

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عمار ثليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

Option : Biochimie appliquée

THEME

Composition chimique, activités antioxydante et antifongique des huiles essentielles de deux espèces végétales du genre *Artimisia* : *A. herba alba* et *A. campestris*

Présenté par :

M^{lle}. Bey Djahida

M^{lle}. Sonne Yousra

Devant le jury :

Présidente : M ^{me} AOUISSI Hadjer	M.A.A	École Normale Supérieure - Laghouat
Rapporteur : M ^{me} EL-HOUITI Fatiha	M.C.B	Univ. Amar Télidji - Laghouat
Co-Rapporteur : Mr OUINTEN Mohamed	Professeur	Univ. Amar Télidji - Laghouat
Examinatrice : M ^{elle} BENABED Khadidja Houda	M.C.B	École Normale Supérieure - Laghouat

Soutenu publiquement le : 24 Juin 2018

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عمار ثلجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : *Sciences Biologiques*

Option : *Biochimie appliquée*

THEME

**Composition chimique, activités antioxydante et antifongique des huiles essentielles de deux espèces végétales du genre *Artemisia* :
A. herba alba et *A. campestris***

Présenté par :

M^{lle}. Bey Djahida

M^{lle}. Sonne Yousra

Devant le jury :

Présidente : M ^{me} AOUISSI Hadjer	M.A.A	École Normale Supérieure - Laghouat
Rapporteur : M ^{me} EL-HOUITI Fatiha	M.C.B	Univ. Amar Télidji - Laghouat
Co-Rapporteur : Mr OUINTEN Mohamed	Professeur	Univ. Amar Télidji - Laghouat
Examinatrice : M ^{elle} BENABED Khadidja Houda	M.C.B	École Normale Supérieure - Laghouat

Soutenu publiquement le : 24 Juin 2018

Dédicaces

Je dédie ce travail a ceux qui, sans leur présence ma vie n'est qu'un immense désert et à qui le fruit de mes efforts revient Mon père mostafa, Ma mère

yamina

Que dieu le tout puissant vous garde pour moi.

A mes chères sœurs Khadija et Assia

A mes chers frères abdelkader et makhlouf

A Toute ma famille

A ma chère amie Labgaa Djihad

Et tous mes amis

A mon adorable amie , mon binôme dans ce travail

yousra

Que toute personne m'ayant aidé de près ou de loin, trouve ici

l'expression de ma reconnaissance.

Djahida

Dédicaces

À mon très cher père

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis, jour et nuit pour mon éducation et mon bien être

À ma très chère mère

Affable, honorable, aimable : Vous représentez pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple de dévouement. Vous n'avez pas cessé de m'encourager et de prier pour moi

À mon très cher frère et mes adorables sœurs et mon amie Labgaa Djihad : Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous. Mes anges gardiens et mes fidèles compagnons dans les moments les plus difficiles. Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité

À mon cher binôme qui m'a partagé la difficulté de ce travail

À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce travail soit possible, je vous dis merci.

Yousra

Remerciement

On tient avant tout à remercier Allah tout puissant de nous avoir donné la force, la volonté et la patience pour achever ce modeste travail.

On tient également à exprimer notre profonde gratitude et sincères remerciements à notre promotrice

Mme EL-HOUITI FATIHA

d'avoir proposé et dirigé ce travail ; on la remercie infiniment pour ses importantes remarques, ses orientations et ses conseils, sa patience, sa confiance, tout au long de ce travail.

Il ne nous serait pas possible de présenter ce mémoire sans témoigner de notre profonde gratitude à notre promoteur monsieur

Pr. MOHAMED OUINTEN

pour son aide scientifique et de ses conseils.

Nous n'oublierons jamais la disponibilité, les encouragements et les qualités scientifiques exceptionnelles qu'il a su mettre au service de nos apprentissages tout au long de notre parcours scolaire.

Nous sommes agréable de remercier et exprimer notre profond respect au Aouissi Hadjer

d'avoir accepté la présidence du jury nous fait l'honneur de votre participation au jury de ce mémoire

Nous voulons également remercier

Mme BENABED Khadidja Houda

pour leur aide apportée durant ce travail.

leur conseils et de nous avoir fait l'honneur d'être Examinatrice et de participer au jury de ce mémoire

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements M le professeur .YOUSSEF MOUHAMED de nous avoir accueillis et d'avoir mis à notre disposition tout le matériel nécessaire dans le laboratoire de recherche des sciences fondamentales.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à M Harathe Mouhamed et M Gourine nadir

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseignés et qui par leurs compétences nous ont soutenus dans la poursuite de notre étude

Nous nous permettons d'adresser nos remerciements et notre reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de façon directe ou indirecte

Résumé

Le but de ce travail est de déterminer la composition chimique et étudier l'activité biologique (antioxydante et antifongique) des huiles essentielles d'*A. herba alba* et *A. campestris*. Les huiles essentielles ont été obtenues par hydrodistillation des parties aériennes des plantes. Les teneurs en HE obtenues sont 1,02 et 0,20 % (m/m) où le plus élevé est celui d'*A. Herba alba*.

L'analyse chimique par Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG), nous a permis d'identifier 78,36 % à 94,25 % des constituants de ces huiles. Les composés majoritaires caractérisant l'huile essentielle d'*A. herba alba*, sont le Camphre (36,48 %), le Chrysanthénone (13,99 %), le Limonène (10,44 %), le Cis-Thujone (7,87%) et le Camphène (5,80 %). L'huile essentielle d'*A. Campestris* est caractérisées principalement par la présence du le (Z)- 3-Hexenyl benzoate, (25,72%) le Bicyclogermacrene (16,8 %) le α -Pinène (5,78 %), le Sabinène (5,71 %), le γ -Muuroène (5,09 %).

Le test du DPPH a révélé que ces huiles essentielles ont une activité anti-radicalaire moins importante par rapport aux antioxydants de référence (vit C, vit E, BHT). Les deux huiles essentielles de plantes étudiées *A. herba alba* et *A. campestris* présentent des activités inhibitrices significatives sur les deux champignons testés *F. graminearum* et *F. culmorum*. Cette activité antifongique est liée à l'inhibition de la croissance mycélienne notamment avec de fortes concentrations en huiles essentielles

Mots clés : *Artemisia herba alba*, *Artemisia campestris*, huile essentielle, Composition chimique, activité antifongique, Activité antioxydante. *F. graminearum* et *F. culmorum*.

Abstract

The aim of the present study is to determine the chemical composition and to study the biological activities (antioxidant and antifungal activities) of the essential oils from *A. herba alba* and *A. campestris*. The Essential oils were obtained by hydrodistillation. Of the aerial parts of the plants. The essential oil contents are 1.02 and 0.20% (w /w) where the highest is that of *A. herba alba*.

Chemical analysis by GC allowed us to identify 78.36 % to 94,25 % of the constituents of these oils. The main compounds characterizing the essential oil of *A. herba alba*, are Camphor (36.48%), Chrysanthenone (13.99%), Limonene (10.44%), Cis-Thujone (7.87%) and Camphene (5.80%). the essential oils of *A.campestris* is characterized mainly by the presence of (Z) -3-Hexenyl benzoate, (25.72%) Bicyclogermacrene (16.8%) α -Pinene (5.78%), Sabinene (5.71%) γ -Muurolene (5.09%).

DPPH assay has revealed that the essential oils have less important scavenging capacity of the free radicals than the references antioxidants.

The essential oils of the two studied plants *A. herba alba* and *A.campestris* showed significant inhibitory activities on the two fungi tested *F.graminearum* and *F.culmorum*,. The antifungal activity is linked to inhibition of mycelial growth with particularly high concentrations of essential oils.

Key words: *Artemisia herba alba*, *Artemisia. campestris*, essential oil, chemical composition, antifungal activity, antioxidant activit., *F. graminearum* et *F. culmorum*

مُلخّص

الهدف من هذا العمل هو تحديد التركيب الكيميائي ودراسة النشاط البيولوجي (المضادة للأكسدة ومضاد للفطريات) للزيوت

العطرية لنباتات *A. herba alba* و *A. campestris* . تم الحصول على الزيوت العطرية بواسطة التقطير المائي للأجزاء العلوية لهذه النباتات بحيث تحصلنا على مردود 1.02 و 0.20% (ك / ك) حيث أعلى قيمة لـ *A. herba alba*.

التحليل الكيميائي بواسطة كروماتوغرافيا الطور الغازي سمح لنا بتحديد 78.36 % الى 94.25% من مكونات هذه الزيوت

ان اهم المركبات الكيميائية التي تم تحديدها بالنسبة لـ *A. herba alba* هي :

الكامفور (36.48 %). الكغيزانتينون (13.99 %). الليمونين (10.44 %). السيس-تيجون (7.87 %).

الكامفين (5.80 %).

في حين ان الزيوت العطرية لنباتة *A. campestris* تميزت بالسيس-3-هيكزينيل-بنزوات (25.72 %) بيسيكولوجيرماكرين (16.8

%) . ألفا-بينين (5.78 %)، السابينين (5.78 %)، القاما ميرولين (5.09 %).

بين اختبار **DPPH** ضعف فعالية هذه الزيوت في تثبيط الجذور الحرة مقارنة مع مضادات الاكسدة المرجعية

وقد أظهر كل من الزيوت العطرية للنباتات *A. herba alba* و *A. campestris* أنشطة تثبيطية هامة ضد الفطرين المختبرين *F. culmorum* و *graminearum* . هذا النشاط المضاد للفطريات يرتبط بتثبيط النمو الفطري، وخاصة مع التراكيز عالية من الزيوت العطرية.

الكلمات مفتاحية: النشاط المضاد للفطريات . الزيوت العطرية . النشاط المضاد للاكسدة , التركيب الكيميائي

, *A. herba alba*, *A. campestris* , *Fusarium*

Table des matières

LISTE D'ABREVIATIONS	I
LISTE DES TABLEAUX.....	II
LISTES DES FIGURES	III
INTRODUCTION	2
PARTIE I : ETUDES BIBLIOGRAPHIQUE.....	6
I.1 LES HUILES ESSENTIELLES.....	6
I.1.1. Historique.....	6
I.1.2. Définition des huiles essentielles.....	7
I.1.3. Répartition et localisation :	8
I.1.3.1. Répartition des huiles essentielles :	8
I.1.3.2 Localisation des huiles essentielles dans la plante :	8
I.1.4. Rôles :	9
I.1.5. L'extraction des huiles essentielles.....	10
I.1.5.1. Principales méthodes d'extraction.....	10
I.1.5.2. La distillation	10
I.1.5.3. Hydrodistillation simple	11
I.1.5.4. L'entraînement à la vapeur :	12
I.1.5.5. Hydrodiffusion :	13
I.1.5.6. L'expression à froid	13
I.1.5.7. Extraction sans solvant assistée par micro-ondes (ESSAM) :	14
I.1.6. Conservation des huiles essentielles	14
I.1.7. La composition chimique des huiles essentielles.....	15
I.1.7.1. Les terpénoïdes :	15
I.1.7.2. Les composés aromatiques	17
I.1.7.3. Les composés d'origines diverses.....	17
I.1.8. Les facteurs de la variabilité des huiles essentielles.....	18
I.1.8.1. L'influence du cycle végétatif.....	18
I.1.8.2. L'influence des facteurs extrinsèques	18
I.1.8.3. L'influence du procédé d'obtention	19
I.1.8.4. L'existence de chimiotypes :	19
I.1.9. Activité biologique de l'huile essentielle	19
I.1.9.1. Activité antivirale	19
I.1.9.2. Activité antifongique.....	19
I.1.9.3. Activité antibactérienne.....	20
I.1.9.4. Activité anti-inflammatoire	20
I.1.9.5. Antispasmodique	20
I.1.9.6. Activité Antioxydante.....	20
I.1.10. Description des espèces fongiques.....	21
I.1.10.1. Généralités sur les champignons phytopathogènes	21
I.1.10.2. Etude des espèces fongiques sélectionnées	21
PARTIE II : MATERIELS ET METHODES	26
II.1. MATERIELS BIOLOGIQUES.....	26
II 1.1. Le matériel végétal :	26
II.1.1.1. Echantillonnage et période de collecte des plantes.....	26
II.1.1.2. Description botanique des plantes étudiées :	26
Figure 8: a) l' <i>Artemisia herba alba</i> Asso (Armoise blanche) ; b) <i>Artemisia campestris</i> L (Chehema, 2006)	27
II.1.1.3. Utilisations traditionnelles	27
II.1.1.4. Classification botanique	28
II.1.2. Le matériel fongique	29
II.2. METHODES EXPERIMENTALES :	29
II.2.1. Procédé d'extraction des huiles essentielles :	29

<i>II.2.2. Calcul de la teneur en huiles essentielles</i>	30
<i>II.2.3. Analyse chromatographique par CPG :</i>	30
II.2.3.1. Les conditions opératoires de la CPG :	30
II.2.3.2. Identification des composés :	30
<i>II.2.4. Evaluation de l'activité antioxydante :</i>	31
II.2.4.1. Test DPPH (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl) :	31
II.2.4.2. Protocole expérimental du test DPPH :	32
<i>II.2.5. Evaluation de l'activité antifongique</i>	32
II.2.5.1. La préculture des souches fongiques	32
II.2.5.2. Evaluation de la croissance mycélienne	33
II.2.5.3. Détermination de l'activité antifongique par la méthode de contact direct :	33
II.2.5.4. Analyse statistique	35
PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS	37
III.1. LA TENEUR EN HUILES ESSENTIELLES.....	37
III.2. LA COMPOSITION CHIMIQUE DES HUILES ESSENTIELLES	39
III.3. EVALUATION DE L'ACTIVITE ANTIOXYDANTE :	45
<i>III.3.1. Test DPPH (2, 2-diphényle-1-picrylhydrazyl):</i>	45
III.4. L'EVALUATION DE L'ACTIVITE ANTIFONGIQUE	49
<i>III.4.1. La cinétique de croissance mycélienne.....</i>	49
<i>III.4.2 Le taux d'inhibition.....</i>	51
<i>III.4.3. La détermination de la CMI et CMF :</i>	53
CONCLUSION GENERALE.....	61
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	64
ANNEXES	75

Liste d'abréviations

%	: Pourcentage
Abs	: Absorbance
AFNOR	: Association Française de Normalisation
°C	: Degré Celsius
BHT	: butylhydroxytoluène
CMI	: Concentrations minimales inhibitrices
CMF	: Concentration minimale fongicide
CPG	: Chromatographie en phase gazeuse
CPG	: chromatographie en phase gazeuse
DPPH	: (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)
EC₅₀	: Concentration équivalente requise pour réduire 50% des radicaux libres DPPH, initialement présents en solution.
FID	: Détecteur à ionisation de flamme
h	: Heure
H.E	: huiles essentielle
I (%)	: Pourcentage d'inhibition
J	: Jour
LRI	: Indice de Rétention linéaire
min	: Minute
ml	: Millilitre
m	: Masse
PDA	: Potato Dextrose Agar
V	: volume

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification de <i>Fusarium culmorum</i> (Scherm et al., 2013)	23
Tableau 2: Classification de <i>Fusarium graminearum</i> (Goswami et Kistler ,2004).....	24
Tableau 3 : Classification botanique d' <i>Artemisia campestris</i> L et d' <i>Artemisia herba alba</i> Asso .	28
Tableau 4: Différentes appellations des deux espèces étudiées.....	28
Tableau 5 : codes et origines des souches fongiques étudiées.....	29
Tableau 6: La teneur en huiles essentielles.....	37
Tableau 7 : Composition chimique des huiles essentielles d' <i>Artemisia herba alba</i> Asso et d' <i>Artemisia campestris</i>	40
Tableau 8: Les principaux composés de l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba alba</i> de différents pays.....	43
Tableau 9: Les principaux composés de l'huile essentielle d' <i>Artemisia campestris</i> L de différents pays.....	45
Tableau 10: Les valeurs d'EC ₅₀ des huiles essentielles, déterminées par le test DPPH	47
Tableau 11: Les valeurs d'EC ₅₀ des standards en utilisant le test DPPH.....	47
Tableau 12: Les CMI en (µl/ml) des huiles essentielles	54

Listes des figures

Figure 1: Appareillage utilisé pour l'hydrodistillation de l'huile (Hernandez Ochoa, 2005).....	12
Figure 2: Structures de quelques Mono-terpènes	16
Figure 3: Structure de quelques composés sesquiterpéniques.....	16
Figure 4: Structure de quelques composés aromatiques.....	17
Figure 5: Structure de quelques composés azotés et soufrés.....	18
Figure 6: Spores de <i>F. culmorum</i> observées au microscope optique. Echelle : 40µm (Vangoethem, 2016)	23
Figure 7: La partie aérienne d' <i>Artemisia herba alba</i> Asso (à gauche) et d' <i>Artemisia campestris</i> L (à droite)	26
Figure 8 : a) l' <i>Artemisia herba alba</i> Asso (Armoise blanche) ; b) <i>Artemisia campestris</i> L (Chehma, 2006)	27
Figure 9: Montage de l'Hydrodistillation employé pour l'extraction des huiles essentielles	29
Figure 10 : Forme libre et réduite du DPPH (Molyneux, 2004).....	31
Figure 11 : Repiquage des souches fongiques.....	33
Figure 12: Teneurs en huile essentielle obtenues.....	37
Figure 13: pourcentages des composés majoritaires de l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba alba</i> Asso. ..	42
Figure 14: pourcentages des composés majoritaires de l'huile essentielle d' <i>A.campestris</i>	44
Figure 15: Le pouvoir antioxydant des huiles essentielles des deux espèces étudiées : Représentation des pourcentages d'inhibition du DPPH en fonction des concentrations des extraits.	46
Figure 16: L'activité antioxydante des différents standards.....	46
Figure 17: Cinétique de croissance mycélienne en fonction de temps et concentration des huiles essentielles d' <i>Artemisia herba alba</i> Asso.	49
Figure 18 : Cinétique de croissance mycélienne en fonction de temps et concentration des huiles essentielles <i>Artemisia campestris</i> L.....	50
Figure 19: Taux d'inhibition des souches en fonction de la concentration d'huiles	51
Figure 20: L'effet de l'HE d' <i>A. herba alba</i> sur la croissance mycélienne de <i>F. graminearum</i> après 6 jours d'incubation.....	52
Figure 21: L'effet de l'HE d' <i>A. herba alba</i> sur la croissance mycélienne de <i>F. culmorum</i> après 6 jours d'incubation.....	52
Figure 22: Taux d'inhibition des souches en fonction de la concentration d'huiles essentielles d' <i>A.campestris</i>	52
Figure 23: L'effet de l'HE d' <i>A. campestris</i> sur la croissance mycélienne de <i>F. graminearum</i> après 6 jours d'incubation.....	53
Figure 24: L'effet de l'HE d' <i>A. campestris</i> sur la croissance mycélienne de <i>F. culmorum</i> après 6 jours d'incubation.....	53
Figure 25: Résultats du test de CMI et CMF de l'huile essentielle de l' <i>A.herba alba</i> vis-à-vis de <i>Fusarium graminearum</i>	54
Figure 26: Résultats du test de CMI et CMF l'huile essentielle d' <i>A.herba alba</i> et d' <i>A. campestris</i> vis-à-vis de <i>Fusarium culmorum</i> et <i>Fusarium graminearum</i> respectivement	55
Figure 27: CI ₅₅ et CI ₉₉ de l'huile essentielle d' <i>A. campestris</i> et d' <i>A. herba alba</i> pour les deux souches testées	56

Introduction

Introduction

Au cours des dernières décennies, les recherches scientifiques les plus modernes n'ont fait que confirmer le bien-fondé des vertus thérapeutiques de la plupart des plantes médicinales utilisées de façon empirique depuis des millénaires. La plupart des espèces végétales qui poussent dans le monde entier possèdent des vertus thérapeutiques, car elles contiennent des principes actifs qui agissent directement sur l'organisme. 75 % des médicaments ont une origine végétale et 25% d'entre eux contiennent au moins une plante ou une molécule active d'origine végétale. La recherche des principes actifs extraits des plantes est d'une importance capitale car elle a permis la mise au point de médicaments essentiels **(Djeridane, 2008)**.

La phytothérapie reste la médecine la plus employée par le monde. Nous savons depuis toujours que certaines plantes possèdent des activités antiseptiques, bactéricides, antifongiques, antivirales, antidiabétiques, hyper ou hypotensives...etc. . Toutes les civilisations antiques ont développé à côté de l'agriculture, la médecine par les plantes et la plupart des grands médecins du passé ont été des phytothérapeutes. **(Zhiri et Baudoux, 2005)**.

Les propriétés médicinales des plantes sont dues à des produits chimiques. Les plantes synthétisent de nombreux composés appelés métabolites primaires qui sont indispensables à leur existence et une gamme extraordinaire d'autres composés appelés métabolites secondaires. Ces derniers ont pour fonction notamment la protection contre les microorganismes, les animaux et même les autres plantes. Ces métabolites jouent donc un rôle primordial dans la lutte contre diverses maladies **(Cox et Balick, 1994 ; Junio et al., 2011)**.

Les huiles essentielles ont trouvé leur place dans l'aromathérapie, la pharmacie, la parfumerie, le cosmétique et la conservation des aliments. Leur utilisation est liée à leur large spectre d'activités biologiques **(Ismaili et al .,2014)**

Plusieurs travaux ont mis en évidence les différentes activités biologiques des plantes aromatiques et médicinales, en particulier leurs pouvoirs antifongique , antibactérien , antioxydant et insecticide. Ainsi par ces propriétés, les huiles essentielles pourraient donc servir d'agent de conservation des denrées alimentaires. **(Hmiri et al ., 2011)**.

Les antioxydants sont également un ingrédient en plus important dans la transformation des aliments. Leur rôle essentiel est d'inhiber le développement de rancissement oxydatif dans les produits alimentaires à base de graisse, en particulier la viande et les aliments frits. Les antioxydants synthétiques tels que le butylhydroxyanisol (BHA) et le butylhydroxytoluène (BHT) sont largement utilisés dans l'industrie alimentaire en raison de leurs capacités à prévenir les détériorations des aliments et de prolonger leur durée de conservation, mais bon nombre d'entre eux étant considérés comme néfastes pour la santé et présentent des risques de cancérogénicité (**Bouzi,2016**)

Ainsi, les maladies des plantes sont principalement contrôlées par des pesticides chimiques , Le genre *Fusarium* est très important parce qu'il regroupe plusieurs espèces phytopathogènes, susceptibles d'induire des maladies (fusarioses) chez de nombreuses plantes .Les espèces du genre *Fusarium* peuvent ainsi attaquer les céréales (maïs, blé, orge, avoine), des légumes, les plantes ornementales et beaucoup d'arbres fruitiers. Le genre *Fusarium* comprend des espèces (*Fusarium poae*, *F.culmorum*, *F. graminearum*....ect) (**Salhi et al., 2015**)

les fongicides employés à l'heure actuelle sont des composants essentiels de la lutte contre les maladies fongiques des plantes, pour éviter l'apparition fréquente de souches résistantes lors de ces traitements fongicides par l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux dus à leur application répétitive, il est indispensable de valoriser et exploiter les plantes médicinales ;l'usage thérapeutique de ces dernières est très présent dans certains pays du monde et surtout les pays en voie de développement ,en raison de l'absence d'un système médical moderne (**Kanoun et al.,2014**)

La stratégie d'utiliser des biomolécules à partir de substances végétales peut aussi être intéressante. En effet, certaines huiles essentielles sont pourvues d'activités antibiotiques importantes à large spectre (**Hanana et al.,2014**) La lutte biologique par l'utilisation de substances naturelles antioxydantes et antifongiques pouvant constituer une alternative aux produits chimiques. Parmi ces substances naturelles figurent les huiles essentielles extraites des plantes aromatiques .L'Algérie, par sa situation géographique, offre une végétation riche et diverse. Un grand nombre de plantes aromatiques y pousse spontanément. L'intérêt porté à ces plantes n'a pas cessé de croître au cours de ces dernières années (**Laib .,2012**).

A cet effet, nous nous sommes intéressé à l'unes des espèces de la famille des Astéracées : l'Armoise blanche (*Artemisia herba alba* Asso) , Armoise rouge (*Artemisia campestris* L). L'objectif principal de ce travail est de déterminer la composition chimique de l'extrait des huiles essentiels de deux espèces de genre *Artemisia* (*Artemisia herba alba* Asso et *Artemisia campestris* L) et d'évaluer leur activité antioxydantes et antifongique sur deux espèces de genre *fusarium* (*F. culmorum*, *F. graminearum*)

Ce mémoire est structuré de la manière suivante :

La première partie est consacrée à l'étude bibliographique concernant les huiles essentielles, leurs méthodes d'extraction, leur composition chimique, leurs activités biologiques, ainsi que des généralités sur les champignons phytopathogènes avec une description des espèces étudiés.

La deuxième partie, La partie pratique est constituée de quatre volets :

- ✓ Dans un premier temps, nous avons procédé aux extractions et à la détermination de la teneur en huiles essentielles ;
- ✓ Dans le volet suivant, nous avons analysé les huiles essentielles par CPG
- ✓ Dans le troisième volet, nous avons évalué le pouvoir antioxydant de ces huiles essentielles par la méthode de piégeage du radical libre DPPH[•] ;
- ✓ Dans le dernier volet, nous nous sommes intéressés au l'activité antifongique des huiles essentielles de l'*Artemisia herba alba* Asso et l'*Artemisia campestris* L vis-à-vis de deux champignons phytopathogènes *F. culmorum*, *F. graminearum*.

La troisième partie du mémoire sera consacrée à la présentation de l'ensemble des résultats obtenus et aux discussions qui en découlent.

Enfin, ce travail a été clôturé par une conclusion générale.

Etude
Bibliographiques

Partie I : Etudes bibliographique

I.1 Les huiles essentielles

I.1.1. Historique

Les premières preuves de fabrication et d'utilisation des huiles essentielles datent de l'an 3000 avant J.C., environ. Il existe d'autres traces qui témoignent de la persistance et l'évolution de ces pratiques. Les huiles essentielles semblent donc avoir accompagné la civilisation humaine depuis ses premières genèses. Les égyptiens puis les grecs et les romains ont employé diverses matières premières végétales ainsi que les produits qui en découlent, notamment les huiles essentielles. Ces utilisations concernent différents domaines : parfumerie, médecine, rites religieux, coutumes païennes, alimentation, ... Par exemple, chez les Romains et les Grecs, romarin et thym étaient associés comme emblème décoratif dans la pratique des cultes et dans la célébration des triomphes **(Besombes, 2008)**.

En Amérique, les civilisations aztèques, maya et inca connaissaient parfaitement l'emploi de drogues végétales aromatiques (baumes de styrax et de sassafras) qu'ils utilisent pour guérir infections et plaies **(Zhiri, 2006)**.

Les arabes ont fait considérablement progresser l'aromathérapie. 1 000 ans av.J.-C., les Perses semblent avoir inventé la distillation, mais il faudra attendre 2000ans pour que ce procédé soit sensiblement perfectionné. C'est Avicenne, médecin et philosophe (980-1037), qui produit la première huile essentielle pure ; c'est une huile essentielle de roses. Pour cela, il met au point un alambic. La distillation par la vapeur d'eau autorisait l'extraction d'huiles essentielles pures de très nombreuses plantes. Avicenne écrit de nombreux ouvrages médicaux dans lesquels il fait une large place aux huiles essentielles. **(Zhiri, 2006)**.

Les Arabes, grands utilisateurs d'alchimie et de médecine à partir de sources naturelles, ont donc inventé au Haut Moyen-Age, le serpentin permettant de perfectionner la réfrigération du produit distillé et les techniques de distillation. Au XIV^{ème} siècle, les appareils distillatoires évoluent et font leur apparition dans les laboratoires médicaux et alchimiques. Seule l'huile de térébenthine représente une véritable huile essentielle.

Au début du XX^{ème} siècle, des chercheurs (Chamberland, Cadéac, Martindale) démontrent, par leurs expérimentations, le pouvoir antiseptique des huiles essentielles. Cependant, les véritables "pères" de l'aromathérapie sont Gattefossé puis Valnet.

René-Maurice Gattefossé est le père de l'aromathérapie scientifique, chimiste et parfumeur. Il crée en 1928 le mot «aromathérapie» et publie en 1931 un ouvrage du même nom dans lequel il décrit la relation entre la structure biochimique de l'huile essentielle et son activité **(Zhiri, 2006)**.

Aujourd'hui, des médecins (Valnet, Duraffourd, Lapraz, d'Hervincourt, Belaiche), des chercheurs (P. Franchomme) et des pharmaciens (D. Baudoux) ont définitivement établi la réputation, l'efficacité et l'extraordinaire richesse des huiles essentielles **(Zhiri et Baudoux, 2005)**.

I.1.2. Définition des huiles essentielles

De très nombreux auteurs ont tenté de donner une définition des huiles essentielles. D'après William Naves [1874-1936], aucune des définitions des huiles essentielles n'a le mérite de la clarté, ni celui de la précision. **(Bouguerra, 2012)**.

Le terme « huile essentielle » a été inventé au 16^{ième} siècle par le médecin Suisse Parascelsus Von HOHENHEIM pour désigner le composé actif d'un remède naturel **(Burt, 2004)**.

Selon Durvelle (1930, 1893), les essences ou huiles essentielles, connues également sous le nom d'huiles volatiles et de parfums sont des substances odorantes huileuses, volatiles, peu solubles dans l'eau, plus ou moins solubles dans l'alcool et dans l'éther, incolores ou jaunâtres, inflammables et qui s'altèrent facilement à l'air en se résinifiant. Elles sont liquides à température ordinaire ; quelques-unes sont solides ou en partie cristallisées ; elles n'ont pas le toucher gras et onctueux des huiles fixes dont elles se distinguent par leur volatilité. Leur odeur plus ou moins forte, suave, piquante ou désagréable. Elles ont la propriété de ne pas laisser de tache durable sur le papier. **(Bousbia, 2011)**.

Pour certains auteurs comme **(Carette, 2000)**, il est important de distinguer huile essentielle et essence. Cette dernière est une sécrétion naturelle élaborée par l'organisme végétal, contenue dans divers types d'organes producteurs, variables selon la partie de la plante considérée. En revanche, une huile essentielle est un extrait naturel de matières

premières d'origine végétale, obtenue par distillation par la vapeur d'eau, c'est-à-dire que l'huile essentielle est l'essence distillée.

Pour la Pharmacopée européenne (6e édition), l'huile essentielle est un « Produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement par la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, ou par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'huile essentielle est, le plus souvent, séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition » **(Bruneton, 2009)**.

I.1.3. Répartition et localisation :

I.1.3.1. Répartition des huiles essentielles :

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs : il y aurait, selon Lawrence, 17500 espèces aromatiques. Les genres capables d'élaborer les constituants qui composent les huiles essentielles sont répartis dans un nombre limité de familles (*Apiaceae*, *Asteraceae*, *Lamiaceae*, *Lauraceae*, *Myrtaceae*, *piperaceae*, *Rutaceae*, *zingiberaceae*....) **(Bruneton, 2009)**.

Les principales familles végétales susceptibles de donner des huiles essentielles sont : Les abietacées (le plus connu est le *Pinus pinaster* Ait, qui produit la térébenthine).

les *cupressacées* (thuya, cyprès, genévriers), les *lamiacées* qui est l'une des importantes familles pour les huiles essentielles (aspic, basilic, lavande fine, lavandin, marjolaine, mélisse, menthes, origan, patchouli, romarin et sauge), les *myrtacées* (eucalyptus, giroflier, myrtes, niaouli), les *lauracées* (cannelles, laurier noble, bois de rose, ravensara et sassafras), les *rutacées* (citron, citron vert, limette, mandarine, oranges douce et amère et pamplemousse), les *éricacées* (gaulthérie et lédon), les *astéracées* (camomille, estragon, inule odorante, santoline), les *poacées* (lemon grass, citronnelle), les *rosacées* (rose) **(Brigitte, 2009)**.

I.1.3.2 Localisation des huiles essentielles dans la plante :

Les huiles essentielles sont localisées dans le cytoplasme de certaines cellules végétales sécrétrices qui se situent dans un ou plusieurs organes de la plante **(Besombes, 2008)**.

Dans le cas le plus simple, les huiles essentielles se forment dans le cytosol des cellules où elles vont, soit se rassembler en gouttelettes lipophiles, soit s'accumuler dans les vacuoles des cellules épidermiques ou des cellules du parenchyme de nombreux pétalos, de même que dans les cellules oléifères (**Marouf et Tremblin, 2009**)

D'après Bruneton (2009), la synthèse et l'accumulation des huiles essentielles sont généralement associées à la présence des structures histologiques spécialisées : souvent, localisées sur ou à proximité de la surface de la plante. Par exemple : les cellules à huiles essentielles des *Lauracée* ou des *Zingibéracées*, poils sécréteurs des *Lamiacées*, poches sécrétrices des *Myrtacées* et *Rutacées*, canaux sécréteurs des *Apiacées* ou des *Astéracées*.

Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux. On en trouve dans les fleurs (bergamotier et tubéreuse), les feuilles (citronnelle, eucalyptus et laurier noble) et, plus rarement, dans l'écorce (cannelier), le bois (bois de rose, santal), les racines (vétiver), les rhizomes (curcuma et gingembre), les fruits (toute-épice, anis et badiane) et les graines (muscade) (**Bruneton, 2009**).

Les cellules spécialisées dans la sécrétion se trouvent aussi bien dans les feuilles, les fleurs, le bois, les racines ou les graines. Les structures anatomiques spécialisées dans la sécrétion des composés terpéniques volatils sont très diverses. De plus, plusieurs catégories de tissus sécréteurs peuvent coexister simultanément chez une même espèce, voire dans un même organe (**Lamarti, 1994**).

Toutefois, leur composition varie dans une plante suivant l'organe utilisé (**Marouf et Tremblin, 2009**). Si tous les organes d'une même espèce peuvent renfermer une huile essentielle, la composition de cette dernière peut varier selon sa localisation (**Bruneton, 2009**).

I.1.4. Rôles :

La fonction biologique des terpénoïdes des huiles essentielles demeure le plus souvent obscure. Il est toutefois vraisemblable qu'ils ont une fonction écologique (**Bruneton, 2009**).

Les huiles essentielles permettent, entre autres, à la plante de se défendre contre les agressions extérieures. Elles ont des propriétés répulsives ou attractives vis-à-vis des insectes. La pollinisation des fleurs est, économiquement, très importante pour les arbres fruitiers (**Kaloustian et Francis, 2013**).

Cependant, plusieurs effets apparents utiles ont été décrits telles que la réduction de la compétition des autres espèces de plantes (allélopathie) par inhibition chimique de la germination des graines. Par exemple, le cinéole et le camphre libérés dans l'atmosphère par *Salvia leucophylla* sont absorbés par le sol sec, inhibant la germination des espèces prairiales ainsi que la protection contre la flore microbienne infectieuse par les propriétés fongicides et bactéricides et contre les herbivores par goût et effets défavorables sur le système nerveux (**Porter, 2001 ; Guignard et al., 2004**).

Belaiche (1979) signale que l'utilité des huiles essentielles pour les plantes désertiques est liée à la conservation d'une humidité indispensable à la vie des plantes. Les vapeurs aromatiques permettent de saturer l'air autour de la plante empêchant, le jour, la température de l'air de monter jusqu'à un degré insupportable pour la vie végétale et, la nuit, de baisser de façon excessive.

Pour quelques auteurs, les composants terpéniques pourraient constituer des supports à une «communication», d'autant plus que leur variété structurale autorise le transfert de «messages biologiques» sélectifs (**Bruneton, 2009**).

I.1.5. L'extraction des huiles essentielles

Les matières premières végétales utilisées pour obtenir les huiles essentielles sont des plantes ou parties de plantes qui sont à divers états de siccité (forme sèche, flétrie, fraîche) (**Desmares et al., 2008**).

Le procédé d'obtention des HE intervient d'une façon déterminante sur sa composition chimique (**Garnero, 1977, in Laib, 2011**). Le choix de la technique dépend principalement de l'état originel et la nature de la matière première. Cette dernière conditionne le profil chimique et les caractéristiques de l'huile essentielle, en particulier la viscosité, la couleur, la solubilité, la volatilité, l'enrichissement ou l'appauvrissement en certains constituants ainsi que son utilisation (**Desmares et al., 2008**).

I.1.5.1. Principales méthodes d'extraction

Il existe plusieurs méthodes d'extraction, dont nous citons les plus importantes :

I.1.5.2. La distillation

D'une façon générale, la distillation est un procédé de séparation basé sur la différence de composition entre un liquide et la vapeur engendrée. La technique implique la condensation de la vapeur et la récupération des fractions liquides résultantes (**Hernandez Ochoa, 2005**).

La distillation convient aux huiles ayant une forte composante volatile. Elle se fonde sur la caractéristique que possèdent ces composantes qui peuvent être facilement transportées par des particules de vapeur d'eau en mouvement **(Padrini et Lucheroni, 1996)**.

C'est le procédé le plus ancien et le mieux adapté pour extraire les essences des végétaux aromatiques. La méthode est basée sur la distillation des composés volatils et de l'eau simultanément, à une température inférieure à 100°C, sous pression atmosphérique normale. En conséquence, les produits aromatiques sont entraînés par la vapeur d'eau sans subir d'altérations majeures. Il existe précisément trois différents procédés utilisant ce principe : l'hydrodistillation, l'hydrodiffusion et l'entraînement à la vapeur d'eau **(Piochon, 2008)**.

1.1.5.3. Hydrodistillation simple

Ce mode d'extraction a été proposé par Garnier en 1891. C'est la méthode la plus utilisée pour extraire les HE à l'état pur mais aussi de fournir de meilleurs rendements. **(Hernandez Ochoa, 2005)**.

Le principe consiste à immerger, directement, le matériel végétal à traiter (intact ou éventuellement broyé dans un alambic rempli d'eau qui est ensuite porté à ébullition **(Bruneton, 2009)**. Elle est, généralement, conduite à pression atmosphérique. La chaleur permet l'éclatement et la libération des molécules volatiles contenues dans les cellules végétales. Le mélange volatil est ensuite refroidi, condensé puis séparé en une phase aqueuse et une phase organique qui constitue l'huile essentielle **(Marouf et Tremblin, 2009)**.

À l'échelle du laboratoire, le système basé sur ce principe qui est, généralement, utilisé pour l'extraction des huiles essentielles en accord avec la pharmacopée européenne est l'appareil Clevenger **(Marouf et Tremblin, 2009)**. La durée d'une hydrodistillation pouvant considérablement varier, peut atteindre plusieurs heures (8 h) **(Lucchesi et al., 2004)**, selon le matériel utilisé et la matière végétale à traiter. La durée de la distillation influe non seulement sur le rendement mais également sur la composition de l'extrait **(Lucchesi, 2005)**.

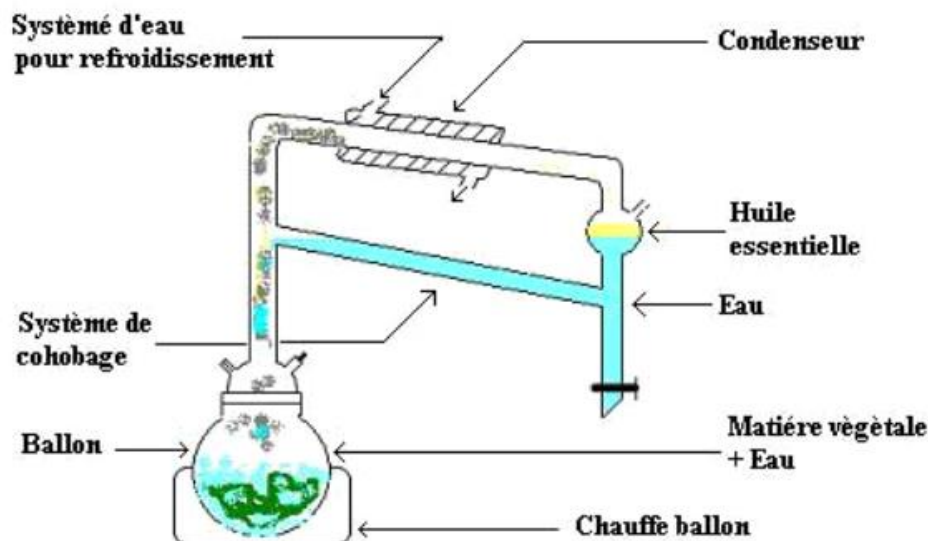


Figure 1: Appareillage utilisé pour l'hydrodistillation de l'huile (Hernandez Ochoa, 2005)

I.1.5.4. L'entraînement à la vapeur :

C'est le moyen le plus répandu pour extraire l'huile essentielle de nombreuses plantes. Dans ce système d'extraction, les organes végétaux (fleurs, feuilles, graines fruits, tiges, racines, parties aériennes ou plantes entières) sont placés dans un alambic, qui possède à sa base une grille perforée au-dessous de laquelle on introduit de la vapeur d'eau fournie par une chaudière. La vapeur d'eau traverse le matériel végétal, la vapeur, éclate les cellules et entraîne les molécules volatiles. En traversant un tube réfrigérant, la vapeur d'eau saturée en composés volatils se condense en un mélange hétérogène, d'huiles essentielles et d'eau florale ou hydrolat (contenant encore des traces d'huiles essentielles), récupéré dans un vase de décantation par simple différence de densité. (Marouf et Tremblin, 2009).

Dans la distillation à vapeur saturée, le végétale n'est pas en contact avec l'eau : la vapeur d'eau est injectée au travers de la masse végétale disposé sur des plaques perforées (Bruneton, 2009). L'absence de contact direct entre le matériel végétal et l'eau, durant l'ébullition, évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité de l'huile. Le rendement de ce procédé est très variable, selon les plantes (Marouf et Tremblin, 2009).

Pour raccourcir le temps de traitement, limiter l'altération des constituants de l'huile essentielle et économiser l'énergie, il est possible de travailler en surpression modérée (De 1 à 3). La conséquence de la surpression étant une augmentation de la température ; la qualité de produit peut, ainsi, en souffrir (Bruneton, 2009).

Cette méthode apporte une amélioration de la qualité de l'huile essentielle en minimisant les altérations hydrolytiques (**Bruneton, 2009**).

I.1.5.5. Hydrodiffusion :

D'après **Acquaronne et al., (1998)** le terme hydrodiffusion est attribué au type de transport contrôlé par la polarité des constituants. Elle serait responsable de la vitesse relative de la distillation des différents composants aromatique dépendants d'avantage de leurs solubilités dans l'eau que de leur point d'ébullition. Si l'hydrodiffusion constituait l'étape limitant de l'hydrodistillation, alors l'ordre de sortie des composés serait dicté par leurs polarités et non par volatilités.

L'hydrodiffusion est appelée, aussi, percolation .Dans cette technique, la matière végétale est en contact avec la vapeur d'eau. Elle Consiste à propulser de la vapeur d'eau à très faible pression (0,02 à 0,15 bar) à travers la masse végétale, du haut vers le bas. La composition des produits obtenus est qualitativement et sensiblement différente de celle des produits obtenus par les méthodes classiques. Le procédé permet un gain de temps et d'énergie (**Bruneton, 2009**).

I.1.5.6. L'expression à froid

L'expression à froid est réservée à l'extraction des composés volatils dans les péricarpes. Il s'agit d'un traitement mécanique qui consiste à déchirer les péricarpes riches en cellules sécrétrices (**Basil et al., 1998**).

C'est une technique utilisée pour extraire les huiles essentielles des agrumes (famille des Rutacées : citron, orange, mandarine) ainsi que la bergamote qui est issue d'un greffon de citron et de bigaradier. C'est une méthode assez simple qui consiste à briser mécaniquement (abrasion, compression, incision et perforation) les poches à essences (souvent au niveau de l'écorce ou le fruit) (**Anonyme, 2001**). Le procédé consiste à exercer, sous un courant d'eau, une action abrasive sur la surface du fruit. Après élimination des déchets solides, l'huile essentielle est séparée de la phase aqueuse par centrifugation. D'autres machines rompent les poches par dépression et recueillent directement l'huile essentielle ; ce qui évite les dégradations liées à l'action de l'eau (**Bruneton, 2009**).

I.1.5.7. Extraction sans solvant assistée par micro-ondes (ESSAM) :

L'extraction par micro-ondes, appelée « Solvent Free Microwave Extraction » ou « SFME », est une nouvelle technique verte développée ces dernières années (**Wang et al., 2006**). L'appareil SFME est une combinaison originale de chauffage par micro-ondes et de distillation sèche à la pression atmosphérique. Elle a été conçue pour des applications en laboratoire pour l'extraction d'huiles essentielles de différents types de plantes aromatiques (**Lucchesi et al., 2004**).

Cette méthode consiste à placer des matières végétales dans un réacteur à micro-ondes sans ajouter ni eau ni solvant organique. Le chauffage de l'eau contenue dans la matière végétale la fait gonfler et provoque l'éclatement des glandes et des réceptacles oléifères. Ce procédé libère, ainsi, l'huile essentielle, qui est évaporée par l'eau contenue dans la plante par distillation azéotropique. La vapeur passe, ensuite, à travers un condenseur à l'extérieur de la cavité micro-ondes, où elle est condensée. Le distillat est recueilli en continu dans l'ampoule à décanter. L'excès d'eau est renvoyé dans le récipient d'extraction. L'huile essentielle est recueillie directement et séchée (**Lucchesi et al., 2004**).

Ce procédé est très rapide, la température d'extraction est égale au point d'ébullition de l'eau à la pression atmosphérique (100°C). Il est peu consommateur d'énergie (**Lucchesi et al., 2004**). L'utilisation de micro-ondes réduit le temps d'extraction mais n'affecte pas la qualité de l'huile essentielle (**Wang et al., 2006**).

Pour les plantes aromatiques, les rendements en huiles essentielles obtenus par ESSAM, après seulement 30 minutes d'extraction, sont identiques à ceux obtenus après 6 heures d'hydrodistillation. D'un point de vue qualitatif, on retrouve dans les huiles essentielles obtenues par ESSAM une proportion plus importante de composés oxygénés, plus valorisables sur le plan olfactif (**Ferhat, 2016**).

I.1.6. Conservation des huiles essentielles

La relative instabilité des molécules constituant les huiles essentielles rend leur conservation difficile. Les possibilités de dégradation sont nombreuses. Elles peuvent modifier les propriétés et/ou mettre en cause l'innocuité du produit. Il convient de les éviter en utilisant des flacons propres et secs, en aluminium, en acier inoxydable ou en verre teinté anti-actinique, presque entièrement remplis et fermés de façon étanche (l'espace libre étant rempli d'azote ou d'un autre gaz inerte). Le stockage se fait à l'abri de la chaleur et de la lumière (**Bruneton, 2009**). Le flacon sera conservé à une température variant de 5°C à 35°C (**Zhiri et Baudoux, 2005**).

I.1.7. La composition chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes de constituants qui appartiennent, de façon quasi exclusive, à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpénoïdes, d'une part, et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane, beaucoup moins fréquents, d'autre part. **(Boukhobza et Goetz, 2014)**. Elles peuvent, également, renfermer divers produits issus de processus déprédatifs mettant en jeu des constituants non volatils. **(Bruneton, 2009)**.

Les constituants des huiles essentielles possèdent un squelette hydrocarboné qui peut être linéaire, cyclique ou encore aromatique. Ils peuvent posséder toutes les grandes fonctions de la chimie organique : des alcools, des composés carbonylés (principalement aldéhydes et cétones), des esters, des phénols et, dans une moindre mesure, des dérivés azotés et soufrés.

Néanmoins, Les terpènes (hydrocarbures en C10 ou C15) et terpénoïdes (terpènes fonctionnalisés) sont, de loin, les plus abondants **(Fernandez et Chemat, 2012)**.

I.1.7.1. Les terpénoïdes :

Au sens strict, les terpènes sont des hydrocarbures mais de nombreux dérivés (alcools, aldéhydes, cétones et acides), de structure apparentée, sont considérés comme des composés terpéniques **(Boukhobza et Goetz, 2012)**.

Dans le cas des huiles essentielles, les terpènes les plus volatils seront rencontrés. C'est-à-dire ceux dont la masse moléculaire n'est pas trop élevée (mono- et sesquiterpènes) **(Bruneton, 2009)**.

I.1.7.1.1. Monoterpènes :

Les monoterpènes sont formés à partir de l'accouplement de deux unités isoprène (C10). Ce sont les molécules les plus représentatives constituant des huiles essentielles. Elles représentent 90% de la totalité des molécules et offrent, ainsi, une grande variété de structures **(Bakkali et al., 2008)**.

Ils peuvent être acycliques (Myrcène et Ocimène), monocycliques (α -et γ -Terpinène et p-Cymène) ou bicycliques (Pinènes, Camphène et Sabinène). ils constituent parfois plus de 90% de l'huile essentielle (citrus et térébenthines). La réactivité des cations intermédiaires justifie l'existence de nombreuses molécules fonctionnelles : alcool, aldéhydes, ester, cétones, éthers, phénols et peroxydes **(Bruneton, 2009)**.

Ils sont très répandus dans les huiles essentielles. Ils sont habituellement incolores et ont une odeur faible. Ils sont difficilement solubles dans l'eau et dans l'alcool. Les huiles essentielles dont on a enlevé les terpènes sont appelées déterpénées. En aromathérapie, les terpènes sont appréciés pour leurs vertus antivirales, antiseptiques, toniques et stimulantes (**Toninoli et Meglioli, 2013**).

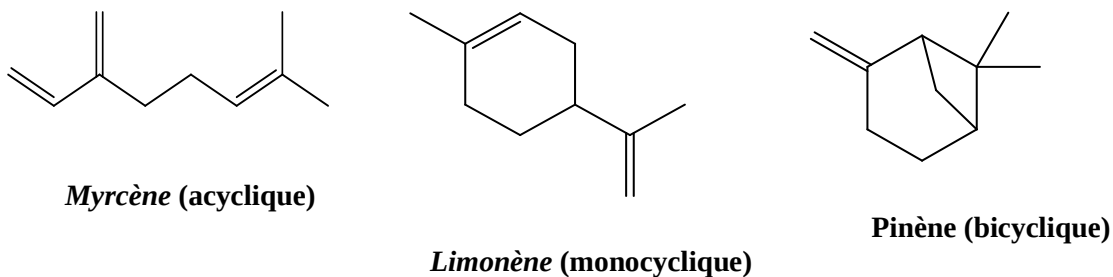


Figure 2: Structures de quelques Mono-terpènes

I.1.7.1.2. Sesquiterpènes :

Les sesquiterpenoids sont des composés de 15 carbones formés de 3 unités isoprène et comme formule moléculaire $C_{15}H_{24}$. Ils se trouvent principalement dans les parties aériennes des plantes. Comme les monoterpènes (**Baser et Buchbauer, 2010**), une molécule de sesquiterpène peut être acyclique ou contenir 1 à 2 cycles (comme le polygodial) ; de très nombreuses combinaisons sont possibles. Les dérivés des sesquiterpènes obtenus par biochimie ou synthèse (oxydation ou réarrangement) sont appelés sesquiterpenoïdes (**Bakkali et al., 2008**).

Ils se trouvent sous forme de carbures mono-ou polycycliques (b-bisabolène, b-caryophyllène, longifolène), alcools (farnésol, carotol), cétones (nootkatone), aldéhydes (sinensals) et esters (acétate de cédrile) (**bruneton, 2009**).

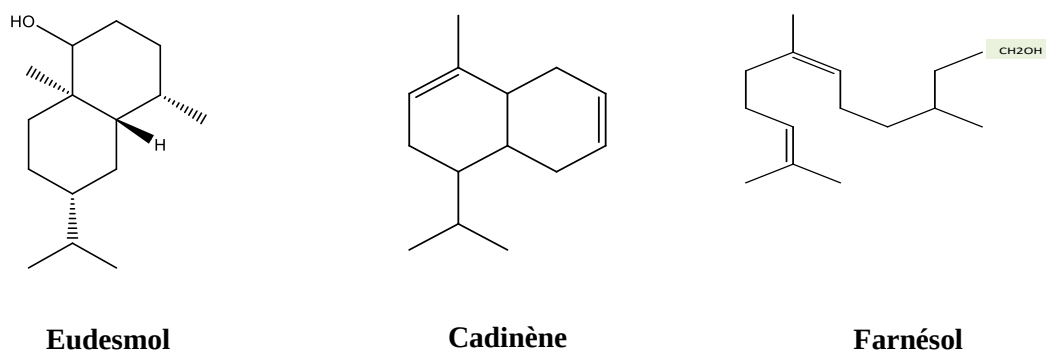


Figure 3: Structure de quelques composés sesquiterpéniques.

I.1.7.1.3. Diterpènes

Les diterpènes sont des substances constituées de 20 atomes de carbone (C₂₀) présentant une très grande variété structurale. Ces composés sont principalement présents chez les plantes supérieures, dans les résines, ainsi que chez les champignons. Il existe environ 2700 diterpènes dans la nature dont la majorité est sous forme cyclique. Parmi les diterpènes cycliques, le rétinol et le rétinol, deux formes de la vitamine A, sont les plus connues dans cette famille (**Harkati, 2011**).

I.1.7.2. Les composés aromatiques

Les composés aromatiques dérivés du phénylpropane (C₆-C₃) sont beaucoup moins fréquents dans les huiles essentielles que les monoterpènes et sesquiterpènes. Ce sont, très souvent, des allyl- et propénylphénols ; parfois des aldéhydes.

On peut également rencontrer dans les huiles essentielles des composés C₆-C₁ telle que la vanilline (assez fréquente) ou l'antranilate de méthyle. Les lactones dérivées des acides cinnamiques (les coumarines) étant, au moins pour les plus simples d'entre elles, entraînables par la vapeur d'eau. Elles sont également présentes dans certaines huiles essentielles (**Bruneton, 2009**).

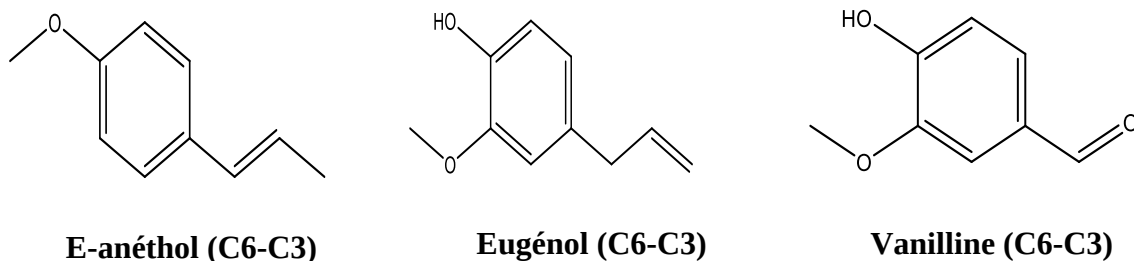


Figure 4: Structure de quelques composés aromatiques

I.1.7.3. Les composés d'origines diverses

Les composés d'origines diverses résultent de la transformation des molécules non volatiles. Il s'agit de composés issus de la dégradation d'acide gras ou de terpènes (**Bruneton, 2009**).

D'autres composés, les composés azotés et soufrés, peuvent également être retrouvés dans la composition des HE. Les composés azotés sont rarement présents au sein des HE ou en faibles concentrations. Parmi les composés azotés, on peut citer les anthranilates et, notamment, le N-méthyl anthranilate de méthyle, principale molécule de la famille des composés azotés, caractéristique du mandarinier (*Citrus reticulata*).

Les composés soufrés sont retrouvés plus fréquemment que les composés azotés, au sein des HE. Ils sont retrouvés à l'état de trace dans certaines HE, comme dans la menthe poivrée (Hélène, 2015).

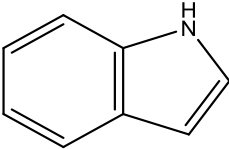
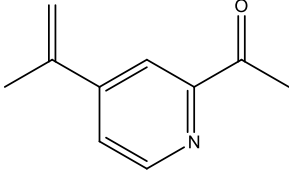
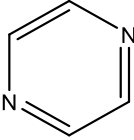
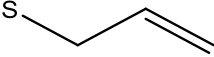
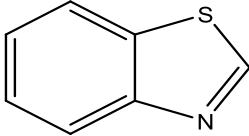
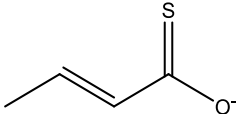
Composés azotés			
	Indole	2-acetyl-4-isopropényl-pyridine	Pyrazine
Composés soufrés			
	Sulfure d'allyle	Benzothiazole	Butènethioate

Figure 5: Structure de quelques composés azotés et soufrés

I.1.8. Les facteurs de la variabilité des huiles essentielles

Les huiles essentielles présentent une très grande variabilité, tant au niveau de leur composition, qu'au plan du rendement. Cette variabilité peut s'expliquer par différents facteurs (Besombes Colette, 2008).

I.1.8.1. L'influence du cycle végétatif

Pour chaque espèce, la proportion des différents constituants d'une huile essentielle peut varier de façon importante, tout au long du développement. Dans l'huile essentielle de coriandre, par exemple, la teneur en linalool est de 50%, plus élevée dans le fruit mûr que dans le fruit vert (Bruneton, 2009).

I.1.8.2. L'influence des facteurs extrinsèques

Il s'agit, dans ce cas, de l'incidence des facteurs de l'environnement et des pratiques culturales sur la plante ; la température, l'humidité relative, la durée totale d'insolation et le régime des vents exercent une influence directe, surtout chez les espèces qui possèdent des structures histologiques de stockage superficielles (les poils sécréteurs des lamiaceae, par exemple). Lorsque la localisation est plus profonde la qualité est beaucoup plus constante (Bruneton, 2009).

I.1.8.3. L'influence du procédé d'obtention

La labilité des constituants des huiles essentielles explique la différence entre la composition du produit, obtenu par hydrodistillation, et le mélange initialement présent dans les organes sécréteurs du végétal. Au cours de l'hydrodistillation, l'eau, l'acidité et la température peuvent induire l'hydrolyse des esters mais aussi des réarrangements, des isomérisations et des oxydations (**Bruneton, 2009**).

I.1.8.4. L'existence de chimiotypes :

Les chimiotypes, Chémotypes ou races chimiques constitue une notion capitale en aromathérapie. C'est une forme de classification chimique, biologique et botanique désignant la molécule majoritairement présente dans une huile essentielle. Cette classification dépend des facteurs liés directement aux conditions de vie spécifiques de la plante à savoir le pays, le climat, le sol, l'exposition des végétaux, les facteurs phytosociologiques et la période de récolte qui peuvent influencer la composition de l'huile essentielle (**Zhiri et Baudoux, 2005**).

L'un des exemples les plus démonstratifs est celui du thym (*Thymus vumgaris* L.) de la méditerranée occidentale. On compte pour cette espèce, sept chimiotypes différents : six en France (à thymol, à carvacrol, à géraniol, à linalool, à α -terpinéol, à trans-4-thuyanol et cis-8-myrcénol) et un, en Espagne, à cinéole (**Bruneton, 2009**).

I.1.9. Activité biologique de l'huile essentielle

La quantité et la qualité des composés chimiques des huiles essentielles leur confèrent plusieurs activités plus précisément : l'activité antibactérienne, l'activité antifongique, l'activité antiparasitaire et l'activité antioxydante (**Marzouk et al., 2008**).

I.1.9.1. Activité antivirale

Les virus sont très sensibles aux molécules aromatiques contenues dans les HE. Ce qui leur confère la capacité de combattre certaines pathologies virales. Les huiles essentielles arrêtent le développement des virus et facilitent l'élimination du mucus, tout en stimulant le système immunitaire (**Buronzo, 2008 in El-houiti 2010**).

I.1.9.2. Activité antifongique

Les infections fongique (mycose) sont d'une actualité criante car les antibiotiques prescrits, de manière abusive, favorisent leur extension. De nombreuses huiles essentielles aux propriétés antifongiques ont une action sur leurs mycoses (**Toninolli et Meglioli, 2013**).

L'activité antifongique du Cinéole, du Citral, du Géraniol, du Linalool et du Menthol a été, aussi, évaluée sur les champignons. L'efficacité la plus élevée a été révélée par le Citral et le Géraniol, en inhibant 12 espèces fongiques, suivie par celle du Linalool (10 espèces inhibées) puis celle des Cinéole et du Menthol où 7 espèces de champignons ont été inhibées (**Rayour et al., 2003 in El-houiti,2010 ; Zhiri, 2006**).

1.1.9.3. Activité antibactérienne

Les huiles essentielles neutralisent les principales bactéries (**Toninolli et Meglioli, 2013**)

1.1.9.4. Activité anti-inflammatoire

Les huiles essentielles réduisent l'inflammation. Elles sont utilisées pour traiter les troubles articulaires inflammatoires, les bursites, les tendinites, les tennis_elbows.et toutes les arthrites (**Toninolli et Meglioli, 2013**).

1.1.9.5. Antispasmodique

Les huiles essentielles sont efficaces en cas de spasmes viscéraux, gastrite, et contre les colites (**Toninolli et Meglioli ,2013**).

1.1.9.6. Activité Antioxydante

Certains travaux ont rapporté que des huiles essentielles sont plus efficaces que les antioxydants synthétiques (**Hossain et al., 2010**). Les huiles essentielles de cannelle, muscade, clou de girofle, basilic, persil, origan et thym possèdent de puissants composés antioxydants (**Edris, 2007**).

Les effets antioxydants d'huiles essentielles et d'extraits des plantes sont dus principalement à la présence des groupes d'hydroxyle dans leur structure chimique. La capacité antioxydante de l'huile volatile est étroitement liée à tout le contenu phénol (**Stefanovits-Bányai et al., 2003**). Ces composés phénoliques, comme le thymol, la carvacrol et l'eugénol font partie des molécules des HE présentant les plus fortes activités antioxydantes ainsi que d'autres composés qui contribuent à cette activité tels que les monoterpènes alcools, cétones, aldéhydes, hydrocarbures et éthers (**Gabriel et al., 2013**).

Le thymol et le carvacrol sont les composés les plus actifs. Leur activité est en relation avec leur structure phénolique car ces composés ont des propriétés oxydo-

réductrices et jouent, ainsi, un rôle important en neutralisant les radicaux libres et en décomposant les peroxydes (**Braga et al., 2006**).

Les études de l'équipe du Laboratoire de Recherche en Sciences Appliquées à l'Alimentation (RESALA) de l'INRS-IAF ont montré que l'incorporation des huiles essentielles directement dans les aliments (viandes hachées, légumes hachés, purées de fruit) ou l'application par vaporisation en surface de l'aliment (pièce de viande, charcuterie, poulet, fruits et légumes entiers) contribuent à préserver l'aliment des phénomènes d'oxydation (**Caillet et Lacroix, 2007**).

I.1.10. Description des espèces fongiques

I.1.10.1. Généralités sur les champignons phytopathogènes

Les champignons phytopathogènes sont des espèces de champignons parasites qui provoquent des maladies cryptogamiques, chez les plantes. Ces champignons appartiennent aux différents groupes du règne des Eumycètes ou « Champignons vrais » : ascomycètes, basidiomycètes, chytridiomycètes, zygomycètes et deutéromycètes (champignons imparfaits) (**Deacon, 2005**).

Les champignons parasites des végétaux sont des microorganismes dont les dimensions des spores se situent entre 10 et 100 micromètres (**Corbaz, 1990**). Ils sont connus d'être l'origine de plusieurs maladies de plantes et des pertes de rendement pour de nombreuses récoltes économiquement importantes (**Fletcher et al., 2006 ; Abdelkader et al., 2012**).

En outre, ils peuvent agir comme producteur potentiel de métabolites toxiques, nommés mycotoxines, qui sont potentiellement dangereux pour la santé des consommateurs. Ils sont à l'origine de plusieurs maladies végétales dont les conséquences sont la réduction du rendement dans plusieurs pays. Les *Fusarium*, *Penicillium* et les *Alternaria* sont la cause des maladies, pour beaucoup de culture, affectant les feuilles, les tiges, les fleurs, les fruits et les graines (**Li et al., 2008 ; Maskova et al., 2012 ; Broydé et Doré, 2013**).

I.1.10.2. Etude des espèces fongiques sélectionnées

I.1.10.2.1. Genre *Fusarium*

Le nom *Fusarium* vient de « fusus » qui signifie fuseau, d'après la forme de ces macroconidies fusiforme et cloisonnées est un genre de champignons ascomycètes décrit

pour la première fois par Link en 1809 sous le nom de *Fusisporium* (**Brown et Procter, 2013**).

Les espèces du genre *Fusarium* produisent trois types de spores : macroconidies, microconidies et chlamydospores. Les macroconidies cloisonnées peuvent être produites sur les monophialides et polyphialides ou dans le mycélium aérien, mais aussi sur monophialides courtes dans des structures spécialisées appelées sporodochies (**Moretti, 2009**).

Le genre *Fusarium* comprend un grand nombre d'espèces fongiques qui peuvent être pathogènes pour les plantes, provoquant des maladies dans plusieurs cultures importantes pour l'agriculture, y compris les céréales, et peuvent également être nocives pour les humains et les animaux. Beaucoup d'entre eux produisent une large gamme de métabolites secondaires biologiquement actifs (les mycotoxines, par exemple) avec une diversité chimique extraordinaire (**Moretti, 2009**).

Les infections des plantes par *Fusarium* peuvent survenir à tous les stades de développement, des graines en germination aux tissus végétatifs matures, selon la plante hôte et les espèces de *Fusarium* impliquées (**Moretti, 2009**).

I.1.10.2.2. *Fusarium culmorum*

Fusarium culmorum produit des macroconidies courtes, trapues et à parois épaisses qui ont des surfaces ventrales et dorsales incurvées (**Wagacha et Muthomi, 2007**). Ce champignon ne forme que des macro-conidies de taille variable : 30 – 50 µm de longueur, 5.0 – 7,5 µm de largeur (**Scherm et al., 2013**).

Le mycélium est généralement blanc mais souvent jaune à brun ou orange à brun rouge. Les sporodochies apparaissent au fur et à mesure que la culture vieillit (**Wagacha et Muthomi, 2007**).



Figure 6: Spores de *F. culmorum* observées au microscope optique. Echelle : 40µm
(Vangoethem, 2016)

Tableau 1 : Classification de *Fusarium culmorum* (Scherm *et al.*, 2013)

Règne	champignons
Embranchement	<i>Ascomycota</i>
Classe :	<i>Sordariomycetidae</i>
Ordre :	<i>Hypocreales</i>
Famille :	<i>Nectriaceae</i>
Genre :	<i>Fusarium</i>
Espèce :	<u><i>Fusarium culmorum</i></u>

I.1.10.3.1.2. *Fusarium graminearum*

En 2012, la revue scientifique Molecular Plant Pathology (Dean *et al.*, 2012 in ballois, 2012) établit un classement des champignons phytopathogènes d'importance économique. *F. graminearum* est classé au quatrième rang mondial des champignons phytopathogènes majeurs. Ce résultat s'explique par la prédominance et le potentiel mycotoxinogène de *F. graminearum* qui provoque outre les baisses de rendement, des baisses de la qualité du grain et des produits transformés issus de ce grain.

Fusarium graminearum est une espèce de champignons ascomycètes de la famille des Nectriaceae. Cette espèce est également connue sous le nom de *Gibberella zeae*

Le thalle est rose, grisâtre ou rouge à pourpre devenant brun vineux, floconneux. Il n'y a pas de microconidies. Les macroconidies sont fusiformes, courbes, septées, à cellule terminale, longue et pointue (**Botton *et al.*, 1985**).

Tableau 2: Classification de *Fusarium graminearum* (Goswami et Kistler ,2004)

Règne	Champignons
Embranchement	<i>Ascomycota</i>
Classe	<i>Sordariomycetidae</i>
Ordre	<i>Hypocreales</i>
Famille	<i>Nectriaceae</i>
Genre	<i>Fusarium (Gibberella)</i>
Espèce	<i>Fusarium graminearum</i> <i>Gibberella zeae</i>

Matériels et Méthodes

Partie II : matériels et méthodes

II.1. Matériels Biologiques

II 1.1. Le matériel végétal :

Armoises : Un grand nombre d'armoises (environ 250 espèces) sont réparties à travers l'hémisphère nord. Plus d'une dizaine d'espèces ont été déterminées en Algérie ; certaines sont rares et disséminées en hautes montagnes ou cantonnées dans certaines limites ; d'autres sont au contraire particulièrement abondantes et répandues sur de grandes étendues, ex : *Artemisia herba alba* (echih), espèce typique du paysage steppique et saharien, d'autant qu'elles sont pour la plupart, vivaces et aromatiques (**Baba Aissa, 2000**).

II.1.1.1. Echantillonnage et période de collecte des plantes

la partie aérienne des deux espèces *Artemisia herba alba* Asso (echih) et *Artemisia campestris* L (degoufet) ont été collectées au mois de juin (2017) à Aflou , région de Laghouat (sud de l'Algérie)



Figure 7: La partie aérienne d'*Artemisia herba alba* Asso (à gauche) et d'*Artemisia campestris* L (à droite)

II.1.1.2. Description botanique des plantes étudiées :

- ***Artemisia herba alba* Asso (Armoise blanche) :**

Sous-arbrisseau tomenteux blanchâtre, de 30 à 50 cm, à nombreuses tiges dressées, ligneuses à la base. Les feuilles sont pubescentes vert argenté, avec une inflorescence en très petits capitules jaunâtres, sessiles, groupés par 2 à 12 (suivant la variété) ; bractées de l'involucre glanduleuses. Caractérisée par une odeur aromatique caractéristique (**Baba Aissa, 2000**).

C'est l'armoise la plus connue en Algérie. Le chih est un remède très populaire auquel on a souvent recours : pour faciliter la digestion, calmer les douleurs abdominales et certains maux de foie, malgré les recommandations des spécialistes qui signalent sa toxicité à forte dose. Elle est présente en Espagne, en Afrique du Nord et en Asie occidentale (polymorphe), elle est très commune sur les hauts plateaux et dans le Sahara septentrional ; se raréfiant plus au sud : Hoggar et Tassili (**Baba Aissa, 2000**).

- ***Artemisia campestris* L. (Armoise rouge) :**

Arbrisseau de 0,3 à 1,5 m, peu aromatique, à tiges dressées ligneuses à la base, striées, à rameaux rougeâtres. Les feuilles sont découpées pennatiséquées, à lobes aigus, vert foncé, glabres dessus et plus claires dessous avec une inflorescence en capitules plus ou moins allongés, à corolle jaune, disposés en grappes au sommet et à l'aisselle des feuilles supérieures (**Baba Aissa, 2000**). Espèce de l'hémisphère nord commune sur les hauts plateaux et dans l'Atlas (**Baba Aissa, 2000**).

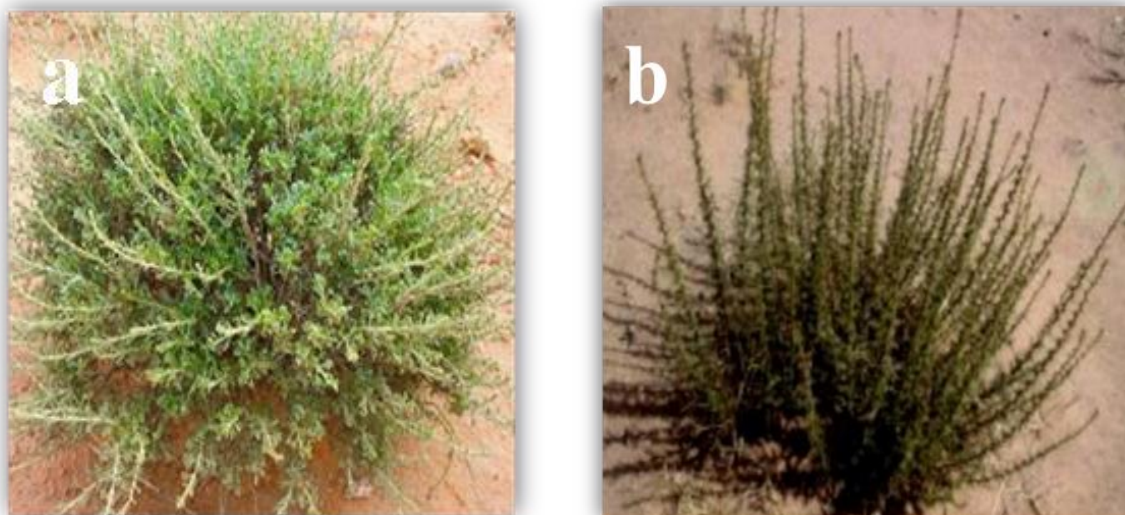


Figure 8 : a) l' *Artemisia herba alba* Asso (Armoise blanche) ; b) *Artemisia campestris* L (Chehema, 2006)

II.1.1.3. Utilisations traditionnelles

L'armoise blanche et rouge possèdent des vertus calmantes (calme les troubles digestifs, maux d'estomac, nausées...), antispasmodiques, digestives, anti-gastrique, emménagogue, stomachique, vermifuge (ascaris, oxyures), vulnérable et anti-diarrhéiques. (**Djerroumi et nacef, 2004 ; Baba Aissa, 2000**).

II.1.1.4. Classification botanique

L'Armoise rouge et l'Armoise blanche sont classées par **Quezel et Santa, 1963** dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Classification botanique d'*Artemisia campestris* L et d'*Artemisia herba alba* Asso

	Asso
Règne	Plantes
Embranchement	Phanérogames
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Ordre	Astérales
Famille	Astéracées
Genre	<i>Artemisia</i>
Espèce	<i>Artemisia campestris</i> L <i>Artemisia herba alba</i> Asso

Les deux espèces ont plusieurs appellations sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4: Différentes appellations des deux espèces étudiées

	<i>Artemisia herba alba</i> Asso	<i>Artemisia campestris</i> L
Appellations locales	chih, chiha, chiba, ifsi, zézzaré...	degoufet, guefta, alala, tedjouq...
Noms vernaculaires		
Arabe	الشيخ الخرساني ou; الشيخ	تجوق , دكوفت
Français	Armoise blanche	Armoise rouge
Anglais	White Wormwood	Red Wormwood
Autre nom	Armoise champêtre.	/

II.1.2. Le matériel fongique

Les souche fongiques testées dans cette étude sont :

Tableau 5 : codes et origines des souches fongiques étudiées.

Espèces	Code	Origine
<i>Fusarium graminearum</i>	INRA 349	Appartient à la collection CBS CBS 185.32 (central bureau voor schimmelkulturen, Netherlands)
<i>Fusarium culmorum</i>	BD17	Rouïba (Nord de l'Algérie)

II.2. Méthodes expérimentales :

II.2.1. Procédé d'extraction des huiles essentielles :

L'extraction des huiles essentielles de la partie aérienne de la plante a été effectuée par hydrodistillation par un appareil de type Clevenger.

Nous avons réalisé 4 distillations en batch. 200 g des parties aériennes sont mises dans un ballon à fond rond de 2L, avec 1500 ml d'eau distillée. L'ensemble est porté à ébullition à l'aide d'un chauffe-ballon, pendant 3 heures. Les composés volatils sont alors entraînés par la vapeur d'eau. Les vapeurs sont ensuite condensées dans un réfrigérant puis elles sont récupérées dans une ampoule à décanter et l'huile essentielle se sépare de l'hydrolat par simple différence de densité. Un déshydratant a été ajouté, sulfate de sodium anhydre (Na_2SO_4), afin d'éliminer le peu d'eau susceptible d'avoir été retenue dans cette phase. Les huiles essentielles obtenues sont conservées, dans des tubes en verre bien scellés et recouverts d'aluminium, au réfrigérateur à 5°C et à l'abri de la lumière.



Figure 9: Montage de l'Hydrodistillation employé pour l'extraction des huiles essentielles

II.2.2. Calcul de la teneur en huiles essentielles

La teneur (en %), est définie comme étant le rapport entre la masse de l'huile extraite et celle de la biomasse de la plante traitée (**Elhouiti, 2010**). 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.

II.2.3. Analyse chromatographique par CPG :

La composition chimique des huiles a été déterminée par la technique de Chromatographie en Phase Gazeuse (CG) sous les conditions opératoires suivantes :

II.2.3.1. Les conditions opératoires de la CPG :

Les analyses chromatographiques des composés volatils ont été effectuées, au Laboratoire de recherche des Sciences Fondamentales à l'université de Laghouat, à l'aide d'un appareil de la chromatographie en phase gazeuse de type GC-5400 équipé d'un détecteur à ionisation de flamme (FID) et une colonne capillaire en silice fondue de type DB-5 (30 m × 0,32 mm, épaisseur du film de 0.10 µm).

Le gaz vecteur utilisé est l'hydrogène avec un débit de 1 ml/min. La température de la colonne est programmée à raison d'une montée de 5 °C/min de 50 °C à 250 °C. La température de l'injecteur et celui du détecteur a été fixée à 250°C à 280°C respectivement. Les solutions des HEs sont préparées, en dissolvant 10µl de chaque HE dans 1 ml du solvant organique pentane.

II.2.3.2. Identification des composés :

L'identification des constituants des huiles essentielles est réalisée à l'aide des indices de rétention calculés sur la base d'une série des n-alcanes, en comparant leurs indices lineaires avec ceux de la littérature (**Akrout et al., 2003 ; Babushok et al., 2011 ; Brada et al., 2007 ; Dahmane et al., 2015 ; Goodner, 2008 ; Khan et al., 2016 ; Lubeck et Sutton, 1983 ; Salido et al., 2004**).

II.2.4. Evaluation de l'activité antioxydante :

II.2.4.1. Test DPPH (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl) :

Ce test permet de mettre en évidence de façon relativement simple le pouvoir antiradicalaire d'un antioxydant ou d'un extrait antioxydant.

Cette méthode mesure la capacité réductrice d'un antioxydant en présence d'un radical libre, le DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl). Ce radical est un radical libre très stable à l'état cristallin et en solution, de coloration violette, présentant une bande d'absorption maximale à 515 nm dans le méthanol. La réduction du radical DPPH par un donneur d'atome H (AH) conduit à la (2,2-diphényl-1-picrylhydrazine) incolore (DPPH-H) et au radical A°.

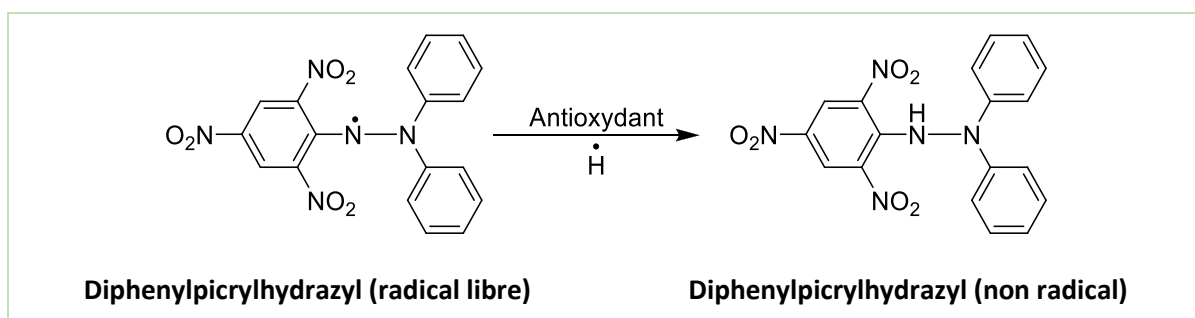


Figure 10 : Forme libre et réduite du DPPH (Molyneux, 2004)

Plus un composé aura la facilité de céder son hydrogène, plus celui-ci sera jugé efficace en tant qu'antioxydant. Le potentiel donneur d'un atome d'hydrogène d'un échantillon est plus souvent exprimé par le paramètre EC_{50} , qui correspond à la concentration d'antioxydant nécessaire pour réduire de 50% de la concentration initiale de DPPH. Plus l' EC_{50} est petite, plus la molécule est considérée comme bon antioxydant. Les absorbances mesurées à 517 nm servent à calculer le pourcentage d'inhibition du radical DPPH, qui est proportionnel au pouvoir anti radicalaire de l'échantillon. Donc, en présence d'un antioxydant, la réduction du DPPH s'accompagne de la diminution de la coloration qui peut être suivie par spectrométrie (**Fernandez et chemat, 2012**).

Les IC_{50} sont calculées graphiquement à l'aide de la courbe des pourcentages d'inhibition en fonction de différentes concentrations des extraits testés.

II.2.4.2. Protocole expérimental du test DPPH :

Des dilutions des huiles essentielles ont été préparées dans l'éthanol absolu afin de tester le pouvoir antioxydant. 1 ml d'une solution du radical DPPH (200µM) est ajouté à 1 ml de chaque dilution. Après 30 min d'incubation à la température ambiante et à l'obscurité, la lecture de la variation de l'absorbance du mélange a été faite à l'aide un spectrophotomètre à 517 nm contre un blanc, contenant uniquement 1 ml DPPH avec 1 ml d'éthanol. D'après la littérature le pouvoir anti radicalaire des extraits ou des composés purs est calculé en déterminant le facteur EC₅₀, à partir de la courbe de la variation du pourcentage d'inhibition (*I* %) des radicaux libres de DPPH, en fonction des concentrations des extraits. L'EC₅₀ est la concentration en (mg/ml) de l'extrait capable d'inhiber 50% des radicaux libres.

Le pourcentage d'inhibition calculé par la relation suivante :

$$I(\%) = \left(\frac{A_0 - A}{A_0} \right) \times 100$$

A₀ : est l'absorbance de la solution de DPPH sans l'HE.

A : est l'absorbance de la solution de DPPH en présence de l'HE.

La vitamine C, la Vitamine E et le BHT ont été utilisés comme antioxydants de référence. (Benabed, 2011).

II.2.5. Evaluation de l'activité antifongique

Afin d'évaluer le pouvoir antifongique des huiles essentielles nous avons utilisé la méthode de contact direct. Cette technique est employée pour déterminer le pouvoir inhibiteur des huiles essentielles vis-à-vis des champignons phytopathogènes (Hamrouni *et al.*, 2014 ; Messgo-Moumene *et al.*, 2014).

Un disque mycélien est placé au centre d'une boîte de pétri contenant l'huile essentielle ou ces composants dans un milieu solide gélosé. Les cultures de croissances contenant les huiles essentielles sont accompagnées par les cultures témoins négatives, où les huiles sont remplacées par de l'eau ou du solvant.

II.2.5.1. La préculture des souches fongiques

Pour ensemer les milieux de culture solides, nous avons déposé deux implants de chaque souche fongique BD17, INRA349 à partir d'une culture pure préparée au préalable, dans des boîtes de Pétri, contenant le milieu PDA (Potato dextrose agar) ;

l'incubation a été faite à 25 °C dans l'obscurité durant 7 jours jusqu'à ce que la croissance mycélienne atteigne les bords des boîtes de Pétri (Colin *et al.*, 1989).

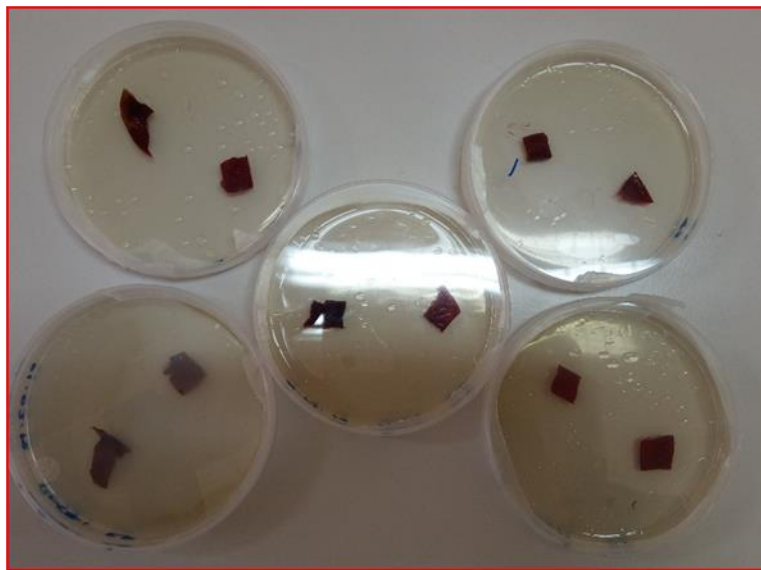


Figure 11 : Repiquage des souches fongiques

II.2.5.2. Evaluation de la croissance mycélienne

La cinétique de la croissance mycélienne a été évaluée en mesurant les diamètres durant 6 jours à la même heure. Les boîtes de Pétri dont les concentrations ayant montré une absence totale de la croissance mycélienne ont été sélectionnées pour déterminer les concentrations minimales inhibitrices (CMI) et les concentrations fongicides (CMF).

La CMI représente la plus faible concentration d'huile essentielle inhibant toute croissance visible à l'œil nu après l'incubation. La CMF (définie comme étant la plus faible concentration d'HE détruisant le champignon ; c'est une action fongicide) a été déterminée par la réponse (absence de croissance) du repiquage à partir de cultures, de 7 j, n'ayant donné aucune croissance fongique.

II.2.5.3. Détermination de l'activité antifongique par la méthode de contact direct :

Principe de la méthode

La culture finale des souches fongiques a été réalisée sur le milieu potato dextrose Agar supplémenté d'huiles essentielles à différentes proportions. Les huiles essentielles ont été utilisées sous forme d'émulsions pour pouvoir être manipulées comme des solutions. L'agar-agar à 0,2 % a été choisi comme agent émulsionnant du fait qu'il est dépourvu de toute influence sur l'activité de l'huile essentielle (Ouraini *et al.* 2005).

Le mode opératoire :

Dans des tubes à essai contenant chacun 13,5 ml du milieu solide PDA (Potato Dextrose Agar) stérilisés à l'autoclave pendant 20 min à 121 °C et refroidis à 45 °C, on ajoute aseptiquement 1,5 ml de chacune des dilutions de façon à obtenir les concentrations finales de 0.25 , 0.5 , 1 , 2 et 4 µl/ml . On agite convenablement les tubes à l'aide d'un vortex afin de bien disperser l'huile essentielle dans le milieu de culture avant de les verser dans les boîtes de Pétri. Des témoins, contenant le milieu de culture et la solution d'agar à 0,2 % seule, sont également préparés.

Le mélange de 15 ml (PDA + HE + agar) est coulé dans des boîtes pétries (diamètre 85 mm), après le refroidissement et la solidification de ce mélange, des disques mycéliens d'une culture de 7 jours de *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum* de 5 mm de diamètre sont mis au centre de chaque boîte à raison d'un disque par boîte. Les boîtes ont été incubées à une température de 25 °C. Le témoin est réalisé dans les mêmes conditions sans huiles essentielles. Les témoins (sans huile essentielle) ont été inoculés en suivant le même procédé. Un disque mycélien fongique (diamètre de 5 mm) des champignons , prélevé de la culture âgée de sept jours, a été inoculé aseptiquement au centre des boîtes de Pétri.

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

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

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 %).

II.2.5.4. Analyse statistique

Logiciels Microsoft office 2013 (EXCEL) a été utilisé pour la présentation de nos résultats, Les moyennes et écarts types sont calculés au seuil de signification de 5%, pour des expériences répétées trois fois.

Résultats et discussions

Partie III : Résultats et discussions

III.1. La teneur en huiles essentielles

Les teneurs en huile essentielle exprimées en pourcentage ont été calculées à partir du poids de l'huile essentielle par rapport à la biomasse de la plante *d'Artemisia campestris* L et *Artemisia herba alba* Asso utilisée dans l'hydrodistillation.

Les résultats obtenus lors de l'hydrodistillation sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 6: La teneur en huiles essentielles

	Durée d'extraction (h)	Teneur (%) (m/m)	Région
<i>Artemisia campestris</i>	3	0,20	Aflou
<i>Artemisia herba alba</i>	3	1,02	Aflou

La figure ci-dessous montre que La teneur en huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* est plus élevée (1,02%) par rapport à l'espèce *Artemisia campestris* L (0,20%), avec une grande différence.

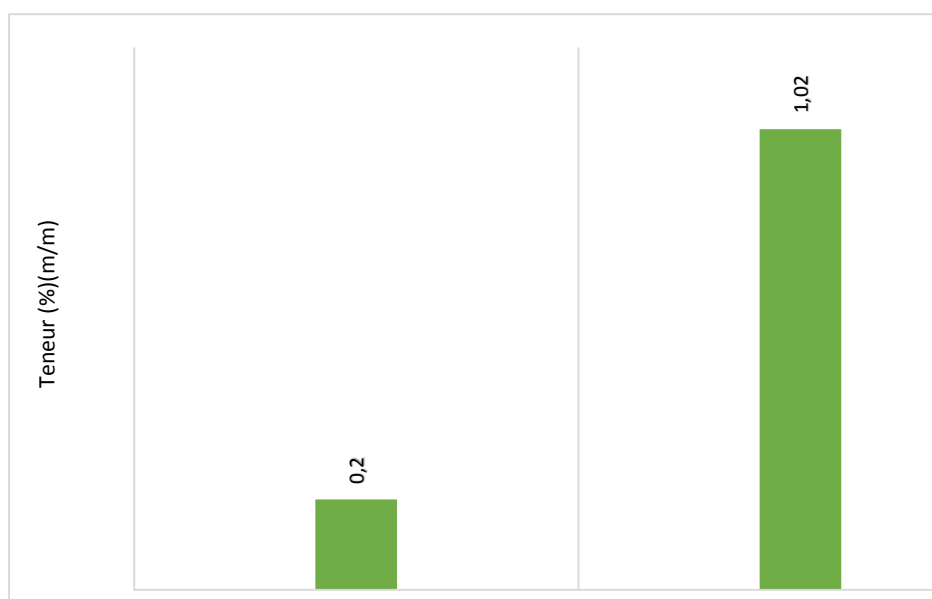


Figure 12: Teneurs en huile essentielle obtenues.

L'extraction par hydrodistillation des huiles essentielles de *L'Artemisia herba alba* à partir de la partie aérienne a été rapportée par plusieurs études (**Bezza et al., 2010, Hudaib et al., 2011, Mohsen et Ferchichi, 2009, Ouachikh et al., 2009, Sofia, 2003, Zouari et al., 2010,etc.**)

En comparant nos résultats de teneur en huiles essentielle d'*Artemisia herba alba* Asso 1.02 (%) (m/m) (v/m) avec ceux enregistrés par (**Bezza et al., 2010**). Nous remarquons que le resultat que nous avons obtenus est un peu supérieur à celle de la région de Biskra (Algérie) où la teneur en huile essentielles est 0,95% (v / m), notre teneur est aussi plus supérieure à celles de la région de Boussaada 0,62 % et 0,36 %, issues de la même espèce d'*Artemisia herba alba* Asso, obtenues respectivement par hydrodistillation utilisant un appareil de type de Clevenger et Distillation par micro-ondes (**Dahmani-Hamzaoui et Baaliouamer, 2010**).

La teneur en huile essentielle d'*Artemisia herba alba* de la région de Msila (Algérie) est nettement identique à nos valeurs 1,02 % (**Dob, 2006**) et proche de celle obtenue par (**Akrout et al., 2010**) dans Le Sud de la Tunisie (1,0% v/m) et par (**Hudaib et al., 2011**) au Jordanie, sud d'Amman (1,3% v/m).

Par ailleurs, des rendements plus élevés à (1,02 %) sont enregistrés pour la même espèce (*Artemisia herba alba*) à l'est d'Oujda au (Maroc) 2% (**Ouachikh et al., 2009**), à Gafsa (montagne de Ayaycha) sud-ouest de Tunisie (1,45% v/w) (**Zouari et al., 2010**), et à Laghouat 1,46 % (m/m) (**Aouissi, 2011**).

Dans une étude réalisée par (**Sofia et al., 2003**) sur 16 échantillons d'*A. herba alba*, collectées dans des différentes locations au sud de l'Espagne, les rendements en huiles essentielles variaient entre 0,41 et 2,30 %(m/m).

Une autre étude sur la même plante, réalisée par (**Mohsen et Ferchichi, 2009**) sur 18 échantillons collectés au sud de Tunisie, a révélé des teneurs variant, aussi, entre 0,68 et 1,93% (v/m) .

Nous constatons que la teneur en huiles essentielles d'*A herba alba* de notre région, est comparable à celles mises en évidence dans les études précitées . Il semble donc que le rendement d'extraction d'huile essentielle de l'Armoise blanche est variable suivant l'origine géographique de la plante ,qui peut s'expliquer par les facteurs écologiques qui interviennent dans le développement de l'espèce (altitude, climat, le sol.....), la période de collecte, la partie collectée, la technique d'extraction et même sa durée.

Et aussi la différence en rendement peut être expliquée par la nature de l'espèce et l'effet du stade végétatif de la plante comme il est mentionné par (**Ghanmi et al., 2010**) où ils trouve que les rendements en HE de l'*Artemisia herba-alba* récoltée en avril, juin et septembre (2008) sont respectivement de (0, 86) (1,23) et (0,56) %.(v/m).

La teneur en huile essentielle obtenu à partir d'*Artemisia campestris* L. et qui est de 0,2 % (m/m) (v/m) est identique au taux d'huile essentiel obtenue à partir des parties aériennes d'*Artemisia campestris* L de la Serbie (0,2%) (**Chalchat et al., 2003**).

La teneur en huile essentielle d'*Artemisia campestris* L de la région de Beni-Khedache (région montagneuse du sud de la Tunisie) est nettement supérieure à nos valeurs 1,20 % (v/m) (**Akrout et al., 2010**). Le rendement de cette même espèce collectée en 2014 à la période de la floraison à Figuig (Maroc oriental), situé dans une zone désertique près de la frontière entre le Maroc et l'Algérie est de 0,4% (m/m) % (**Dib et al., 2016**), et à Laghouat de 0,76 % (m/m) (**Aouissi, 2011**) par contre notre teneur en HE est supérieure à celle obtenus à Djelfa 0,1%(m/m) (**Dob, 2005**).

Notre rendement est considéré comme faible comparé à celui obtenu par (**Akrout et al., 2003**) où les Parties aériennes d'*A.campestris* ont été collectées au hasard dans quatre régions du sud-est de Tunisie ,les teneurs ont étaient dans ce cas de 1,20%, 0,65% (v/m) pour des échantillons prélevés en août , novembre respectivement.

III.2. La composition chimique des huiles essentielles

Les analyses des huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* Asso et d'*Artemisia campestris* L à l'aide de la chromatographie en phase gazeuse CPG, nous a permis d'identifier vingt-neuf (29) composés correspondant à 78,36 % de la surface des pics totaux pour *A. campestris* et trente-trois (33) constituants qui représentent environ 94,25 % pour l'huile essentielle d'*A. herba alba*.

Les pourcentages et les indices de rétention des composants identifiés sont répertoriés dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Composition chimique des huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* Asso et d'*Artemisia campestris*

Aires des pics(%) ^b				
N°	Constituants	<i>A. herba alba</i>	<i>A. campestris</i>	IRL ^a
1	Tricyclène	0,42	-	920
2	α -Pinène	1,54	5,77	930
3	Camphène	5,80	0,20	944
4	α -Fenchène	0,36	0,36	949
5	Sabinène	0,31	5,71	974
6	Yomogi alcohol	1,37	1,22	996
7	α -Phellandrène	0,15	-	1005
8	α -Terpinène	0,17	-	1015
9	m-Cymène	0,41	2,16	1022
10	p-Cymène	1,17	1,22	1025
11	Limonène	10,44	-	1030
12	Cis- β -Ocimène	-	0,51	1037
13	Trans- β -Ocimène	-	0,26	1048
14	γ -terpinène	0,21	-	1056
15	Cis- Sabinène hydrate	0,15	-	1068
16	Cis-Linalool oxide, (furanoid),	0,10	-	1071
17	Trans-Linalool oxide	0,11	-	1079
18	Terpinolène	0,35	-	1089
19	Cis-thujone	7,87	1,42	1106
20	β -Thujone	3,82	-	1115
21	cis-p-Menth-2-en-1-ol	-	0,38	1123
22	Chrysanthenone	13,99	-	1125
23	Allo-Ocimène	-	0,58	1134
24	Trans-Limonène oxide	-	0,32	1137

25	Camphre	36,48	0,30	1144
26	Isoborneol	1,49	0,38	1155
27	Menthofurane	2,77	0,17	1164
28	Neo-Menthol	0,68	0,20	1168
29	Terpinen-4-ol	0,69	0,81	1174
30	Myrtenol	-	2,22	1191
31	P-Cymen-8-ol	0,13	0,41	1197
32	Verbenone	0,54	0,16	1208
33	cis-Carvéol	0,18	0,66	1235
34	Carvone	0,27	0,50	1241
35	Thymol	0,545	-	1282
36	1, 2-Epoxy Menthyl acétate	-	1,44	1467
37	γ -Muuroène	-	5,08	1478
38	Bicyclogermacrène	-	16,8	1496
39	Oxyde de Caryophyllène	1,05	-	1565
40	(Z)-3-Hexenyl benzoate	-	25,72	1569
41	Spathulenol	0,25	0,24	1575
42	Cubenol	0,18	3,19	1636
Total identifié		94,25	78,36	
Hydrocarbures monoterpéniques		22,74	17,88	
Monoterpènes oxygénés		70,01	7,98	
Total monoterpènes		92,76	25,87	
Hydrocarbures sesquiterpéniques		-	21,88	
Sesquiterpènes oxygénés		1,48	3,44	
Total sesquiterpènes		1,48	25,33	
Autres		-	27,16	
^a Indices de rétention linéaires obtenus sur colonne DB-5, calculés par rapport à une série homologue de n-alcanes C8-C20				
^b Pourcentages obtenus par normalisation des aires des pics FID.				

Trente-trois composés ont été identifiés pour L'huile essentielle d'*Artemisia herba alba*, représentant 94,25 % de l'ensemble de l'huile, Les composés majoritaires sont le Camphre (36,48 %), le Chrysanthénone (13,99 %), le Limonène (10,44 %), le Cis-Thujone (7,87%) et le Camphène (5,80 %). Ils représentent 74,59 % du total de la surface du pic.

Les monoterpènes représentent environ 92,76 % du total des constituants de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* Asso, et la majorité des monoterpènes est oxygénées (70,01 %). Par contre les hydrocarbures monoterpéniques ne représentent que 22,74 % de la totalité des constituants identifiés.

Les monoterpènes oxygénés étaient représentés par 17 dérivés, avec le Camphre, le Chrysanthénone, le β -Thujone (3,83%) le Menthofurane (2,77 %) comme composants principaux. De plus, les hydrocarbures monoterpéniques étaient représentés par 13 composés, Parmi ces composés, le limonène, le Camphène et le α -Pinène (1,55 %) étaient les plus importants.

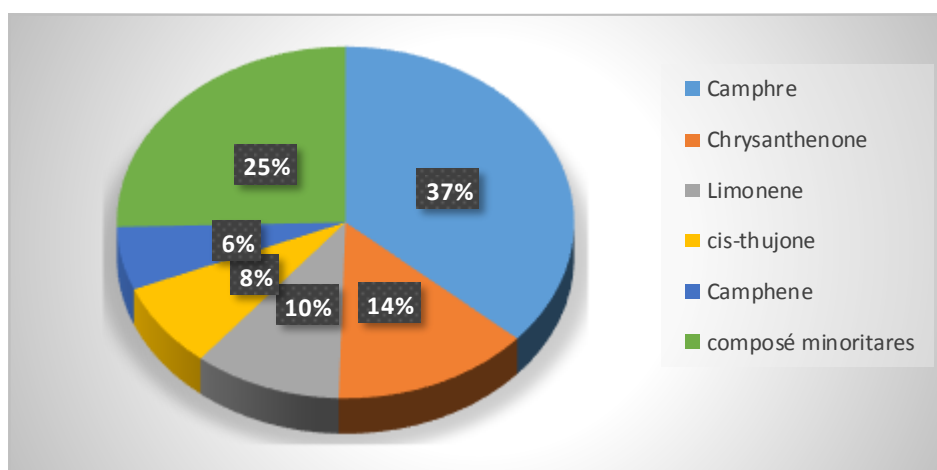


Figure 13: pourcentages des composés majoritaires de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* Asso.

La diversité de la composition de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* Asso a été étudiée et valorisée dans différents pays et même de différentes localités du même pays.

Le tableau ci-après représente les composés majoritaires de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* collectée de différentes régions :

Tableau 8: Les principaux composés de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* de différents pays

Pays	Les composés majoritaires	Référence
Alegrie	Le Camphre 19 %, le Trans-pinocarveol 17 %, le Hrysanthenone 16 %, le β -Thujone 15 %	(Dob et Benabdelkader, 2006)
Jordanie	Le α -Thujone 16 %, le Santolina alcohol 13%, le Artemisia ketone 12 %, le β -Thujone 9 %, le Trans-sabinyl acetate 5 %, le Germacrene-D 5 %, le Caryophyllene acetate 5%	(Hudaib et Aburjai, 2006)
Maroc	Le Chrysanthénone 31 %, le Camphre 24 %, le Camphene 5%	(Ouachikh et al., 2009)
Tunisie	Le β -Thujone 14–58 %, le α -Thujone 6–49 %, le 1,8 Cineole 5–18%, le Camphre 4-11%, le Trans-sabinylacetate 3–8%	(Mighri et al., 2010)

La composition trouvée est également similaire à celle trouvée dans la littérature pour *Artemisia herba alba* en Algérie (**Belhattab et al., 2012**) et au Maroc (**Ghanmi et al., 2010**).

En effet, Le Camphre, le Chrysanthénone et le α -Thujone ont été considérés comme des composés majoritaires dans des étude menée par (**Belhattab et al., 2012**) sur *A. herba-alba* collectés dans quatre régions et en deux périodes différentes où le Camphre varie entre (17-33%), le Thuyone (7-28%) et le Chrysanthénone (4-19%).

Ghanmi et al., 2010 ont étudié la composition chimique des huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* Asso collectés au Maroc en différents mois (avril, juin et septembre). En effet, le Chrysanthénone suivi du Camphre et de l' α -Thujone sont les principaux constituants dans les échantillons collectés en avril et juin. Par contre, les échantillons collectés au mois de septembre se distinguent par la présence du Camphre comme composé majoritaire et des pourcentages faibles en α -Thujone et en le Chrysanthénone de 0,25 et 0,28 % respectivement.

La composition chimique de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* L est globalement composée du même pourcentage pour les trois classes, les monoterpènes représentent environ 25,87 % dont les hydrocarbures monoterpéniques (17,88 %) et hydrocarbures oxygénés (7,98 %). Les sesquiterpènes représentent 25,33 % de l'ensemble de l'HE ; la domination revient aux hydrocarbures sesquiterpéniques (21,88 %) et sesquiterpène oxygénés (3,19 %).

Les composés majoritaires sont le (Z)-3-Hexenyl benzoate, (25,72%) le Bicyclogermacrene (16,8 %) le α -Pinène (5,78 %), le Sabinène (5,71 %) le γ -Muuroène (5,09 %), Ils représentent 62,29 % des composés identifiés.

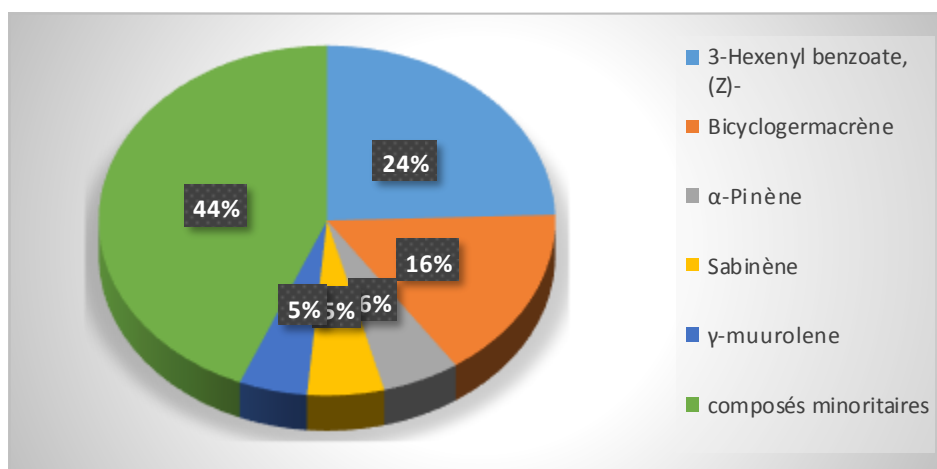


Figure 14: pourcentages des composés majoritaires de l'huile essentielle d'*A.campestris* .

Cette composition chimique est différente à celle de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* L d'Algérie analysée par (Dob *et al.* , 2005) qui ont indiqué une prépondérance des composés oxygénés (43,7%) dominés par le Z,E-Farnesol (10,3%) suivi par le Fedrol (54%) et le Verbenone (3.8%).

En effet, le polymorphisme chimique d'huile essentielle de cette plante en Algérie est très variable d'une région à une autre. L'huile essentielle d'*Artemisia campestris* L. originaire de Khenchela (Est de L'Algérie) présente un profil chimique différent que celui de notre région, les composés majoritaires sont : le β -Myrcene (16,47%), α -Pinene (14,18%) et le trans- β -Ocimene (12,61%), accompagné d'autres constituants comme le β -Cymene (8,15%) et le Camphor (5,85%) (Ghorab *et al.* , 2013).

Dans une étude menée sur l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* L de (Djelfa), elle a été caractérisée 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 Cinéole (7,07%) (Aouissi, 2011).

Le tableau ci-dessous représente les composés majoritaires de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* L collectée de provenances différentes :

Tableau 9: Les principaux composés de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* L de différents pays

Pays	les composés majoritaires	Référence
Italie	Le P-Pinène (57,2 %), le Germacrène D (28,6 %), le Bicyclogermacrène (14,5%) et le Myrcène (11,2%).	(Bellomaria et al., 2001)
Serbie	Le Spathulenol (9,2 %), le β -Pinene (9,1%), le α -Pinene (3,4 %), le Germacrene D (3,3%), le 4 Hydroxy-9-epi-bêta-Caryophyllene (3%) et le limonène (2,5%)	(Chalchat et al., 2003).
Tunisie	Le β -Pinene (45,8 %) , le α -Pinene (12,5 %),le Limonene (7,7 %), le P-Cymene (4,6 %), le γ -Terpinene (3,6 %),le (Z)- β -Ocimene (3 %) et le (E)- β -Ocimene (2,4 %)	(Akrouit et al., 2010).

Une comparaison de nos résultats avec des travaux antérieurs menés sur les même espèces d'*Artemisia herba alba* Asso et d'*Artemisia campestris* L a montré que la composition chimique varie au sein de ces deux espèces .

La variation de la composition chimique des huiles essentielles pourrait être due à plusieurs facteurs à savoir la partie utilisée du végétal, le lieu de la croissance, les conditions climatiques, le procédé d'extraction, le moment de récolte et les conditions de stockage.

III.3. Evaluation de l'activité antioxydante :

III.3.1. Test DPPH (2, 2-diphényle-1-picrylhydrazyl):

Les résultats de l'activité antioxydante des huiles essentielles ainsi que celui des standards (Vitamine E, BHT et la vitamine C) sont représentés dans les figures ci-dessous, la moyenne des pourcentages d'inhibition des trois essais est exprimée en fonction des concentrations pour les deux échantillons.

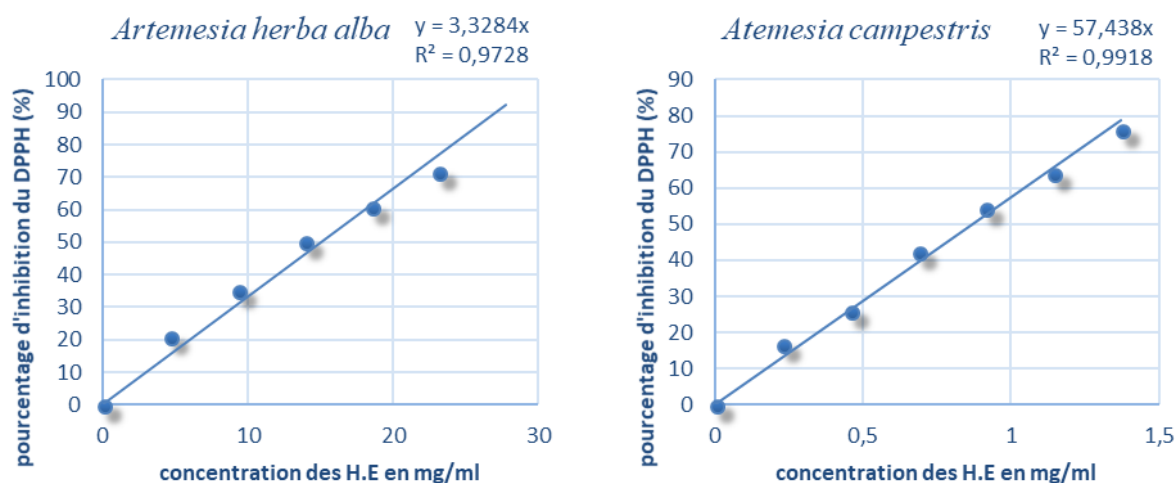


Figure 15: Le pouvoir antioxydant des huiles essentielles des deux espèces étudiées : Représentation des pourcentages d'inhibition du DPPH en fonction des concentrations des extraits.

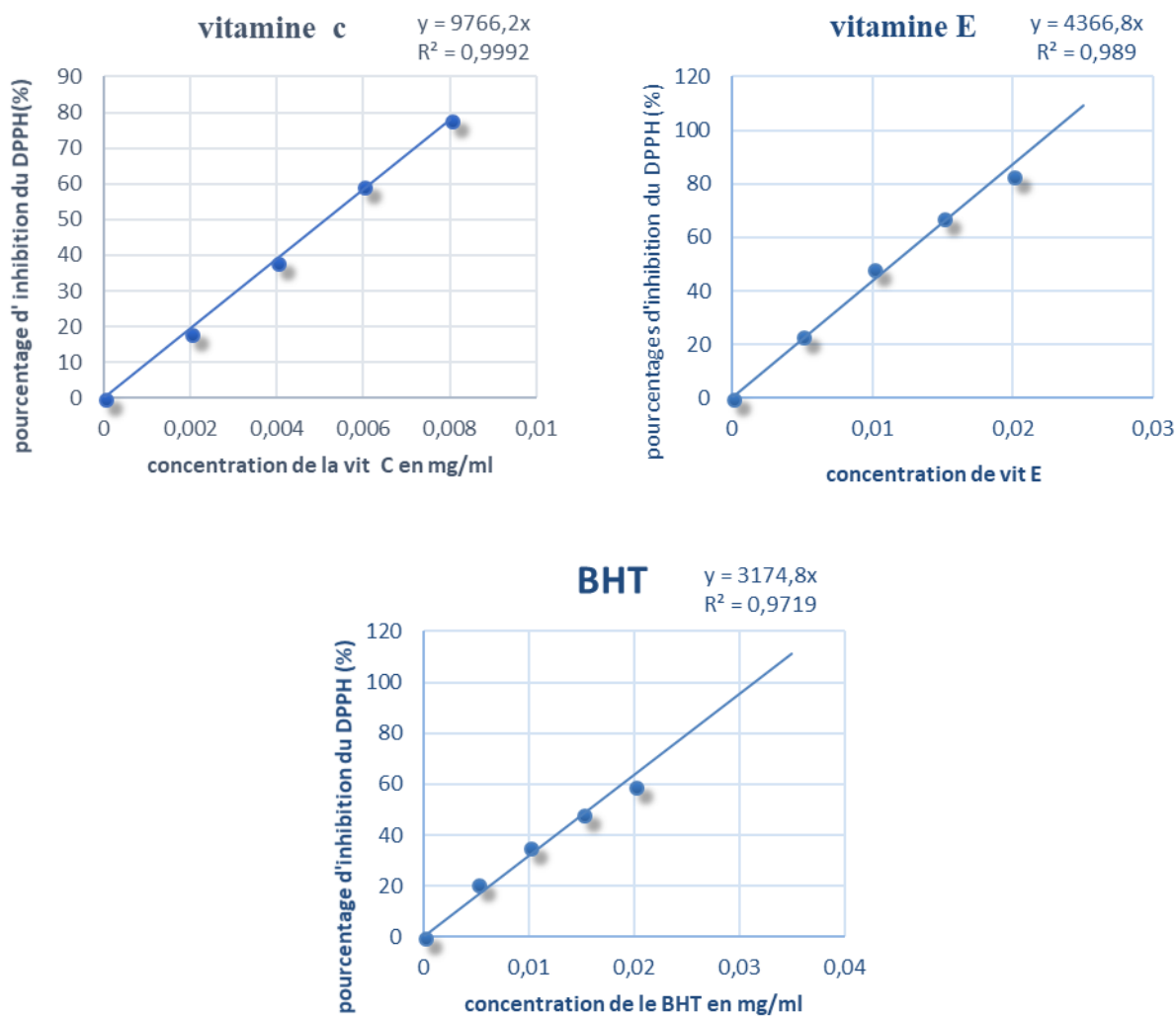


Figure 16: L'activité antioxydante des différents standards

L'activité antioxydante des différents échantillons d'huiles essentielles est exprimée par le facteur EC_{50} , défini comme étant la concentration efficace du substrat qui cause la perte de 50% de l'activité de DPPH. Les EC_{50} de nos HE sont déterminés graphiquement : l'abscisse représentant la concentration des HE et l'ordonnée l'absorbance du DPPH.

Tableau 10: Les valeurs d' EC_{50} des huiles essentielles, déterminées par le test DPPH

Les plantes	EC_{50} (mg/ml)
<i>Artemisia herba alba</i>	$15,397 \pm 0,456$
<i>Artemisia campestris</i>	$0,832 \pm 0,047$

Les valeurs obtenues d' EC_{50} varient entre 0,83 et 15,39 mg/ml (Tableau14). D'après ces valeurs l'activité antioxydante la plus élevée est attribuée à l'huile essentielle d'*A. Campestris* et la plus faible étant celle d'*A. Herba alba*.

Tableau 11: Les valeurs d' EC_{50} des standards en utilisant le test DPPH

Antioxydant standard	EC_{50} (mg/ml)
Vitamine C	$0,005 \pm 0,00031$
Vitamine E	$0,011 \pm 0,00039$
BHT	$0,017 \pm 0,0037$

En comparant les valeurs d' EC_{50} , des différents standards entre eux, nous constatons que la vitamine C, ayant une valeur d' EC_{50} égale à 0,005 mg/ml, est dotée de l'activité antioxydante la plus importante. L' EC_{50} de la vitamine E est égale à 0,011 mg/ml ; l'activité antioxydante de BHT ayant une valeur d' EC_{50} de 0,017 mg/ml, s'est révélée la plus faible (Tableau 11).

Nous remarquons que le pouvoir antioxydant des huiles essentielles de nos échantillons est faible par rapport aux composés de référence (antioxydants standards). L'huile essentielle d'*A. Campestris*, ayant l'activité la plus importante parmi les autres huiles.

Dans une étude menée par (Akrouit *et al.*, 2011) sur l'activité antioxydante d'huiles essentielles d'*A. Campestris* du sud de la Tunisie, ils ont utilisé plusieurs méthodes d'extraction parmi lesquelles la méthode de hydrodistillation Ils ont trouvé un EC_{50} de 94.5 mg/ml, Cette activité est largement faible par rapport à celle de l'huile essentielle de notre étude.

L'étude faite par **(Aouissi, 2011)** sur l'activité antioxydante des huiles essentielles d'*A. Campestris* de Djelfa et *A. herba alba* ; *A. Campestris* de Laghouat ; par la méthode du DPPH, a révélé un EC₅₀ de 11,45 mg/ml pour *A. herba alba* et 28,52 mg/ml pour *A. campestris* de Laghouat et 7,39 mg/ml pour *A. Campestris* de Djelfa. L'activité antioxydante de nos extraits est forte par rapport à l'activité antioxydante d'*A campestris*, et faible comparée à l'activité antioxydante d'*Artemisia herba alba*. Cette différence pourrait être attribuée à la différence de composition chimique de ces HE d'origines différentes.

L'étude faite par **(Akrouit et al., 2010)** sur les huiles essentielles d'*A. herba alba* du sud de la Tunisie a montré une faible activité antioxydante de ces huiles par rapport à l'acide ascorbique. Ils ont trouvé une forte activité par rapport à nos résultats, avec un EC₅₀ de 17,73 µg/ml.

Un pouvoir antioxydant intéressant des huiles essentielles des feuilles et des fleurs d'*A. herba alba* de la Tunisie a été enregistré par **(Zouari et al., 2010)**. Nos extraits ont présenté un EC₅₀ faible comparé à celui obtenu par cette étude (EC₅₀ est de 0,14 mg/ml).

III.4. L'évaluation de l'activité antifongique

III.4.1. La cinétique de croissance mycélienne

Les graphes ci-après résument les résultats des diamètres de la croissance mycélienne (mm) des souches Fongiques *Fusarium graminearum* (INRA 349) et *Fusarium culmorum* (BD17) en fonction du temps d'incubation et de la concentration de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* Asso et d'*Artemisia campestris* L.

Une diminution de la croissance mycélienne avec l'augmentation de la concentration en huile essentielle a été notée pour les deux souches vis-à-vis des deux extraits.

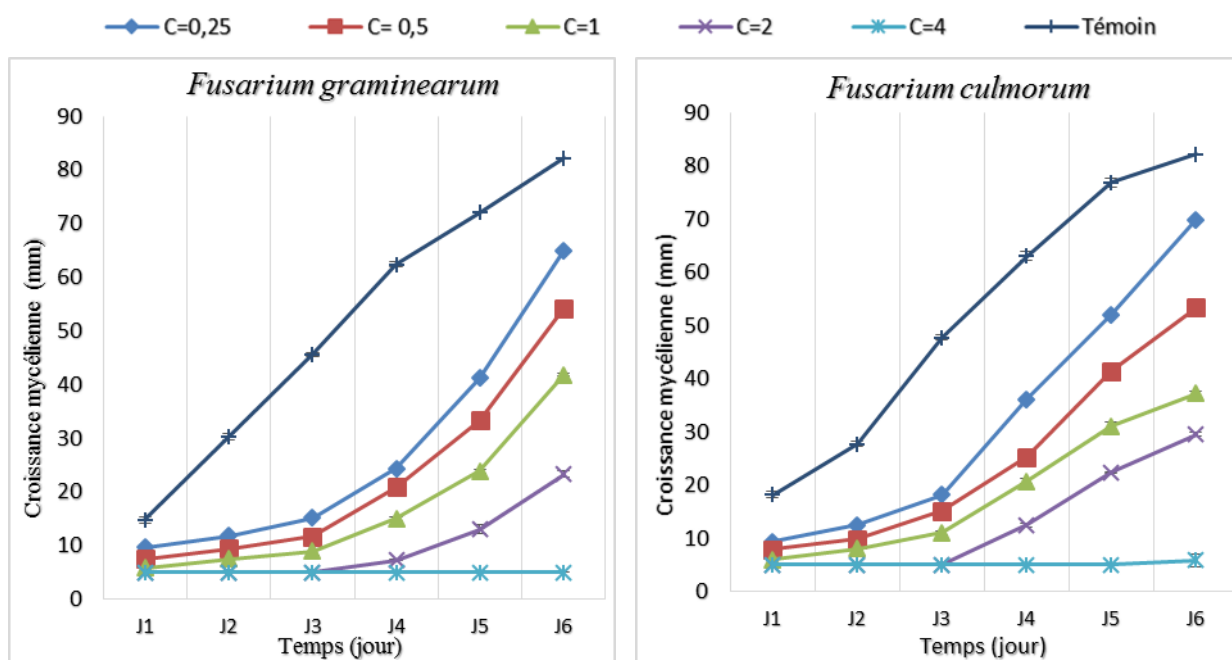


Figure 17: Cinétique de croissance mycélienne en fonction de temps et concentration des huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* Asso.

La figure (17) représente la cinétique de croissance mycélienne de *F. graminearum* et *F. culmorum* en fonction de temps et de la concentration des huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* Asso. Une augmentation de la croissance mycélienne avec le temps d'incubation a été observée à l'exception de la concentration de 4 $\mu\text{l/ml}$, aucune croissance mycélienne pour les deux souches n'a été enregistrée. à la concentration de 2 $\mu\text{l/ml}$ la croissance mycélienne pour les deux souches fongiques a commencé après 3 jours d'incubation.

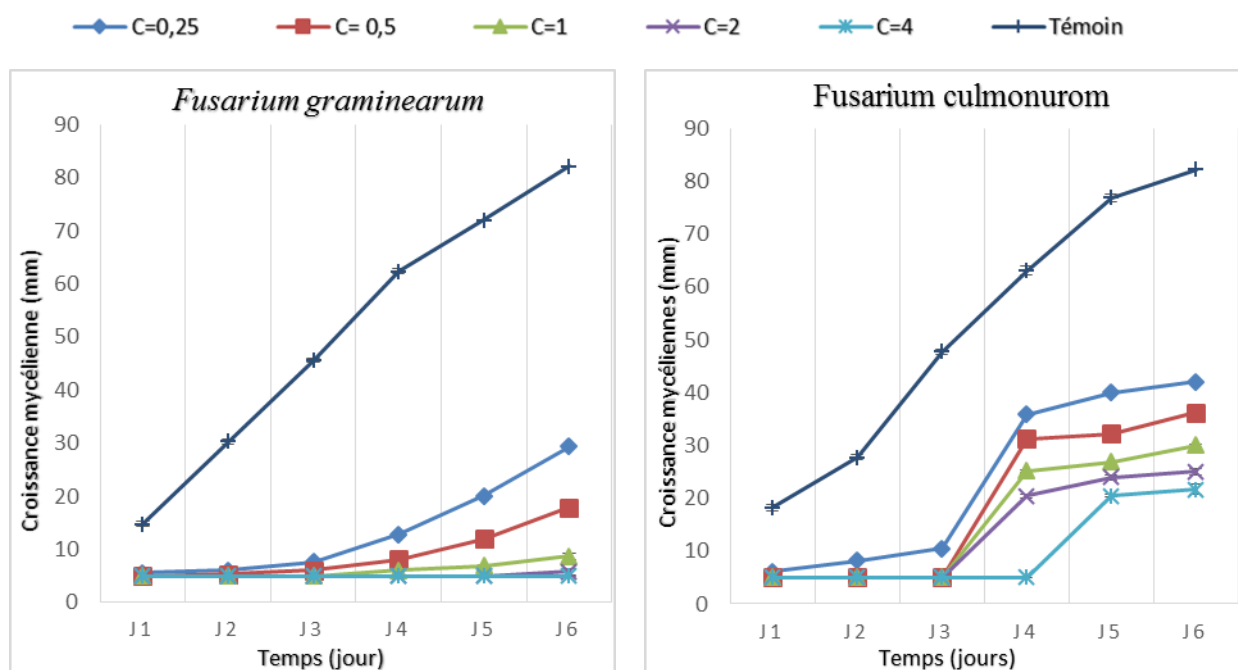


Figure 18: Cinétique de croissance mycélienne en fonction de temps et concentration des huiles essentielles *Artemisia campestris* L

La figure (18) représente les résultats de diamètres de croissance des champignons de *F. graminearum* et *F. culmorum* sous l'effet de l'HE d'*Artemisia campestris* L. Aucune croissance mycélienne n'a été signalée pour *F. graminearum* sous l'effet d'HE à deux concentrations 2 $\mu\text{l/ml}$ et 4 $\mu\text{l/ml}$, par contre la croissance mycélienne de *F. culmorum* a démarré après 3 et 4 jours d'incubation à concentration 2 $\mu\text{l/ml}$ et 4 $\mu\text{l/ml}$ respectivement. Ce qui explique que l'huile essentielle a un effet fongistatique variable selon l'espèce fongiques .

Pour *F. culmorum* sous l'effet de l'HE à la concentration de 0,5 $\mu\text{l/ml}$ et 1 $\mu\text{l/ml}$ la croissance mycélienne commence après le troisième jour d'incubation , contrairement à *F. graminearum* où leur croissance a commencé à partir du premier jours mais avec une faible augmentation.

L'effet de l'HE à 0,25 $\mu\text{l/ml}$ sur les deux souches est faible où la croissance mycélienne est forte par rapport aux autres concentrations, et le diamètre varie entre 6,17 et 42,10 mm Pour *F. graminearum* et de 5.50 à 29.32 mm pour *F. culmorum*.

Le diamètre du témoin après 24h d'incubation est de 14.73 mm pour *F. graminearum* et 18.20 mm pour *F. culmorum*. la croissance continuent jusqu'à atteindre environ 82 mm après 6 jours pour les deux souches fongiques testés . Donc La croissance mycélienne pour

les deux souches a été diminuée avec l'augmentation de la concentration d'huile essentielle par rapport au témoin.

III.4.2 Le taux d'inhibition

les souches fongiques ont été inhibées par les deux huiles essentielles d'*A.herba alba* et d'*A.campestris* aux différentes concentrations , mais à des taux d'inhibitions différents.

Les taux d'inhibitions de la croissance mycélienne des champignons *F. graminearum* et *F.culmorum* ont été notée en présence de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* consignés dans la Figure ci -dessous :

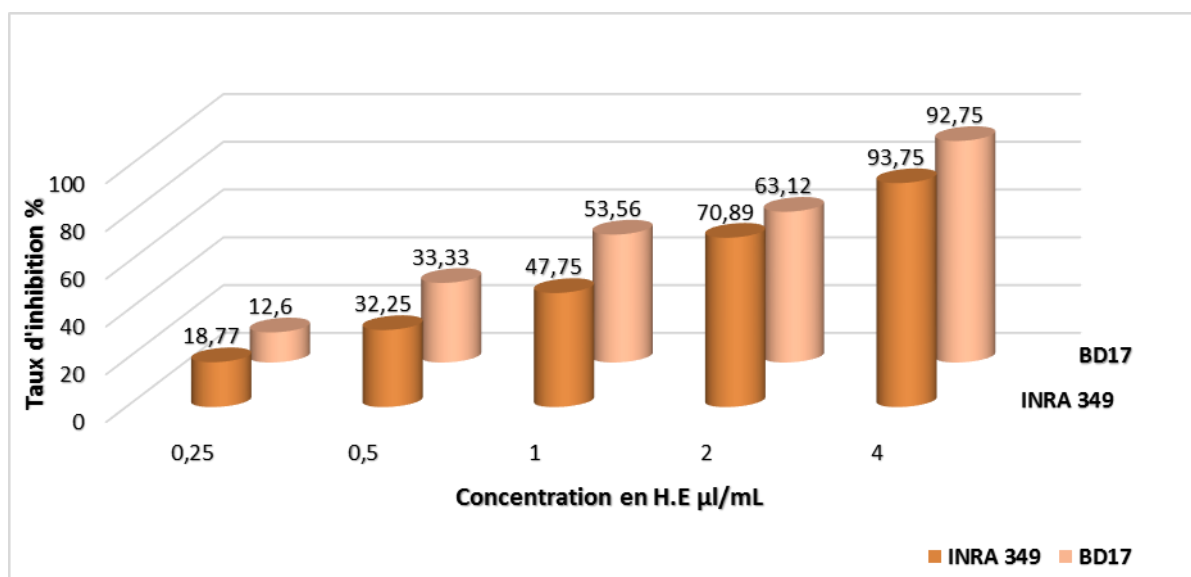


Figure 19: Taux d'inhibition des souches en fonction de la concentration d'huiles essentielles d'*A. herba alba*

L'analyse des résultats représentés sur la figure (19) montre que le taux d'inhibition a augmenté avec l'augmentation de la concentration d'HE ,un maximum d'effet est obtenu par la concentration 4ul/ml où une forte inhibition a été observée pour les deux souches fongiques , à cette dose, l'huile essentielle réduit le développement de *F.graminearum* et *F. culmorum* avec des taux d'inhibition de 92,75% et 93,75 % respectivement, dont les deux inhibitions sont totales pour les deux souches dans les boîtes de pétri contenant 4ul/ml d'HE (Figure 20, 21).

Concernant *F.culmorum*, l'huile essentielle d'*A. herba alba* a donné des taux d'inhibition supérieurs à 50 % pour les concentrations d'huile essentielle de 1 µl/ml à 2µl/ml . Pour *F. graminearum* seul la concentration 2 µl/ml a donné un taux d'inhibition supérieurs à 50% de valeur 70.89 %, l'HE est moins efficace pour les 2 souches à 0,25

$\mu\text{l/ml}$ et $0,5 \mu\text{l/ml}$ où le taux d'inhibition varie entre 12,6 % et 33,33 % respectivement, nous remarquons que la croissance diminue en fonction des concentrations.

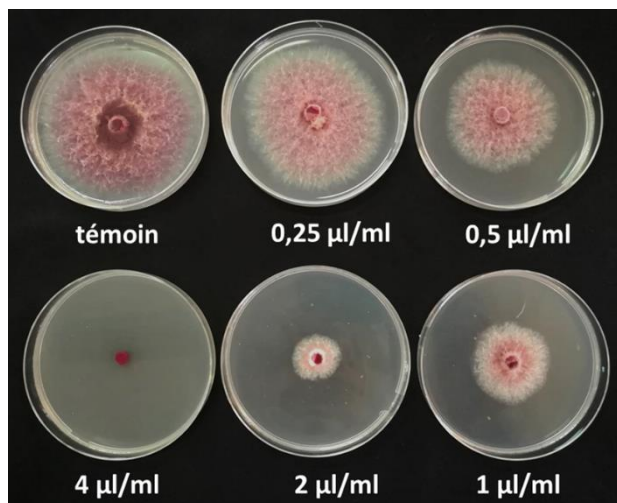


Figure 20: L'effet de l'HE d'*A. herba alba* sur la croissance mycélienne de *F. graminearum* après 6 jours d'incubation

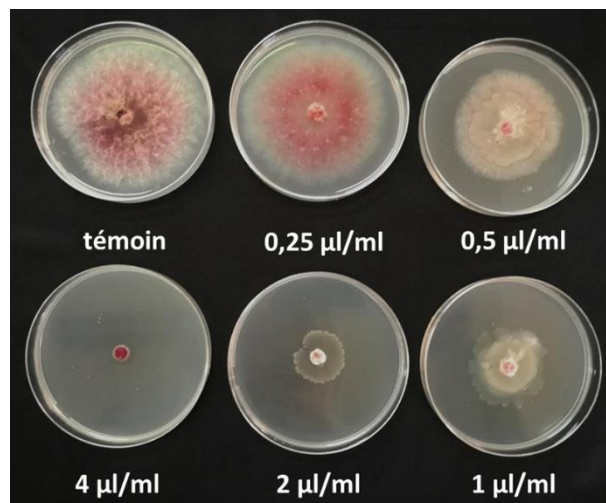


Figure 21: L'effet de l'HE d'*A. herba alba* sur la croissance mycélienne de *F. culmorum* après 6 jours d'incubation

Les taux d'inhibition d'huile essentielle d'*A.campestris* est consigné dans les Figure ci-dessous :

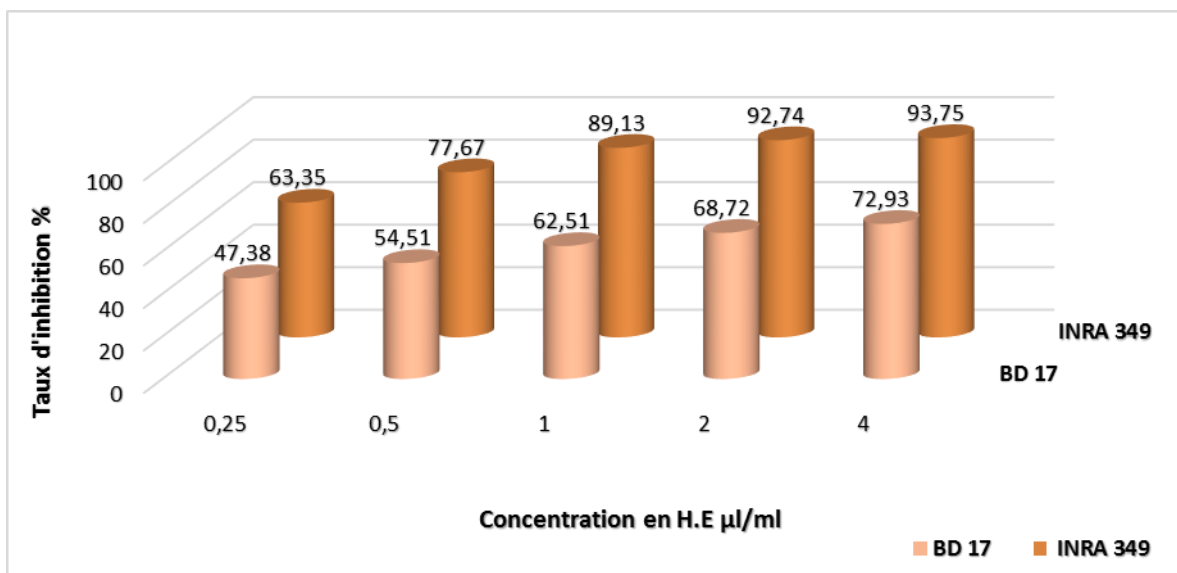


Figure 22: Taux d'inhibition des souches en fonction de la concentration d'huiles essentielles d'*A.campestris*

la figure (22) montre que toutes les concentrations de l'huile essentielle d' *A. campestris* ont empêché partiellement ou totalement la croissance des souches fongiques testées.

En effet, plus la dose augmente plus le taux d'inhibition augmente, Concernant *F. graminearum*, l'huile essentielle de *A. campestris* a donné des taux d'inhibition supérieurs à 50% pour toutes les concentrations d'huile essentielle de 0,25 à 4 µl/ml dont deux inhibitions totales aux concentrations 2 µl/ml et 4 µl/ml (Figure 23).

Pour *F. culmorum*, toutes les concentrations ont donné des taux d'inhibition supérieurs à 50% sauf la dose de 0,25 µl/ml qui a un taux d'inhibition de 47,38 %, on observe aussi un changement de physiologie pour *F. culmorum*, il donne un thalle différent à celle de témoin (Figure 24).

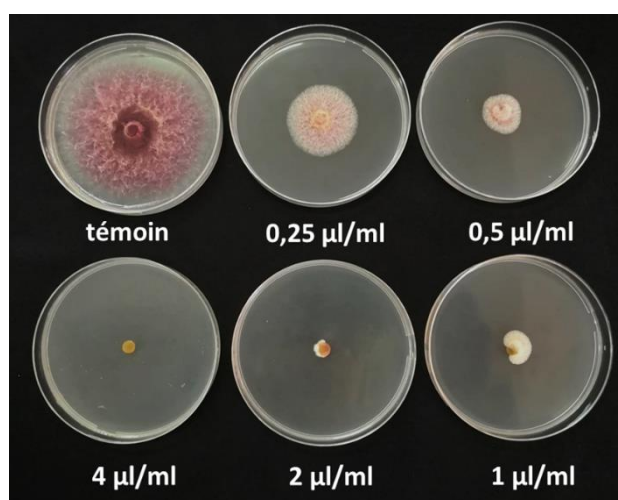


Figure 23: L'effet de l'HE d'*A. campestris* sur la croissance mycélienne de *F. graminearum* après 6 jours d'incubation

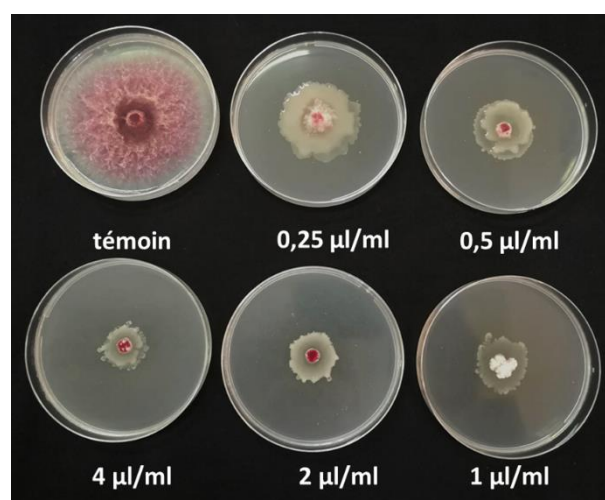


Figure 24: L'effet de l'HE d'*A. campestris* sur la croissance mycélienne de *F. culmorum* après 6 jours d'incubation

III.4.3. La détermination de la CMI et CMF :

L'analyse des résultats relatifs à la croissance des souches fongiques soumises à l'action de différentes concentrations de l'huile essentielle d'*A. Herba alba* et *A. campestris* testées vis-à-vis des deux espèces étudiées, permet de déterminer la concentration minimale inhibitrice CMI (définie comme étant la plus faible concentration en HE inhibant la croissance mycélienne), à partir de laquelle, aucune croissance n'est observée à l'œil nu. Et la CMF (correspond à la concentration minimale capable de tuer plus de 90% de l'agent pathogène).

Le tableau ci-après regroupe nos résultats :

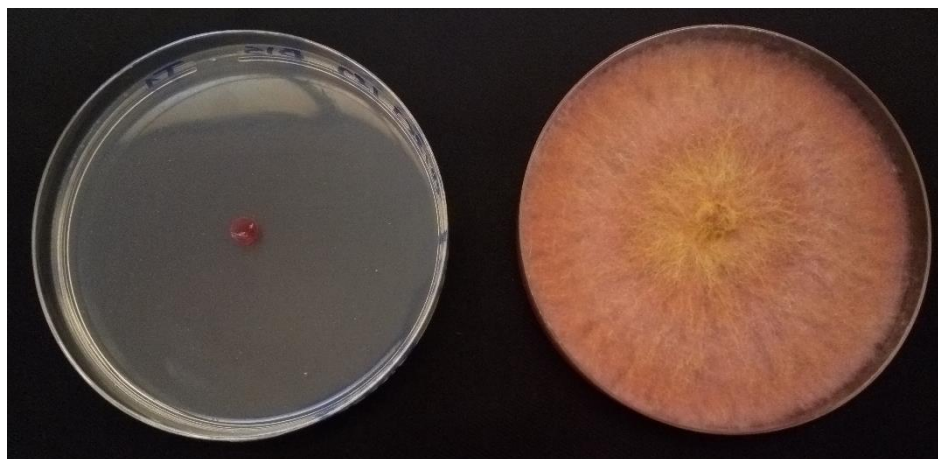
Tableau 12: Les CMI en (µl/ml) des huiles essentielles

Huiles essentielles	<i>A. herba alba</i>		<i>A. campestris</i>	
Souches fongiques	<i>F. culmorum</i>	<i>F. graminearum</i>	<i>F. graminearum</i>	
CMI (µl/ml)	4	4	2	4
Taux d'inhibition %	92.75	93.75	92.74	93.75

D'après le tableau , les CMI obtenues varient en fonction des extraits et de la souche fongique testée. Les résultats, ainsi obtenus, montrent que *F. graminearum* est sensible vis-à-vis des deux huiles essentielles étudiées où deux CMI ont été déterminé pour *A.campestris* et un pour *A. Herba alba* par contre le *F. culmorum* est plus sensible à l'huile d'*A.herba alba*.

Afin de déterminer les CMF, nous avons repiqué les disques à partir des cultures fongiques présentant une inhibition de croissance mycélienne sur des milieux de culture sans huiles essentielles, Lorsqu'il s'agit d'une activité fongistatique, le mycélium, ainsi repiqué, donne naissance à un thalle à croissance normale par contre s'il y a absence totale de croissance, l'effet des huiles est classé comme fongicide.

Après le repiquage et incubation ; une croissance mycélienne normale a été observée pour la souche *F. graminearum* repiqué à partir des boîte de concentration 2 µl/ml en HE d'*A.campestris* et de 4 µl/ml en HE d'*A.herba alba* (figure 25).

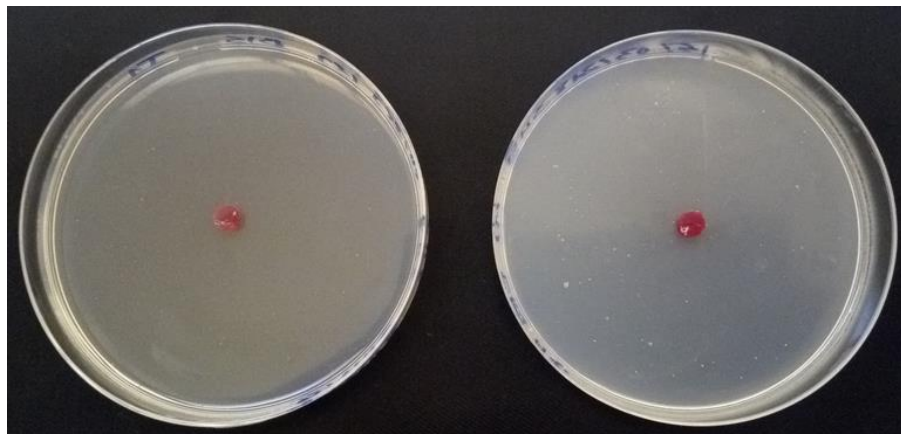


F. graminearum avant le repiquage (CMI) Croissance normale après le repiquage

Figure 25: Résultats du test de CMI et CMF de l'huile essentielle de l'*A.herba alba* vis-à-vis de *Fusarium graminearum*

Une absence totale de croissance mycélienne a été observée pour la souche *F. graminearum* repiqué à partir de boîte de concentration 4 µl/ml en huile d'*A.campestris* et

pour la souche *F. culmorum* repiqué à partir de boîte de concentration 4 µl/ml en huile d'*A. Herba alba*.



Pas de croissance de *F. culmorum* après le repiquage

Pas de croissance de *F. graminearum* après le repiquage

Figure 26: Résultats du test de CMI et CMF l'huile essentielle d'*A. herba alba* et d'*A. campestris* vis-à-vis de *Fusarium culmorum* et *Fusarium graminearum* respectivement

Nous remarquons, qu'il y a des différences dans la sensibilité entre les deux espèces (*Fusarium culmorum* et *Fusarium graminearum*) qui appartiennent au même genre vis-à-vis de l'huiles d'*A. herba alba* et d'*A. campestris* et des différences de l'efficacité des huiles vis-à-vis des souches fongiques testées.

L'huile essentielle d'*A. campestris* a présenté, à la fois, une activité fongicide et une activité fongistatique sur *Fusarium graminearum* (fongistatique à 2 µl/ml et fongicide à 4 µl/ml).

D'après les résultats du repiquage on peut dire que l'huile essentielle d'*A. campestris* est plus efficace que l'huile d'*A. Herba alba* vis-à-vis de la souche *F. graminearum* où une activité fongicide à 4 ul/ml a été enregistrée par contre à la même concentration et vis-à-vis de la même souche l'huile d'*A. Herba alba* donne une activité fongistatique.

Alors, nous pouvons dire que la souche *F. culmorum* est plus sensible que *F. graminearum* à la concentration 4 µl/ml en HE d'*A. Herba alba* où un effet fongicide est observé que sur le *F. culmorum*.

Donc, La CMF estimée est d'une concentration de 4 µl/ml pour les deux huiles d'*A. campestris* et d'*A. Herba alba* vis-à-vis des deux souches *F. graminearum* et *F. culmorum* respectivement.

Afin d'obtenir des concentrations plus précises que les CMI et CMF estimées après repiquage, un test statistique a été effectué afin de déterminer : CI_{50} , qui est la

concentration qui inhibe 50% la croissance mycélienne, et CI_{99} , qui est la concentration qui inhibe 99% la croissance mycélienne.

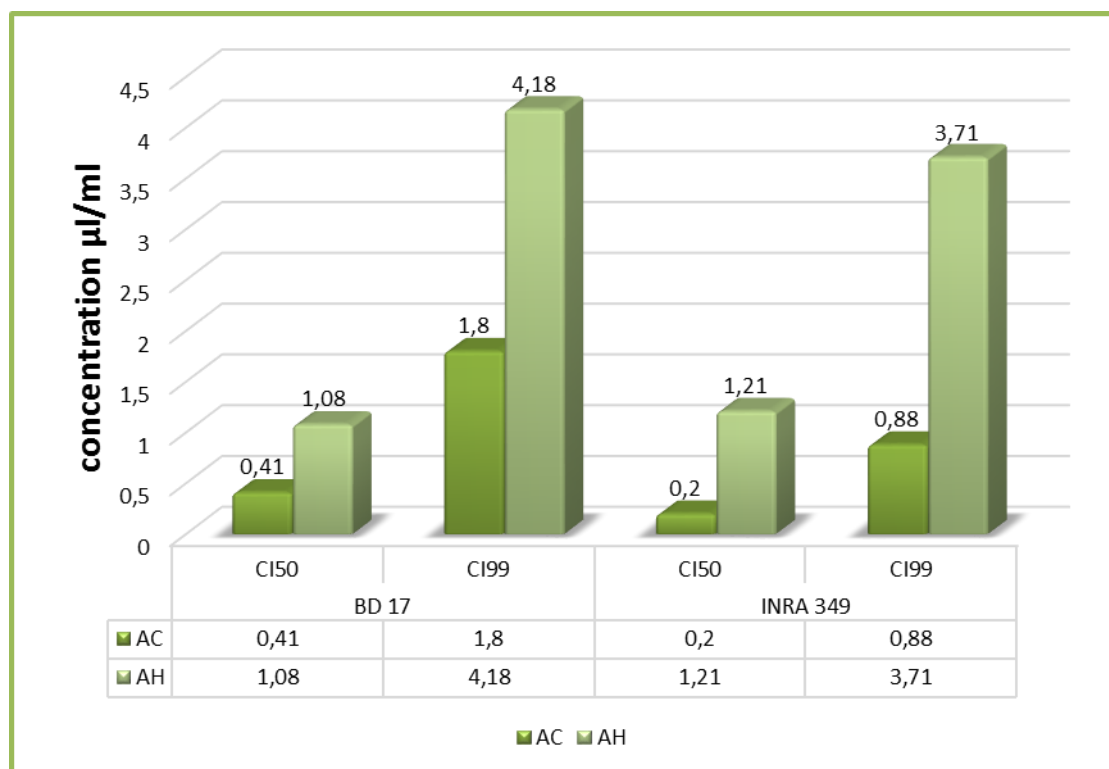


Figure 27: CI_{50} et CI_{99} de l'huile essentielle d'*A. campestris* et d'*A. herba alba* pour les deux souches testées

D'après les résultats obtenus, il est clair que les souches testées n'ont pas la même CI_{50} et CI_{99} . L'huile essentielle la plus active a été celle de l'espèce d'*A. campestris* avec des valeurs des CI_{50} et CI_{99} inférieures à celles d'*A. Herba alba*.

L'huile d'*A. campestris* présente une forte activité antifongique vis-à-vis de la souche de *F. graminearum* par rapport à la souche *F. culmorum* où les valeurs CI_{50} et CI_{99} sont 0,2 µl/ml, 0,88 µl/ml respectivement et de 0,41 µl/ml, 1,80 µl/ml dans le cas de *F. culmorum* donc cette dernière est plus résistante contre l'effet d'*A. campestris* que *F. graminearum*.

Par contre l'effet de l'huile essentielle d'*A. Herba alba* est fort vis-à-vis de la souche *F. culmorum* de l'ordre 1,08 µl/ml par rapport à celle *F. graminearum* avec un CI_{50} de valeur 1,21 µl/ml donc le *F. graminearum* est plus résistante vis-à-vis l'effet antifongique d'*A. Herba alba* que le *F. culmorum*.

L'HE d'*A. campestris* L et L'HE l'*A. herba alba* Asso ont exercé une importante activité inhibitrice vis-à-vis des deux champignons *Fusarium graminearum* et *Fusarium culmorum* avec différents taux d'inhibition. Ainsi, des différences de sensibilité ou de

résistance sont notées pour les deux souches selon l'espèce testée et les concentrations d'HE utilisées.

L'HE d'*Artemisia campestris* L montre une activité antifongique très importante contre les souches Testées. Une activité inhibitrice de 93,75 % vis-à-vis de *Fusarium graminearum* et de 72,93% contre *Fusarium culmorum* ont été enregistré.

Des taux d'inhibition voisin de 93,75 % et 92,75% pour *Fusarium graminearum* et *Fusarium culmorum* respectivement dans le cas de L'HE d'*Artemisia herba alba* Asso ont été également noté.

La croissance du mycélium diminue avec l'augmentation de la concentration en HE, Ceci est en accord avec les travaux de **(Kolai et al., 2012)** sur l'huile essentielle de la partie aérienne de la plante (*Artemisia herba-alba*) contre les deux formes spéciales de l'espèce *Fusarium oxysporum* où les résultats obtenus avec les différentes concentrations de l'extrait révèlent que l'activité inhibitrice croît au fur et à mesure avec augmentation de la concentration.

Ce résultat est confirmé par de nombreuses expériences **Bouzi** (2016) montre que la croissance mycélienne de trois souches pathogènes: *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* , *Fusarium solani* et *Globisporangium ultimum* sont influencées par les différentes doses d'huile essentielle extrait de l'Armoise blanche « *Artemisia herba alba* » en effet, plus la dose augmente plus le taux d'inhibition augmente.

l'étude réalisée par **(Aouissi, 2011)** , sur l'effet des huiles essentielles d'*Artemisia campestris* et d'*Artemisia herba alba* sur *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*, montre que cette espèce est sensible vis-à-vis de toutes les huiles essentielles étudiées et que le taux d'inhibition de HE d'*A.herba alba* est supérieur à celui d'*Artemisia campestris*.

En effet, des études récentes ont montrés que l'importante action antimicrobienne d'huile essentielle d'*A.herba alba* est en relation avec leurs fortes teneurs en α -Thuyone et en Camphre **(Kolai et al., 2012)**, cette résultats est en accord avec notre résultats où on trouve que HE d'*artemisia herba alba* est composé majoritairement en Camphre (36.48 %), et le Cis-Thujone avec un pourcentage de (7,87%).

Dans notre étude nous avons trouvés que *Fusarium graminearum* est sensible à l'huile essentielle d'*A.campestris* avec des valeurs de CMI et CMF estimée de 2 μ l/ml et de 4 μ l/ml respectivement. Nos résultats concordent avec ceux obtenus par **(Houicher et al.,2015)** Ces travaux rapportent que Les résultats de l'activité antifongique de l'huile

essentielle d'*A.campestris* contre dix souches fongiques filamenteuses montrent que *Fusarium graminearum* était la souche la plus sensible à l'huile essentielle d'*A.campestris* avec des valeurs de 1,25 µl/ml de CMI et CMF.

Cette différence dans les valeurs de CMI et CMF peut-être due à la différence de composition des huiles essentielles. **Pattnaik et al., 1997** ont signalé que la nature et la proportion des différents constituants de l'huile essentielle et de leurs effets synergiques ont une influence forte sur l'activité antifongique des huiles essentielles. L'activité inhibitrice peut être due aux différents modes d'action de tous les composants d'huile essentielle sur les moisissures. Dont La composition chimique de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* dans notre étude est globalement composée du même pourcentage pour les trois classes, les monoterpènes, sesquiterpène et autres composés qui est dominé en (Z)-3-Hexenyl benzoate avec un pourcentage de (25,72%)

Cette activité antifongique est due probablement au type de composé et à la structure moléculaire des composants actifs présents dans l'HE. Tels que les terpènes affectent non seulement la perméabilité mais aussi d'autres fonctions dans les membranes cellulaires. Ces composés peuvent traverser les membranes cellulaires et pénètrent ainsi à l'intérieur de la cellule et interagissent avec des sites critiques intracellulaire tels que les enzymes et les protéines, ce qui conduit à la mort cellulaire (**Omidbeygi et al., 2007 ; Cristani et al., 2007**).

En outre, l'activité antifongique des huiles essentielles pourrait également être liée à l'interférence des composants de l'huile essentielle dans des réactions enzymatiques de la synthèse de la paroi cellulaire, qui affecte la croissance fongique (**Carmo et al., 2008**).

La plupart des études sur le mécanisme d'action des huiles essentielles se sont accentuées sur leurs effets sur les membranes cellulaires. En fait, les composés actifs attaquent la paroi et la membrane cellulaire, affectant de ce fait la perméabilité et le dégagement des constituants intracellulaires, en interférant également avec la fonction de la membrane (**Bougera, 2011**).

Ces suggestions ont été déjà rapportées par (**Bang et al., 2000**) . Ils ont étudié l'inhibition des enzymes synthétisant la paroi des cellules fongiques en examinant les effets inhibiteurs de l'huile essentielle sur le β -(1.3) glucane et la chitine synthéase (**Bougera, 2011**).

La germination des conidies est la première étape essentielle dans la séquence d'opérations menant à l'établissement d'un tube germinatif et d'un hyphe, par la suite. Le

processus commence par l'hydratation suivie de l'action des enzymes lytiques telles que le chitinase et α et β - glucanases. Ceci décompose la paroi cellulaire des conidies épaissie pour permettre l'apparition du tube germinatif initial. Une fois que cet événement a lieu, il y a un équilibre entre les systèmes lytiques et synthétiques d'enzymes nécessaires pour la prolongation normale des hyphes. Un déséquilibre dans l'un ou l'autre système d'enzymes mené à l'inhibition et/ou à l'empêchement de croissance (**Mcewan, 1994 in Laib, 2011**). Il s'avérerait que ces événements sont fortement susceptibles à la rupture par les composants d'huile essentielle (**Deans, 2002**).

Conclusion

Conclusion générale

Dans la présente étude, nous nous sommes intéressés à la détermination de la composition chimique, l'évaluation de l'activité antioxydante et l'activité antifongique de l'*Artemisia herba alba* Asso et de l'*Artemisia campestris* L, vis-à-vis des souches fongiques phytopathogènes *Fusarium graminearum* et *Fusarium culmorum*.

L'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation a été effectuée pour les plantes étudiées, les rendements des huiles essentielles : *Artemisia herba alba*, *Artemisia campestris* sont différents, de l'ordre de 1,02%, 0,20% (m/m) respectivement.

Les résultats de l'analyse de la composition chimique des huiles essentielles par la chromatographie en phase gazeuse, nous a permis d'identifier trente-trois (33) composés pour l'huile essentielle d'*A. herba alba*, représentant 94,25 % de l'ensemble de l'HE, Les composés majoritaires sont le Camphre (36,48 %), le Chrysanthénone (13,99 %), le Limonène (10,44 %), cis- Thujone (7,87%) et le Camphène (5,80 %).

Vingt-neuf (29) composés ont été identifiés pour l'huile essentielle de d'*Artemisia campestris*, représentant 78,36 % de l'ensemble de l'huile, les composés majoritaires sont le (Z)- 3-Hexenyl benzoate, (25,72%) le Bicyclogermacrene (16,8 %) le α -Pinène (5,78 %), le Sabinène (5,71 %) le γ -Muuroène (5,09 %).

Les tests de l'activité antioxydante ont montré que les huiles essentielles des espèces étudiées présentent une activité anti-radicalaires faible comparée avec celles des standards synthétiques utilisés (l'acide ascorbique, l α -tocophérol et le BHT) et ceci en utilisant le test DPPH. En comparant les activités des différents échantillons entre-elles, nous pouvons deduire que l'huile essentielle la plus active est celle de l'espèce d'*Artemisia campestris* (EC_{50} = 0,832 mg/ml), suivi de celle d'*Artemisia herba alba* (EC_{50} = 15,397 mg/ml). Selon nos résultats, nous pouvons considérer que nos huiles essentielles sont des agents, plutôt, antifongique qu'antioxydants.

La méthode de contact direct nous a permis de mettre en évidence le pouvoir antifongique des extraits vis-à-vis des souches testées . En effet, l'activité antifongique des huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* et d'*Artemisia campestris* s'est avérée en général efficace sur les deux souches *Fusarium graminearum* et *Fusarium culmorum*, notamment avec la concentration de 4 μ l/ml.

L'inhibition de la croissance fongique dépend de la souche et de la concentration de l'huile essentielle utilisée. Nous remarquons aussi, qu'il y a des différences dans la sensibilité entre les espèces qui appartiennent au même genre. Donc, en général les différents microorganismes n'ont pas une sensibilité similaire vis-à-vis de l'huile essentielle testée.

L'activité antifongique des huiles essentielles peuvent être expliquée par l'effet synergique entre les différents composés d'huile essentielle, les composés majoritaires sont souvent responsables de l'activité antifongique ; cependant, les composés mineurs peuvent contribuer significativement à cette activité.

Enfin, nos résultats indiquent que les huiles essentielles étudiées ont des activités Antioxydante pouvant être considérée comme un agent conservateur prometteur pour L'industrie alimentaire.

Ainsi les huiles essentielles ont montré des activités antifongiques importantes. Il ressort que l'*Artemisia herba alba* et *Artemisia campestris* L pourrait être valorisées davantage et particulièrement dans la lutte contre de nombreuses espèces fongiques responsables des différentes formes phytopathogènes et leur utilisation comme alternative aux fongicides chimiques.

A l'essor de la présente étude, il serait intéressant de mener une étude plus approfondie sur l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* et *Artemisia campestris* afin d'isoler, de purifier et d'identifier les composés ayant une activité antioxydante et antifongique.

Elargir la gamme des microorganismes (plus d'espèces fongiques pathogènes de même genre ou d'autre genre.

D'étudier d'autres propriétés biologiques de ces plantes, à savoir les propriétés anti-inflammatoires, antivirales et antibactérien et autres.

L'application de ces huiles essentielles dans l'industrie alimentaire, il serait utile de cibler un des produits alimentaires pour lequel on utilise cette huile comme alternative au conservateur synthétique déjà employé et voir son comportement et leurs effets.

Références
Bibliographiques

Références Bibliographiques

A

Abdel-Kader, M. M., El-Mougy, N. S., El-Gamal, N. G., El-Mohamdy, R. S., & Fatouh, Y. O. (2012). In vitro assay of some plant resistance inducers, essential oils and plant extracts on antagonistic ability of fungal bio-agents. *J Appl Sci Res*, 8(3), 1383-1391.

Acquaronne, L., Corticchiato, M., Ramazotti, J. et Raoul, J.L. (1998)."Growing of *Monarda fistulosa* in France and getting of essential oils by hydrodiffusion." *Rivista Italiana* 761-765.

Akrout, A. A., Chemli, R., Simmonds, M., Kite, G., Hammami, M., & Chreif, I. (2003). Seasonal variation of the essential oil of *Artemisia campestris* L. *Journal of Essential Oil Research*, 15(5), 333-336.

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(1).

Akrout, A., Gonzalez, L. A., El Jani, H., & Madrid, P. C. (2011). Antioxidant and antitumor activities of *Artemisia campestris* and *Thymelaea hirsuta* from southern Tunisia. *Food and Chemical Toxicology*, 49(2), 342-347.

Amaral, J-A., EKINS, A., RICHARD, S.R., & KNOWLES, R. (1998). Effete of hane oxidation, denitrification and Aerobic Metabolism by bacteria in pure culture applied and environmental Microbiology, vol 64.pp520-525.

Amrouni, L., Hanana, M., Amri, I., Romane, A. E., Gargouri, S., & Jamoussi, B. (2015). Allelopathic effects of essential oils of *Pinus halepensis* Miller: chemical composition and study of their antifungal and herbicidal activities. *Archives of phytopathology and plant protection*, 48(2), 145-158.

Anonyme, (2001). Pharmacopée européenne. Addendum, édition Suisse, 3e édition. Conseil de l'Europe, Strasbourg, 1771 p.

Aouissi, H.(2011). Composition chimique et activités antioxydante et antimicrobienne des huiles essentielles de trois espèces végétales du genre *Artemisia* : *Artemisia absinthium*, *A. herba alba* et *A. campestris*. *Mémoire de magister. Université Amar Téliidji –Laghouat*.

B

Baba Aïssa, F. (2000). Encyclopédie des plantes utiles, flore méditerranéenne (Maghreb et Europe Méridionale), substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident. *Edition. El Maarifa..*

- Babushok, VI, Linstrom, PJ et Zenkevich, IG (2011).** Indices de rétention pour les composés fréquemment rapportés d'huiles essentielles végétales. *Journal des données physiques et chimiques de référence*, 40 (4), 043101.
- Badawy, M. E., & Abdelgaleil, S. A. (2014).** Composition and antimicrobial activity of essential oils isolated from Egyptian plants against plant pathogenic bacteria and fungi. *Industrial crops and products*, 52, 776-782.
- Bajpai, V. K., & Kang, S. C. (2010).** Antifungal activity of leaf essential oil and extracts of *Metasequoia glyptostroboides* Miki ex Hu. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87(3), 327-336.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008).** Biological effects of essential oils—a review. *Food and chemical toxicology*, 46(2), 446-475.
- Ballois, N. (2012).** Caractérisation de la diversité des espèces de *Fusarium* et de leur potentiel mycotoxinogène sur céréales françaises. *Master Fage Biologie et Ecologie pour la Forêt, l'Agronomie et l'Environnement. Spécialité. BIPE*. 36p.
- Bang, K. H., Lee, D. W., Park, H. M., & Rhee, Y. H. (2000).** Inhibition of fungal cell wall synthesizing enzymes by trans-cinnamaldehyde. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 64(5), 1061-1063.
- Baser K.H.C & Buchbauer G. (2010).** Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications. Ed Taylor & Francis Group .994
- Basile, A., Jiménez-Carmona, M. M., & Clifford, A. A. (1998).** Extraction of rosemary by superheated water. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(12), 5205-5209.
- Bekhechi, Ch., & Abdelouahid, D. (2010).** Les huiles essentielles. *Office des publications universitaires : Edition : 1.04.5145*.
- BENABED, K, H. 2011** Composition chimique et activités antioxydante et antimicrobienne des huiles essentielles de quelques plantes de la famille des Lamiaceae. Mémoire de magistère
- Besombes, C. (2008).** Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydro-thermo-mécanique d'herbes aromatiques : *applications généralisées (Doctoral dissertation, La Rochelle)*.
- Bezza, L., Mannarino, A., Fattarsi, K., Mikail, C., Abou, L., Hadji-Minaglou, F., & Kaloustian, J. (2010).** Composition chimique de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* provenant de la région de Biskra (Algérie). *Phytothérapie*, 8(5), 277-281.
- Bouguerra, A. (2011).** Etude des activités biologiques de l'huile essentielle extraite des graines de *Foeniculum vulgare* Mill. En vue de son utilisation comme conservateur alimentaire. *Mémoire de*

magistère. Institut de la nutrition, de l'alimentation et des technologies alimentaires (INATAA), Université Mentouri Constantine.

Boukhobza, F., & Goetz, P. (2014). Phytothérapie en odontologie-*Editions CdP*. Initiatives Santé.

Bousbia, N. (2011). Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires (*Doctoral dissertation, Université d'Avignon ; Institut national agronomique (El Harrach, Algérie)*).

Bouzidi, N. (2016). Etude des activités biologiques de l'huile essentielle de l'armoise blanche « *Artemisia herba alba* Asso ». . *Thèse de doctorat. université de Mascara*.

Brada, M., Bezzina, M., Marlier, M., Carlier, A., & Lognay, G. (2007). Variabilité de la composition chimique des huiles essentielles de *Mentha rotundifolia* du Nord de l'Algérie. *BASE*.

Braga, P. C., Dal Sasso, M., Culici, M., Galastri, L., Marceca, M. T., & Guffanti, E. E. (2006). Antioxidant potential of thymol determined by chemiluminescence inhibition in human neutrophils and cell-free systems. *Pharmacology*, 76(2), 61-68.

Brigitte milpied-homsy, (2009). Progrès en dermato-allergologie : *Bordeaux 2009 (Vol. 15)*. John Libbey Eurotext.

Brown, D. W. (Ed.). (2013). *Fusarium*. Caister Academic Press.

Broydé, H., & Doré, T. (2013). Effets des pratiques agricoles sur la contamination des denrées par les mycotoxines issues de *Fusarium* et *Aspergillus* spp. *Cahiers Agricultures*, 22(3), 182-194.

Bruneton, J. (2009). Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes Médicinales. *Techniques et Documentation, 4^e édition, Lavoisier, Paris*.

Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology*, 94(3), 223-253.

C

Caillet, S., & Lacroix, M. (2007). Les huiles essentielles : leurs propriétés antimicrobiennes et leurs applications potentielles en alimentaire. *INRS-Institut Armand-Frappier, RESALA Université de Laval, Québec, Canada*, 1-8.

Carette, A.S. (2000). La lavande et son huile essentielle. In Besombes C., 2008. Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydrothermomécanique d'herbes aromatiques. Applications généralisées. *Thèse de doctorat. Université de La Rochelle*, 289p

Carmo, E. S., Lima, E. D. O., & Souza, E. L. D. (2008). The potential of *Origanum vulgare* L.(Lamiaceae) essential oil in inhibiting the growth of some food-related *Aspergillus* species. *Brazilian Journal of Microbiology*, 39(2), 362-367.

Chalchat, J. C., Cabassu, P., Petrovic, S. D., Maksimovic, Z. A., & Gorunovic, M. S. (2003). Composition of essential oil of *Artemisia campestris* L. from Serbia. *Journal of Essential Oil Research*, 15(4), 251-253.

Chehma A. (2006). Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien. Ed. Dar Elhouda Ain M'lila. ISBN : 9947-0-1312-X. P : 14 –20 –109.

CHENG S.S., LIU J-Y., HSUI Y-R. AND CHANG S-T., (2006). Chemical polymorphism and antifungal activity of essential oils from leaves of different provenances of indigenous cinnamon (*Cinnamomum osmophloeum*). *Bioresource Technology* 97: pp. 306–312.

Cheng, S. S., Liu, J. Y., Chang, E. H., & Chang, S. T. (2008). Antifungal activity of cinnamaldehyde and eugenol congeners against wood-rot fungi. *Bioresource technology*, 99(11), 5145-5149.

Collin G.J., Lord D., Allaire J. et Gagnon D., 1989. Huiles essentielles et extraits ‘micro-ondes’. *Parfums Cosmétiques Arômes*, 97, 105-112.

Corbaz, R. (1990). *Principes de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes*. PPUR presses polytechniques.

Cox, P. A., & Balick, M. J. (1994). The ethnobotanical approach to drug discovery. *Scientific American*, 270(6), 82-87.

Cristani, M., D'Arrigo, M., Mandalari, G., Castelli, F., Sarpietro, M. G., Micieli, D., ... & Trombetta, D. (2007). Interaction of four monoterpenes contained in essential oils with model membranes: implications for their antibacterial activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(15), 6300-6308.

D

Dahmane, D., Dob, T. et Chelghoum, C. (2015). Composition chimique des huiles essentielles de *Juniperus communis* L. obtenues par hydrodistillation et hydrodistillation assistée par micro-ondes. *J. Mater. Environ. Sc*, 6 (5), 1253-1259.

Dahmani-Hamzaoui, N., & Baaliouamer, A. (2010). Chemical composition of Algerian *Artemisia herba-alba* essential oils isolated by microwave and hydrodistillation. *Journal of Essential Oil Research*, 22(6), 514-517.

Deacon, J. (2005). Fungi as plant pathogens. *Fungal Biology*, 4th Edition, 279-308.

Deans, S. G., & Ritchie, G. (1987). Antibacterial properties of plant essential oils. *International journal of food microbiology*, 5(2), 165-180.

Desmares, C., Laurent, A., & Delerme, C. (2008). Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles. *AFSSAPS. Anatole, France, 18p.in*

Dib, I., Angenot, L., Mihamou, A., Ziyat, A., & Tits, M. (2017). *Artemisia campestris* L.: ethnomedicinal, phytochemical and pharmacological review. *Journal of Herbal Medicine*, 7, 1-10.

Djeridane, A. (2008). Evaluation du pouvoir antioxydant et de l'inhibition d'enzymes (la Carboxylestérase et l'Acylase) par des extraits phénoliques de dix-neuf plantes médicinales locales (Doctoral dissertation, *Thèse de doctorat en sciences, École Normale Supérieure de Kouba, Alger, 150p*).

Djerroumi, A., & Nacef, M. (2004). 100 Plantes Médicinales d'Algérie. *Palais de livre, pp. pp 45–110*.

Dob, T., Dahmane, D., Berramdane, T., & Chelghoum, C. (2005). Chemical composition of the essential oil of *Artemisia campestris* L. from Algeria. *Pharmaceutical biology*, 43(6), 512-514.

E

Edris, A. E. (2007). Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: a review. *Phytotherapy research*, 21(4), 308-323.

El-Houiti, F.(2010). Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles de *Rhanterium adpressum*. *Mémoire de Magister, Université Amar Telidji. Département de Biologie*.

F

Ferhat, M. A. (2016). Les procédés d'extractions des Huiles Essentielles. *Éditions universitaires européennes*.

Fernandez, X., & chemat, F. (2012). La chimie des huiles essentielles, tradition et innovation. *Vuibert*.

Fletcher, J., Bender, C., Budowle, B., Cobb, W. T., Gold, S. E., Ishimaru, C. A., ... & Seem, R. C. (2006). Plant pathogen forensics: capabilities, needs, and recommendations. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 70(2), 450-471.

G

Gabriel I Alleman, F., Dufourcq, V., Perrin, F., & Gabarrou, J. F. (2013). Utilisation des huiles essentielles en alimentation des volailles 2. Hypothèses sur les modes d'action impliqués dans les effets observés. *INRA Productions Animales* 1 (26), 13-24.(2013).

Ghanmi, M., Satrani, B., Aafi, A., Isamili, M. R., Houti, H., El Monfalouti, H., ... & Chaouch, A. (2010). Effet de la date de récolte sur le rendement, la composition chimique et la bioactivité des huiles essentielles de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) de la région de Guercif (Maroc oriental). *Phytothérapie*, 8(5), 295-301.

Goodner, KL (2008). Modèles d'indice de rétention pratique de OV-101, DB-1, DB-5 et DB-Wax pour les composés de saveur et de parfum. *LWT-Food Science et Technologie*, 41 (6), 951-958.

Goswami, R. S., & Kistler, H. C. (2004). Heading for disaster: *Fusarium graminearum* on cereal crops. *Molecular plant pathology*, 5(6), 515-525.

GOUDJIL, M.B . (2016). Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante de trois plantes aromatiques. *thèse de doctorat. université kasdi Merbah – Ouargla*

Guignard, J., & Dupont F. (2004). Botanique- systématique moléculaire- Ed. Masson. 13^e édition.

H

Hanana, M., Bejia, A., Amri, I., Gargouri, S., Jamoussi, B., & Hamrouni, L. (2014). Activités biologiques des huiles essentielles de pins. *Journal of New Sciences*, 4(3), 18-32.

Harkati, B. (2011) Valorisation et identification structurale des principes actifs de la plante de la famille asteraceae. *Thèse de doctorat. Université Mentouri-Constantine*.

Hélène, V. (2015). Valorisation officinale des huiles essentielles autorisées dans les phytomédicaments. *Thèse de doctorat. Université d'angers*. 255 p.

Hernandez Ochoa, L. R. (2005). Substitution de solvants et matières actives de synthèse par un combiné «solvant/actif» d'origine végétale (*Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Toulouse*).

Hmiri, S., Rahouti, M., Habib, Z., Satrani, B., Ghanmi, M., & El Ajjouri, M. (2011). Évaluation du potentiel antifongique des huiles essentielles de *Mentha pulegium* et d'*Eucalyptus Camaldulensis* dans la lutte biologique contre les champignons responsables de la détérioration des pommes en conservation. *Bulletin de la société royale des sciences de liège*.

Hossain, M. A., Kabir, M. J., Salehuddin, S. M., Rahman, S. M., Das, A. K., Singha, S. K., ... & Rahman, A. (2010). Antibacterial properties of essential oils and methanol extracts of sweet basil *Ocimum basilicum* occurring in Bangladesh. *Pharmaceutical biology*, 48(5), 504-511.

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(8), 1749-1756.

Hudaib, M. M., & Aburjai, T. A. (2006). Composition of the essential oil from *Artemisia herba-alba* grown in Jordan. *Journal of Essential Oil Research*, 18(3), 301-304.

Hussain, A. I. (2009). Characterization and biological activities of essential oils of some species of Lamiaceae. *PhD Thesis. Faculty Of Sciences, these de doctorat, University Of Agriculture, Faisalbad, Pakistan.*

Hussain, A.I., Characterization and biological activities of essential oils of some species of Lamiaceae. 2009. Thèse de Doctorat, University of Agriculture, Faisalabad.

I

Ismaili Rachid ., Abdeslam, L., & Khadija, M. (2014). Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles de trois plantes aromatiques marocaines. *Internat J Innov Scient Res*, 12, 499-505.

J

Jean, B. (2009). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (4e éd.). *Lavoisier.*

Junio, H. A., Sy-Cordero, A. A., Ettetfagh, K. A., Burns, J. T., Micko, K. T., Graf, T. N., ... & Cech, N. B. (2011). Synergy-directed fractionation of botanical medicines: a case study with goldenseal (*Hydrastis canadensis*). *Journal of natural products*, 74(7), 1621-1629.

K

Kaloustian, J., & Hadji-Minaglou, F. (2013). La connaissance des huiles essentielles : qualité et aromathérapie : Entre science et tradition pour une application médicale raisonnée. *Springer Science & Business Media.*

Kanoun, K., Abbouni, B., Bénine, M. L., Benmahdi, F. Z., & Marouf, B. (2014). étude de l'efficacité de l'extrait éthanolique d'écorces de *punica granatum* linn sur deux souches phytopathogènes: *ascocyhta rabiei* (pass.) labr. et *fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. *European Scientific Journal, ESJ*, 10(12).

Kessler, M., Ubeaud, G., & Jung, L. (2003). Anti-and pro-oxidant activity of rutin and quercetin derivatives. *Journal of pharmacy and pharmacology*, 55(1), 131-142.

Khan, M., Al-Saleem, MS, et Alkhathlan, HZ (2016). Une étude détaillée sur la caractérisation chimique des composants de l'huile essentielle de deux espèces de *Plectranthus* cultivées en Arabie Saoudite. *Journal of Saudi Chemical Society* , 20 (6), 711-721.

L

- Laib Imène, (2012).** Etude des activités antioxydante et antifongique de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis* : application aux moisissures des légumes secs. *Nature & Technology*, (7), 44.
- Lamamra, M. (2010).** Contribution à l'étude de la composition chimique et de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Tinguarra sicula* (L.) Parl et de *Filipendula hexapetala* Gibb. *Mémoire de magister, Algérie*.
- Lamarti, A., Badoc, A., Deffieux, G., & Carde, J. P. (1994).** Biogénèse des monoterpènes. I : Localisation et sécrétion. *Bulletin de la Société de pharmacie de Bordeaux*, 133(1-2), 69-78.
- Li, S., Hartman, G. L., Domier, L. L., & Boykin, D. (2008).** Quantification of *Fusarium solani* f. sp. glycines isolates in soybean roots by colony-forming unit assays and real-time quantitative PCR. *Theoretical and Applied Genetics*, 117(3), 343-352.
- Lis-Balchin, M. (2002).** Lavender: the genus *Lavandula*. *Taylor and Francis, London*.p: 37, 40,
- Lubeck, AJ, & Sutton, DL (1983).** Kovats indices de rétention d'hydrocarbures sélectionnés à travers C10 sur les capillaires de silice fondue en phase collée. *Journal of Separation Science* , 6 (6), 328-332.
- Lucchesi, M. E. (2005).** Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles (*Doctoral dissertation, Université de la Réunion*).
- Lucchesi, M. E., Chemat, F., & Smadja, J. (2004).** An original solvent free microwave extraction of essential oils from spices. *Flavour and Fragrance Journal*, 19(2), 134-138.
- Lucchesi, M. E., Chemat, F., & Smadja, J. (2004).** Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: comparison with conventional hydro-distillation. *Journal of Chromatography A*, 1043(2), 323-327.
- Lucini, E. I., Zunino, M. P., López, M. L., & Zygadlo, J. A. (2006).** Effect of Monoterpenes on Lipid Composition and Sclerotial Development of *Sclerotium cepivorum* Berk. *Journal of phytopathology*, 154(7-8), 441-446.

M

- Marouf, A., & tremblin, G. (2009).** Abrégé de biochimie appliquée. *Edités par EDP sciences*.
- Marouf, A., Gérard T. (2009).** Abrégé de biochimie appliquée. *EDP sciences*.
- Mašková, Z., Tančinová, D., Barboráková, Z., Felšöciová, S., & Cíсарová, M. (2012).** Comparison of occurrence and toxinogenity of *Alternaria* spp. isolated from samples of conventional and new crossbred wheat of Slovak origin. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 1(4), 552-562.

Mcewan, M. (1994). The antifungal effects of plant essential oils and their production by transformed shoot culture (*Doctoral dissertation, University of Strathclyde*).

Meghazi, N. (2015). Activité antifongique de quelques huiles essentielles sur les moisissures du blé stocké (*Doctoral dissertation*).

Mehani, M., Segni, L., Terzi, V., Morcia, C., Ghizzoni, R., Goudgil, B., & Benchikh, S. (2016). Antifungal activity of Artemisia herba-alba on various Fusarium. *Phytothérapie*, 1-4.

Messgo-Moumene, S., Li, Y., Bachir, K., Houmani, Z., Bouznad, Z., & Chemat, F. (2015). Antifungal power of citrus essential oils against potato late blight causative agent. *Journal of Essential Oil Research*, 27(2), 169-176.

Mohsen, H., & Ali, F. (2009). Essential oil composition of Artemisia herba-alba from southern Tunisia. *Molecules*, 14(4), 1585-1594.

Moretti, A. N. (2009). Taxonomy of Fusarium genus: a continuous fight between lumpers and splitters. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*, (117), 7-13.

N

Naouel, K., Farida, S., & Abdelkader, B. (2012). EFFET INHIBITEUR IN VITRO DE L'HUILE ESSENTIELLE D'Artemisia herba alba SUR DEUX SOUCHES DE Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici.

O

Omidbeygi, M., Barzegar, M., Hamidi, Z., & Naghdibadi, H. (2007). Antifungal activity of thyme, summer savory and clove essential oils against Aspergillus flavus in liquid medium and tomato paste. *Food control*, 18(12), 1518-1523.

Ouachikh, O., Bouyanzer, A., Bouklah, M., Desjobert, J. M., Costa, J., Hammouti, B., & Majidi, L. (2009). Application of essential oil of artemisia herba alba as green corrosion inhibitor for steel in 0.5 M H₂SO₄. *Surface Review and Letters*, 16(01), 49-54.

Ouraïni, D., Agoumi, A., Ismaïli-Alaoui, M., Alaoui, K., Cherrah, Y., Amrani, M., & Belabbas, M. A. (2005). Étude de l'activité des huiles essentielles de plantes aromatiques à propriétés antifongiques sur les différentes étapes du développement des dermatophytes Study of the activity on the various stages of development of dermatophytes of essential oils from aromatic Plants with antifungal properties. *Phytothérapie*, 3(4), 147-157.

P

Padrini, F., & Iucheroni, M. T. (1996). Le grand livre des huiles essentielles. Ed. De Vecchi S.A.

Pattnaik, S., Subramanyam, V. R., Bapaji, M., & Kole, C. R. (1997). Antibacterial and antifungal activity of aromatic constituents of essential oils. *Microbios*, 89(358), 39-46.

Piochon, M. (2008). Étude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne: composition chimique, activités pharmacologiques et hémi-synthèse. *Université du Québec à Chicoutimi*.

Porter, N. (2001). Essential oils and their production. *Crop & Food Research. Number 39*.

Q

Quezel, P., & Santa, S. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, *C.N.R.S. Paris, France*.

R

Rahman, A. (2010). Antibacterial properties of essential oils and methanol extracts of sweet basil *Ocimum basilicum* occurring in Bangladesh. *Pharmaceutical biology*, 48(5), 504-511.

Roselló, J., Sempere, F., Sanz-Berzosa, I., Chiralt, A., & Santamarina, M. P. (2015). Antifungal activity and potential use of essential oils against *Fusarium culmorum* and *Fusarium verticillioides*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 18(2), 359-367.

S

Saleh, M. A., Belal, M. H., & El-Baroty, G. (2006). Fungicidal activity of *Artemisia herba alba* Asso (Asteraceae). *Journal of Environmental Science and Health Part B*, 41(3), 237-244.

Salhi, N., Goumni, Z., Salhi, A., Mehani, M., & Terzi, V. (2015). évaluation de l'activité antifongique in vitro des huiles essentielles de *Laurus nobilis* L. sur la croissance mycélienne de *Fusarium Sporotrichoide*. *ElWahat pour les Recherches et les Etudes Vol.8 n2 (2015) : 34-44*.

Salido, S., Valenzuela, L. R., Altarejos, J., Nogueras, M., Sánchez, A., & Cano, E. (2004). Composition and infraspecific variability of *Artemisia herba-alba* from southern Spain. *Biochemical Systematics and Ecology*, 32(3), 265-277.

Scherm, B., Balmas, V., Spanu, F., Pani, G., Delogu, G., Pasquali, M., & Migheli, Q. (2013). *Fusarium culmorum*: causal agent of foot and root rot and head blight on wheat. *Molecular Plant Pathology*, 14(4), 323-341.

Stefanovits-Banyai, E., Tulok, M. H., Hegedûs, A., Renner, C., & Varga, I. S. (2003). Antioxidant effect of various rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) clones. *Acta biologica szegediensis*, 47(1-4), 111-113.

T

Toninolli, F., & Meglioli, V. (2013). Huiles essentielles ; l'encyclopédie. *Éditions, judena*.

V

Vangoethem, V. (2017). Caractérisation des composés organiques volatils émis par *Fusarium Culmorum* et *Cochliobolus Sativus* en stress et étude du potentiel en lutte biologique.

W

Wagacha, J. M., & Muthomi, J. W. (2007). *Fusarium culmorum*: Infection process, mechanisms of mycotoxin production and their role in pathogenesis in wheat. *Crop protection*, 26(7), 877-885.

Wang, Z., Ding, L., Li, T., Zhou, X., Wang, L., Zhang, H., ... & Zeng, H. (2006). Improved solvent-free microwave extraction of essential oil from dried *Cuminum cyminum* L. and *Zanthoxylum bungeanum* Maxim. *Journal of Chromatography A*, 1102(1-2), 11-17.

Z

Zhiri A., & Baudoux, D. (2005). Huiles Essentielles Chémotypées Et Leurs Synergies. *Edition Inspir Development*, 80 p.

Zhiri A., 2006. Sciences, Nutrition, Prévention et Santé. Nutra News. Directeur de la publication : Linus Freeman - Rédacteur en chef : Yolaine Carel, 16p.

Zouari, S., Zouari, N., Fakhfakh, N., Bougatef, A., Ayadi, M. A., & Neffati, M. (2010). Chemical composition and biological activities of a new essential oil chemotype of Tunisian *Artemisia herba alba* Asso. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(10), 871-880.

Annexes

Composition de milieu de culture Potatoes dextrose Agar (PDA : pour les champignons)

Pour évaluer l'activité anti fongique, nous avons utilisé le PDA (Potato Dextrose Agar).

(CHENG *et al.*, 2006; BAJPAI ET KANG, 2010) dont la composition est la suivante :

Pomme de terre pelées.....	200g/l
L'eau distillé.....	1L
Glucose.....	20g/l
Agar.....	20 g/l



Figure 28 : Dispositif de préparation de milieu de culture

Solution d'Agar 0,2%

Agar-agar	2 g
Eau distillée	1L

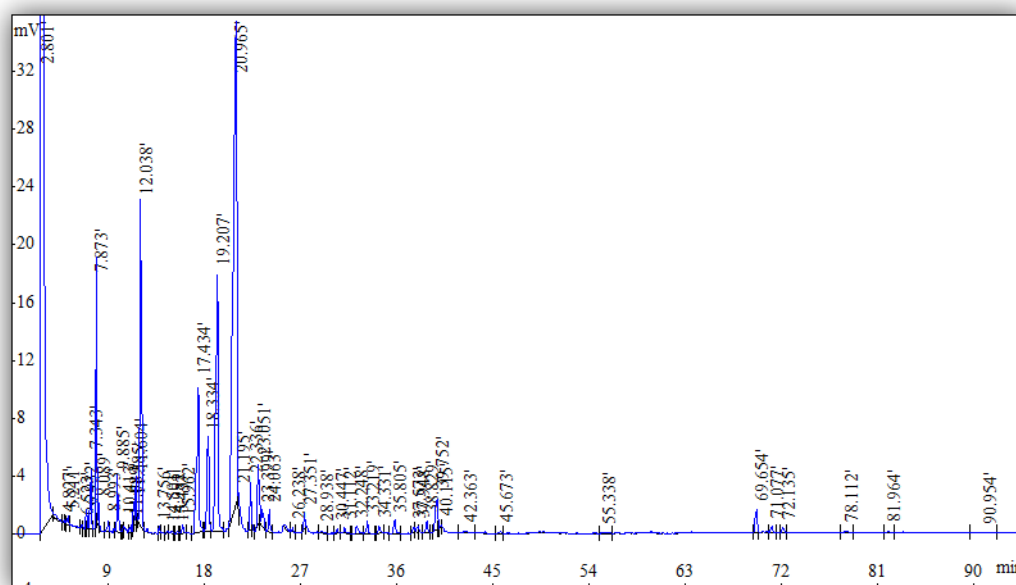


Figure 30 : Profils chromatographiques des huiles essentielles de la partie aérienne d'*Artemisia herba alba* Asso obtenus par CPG

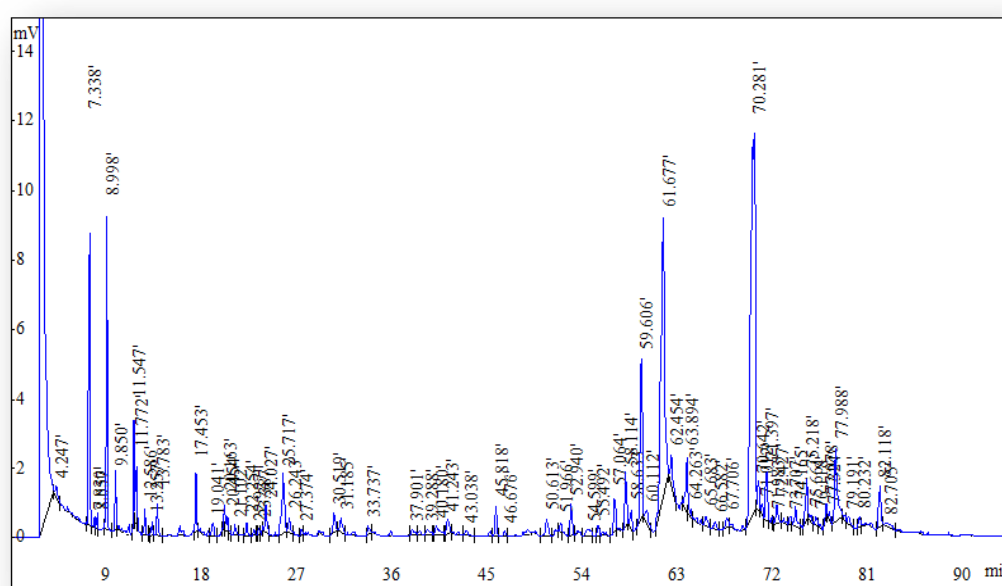


Figure 31 : Profils chromatographiques des huiles essentielles de la partie aérienne d'*Artemisia campestris* L obtenus par CPG