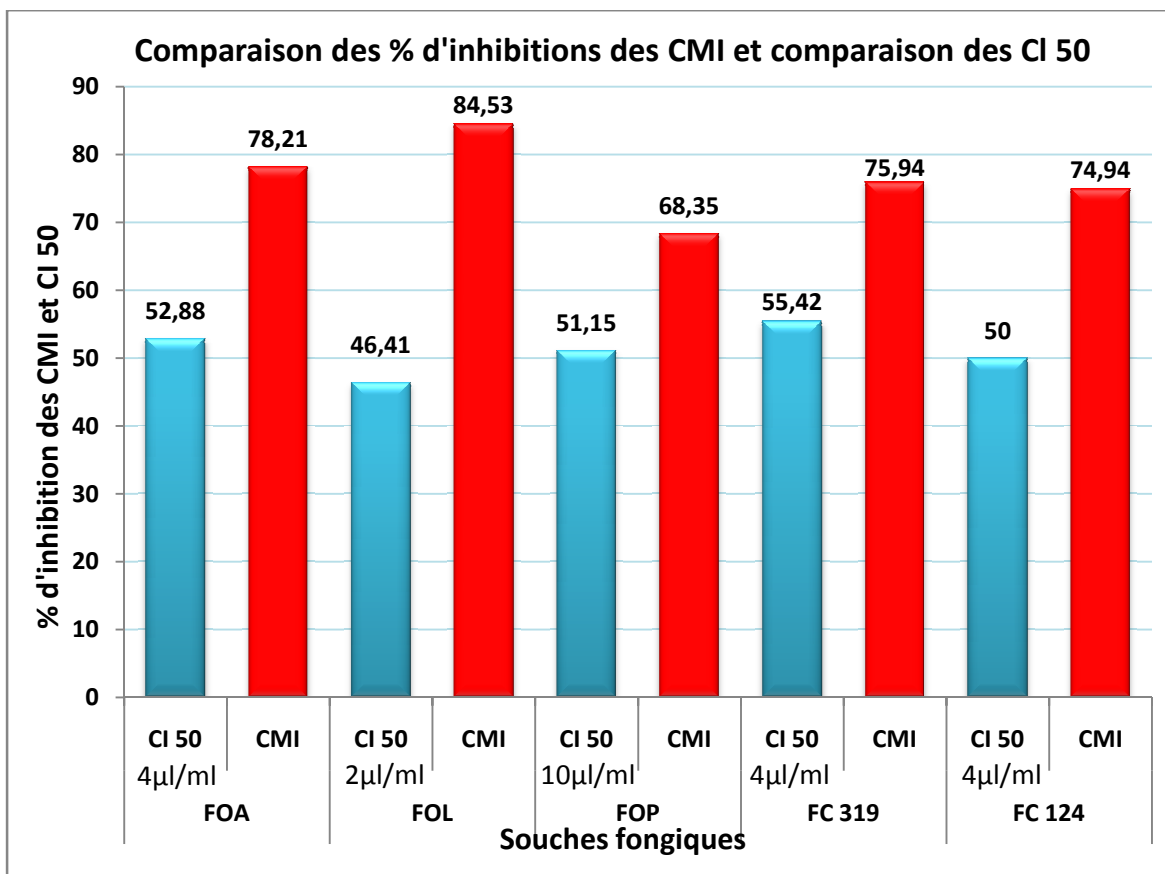


Figure 8 : Les CI 50 et CMI de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* L. vis-à-vis des cinq souches testées du *Fusarium*.

La CMI de notre extrait d'HE est supérieure à 20 µl/ml, pour l'ensemble des souches fongiques testées. On remarque que le taux d'inhibition de CMI de la souche de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* est la plus importante, comparée aux autres quatre souches ; elle est de 84,53%. Il est à noter que les deux isolats de *Fusarium culmorum* présentent des taux d'inhibition de CMI voisines, aussi élevées (75,94% pour FC 319 et 74,94% pour FC 124)

La CI_{50} est définie comme étant la concentration d'une huile essentielle requise pour diminuer la croissance fongique de 50%. Ainsi, plus la valeur de CI_{50} est basse, plus l'activité antifongique du produit est importante.

D'après l'ensemble de nos résultats, nous pouvons déduire que les valeurs de la CI_{50} de l'HE de l'armoise rouge vis-à-vis des Cinq souches testées du genre *Fusarium* est comprise entre 2 et 10 µl/ml.

La souche de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* montre la meilleure valeur de CI_{50} . Elle est de 46,41%, à une concentration d'huile essentielle de 20 µl/ml. D'autre

part, à une concentration de 4µl/ml, les isolats du *Fusarium culmorum* 124, du *Fusarium culmorum* 319 et du *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* révèlent des valeurs similaires de Cl_{50} . Elles sont, respectivement, de 50%, 55,42% et 52,88%. La souche *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* donne une valeur de Cl_{50} de 51,15%, pour une concentration de 10µl/ml (Figure 8).

Les résultats obtenus, montrent que l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* exerce une action inhibitrice sur la croissance des champignons des souches du genre *Fusarium* testées. D'après la comparaison des pourcentages d'inhibition d'huile essentielle sur les espèces, nous remarquons qu'il y a une différence de résistance entre les souches testées.

La forme spéciale *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* apparaît comme la plus sensible vis-à-vis de l'HE de notre échantillon, alors que la souche FOP apparaît comme la souche la plus résistante.

Gherib (2009), a étudié l'effet de l'huile essentielle de trois espèces végétales appartenant au genre *Artemisia*, y compris l'*Artemisia campestris*, sur la croissance mycélienne de souches de *Fusarium oxysporum*. Il a enregistré un taux d'inhibition d'importance comparable (87,65 % noté pour HE de l'*Artemisia campestris*, 84,47% pour HE de l'*Artemisia herba-alba*, 89,71% pour HE de l'*Artemisia judaica*). Ces taux d'inhibition sont notés pour une concentration de 200 µL d'HE / 20 ml de PDA. Ce résultat met en évidence la sensibilité de cette espèce fongique vis-à-vis de l'HE de ces trois espèces d'*Artemisia*.

Kolai *et al.*(2012) ont étudié le pouvoir antifongique de l'huile essentielle, d'*Artemisia herba alba*, sur deux souches de *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Cette étude a révélé que l'extrait de HE d'*Artemisia herba alba* exerce une action inhibitrice à 100% par l'application d'une concentration de 200 µl/ml.

Bencherqroun *et al.*, (2012) ont testé l'effet antifongique de l'huile essentielle d'*Artemisia mesatlantica* (l'armoise de montagne) sur la croissance de trois espèces de moisissures (*Aspergillus niger*, *Penicillium expansum* et *Penicillium digitatum*). L'huile essentielle de cette espèce végétale manifeste une activité fongitoxique vis-à-vis de l'ensemble de ces moisissures pour une concentration de 1µl/ml.

Adjou *et al.*(2013) a étudié l'efficacité des extraits de plantes dans la lutte contre les moisissures toxigènes, isolées de l'arachide en post-récolte au Bénin. Ils ont testé

l'huile essentielle de *Ageratum conyzoides* sur le *Fusarium oxysporum* par la méthode de contact direct. Les résultats obtenus établissent que cette huile présente une activité antifongique, et que la CMI de cette dernière est de 15µl/ml. D'autres plantes sont, également, testées. Parmi ces dernières *Chromolaena odorata*, et l'*Aspilia africana*. Les résultats de ces testes antifongiques révèlent que tous les extraits montrent une activité antifongique.

Chalali *et al.*, 2014, ont testé l'huile essentielle des feuilles et des fleurs de *Rhanterium adpressum*, et quelques biomolécules de l'huile de cette plante sur quatre souches du genre *Fusarium* (*Fusarium culmorum*, et *Fusarium graminearum*). Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle des feuilles et des fleurs de *Rhanterium adpressum* a une activité importante sur toutes les souches testés, avec une CI50 comprise entre 0,5 et 2µl/ml. En comparaison avec les biomolécules isolées, elles sont constatées que l'activité antifongique de l'huile extraite à partir des feuilles et les fleurs est meilleure que celle des composés purs.

Saadoudi *et al.* (2015) ont étudié l'activité antifongique de l'huile essentielle extraite à partir des feuilles et des fleurs de *Rhanterium adpressum* vis-à-vis de trois souches de *Fusarium oxysporum* (FOL, FOA, et FOP). Elles ont constaté que l'huile essentielle de cette plante possède une activité contre ces souches ; avec une CI50 comprise entre 0,5 et 2µl/ml.

Bouzidi *et al.* (2015) sont intéressés dans leur travail sur la possibilité d'utilisé l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* comme un agent de contrôle biologique des maladies de la fonte des semis et la pourriture des racines. Donc ils sont testés l'effet de l'huile contre trois souches pathogènes : *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* (FOC), *Fusarium solani* (FS) et *Globisporangium ultimum* (*Pythium ultimum*) par la méthode de contact direct. Les résultats de ce travail montre que l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* a une activité antifongique sur les souches testées, et que tous les souches sont sensibles à l'huile, de manière que le *Fusarium solani* est plus sensible que le *Fusarium oxysporum* et *Globisporangium ultimum*.

La même année, Bammou *et al.*, ont travaillé sur la bioactivité en phase liquide et vapeur de l'huile essentielle d'*Hertia maroccana* (Batt.) Maire, collectée au Maroc. Les résultats obtenus montrent que l'huile de cette plante a une activité antifongique vis-à-vis de toutes les souches fongiques testées, dont FOA. Ces auteurs ont trouvé un pourcentage d'inhibition de $87,50 \pm 1,14$ %, à une concentration de 2µl/ml d'huile en phase liquide. Le

taux d'inhibition est beaucoup plus élevé lorsque l'huile est en phase vapeur, à la même concentration, ils ont obtenu un taux d'inhibition de 100%.

Houicher *et al.*, (2016) ont étudiés l'activité antifongique, de l'huile essentielle d'échantillons d'*Artemisia campestris* collectés à Oued Moura (Laghouat, Algérie), sur 10 souches de champignons filamenteux, y compris trois souches de *Fusarium* (*F. culmorum* et *F. graminearum* et *F. moniliforme*). Les résultats de ce travail montrent que la souche *Fusarium graminearum* était la souche la plus sensible, avec une CMI de 1,25 µl/ml, suivie par *F. moniliforme* et *F. culmorum*, avec une CMI de 2,5µl/ml.

D'après nos résultats et ceux obtenus par ces auteurs, nous concluons que l'huile essentielle d'*Artemisia* a une activité antifongique contre les moisissures et les champignons du genre *Fusarium*. Certaines plantes de la famille d'*Astéraceae* ont un effet plus ou moins important sur l'espèce *Fusarium oxysporum*.

Nous pouvons conclure, également, que la sensibilité d'une même espèce fongique, vis-à-vis, des plantes de la famille d'*Astéraceae* varie selon l'huile essentielle de la plante testée, et selon sa concentration.

Les résultats de Houicher *et al.*,(2016), et Gherib (2009), montrent que l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* présente une activité variable sur les espèces de *Fusarium*.

Les résultats de Gherib (2009), Kolai *et al.*,(2012) et Bouzidi *et al.* (2015) montre que les espèces de *Fusarium* n'ont pas la même sensibilité à l'huile essentielle d'une même plante, contrairement aux résultats de Chalali *et al.*, et Saadoudi *et al.*, qui été donné une même CI50, pour une même plante, mais pour deux espèces différents de *Fusarium*.

Bammou *et al.*(2015) ont justifié l'activité antifongique de l'huile essentielle d'*Hertia maroccana* (Batt.) Maire par la concentration élevée de α - et β - pinène dans l'huile selon Hammer *et al.*(2003).

Kolai *et al.*(2012) expliquent que l'activité antimicrobienne importante de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* est due à une forte teneur d'huile en α -thuyone et en camphre, selon Saleh Mahmoud *et al.* (2006).

D'après ces résultats, nous pouvons dire que l'activité antifongique d'une huile essentielle dépend de sa composition chimique, et que cette activité est obtenue par synergie entre des composés majoritaires et des composés minoritaires, selon les résultats obtenus par Chalali *et al.*, (2014).

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

De nos jours, nous devrions revenir à l'utilisation des produits naturels pour diverses raisons : guérir les maladies, dans le domaine de la médecine, sans courir le risque des effets secondaires causés par les molécules de synthèse ; assurer la protection des cultures et offrir une qualité meilleure, dans le domaine de l'agronomie, respectivement, en protégeant les cultures dans la production et en prolongeant la durée de la conservation dans l'industrie agroalimentaire.

Plusieurs travaux ont été réalisés pour tester l'effet de métabolites secondaires de certaines plantes, sur des maladies de plantes. Dans ce travail, nous avons étudié et évalué l'activité de l'huile essentielle de la partie aérienne (tiges, feuilles et fleurs) de l'*Artemisia campestris* sur des champignons agent de fusarioses.

Après l'extraction de cette huile essentielle, par hydrodistillation, nous en avons déterminé la teneur, la liste puis l'identification de ses composés chimiques.

L'essentiel des résultats obtenus sont les suivantes :

La teneur de la partie aérienne d'*Artemisia campestris* en huile essentielle est de 1,03% (12ml/kg). Ce rendement a été obtenu pour une extraction réalisée pendant deux heures trente minutes.

La composition chimique a été déterminée par chromatographie en phase gazeuse, et par chromatographie en phase gazeuse couplée de spectrométrie de masse. L'identification des composants a été faite par la comparaison des indices de rétention obtenus avec ceux de la bibliographie.

Ainsi, nous avons trouvé que les composés majoritaires de l'huile extraite dans ce travail sont : β -pinène 36,45%, le *p*-cymène 13,17%, l' α -pinène 12,53%, le β -myrcène 9,38%, et le 1,8-cinéol 7,07%. Cette l'huile présente 75,04% des hydrocarbures monoterpéniques, et seulement 10,14% des monoterpènes oxygénés.

Les tests de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* extraite révèle une activité antifongique variant selon la souche testée, et selon les différentes concentrations de l'huile dans le milieu. Il a été constaté que plus la concentration augmente plus l'activité de l'huile augmente.

D'une manière générale, l'activité antifongique révélée est remarquable, vis-à-vis des cinq souches fongiques testées : nous avons obtenu une CI50 comprise entre 2 et 10µl/ml, et une CMI supérieure à 20µl/ml, pour les cinq souches.

Nous avons constaté une différence entre la réaction individuelle des souches vis-à-vis de l'huile essentielle testée.

Nous pensons que ce résultat est dû à une disparité dans la résistance ou la sensibilité des souches étudiées.

Ainsi, dans un ordre décroissant de sensibilité, des souches étudiées, nous avons *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, *Fusarium culmorum* 124, *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, *Fusarium culmorum* 319 et *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*.

L'huile essentielle d'*Artemisia campestris* testée, un extrait naturel, nous a permis de révéler une activité antimicrobienne intéressante pouvant être affinée en vue d'une application sur des plantes en culture. Pour cela des tests supplémentaires devraient être établis, in vivo.

De plus, des études supplémentaires pourraient permettre de tester cette huile essentielle d'autres parties de la plante, pour d'autres activités, sur une gamme plus large de microorganismes, la mise en évidence des molécules impliquées dans le résultat observé ainsi que le ou les mécanisme(s) d'action.

Références Bibliographiques

Les références :

A

- 1 **Adjou. E.S, Soumanou. M. M.**, Août 2013, Efficacité des extraits de plantes dans la lutte contre les moisissures toxigènes isolées de l'arachide en post-récolte au Bénin, *Journal of Applied Biosciences*, Publie online à www.m.elewa.org en 31 October 2013, P 5555-5566.
- 2 **Akrout. A.**, 2004. Etude des huiles essentielles de quelques plantes pastorales de la région de Matmata (Tunisie), *CIHEAM*, **62**. 289- 292.
- 3 **Akrout. A, Chemli. R, Chreif. I, et Hammami. M.**, 2001. Analysis of the essential oil of *Artemisia campestris* L. Flavour and Fragrance Journal, N°16, P 337–339.
- 4 **Akrout A ., El Jani H ., Amouri S ., Neffati M .**, 2010. Screening of antiradical and antibacterial activities of essential oils of *Artemisia campestris* L., *Artemisia herba alba* asso, & *Thymus capitatus* hoff. Et link. Growing wild in the southern of tunisia, *Recent Research in Science and Technology*, **2**, 29–39.
- 5 **Akrout. A, Gonzalez. L. A, El Jani. H, Madrid. P. C.**, 2010. Antioxydant and antitumor activities of *Artemisia campestris* and *Thymelaea hirsuta* from southern Tunisia, Elsevier Ltd (2010), et *Food and Chemical Toxicology* (2011), N°49, P 342-347.
- 6 **Aouissi, H.**, 2011. Composition chimique et activité antioxydante et antimicrobienne des huiles essentielles de trois espèces végétales de genre *Artemisia* : *Artemisia absinthium*, *A. herba alba* et *A. campestris*. Mémoire de magister. Université Amar Téliidji Laghouat.104p.

B

- 7 **Bakchiche B., Gherib A., Maatallah M ., Miguel M. G.**, 2014. Chemical composition of essential oils of *Artemisia campestris* and *Juniperus phoenicea* from Algeria, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, **9** ,1434-1436.
- 8 **Bammou. M, Bouhlali. E. D. T, Sellam. K, Ibjibijen. J, El rhaffari. L, Nassiri. L.**, Décembre 2015, Liquid and vapour-phase bioactivity of *Hertia maroccana* (Batt.) Maire essential oil: an endemic Asteraceae from Morocco, *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, Vol. 6 N°3, pp. 131-136.
- 9 **Baykan Erel, Ş., Reznicek, G., Şenol, S.G., Karabay Yavaşoğlu N.U., Konyalioglu, S., Zeybek A.U.**, 2012. Antimicrobial and antioxidant properties of *Artemisia* L. Species from Western Anatolia. *Turkish Journal of Biology*, **36**, 75–84.
- 10 **Belayagoubi. L.**, 2006. Effet de quelques essences végétales sur la croissance des moisissures de détérioration des céréales, Mémoire de magister, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen , 110 p
- 11 **Bencheqroun. H, Ghanmi. M, Satrani. B, Aafi. A, Chaouch. A.**, 2012. Activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Artemisia mesatlantica*, plante endémique du Maroc, *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, **81**, 4 – 21.
- 12 **Benttia. S; Bettyeb. H.**, 2015. Evaluation effet allélochimique des extrais aqueux et huile essentielle d'*Artemisia compestris* L sur quelque souches *Fusarium*. Mémoire de master. Université kasdimerbah ouargla.82p.
- 13 **Benzeggouta N.**, 2005. Etude de l'activité antibactérienne des huiles infusées de quatre plantes médicinales connues comme aliments. Thèse de magister, Université Mentouri de Constantine, 153.
- 14 **Besri. M.**, Décembre 1981, Influence de la salinité du sol et des eaux d'irrigation sur la population de *Fusarium oxysporum* (Schl.) f.sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyd. et Hans, *Phytopathologia Mediterranea*, Vol. 20, No. 2/3, Firenze University Press, pp. 101-106.
- 15 **Boudjouref. M.**, 2011. Etude de l'activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits d'*Artemisia compestris* L. Mémoire de magister. Université Ferhat Abbes Sétif.99p.
- 16 **Boumlik, M.**, 1995. Systématique des spermatophytes. Office des publications

universitaires. Alger. P 60.

- 17 **Bourgeois. P.**, 1995, Une plante aromatique de la Caraïbe : le bois d'Inde. Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée, **XXXVII**. 139-149
- 18 **Bousnane. M.**, 2013. Composition chimique, activité antifongique et antioxydante de l'huile essentielle de *Mentha pulegium* L. memoire de master. Université Amar Téliidji Laghouat.75p.
- 19 **Bouzidi. N, Mederbal. K.**, Décembre 2015, Biological Control of Damping-Off and Root-Rot Diseases, Electronic Journal of Biology, publiée en 31Janvier 2016.

C

- 20 **Chalali. S et Djekidel. Z.**, 2014, Evaluation de l'activité des huiles essentielles et de quelques biomolécules vis-à-vis des champignons phytopathogènes, memoire de master, université Amar Telidji-Laghouat, P46.
- 21 **Cheng. S.S, Liu. J.U, Chang E.H et Chang S.T.**, 2008. Antifungal activity of cinnamaldehyde and eugenol congeners against wood-rot fungi. Bioresource Technology, **99**, 5145-5149.
- 22 **Clarke. S.**, 2008, Essential chemistry for aromatherapy, 2ème édition, pages 79-82, 87,88.
- 23 **Collin. G.J, Lord. D, Allaire. J, Gagnon. D.**, 1989. Huiles essentielles et extraits 'micro-ondes'. *Parfums Cosmétiques Arômes*, **97**, 105-112
- 24 **Combalot. M.**, 2013. L'Immortelle d'Italie (*Helichrysum italicum*) et son huile essentielle. Thèse de doctorat. Université Joseph Fourier France. 128 p.
- 25 **Corden. M. E, Chambers. H. L, Mar.**, 1966, Vascular Dysfunction in Fusarium Wilt of Tomato, American Journal of Botany, Vol. 53, No. 3, Botanical Society of America, Inc, pp. 284-287.
- 26 **Crouzet. J.**, 2012, Aromes alimentaires f4100, Techniques de l'ingénieur, page 11.

D

- 27 **Djeddi, S.**, 2012. Les huiles essentielles "Des mystérieux métabolites secondaires". Presses Académiques Francophones.65p.
- 28 **Djeddi. S, Yannakopoulou. E; Papadopoulos. K, Skaltsa. H.**, 2015. Activités antiradicalaires de l'huile essentielle et des extraits bruts de *Thymus numidicus* Poiret., Algérie, *Afrique SCIENCE*, **11**, 58 - 65
- 29 **Dob.T, Benabdelkader. T.**, 2011, Chemical Composition of the Essential Oil of *Artemisia herba-alba* Asso Grown in Algeria, *Journal of Essential Oil Research*, **18**.685-690.
- 30 **Dob T ., Dahmane D., Berramdane T., Chelghoum C.**, 2005 .Chemical composition of the essential oil of *Artemisia campestris* L. from Algeria, *Pharmaceutical Biology*, Vol 43, N°6, P 512–514.
- 31 **Dung, N.T., Kim, J.M., and Kang, S.C.**, 2008. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and the ethanol extract of *Cleistocalyx Operculatus* (Roxb.) Merr and Perry buds. *Food and Chemical Toxicology* 46: pp.3632-3639.

E

- 32 **El- ajjouri. M, Satrani. B, Ghanmi. M, Aafi. A, Farah. A, rahouti. M, Amarti. I. F, Aberchane. M.**, 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**, 345-351.
- 33 **El Fakhouri. R, Lazrek. H.B, Bahraoui. E, Sedra. My.H, Rochat. H.**, August 1996, Preliminary investigation on a phytotoxic peptide produced in vitro by *Fusarium oxysporum* f. sp. *Albedinis*, *Phytopathologia Mediterranea*, Vol. 35, No. 2, Firenze University Press, pp.

121-123.

- 34 **Elharas. K, Daagare A, Mesfioui A, Ouhsine M.**, 2013. Activité antibactérienne de l'huile essentielle des inflorescences de *Laurus Nobilis* et *Lavandula Angustifolia*, *Afrique SCIENCE*, **09**, 134 – 141.

F

- 35 **Franz. C, Novak. J.**, 2010, Sources of essential oils, pages 39-82, *in* Essential oils, Baser. K. H. C, Buchbauer. G, CRC Press et Taylor and Francis Group, LLC.
- 36 **Fravel. D, Olivain. C, Alabouvette. C.**, Mars 2003, Fusarium oxysporum and Its Biocontrol, *The New Phytologist*, Vol. 157, No. 3, Wiley, pp. 493

G

- 37 **Garnero. J.**, 2012, Huiles essentielles, Techniques de l'ingénieur, page 2.
- 38 **Gherib, M.**, 2009. Etude des activités antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles et des flavonoïdes d'*Artemisia herba alba* Asso ; *A. judiaca*. L.spp. sahariensis ; *A. campestris* L ; *Herniaria mauritanica* Murb et *Warionia saharae* Benth. et coll. Mémoire de magister. Université Abou Bekr Belkaid Telemcen. 111p.
- 39 **Gueddoud. A ; Soufari. K.**, 2015. Effet biologique de biomolécules active d'origine végétale vis-à-vis du genre fusarium agresseurs des céréales alimentaire. Mémoire de master. Université Amar Téliidji Laghouat. 57 p.
- 40 **Guillaume, D.**, 2005. Saponines et métabolite secondaire de l'arganier (*Argania spinosa*). Cahiers Agricultures. Vol 14 n°6. p509-516.

H

- 41 **Haddouchi. F, Lazouni. H. A, Meziane. A, Benmansour. A.**, 2009. Etude physicochimique et microbiologique de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii* Boiss & Reut, *Afrique SCIENCE*, **05**, 246 – 259.
- 42 **Hammer K, Carson C, Riley T.**, 2003, Antifungal activity of the components of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil. P 853-860, *in* **Bammou. M, Bouhlali. E. D. T, Sellam. K, Ibjijjen. J, El rhaffari. L, Nassiri. L.**, Décembre 2015, Liquid and vapour-phase bioactivity of *Hertia maroccana* (Batt.) Maire essential oil: an endemic Asteraceae from Morocco, *Journal of Applied Pharmaceutical Science*.
- 43 **Hatimi. S, Boudouma. M, Bichichi. M, Chaib. N, Guessous Idrissi. N.**, 2000. Evaluation in vitro de l'activité antileishmanienne d'*Artemisia herba-alba* Asso, *Bulletin de la société de pathologie exotique*, **94**, 57-70.
- 44 **Hilan. C, Sfeir. R, Jawish. D, Aitour. S.**, 2005. Huiles essentielles de certaines Plantes médicinales libanaises de la Famille des lamiaceae. *Lebanese Science Journal*, **7**, 2
- 45 **Houicher A., Hechachna H., Özogul F.**, 2016. In Vitro Determination of the antifungal activity of *Artemisia campestris* essential oil from Algeria, *International Journal of Food Properties*, **19**, 1749–1756.

I

- 46 **Ismaili. R, Lamiri. A, Moustaid. K.**, 2014. Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles de trois plantes aromatiques marocaines, *International Journal of Innovation and Scientific Research* **12**, 499-505

K

- 47 **Khezri. M, Ahmadzadeh. M, Jouzani. G. S, Behboudi. K, Ahangaran. A, Mousivand. M, Rahimian. H.**, Juillet 2011, Characterization of some biofilm-forming bacillus subtilis strains and evaluation of their biocontrol potential against fusarium culmorum, *Journal of Plant Pathology*, Vol. 93, No. 2, Società Italiana di Patologia Vegetale (SIPaV), pp. 373-382.

- 48 **Kolai. N., Saiah. F., Boudia. A.**, Juin 2012, Effet inhibiteur *in vitro* de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* sur deux souches de *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, *Algerian journal of arid environment*, vol. 2, n°1, P 71-76.
- 49 **Kraft. J.**, Juin 1994, Fusarium wilt of peas, EDP Sciences, Vol 14 N°9, Elsevier/INRA, pp.561

L

- 50 **Lahlou M.**, 2004. Methods to study phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research*, **18**, 435-448.
- 51 **Laib. I.**, 2011. Etude des activités antioxydante et antifongique de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis* sur les moisissures des légumes secs, mémoire de magister, université Mentouri Constantine. 122p.
- 52 **Larousse.**, 2001, Encyclopédie des plantes médicinales, 2ème édition.
- 53 **LIS- Balchin. M.**, 2002. *Lavender: the genus Lavandula*. Taylor and Francis, London.

M

- 54 **Maamri, S.**, 2005. Effet des extraits phénoliques de quelque plante médicinale locale sur la carboxylesterase. Mémoire d'ingénieur d'état en biologie. Université Amar Téliidji Laghouat. 95p.
- 55 **Mačkinaité. R, Kačergius. A, Lugauskas. A, Repečkienė. J.**, 2006, Contamination of cereal grain by *Fusarium* micromycetes and their mycotoxins under Lithuanian climatic conditions, *Ekologija*, N°3, P. 71–79.
- 56 **Mansouri. N, Satrani. B, Ghanmi. M, Elghadraoui. L, Guedir. A, Aafi. A.**, 2011. composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante de l'huile essentielle de *Juniperus communis* du Maroc, *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, **80**, 791 – 805.
- 57 **Maruyama. N, Sekimoto. Y, Ishibashi. H, Inouye. S, Oshima. H, Yamaguchi. H. Abe S.**, 2005. Suppression of neutrophil accumulation in mice by cutaneous application of geranium essential oil. *Journal of Inflammation*, **2**, 1-11.
- 58 **Messai L.**, 2011. Etude phytochimique d'une plante medicinale de l'est algerien (*Artemisia herba alba*). Thèse de doctorat, université Mentouri Constantine, 104.
- 59 **Mohammedi. Z, Atik. F.**, 2012, Pouvoir antifongique et antioxydant de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L. *Nature & Technologie*. **06**, 34 -39.

N

- 60 **Neffati A., Skandrani I., Ben Sghaier M., Bouhlel I., Kilani S., Ghedira K., Neffati M., Chraief I., Hammami M., Chekir-Ghedira L.**, 2011. Chemical composition, mutagenic and antimutagenic activities of essential oils from (Tunisian) *Artemisia campestris* and *Artemisia herba-alba*, *Journal of Essential Oil Research*, **20**, 471-477.

O

- 61 **Ondet, 2009.** Méthode de lutte alternative : test d'huiles essentielles pour limiter le développement de monilia laxa. Arboriculture (fiche 3.02.02.25 AB) A09 /PACA 08. Groupe de recherche en agriculture biologique. 3 p.

P

- 62 **Piochon. M.**, 2008, Étude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne: Composition chimique, activités pharmacologiques et hémi-synthèse, mémoire d'exigence partielle de la maîtrise en ressources renouvelables, université du Québec-Chicoutimi, P200.

R

- 63 **Remmal. A, T-Elaraki. A, Bouchikhi. T, Rhayour. K, Ettayibi. M.**, 1993. Improved method for the determination of antimicrobial activity of essential oils in Agar medium. *Essent. Oil Res*,5, 179-184

S

- 64 **Saadoudi. Y et Ledhem. R.**, 2015, Evaluation de l'activité antifongique d'un extrait d'origine végétal vis-à-vis le *Fusarium oxysporum* f.sp, memoire de master, université Amar Telidji-Laghout, P57.
- 65 **Saihi. R.**, 2011. Etude phytochimique, extraction des produits actifs de la plante *Artemisia campestris* de la région de Djelfa. Mise en évidence de l'activité biologique, Magister, université d'Oran, 83p.
- 66 **Saleh Mahmoud A., Belal Mohamed H. et El-Baroty G.**, 2006, Fungicidal activity of *Artemisia herba alba* Asso (Asteraceae) P 237-244, in **Kolai. N., Saiah. F., Boudia. A.**, Juin 2012, Effet inhibiteur *in vitro* de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* sur deux souches de *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, *Algerian journal of arid environment*.
- 67 **Schmidt. E.**, 2010, Production of essential oils, pages 83-120. In *Essential oils*, Baser. K. H. C, Buchbauer. G, CRC Press et Taylor and Francis Group, LLC.
- 68 **Sell. C.**, 2010, Chemistry of essential oils, pages 121-150. In *Essential oils*, Baser. K. H. C, Buchbauer. G, CRC Press et Taylor and Francis Group, LLC.
- 69 **Setzer, W.N, Vogler, B, Schmidt, J.M, Leahy, J.G, Rives, R.**, 2004, *Fitoterapia*, 75, 192-200
- 70 **Sifi.I.**, 2010. Galles du pistachier de l'atlas *Pistacia atlanticadesf*, composition chimique en huiles essentielles, activités antimicrobienne et antioxydante, memoire de magister. Université Amar Téliidji Laghouat. 111p.
- 71 **Stefanovits-Banya. É, Tulok. M. H, Hegedos. A, Renner. C et Varga. I. S.**, 2003. Antioxidant effect of various rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) clones. *Acta Biologica Szegediensis*. 47, 111-113.
- 72 **Svoboda. K, Hampson. J.B.**, 1999. Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants: antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory and other related pharmacological activities. *Plant Biology Department, SAC Auchincruive*, Ayr, Scotland, UK.17p
- 73 **Symon. S.J, Clear. R.M, Bell. K et Butler. C.**, 2002. Identification des grains de blé et d'orge endommagés par la fusariose de l'épi. Commission canadienne des grains. Bulletin n°2. Canada. 3^{ème} édition, 6p.

T

- 74 **Tantaoui. A, Fernandez. D.**, Décembre 1993, Comparaison entre *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* et *Fusarium oxysporum* des sols de palmeraies par l'étude du polymorphisme de longueur des fragments de restriction (RFLP), *Phytopathologia Mediterranea*, Vol. 32, No. 3, Firenze University Press, pp. 235-244.
- 75 **Tardivon J.C et chadouli S.M.**, 2012. Les plantes aromatiques et médicinales. Les coopératives féminines au Maroc. 20 p.
- 76 **Tchoumboungang. F, Dongmo. P. M. J, Sameza. M. L, Mbanjo. E. G. N, Fosto. G. B. T, Zollo. P. H. A, Menut. C.**, 2009. Activité larvicide sur *Anopheles gambiae* Giles et composition chimique des huiles essentielles extraites de quatre plantes cultivées au Cameroun, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 13, 77-84
- 77 **Thériault. C, Venne. P.**, 1994, Maladies et ravageurs des cultures légumières au Canada, La Société Canadienne de Phytopathologie et Société d'entomologie du Canada, pages 14, 15.

V

- 78 **Valnet. M.**, 2005. Antibacterial activity of 11 essential oils against *Bacillus cereus* in tyndallized carrot broth International. *Journal of Food Microbiology*.**85**, 73-81.

Z

- 79 **Zaim. A, El ghadraoui. L, Farah. A.**, 2012, Effets des huiles essentielles d'Artemisia herba-alba sur la survie des criquets adultes d'*Euchorthippus albolineatus* (Lucas, 1849), *Bulletin de l'Institut Scientifique*, **34**. 127 -133.

- 80 **Zhiri. A, Baudoux. D.**, 2005, Huiles essentielles chémotypées et leurs synergies, Inspir development, page 21.

81 **Les sites Web:**

- Réf électronique 1 :
Scribd, Plante médicinales du Maroc par Driss Lamnaouer[en ligne], [consulté en Mai 2016], <https://www.scribd.com/doc/29662309/Plantes-medicinales-du-Maroc-par-Driss-Lamnaouer>.
- Réf électronique 2 :
Ooreka. Comment lutter contre la fusariose [en ligne], [consultée en novembre 2015]. <https://jardinage.ooreka.fr/fiche/voir/311832/lutter-contre-la-fusariose>.
- Réf électronique 3 :
Encyclopedia of Life (eol), *Fusarium oxysporum* [en ligne], [consulté en Mai 2016], http://eol.org/pages/187980/hierarchy_entries/57331216/overview

Annexes

COMPOSITION DES MILIEUX DE CULTURE

1. Potatoes dextrose Agar (PDA)

Infusion de pomme de terre -----	200 ml
Glucose-----	15 g
Agar-agar-----	20g
Eau distillée-----	Qsp 1L

2. Solution d'Agar 0,2%

Agar-agar-----	17 g
Eau distillée -----	10 g

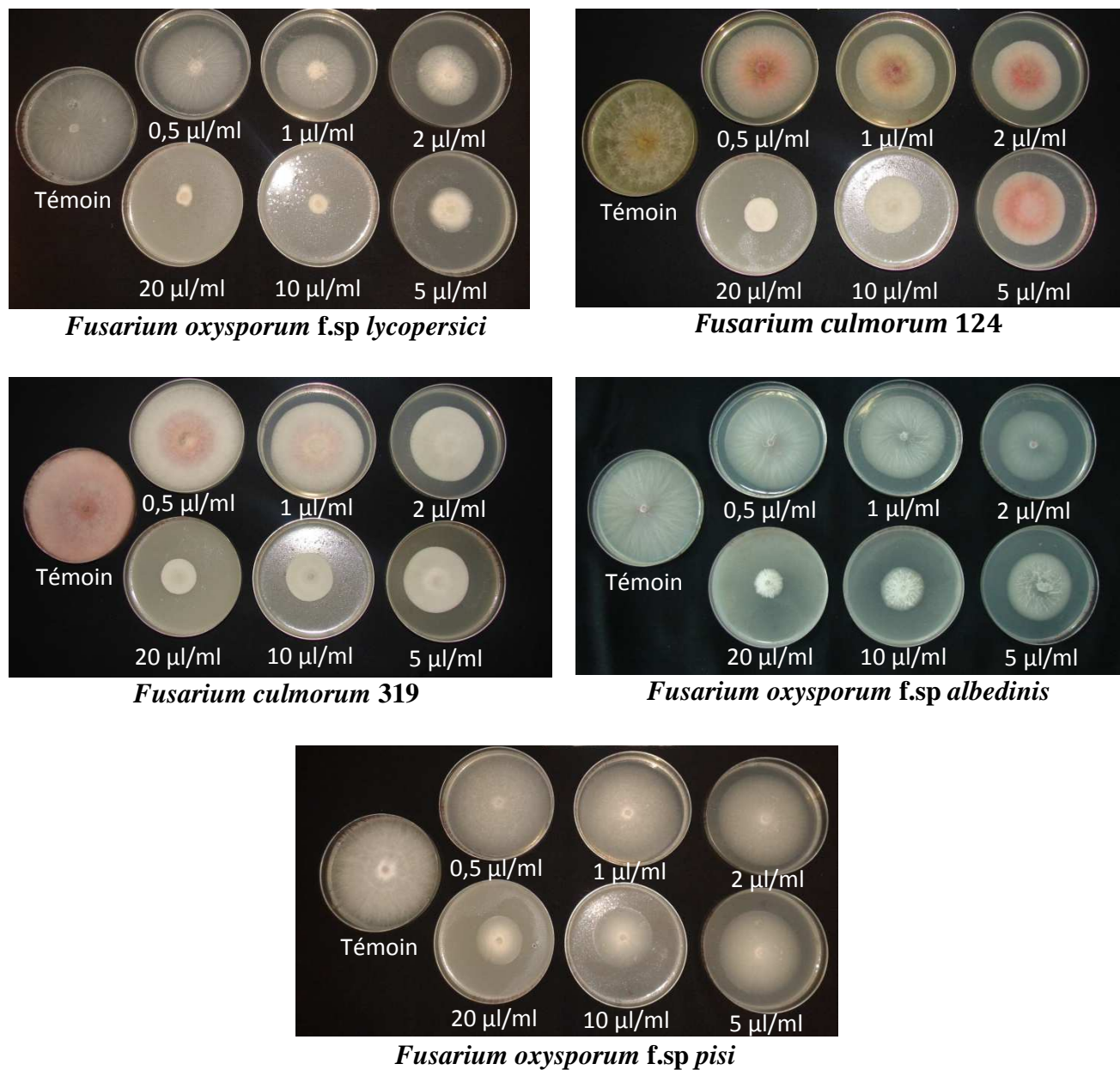


Figure 9 : Les photos illustrant l'effet de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* sur les cinq souches de *Fusarium*, à différentes concentrations.

Résumés

Résumé

Artemisia campestris est une plante médicinale. Elle appartient à la famille des Astéracées. Cette espèce est connue sous le nom de « Tgouft » et est très répandue dans le sud algérien.

Ce travail a pour objectif l'évaluation de l'activité antifongique de l'extrait d'huile essentielle d'*Artemisia campestris* L. contre cinq souches du genre *Fusarium*. L'extraction d'huile essentielle a été réalisée par hydro-distillation des parties aériennes de plante. La teneur en huile essentielle de la plante étudiée est de 1,03%.

L'analyse chromatographique (CPG et CG/SM), nous a permis d'identifier quarante-deux (42) composés différents dont le β -pinène (36,45%), le *p*-cymène (13,17%), et l' α -pinène (12,53%), comme composés majoritaires. D'autres composés, en pourcentages moins importants, ont été mis en évidence : le β -myrcène (9,38 %) et le 1,8-cinéol (7,07%).

D'après les taux d'inhibition de CMI et les valeurs de CI50 obtenus, le test de l'activité antifongique révèle que l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* est dotée d'un pouvoir antifongique très élevé contre le *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

D'une manière générale, l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* présente une activité inhibitrice variant de forte à modérée, contre les cinq souches fongiques testées.

Mots clés : *Artemisia campestris* ; huiles essentielles ; activité antifongique ; *Fusarium*

ملخص

يعرف نبات *Artemisia campestris* بأنه نبتة طبية تنتمي إلى عائلة أستيرacée. تنتشر هذه النبتة المعروفة باسم "تغوفت" بصفة خاصة في منطقة الجنوب الجزائري.

إن الهدف من هذه الدراسة هو تقييم النشاط المضاد للفطريات لمستخلص الزيت العطري لنبتة *Artemisia campestris* ضد خمسة سلالات فطرية من نوع *Fusarium*. تم إجراء استخراج الزيت العطري عن طريق التقطير البخار من الأجزاء الهوائية للنبات. عائد الزيت العطري للنبتة المدروسة هو 1,03%.

إن التحليل الكروماتوغرافي (كروماتوغرافيا الطور الغازي وكروماتوغرافيا الطور الغازي بالتزاوج مع مطياف الكتلة سمح لنا بتحديد اثنين وأربعين (42) من مجموع مركبات مختلفة بحيث البيتا-بينان (36,45%)، الباراسيمان (13,17%) و الالفابينان (12,53%)، تمثل مركبات رئيسية وهناك مركبات أخرى بنسب أقل أهمية تم الكشف عنها : البيتا-ميرسان (9,38%) و ال-1,8-سينيول (7,07%).

وفقا لمعدلات تثبيط الCMI و قيم الCI50 المتحصل عليها، أظهر اختبار النشاط المضاد للفطريات أن للزيت العطري لنبتة *Artemisia campestris* فعالية كبيرة ضد المعزولة *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* بصفة عامة يظهر الزيت العطري لنبتة *Artemisia campestris* نشاط مثبط يتغير من الاقوى إلى المعتدل ضد السلالات الفطرية الخمسة.

الكلمات المفتاحية : *Artemisia campestris*، الزيت العطري ، النشاط المضاد للفطريات ، *Fusarium*.

Abstract

Artemisia campestris is a medicinal plant belonging to the Asteraceae family. This species, known as «Tgouft», is very widespread in the south of Algeria.

The objective of this study is the evaluation of the antifungal activity of essential oil extract of *Artemisia campestris* against five *Fusarium* strains. The extraction of essential oil was performed by hydrodistillation of the aerial parts of the plant. The rate was 1,03%.

The chromatographic analysis (GC and GC/MS) brings us to identified forty two (42) different compounds, where majority compounds are: β -pinene (36,45%), *p*-cymene (13,17%), and l' α -pinene (12,53%). Others made up, in less percentages such as: β -myrcene (9,38 %), and the 1,8-cineol (7,07%).

According to the inhibition rate of CMI and the values of CI50 obtained, antifungal activity tests revealed that the essential oil of *Artemisia campestris* has a strong antifungal activity against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

Generally, the essential oil of the plant *Artemisia campestris* shows inhibitory activity varying from high to moderate against the five fungal strains.

Keywords: *Artemisia campestris*, essential oil, antifungal activity, *Fusarium*.