



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج  
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.  
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون  
قسم العلوم البيولوجية  
Département des Sciences Biologiques



# Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine Des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Analyse et Contrôle de la Qualité des Denrées Alimentaires

## Thème

**Etude des propriétés antimicrobiennes des huiles essentielles  
d'*Artemisia herba alba* et de *Rosmarinus officinalis***

Présenté par : Ameer Nesrine  
Ammara Naânaâ  
Hammache Yasmina

Devant le jury :

Président : M <sup>r</sup> BETTACHE Azzeddine	MCA	(Univ Bordj Bou Arreridj)
Encadrant : M <sup>r</sup> BELLIK Yuva	MCA	(Univ Bordj Bou Arreridj )
Examineur 1 : M <sup>r</sup> TOUATI Noureddine	MCB	(Univ Bordj Bou Arreridj)
Examineur 2 : M <sup>r</sup> DAHOU Moutassem	MAA	(Univ Bordj Bou Arreridj)

Année universitaire : 2016/2017

## *Liste des abréviations*

**CMI** : Concentration minimale inhibitrice.

**DMSO** : Diméthyl Sulfoxyde.

***E.coli*** : Escherichia coli.

***F. oxysporium*** : *Fusarium oxysporium*

**HE** : Huile essentielle.

**IA** : Indice antifongique.

***P. aeruginosa*** : *Pseudomonas aeruginosa*.

**PDA** : Potato Dextrose Agar.

***S. aureus*** : *Staphylococcus aureus*.

**µl** : Microlitre

## Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Quelques exemples de monoterpènes	4
2	Quelques exemples de sesquiterpènes	5
3	Aspects morphologiques du romarin	10
4	<i>Artemisia herba alba</i>	13
5	Structures chimiques de quelques composés rencontrés dans l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba alba</i>	15
6	Méthode de diffusion sur disque	19
7	Effet de l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba alba</i> sur la croissance de <i>Fusarium oxysporum</i> en fonction de différentes concentrations	22
8	Effet de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> sur la croissance de <i>Fusarium oxysporum</i> en fonction de différentes concentrations	23
9	Images montrant les zones d'inhibition d' <i>E. coli</i> , de <i>S. aureus</i> (7), et de <i>P. aeruginosa</i> (10) sous l'action de l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba alba</i> .	25
10	Images montrant les zones d'inhibition d' <i>E. coli</i> , de <i>S. aureus</i> (7), et de <i>P. aeruginosa</i> (10) sous l'action de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> .	26

## **Liste des tableaux**

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>I</b>	Sources des souches microbiennes étudiées	17
<b>II</b>	Cinétique de croissance mycélienne (cm) de <i>Fusarium oxysporum</i> en fonction du temps d'incubation et en présence de différentes concentrations de l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba alba</i> .	20
<b>III</b>	Indice antifongique des différentes concentrations de l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba alba</i> vis-vis le <i>Fusarium oxysporum</i> .	21
<b>IV</b>	Cinétique de croissance mycélienne (cm) de <i>Fusarium oxysporum</i> en fonction du temps d'incubation et en présence de différentes concentrations de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> .	22
<b>V</b>	Indice antifongique des différentes concentrations de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> vis-vis le <i>Fusarium oxysporum</i>	23
<b>VI</b>	Résultats du test de sensibilité et des diamètres des zones d'inhibition (mm) d' <i>E. coli</i> , de <i>S.aureus</i> , et de <i>P. aeruginosa</i> en présence de différentes concentrations de l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba alba</i> , du DMSO et de l'amoxicilline.	25
<b>VII</b>	Résultats du test de sensibilité et des diamètres des zones d'inhibition (mm) d' <i>E. coli</i> , de <i>S.aureus</i> , et de <i>P. aeruginosa</i> en présence de différentes concentrations de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> , du DMSO et de l'amoxicilline.	26
<b>VIII</b>	Halos d'inhibition (mm) provoqués par les deux huiles essentielles testées	27

## Sommaire

<b>Introduction</b> .....	1
---------------------------	---

### **I. Synthèse bibliographique**

<b>I.1. Les huiles essentielles</b> .....	3
<b>I.1.1. Définition</b> .....	3
<b>I.1.2. Localisation des huiles essentielles dans la plante</b> .....	3
<b>I.1.3. Composition chimique des huiles essentielles</b> .....	3
<b>I.1.4. Propriétés biologique des huiles essentielles</b> .....	5
I.1.4.1. Rôles chez les végétaux .....	5
I.1.4.2. Activité antimicrobienne .....	6
I.1.4.3. Propriétés médicinales .....	6
I.1.4.4. Autres propriétés .....	7
<b>I.1.5. Méthodes d'extraction des huiles essentielles</b> .....	7
I.1.5.1. Hydrodistillation .....	7
I.1.5.2. Entraînement à la vapeur d'eau .....	8
I.1.5.3. Hydrodiffusion .....	8
I.1.5.4. Extraction par du CO <sub>2</sub> supercritique .....	8
I.1.5.5. Extraction assistées par micro-onde .....	9
I.1.5.6. L'expression à froid .....	9
I.1.5.7. L'extraction par solvants volatils .....	9

### **I.2. Les plantes étudiées**

<b>I.2.1. Rosmarinus officinalis</b> .....	10
I.2.1.1. Etymologie .....	10
I.2.1.2. Classification botanique .....	10
I.2.1.3. Description botanique.....	11
I.2.1.4. Ecologie .....	11
I.2.1.5. Composition chimique de l'huile essentielle du rosmarinus .....	11
I.2.1.6. Propriétés biologiques .....	12
I. 2.1.6. 1. Activité antibactérienne et antifongique .....	12

<b>I.2.2. Artemisia herba alba</b> .....	13
I.2.2.1. Dénominations .....	13
I.2.2.2. Classification botanique .....	14
I.2.2.3. Description botanique.....	14
I.2.2.4. Ecologie .....	14
I.2.2.5. Composition chimique de l'huile essentielle de l'Artemisia blanche .....	15
I.2.2.6. Propriétés biologique .....	15
I.2.2.6.1. Activité antibactérienne et antifongique .....	16

## **II. Matériels et méthodes**

<b>II.1. Matériel végétal</b> .....	17
<b>II.2. Extraction des huiles essentielles</b> .....	17
<b>II.3. Tests microbiologiques</b> .....	17
<b>II.3.1 Les souches testées</b> .....	17
<b>II.3.2. Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles</b> .....	18
II.3.2.1. Technique de dilution sur milieu solide .....	18
<b>II.3.3. Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielle</b> .....	18
II.3.3.1. Technique de diffusion sur milieu solide .....	18
<b>II.4. Etude statistique</b> .....	19

## **III. Résultats et discussion**

<b>III.1. Etude de l'activité antifongique</b> .....	20
<b>III.1.1. Effet de l'huile essentielle de l'<i>Artemisia herba alba</i> sur la croissance de <i>Fusarium oxysporum</i></b> .....	20
<b>III.1.1.1. Indice antifongique</b> .....	21
<b>III.1.2. Effet de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> sur la croissance de <i>Fusarium oxysporum</i></b> .....	22
<b>III.2. Etude de l'activité antibactérienne</b> .....	24
<b>IV. Conclusion</b> .....	29
<b>V. Références bibliographiques</b> .....	30

## I. Introduction

Les plantes médicinales sont à la fois un produit fini destiné à la consommation et une matière première pour l'obtention de substances biologiquement actives. En effet, elles constituent une source inépuisable en substances actives ayant des propriétés biologiques et pharmacologiques très variées (**Gharabi, 2008**). Selon, l'Organisation Mondiale de la Santé, plus de 80% de la population mondiale, recourt aux drogues essentiellement à base de matières végétales. De plus, près de 25% des prescriptions sont à base de plantes médicinales et environ 60 à 70% des médicaments antibactériens et anticancéreux sont des substances d'origine naturelle (**Diallo, 2005**).

Le problème de résistance et de multirésistance de certaines souches bactériennes à l'égard de certains médicaments conventionnels, les effets bénéfiques recherchés souvent contrebalancés par de fréquents effets secondaires a incité les scientifiques vers d'autres alternatives thérapeutiques plus sûres et plus efficaces. De nos jours, les métabolites secondaires font de plus en plus l'objet de nombreuses recherches scientifiques aussi bien *in vivo* qu' *in vitro*, en particulier, les composés phénoliques et les huiles essentielles (**Gharabi, 2008**).

Le présent travail s'intéresse essentiellement à l'étude des propriétés antimicrobiennes des huiles essentielles de deux plantes médicinales, à savoir l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*) et le romarin (*Rosmarinus officinalis*).

Le genre *Artemisia* comprend environ 400 espèces, réparties sur les cinq continents. En Algérie, il est représenté par dix espèces dont certaines sont très répandues et d'autres qui sont plutôt rares (**Abdelguerfi, 2003**). L'espèce *Artemisia herba alba*, ou encore l'armoise blanche, désignée en arabe sous le nom de "Chih" de la famille des Asteraceae, pousse généralement en touffes de tailles réduites. C'est une plante à différents usages. Elle se caractérise par sa richesse en huile essentielle et sa composition variée ce qui a conduit à la définition de plusieurs chémotypes ; sa forte valeur fourragère et son rôle écologique très important contre l'érosion et la désertification. D'autre part, *Rosmarinus officinalis* est l'une des plantes médicinales les plus utilisées à travers le monde. Depuis des siècles, les extraits en huile essentielle de cette plante sont largement utilisés, dans la médecine traditionnelle, contre une large variété de pathologie.

Trois parties composent ce document. La première partie présente une recherche bibliographique sur les huiles essentielles dans laquelle on a leurs compositions phytochimiques ainsi que leurs propriétés biologiques avec un accent sur *Artemisia herba alba* et *Rosmarinus officinalis*. Une présentation du matériel végétal et des techniques utilisées pour répondre à nos objectifs est présentée dans un deuxième chapitre. La partie matériels et méthodes décrit l'étude *in vitro* de l'effet antifongique et antibactérien des deux huiles essentielles à l'égard de la souche mycélienne *Fusarium oxysporum* et des souches bactériennes *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*, respectivement. Le troisième chapitre présente les résultats générés et leur discussion. L'ensemble est terminé par une conclusion générale et des perspectives.

# *I. Synthèse bibliographique*

## I. 1. Les huiles essentielles

### I.1.1. Définition

Les huiles essentielles sont des mélanges de principes volatils contenus dans les végétaux (**Bruneton, 1999**). Elles sont obtenues à partir d'une matière première végétale soit par entraînement à la vapeur d'eau soit par des procédés mécaniques ou encore par distillation sèche (**Afnor, 2000**).

### I.1.2. Localisation des huiles essentielles dans la plante

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs. La synthèse et l'accumulation d'une huile essentielle sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées, le plus souvent situées sur ou à proximité de la surface du végétal (**Bruneton, 1987**). Il existe en fait quatre structures sécrétrices :

- Les cellules sécrétrices : Chez les *Lauracées*, *Zingibéracées*.
- Les poils glandulaires épidermiques : Chez les *Lamiacées*, *Géraniacées*, ...
- Les poches sphériques schizogènes : Chez les *Astéracées*, *Rosacées*, *Rutacées*, *Myrtacées*, ...
- Les canaux glandulaires lysigènes : Chez les *Conifères*, *Ombellifères*, ...

Elles peuvent être stockées dans divers organes végétaux : les fleurs (bergamotier, rose,...) les feuilles (citronnelle, eucalyptus,...), les racines (vétiver), les rhizomes (curcuma, gingembre,...), les fruits (anis, badiane,...), le bois (bois de rose, santal,...), ou graines (muscade,...) (**Oussalah, 2006**). Bien qu'une huile essentielle peut se retrouver dans tous les organes d'une même espèce, cependant, la composition en cette huile peut varier selon sa localisation (**Belkou, 2005**).

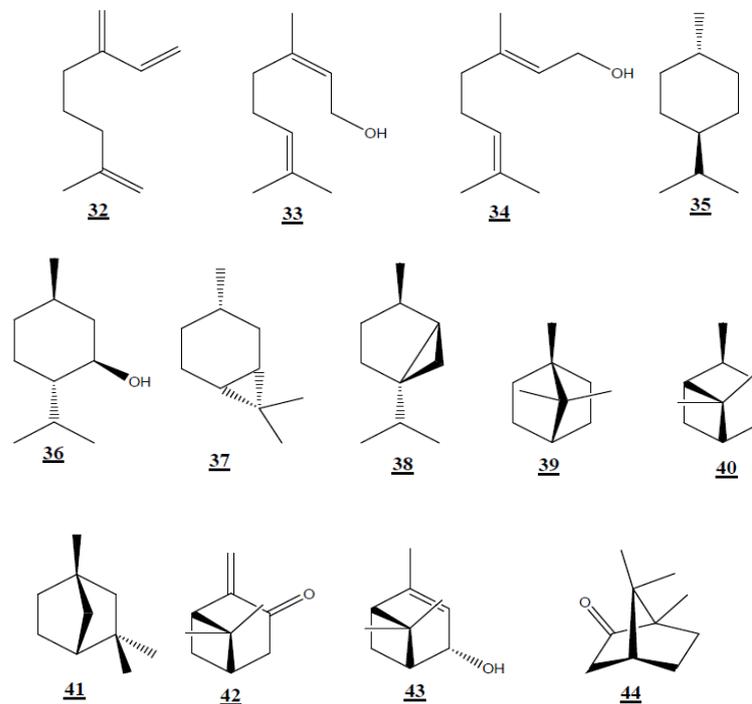
### I.1.3. Composition chimique des huiles essentielles

La composition chimique d'une huile essentielle est très variable et très complexe. En effet, une huile essentielle peut renfermer jusqu'à plusieurs centaines de molécules différentes, chacune ayant des propriétés particulières.

Les huiles essentielles sont des composés terpéniques. C'est une famille de composés très diversifiée tant au niveau structural que fonctionnel (**Paris et Moyse, 1965**). Les composés terpéniques à poids moléculaire faible constituent généralement la majoritaire des composés volatiles des huiles essentielles, ces constituants proviennent de l'isoprène répondant à la famille générale  $(C_5H_8)_n$  (**Baser et Buchbauer, 2010**). En considérant cet isoprène, on peut classer les terpènes en :

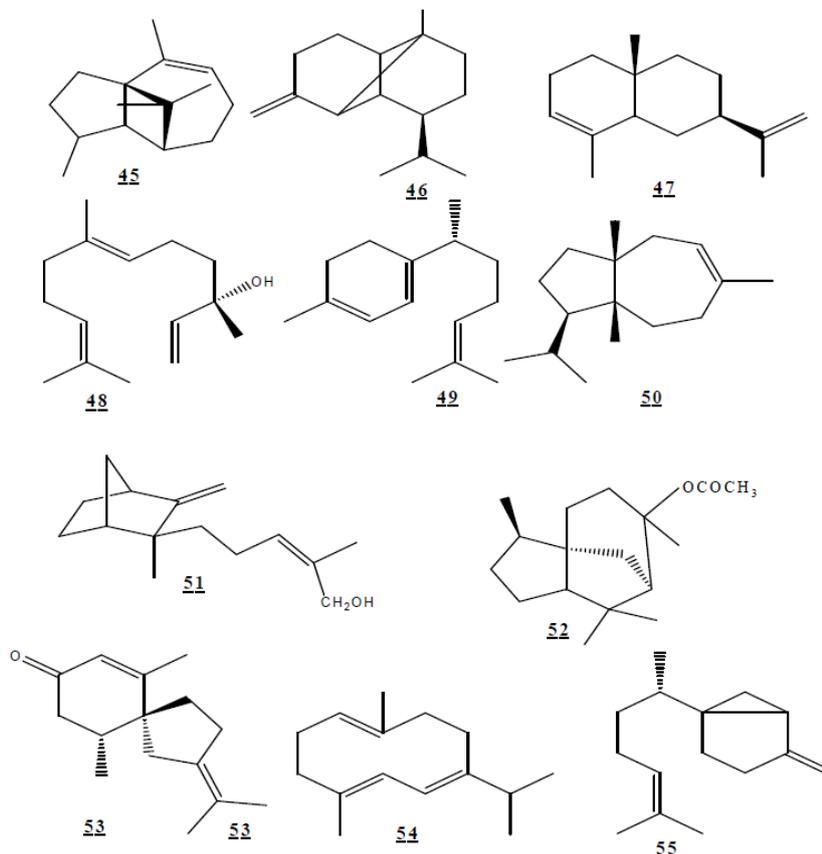
- pour  $n = 2$  : les monoterpènes ( $C_{10}$ )
- pour  $n = 3$  : les sesquiterpènes ( $C_{15}$ )
- pour  $n = 4$  : les diterpènes ( $C_{20}$ )
- pour  $n = 5$  : les sesterpènes ( $C_{25}$ )
- pour  $n = 6$  : les triterpènes ( $C_{30}$ )
- pour  $n = 8$  et le caoutchouc naturel : les polyterpènes

On rencontre dans les huiles essentielles principalement des mono et des sesquiterpènes (possèdent respectivement 10 et 15 atomes de carbone) plus rarement des di-terpènes (20 atomes de carbone) ainsi que leurs dérivés oxygénés (Fig. 1 et Fig. 2) (**Brada et al., 2007**).



**Figure 1 :** Quelques exemples de monoterpènes.

32 :  $\alpha$ -myrcène; 33: nérol (Z); 34: géranol(E); 35: trans-p-menthane; 36: (-)-menthol; 37: carane; 38 : trans-thujane; 39 : camphane; 40 : pinane; 41: fenchane ; 42 : (-)-pinocarvone; 43 : (+)-verbenol; 44 : (+)-camphore.



**Figure 2 :** Quelques exemples de sesquiterpènes.

45: a-patchouène; 46 : b-ylangène ; 47 : a -silinène; 48: (-)-nérolidol; 49: g-curcumène; 50: carotol;  
51: b -santalol; 52:acétatedecédryle; 53: b -vétinone; 54 : germacrène c ; 55: (-)-sesquisabinène.

## I.1.4. Propriétés biologiques des huiles essentielles

### I.1.4.1. Rôle chez les végétaux

Le rôle biologique des huiles essentielles dans l'écologie est très important. Par leur odeur, elles jouent un rôle attractif vis-à-vis des insectes pollinisateurs ou répulsif vis-à-vis des prédateurs (herbivores, insectes...). Elles peuvent paralyser les muscles masticateurs des agresseurs par les propriétés toxiques et inappétentes des substances qu'elles contiennent. De plus, elles permettent de protéger les cultures en inhibant la multiplication des bactéries et des champignons. Elles empêchent la dessiccation de la plante par évaporation excessive et protègent la plante contre la lumière. Par ailleurs leurs composés interviennent dans les réaction d'oxydoréduction, comme donneurs d'hydrogène et permettent ainsi de stopper l'action des molécules oxydantes (**Sharkay et al., 2001**).

### I.1.4.2. Activité antimicrobienne

Le pouvoir antibactérien des huiles essentielles semble être connu empiriquement depuis des siècles. Le spectre d'action des huiles essentielles est très étendu car elles agissent vis-à-vis d'un large éventail de bactéries, y compris celles qui développent des résistances et des multirésistances aux antibiotiques.

Les huiles essentielles agissent aussi bien sur les bactéries à Gram positif que sur les bactéries à Gram négatif. Toutefois, les bactéries à Gram négatif paraissent moins sensibles à leur action et ceci est directement lié à la structure de leur paroi cellulaire sauf quelques exceptions, comme par exemple *Aeromonas hydrophila* et *campylobacter jejuni* qui ont été décrites comme particulièrement sensibles à l'action des huiles essentielles. *Pseudomonas aeruginosa*, une bactérie à Gram négatif, reste la moins sensible vis-à-vis des essences végétales.

Les huiles essentielles empêchent le développement des champignons et des moisissures en les détruisant. Ces activités sont néanmoins variables d'une huile essentielle à l'autre et d'une souche à l'autre (Naouel, 2015).

En général, le mécanisme d'action des substances actives des huiles essentielles se déroule en trois étapes distinctes :

- Augmentation de la perméabilité suivie de la perte des constituants cellulaires suite à l'action des molécules actives de l'huile essentielle sur la paroi bactérienne.
- Blocage de la production de l'énergie cellulaire et de la synthèse des composants de structure par acidification de l'intérieur de la cellule.
- Mort de la bactérie par destruction de son matériel génétique.

### I.1.4.3. Propriétés médicinales

Les huiles essentielles sont douées de différentes propriétés thérapeutiques. La plupart des constituants des huiles essentielles ont un pouvoir antimicrobien d'où leur usage comme antiseptiques. D'autres possèdent des propriétés digestives ou antispasmodiques, sédatives, cicatrisantes, ... etc (Lardy et Haberkorne, 2007 ; Garnier et Delamarre, 2002).

Par ailleurs, les huiles essentielles sont très utilisées pour le traitement des troubles articulaires inflammatoires car elles ont la propriété de renforcer et de relancer les défenses immunitaires. Certaines huiles essentielles présentent des activités anti-tumorales et sont utilisées dans le traitement préventif de certains types de cancers (Naouel, 2015).

#### I.1.4.4. Autres propriétés

La diversité de la composition chimique des huiles essentielles explique leur usage très vaste. Elles sont utilisées dans de nombreux secteurs, en particulier, dans l'industrie cosmétique (parfums, crèmes) grâce à leur odeur agréable. Certains composés chimiques isolés à partir des huiles essentielles servent de matière première pour la synthèse d'autres substances odorantes, à titre d'exemple : la synthèse de l'iso eugénol qui a une odeur d'œillet à partir de l'eugénol extrait de l'huile essentielle de girofle (**Montes et Carvajal, 1998**), l'utilisation du safrôle pour la synthèse de l'héliotropine utilisée en parfumerie (**Bruneton, 1999**).

Les huiles essentielles et leurs composés bioactifs sont également employés comme arômes et conservateurs alimentaires, par leurs propriétés antioxydantes et antimicrobiennes, permettent de servir comme agents de conservation alimentaire. De plus, les huiles essentielles ont des propriétés fongicides et sont très efficaces à l'égard des moisissures responsables de la détérioration des denrées alimentaires lors de leur stockage (**Kim et al., 1995**).

#### I.1.5. Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales. En général, le choix de la méthode d'extraction dépendra de la nature du matériel végétal à traiter (graines, feuilles, ...), de la nature des composés (**Marie, 2005**). Les principales méthodes d'extraction sont détaillées ci-après:

##### I.1.5.1. Hydrodistillation

Le procédé consiste à immerger la matière première végétale dans un ballon lors d'une extraction au laboratoire ou dans un alambic industriel rempli d'eau placé sur une source de chaleur. Le tout est ensuite porté à ébullition. La chaleur permet l'éclatement des cellules végétales et la libération des molécules odorantes qui y sont contenues. Ces molécules aromatiques forment avec la vapeur d'eau, un mélange azéotrope. Les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant et l'huile essentielle se sépare de l'eau par différence de densité. La durée d'une hydrodistillation peut varier, elle peut atteindre plusieurs heures selon le matériel utilisé. La durée de la distillation influence non seulement sur le rendement mais également sur la composition de l'extrait (**Marie, 2005**).

### **I.1.5.2. Entraînement à la vapeur d'eau**

L'entraînement à la vapeur d'eau est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des huiles essentielles. A la différence de l'hydrodistillation, cette technique ne met pas en contact direct de l'eau et la matière végétale à traiter. De la vapeur d'eau fournie par une chaudière traverse la matière végétale située au-dessus d'une grille. Durant le passage de la vapeur à travers le matériel végétal, les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange "eau + huile essentielle". Le mélange est ensuite véhiculé vers le condenseur et la séparation se fait par décantation. L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant altérer la qualité de l'huile (**Lucchesi, 2005**).

### **I.1.5.3. Hydrodiffusion**

L'hydrodiffusion est une variante de l'entraînement à la vapeur. Cette technique relativement récente et particulière, exploite l'action osmotique de la vapeur d'eau. Elle consiste à faire passer, du haut vers le bas et à pression réduite, la vapeur d'eau au travers de la matrice végétale. L'avantage de cette méthode est d'être plus rapide donc moins dommageable pour les composés volatils, et de ne pas mettre en contact le matériel végétal avec l'eau. De plus, l'hydrodiffusion permet une économie d'énergie due à la réduction de la durée de la distillation et donc à la réduction de la consommation de vapeur (**Bassereau et al., 2007**).

### **I.1.5.4. Extraction par du CO<sub>2</sub> supercritique**

L'extraction par CO<sub>2</sub> supercritique est fondée sur la solubilité des constituants dans le dioxyde de carbone à l'état supercritique. Grâce à cette propriété, le dioxyde de carbone permet l'extraction dans le domaine liquide et la séparation dans le domaine gazeux. Le dioxyde de carbone est liquéfié par refroidissement et comprimé à la pression d'extraction choisie. Il est ensuite injecté dans l'extracteur contenant le matériel végétal, puis le liquide se convertit à l'état gazeux pour être conduit vers un séparateur où il sera séparé en extrait et en solvant. L'avantage de cette méthode est la possibilité d'éliminer et de recycler le solvant par simple compression. De plus les températures d'extraction sont basses et permettent de préserver les constituants les plus fragiles. Cette technique est utilisable pour les essences difficilement distillables (**Martini et Seiller, 1999**).

#### **I.1.5.5. Extraction assistée par micro-onde**

Le procédé d'extraction par micro-ondes appelée "Vacuum Microwave Hydro distillation" a été développée au cours des dernières décennies à des fins analytiques. Le procédé consiste à irradier par micro-ondes de la matière végétale broyée en présence d'un solvant absorbant fortement les micro-ondes (le méthanol) pour l'extraction de composés polaires ou bien en présence d'un solvant n'absorbant pas les micro-ondes (hexane) pour l'extraction de composés apolaires. L'ensemble est chauffé sans jamais atteindre l'ébullition durant de courtes périodes entrecoupées par des étapes de refroidissement. L'avantage principal de ce procédé est de réduire considérablement la durée de distillation et d'obtenir un bon rendement d'extrait (**Wang et al., 2006**).

#### **I.1.5.6. L'expression à froid**

Le procédé d'extraction par expression à froid est le procédé plus simple mais aussi le plus limité. Il est réservé à l'extraction des composés volatils dans les péricarpes des hespéridés ou encore d'agrumes qui ont une très grande importance pour l'industrie des parfums et des cosmétiques. Cependant ce sont des produits fragiles en raison de leur composition en terpènes. Il s'agit d'un traitement mécanique qui consiste à déchirer les péricarpes riches en cellules sécrétrices. L'essence libérée est recueillie par un courant d'eau. Cette technique permet de récupérer toute le contenu en huile essentielle (**Anton et Lobstein, 2005**).

#### **I.1.5.7. L'extraction par solvants volatils**

La technique d'extraction classique par solvant, consiste à placer dans un extracteur un solvant volatil et la matière végétale à traiter. Grâce à des lavages successifs, le solvant va se charger en molécules aromatiques, avant d'être envoyé au concentrateur pour y être distillé à pression atmosphérique. Les solvants les plus utilisés sont l'hexane, le cyclohexane, l'éthanol, le méthanol, le dichlorométhane et l'acétone. Le solvant choisi, en plus d'être autorisé devra posséder une certaine stabilité face à la chaleur, la lumière ou l'oxygène, sa température d'ébullition sera de préférence basse afin de faciliter son élimination, et il ne devra pas réagir chimiquement avec l'extrait (**Kim et al., 2002**). Ces solvants ont un pouvoir d'extraction plus élevé que l'eau si bien que les extraits obtenus contiennent des composés volatils et plusieurs composés non volatils tels que des cires, des pigments, des acides gras d'autres substances (**Hubert et al., 1992**).

## I.2. Les plantes étudiées

### I.2.1. *Rosmarinus officinalis*

#### I. 2.1.1. Etymologie

Le nom latin *rosmarinus* est interprété, comme dérivé "ros" de la rosée et "marinus" d'appartenir à la mer, bien qu'elle se développe habituellement loin de la mer. Cette interprétation serait un produit d'étymologie traditionnelle, mais probablement le nom original est dérivé du grec "rhops" (arbuste) et "myron" (baume) (Heinrich et al., 2006).

#### I. 2.1.2. Classification botanique

La classification botanique de l'espèce *Rosmarinus officinalis* a été donnée par Quezel et Santa (1963).

- Règne : plantes
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliopsida
- Ordre : Lamiales (labiales)
- Famille : Lamiaceae
- Genre : *Rosmarinus*
- Espèce : *Rosmarinus officinalis* L



Figure 3 : Aspects morphologiques du Romarin

La famille des lamiacées, connue également sous le nom des labiées, comporte environ 258 genres pour 6900 espèces dont la plupart se concentrent dans le bassin méditerranéen (Botineau, 2010). Le genre *Rosmarinus* ne regroupe que trois espèces (Bartels, 1997) :

- *Rosmarinus officinalis* Linné, de loin l'espèce la plus aromatique et la plus importante.
- *Rosmarinus eriocalix* Jord. & Fourr.
- *Rosmarinus tomentosus* Huber- Morath et Maire, morphologiquement très proche de *Rosmarinus eriocalix*.

### I. 2.1.3. Description botanique

Le romarin est un arbrisseau de la famille des labiées (lamiacées). Il peut atteindre jusqu'à 1.5 mètre de hauteur. Il est facilement reconnaissable en toute saison par ses feuilles persistantes sans pétiole, coriaces, et beaucoup plus longues que larges aux bords. Les feuilles sont légèrement enroulées et elles sont vert sombre luisantes sur le dessus et blanchâtres en dessous. La floraison commence dès le mois de février (ou parfois en janvier) et se poursuit jusqu'à avril-mai. La couleur des fleurs varie du bleu pâle au violet. Comme pour la plupart des lamiacées, le fruit est un tétrakène de couleur brune.

### I. 2.1.4. Ecologie

Originaire des régions méditerranéennes, le romarin pousse spontanément dans le Sud de l'Europe (France, l'Espagne, Italie, Corse et en Portugal) et dans l'Afrique du nord (Tunisie, Maroc et en Algérie). Le romarin pousse généralement dans les régions aux climats chauds et modérément secs. Il est cultivé de part le monde à partir des semis ou de boutures au printemps. Les branches récoltées pendant l'été sont séchées à l'air libre et à l'ombre (**Heinrich et al., 2006**).

### I. 2.1.5. Composition chimique de l'huile essentielle du romarin

L'huile essentielle du romarin (1 à 2% dans la plante) contient de l' $\alpha$ -pinène (7 à 80%), de la verbénone (1 à 37%), du camphre (1 à 38%), de l'eucalyptol (1 à 35%), du bornéol (4 à 19%), de l'acétate de bornyle (jusqu'à 10%) et du camphène.

En plus de l'huile essentielle on trouve dans le romarin environ 2 à 4% de dérivés triterpéniques tels que l'acide ursolique, l'acide oléanolique, l'acétate de germanicol ; des lactones diterpéniques en particulier le picrosalvine, les dérivés de l'acide carnosolique, le rosmanol, le rosmadial, et des acides phénoliques ; des acides gras hydroxylés notamment des dérivés de l'acide décanoïque ; et enfin des acides gras organiques tels que l'acide citrique, les acides glycolique et glycérique, des stérols, de la choline, du mucilage (**Bellakhdar, 1997**) et de la résine (**Beloued, 1998**).

### I. 2.1.6. Propriétés biologiques

Le romarin est souvent cultivé pour son huile essentielle. En raison de sa teneur élevée en cette huile, la plante est utilisée comme carminatif et stomachique dans les troubles digestifs, les ballonnements, les flatulences, mais aussi pour stimuler l'appétit et les sécrétions gastriques. **(Wichtle et Anton, 2003).**

Dans la médecine traditionnelle ses parties aériennes sont utilisées par voie orale pour soulager la colique rénale, les dysménorrhées et comme antispasmodique **(Gonzalez-Trujano et al., 2007).**

#### I. 2.1.6. 1. Activité antibactérienne et antifongique

Plusieurs travaux de recherches ont démontrés les propriétés antibactériennes du romarin. Tsai et al. (2007) ont étudié les effets des extraits aqueux et méthanoliques du romarin sur la croissance de *Streptococcus sobrinus* et l'activité extracellulaire de l'enzyme glucosyltransferase. Les résultats ont montré que le romarin empêche la lésion de la carie en inhibant la croissance de *Streptococcus sobrinus* et permet d'éliminer les plaques dentaires par suppression de l'activité de la glucosyltransférase. Par ailleurs, l'extrait du romarin, obtenu par le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), supercritique, a présenté un large spectre antimicrobien à l'égard de 28 souches bactériennes **(Weckesser et al., 2007).**

Rasooli et al. (2008) a démontré que l'huile essentielle du romarin inhibe complètement la biosynthèse de l'aflatoxine par *Aspergillus parasiticus*. En utilisant la technique standard de diffusion sur gélose, Sacchetti et al. (2005) ont évalué l'activité antifongique de 11 huiles essentielles y compris celle du romarin. Les résultats ont montré que ces huiles ont une activité inhibitrice modérée sur les cinq espèces fongiques étudiées (*Candida albicans*, *Rhodotorulaglutinis*, *Schizosaccharomycespombe*, *Saccharomycescerevisiae*, *Yarrowialypolitica*)

## I.2.2. *Artemisia herba alba*

La famille des Asteraceae englobe un grand nombre de plantes différentes parmi lesquelles ; l'armoise ou le genre *Artemisia* qui comprend plus de 400 espèces, réparties dans le monde (**Bencheqroun et al., 2012**).

L'espèce *Artemisia herba alba* (armoise blanche) est une plante aromatique et médicinale appartenant à la famille des Astéracées (**Quézel et Santa, 1962**). Elle se caractérise par un polymorphisme morphologique très important en relation avec les conditions écologiques locales (**Figure 2**) (**Chaieb, 2000**).



**Figure 4:** *Artemisia herba alba* (**Chaieb, 2000**).

### I.2.2.1. Dénominations

*Artemisia* est le nom du genre des armoises, ce nom proviendrait de celui de la déesse grecque de la chasse Artémis. *Herba alba* signifie herbe blanche.

- **Nom en arabe :** Chih, elkayssoum, chih elkarssani (**Benjilali et Richard, 1980 ; Al-Khazraji et al., 1993 ; Seddiek et al., 2011**).
- **Nom en tamazight :** Ifsi (**El Rhaffari, 2008**).
- **Noms en français :** Armoise blanche (**El Rhaffari, 2008**).
- **Noms en anglais :** Desert worm wood ou white worm wood (**Al-Khazraji et al., 1993 ; Seddiek et al., 2011; Abass, 2012**).

### I.2.2.2. Classification botanique

La classification botanique de l'*Artemisia herba-alba* a été faite par Friedman et al. (1986).

<b>Règne</b>	<i>Plantae</i>
<b>Sous-règne</b>	Tracheobionta
<b>Division</b>	Magnoliophyta
<b>Classe</b>	Magnoliopsida
<b>Sous-classe</b>	Asteridae
<b>Ordre</b>	Asterales
<b>Famille</b>	Asteraceae
<b>Genre</b>	<i>Artemisia</i>
<b>Espèce</b>	<i>Artemisia herba alba</i>

### I.2.2.3. Description botanique

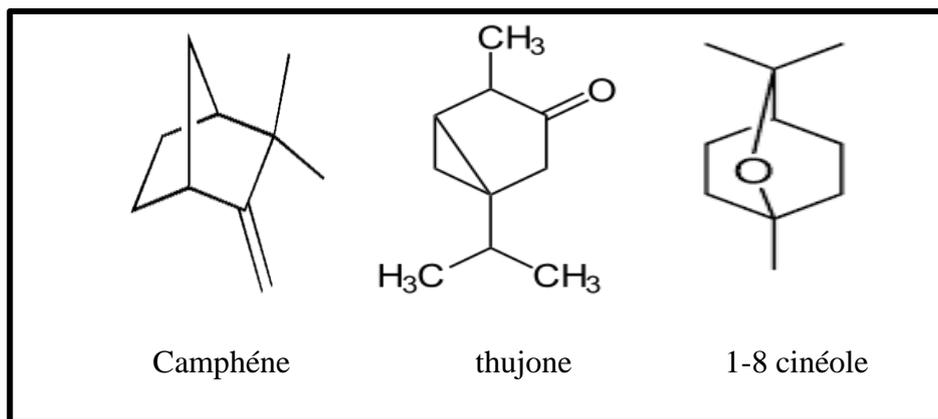
L'espèce *Artemisia Herba Alba* est une plante herbacée vivace de 30 à 50 cm de long, de couleur très verdoyante avec de jeunes branches tomenteuses. Les feuilles sont courtes, généralement pubescentes et argentées. Les fleurs sont hermaphrodites, emballées dans des petites capitules (comprenant chacun de 3 à 8 fleurs) sessiles et les fruits sont des akènes. La croissance végétative d'*Artemisia Herba Alba* a lieu à l'automne ; la floraison commence en Juin et se développe essentiellement en fin d'été (Gharabi et al., 2008).

### I.2.2.4. Ecologie

Le genre *Artemisia* est un membre d'une grande variété de plantes appartenant à la famille des Asteraceae. Plus de 300 espèces de ce genre se trouvent principalement dans les zones arides et semi arides d'Europe, d'Amérique, de l'Afrique du nord ainsi qu'en Asie. Les espèces, telles que *Artemisia absinthium*, l'*Artemisia annu* ou l'*Artemisia vulgaris* sont incorporés dans les Pharmacopées de plusieurs pays européens et asiatiques. En commun avec plusieurs d'autres espèces, *Artemisia herba alba*, une plante caractéristique du moyenne-orient et d'Afrique du nord, est utilisée en médecine traditionnelle pour traiter plusieurs maladies. Elle se développe dans les zones bioclimatique qui vont de la partie supérieure semi-arides à la partie inférieure Subsaharienne (Friedman et al., 1986).

### I.2.2.5. Composition chimique de l'huile essentielle de l'armoise blanche

Au cours de ces dernières décennies, l'huile essentielle de l'armoise blanche a été soigneusement étudiée et la diversité dans la composition phytochimique de cette huile recueillie dans différents pays a conduit à de nombreux chemotypes. Généralement, l'huile est composée de monoterpénoïdes, en particulier, les monoterpénoïdes oxygénés tels que le 1-8 cinéole, le chrysanthénone,  $\alpha$  et  $\beta$  thujones et le camphre (Mohamed *et al.*, 2010).



**Figure 5:** Structures chimiques de quelques composés rencontrés dans l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* (Mohamed *et al.*, 2010).

### I.2.2.6. Propriétés biologiques

L'espèce *Artemisia herba-alba* a été très utilisée en médecine traditionnelle. Elle a été utilisée, tout d'abord, comme aromatisant dans le thé et le café, puis elle est devenue une panacée dans la médecine traditionnelle arabo-musulmane pour traiter les désordres gastriques. Elle présente aussi un caractère vermifuge très prisé par le bétail. Des études ethnopharmacologiques ont montré l'intérêt de l'armoise blanche contre le diabète grâce à son activité hypoglycémiante, ainsi que contre l'hypertension, et également la présence d'activité emménagogue (Friedman *et al.*, 1986).

Les extraits aqueux d'armoise blanche montrent des activités antileishmaniose, antigénotoxiques, antidiabétiques, antibactériennes et antispasmodiques par contre l'huile essentielle présente quelques activités antimicrobiennes, antifongiques, spasmolytiques et hypoglycémiques (Marrif *et al.*, 1995 ; Bellakhdar, 1997).

### I.2.2.6.1. Activité antibactérienne et antifongique

L'huile essentielle de l'armoise blanche présente plusieurs propriétés antimicrobiennes. Les substances actives de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* tel que le camphre présentent une forte activité antibactérienne contre une large variété de bactéries (*Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogène*, *Salmonella enterica*, *Clostridium jejuni*, *Lactobacillus sake*, *Staphylococcus aureus* et *Heliobacter pylori*) (Piochon, 2008).

L'activité antifongique de l'armoise semble être associée à deux grande composés volatils à savoir le carvone et le pipéritone qui sont très actifs vis-à-vis de plusieurs espèces de levure et de moisissure (*Penicillium*, *Fusarium* et *Candida...*), par l'inhibition de la croissance des levures et la germination des spores, l'élongation du mycélium, la sporulation et la production de toxines chez les moisissures (Souza et al., 2006).

## ***II. Matériels et méthodes***

## II. Matériels et méthodes

Dans cette partie de notre travail, les extraits bruts en huiles essentielles de l'espèce *Artemisia herba alba* et de *Rosmarinus officinalis* ont été fournis gracieusement et mis à notre disposition. Les informations concernant la récolte ainsi que l'extraction de chaque huile essentielle nous ont été communiquées comme suit :

### II.1. Matériel végétal

Les échantillons de la partie aérienne (tiges et feuilles) d'*Artemisia herba alba* et de *Rosmarinus officinalis* ont été récoltés durant le mois d'avril 2015, dans les régions d'El-Euche et de Zemoura, respectivement, de la Wilaya de Bordj Bou Arreridj. Les plantes récoltées ont été séchées à l'ombre pendant 10 jours.

### II.2. Extraction des huiles essentielles

L'extraction des huiles essentielles a été effectuée par hydrodistillation dans un appareil de type Clevenger. Les distillations ont été réalisées par ébullition pendant trois heures. Les extraits bruts d'huiles essentielles obtenus ont été conservés à 4 °C dans des fioles scellées hermétiquement jusqu'à utilisation ultérieure.

### II.3. Tests microbiologiques

#### II.3.1. Les souches testées

Les souches utilisées dans l'étude antimicrobienne font partie de deux groupes de microorganismes (**Tableau I**), qui sont des pathogènes et des contaminants.

**Tableau I** : Sources des souches microbiennes étudiées

La souche	La source
<b>Champignon</b>	Laboratoire de phytopathologie (UBBA)
<i>Fusarium oxysporum</i>	
<b>Bactéries</b>	Laboratoire de microbiologie (U. de Bouira)
<i>Escherichia coli</i> (Gram-)	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (Gram-)	
<i>Staphylococcus aureus</i> (Gram+)	

## II.3.2. Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles

### II.3.2.1. Technique de dilution sur milieu solide

Cette technique est appliquée sur des boîtes de pétri (9 mm) pour déterminer le taux de croissance ou le taux d'inhibition d'une souche microbienne. 1000 ml du milieu PDA sont préparés, stérilisés, puis conservés. Avant chaque utilisation, le milieu PDA solide est placé dans l'eau bouillante puis introduit au bain-marie pour ramener sa température à 45°C. Pour la préparation des différentes concentrations en huile essentielle à tester, des flacons contenant 60 ml de PDA sont additionnés d'un volume d'huile essentielle (0.6, 0.3, 0.15, 0.03 et 0.006 ml) et mélangés à 1.8 ml de tween à 3% pour obtenir des dilutions de 1, 0.5, 0.25, 0.05, 0.01%. Chaque flacon est homogénéisé instantanément par agitation puis son contenu est versé dans des boîtes de pétri. Le mélange ainsi versé est laissé au repos jusqu'à refroidissement et solidification.

À l'aide d'une pipette pasteur, des disques de mycélium de 6mm de diamètre sont inoculés avec une colonie prélevée d'une culture jeune (24 heures). Chaque disque est déposé au centre de la boîte de Pétri contenant le milieu PDA préparé au préalable avec les différentes dilutions en huile essentielle. Les boîtes de pétri (témoins et essais) sont incubés à  $28^{\circ} \pm 2^{\circ}$ , pendant 7 jours.

Chaque jour est relevée la croissance de filaments sur chaque boîte et, à la fin du temps d'incubation, il est procédé à une mesure des diamètres des différentes colonies de champignons filamenteux pour calculer le taux d'inhibition (I%) (Kordali et al., 2003), selon l'équation suivante :

$$I(\%) = 100 \times (DC-DE) / DC$$

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

DC = Diamètre des colonies dans les boîtes (témoins positifs)

DE = Diamètre des colonies dans les boîtes contenant l'huile essentielle

## II.3.3. Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles

### II.3.3.1. Technique de diffusion sur milieu solide

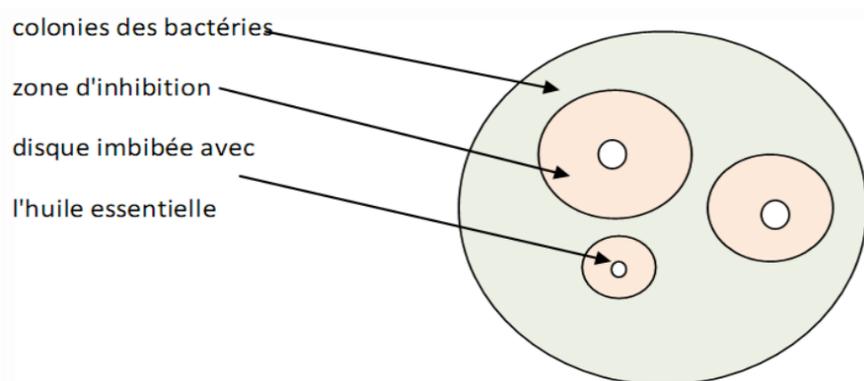
L'étude est réalisée par la méthode de diffusion, qui est initialement conçue pour les antibiotiques (antibiogramme), en substituant les disques d'antibiotique par d'autres imprégnés d'huiles essentielles (aromatogramme) à la surface des géloses nutritivesensemencées par le germe à tester.

### Préparation de l'inoculum

Une suspension bactérienne de 0.5 Mc Ferland est préparée à partir d'une culture pure et jeune de 18 heures. Cette opacité, équivalente à une densité optique de 0.08–0.1 à 625nm, peut être augmentée (ou diminuée) en ajoutant plus de culture afin d'ajuster la densité optique. Il est à signaler d'une part que la suspension ajustée devra contenir  $10^8$  UFC /ml (units forming colony /ml) et d'autre part que l'inoculum ainsi préparé ne doit pas être utilisé au-delà de 15 minutes (l'opacité risque d'augmenter à cause de la croissance bactérienne).

Des boîtes de Pétri contenant de la gélose nutritive ou le milieu Macconkey Agar, selon la souche testée, à raison de 20 ml par boîte sont inoculées ; 3 gouttes de la suspension bactérienne sont déposées à la surface du milieu de culture puis étalées à l'aide d'un râteau. Ensuite, on dépose 3 disques de papier filtre (Whatman) stériles de 6 mm de diamètre à la surface de chaque boîte, ces disques sont imbibés au préalable par 10  $\mu$ l de différentes concentrations en huile essentielle solubilisée dans le DMSO (1/2, 1/4, 1/8, 1/16, et le DMSO comme témoin). Les boîtes de Pétri sont ensuite fermées et laissées diffuser et mises à l'étuve à une température de 37°C pendant 24 heures. Après 24 heures d'incubation, une zone ou un halo clair est présent autour du disque si l'huile essentielle inhibe le développement bactérien comme le montre la figure ci-dessous.

Dans la technique de diffusion il y a une compétition entre la croissance de la bactérie et la diffusion du produit à tester (**Guinoiseau, 2010**).



**Figure 6:** Méthode de diffusion sur disque

## **II.4. Etude statistique**

Les analyses de la variance ont été réalisées par le logiciel statistique Statview. Toutes les expériences ont été répétées trois fois. Les résultats sont présentés par la moyenne  $\pm$  la déviation standard pour chaque cas. Les différences ont été considérées significatives à  $P < 0,05$ .

### ***III. Résultats et discussion***

### III. Résultats et discussion

#### III.1. Etude de l'activité antifongique

Face aux problèmes d'altération et de pourrissement des denrées alimentaires causés par les microorganismes, de nombreux travaux de recherches ont été menés sur le pouvoir antimicrobien des produits d'origine naturelle en particulier, les plantes médicinales. Dans la présente étude, l'action de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* et de *Rosmarinus officinalis* vis-à-vis de la souche fongique *Fusarium oxysporum* a été réalisée par la méthode de contact direct et quatre répétitions ont été effectuées.

##### III.1.1. Effet de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* sur la croissance de *Fusarium oxysporum*

Après 7 jours d'incubation à 30 °C, les résultats obtenus montrent que les diamètres de croissance varient significativement en fonction des concentrations des huiles essentielles testées. En absence d'extraits d'huile essentielle (témoin en présence de tween), la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* évolue de 0.81 à 6.58 cm, alors qu'en présence de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba*, la croissance mycélienne est significativement diminuée jusqu'à inhibition complète et ceci en fonction de la concentration utilisée (Tableau II).

**Tableau II :** Cinétique de croissance mycélienne (cm) de *Fusarium oxysporum* en fonction du temps d'incubation et en présence de différentes concentrations d'huile essentielle d'*Artemisia herba alba*.

Jours Concentrations en HE d' <i>Artemisia herba alba</i>	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7
Témoin	0.81 ± 0.10	2.48 ± 0.02	3.01 ± 0.10	3.66 ± 0.15	4.07 ± 0.20	5.38 ± 0.10	6.58 ± 0.10
0,01%	0.58 ± 0.07	1.3 ± 0.2	2.29 ± 0.27	3.1 ± 0.36	3.3 ± 0.1	4.5 ± 0.26	5.2 ± 0.26
0,05%	0.12 ± 0.01	0.88 ± 0.07	1.4 ± 0.4	1.5 ± 0.1	2 ± 0.1	3.45 ± 0.05	4.32 ± 0.07
0,25%	0	0	0	0	0.66 ± 0.05	0.75 ± 0.05	0.8 ± 0.05
0,5%	0	0	0	0	0	0	0
1%	0	0	0	0	0	0	0

D'après ces résultats, il apparait clairement que la croissance est visible dès le premier jour d'incubation pour les concentrations de 0.01% et de 0.05% alors que pour la concentration de 0.25%, la croissance mycélienne apparait après cinq jours d'incubation.

Au-delà de cette concentration aucune croissance n'a été observée (**Tableau II**). Le témoin a montré des valeurs croissantes tout au long de la période d'incubation, ceci implique que l'activité antifongique est due uniquement aux substances renfermées dans l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba*.

### III.1.1. Indice antifongique (IA)

L'indice antifongique est un moyen d'exprimer l'inhibition de la croissance microbienne en termes de pourcentage. Du Tableau III, il ressort que les concentrations de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* ont empêché, partiellement (0.25%, 0.05%, et 0.01%) ou complètement (1% et 0.5%) la croissance de *Fusarium oxysporum*.

L'huile essentielle est dite :

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

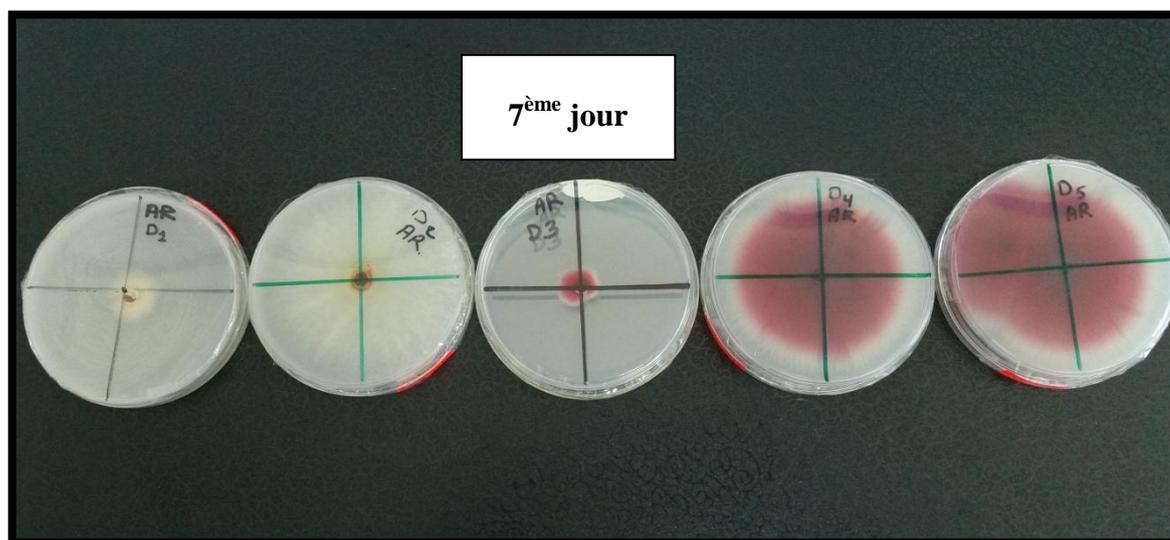
**Tableau III** : Indice antifongique des différentes concentrations de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* vis-vis le *Fusarium oxysporum*.

Jours Concentrations (%)	Jours						
	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7
0,01%	28,39±0,006	47,58±0,08	24,25±0,07	15,30±0,07	17,70±0,02	16,35±0,04	20,97±0,03
0,05%	85,18±0,008	64,51±0,03	53,48±0,12	59,01±0,01	50,12±0,05	37,73±0,005	34,34±0,001
0,25%	100	100	100	100	83,54±0,08	86,24±0,007	87,84±0,007
0,5%	100	100	100	100	100	100	100
1%	100	100	100	100	100	100	100

Les résultats du Tableau III montrent que l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* est très active sur *Fusarium oxysporum* pour des concentrations de 1%, 0.5%, et de 0.25%.

La diminution de l'indice antifongique a été très significative pour les concentrations en huile essentielle de 0.01 et de 0.05% avec un pourcentage d'inhibition de 28.39% à 20.97% et de 85.18% à 34.34%, respectivement. La concentration minimale inhibitrice (CMI) est donc de 0.5%.

La figure ci-après montre les résultats de l'effet de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* en fonction de différentes concentrations et après 7 jours d'incubation.



**Figure 7:** Effet de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* sur la croissance de *Fusarium oxysporum* en fonction de différentes concentrations.

### III.1.2. Effet de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* sur la croissance de *Fusarium oxysporum*

Les résultats du Tableau IV montrent que la croissance mycélienne est visible dès le premier jour d'incubation pour des concentrations de 0.01%, 0.05% et de 0.25% de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* alors qu'aucune croissance n'a été observée pour les concentrations de 0,5% et 1%.

**Tableau IV :** Cinétique de croissance mycélienne (cm) de *Fusarium oxysporum* en fonction du temps d'incubation et en présence de différentes concentrations de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*.

Jours Concentrations d'HE de <i>Rosmarinus officinalis</i>	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7
Témoin	0.81 ± 0.03	2.48 ± 0.02	3.01 ± 0.07	3.66 ± 0.05	4.01 ± 0.11	5.5 ± 0.1	6.58 ± 0.32
0,01%	0.64 ± 0.04	1.61 ± 0.03	2.15 ± 0.05	3.05 ± 0.08	3.4 ± 0.36	4.81 ± 0.03	6.72 ± 0.20
0,05%	0.18 ± 0.03	0.88 ± 0.02	1.48 ± 0.07	1.7 ± 0.05	2.26 ± 0.26	3.56 ± 0.2	4.79 ± 0.28
0,25%	0.11 ± 0.01	0.23 ± 0.02	0.3 ± 0.05	0.37 ± 0.02	0.81 ± 0.02	1.18 ± 0.07	1.68 ± 0.41
0,5%	0	0	0	0	0	0	0
1%	0	0	0	0	0	0	0

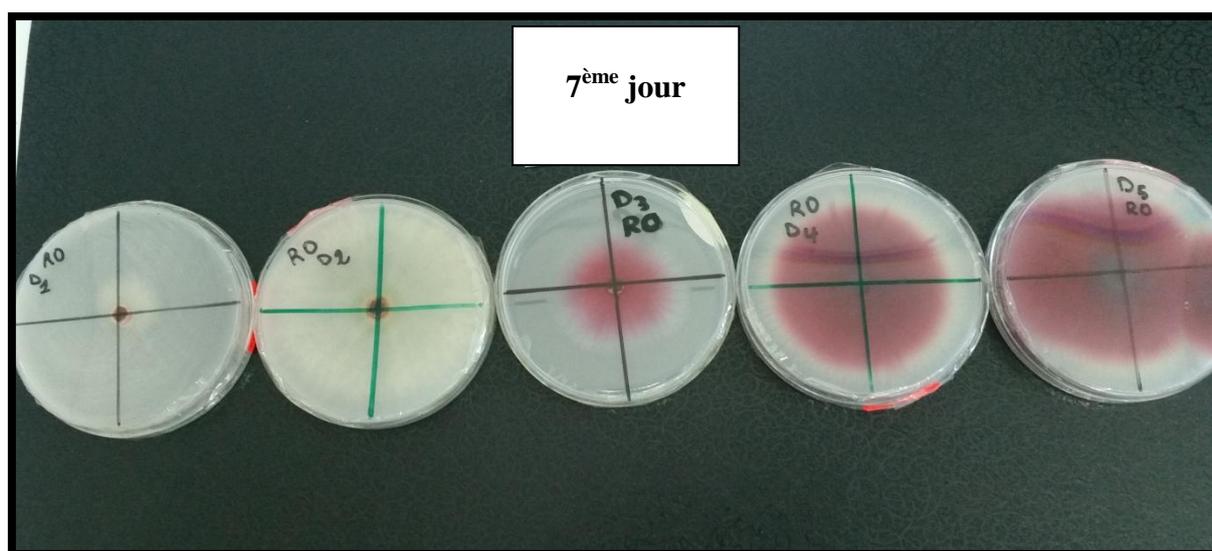
Dans le cas de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*, cette dernière reste très active sur *Fusarium oxysporum* uniquement pour des concentrations de 1% et 0.5%

La diminution de l'indice antifongique a été très significative pour les concentrations en huile essentielle de 0.01% avec un pourcentage d'inhibition de 20.98% à 2.58%, après 7 jours. De la même manière que pour l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba*, la concentration minimale inhibitrice (CMI) de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* est de 0.5%.

**Tableau V:** Indice antifongique des différentes concentrations de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* vis-vis le *Fusarium oxysporum*.

Jours Concentrations (%)	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7
0,01%	20.98±0,02	35.08±0,01	28.57±0,006	16.66±0,012	14.96±0,07	10.59±0,04	2.58±0,031
0,05%	77.77±0,04	64.51±0,007	50.83±0,015	53.55±0,008	43.64±0,05	37.54±0,005	25.83±0,001
0,25%	86,41±0,02	90,72±0,01	90,03±0,014	89,89±0,006	79,80±0,002	78.06±0,007	70.63±0,006
0,5%	100	100	100	100	100	100	100
1%	100	100	100	100	100	100	100

La figure 8 montre les résultats de l'effet de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* en fonction de différentes concentrations et après 7 jours d'incubation.



**Figure 8:** Effet de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* sur la croissance de *Fusarium oxysporum* en fonction de différentes concentrations.

Les huiles essentielles du romarin et de l'armoise blanche ont montré une importante activité inhibitrice vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* avec des CMI de 0.5%.

Les huiles essentielles sont très efficaces en tant qu'agents antifongiques car elles affectent plusieurs cibles simultanément par leur diversité de composés phytochimiques (**Bakkali et al., 2008**). En effet, l'activité antifongique des huiles essentielles est due au type et à la structure moléculaire des composants actifs qui y sont présents, tels que les terpènes qui affectent non seulement la perméabilité mais aussi d'autres fonctions dans les membranes cellulaires (**Omidbeygi et al., 2007 ; Cristani et al., 2007**). De plus, l'efficacité antifongique des huiles essentielles peut être expliquée par l'effet synergique entre leurs différents composés (**Giordani et al., 2008**).

Le pouvoir antifongique des huiles essentielles du romarin et de l'armoise blanche pourrait être attribué à la présence de composants antifongiques classés dans la liste des constituants à activité antifongique tels que : le myristicine, le curcumène, le caryophyllène, l'élémicine, le pinène, le teroinène et le terpinolène (**Duke, 2009**).

Les concentrations d'huiles essentielles du romarin et de l'armoise blanche ont empêché, partiellement (0.25% , 0.05%, 0.01%) ou complètement (1% , 0.5%), la croissance de la souche fongique testée. Ces résultats corroborent ceux rapportés par Uribe et al.,(1985) qui ont démontré que des faibles concentrations en huile essentielle ont un effet inhibiteur partiel du fait que la respiration est inhibée et la perméabilité des cellules est altérée tandis que de fortes concentrations en huile essentielle provoquent des dommages membranaires sévères et une perte de l'homéostasie cellulaire et par conséquent la mort cellulaire ou l'inhibition totale.

### III.2. Etude de l'activité antibactérienne

L'activité antibactérienne de l'huile essentielle du romarin et de l'armoise blanche a été évaluée selon la technique de diffusion sur milieu solide, par la mesure du diamètre de la zone d'inhibition autour des disques à l'égard de trois germes pathogènes soit : *E. coli* (Gram -), *S.aureus* (Gram+) et *P. aeruginosa* (Gram -), après 24 heures d'incubation à une température de 37 °C.

La sensibilité de la souche à l'action des huiles essentielles est déterminée comme suit :

- $D < 8\text{mm}$  : Souche résistante (-).
- $8\text{mm} \leq D \leq 14\text{mm}$  : Souche sensible (+).
- $15\text{mm} \leq D \leq 19\text{mm}$  : Souche très sensible (++).
- $D > 20\text{mm}$  : Souche extrême sensible (+++)

Le tableau VI reprend les résultats du test de sensibilité et les diamètres des zones d'inhibition (mm) d'*E. coli*, de *S.aureus*, et de *P. aeruginosa* sous l'action de différentes concentrations de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba*.

**Tableau VI :** Résultats du test de sensibilité et des diamètres des zones d'inhibition (mm) d'*E. coli*, de *S.aureus*, et de *P. aeruginosa* en présence de différentes concentrations de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba*, du DMSO et de l'amoxicilline.

Traitement / Souche	Amoxicilline	Témoin (DMSO)	HE (1)	HE (1/2)	HE (1/4)	HE (1/8)	HE (1/16)
<i>E. coli</i>	31 ± 0.5 +++	--	14.5 ± 0.86 +	11 ± 0.5 +	11 ± 1 +	10 ± 0.5 +	9.5 ± 0.5 +
<i>S. aureus</i>	35.65 ± 0.35 +++	--	31.4 ± 0.52 +++	30.4 ± 0.52 +++	14.4 ± 0.52 +++	14.5 ± 0.4 +	12.5 ± 0.5 +
<i>P. aeruginosa</i>	23 ± 0.1 +++	--	23.6 ± 0.52 +++	22.6 ± 0.52 +++	9.63 ± 0.32 +	8.6 ± 1.12 +	6 ± 0.5 -

**DMSO:** témoin, **HE:** huile essentielle

(+++): Extrêmement, (-): résistante, (- -): pas d'inhibition.

Chaque valeur dans le tableau est la moyenne de trois essais, unité de calcul en mm.

La figure 9 montre quelques images des zones d'inhibition d'*E. coli*, de *S. aureus*, et de *P. aeruginosa* sous l'action de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba*.



**Figure 9 :** Images montrant les zones d'inhibition d'*E. coli*, de *S. aureus* (7), et de *P. aeruginosa* (10) sous l'action de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba*.

Le tableau VII illustre les résultats du test de sensibilité et les diamètres des zones d'inhibition (mm) d'*E. coli*, de *S.aureus*, et de *P. aeruginosa* sous l'action de différentes concentrations de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba*.

**Tableau VII :** Résultats du test de sensibilité et des diamètres des zones d'inhibition (mm) d'*E. coli*, de *S.aureus*, et de *P. aeruginosa* en présence de différentes concentrations de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*, du DMSO et de l'amoxicilline.

Traitement Souche	Amoxicilline	Témoin (DMSO)	HE (1)	HE (1/2)	HE (1/4)	HE (1/8)	HE (1/16)
<i>E.coli</i>	31 ± 0.5 +++	--	15 ± 0.5 +	11.5 ± 0.78 +	11 ± 0.5 +	10 ± 0.5 +	7.5 ± 0.5 -
<i>S.aureus</i>	25 ± 0.86 +++	--	21.9 ± 0.11 +++	12.5 ± 0.43 +	10.75 ± 0.66 +	9.5 ± 0.5 +	7.6 ± 0.6 -
<i>P.aeruginosa</i>	25 ± 0.5 +++	--	23 ± 0.5 +	13.6 ± 0.52 +	12.5 ± 0.5 +	10.5 ± 0.5 +	7.8 ± 0.26 -

La figure 10 montre quelques images des zones d'inhibition d'*E.coli*, de *S. aureus*, et de *P. aeruginosa* sous l'action de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*.



**Figure 10 :** Images montrant les zones d'inhibition d'*E.coli*, de *S. aureus* (7), et de *P. aeruginosa* (10) sous l'action de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*.

L'étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* et de *Rosmarinus officinalis* a permis de révéler une importante activité inhibitrice quant à la croissance de *S. aureus*, d'*E. coli* et de *P. aeruginosa*. La plus grande activité inhibitrice est observée lorsque les huiles essentielles sont testées à l'état brut avec des zones d'inhibition de 31.4mm sur *S. aureus*, 23.6mm sur *P.aeruginosa* et de 14.5mm sur *E. coli*. La différence dans la sensibilité des espèces bactériennes suggère la susceptibilité des différentes souches aux composés bioactifs des huiles essentielles.

Au vu des résultats obtenus, le classement de la sensibilité des bactéries est comme motionnée dans le tableau ci-dessous.

**Tableau VIII** : Halos d'inhibition (mm) provoqués par les deux huiles essentielles testées.

Huiles essentielles	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>S.aureus</i>
<i>Artemisia herba alba</i>	14.5 Sensible	23.6 Extrêmement sensible	31.4 Extrêmement sensible
<i>Rosmarinus officinalis</i>	15 Très sensible	23.5 Extrêmement sensible	22 Extrêmement sensible

Les résultats obtenus montrent que l'activité antibactérienne est fonction de la bactérie cible. Il s'est avéré que toutes les bactéries testées ont été sensibles vis-à-vis des deux huiles essentielles. Néanmoins, *E. coli* possède un potentiel de résistance un peu élevé par rapport aux autres espèces en raison des faibles zones d'inhibition observées (14.5 mm et 15mm).

Concernant *S. aureus*, cette dernière a montré une sensibilité extrême aux deux huiles essentielles où l'activité antibactérienne la plus élevée a été enregistrée avec l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba*. De même *P. aeruginosa* a une sensibilité extrême vis-à-vis des deux huiles essentielles avec des halos d'inhibitions équivalents (23.5 et 23.6 mm).

Ces résultats montrent aussi que *S. aureus* reste la plus sensible à l'action des huiles comparée à *E. coli* et à *P. aeruginosa*. Cette sensibilité plus marquée des Gram(+) par rapport aux Gram(-) a été déjà signalée dans plusieurs études antérieures (Cox et al., 2001 ; Friedman et al., 2002). Au fait, la grande résistance des bactéries à Gram(-) est liée en partie à la complexité de la paroi cellulaire de ces microorganismes, qui contient une double membrane, contrairement à la structure membranaire simple des bactéries à Gram(+) (Pool, 2001). La pénétration des composés actifs des huiles essentielles est donc différente (Kheyer et al., 2014). Chez les bactéries à Gram(-), la membrane externe constitue une barrière de perméabilité efficace et riche en lipopolysaccharides dont les charges négatives de surface empêchent la diffusion des molécules hydrophobes (Nikaodo et al., 2003), toutefois, certains composés phénoliques de faible poids moléculaire peuvent adhérer à ces bactéries par fixation aux protéines et aux lipopolysaccharides membranaires à l'aide de leurs groupements fonctionnels et se faufiler jusqu'à la membrane intérieure plus vulnérable (Dorman et al., 2000). Autrement dit, les composés hydrophobes sont capables de perturber la membrane plasmique et la membrane externe des bactéries à Gram(-) en provoquant sa perméabilité et en conséquence la mort cellulaire (Wang et al., 2012).

L'activité antibactérienne des huiles étudiées vis-à-vis des trois souches bactériennes serait sans doute liée aux constituants terpéniques et aux dérivés du phénylpropane qu'elles contiennent. Les mono-terpènes oxygénés (thujones, camphène, camphre et 1,8-cinéole) sont les composés majoritaires de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba*. Ces composés ont un fort potentiel inhibiteur sur les souches microbiennes pathogènes (**Gudiz et al., 2008**).

*Rosmarinus officinalis* est très riche en mono-terpènes hydrocarbures et en terpinènes qui sont dotés également d'une grande activité antibactérienne contre les bactéries à Gram- et Gram+ (**Oydeji et al., 2005**). Ces composés phytochimiques exercent leur activité antibactérienne via la perturbation de l'intégrité membranaire (**Knobloch et al., 1989**). Selon **Wang et ses collaborateurs (2012)**, la présence du bornéol, du I-Verbenone, du  $\beta$ -linalol, et du camphre ainsi que d'autres composés dans l'huile essentielle du romarin est responsable de cette activité antibactérienne. D'autres travaux, attribuent l'activité antibactérienne du romarin au 1,8-cinéole (**Miladi et al., 2013**) qui est, pourtant, l'un des composés minoritaires de cette huile. Plusieurs travaux de recherche ont mis en évidence son effet sur les souches suivantes: *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus typhi*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus intermedius*, et *Bacillus subtilis* (**Sivropoulou et al., 1997**).

## IV. Conclusion

L'intérêt accordé à l'étude scientifique du pouvoir thérapeutique des plantes médicinales n'a cessé d'augmenter durant ces dernières années afin de rechercher de nouvelles alternatives aux drogues chimiques, qui sont sans effets néfastes pour la santé humaine et de l'environnement.

L'objectif de ce travail était d'étudier les propriétés antibactériennes et antifongiques des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* et d'*Artemisia herba alba*, très fréquemment employées en Algérie.

La méthode de l'aromatogramme a permis de révéler un grand pouvoir antibactérien des huiles essentielles du romarin et de l'armoise vis-à-vis trois souches bactériennes, soit : *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*.

L'étude de l'activité antifongique de ces mêmes huiles essentielles vis-à-vis de la souche *Fusarium oxysporum* a été réalisée en appliquant la méthode de contact direct. Les résultats obtenus montrent que les huiles essentielles étudiées ont une capacité inhibitrice sur la croissance mycélienne exprimé par un indice antifongique remarquable.

Le présent travail est une étape préliminaire pour des études plus larges et plus approfondies impliquant :

- L'étude des propriétés antimicrobiennes de substances isolées des huiles essentielles testées afin de mieux conforter les résultats obtenus.
- Application éventuelle des extraits d'huiles essentielles étudiées sur quelques denrées alimentaires et explorer les effets obtenus.

## Références bibliographiques

- Abdelguerfi A. (2003)** : evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et durable de la biodiversité importante pour l'agriculture, Rapport de synthèse, Tome IX ALG /97/G31 FEMM/PNUD, Plan d'action et stratégie nationale sur la biodiversité, M.A.T.E.R.A.D.P.
- AFNORE., 2000** : Huiles essentielles. Ed. PARA Graphic. Tome1. Echantillonnage et méthode d'analyse 471P. Tome 2. Volume 1 Monographie relative aux huiles essentielles 323P. Tome 2 Monographie relative aux huiles essentielles 663 P.
- Algerian aromatic plants. *Fitoterapia*, **79** : pp199-203.
- Al-Khazraji S., M., Al-Shamanony L.A., Twaij H.A.A. 1993**: Hypoglycaemic effect of *Artemisia herba alba*. I Effect of different parts and influence of the solvent on hypoglycaemic activity. *Journal of Ethnopharmacology* **40** : 163-166
- and biological activities of *Artemisia herba alba*. *Records of natural products*; **4**: 1-25.
- Anton R., Lobstein A. Plantes aromatiques. 2005** : Epices, aromates, condiments et huiles essentielles. Tec & Doc, Paris, 522.
- Bakkali F., Averbach S., Averbach D. and Idmar M., 2008**: Biological effects of essential oils. Review. *Food Chem. Toxicol* **46**: pp. 446-475.
- Baser K. H.C., et Buchbauer G., 2010** : Handbook of Essential oils : *Science, Technology and applications* CRC Press UK.
- Bassereau, M., A. Chaintreau, S. Duperrex, D. Joulain, H. Leijts, G. Loesing, N. Owen, A. Sherlock, C. Belkhou, H. Beyoudf. et Taleb Bahmedz. 2005**: Approche de la composition biochimique de la menthe verte (*Mentha spicata* L.) dans la région de Ouargla, mémoire DES, université de Ouargla. P2-61.
- Bellakhdar, H., pharmacopée marocaine traditionnelle, 1997** : Ed IBIS Press, Paris.
- Beloued, A 1998** : Plantes médicinales d'Algérie. 2<sup>ème</sup> Edition. Office des publications
- Bencheqroun H.K., Ghanmi M., Satrani B., Aafi A. et Chaouch A. 2012** : Activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Artemisia mesatlantica*, plante endémique du Maroc. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liege* **81** :
- Benjilali B. et Richard H. 1980** : Etude de quelques peuplements d'armoise blanche du Maroc (*Artemisia herba alba*) *Rivista Italiana E.P.O.S.* **62** : 69-74.
- Boutineau M., 2010** : Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Ed *TEC&DOC*, Lavoisier, Paris 1021-1043P.
- Brada, M., Bezzina, M., Marlier, ; Carlier, A. ; Longnay, G., biotechnol. 2007** *Agron. Soc. Environ.*, **11**(11), 3-7.
- Bratels A., 1997** : Guide des plantes du bassin méditerranéen Ed Eugen. Ulmer. 324p.
- Bruneton J., 1999** : Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes Médicinales. 3<sup>ème</sup> édition, Lavoisier Techniques & Documentation, Paris.
- Chaib., 2000** : Caractéristiques Floristiques des îles Kneiss. Projet de préservation de la biodiversité dans la réserve naturelle des îles Kneiss. TUN/98/G52 :13, 38.
- Cox S., D., Mann, C.M.; J.I. 2002**: *Journal of Applied Microbiology* 2001,91:492-497; b) Friedman, M; Henika, P.R.; Mandrell, R.E. *Journal of Food Protection* 2002,65(10) 1545-1560
- Diallo, A 2005**: Etude de la phytochimie et des activités biologiques de *Syzygium guineense* Willd. Myrtaceae. thèse de doctorat en pharmacie. Université de Bamako. 13-14.

- Dorman HJD. , And Deans SG. , 2000:** Antimicrobial agents from plants: antimicrobial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*. **88** (3): 308-316.
- Duke J., 1992.** : Handbook of phytochemical constituents of grasses and other economic plants. Boca Raton FL. CRC Press.
- EL Rhaffari L. 2008 :** Catalogue des plantes potentielles pour la conception de tisanes, l'organisation non gouvernementale italienne (MOVIMONDO), p 11.
- Friedman J., Yaniv Z., Dafni A. & Palewitsch D., 1986:** *J Ethno Pharm.* Jun, **16(2-3)**, 275-87.
- Garnier, M ; Delamarre, V.,** Dictionnaire des termes de médecine, **2002** : 27 Ed. Maloine, Paris.
- Gharabi Z., S. & R.L., 2008:** *Artemisia herba alba Asso. A Guide to Medicinal plants in North Africa.*
- Giordani R. , Hade F. , Kaloustian J. , 2008:** Compositions and antifungal activities of essential oils of some
- Gonzalez-Trujano et al (2007) :** Evaluation of anti-oxidant activity
- Gudiz, B., Djokovic; Djokovic, D.; Vajs, V.; Palic, R; Stojanovic, G. Flavor Frag. J. 2004.** *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 95, 934-940.
- Guinoiseau E. 2010 :** Molécules antibactériennes issues d'huiles essentielles, séparation, identification et mode d'action. *Thèse de Doctorat de l'Université de Corse, option : Biochimie- Biologie moléculaire, France.* 50p.
- Henrich, et al (2006):** Ethnobotany and Flavonoids - potent and versatile.
- Hubert R., Epices et aromates, Tec et Doc – Lavoisier, APRIA., Paris, 1992.**
- Khyer N. Meridja D. Belhamel K. 2014:** Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles d'*Inula viscosa*, *Salvia officinalis* et *Laurus nobilis* de la région de Bejaia. *Algerian Journal of Natural Products*. **2(1)** : 18-26.
- Kim J., Marshall M. R., and Vei C., 1995:** Antibacterial activity of some essential oil components against five foodborne pathogens. *J. of Agricultural and Food Chemistry*, 43, pp: 2839-2845
- Kim, D O., Lee , K.W., Lee, H . J. and Lee, C. Y ., 2002:** Vitamine C Equivalent Antioxidant Capacity VCEAC of Phytochemicals. *J. Agric. Food Chem.* **50** 3713-3717
- Knobloch K.A. Pauli B. Iberl H. Weigand N. Weis. 1989:** Antibacterial and antifungal properties of essential oil components. *J. of Ess. Oil Res* **1**: 119-123.
- Kordali S., Cakir A., Zengin H & Duru M. E., 2003:** Antifungal activities of the leaves of the leaves of three Pistacia species grown in Turkey. *Fitoterapia*. **74P**: 164-167.
- Lardy; Haberkorn, V., Kinesither Rev, 2007:** 61, 14-7.
- Lucchesi, M.-E., 2005 :** Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de Doctorat, Université de la Réunion.
- Marie Elisabeth Lucchesi. 2005:** Extraction Sans Solvant Assisté par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles : p 17 ; 23, 52
- Marrif, H.I; Hassan, 1995:** *J of Ethnopharmacol.* (b), 49, 51-55.
- Martini M. C., Seiller M., Editions tec & Doc, 1999 :** Editions médicales internationales Paris. Lavoisier, 563
- Miladi H., Ben Salama R., Zouri S., Bakhrouf A., AMMAR E., 2013 :** Essential oil of *Thymus vulgaris* L. and *Rosmarinus officinalis* L. , Gas chromatography-mass spectrometry analysis , cytotoxicity and antioxidant properties and antibacterial activities against foodborne pathogens. *Natural Science*. **5( 6)** : 729-739
- Mohamed A.H., El-Sayed M.A. and Mohamed N.S., 2010:** Chemical constituents
- Montes., Belmont, R; Carvajal, M., 1998:** *Journal of food Prot.*, **61**, 616-619.
- Naouel O., 2010 :** Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre et fenouil et de persil.

**Nicaido H. 2003:** Molecular basis of bacterial outer membrane permeability revisited. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 67(4):593-656

**Omidbeygi M., Barzergar M., Hamidi Z. & Nalhadibadi, H. 2007:** Antifungal activity of thyme, summer savory and clove essential oils against *Aspergillus flavus* in liquid medium and tomato paste. *Food Control*, **18** : 1518-1523.

**Oussalah M., Caillet S., Saucier L., Lacroix M :** Antimicrobial effects of selected plant essential oils on the growth of a *Pseudomonas putida* strain isolated from meat. *Meat Science* 2006. 73/ 236-44.

**Oyediji OA., Adeniyi BA., Ajayi O. and Konig WA., 2005:** Essential oil composition of *Piper guineense* and its antimicrobial activity. Another chemotype from Nigeria. *Phytotherapy Research* **19**: 326-364.

**Paris R.R. Mooyse H 1965:** Précis de matière médicale. Tome 1, Masson et Cie. Editeurs.

**Piochon M., 2008:** Etude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore Laurentienne: composition chimique, activités pharmacologiques et hémisynthèse.

**Poole, K current «opinion in microbiology» 2001:** 4:500-508.

**Quezel P. & Santa S., 1962-1963 :** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions méridionales. Tome I. Ed CNRS. Paris, 1170.

**Rassoli L., Fakoor M. H., Yadegarinia D., Gachkar L., Allameh A., Rezaei M.B., 2008 :** International Journal of Food Microbiology, 122, 135-139

**Sacchetti, G., S. Maietti, M. Muzzoli, M. Scaglianti, S. Manfredini, M. Radice, and R. Bruni, 2005:** Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. *Food chemistry*, 91(4): p. 621-632.

**Schippa, and P.-J. Thorel, GC-MS Quantification of suspected volatile allergens in fragrances. 2. Data**

**Seddiek S.A., Ali M.M., Akpulat, H.A Sokmen, A. 2006 :** screening of the antioxidant potentials of six *Salvia* species from Turkey. *Food Chem.*, 95:200-204.

**Sharkay, T.D. et Sunsun, Y 2001. Ann Rev. Plant physiol. Plant Mol. Biol., 52, 407-436.**

**Sivropoulou A., Nikolaou C., Panpanikolaou E. kokkini S., Lannaras T., Arsenakis M .1997:** Antimicrobial cytotoxic and antiviral activities of *Salvia fruticosa* essential oil. *J. Agric. Food Chem.* 45: 3197-3201.

**Souza, E.L., N.B. Guerr, T.L.M. Stamford, and E. de Oliveira Lima, Spices 2006:** alternative sources of antimicrobial compounds to use in food conservation. *Rev. Bras. Farm*, 87(1): p. 22-25.

**Tsai et al (2007).** In vitro inhibitory effects of rosemary extracts on growth and glucosyltransferase activity of *Streptococcus sodrinus*. *Food chem.* (in press).

**Wang W., Li N. LUO M., Zu Y. Efferth T., 2012:** antibacterial activity of *officinalis* and anticancer activity of *Rosmarinus L.* essential oil compared to that of its main component. *Molecules*. 17: 2704-271.

**Wang, L. Li. T. Ding, x. Zhou, L. Wang, Zhang, L. Liu, Y. Li, Z. Liu, H. Wang, H. Zeng, H. He, J. Chrom. A, 2006.**

**Weckesser et al (2007).** Screening of plant extracts for antimicrobial activity against bacteria and yeast with dermatological relevance. *Phytotherapy*. (In press).

**Wichtl M, Anton R ,2003 :** Plantes thérapeutiques. EMI/Tec et DOC, Paris, pp 216-9

Etude statistique de la cinétique de croissance mycélienne (cm) de *Fusarium oxysporum* en fonction du temps d'incubation et en présence de différentes concentrations d'huile essentielle d'*Artemisia herba alba*.

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition**

**Eclaté par : Jour**

**Céllule : J1**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Traitement	5	1,881	,376	144,665	<,0001	723,327	1,000
Résidu	12	,031	,003				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition**

**Effet : Traitement**

**Niveau de significativité : 5 %**

**Eclaté par : Jour**

**Céllule : J1**

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
,01, ,05	,460	,091	<,0001	S
,01, ,25	,580	,091	<,0001	S
,01, ,50	,580	,091	<,0001	S
,01, 1,00	,580	,091	<,0001	S
,01, Témoin	-,230	,091	,0001	S
,05, ,25	,120	,091	,0138	S
,05, ,50	,120	,091	,0138	S
,05, 1,00	,120	,091	,0138	S
,05, Témoin	-,690	,091	<,0001	S
,25, ,50	0,000	,091	.	
,25, 1,00	0,000	,091	.	
,25, Témoin	-,810	,091	<,0001	S
,50, 1,00	0,000	,091	.	
,50, Témoin	-,810	,091	<,0001	S
1,00, Témoin	-,810	,091	<,0001	S

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition**

**Eclaté par : Jour**

**Céllule : J2**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Traitement	5	14,987	2,997	391,807	<,0001	1959,033	1,000
Résidu	12	,092	,008				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition**

**Effet : Traitement**

**Niveau de significativité : 5 %**

**Eclaté par : Jour**

**Céllule : J2**

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
,01, ,05	,420	,156	<,0001	S
,01, ,25	1,300	,156	<,0001	S
,01, ,50	1,300	,156	<,0001	S
,01, 1,00	1,300	,156	<,0001	S
,01, Témoin	-1,180	,156	<,0001	S
,05, ,25	,880	,156	<,0001	S
,05, ,50	,880	,156	<,0001	S
,05, 1,00	,880	,156	<,0001	S
,05, Témoin	-1,600	,156	<,0001	S
,25, ,50	0,000	,156	.	
,25, 1,00	0,000	,156	.	
,25, Témoin	-2,480	,156	<,0001	S
,50, 1,00	0,000	,156	.	
,50, Témoin	-2,480	,156	<,0001	S
1,00, Témoin	-2,480	,156	<,0001	S

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition****Eclaté par : Jour****Céllule : J3**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Traitement	5	26,371	5,274	129,252	<,0001	646,262	1,000
Résidu	12	,490	,041				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition****Effet : Traitement****Niveau de significativité : 5 %****Eclaté par : Jour****Céllule : J3**

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
,01, ,05	,893	,359	,0002	S
,01, ,25	2,293	,359	<,0001	S
,01, ,50	2,293	,359	<,0001	S
,01, 1,00	2,293	,359	<,0001	S
,01, Témoin	-,717	,359	,0010	S
,05, ,25	1,400	,359	<,0001	S
,05, ,50	1,400	,359	<,0001	S
,05, 1,00	1,400	,359	<,0001	S
,05, Témoin	-1,610	,359	<,0001	S
,25, ,50	0,000	,359	•	
,25, 1,00	0,000	,359	•	
,25, Témoin	-3,010	,359	<,0001	S
,50, 1,00	0,000	,359	•	
,50, Témoin	-3,010	,359	<,0001	S
1,00, Témoin	-3,010	,359	<,0001	S

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition****Eclaté par : Jour****Céllule : J4**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Traitement	5	41,653	8,331	307,025	<,0001	1535,123	1,000
Résidu	12	,326	,027				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition****Effet : Traitement****Niveau de significativité : 5 %****Eclaté par : Jour****Céllule : J4**

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
,01, ,05	1,600	,293	<,0001	S
,01, ,25	3,100	,293	<,0001	S
,01, ,50	3,100	,293	<,0001	S
,01, 1,00	3,100	,293	<,0001	S
,01, Témoin	-,560	,293	,0013	S
,05, ,25	1,500	,293	<,0001	S
,05, ,50	1,500	,293	<,0001	S
,05, 1,00	1,500	,293	<,0001	S
,05, Témoin	-2,160	,293	<,0001	S
,25, ,50	0,000	,293	•	
,25, 1,00	0,000	,293	•	
,25, Témoin	-3,660	,293	<,0001	S
,50, 1,00	0,000	,293	•	
,50, Témoin	-3,660	,293	<,0001	S
1,00, Témoin	-3,660	,293	<,0001	S

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition****Eclaté par : Jour****Céllule : J5**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Traitement	5	45,482	9,096	848,848	<,0001	4244,241	1,000
Résidu	12	,129	,011				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition****Effet : Traitement****Niveau de significativité : 5 %****Eclaté par : Jour****Céllule : J5**

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
,01, ,05	1,300	,184	<,0001	S
,01, ,25	2,640	,184	<,0001	S
,01, ,50	3,300	,184	<,0001	S
,01, 1,00	3,300	,184	<,0001	S
,01, Témoin	-,778	,184	<,0001	S
,05, ,25	1,340	,184	<,0001	S
,05, ,50	2,000	,184	<,0001	S
,05, 1,00	2,000	,184	<,0001	S
,05, Témoin	-2,078	,184	<,0001	S
,25, ,50	,660	,184	<,0001	S
,25, 1,00	,660	,184	<,0001	S
,25, Témoin	-3,418	,184	<,0001	S
,50, 1,00	0,000	,184		•
,50, Témoin	-4,078	,184	<,0001	S
1,00, Témoin	-4,078	,184	<,0001	S

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition****Eclaté par : Jour****Céllule : J6**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Traitement	5	85,855	17,171	1195,197	<,0001	5975,986	1,000
Résidu	12	,172	,014				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition****Effet : Traitement****Niveau de significativité : 5 %****Eclaté par : Jour****Céllule : J6**

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
,01, ,05	1,050	,213	<,0001	S
,01, ,25	3,750	,213	<,0001	S
,01, ,50	4,500	,213	<,0001	S
,01, 1,00	4,500	,213	<,0001	S
,01, Témoin	-,880	,213	<,0001	S
,05, ,25	2,700	,213	<,0001	S
,05, ,50	3,450	,213	<,0001	S
,05, 1,00	3,450	,213	<,0001	S
,05, Témoin	-1,930	,213	<,0001	S
,25, ,50	,750	,213	<,0001	S
,25, 1,00	,750	,213	<,0001	S
,25, Témoin	-4,630	,213	<,0001	S
,50, 1,00	0,000	,213		•
,50, Témoin	-5,380	,213	<,0001	S
1,00, Témoin	-5,380	,213	<,0001	S

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition****Eclaté par : Jour****Céllule : J7**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Traitement	5	126,111	25,222	1702,291	<,0001	8511,456	1,000
Résidu	12	,178	,015				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition****Effet : Traitement****Niveau de significativité : 5 %****Eclaté par : Jour****Céllule : J7**

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
,01, ,05	,880	,217	<,0001	S
,01, ,25	4,400	,217	<,0001	S
,01, ,50	5,200	,217	<,0001	S
,01, 1,00	5,200	,217	<,0001	S
,01, Témoïn	-1,380	,217	<,0001	S
,05, ,25	3,520	,217	<,0001	S
,05, ,50	4,320	,217	<,0001	S
,05, 1,00	4,320	,217	<,0001	S
,05, Témoïn	-2,260	,217	<,0001	S
,25, ,50	,800	,217	<,0001	S
,25, 1,00	,800	,217	<,0001	S
,25, Témoïn	-5,780	,217	<,0001	S
,50, 1,00	0,000	,217		•
,50, Témoïn	-6,580	,217	<,0001	S
1,00, Témoïn	-6,580	,217	<,0001	S

Etude statistique de la cinétique de croissance mycélienne (cm) de *Fusarium oxysporum* en fonction du temps d'incubation et en présence de différentes concentrations d'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*.

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition**

Eclaté par : Jour

Céllule : J1

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Traitement	5	1,817	,363	463,864	<,0001	2319,319	1,000
Résidu	12	,009	,001				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition**

Effet : Traitement

Niveau de significativité : 5 %

Eclaté par : Jour

Céllule : J1

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
,01, ,05	,460	,050	<,0001	S
,01, ,25	,530	,050	<,0001	S
,01, ,50	,640	,050	<,0001	S
,01, 1,00	,640	,050	<,0001	S
,01, Témoïn	-,170	,050	<,0001	S
,05, ,25	,070	,050	,0098	S
,05, ,50	,180	,050	<,0001	S
,05, 1,00	,180	,050	<,0001	S
,05, Témoïn	-,630	,050	<,0001	S
,25, ,50	,110	,050	,0004	S
,25, 1,00	,110	,050	,0004	S
,25, Témoïn	-,700	,050	<,0001	S
,50, 1,00	0,000	,050	.	
,50, Témoïn	-,810	,050	<,0001	S
1,00, Témoïn	-,810	,050	<,0001	S

**Tableau de moyennes pour Zone d'inhibition**

Effet : Traitement

Eclaté par : Jour

Céllule : J2

	Nombre	Moyenne	Dév. Std.	Err. Std.
,01	3	1,610	,036	,021
,05	3	,880	,026	,015
,25	3	,230	,026	,015
,50	3	0,000	0,000	0,000
1,00	3	0,000	0,000	0,000
Témoïn	3	2,480	,026	,015

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition****Eclaté par : Jour****Céllule : J2**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Traitement	5	15,189	3,038	5360,965	<,0001	26804,824	1,000
Résidu	12	,007	,001				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition****Effet : Traitement****Niveau de significativité : 5 %****Eclaté par : Jour****Céllule : J2**

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
,01, ,05	,730	,042	<,0001	S
,01, ,25	1,380	,042	<,0001	S
,01, ,50	1,610	,042	<,0001	S
,01, 1,00	1,610	,042	<,0001	S
,01, Témoïn	-,870	,042	<,0001	S
,05, ,25	,650	,042	<,0001	S
,05, ,50	,880	,042	<,0001	S
,05, 1,00	,880	,042	<,0001	S
,05, Témoïn	-1,600	,042	<,0001	S
,25, ,50	,230	,042	<,0001	S
,25, 1,00	,230	,042	<,0001	S
,25, Témoïn	-2,250	,042	<,0001	S
,50, 1,00	0,000	,042		•
,50, Témoïn	-2,480	,042	<,0001	S
1,00, Témoïn	-2,480	,042	<,0001	S

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition****Eclaté par : Jour****Céllule : J3**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Traitement	5	23,807	4,761	1731,433	<,0001	8657,164	1,000
Résidu	12	,033	,003				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition****Effet : Traitement****Niveau de significativité : 5 %****Eclaté par : Jour****Céllule : J3**

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
,01, ,05	,670	,093	<,0001	S
,01, ,25	1,850	,093	<,0001	S
,01, ,50	2,150	,093	<,0001	S
,01, 1,00	2,150	,093	<,0001	S
,01, Témoin	-,860	,093	<,0001	S
,05, ,25	1,180	,093	<,0001	S
,05, ,50	1,480	,093	<,0001	S
,05, 1,00	1,480	,093	<,0001	S
,05, Témoin	-1,530	,093	<,0001	S
,25, ,50	,300	,093	<,0001	S
,25, 1,00	,300	,093	<,0001	S
,25, Témoin	-2,710	,093	<,0001	S
,50, 1,00	0,000	,093	.	
,50, Témoin	-3,010	,093	<,0001	S
1,00, Témoin	-3,010	,093	<,0001	S

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition****Eclaté par : Jour****Céllule : J4**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Traitement	5	38,631	7,726	3433,849	<,0001	17169,244	1,000
Résidu	12	,027	,002				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition****Effet : Traitement****Niveau de significativité : 5 %****Eclaté par : Jour****Céllule : J4**

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
,01, ,05	1,350	,084	<,0001	S
,01, ,25	2,680	,084	<,0001	S
,01, ,50	3,050	,084	<,0001	S
,01, 1,00	3,050	,084	<,0001	S
,01, Témoin	-,610	,084	<,0001	S
,05, ,25	1,330	,084	<,0001	S
,05, ,50	1,700	,084	<,0001	S
,05, 1,00	1,700	,084	<,0001	S
,05, Témoin	-1,960	,084	<,0001	S
,25, ,50	,370	,084	<,0001	S
,25, 1,00	,370	,084	<,0001	S
,25, Témoin	-3,290	,084	<,0001	S
,50, 1,00	0,000	,084	.	
,50, Témoin	-3,660	,084	<,0001	S
1,00, Témoin	-3,660	,084	<,0001	S

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition**

Eclaté par : Jour

Céllule : J5

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Traitement	5	45,296	9,059	255,430	<,0001	1277,148	1,000
Résidu	12	,426	,035				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition**

Effet : Traitement

Niveau de significativité : 5 %

Eclaté par : Jour

Céllule : J5

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
,01, ,05	1,140	,335	<,0001	S
,01, ,25	2,590	,335	<,0001	S
,01, ,50	3,400	,335	<,0001	S
,01, 1,00	3,400	,335	<,0001	S
,01, Témoin	-,610	,335	,0019	S
,05, ,25	1,450	,335	<,0001	S
,05, ,50	2,260	,335	<,0001	S
,05, 1,00	2,260	,335	<,0001	S
,05, Témoin	-,1750	,335	<,0001	S
,25, ,50	,810	,335	,0002	S
,25, 1,00	,810	,335	,0002	S
,25, Témoin	-,3,200	,335	<,0001	S
,50, 1,00	0,000	,335	.	
,50, Témoin	-,4,010	,335	<,0001	S
1,00, Témoin	-,4,010	,335	<,0001	S

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition**

Eclaté par : Jour

Céllule : J6

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Traitement	5	89,147	17,829	1787,911	<,0001	8939,555	1,000
Résidu	12	,120	,010				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition**

Effet : Traitement

Niveau de significativité : 5 %

Eclaté par : Jour

Céllule : J6

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
,01, ,05	1,243	,178	<,0001	S
,01, ,25	3,630	,178	<,0001	S
,01, ,50	4,810	,178	<,0001	S
,01, 1,00	4,810	,178	<,0001	S
,01, Témoin	-,690	,178	<,0001	S
,05, ,25	2,387	,178	<,0001	S
,05, ,50	3,567	,178	<,0001	S
,05, 1,00	3,567	,178	<,0001	S
,05, Témoin	-,1,933	,178	<,0001	S
,25, ,50	1,180	,178	<,0001	S
,25, 1,00	1,180	,178	<,0001	S
,25, Témoin	-,4,320	,178	<,0001	S
,50, 1,00	0,000	,178	.	
,50, Témoin	-,5,500	,178	<,0001	S
1,00, Témoin	-,5,500	,178	<,0001	S

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition****Eclaté par : Jour****Céllule : J7**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Traitement	5	147,274	29,455	436,618	<,0001	2183,090	1,000
Résidu	12	,810	,067				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition****Effet : Traitement****Niveau de significativité : 5 %****Eclaté par : Jour****Céllule : J7**

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
,01, ,05	1,933	,462	<,0001	S
,01, ,25	5,040	,462	<,0001	S
,01, ,50	6,723	,462	<,0001	S
,01, 1,00	6,723	,462	<,0001	S
,01, Témoin	,143	,462	,5119	
,05, ,25	3,107	,462	<,0001	S
,05, ,50	4,790	,462	<,0001	S
,05, 1,00	4,790	,462	<,0001	S
,05, Témoin	-1,790	,462	<,0001	S
,25, ,50	1,683	,462	<,0001	S
,25, 1,00	1,683	,462	<,0001	S
,25, Témoin	-4,897	,462	<,0001	S
,50, 1,00	0,000	,462	.	
,50, Témoin	-6,580	,462	<,0001	S
1,00, Témoin	-6,580	,462	<,0001	S

Etude statistique de l'activité antibactérienne (*E. coli*, de *S.aureus*, et *P. aeruginosa*) en présence de différentes concentrations de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba*,

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition**

Eclaté par : Traitements

Céllule : Amoxicilline

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Souches	2	245,645	122,823	325,358	<,0001	650,715	1,000
Résidu	6	2,265	,377				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition**

Effet : Souches

Niveau de significativité : 5 %

Eclaté par : Traitements

Céllule : Amoxicilline

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
E.coli, P.aeruginosa	8,000	1,228	<,0001	S
E.coli, S.aurues	-4,650	1,228	<,0001	S
P.aeruginosa, S.aurues	-12,650	1,228	<,0001	S

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition**

Eclaté par : Traitements

Céllule : HE (1)

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Souches	2	429,260	214,630	491,519	<,0001	983,038	1,000
Résidu	6	2,620	,437				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition**

Effet : Souches

Niveau de significativité : 5 %

Eclaté par : Traitements

Céllule : HE (1)

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
E.coli, P.aeruginosa	-9,100	1,320	<,0001	S
E.coli, S.aurues	-16,900	1,320	<,0001	S
P.aeruginosa, S.aurues	-7,800	1,320	<,0001	S

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition**

Eclaté par : Traitements

Céllule : HE (1/2)

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Souches	2	571,760	285,880	1058,815	<,0001	2117,630	1,000
Résidu	6	1,620	,270				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition**

Effet : Souches

Niveau de significativité : 5 %

Eclaté par : Traitements

Céllule : HE (1/2)

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
E.coli, P.aeruginosa	-11,600	1,038	<,0001	S
E.coli, S.aurues	-19,400	1,038	<,0001	S
P.aeruginosa, S.aurues	-7,800	1,038	<,0001	S

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition**

Eclaté par : Traitements

Céllule : HE (1/4)

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Souches	2	36,149	18,074	39,198	,0004	78,395	1,000
Résidu	6	2,767	,461				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition**

Effet : Souches

Niveau de significativité : 5 %

Eclaté par : Traitements

Céllule : HE (1/4)

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
E.coli, P.aeruginosa	1,367	1,357	,0488	S
E.coli, S.aurues	-3,400	1,357	,0009	S
P.aeruginosa, S.aurues	-4,767	1,357	,0001	S

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition****Eclaté par : Traitements****Céllule : HE (1/8)**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Souches	2	57,020	28,510	50,911	,0002	101,821	1,000
Résidu	6	3,360	,560				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition****Effet : Souches****Niveau de significativité : 5 %****Eclaté par : Traitements****Céllule : HE (1/8)**

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
E.coli, P.aerugenosa	1,400	1,495	,0618	
E.coli, S.aurues	-4,500	1,495	,0003	S
P.aerugenosa, S.aurues	-5,900	1,495	<,0001	S

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition****Eclaté par : Traitements****Céllule : HE (1/16)**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Souches	2	63,500	31,750	127,000	<,0001	254,000	1,000
Résidu	6	1,500	,250				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition****Effet : Souches****Niveau de significativité : 5 %****Eclaté par : Traitements****Céllule : HE (1/16)**

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
E.coli, P.aerugenosa	3,500	,999	,0001	S
E.coli, S.aurues	-3,000	,999	,0003	S
P.aerugenosa, S.aurues	-6,500	,999	<,0001	S

Etude statistique de l'activité antibactérienne (*E. coli*, de *S.aureus*, et *P. aeruginosa*) en présence de différentes concentrations de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*,

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition**

**Eclaté par : Traitements**

**Céllule : Amoxicilline**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Souches	2	72,000	36,000	86,400	<,0001	172,800	1,000
Résidu	6	2,500	,417				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition**

**Effet : Souches**

**Niveau de significativité : 5 %**

**Eclaté par : Traitements**

**Céllule : Amoxicilline**

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
E.coli, P.aeruginosa	6,000	1,290	<,0001	S
E.coli, S.aurues	6,000	1,290	<,0001	S
P.aeruginosa, S.aurues	0,000	1,290		*

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition**

**Eclaté par : Traitements**

**Céllule : HE (1)**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Souches	2	113,209	56,604	330,805	<,0001	661,610	1,000
Résidu	6	1,027	,171				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition**

**Effet : Souches**

**Niveau de significativité : 5 %**

**Eclaté par : Traitements**

**Céllule : HE (1)**

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
E.coli, P.aeruginosa	-8,000	,826	<,0001	S
E.coli, S.aurues	-6,933	,826	<,0001	S
P.aeruginosa, S.aurues	1,067	,826	,0196	S

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition**

**Eclaté par : Traitements**

**Céllule : HE (1/2)**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Souches	2	6,620	3,310	9,194	,0149	18,389	,844
Résidu	6	2,160	,360				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition**

**Effet : Souches**

**Niveau de significativité : 5 %**

**Eclaté par : Traitements**

**Céllule : HE (1/2)**

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
E.coli, P.aeruginosa	-2,100	1,199	,0052	S
E.coli, S.aurues	-1,000	1,199	,0873	
P.aeruginosa, S.aurues	1,100	1,199	,0659	

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition**

**Eclaté par : Traitements**

**Céllule : HE (1/4)**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Souches	2	5,375	2,688	8,600	,0173	17,200	,818
Résidu	6	1,875	,313				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition**

**Effet : Souches**

**Niveau de significativité : 5 %**

**Eclaté par : Traitements**

**Céllule : HE (1/4)**

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p	
E.coli, P.aeruginosa	-1,500	1,117	,0167	S
E.coli, S.aurues	,250	1,117	,6036	
P.aeruginosa, S.aurues	1,750	1,117	,0086	S

**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition****Eclaté par : Traitements****Céllule : HE (1/8)**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Souches	2	1,500	,750	3,000	,1250	6,000	,377
Résidu	6	1,500	,250				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition****Effet : Souches****Niveau de significativité : 5 %****Eclaté par : Traitements****Céllule : HE (1/8)**

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p
E.coli, P.aerugenosa	-,500	,999	,2666
E.coli, S.aurues	,500	,999	,2666
P.aerugenosa, S.aurues	1,000	,999	,0498

 S
**Tableau ANOVA pour Zone d'inhibition****Eclaté par : Traitements****Céllule : HE (1/16)**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Souches	2	,140	,070	,309	,7453	,618	,080
Résidu	6	1,360	,227				

**Test PLSD de Fisher pour Zone d'inhibition****Effet : Souches****Niveau de significativité : 5 %****Eclaté par : Traitements****Céllule : HE (1/16)**

	Diff. moy.	Diff. crit.	Valeur p
E.coli, P.aerugenosa	-,300	,951	,4696
E.coli, S.aurues	-,100	,951	,8056
P.aerugenosa, S.aurues	,200	,951	,6253

## Résumé

La présent travail s'intéresse à l'étude des propriétés antimicrobiennes des huiles essentielles de l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*) et du romarin (*Rosmarinus officinalis*) de la région de Bordj Bou Arreridj.

L'étude de l'activité antibactérienne a été réalisée par la méthode de diffusion sur milieu gélosé à l'égard des bactéries à Gram positif (*Staphylococcus aureus*) et à Gram négatif (*Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*). Les résultats montrent que les huiles essentielles étudiées possèdent un important effet antibactérien. L'évaluation du pouvoir antifongique de ces mêmes huiles essentielles a révélé une bonne activité antifongique avec une inhibition complète à des concentrations de 1% et de 0.5% .

De cette étude, nous pouvons retenir que les huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* et de *Rosmarinus officinalis*, par leurs propriétés antimicrobiennes, peuvent être utiliser en tant qu'agent thérapeutique ou dans le secteur agroalimentaire.

**Mots clés :** *Artemisia herba alba*, *Rosmarinus officinalis*, huiles essentielles, activité antibactérienne, activité antifongique.

## ملخص

يهدف هذا العمل إلى دراسة النشاط المضاد للميكروبات للزيوت الأساسية لنبات الشيح (*Artemisia herba alba*) وإكليل الجبل (*Rosmarinus officinalis*)

دراسة النشاط المضاد للبكتيريا لهذه الزيوت الأساسية قد تم بالاعتماد على تقنية الانتشار في وسط هلامي، ضد السلالات البكتيرية +Gram (*S. aureus*) و -Gram (*E. Coli*, *P. aeruginosa*)

أظهرت النتائج أن الزيوت الأساسية لكل من نباتي الشيح وإكليل الجبل تملكا نشاطا عالي ضد البكتيريا. أما بالنسبة لتقييم النشاط المضاد للفطريات قد تم بالاعتماد على تقنية الانتشار في الوسط الصلب، حيث وصل تثبيط نمو السلالة المختبرة *Fusarium oxysporum* إلى نسبة 100% عند تركيزي 1% و 0,5% .

يمكننا أن نستنتج من هذه الدراسة أن نبات الشيح و إكليل الجبل يملكان نشاطية بيولوجية مهمة و يمكن استعمالهما في مجال الصحة أو في القطاع الزراعي الغذائي.

## الكلمات المفتاحية

*Artemisia herba alba*, *Rosmarinus officinalis*, الزيوت الأساسية، النشاطية المضادة للبكتيريا، النشاطية المضادة للفطريات