

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Biotechnologies

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en  
Sciences de la Nature et de la Vie  
Spécialité : Phytopharmacie Appliquée

*Thème*

**Effet de salinité sur l'activité biocide de l'huile essentielle  
du Romarin « *Rosmarinus officinalis* »**

Présenté par : **Mlle. HAID Soumia**

**Mlle. SARMOUM Radhia**

Devant les membres de jury composé de :

Mme ALLAL L.	Professeur	U. Blida 1	Présidente
Mr. DJAZOULI Z. E.	Professeur	U. Blida 1	Promoteur
Mr. OULD RABAH S.	M.C.B	U. Blida 1	Examineur
Melle DJEMAI I.	Doctorante	U. Blida 1	Examinatrice

Année universitaire 2014/2015

# Remerciement

En tout premier lieu, nous remercions « **ALLAH** » le tout puissant de nous avoir donné le courage, la patience et la force pour dépasser toutes les difficultés et faire notre travail.

Toutes nos reconnaissances vont à **Mr. DJAZOULI Z.E.** notre promoteur qu'on admire tant, pour son encadrement ainsi que pour l'encouragement, sa patience, son aide et ses précieux conseils ; ainsi que pour sa disponibilité tout le long du travail jusqu'à l'élaboration de ce document.

Nous tiens à remercier, **Mdm. ALLAL L.** pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury ; et les examinateurs :  
**Mr. OULD RABAH S.** et **Melle. DJEMAI I.**

Nous sincères remerciements vont à **Mr. AROUN**  
& **Mr. MOUSSAOUI K.** pour son aide et sa disponibilité et son encouragement.

Nous remercions aussi à **Mdm. DJEMAI Yamina**, technicienne du laboratoire de zoologie ; **Mr. Abd Rahman**, & **Mdm. Nadjia** techniciens du laboratoire phytopharmacie pour son aide et son soutien et leur disponibilité.

A toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à ce travail.

Merci...

*Soumia & Radhia*

# Dédicace

*Je dédie ce travail*

*À ma très chère maman, à mon très cher père*

*Que dieu les garde pour moi.*

*A mes très chères sœurs : Djouhaina & Hassiba.*

*Et mon très cher frère : Nacer.*

*A mes beaux-frères : Kamel & Morad.*

*A toute la famille SARMOUM.*

*A mes très chères nièces : Rahaf, Djoud Abdel Djalil, Djihad  
Yakoub.*

*A mon Ange BOUKHAMLA Abdellah pour son soutien sa patience  
et m'avoir donné la force pour dépasser toutes les difficultés.*

*A mon promoteur : Ms DJAZOULI Z. E.*

*A Monsieur MOUSSAOUI K.*

*A ma chère unique Soûmâ mon binôme, ma sœur et sa famille*

*A mes amies intimes Saliha & Amina.*

*A mes amies qui j'ai l'honneur de partager mes 5 ans d'étude avec  
elles à la résidence universitaire n°5 « Sarah<sup>BOU</sup>, Sarah<sup>AMC</sup>,  
Sarah, Khadidja<sup>BOU</sup>, Khadidja<sup>BE</sup>, Loubna, Meriem, Nadjet,  
Hanan, Anissa, Fatoum et Selma ».*

*A toute mes amies et mes collègues de promo de Phytopharmacie  
Appliquée*

*A tous ceux qui m'a aidé pour la réalisation de ce mémoire*

*Radhia . . .*

Je dédie ce travail  
À ma très chère maman, à mon très cher père  
Que dieu les garder pour moi  
A mes très chères sœurs : *Chafika, Djamila, Salima & Sadjia*  
Et mes très chers frères : *Mokhtar & Redouan*  
A mes beaux-frères : *Redouan & Mohamed*  
A mes très chères nièces : *Sofiane, Hichem ; Akram, & Adem*  
A toute la famille *HAIID*  
A mon promoteur : *Mr DJAZOULI Z.E*  
A ma chère unique « *Ràdhià* » mon binôme, ma sœur et sa  
famille  
A mes chères amies : *Afrah, Ihcéne ; Medjda ; Sarah ; Kahina.*  
*Et Selma*  
A toute mes amies et mes collègues de promo de  
Phytopharmacie Appliquée  
A tous ceux qui m'a aidé pour la réalisation de ce mémoire

*Soùmà...*

# Effet de salinité sur l'activité biocide de l'huile essentielle du Romarin « *Rosmarinus officinalis* »

## Résumé

La synthèse des molécules chimiques entre autres les huiles essentielles d'une plante est une intégration de variables dépendant de processus élémentaires comme la conduite culturale, la pression des composantes du milieu, ainsi que la production et l'expansion cellulaires. Dans cette étude nous avons entrepris d'évaluer l'effet biocide, d'un bioproduit formulé à base d'huiles essentielles extraite de *Rosmarinus officinalis* soumis à différents régime de stress (salin et hydrique). La disponibilité et la structuration des populations du psylle de l'olivier *Euphyllura olivina* a été estimé après exposition aux traitements.

Les résultats montrent une richesse en molécules au profit de l'huile essentielle de Romarin issus de l'irrigation à l'eau courante par rapport à l'huile essentielle de Romarin issus de l'irrigation à l'eau saline et à l'huile essentielle de Romarin non irriguée. Un chevauchement de synthèse de l'Alpha pinène, l'Eucalyptol (1,8 cinéol) la Conphène, le Bornéol et le D\_verbénone est enregistré chez les trois huiles du Romarin, où on note une différence de capacité de synthèse au profit de l'HE\_NIR, alors que les huiles essentielles issus de l'irrigation à l'eau courante et les huiles essentielles issus de l'irrigation à l'eau saline se chevauchent dans la synthèse du Bornyl\_acétate et la Coryophyllène\_oxide avec une dénivellation de synthèse marquée pour les huiles essentielles issus de l'irrigation à l'eau courante. La synthèse du Camphre est jumelée au les huiles essentielles issus du Romarin non irrigué et les huiles essentielles issus de l'irrigation à l'eau saline.

Les résultats relatifs à l'effet des différents bioproduits sur les populations larvaire et adulte du psylle montrent une réduction en leur abondance d'une manière significative. En fin, la fécondité peut être influencée par les huiles essentielles formulées issus du Romarin irrigué avec de l'eau saline et avec de l'eau courante.

## Mots clés :

Abondance, fécondité, huiles essentielles, Psylle de l'olivier, stress hydrique, stress salin.

# Salinity effect on the biocidal activity of Rosemary's « *Rosmarinus officinalis* » essential oil

## Summary

The synthesis of chemical molecules including essential oils of a plant is an integration of dependent variables elementary processes such as cultural behavior, the pressure of the medium components as well as production and cell expansion. In this study we started to evaluate the biocidal effect, a bioproduct formulated with essential oils extracted from *Rosmarinus officinalis* subjected to various stress diet (salt and water). The availability and structure of psyllid's olive populations "*Euphyllura olivine*" was estimated after exposure totreatments.

The results show richness in molecules in favor of Rosemary essential oil from irrigation with tap water compared to the Rosemary's essential oil irrigated with saline water and Rosemary's essential oil unirrigated. Overlapping synthesis of Alpha pinene, Eucalyptol (1.8 cineole) the Conphène the Borneol and D\_verbénone is saved in the three oils of Rosemary, where there is a difference of overview capability for the benefit of the HE\_NIR, while essential oils from irrigated with tap water and essential oils from the saline water irrigation overlap in the production of Bornyl\_ acétate and Coryophyllène\_oxide with descending of production marked for oils essential with tap water irregation. The synthesis of Camphor is coupled with essential oils derived from non-irrigated and Rosemary essential oils and from irrigation with saline water.

The results of the bioproducts' different effects on larval and adult psyllid populations show a significqnt decrease in their abundance. In the end, fertility can be influenced by the essential oils made from Rosemary irrigated with saline water and tap water.

## Keywords:

Abundance, fertility, essential oils, olive psyllid, hydric stress, salt stress.

## تأثير الملوحة على نشاط المبيد الحيوي للزيوت الطيارة المستخلصة من إكليل الجبل « *Rosmarinus officinalis* »

### ملخص

تركيب الجزيئات الكيميائية بما في ذلك الزيوت الطيارة من النباتات هو عبارة عن دمج من المتغيرات التابعة للعمليات الأولية مثل إدارة المحاصيل، والضغط من مكونات المتوسطة، والإنتاج والتوسع في الخلية. في هذه الدراسة قمنا بتقييم تأثير مبيد الأحياء، والمنتجات الحيوية المصنوعة من الزيوت الطيارة المستخرجة من إكليل الجبل المعرضة تعرض لمختلف انظمة الإجهاد (الملح والماء). و توافر فصيلة *Euphyllura olivina* " Psylle de l'olivier " بعد التعرض للعلاج.

أظهرت النتائج وجود ثروة من الجزيئات لصالح إكليل الجبل المروي بالمياه الحلوة مقارنة مع من إكليل الجبل المروي بالمياه المالحة، و إكليل الجبل غير المروية.

تداخل Bornéol و Conphène و eucalyptol(1.8 cinéol)، Alpha-pinéne; Camphre و D\_verbénone يتم تسجيلها في الزيوت الثلاثة لإكليل الجبل ، حيث هناك إمكانية تخليق الفرق لصالح الزيوت غير المروية ، في حين أن الزيوت الأساسية من الري مع تشغيل المياه والزيوت الأساسية من تداخل مياه الري المالحة في تركيب Borneyl\_acétate و Coryophyllène\_oxide تنازلي عن طريق التخليق ملحوظ للزيوت ضروري من الري بمياه جارية. ويقترن تركيب le Camphre مع الزيوت الطيارة المستخلصة من الإكليل غير المروي ، و المروي بالمياه المالحة.

نتائج تأثير مختلف المنتجات الحيوية على فصيلة psylle اليرقات والكبار تظهر انخفاضا في الوفرة. في النهاية، يمكن أن تتأثر الخصوبة من الزيوت الطيارة مصنوعة من إكليل الجبل المروية بالمياه المالحة والمياه الجارية.

### الكلمات المفتاحية:

وفرة ، خصوبة، حشرة البوفروة على الزيتون (Psylle de l'olivier)، الزيوت الطيارة ، الإجهاد المائي ، الإجهاد الملحي.

## Liste des tableaux

- Tableau 1** Production mondiale (2008) des plus importantes huiles essentielles.....7
- Tableau 2** Les différentes variétés de *Rosmarinus officinalis* L.....11
- Tableau 3** Composition des huiles essentielles extraites de *R. officinalis* (en %)...13
- Tableau 4** Résultats des analyses par HPLC-CM des huiles essentielles du Romarin issues de différents régimes de stress.....28
- Tableau 5** Affiliation des composés chimiques des huiles essentielles du Romarin soumis à différents régimes de stress.....32



## Liste des figures

<b>Figure 1</b>	Montage d'Hydrodistillation.....	5
<b>Figure 2</b>	Montage d'entraînement à la vapeur d'eau.....	6
<b>Figure 3</b>	Répartition des taux de production d'HE (en parties estimées) par pays à travers le monde durant l'année 2008.....	7
<b>Figure 4</b>	<i>Rosmarinus officinalis</i> .....	22
<b>Figure 5</b>	Verger d'olivier.....	22
<b>Figure 6</b>	Séchage du Romarin.....	23
<b>Figure 7</b>	Système d'hydrodistillation – Clevenger.....	23
<b>Figure 8</b>	Présentation des bioproduits formulés.....	25
<b>Figure 9</b>	Schéma directeur de l'étude.....	25
<b>Figure 10</b>	Présentation du plan de travail.....	26
<b>Figure 11</b>	Différents stades biologiques d' <i>E. olivina</i> .....	26
<b>Figure 12</b>	Composés communs des huiles essentielles du Romarin soumis à différents régimes de stress.....	30
<b>Figure 13</b>	Composés spécifiques des huiles essentielles du Romarin soumis à différents régimes de stress.....	31
<b>Figure 14</b>	Effet des bioproduits sur l'abondance des populations globales du psylle de l'olivier.....	34
<b>Figure 15</b>	Effet des bioproduits sur l'abondance des populations larvaires du psylle de l'olivier.....	35
<b>Figure 16</b>	Effet des bioproduits sur l'abondance des populations adultes du psylle de l'olivier.....	36
<b>Figure 17</b>	Effet temporel des bioproduits sur la fécondité des adultes du psylle de l'olivier.....	37
<b>Figure 18</b>	Effet comparé des bioproduits sur la fécondité des adultes du psylle de l'olivier.....	38

<b>Figure 19</b> Chromatogramme de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> irriguée avec l'eau salin.....	45
<b>Figure 20</b> Chromatogramme de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> irriguée avec l'eau courant.....	45
<b>Figure 21</b> : chromatogramme de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> non irriguée.....	46

## Liste des abréviations

**H.E** : Huile Essentielle.

**P.E.D** : Pays En Développement.

**N.I.R** : Non Irriguée.

**I.R.R** : Irriguée avec l'eau courante.

**I.R.S** : Irriguée avec l'eau saline.

## Sommaire

Introduction général .....	1
----------------------------	---

### Partie 1 : Partie bibliographique

#### Chapitre 1 : Généralités et Procédés d'extraction des huiles essentielles

1-	Définition des huiles essentielles.....	2
2-	Historique.....	2
3-	Répartition et localisation des huiles essentielles dans les Plantes...	3
4-	Caractéristiques générales des huiles essentielles.....	3
5-	Caractéristiques générales des huiles essentielles.....	4
6-	Constitution chimique.....	4
7-	Techniques d'extraction.....	5
8-	Situation économique des huiles essentielles.....	6

#### Chapitre 2 : Généralités sur *Rosmarinus officinalis* (Linné ,1757).

1-	Origine, position systématique caractéristiques botaniques.....	9
1.1.	Historique du romarin.....	9
1.2.	Origine, description botanique et position systématique.....	9
2-	Ecologie et répartition de <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	10
2.1.	Répartition géographique.....	10
2.1.1.	Dans le monde.....	10
2.1.2.	En l'Algérie. ....	10
3-	Variétés.....	11
4-	Composition chimique de <i>R. officinalis</i> .....	12
5-	Utilisation de Romarin.....	12
6-	Propriétés thérapeutiques et indications de Romarin.....	13
7-	Récolte. ....	14
8-	Séchage et élaboration. ....	15

#### Chapitre 3 : La salinité et la plante

1.	Stress.....	16
1.1.	Définitions du stress.....	16
1.2.	Catégories de stress.....	16
2.	Stress salin.....	17
3.	Conséquences de la salinité sur la plante.....	18
3.1.	Effet de la salinité sur la germination.....	18
3.2.	Effet de la salinité sur la croissance et le développement.....	19
3.3.	Effet de la salinité sur le comportement biochimique de la plante....	19
3.4.	Effet de la salinité sur les processus physiologiques de la plante...	19

## **Partie 2 : Partie expérimentale**

### **Chapitre 4 : Matériel et méthodes**

1.	Objectifs.....	21
2.	Zonage topographique et climatologie de la région d'étude.....	21
3.	Présentation de la station d'étude.....	21
4.	Matériel et méthodes d'étude.....	21
4.1.	Matériel d'étude.....	21
4.1.1.	Matériel végétale destiné à l'extraction des huiles essentielles.....	21
4.1.2.	Matériel végétale destiné à la réalisation des bio-essais.....	22
4.2.	Méthodes d'étude.....	22
4.2.1.	Application des différents régimes de stress.....	22
4.2.2.	Extraction des huiles essentielles.....	23
4.2.3.	Estimation de rendement.....	24
4.2.4.	Formulation des bioproduits. ....	24
4.2.5.	Evaluation de l'activité biocide des bioproduits. ....	25
4.2.6.	Estimation de l'abondance. ....	27
4.2.7.	Estimation de la fécondité. ....	27
4.3.	Analyse statistique.....	27

### **Chapitre 5 : Résultats**

1.	Caractérisation des huiles essentielles du Romarin soumises à différents régimes de stress.....	28
1.1.	Composition chimique des huiles essentielles du Romarin soumis à différents régimes de stress.....	28
1.2.	Caractérisation des huiles essentielles du Romarin issues de différents régimes de stress.....	29
2.	Evaluation de l'activité biocide des bioproduits à base d'huile essentielle de Romarin soumises à différents régimes de stress....	33
2.1.	Effet des bioproduits sur l'abondance du Psylle de l'Olivier .....	33
2.2.	Effet des bioproduits sur la fécondité du Psylle de l'Olivier .....	37

### **Chapitre 6 : Discussion**

1.	Caractérisation des huiles essentielles du Romarin issues de différents régimes de stress.....	39
2.	Evaluation de l'activité biocide des bioproduits à base d'huile essentielle de Romarin soumises à différents régimes de stress....	41

Conclusion générale..... 43

Annexe ..... 45

Reference bibliographique ..... 47

## Introduction générale

La synthèse des molécules chimiques entre autres les huiles essentielles d'une plante est une intégration de variables dépendant de processus élémentaires comme la conduite culturale, la pression des composantes du milieu, ainsi que la production et l'expansion cellulaires. Un préalable indispensable à toute approche de modélisation de l'accumulation d'ensemble des métabolites secondaires des plantes est de comprendre comment les différentes variables de biosynthèse sont reliées entre elles. Jusqu'à présent, les liens causaux ou fonctionnels existant entre ces variables n'ont pas été clairement identifiés. En outre, le type et la pression des différents régimes de stress sur les tissus au niveau desquels s'opère la biosynthèse ne sont pas clairement établis.

La contribution des différents processus potentiellement impliqués dans les réponses de biosynthèse des métabolites secondaires du Romarin aux stress environnementaux (principalement salin et hydrique) est en cours d'évaluation au sein de plusieurs unités de recherches (**MUNNS, 2002 ; ZERRAD *et al.*, 2006**).

Jusqu'à présent, l'activité biologique des huiles essentielles n'a été considérée que comme un biocide et/ou biostatique à l'encontre des bioagresseurs, ensuite décomposée en un ensemble de variables sous-jacentes comme la dose et la durée d'exposition (**RAVI KIRAN *et al.*, 2006 ; SARTORELLI *et al.*, 2007**). Des relations reproductibles entre ces variables et les conditions micro-météorologiques ont pu être établies. L'activité biologique des huiles essentielles s'extériorise pourtant en particulier dans des conditions optimales et dans un contexte de stress.

Les objectifs de cette approche consistent à :

- (i) analyser les huiles essentielles du Romarin issus de différents régimes de stress,
- (ii) identifier les composés chimiques majoritaires et minoritaires sous les différents régimes de stress;
- (iii) (iii) évaluer leur contribution à la régulation des populations du Psylle de l'olivier.

À cette fin, une approche écophysiological sera combinée avec une évaluation de l'activité biocide, à la fois chez l'olivier, l'un des arbres fruitiers les plus importants dans le monde sur un plan économique, et chez le Romarin, plante ornementale modèle pour la synthèse des huiles essentielles.

## **Chapitre 1 : Généralité et procédés d'extractions des huiles essentielles**

### **1- Définition des huiles essentielles**

On englobe sous le nom générique d'essences, les substances volatiles et odorantes contenues dans les végétaux. Les essences végétales ou huiles essentielles se trouvent en très grande variété dans le règne végétal et dans tous les organes des plantes : la partie florale, les feuilles, les rhizomes, les fruits, l'écorce, ou les sucs résineux **(Bruneton, 1987)**.

Elles sont obtenues soit par entraînement à la vapeur d'eau des végétaux ou de parties de végétaux, soit par expression de péricarpe frais **(Raoelimanana, 1995)**.

Les huiles essentielles sont des produits de composition généralement assez complexe qui renferment les principes volatils contenus dans les végétaux (définition Pharmacopée) **(Andriamanantoanina, 1984)**.

### **2- Historique**

L'utilisation des huiles essentielles remonte à la Haute antiquité, période à laquelle ces dernières furent connues. En effet, 4000 ans avant J.C., les Egyptiens préparaient déjà l'essence de cèdre par distillation sèche et effectuaient aussi les momifications suivant une technique très minutieuse à l'aide d'essences aromatiques dont ils avaient remarqué les propriétés antiseptiques. La première essence signalée dans un traité médical est celle du romarin utilisée au XIII<sup>e</sup> siècle pour ses propriétés curatives. Le romarin est connu depuis l'Antiquité pour son parfum balsamique.

L'essence de romarin, à la senteur camphrée pénétrante est utilisée à faible dose comme stimulant digestif et aussi pour soigner les fermentations intestinales. Les Arabes, experts en alchimie et en médecine ont inventé au Haut Moyen-âge, le serpentini qui permet de perfectionner la réfrigération du produit distillé. Par ailleurs, la découverte en 1754, de l'eau de Cologne par un négociant italien, marque la naissance d'une véritable industrie des parfums. Cette industrie s'est développée au XIX<sup>e</sup> siècle, notamment avec l'arrivée sur le marché de produits de synthèse issus du progrès de la chimie **(Valisolalao, 1989 ; Razakarivony, 2009)**.

En 1931, le chimiste français René-Maurice Gattefossé publia ses découvertes dans son livre intitulé «Aromathérapie». Il est considéré comme le père de l'aromathérapie moderne. Durant la guerre de 1939-1945, le Dr. Jean Valnet guérissait les blessures en utilisant des huiles essentielles. Les vertus curatives des huiles essentielles furent vulgarisées par son premier livre publié en 1964 : « L'aromathérapie, traitement des maladies par les essences des plantes » **(Anonyme 2015)**.

Aujourd'hui cependant, on se rend compte de la supériorité de la valeur olfactive et thérapeutique des huiles essentielles, ainsi que de leur innocuité, d'où l'intérêt pour les essences jusqu'à nos jours (**Nourachani, 2010**).

### **3- Répartition et localisation des huiles essentielles dans les Plantes**

Selon **Bruneton (1987)** et **Randriantsoa (2004)**, les huiles essentielles sont presque exclusivement produites par les plantes de l'embranchement des Spermaphytes. Par ailleurs, les genres qui sont capables d'élaborer les principes volatils sont approximativement regroupés dans un nombre assez restreint de familles, notamment les Magnoliacées, Lauracées, Rutacées, Lamiacées, Astéracées. Les huiles essentielles sont rencontrées dans tous les organes végétaux : fleurs (bergamote, rose), feuilles (citronnelle, laurier), racines (vétiver), rhizomes (gingembre), bois (santal), écorces (cannelle), fruits ou graines (badiane, muscade). Si tous les organes d'une même plante peuvent renfermer une huile essentielle, la composition de celle-ci peut varier selon sa localisation dans la plante. La synthèse et l'accumulation d'une huile essentielle sont généralement associées à l'existence de structures histologiques spécialisées, le plus souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante. Ces formations sont les suivantes :

- (i) cellules à essence, incluses dans l'épiderme (Lauracées, Zingibéracées) ou à l'extrémité des poils (Labiées) ;
- (ii) poils sécréteurs stipités (pélargonium) ou sessiles et à tête pluricellulaire (Labiées) ;
- (iii) canaux sécréteurs obtenus par allongement des poches sécrétrices (Térébinthacées, Ombellifères).

### **4- Caractéristiques générales des huiles essentielles**

**Valisolalao (1989)** et **Valnet (1990)**, signalent que les huiles essentielles contiennent les principes odorants responsables de l'arôme caractéristique de chaque végétal. Elles sont, de ce fait, constituées de substances à forte odeur aromatique. Habituellement, elles sont liquides, faiblement colorées, de densité inférieure à celle de l'eau (0,759 à 1,096), à l'exception de quelques essences : celles de la cannelle, du girofle et du saffras. Ces essences sont solubles dans les solvants organiques comme l'alcool, l'éther, mais insolubles dans l'eau. En outre, les huiles essentielles se distinguent les unes des autres par :

- (i) leurs propriétés organoleptiques : l'aspect, la couleur, la saveur, l'odeur ;
- (ii) leurs propriétés physiques : la densité, l'indice de réfraction, le pouvoir rotatoire, la solubilité ;
- (iii) leurs propriétés chimiques : la composition chimique, l'indice d'acide et d'ester, l'indice de saponification, d'alcool, de phénol et de composés carbonylés.



## 5- Fonctions biologiques des huiles essentielles

**Randriantsoa (2004)**, estime que la volatilité et l'odeur caractéristique des huiles essentielles font qu'elles contribuent à la communication entre les végétaux. En effet, ces substances jouent un rôle non négligeable dans la pollinisation et la dispersion des spores. Souvent, elles constituent un moyen de défense vis-à-vis des pathogènes (microorganismes, champignons, insectes et herbivores) et parfois elles semblent avoir une action télétoxique sur la germination. Ces diverses actions sont facilitées par la localisation périphérique des éléments sécréteurs. La complexité de la composition des huiles permet le transfert des «messages» complexes et sélectifs.

## 6- Constitution chimique

D'après **Razakarivony (2009)**, les compositions d'une huile essentielle sont fort complexes et variables, mais peuvent être rangées exclusivement dans trois catégories bien distinctes :

- **Les composés terpéniques**, ils peuvent contenir 10 atomes de carbone (terpènes) ou 15 (sesquiterpènes). Ils se présentent sous forme d'hydrocarbures et de dérivés oxygénés de terpènes (alcools, aldéhydes, cétones, acides, esters). Citons à titre d'exemples : le myrcène et germacrène D.

- **Les composés phénylpropanes et phénoliques**, ce sont des huiles essentielles à forte teneur en composés aromatiques parmi lesquels on peut citer la vanilline.

- **Les composés divers**, tels que les cétones aliphatiques, les coumarines, et les acides volatils.

Il est important de souligner que la constitution chimique des huiles essentielles est variable. En effet, celle-ci dépend de plusieurs facteurs, notamment :

- (i) l'âge de la plante ;
- (ii) l'organe du végétal d'où l'on tire l'essence ;
- (iii) les facteurs écologiques ;
- (iv) les facteurs climatiques ;
- (vi) les facteurs pédologiques ;
- (vii) les effets de stockage (exposition à la lumière, à l'air, à une température élevée).

Au cours du stockage, les huiles essentielles peuvent subir une détérioration qualitative. Cependant dans certains cas, la qualité odorante s'améliore lors du vieillissement (essences de patchouli et de vétiver). Dans ces huiles ayant subi un

vieillessement, on note la présence de produits secondaires formés par oxydation, déshydratation et/ou polymérisation.

## 7- Techniques d'extraction

Selon **Bruneton (1999)**, les huiles essentielles peuvent être extraites par diverses méthodes :

- (i) l'hydrodistillation et l'entraînement à la vapeur,
- (ii) l'expression,
- (iii) l'enfleurage,
- (iv) l'extraction par les solvants volatils,
- (v) l'extraction par le dioxyde de carbone supercritique
- (vi) l'extraction au four à micro-ondes.

Mais la plus utilisable c'est l'hydrodistillation et l'entraînement à la vapeur.

- **L'hydrodistillation**, Elle consiste à immerger la biomasse végétale dans un alambic rempli d'eau, que l'on porte ensuite à l'ébullition. La vapeur d'eau et l'essence libérée par le matériel végétal forment un mélange non miscible (Fig. 1). A cause de l'eau, de l'acidité et de la température du milieu, il peut se produire des réactions d'hydrolyse, de racémisation et d'oxydation qui peut très sensiblement conduire à une dénaturation des HE. (**Bruneton, 1993**).

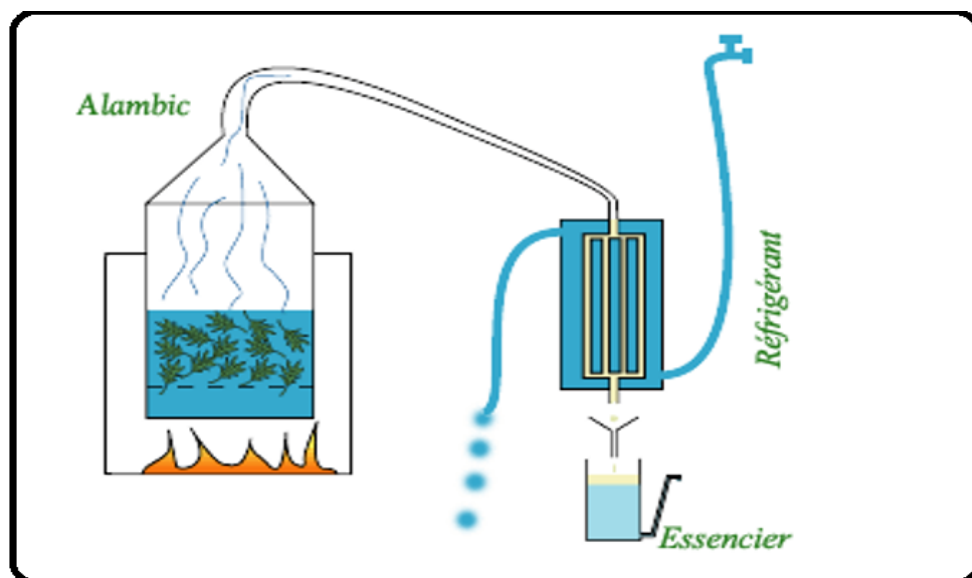


Figure 1 : Montage d'Hydrodistillation. (Amiri, 2013)

- **Entraînement à la vapeur d'eau**, à la différence de l'hydrodistillation, cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter (Fig.2). 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, les cellules

éclatent et libèrent l'HE qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange « eau + HE ». Le mélange est ensuite véhiculé vers le condenseur et l'essencier avant d'être séparé. 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 nuire à la qualité de l'huile (**Meyer-Warnod, 1984**)

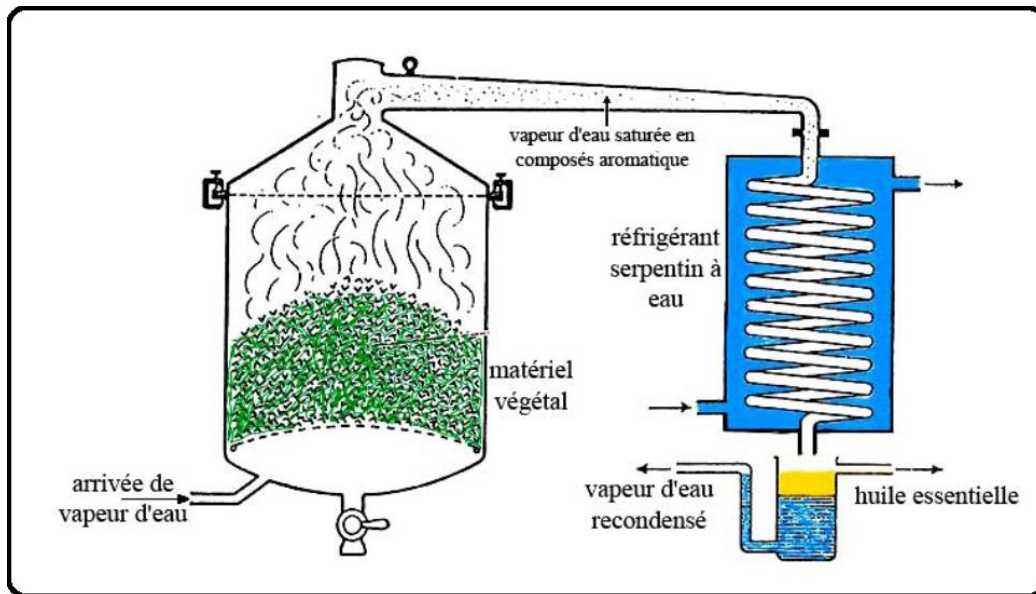


Figure 2 : montage d'entraînement à la vapeur d'eau (EL-Haib, 2011)

## 8- Situation économique des huiles essentielles

Le marché mondial des huiles essentielles est en nette évolution depuis vingt ans. On assiste à une augmentation continue de la demande, mais aussi à l'apparition de différentes variétés de produits grâce à l'effort de recherche-développement et de recherche de la qualité, constaté dans les pays producteurs.

D'après **Spore (2000)**, on recense plus de 3000 sortes d'huiles essentielles extraites des racines, des écorces, des feuilles, des graines et des fleurs de diverses espèces végétales. Seules 500 d'entre elles font l'objet de commercialisation. L'offre et la demande en huiles essentielles sont abondantes. Malgré des exigences assez strictes en termes de normes de qualité, l'accès au marché est libre. Il n'y a pas de barrière à l'entrée comme dans la bio prospection. Les P.E.D., notamment les pays africains peuvent en profiter pleinement. « *La production d'huiles essentielles contribue à l'économie agricole nationale et à une bonne balance commerciale* »

On constate une concurrence importante entre les pays producteurs, d'une part, et entre les producteurs locaux d'un même pays, d'autre part (Tableau 1).

Tableau 1 : Production mondiale (2008) des plus importantes huiles essentielles.

Huiles essentielles	Production en Tonnes	Principaux pays producteurs
Huile d'Orange	51 000	Etats-Unis, Brésil, Argentine
Huile de Menthe des champs ( <i>Mentha arvensis</i> )	32 000	Inde, Chine, Argentine
Huile de Citron	9 200	Argentine, Italie, Espagne
Huile d'Eucalyptus	4 000	Chine, Inde, Australie, Afrique du Sud
Huile de Menthe Poivrée	3 300	Inde, Etats-Unis, Chine
Huile de Feuilles de Clous de Girofle	1 800	Indonésie, madagascar
Huile de Citronnelle	1 800	Chine, Sri Lanka
Huile de Menthe Verte	1 800	Etats-Unis, Chine
Huile de Cèdre	1 650	Etats-Unis, Chine
Huile de Listée ( <i>Listea cubeba</i> )	1 200	Chine
Huile de Patchouli	1 200	Indonésie, Inde
Huile de Lavandin Grosso	1 100	France
Huile d'Eucalyptus citronné ( <i>Corymbia citriodora</i> )	1 000	Chine, Brésil, Inde, Vietnam

(Source: Lawrence, 2009).

La Figure 3 montre les principaux pays producteurs d'huiles essentielles à travers le monde (2008).

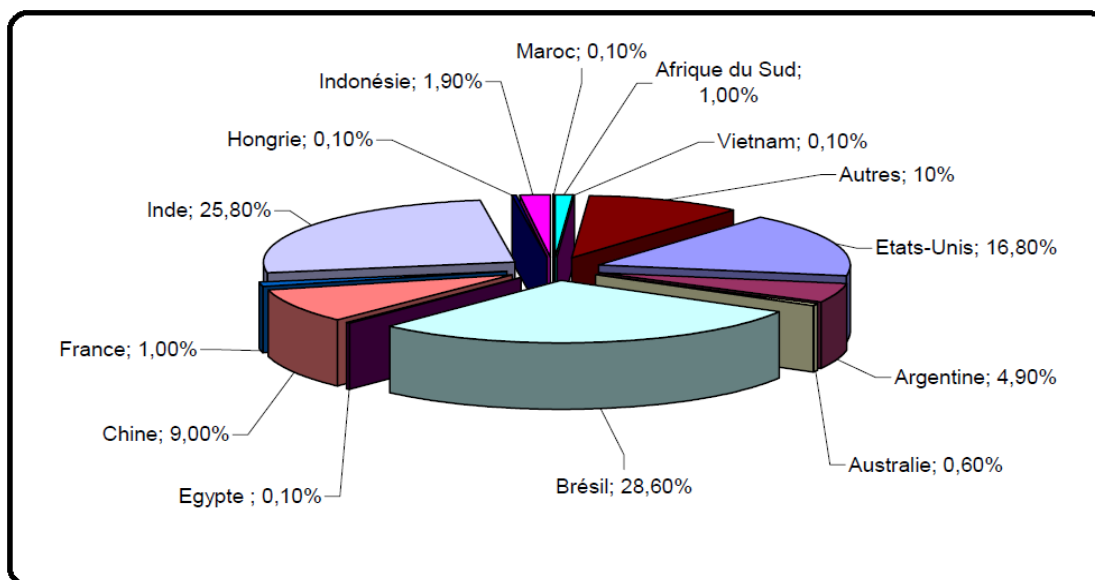


Figure 3 : Répartition des taux de production d'HE (en parties estimées) par pays à travers le monde durant l'année 2008 (Lawrence, 2009).

En Europe, le cœur de production se trouve dans les pays méditerranéens : Italie, Espagne, Portugal, France, Croatie, Albanie et Grèce, qui produisent tous des huiles essentielles en quantités industrielles. Sans oublier de mentionner les pays d'Europe centrale tels que, la Bulgarie, la Roumanie, la Hongrie et l'Ukraine, l'immense Fédération de Russie, répartie sur une grande partie de l'Europe de l'Est et de l'Asie du Nord, a non seulement des ressources de plantes sauvages presque infinies mais aussi de vastes zones de terres cultivées. Le continent asiatique avec la diversité de ses climats semble être le plus important producteur d'huiles essentielles. La Chine et l'Inde jouent un rôle majeur suivies de l'Indonésie, le Sri Lanka et le Vietnam. Beaucoup d'huiles essentielles uniques et insolites proviennent de l'immense continent australien et de ses voisins : la Nouvelle-Zélande et la Nouvelle-Calédonie. Les principaux pays producteurs d'HE en Afrique sont le Maroc, la Tunisie, l'Égypte, l'Algérie et la Côte d'Ivoire. Les pays qui jouent un rôle mineur sont l'Afrique du Sud, le Ghana, le Kenya, la Tanzanie, l'Ouganda et l'Éthiopie. Les plus importantes îles productrices d'épices : Madagascar, les Comores, Mayotte, la Réunion sont situées le long de la côte Est du continent africain. Le continent américain est également l'un des plus grands producteurs d'huiles essentielles. Les États-Unis, le Canada et le Mexique possèdent une richesse en matières végétales naturelles et aromatiques. En Amérique du Sud, les huiles essentielles sont produites au Brésil, en Argentine, au Paraguay, en Uruguay, au Guatemala, et dans l'île d'Haïti. Outre les principaux pays producteurs d'huiles mentionnés ci-dessus, il y en a beaucoup d'autres, moins importants, comme l'Allemagne, Taiwan, le Japon, la Jamaïque, et les Philippines. **(Spore, 2000)**

## Chapitre 2 : Généralités sur *Rosmarinus officinalis* (Linné ,1757)

### 1- Origine, position systématique et caractéristiques botaniques

#### 1-1- Historique du romarin

Le romarin fait l'objet de très nombreuses mentions historiques et légendaires. Les anciens lui vouaient une grande vénération. On s'en servait généralement dans toutes les fêtes, qu'il s'agisse de cérémonies nuptiales, funéraires ou de célébrations profanes. Les mariées portaient des couronnes de Romarin, symbole d'amour et de fidélité, tandis que les invités recevaient des branches enjolivées de rubans de soie multicolores. On mettait aussi des brins de Romarin sous les oreillers pour chasser les mauvais esprits et les cauchemars. Les Egyptiens plaçaient des rameaux de Romarin dans la tombe des pharaons afin de fortifier leur âme. Le Romarin est un symbole du souvenir et de l'amitié. Les étudiants grecs s'en confectionnaient des couronnes, qu'ils portaient durant les examens pour stimuler leur mémoire. Durant les épidémies de peste, le Romarin était très populaire : on en faisait brûler des rameaux pour purifier l'air et on portait des sachets sur soi, que l'on respirait lorsqu'on passait dans les endroits touchés par cette maladie. L'histoire veut aussi que la reine de Hongrie, qui souffrait de rhumatismes chroniques, ait été délivrée de ses problèmes grâce à un remède à base de Romarin lorsqu'elle était âgée de 72 ans. Dans certaines régions rurales, on fait tremper de Romarin dans du vin rouge pour obtenir une boisson fortifiante. On utilise aussi le romarin sous forme d'extrait à base d'alcool pour les plaies et sous forme d'onguent ou de baume pour soulager les rhumatismes et les névralgies, tant chez les humains que chez les animaux. L'huile essentielle de romarin est largement utilisée comme composant aromatique dans l'industrie des cosmétiques (savons, parfums, crèmes, etc.), mais aussi dans l'industrie alimentaire (boissons alcoolisées, dessert, bonbons, conservation des lipides, etc.) (Mostefai , 2012).

#### 1-2- Origine, description botanique et position systématique

*Rosmarinus* : ancien nom latin de cette plante. *Marinus* : du latin marin, *Ros* : Rosée apparenté à rhus : buisson. Cette plante habite souvent les coteaux maritimes. Habituellement considérée comme monotypique, elle est présente sur le littoral dans tout le bassin méditerranéen surtout en région calcaire. Elle y fleurit toute l'année, ses fleurs sont mellifères. Elle peut être sous forme d'arbuste, sous-arbrisseau ou plante herbacée. En général, c'est une plante odorante à tiges quadrangulaires, à feuilles opposées décussées sans stipules et fleurs réunies en cymes axillaires plus ou moins contractées simulant souvent des verticilles ou encore condensées au sommet de tige et simulant des épis (Messaili 1995). Les fleurs sont des pentamères, en général Hermaphrodites. Le calice est plus ou moins bilabié persistant et la corolle bilabée, longuement tubuleuse, parfois à 4-5 lobes subégaux ou à une seule lèvre inférieure trilobée, la supérieure est bilobée. L'androcée est

formé de 4 étamines, la cinquième étant très réduite, parfois 2 étamines et 2 staminodes. Le Gynécée forme 2 carpelles biovulés subdivisés chacun par une fausse cloison en 2 logettes uniovulées. Le style bifide gymno basique est le fruit constitué par 3 akènes plus ou moins soudées par leur face interne (**Quezel et al. 1963 ; Madadori, 1982**).

Selon **Quezel et al. (1963)**, le romarin appartient au sous-règne des Cormophytes, à l'Embranchement des Spermaphytes, au Sous embranchement des Angiospermes, à la Classe des Eudicots, à la Série des super ovaire des Tétracyclique, à l'Ordre des Lamiales, à la Famille des Lamiacées, au Genre *Rosmarinus* et a l'espèce *Rosmarinus officinalis* (Linné, 1757). Elle est connue sous le Nom vulgaire : Romarin.

## **2- Ecologie et répartition de *Rosmarinus officinalis***

Le romarin est retrouvé à l'état sauvage. Il peut être cultivé. C'est la plante la plus populaire dans le bassin méditerranéen : en Algérie, nous la trouvons dans les jardins, les parcs des sociétés, des écoles...et les zones cultivées à l'entrée. Elle se trouve toujours en bordure sous forme d'une bande odorante. Les fleurs bleues s'épanouissent tout au long de l'année ce qui attire de nombreux insectes. Nous pouvons rencontrer le romarin à différentes altitudes suivant les étages bioclimatiques (**Emberger, 1960**).

### **2-1- Répartition géographique**

#### **2-2-1- Dans le monde**

Selon **Guinochet et al. (1973)**, le romarin se reparti tout au long de la mer méditerranéenne et le reste de l'Europe d'où son nom « rose de la mer ». « Rose », « marinus » elle est typiquement méditerranéen qui n'existe pas à l'état sauvage en Belgique (**Angeno et al., 1981**).

D'après **Perrot et Paris (1971)**, cette plante existerait aussi en Corse et au Portugal. En France, elle pousserait abondamment dans les terrains calcaires du midi en particulier sur le littoral méditerranéen (aux faibles altitudes) d'où il remonte même jusqu'au massif central (Provence, Roussillon, Languedoc) Cette plante est également cultivée dans de nombreux pays tel que l'Espagne, l'Italie, la Tunisie, le Maroc et l'Algérie (**Garnier et al., 1961**).

#### **2-2-2- En l'Algérie**

En Algérie cette plante est bien apparente en différente région. En Oranie elle est souvent cultivée comme plante d'ornement cette plante est retrouvée dans la steppe à Sid Djilali dans la région de Sid El Makhfi, ainsi on peut la voir dans le littoral a Béni Saf dans la zone de Sid Safi. Nous pouvons rencontrer le romarin cultivé a différente

altitude suivant les étages bioclimatiques à titre d'exemple, il est retrouvé à Tlemcen : lala Seti 1025 mètre, le grand bassin 750 mètres, et chetouan (**Mostefai , 2012**).

### 3- Variétés

On dénombre plus de 150 variétés de Romarin. Elles se différencient par leur taille maximale (d'une dizaine de centimètres à 2 mètres), leur tenue (vertical ou rampant), la couleur de leurs fleurs (violette, bleues, blanches, roses) et de leurs feuilles, leur rusticité (tableau 2).

**Tableau 2 : Les différentes variétés de *Rosmarinus officinalis* L (in Mostefai, 2012)**

Variétés	Nom	Caractéristiques
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Alba</i> ou <i>Albus</i>	Romarin à fleurs blanches	Fleurs et bourgeons blancs.
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Arp Romarin "Arp"	Supporte particulièrement bien le froid (zones 6 à 10). Ses feuilles ont une odeur citronnée
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Athens Blue Spire</i>	Romarin "Athens Blue Spire"	Feuillage dense, arôme puissant
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Barbeque</i>	Romarin "Barbeque"	Tiges bien droites, adaptées à l'usage des tiges comme brochettes
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Bennenden Blue</i>	Romarin "Bennenden Blue"	Grandes fleurs bleu-ciel, feuilles étroites et foncée.
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Blaulippe</i>	Romarin "Blaulippe"	Buisson compact, fleurs bleu tirant sur le violet. Sensible au froid.
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Blue Lagoon</i>	Romarin "Blue Lagoon"	Buisson compact. Sa floraison le couvre de petites fleurs bleues.
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Corsican Blue</i>	Romarin "Corsican Blue"	Rampant. Fleurs bleu soutenu
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Fota Blue</i>	Romarin "Fota Blue"	Fleurs bleu foncé soutenu, feuillage vert foncé.
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Gorizia</i>	Romarin "Gorizia"	Grandes feuilles et grandes fleurs bleues. Saveur légèrement épicée rappelant le gingembre.
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Haifa</i>	Romarin "Haifa"	Rampant. Petit et fragile, adapté à la culture en pot en intérieur.
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Jackmann's Blue</i>	Romarin "Jackmann's Blue"	Fleurs bleu ciel, retombant.
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Miss Jessop's Upright</i>	Romarin "Miss Jessop's Upright"	Croissance verticale. Variété utilisée comme haie.
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Pinkie</i>	Romarin "Pinkie"	Fleurs roses, feuilles courtes et ternes.
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Primley Blue</i>	Romarin "Primley Blue"	
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Prostratus</i>	Romarin "Prostratus"	Feuilles brillantes. Croit en s'étalant, adapté aux topiaires.
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Roseus</i>	Romarin "Roseus"	Fleurs roses.
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Salem</i>	Romarin "Salem"	
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Severn Sea</i>	Romarin "Severn Sea"	Les branches sont retombantes. Fleurs bleues tendant vers le violet
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Sudbury Blue</i>	Romarin "Sudbury Blue"	Feuilles bleu-vert, fleurs bleues.



<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Tarentinus</i>	Romarin "Tarentinus"	Buissonnant. Fleurs bleu pâle à violettes
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Tuscan Blue</i>	Romarin "Tuscan Blue"	Croissance rapide, peut atteindre 2 mètres dans de bonnes conditions. Fleurs bleu foncé, feuilles bleu-vert foncé et brillantes. Arôme apprécié pour la cuisine.
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Vicomte de Noailles</i>	Romarin "Vicomte de Noailles"	
<i>Rosmarinus officinalis</i> f. <i>Repandens</i>	Romarin retombant	
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Lavandulaceus</i>	Romarin "Lavandulaceus"	Petite plante rampante, fleurs violettes.

#### 4- Composition chimique de *R. officinalis*

La composition des huiles essentielles est généralement très complexe, à la fois par la diversité considérable de leurs structures, et par le nombre élevé de constituants présents (**Abid, 2008**).

La composition chimique et le rendement en huiles essentielles varient suivant divers facteurs : L'environnement, le génotype, origine géographique, le lieu et la période de récolte, la partie de la plante étudiée, l'âge de la plante, le séchage, lieu de séchage, la température et durée de séchage, les parasites, les virus et mauvaises herbes (**Smallfield, 2001 ; Atik Bekkara et al., 2007 ; Merghache et al., 2009**).

**Bouchikhi Tani (2011)**, évoque dans le tableau 3 la composition des huiles essentielles extraites *R. officinalis* issues de différentes régions du nord algérien par comparaisant a une huile essentiel extraite de la même plante prélevé de l'Egypte.

#### 5- Utilisation de Romarin

**Sedjelmassi (1993)**, signale que le romarin est une plante méditerranéenne ayant des qualités et propriétés stimulantes, antiseptiques et insecticides. Il sert à la fabrication des parfums il fut utilisé en médecine contre les débilités de tout genre. Il calme les nerfs surtout au moment de la ménopause. Il est en même temps diurétique. C'est un antiseptique, antispasmodique, diurétique, stimulant.

L'huile essentielle de Romarin peut déclencher des convulsions et des crises d'épilepsie (**in Mostefai , 2012**).

**Tableau 3 :Composition des huiles essentielles extraites de *R. officinalis* (en %)**

Composés	SOLIMAN et al. (1994) Giza (Egypte)	KABOUCHE et al. (2005) Constantine	ATIK BEKKARA et al. (2007) Région de Honaine	BENDAHOU (2007) Région de Mechria
$\alpha$ -thujène	-	0,1	1,3	0,2
$\alpha$ -pinène	9,33	7,5	23,1	7,8
camphène	3,65	5,0	4,6	2,1
$\beta$ -pinène	1,80	3,2	12,2	7,1
myrcène	5,39	-	4,5	1,5
$\alpha$ -terpinène	0,40	-	0,7	-
<i>p</i> -cymène	6,29	-	1,9	-
1,8-cineole	8,96	29,5	-	48,8
limonène	-	tr	3,2	-
$\gamma$ -terpinène	0,09	0,1	1,1	0,6
terpinolène	-	-	-	-
$\alpha$ -terpinéol	3,27	-	1,1	3,6
linalol	5,44	tr	1,2	2,7
camphor	14,91	11,5	-	-
camphre	-	-	14,5	18,3
bornéol	0,30	9,4	1,4	1,6
acétate de bornyl	-	-	3,6	0,7
carvacrol	0,15	-	-	-

## 6- Propriétés thérapeutiques et indications de Romarin

Depuis longtemps, le romarin est utilisé à des fins très diverses.

- **Usage interne**, le romarin est connu pour ces multiples propriétés. En raison de sa teneur en huile essentielle, la drogue est utilisée comme carminatif et stomachique dans les troubles digestifs, les ballonnements, les flatulences, mais aussi pour stimuler l'appétit et les sécrétions gastriques. Son usage comme cholagogue et cholérétique, rare en Allemagne, plus répandu en France, est surtout dû aux principes amers.

Le romarin présente aussi, des propriétés emménagogues dues à l'hyperémie qu'il détermine dans les organes du bassin. Ses propriétés emménagogues, sont mises à profit dans le traitement de l'aménorrhée, oligoménorrhée, dysménorrhée (**Garnier et al., 1961**).

La drogue est également employée en traitement complémentaire dans les troubles circulatoires. Et l'acide rosmarinique développe une activité antiinflammatoire *in vivo* chez le rat (**Anton et Wichil 1999**). C'est de plus un bactéricide, son extrait aqueux tue les colibacilles, (**Diaz et al., 1988**). L'infusion de feuilles de romarin, calme les nerfs, surtout au moment de la ménopause **Volak et Stodola (1983)**. Il est donc l'ami des femmes et il combat aussi les infections de la peau (**Messegue, 1973**).

- **Usage externe**, le romarin entrainé dans la composition du «vinaigre des 4 voleurs». Il entre dans la composition du vin aromatique, des baumes tranquilles, de l'eau de dardel (stimulant), du baume nervin (stimulant, antirhumatismal) (**Valnet, 1984**). L'huile essentielle et certaines préparations à base de romarin entrent dans la composition d'huile et de pommades comme liniment analgésique contre les rhumatismes et comme additif de bain pour une stimulation sanguine locale et leur effet vasodilatateur (**Anton et Wicht, 1999**). Elle est aussi utilisée en cas de nez bouché, de rhume et de bains de l'oppression, l'insomnie, la nervosité et les troubles intestinaux.

- **En médecine traditionnelle**, la drogue est utilisée en compresse pour éviter les retards et cicatrisation et l'eczéma, et d'une façon plus générale, comme insecticide, (**Anton et Wichtl, 1999**).

- **En médecine vétérinaire**, elle utilise largement les vertus du romarin que ce soit en usage externe (antiseptique, cicatrisant) ou interne (tonique, cholérique et cholagogue) (**Bezanger et al., 1990**).

- **Usage culinaire**, l'utilisation du romarin en tant qu'aromate se fait sous plusieurs formes et plusieurs conditionnements : En sec, les feuilles sont utilisées pour accompagner viande et poissons grillés ; les bouquets garnis aromatisent les sauces tomates ou les ragoûts (avec thym et laurier sauce). En frais, le romarin entre dans la composition des vinaigres. Sa forte teneur en bornéol lui confère de puissantes propriétés antiseptiques qui font de lui un bactéricide de choix en conserverie. La plante est très utilisée en agroalimentaire comme conservateur et antioxydant, pour la conservation de la viande et des graisses (**Perrot et Paris, 1971**). L'huile essentielle de romarin se trouve avoir plusieurs activités, antimicrobiennes (**Farg et al., 1986**) et antivirale (**Romero et al., 1989**).

## 7- Récolte

L'exploitation du romarin est différente selon que les feuilles sont récoltées pour l'herboristerie en frais ou pour la distillation. La période de récolte varie selon les besoins. La première récolte a lieu de 1 an à 1 an et demi après la plantation.

- **Production pour « l'herboristerie »**

La récolte se fait avant la floraison, au printemps, en mars-avril ou à l'automne, en septembre (**Anonyme, 1991**). .

- **Production de « pousses fraîches »**

La récolte a lieu toute l'année. Le prélèvement « des pousses fraîches » est souvent dicté par les impératifs commerciaux. (**Anonyme, 1991**).

- **Production de l'huile essentielle**

Sachant que le rendement en huile est maximal en pleine floraison et la récolte intervient suivant la saison en mai-juin (**Anonyme, 1991**). La récolte du romarin en fleurs est possible pendant presque toute l'année mais on la pratique avec plus d'intérêt, de mai à juillet ou septembre par temps sec et chaud (**Garnier et al., 1961**).

**8- Séchage et élaboration**

Dès la récolte, les parties aériennes sont séchées artificiellement dans un caisson à des températures de séchage de 30 à 40°C. Compte tenu de la morphologie importante de la plante, la hauteur du tas de séchage peut s'élever de 1,50m à 2m (3 à 4 tonnes de plantes fraîches pour un caisson de 20m<sup>2</sup>) (100 kg de romarin frais entier/m<sup>3</sup>). La feuille est obtenue par battage à l'aide d'une batteuse. Le produit obtenu est ensuite dépoussiéré au moyen d'un tarare ou d'un sasseur équipé de grilles adéquates (**Anonyme, 1991**).

## Chapitre 3 : La salinité et la plante

### 1. Stress

#### 1.1. Définitions du stress

On appelle stress toute pression dominante exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante. Par ailleurs, la réponse du végétal dépend, entre autres, de ces paramètres environnementaux, (le type de contrainte, son intensité et sa durée) et génétiques (espèce et génotype) (**Hopkins, 2003**).

Selon **Dutuit et al. (1994)**, le stress est le dysfonctionnement (rupture d'un équilibre fonctionnel) produit dans un organisme ou dans un système vivant, par exemple par une carence. Le stress est un ensemble de conditions qui provoquent des changements de processus physiologiques résultant éventuellement en dégâts, dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement. D'après **Jones et al. (1989)** : "C'est une force ou influence hostile qui tend à empêcher un système normal de fonctionner".

#### 1.2. Catégories de stress

Les plantes sont souvent confrontées à des conditions environnementales défavorables qu'on peut dénommer « stress » et qui ont pour conséquence une diminution de la croissance. Tous les stress impliquent des réactions de signalisations capables d'aboutir à la mise en place de défense ou de déclencher une mort cellulaire programmée. On distingue deux grandes catégories de stress : (i) *Biotique*, imposé par d'autres organismes (insectes, herbivores...), (ii) *Abiotique* : provoqué par un défaut ou excès de l'environnement physico-chimique comme la sécheresse, les températures extrêmes, la salinité... (**Laclerc, 1999**).

Les stress abiotiques ou environnementaux affectent la croissance et le rendement des plantes, contrairement aux animaux qui peuvent se déplacer lorsque les conditions de vie ne leur sont plus favorables. Les plantes ont développé des stratégies d'adaptation pour répondre aux chocs chimiques ou physiques, engendrés par l'environnement en contrôlant et en ajustant leur système métabolique. On peut considérer que la notion de stress implique, d'une part, une déviation plus ou moins brusque par rapport aux conditions normales de la plante ou de l'animal ; et d'autre part une réaction sensible de l'individu dans les différents aspects de sa physiologie, avec soit une adaptation à la nouvelle situation, soit à la limite dégradation menant à une issue fatale (**Laclerc, 1999**).

Pour survivre, la plante doit échapper ou éviter le stress. Nous citerons le cas des géophytes et des hémicryptophytes en hiver, grâce à leurs parties souterraines ou

très proches du sol, également les thérophytes printanières qui évitent de pousser pendant la saison froide et la saison chaude (**Laclerc, 1999**).

Dans le cas du stress salin, la présence de fortes concentrations de sels dans le milieu crée une pression osmotique élevée dans l'environnement racinaire, réduisant la disponibilité de l'eau du sol pour la plante. A ce déficit hydrique s'associe un stress ionique dont l'ampleur dépend de la perméabilité des membranes végétales vis-à-vis des ions, et du niveau de toxicité de ces ions pour l'espèce végétale considérée (**Hamza, 1980**).

Le maintien des processus vitaux dans ces conditions de forte salinité passe donc par une résistance de la plante à la déshydratation, par une adaptation de son potentiel osmotique afin de rétablir les relations hydriques et d'assurer une alimentation en eau convenable, ainsi que par un contrôle efficace des flux ioniques intracellulaires (**Chretien, 1992**).

## 2. Stress salin

Le stress salin est un excès d'ions, en particulier, mais pas exclusivement, aux ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  (**Hopkins, 2003**). Le stress salin est dû à la présence de quantités importantes de sels potentiels hydriques. Il réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle alors de milieu "physiologiquement sec" (**Tremblin, 2000**). La quantité de sels dans le sol que les plantes peuvent supporter sans grand dommage pour leur culture, varie avec les familles, les genres et les espèces, mais aussi les variétés considérées (**Levigneron et al., 1995**).

Ces mêmes auteurs précisent que, les conséquences d'un stress salin peuvent résulter de trois types d'effets que le sel provoque chez les plantes :

- **Le stress hydrique** : Une forte concentration saline dans le sol est tout d'abord perçue par la plante comme une forte diminution de la disponibilité en eau. Cela nécessite un ajustement osmotique adapté, afin que le potentiel hydrique cellulaire demeure inférieur à celui du milieu extracellulaire et à celui du sol. Ce phénomène assure d'une part, la poursuite de l'absorption de l'eau du sol, et d'autre part, la rétention de l'eau intracellulaire et le maintien de la turgescence. Lorsque l'ajustement osmotique n'est pas suffisant, l'eau a tendance à quitter les cellules, ce qui provoque un déficit hydrique et la perte de la turgescence.

- **Le stress ionique** : En dépit d'un ajustement osmotique correct, la toxicité ionique survient lorsque l'accumulation de sels dans les tissus perturbe l'activité métabolique ;

- **Le stress nutritionnel** : des concentrations salines trop fortes dans le milieu, provoquent une altération de la nutrition minérale, en particulier vis-à-vis des

transporteurs ioniques cellulaires. Le sodium entre en compétition avec le potassium et le calcium, et le chlorure avec le nitrate, le phosphore et le sulfate.

### 3. Conséquences de la salinité sur la plante

La salinité est l'un des facteurs limitant pour la croissance des plantes. Les effets de la salinité sont : l'arrêt de la croissance, le dépérissement des tissus sous forme de nécroses marginales, suivi par une perte de turgescence, par une chute des feuilles et finalement par la mort de la plante (**Zid, 1982**).

La salinité provoque le plus souvent un retard dans le développement (**Gill, 1979 ; Elmekkaoui, 1990 et Boukachabia, 1993**) et d'une manière générale la hauteur, le diamètre des tiges des différentes espèces, ainsi que la grosseur des fruits, diminuent d'une façon importantes avec l'augmentation de la salinité : c'est le cas de riz (**Khan et al., 1997**) et de la pomme de terre (**Bouaziz, 1980**).

D'une façon générale, la tolérance au sel n'est pas constante pour une même espèce ou variété. Elle peut changer en fonction de l'espèce, du génotype, de l'âge et de l'état physiologique de l'organe. A titre d'exemple, l'orge et le blé sont particulièrement résistants à la salinité après la germination (**Elmekkaoui, 1990**).

#### 3.1. Effet de la salinité sur la germination

Les semences des glycophytes et des halophytes répondent de la même manière au stress salin, en réduisant le nombre total des graines germées et en accusant un retard dans l'initiation du processus de la germination (**Lachiheb et al., 2004**).

Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (**Debez et al., 2001**).

A titre d'exemple ; le taux de germination du cotonnier chute de 70% en présence de 12 g/l de chlorure de sodium (NaCl) et la germination des tubercules de pomme de terre peuvent être retardée de 3 à 7 jours selon le degré de salinité du sol (**Levigneron et al., 1995**).

La luzerne qui voit sa germination affectée négativement par la présence du sel et peut être inhibée complètement à des concentrations supérieures à 15 g/l de NaCl (**Chaibi, 1995**).

Tandis que chez l'*Atriplex halimus* L. la vitesse de germination est ralentie à partir de 10 g/l de NaCl et davantage inhibée à des concentrations plus élevées (**Debez et al., 2001**).

### 3.2. Effet de la salinité sur la croissance et le développement

Le stress salin entraîne des modifications morphologiques, mais c'est le poids de la matière végétale sèche et la longueur des tiges qui rendent compte du milieu de la tolérance ou de sensibilité des plantes au sel (**Bekhouche, 1992**).

Selon **Levigneron et al. (1995)**, une augmentation brutale de la salinité du sol se traduit par une réduction immédiate de la croissance foliaire. Un retard de croissance important est signalé chez la plupart des glycophytes dès 50mM/l de NaCl dans la solution du sol. Par contre chez les halophytes leur croissance ne semble diminuer que pour des concentrations beaucoup plus élevées ; par exemple chez *Atriplex halimus* L. c'est à partir de 480 mM/l de NaCl que sa production diminue (**Brun, 1980**).

Parmi les manifestations morphologiques des plantes au stress salin, on distingue : (i) Une faible ramification, une diminution de la longueur de diamètre, du poids sec des tiges, racines constatés sur les tomates ; (ii) Un raccourcissement des entrenœuds et une diminution du nombre de nœuds; (iii) Une réduction du nombre de feuilles (**Hamza., 1977**) et de la surface foliaire chez l'haricot avec une diminution de 20% à 40% (**Larher et al., 1987**).

### 3.3. Effet de la salinité sur le comportement biochimique de la plante

Sous les conditions salines il y a un changement dans le modèle d'expression des gènes, et des changements qualitatifs et quantitatifs dans la synthèse des protéines (**Reynolds et al., 2001**). Le stress salin induit une perturbation de la composition lipidique et protéique au niveau de la membrane cellulaire, affectant ainsi sa stabilité (**Alem et Amri., 2005**). La présence du sel en forte concentration inhibe principalement le métabolisme cellulaire et la photosynthèse (**Tremblin et Coudret, 1986**) par l'imposition d'un stress osmotique (**Hayashi et Murata, 1998**) sur la cellule et par la toxicité du sodium et du chlorure dans le cytoplasme (**Niu et al., 1995**).

Chez diverses espèces, plus ou moins résistantes, on a observé une augmentation des sucres totaux résultant d'un blocage de la glycolyse ou du saccharose provenant d'une forte hydrolyse de l'amidon (**Asloum., 1990**). Selon **Hadjadj (2009)**, l'accumulation des sucres solubles est importante dans les feuilles des plantes d'*Atriplex halimus* L. et d'*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. soumises à un stress salin.

### 3.4. Effet de la salinité sur les processus physiologiques de la plante

Un excès de sel dans le protoplasme conduit à des modifications dans la balance ionique, des perturbations des enzymes, membranes et autres macro-molécules. Ces perturbations entraînent une faible production d'énergie par la phosphorylation et la photorespiration, une assimilation de l'azote est perturbée, et un dérèglement



de nombreuses voies métaboliques. Si la concentration en sel excède le niveau de tolérance de la plante, des perturbations fonctionnelles apparaissent au niveau de la photosynthèse, par effet du sel dans le stroma des chloroplastes qui perturbe le transport des électrons. La glycolyse et le cercle de Krebs sont aussi affectés. L'acquisition de nutriments minéraux, comme le potassium, les nitrates ou le calcium est également réduite. La plante montre alors des signes de stress par la production d'anthocyanes ou la destruction de la chlorophylle. Si chez certaines halophytes, la croissance est stimulée par un apport modéré de sel, ce phénomène reste limité par un niveau de tolérance. Des stress extrêmes conduisent au nanisme et à l'inhibition de la croissance. Les feuilles deviennent sclérosées avant même d'avoir fini leur croissance, et l'organisme tout entier risque de dépérir assez vite (**Baba Sidi Kasi, 2010**).

## Chapitre 4 : Matériel et Méthode

### 1. Objectif

Dans cette étude nous avons entrepris d'évaluer l'effet biocide, d'un bioproduit formulé à base d'huiles essentielles extraite de *Rosmarinus officinalis* soumis à différents régime de stress (salin et hydrique). La disponibilité et la structuration des populations du psylle de l'olivier *Euphyllura olivina* a été estimé après exposition aux traitements.

### 2. Zonage topographique et climatologie de la région d'étude

La Mitidja est une vaste plaine, située à une latitude Nord moyenne de 36 à 48° et une altitude moyenne de 30 et 50 mètres. Elle s'étend sur une longueur de 100 kilomètres et une largeur de 5 et 20 kilomètres. Elle couvre une superficie de 150 000 ha et correspond à une dépression allongée d'Ouest en Est. Elle est limitée à l'Ouest par l'Oued Nador, à l'Est par l'Oued Boudouaou et bordée par deux zones élevées ; le Sahel au Nord et l'Atlas Tellien au Sud. Elle ne s'ouvre que sur quelques kilomètres sur la mer Méditerranée (**Loucif et Bonafonte, 1977**).

La Mitidja est soumise à un climat subhumide caractérisé par un hiver et un printemps sont modérément pluvieux et relativement froids, et un été chaud et sec et un automne généralement humide et doux. (**Anonyme 2014**).

### 3. Présentation de la station d'étude

La conduite des différents régimes de stress et la cueillette du matériel végétal a été réalisée au niveau de la station expérimental de la faculté des Science de la Nature et de la Vie de l'Université de Blida 1.

## 4. Matériel et méthodes d'étude

### 4.1. Matériel d'étude

#### 4.1.1. Matériel végétale destiné à l'extraction des huiles essentielles

Le matériel végétal convoité est représenté par des plantes ornementales appartenant à la famille des Lamiacées, il s'agit du romarin *Rosmarinus officinalis* âgés de 15 ans (Fig.4).



Figure 4: *Rosmarinus officinalis* (Originale, 2015)

#### 4.1.2. Matériel végétale destiné à la réalisation des bio-essais

Les Tests d'estimation de l'activité biocide des produits formulés ont été réalisés sur des rameaux d'olivier infestés par le Psylle (Fig.5a). Les prélèvements des rameaux ont été opérés au niveau de la parcelle de l'Olivier de la station expérimentale de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Blida 1 durant la période fin Mai – Début Juin (Fig.5b).

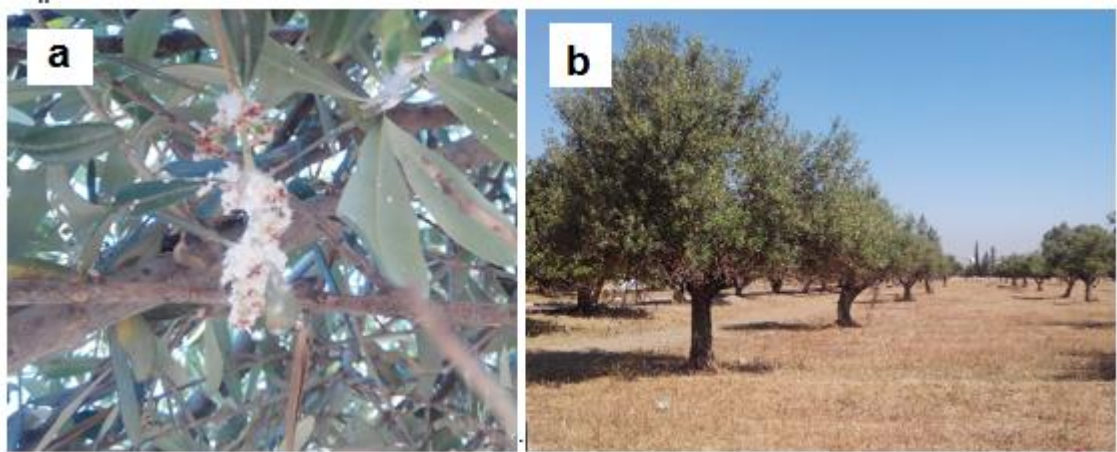


Figure 5: Verger d'olivier (Original, 2015)

#### 4.2. Méthodes d'étude

##### 4.2.1. Application des différents régimes de stress

Deux modes de stress ont été conduits à savoir :

(i) *Stress salin* où des plantes de Romarin ont été irriguées par une solution saline. Cette dernière est préparée par la dilution de NaCl dans l'eau courante ; une dose de 4,2g de NaCl/l. a été retenue (Allagui et al, 1994). La solution saline est importée par voie foliaire et par absorption racinaire le stress est maintenu pendant 21 jours.

(ii) *Stress hydrique*, où des plantes de Romarin ont été privées d'eau pendant 21 jours.

(iii) des plantes de Romarin ont été prisé comme Témoin, ces dernières ont été irriguée à l'eau courante durant la même période de l'application des deux régimes de stress.

#### 4.2.2. Extraction des huiles essentielles

A partir de chaque bloc 3kg de matière végétal de la partie aérienne a été prélevée et sécher séparément à l'air libre pendant une semaine (Fig. 6).



Figure 6: Séchage du Romarin (Originale, 2015)

Après chaque séchage de la matière végétale on a accéder à l'extraction par hydrodistillation-Clevenger (Fig. 7). L'extraction a été menée au niveau du laboratoire de phytopharmacie appliquée département des biotechnologies université Blida (1).



Figure7 : Système d'hydrodistillation - Clevenger (Originale, 2015)

Cette technique d'extraction se base sur le pouvoir que possède la vapeur d'eau à transporter les phases volatiles extraites du matériel végétal. L'opération consiste à introduire 80g de masse végétale de la plante dans un ballon en verre en y ajoutant une quantité suffisante d'eau (2/3) sans pour autant le remplir pour éviter les débordements de l'ébullition. L'appareil est porté à ébullition à l'aide d'une chauffe ballon. Les vapeurs chargées en huiles essentielles passent à travers le tube vertical puis dans le réfrigérant où aura lieu la condensation. Les gouttelettes ainsi produites s'accumulent dans une ampoule à décanter qui permettra la séparation de la phase aqueuse (Hydrolat) de celle organique (Huile), cette opération dure entre 2 à 3 heures à partir du début de l'ébullition. Les phases récupérées sont conservées dans des flacons stériles en verre à une température basse. Pour une étude approfondie l'hydrodistillation a été menée chaque jour pour optimiser le rendement de l'extraction en fonction du séchage du matériel végétal.

#### 4.2.3. Estimation de rendement

Le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre le volume d'huile essentielle obtenue et la masse du matériel végétal à traiter (BELYAGOUBI, 2006). Le rendement en huile essentielle (exprimé en pourcentage par rapport au 80g de matière sèche) a été calculé par la relation suivante :

$$\text{Rd HE (\%)} = (V / M \text{ MV}) \times 100$$

Avec :

Rd HE (%) : rendement en huile essentielle exprimé en pourcentage.

V : volume d'huile essentielle en ml.

M MV : la masse de la matière végétale utilisée (sèche).

#### 4.2.4. Formulation des bioproduits

Les trois types d'huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* sont conservés dans des tubes opaques en verres à une température de 6°C. A partir des huiles essentielles obtenues nous avons procédé à leur formulation au niveau de laboratoire phytopharmacie appliquée dont la matière active (HE) est concentrée à 6% (Fig.8). La formulation est obtenue en suivant le protocole établie par **Moussaoui et al. (2014)**.



Figure 8 : Présentation des bioproduits formules (Originale, 2015)

#### 4.2.5. Evaluation de l'activité biocide des bioproduits

À partir de fragments de rameau de 15 cm de long nous avons établi un dispositif expérimental visant à évaluer l'activité biocide des bioproduits. Le schéma directeur des apports des traitements est présenté dans la (Fig. 9).

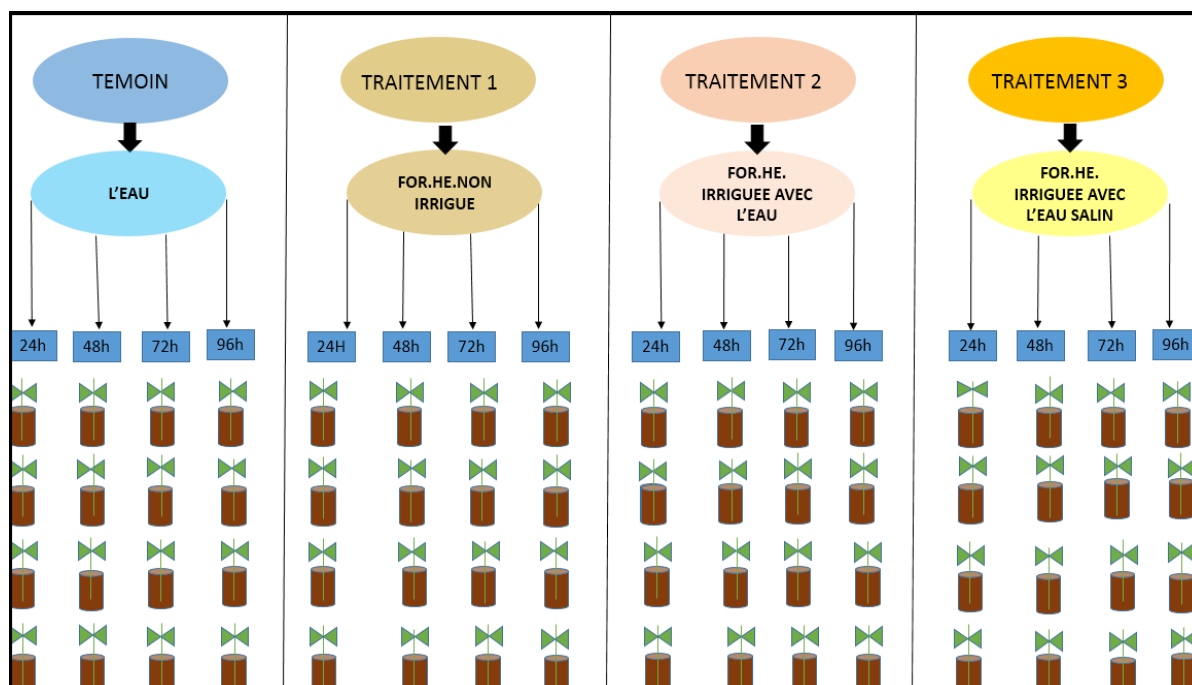


Figure9 : Schéma directeur de l'étude

Les tests d'efficacité des différents produits ont été conduits un test selon le schéma directeur sur des rameaux d'Oliver infesté par le Psylle. Les rameaux d'olivier infestés sont placés dans des bouteilles remplies d'une solution sucrée (30g de sucre dilue dans 400ml d'eau), ces rameaux sont pulvérisés par les différents traitements (1g d'huile essentielle formulé dilué par 40ml d'eau) (Fig. 10).

Après traitement les dénombrements des individus vivants et morts ont été effectués après 24h, 48h, 72h, 96h



Figure 10 : Présentation du plan de travail (photo original)

Sous une loupe binoculaire les observations ont été réalisées a fin d'estimer l'abondance des différents formes biologiques du Psylle (Fig. 11).

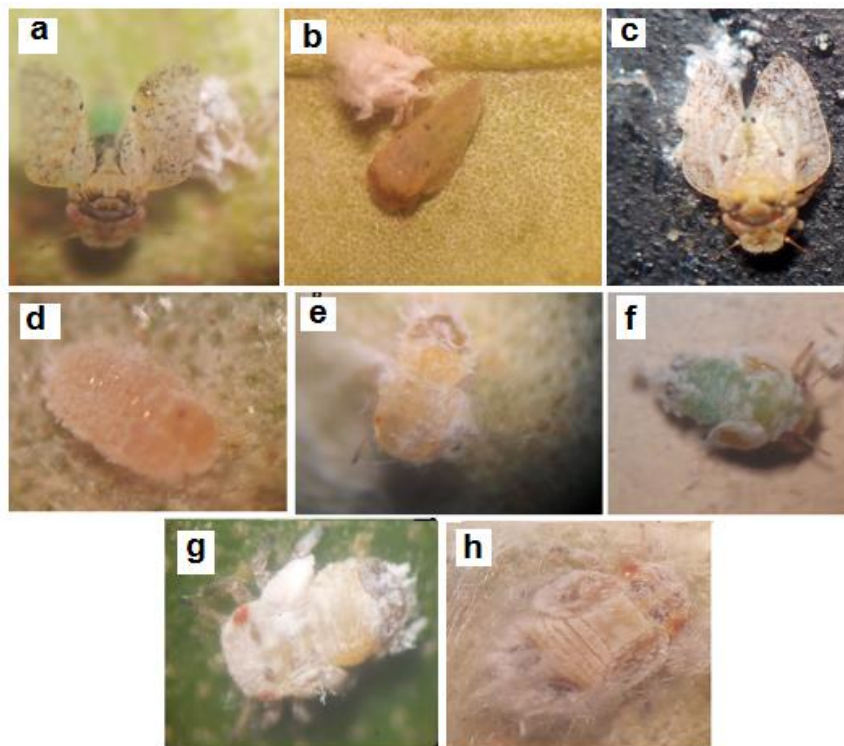


Figure 11 : Différents stades biologiques d'*E. olivina* (Originale, 2015)  
(a-b-c : Stade adulte / d : stade L1, / e : stade L2, / f : stade L3, / g : stade L4, / h : stade L5).

#### 4.2.6. Estimation de l'abondance

Au cours de notre expérimentation, on comptabilisait chaque jour l'abondance des formes biologiques de Psylle de l'olivier (larves, nymphes et les adultes ailés) sur les rameaux de chaque bloc expérimental.

#### 4.2.7. Estimation de la fécondité

Le nombre des formes biologiques (Larve L1 et Adultes) est estimé quotidiennement a fin d'appréhender la fluctuation de la fécondité sous l'effet des différents traitements la fécondité est estimer par le rapport suivant :

$$FEC = N_L / N_F$$

Avec :

FEC : Fécondité.

$N_L$  : nombre des larves.

$N_F$  : nombre des femelles.

#### 4.3. Analyse statistique

Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (qualité d'huile essentielle, abondance des formes biologiques et fécondité), il est préconisé de réaliser une analyse de variance. Dans les conditions paramétriques (ANOVA pour ANalysis Of VAriance), la distribution de la variable quantitative doit être normale. Dans les cas la distribution n'obéit pas à la loi normal on aura recoure au test kruskal-Wallis. Dans la mesure où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.). Par exemple, si on désire connaître l'effet des facteurs A, B et C et seulement l'interaction entre A et C, il suffit de sélectionner explicitement ces 4 catégories. Les tests statistiques ont été déroulé par le logiciel PAST version 3.1 (Hammer *et al.*, 2001). Le seuil de 5% a été retenu pour tous les tests.



# **Introduction**

## **générale**

**Partie**  
**bibliographique**

# Partie expérimentale

# Résultats

# Discussion

# Conclusion générale

# Annexe

**Reference**

**bibliographique**



## Chapitre 5 : Résultats

Les résultats relatifs à la caractérisation des huiles essentielles du romarin soumis à différents régimes de stress et l'effet biocides des bioproduits formulés sur les différentes formes biologique du psylle de l'olivier sont indiqués dans ce chapitre.

### 1. Caractérisation des huiles essentielles du Romarin soumis a différents regimes de stress

Les huiles essentielles obtenues par hydrodistillation-entrainement à la vapeur du romarin conduit sous stress ont été caractérisées par analyse HPLC-CM. Une quantification individuelle des composants des trois huiles essentielles a été établie.

#### 1.1. Composition chimique des huiles essentielles du Romarin soumis a différents regimes de stress

Les analyses chimiques ont permis de décrire le profil des huiles essentielles du Romarin, irrigué à l'eau courante, irrigué à l'eau saline et le non irrigué. Les résultats analytiques sont regroupés dans le tableau 4 et dans l'annexe1.

**Tableau 4 : Résultats des analyses par HPLC-CM des huiles essentielles du Romarin issues de différents régimes de stress**

Composés	% H.E. NIR	% H.E. IRR	% H.E. IRS
Alpha pinène	17,426	15,112	17,003
Eucalyptol (1,8 cinéol)	15,558	14,149	15,365
Conphène	13,291	12,16	7,727
1,6 Octadien-3-d-3,7 diméthyl	3,002	/	/
Cyclo pentadiene,1255 tétraméthyle	0,559	/	/
Camphre	14,581	/	13,72
<sup>2</sup> Bornéol	13,454	12,214	15,132
D_verbénone	15,136	11,081	5,023
Bornyl_ acétate	0,03	5,213	3,159
Cyclohexane	0,445	/	/
Isolimonène	0,538	/	/
Limonène acide	0,17	/	/
1,5-alphapinéne	/	/	7,4
1R-alphapinéne	/	/	4,023
Corcy ophyllène	/	/	3,403
Alpha -coryophyllène	/	/	0,3
Coryophyllène _oxide	/	22,43	1,739
Di_n_octyphitalate	/	/	3,327
Béta pinène	/	3,512	/
Trans verbénol	/	4,876	/
Béta _mercène	/	1,678	/
1_R_alpha pinène	/	5,142	/
linalyl_isobutyrate	/	5,152	/
Coryophyllene	/	2,101	/
bénzene thenol_alpha méthyl	/	0,906	/
dibutyl phtalate	/	2,845	/

NIR ; Non Irrigué, IRS : Irrigué avec une eau saline, IRR : Irrigué avec une eau courante.

Les huiles essentielles est un complexe mixte très diversifié, parmi eux 26 composés ont été identifiés (Tableau 4). L'huile essentielle du Romarin non irrigué (HE\_NIR), est caractérisée par 12 molécules à savoir : Alpha pinène, Eucalyptol (1,8 cinéol), Conphène, 1,6 Octadien-3-d-3,7 diméthyl, Cyclo pentadiene,1255 tétraméthyle, Camphre, <sup>2</sup>Bornéol, D\_verbénone, Bornyl\_acétate, Cyclohexane, Isolimonène et Limonène acide. L'huile essentielle du Romarin irrigué à l'eau courante (HE\_IRR), est caractérisée par 15 molécules à savoir : Alpha pinène, Eucalyptol (1,8 cinéol), Conphène, <sup>2</sup>Bornéol, D\_verbénone, Bornyl\_acétate, Coryophyllène \_oxide, Béta pinène, Trans verbénol, Béta \_mercène, 1\_R\_alpha pinène, linalyl\_isobutyrate, Coryophyllene, benzène thenol\_alpha méthyl, dibutyl phtalate. Enfin, l'huile essentielle du Romarin irrigué à l'eau saline (HE\_IRS), est caractérisée par 13 molécules à savoir : Alpha pinène, Eucalyptol (1,8 cinéol), Conphène, Camphre, <sup>2</sup>Bornéol, D\_verbénone, Bornyl\_acétate, 1,5-alphapinène, 1R-alphapinène, Corcy ophyllène, Alpha –coryophyllène, Coryophyllène \_oxide, Di\_n\_octyphitalate.

## 2.2. Caractérisation des huiles essentielles du Romarin issues de différents régimes de stress

Les résultats d'analyse font ressortir une richesse en molécules au profit de l'huile essentielle de Romarin issus de l'irrigation à l'eau courante (15 molécules) par rapport à l'huile essentielle de Romarin issus de l'irrigation à l'eau saline (13 molécules) et à l'huile essentielle de Romarin non irriguée (12 molécules) (Fig.12).

L'Alpha pinène, l'Eucalyptol (1,8 cinéol), le Conphène, le <sup>2</sup>Bornéol, le D\_verbénone et le Bornyl\_acétate étant des molécules communes pour les trois huiles essentielles du Romarin étudiées, alors que le Camphre et le Coryophyllène \_oxide sont des composés communs respectivement pour NIR-IRS et IRR-IRS. En revanche, 1,6 Octadien-3-d-3,7 diméthyl, Cyclopentadiene,1255 tétraméthyle, Cyclohexane, Isolimonène, Limonène acide sont caractéristiques de l'huile essentielle du Romarin non irrigué (HE\_NIR) et Béta pinène, Trans verbénol, Béta \_mercène, 1\_R\_alpha pinène, linalyl\_isobutyrate, Coryophyllene, benzène thenol\_alpha méthyl, dibutyl phtalate caractérisent l'huile essentielle du Romarin irrigué à l'eau courante (HE\_IRR) *en finale*, 1,5-alphapinène, 1R-alphapinène, Corcy ophyllène, Alpha –coryophyllène, Coryophyllène \_oxide, Di\_n\_octyphitalate sont spécifique à l'huile essentielle du Romarin irrigué à l'eau saline (HE\_IRS). L'Alpha pinène, l'Eucalyptol (1,8 cinéol) et le <sup>2</sup>Bornéol constituent pareillement la majorité de la composition des trois huiles essentielles.

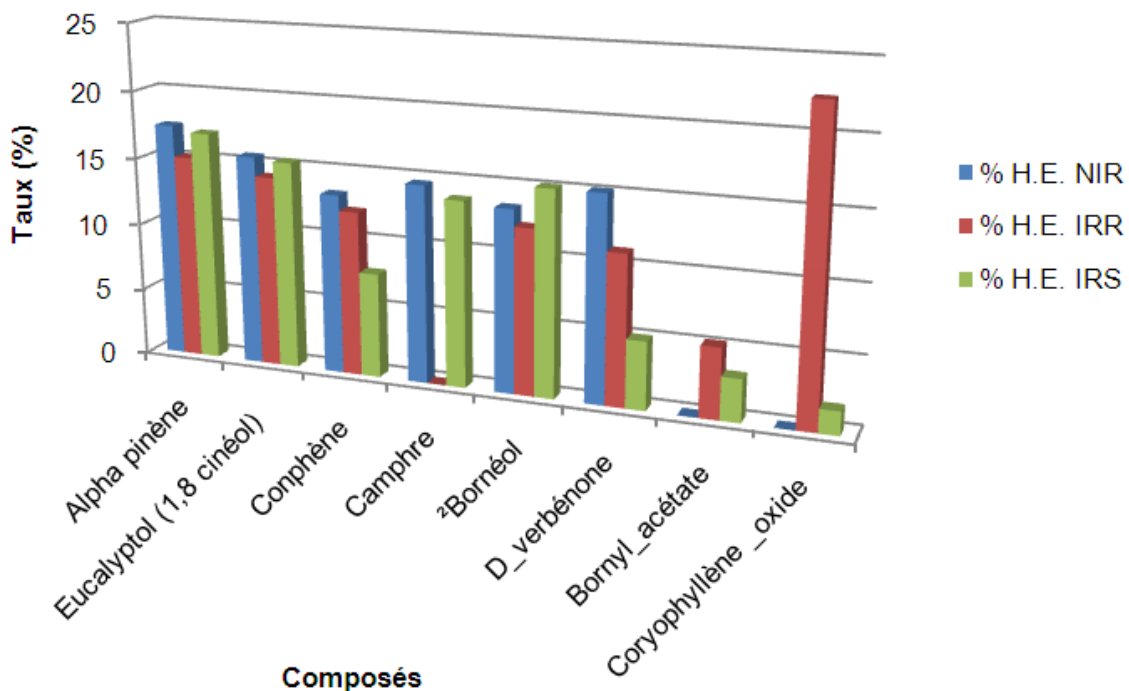
Les principaux composés chimiques qui constituent la fraction majoritaire de l'huile essentielle de Romarin issus de l'irrigation à l'eau courante (HE\_IRR) sont la Coryophyllène \_oxide (22,43%), Alpha pinène (15,112%), Eucalyptol (1,8 cinéol) (14,149%), <sup>2</sup>Bornéol (12,214%), Conphène (12,16%) et D\_verbénone (11,081%),

alors que la fraction minoritaire des HE\_IRR sont la Béta\_mercène (1,678%) et le benzène thenol\_alpha méthyl (0,906%).

Concernant la fraction majoritaire de l'huile essentielle de Romarin issus de l'irrigation à l'eau saline (HE\_IRS) on signale la Alpha pinène (17,003%), Eucalyptol (1,8 cinéol) (15,365%),<sup>2</sup>Bornéol (15,132%) et Camphre (13,72%). Deux molécules représentent la fraction minoritaire chez les HE\_IRS, il s'agit de la Coryophyllène\_oxide (1,739%) et de l'Alpha -coryophyllène (0,3%)

Enfin, dans l'huile essentielle du Romarin non irriguée (HE\_NIR), l'Alpha pinène (17,426%), l'Eucalyptol (1,8 cinéol) (15,558%), le D\_verbénone (15,136%), le Camphre (14,581%), le <sup>2</sup>Bornéol (13,454%) et le Conphène (13,291%) représentent les composés majoritaires et les Cyclo pentadiene,<sup>1255</sup> tétraméthyle (0,559%), Isolimonène (0,538%), Cyclohexane (0,445%), Limonène acide (0,17%) et Bornyl\_acétate (0,03%) indiquent les fraction minoritaires.

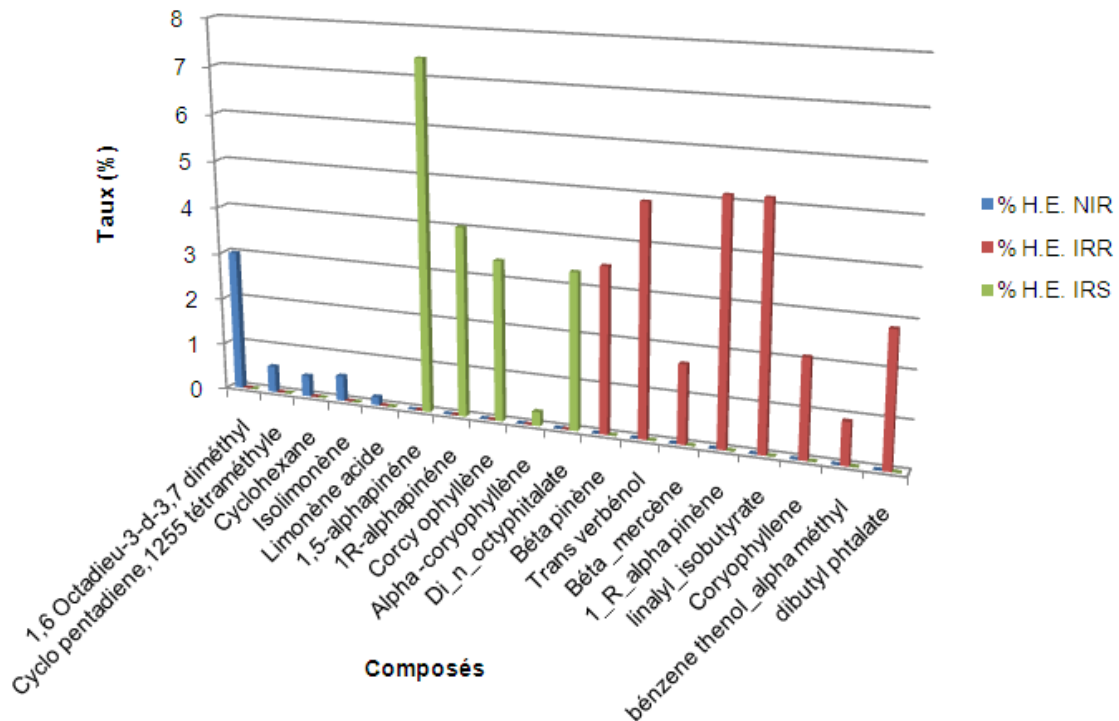
Un chevauchement de synthèse de l'Alpha pinène, l'Eucalyptol (1,8 cinéol) la Conphène, le Bornéol et le D\_verbénone est enregistré chez les trois huiles du Romarin, où on note une différence de capacité de synthèse au profit de l'HE\_NIR, alors que les huiles essentielles HE\_IRR et HE\_IRS se chevauchent dans la synthèse du Bornyl\_acétate et la Coryophyllène\_oxide avec une dénivellation de synthèse marquée pour HE\_IRR. La synthèse du Camphre est jumelée au HE\_NIR et HE\_IRS.



**Figure 12: Composés communs des huiles essentielles du Romarin soumis à différents régimes de stress**

NIR ; Non Irrigué, IRS : Irrigué avec une eau saline, IRR : Irrigué avec une eau courante.

Nos résultats soulignent que chez les huiles essentielles du Romarin, les différences entre la quantité et la qualité des composés chimiques sont par ailleurs accrues par l'effet de variation du régime de stress. En effet, l'HE\_IRR, accuse une augmentation d'accumulation de nouveaux composés (8 composés) par contre l'HE\_IRS et l'HE\_NIR elles se reconforment par une augmentation d'accumulation de cinq nouveaux composés dont le ratio quantitative est en faveur de l'HE\_IRS (Fig.13).



**Figure 13: Composés spécifiques des huiles essentielles du Romarin soumis à différents régimes de stress**

NIR ; Non Irrigué, IRS : Irrigué avec une eau saline, IRR : Irrigué avec une eau courante.

Sur le plan d'affiliation des composés des trois huiles essentielles du romarin au groupement chimique, nous signalons que la majorité des composés des huiles essentielles rejoignent les monoterpène bicyclique, éther cyclique / monoterpène et les composé organique bicyclique. L'huile essentielle du Romarin non irriguée (HE\_NIR) renferme des composés appartenant aux groupes des hydrocarbures alicycliques et des hydrocarbures terpéniques, alors que l'huile essentielle du Romarin irriguée à l'eau courante (HE\_IRR) renferme des composés appartenant au groupe des sesquiterpènes (Tableau 5).

**Tableau 5 : Affiliation des composés chimiques des huiles essentielles du Romarin soumis à différents régimes de stress**

Composés	% H.E. (NIR)	% H.E. (IRR)	% H.E. (IRS)	Formule brute	Groupe
Alpha pinéne	17,426	15,112	17,003	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> [Isomères]	monoterpène bicyclique
Eucayptol (1,8 cinéol)	15,558	14,149	15,365	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O [Isomères]	éther cyclique / monoterpène
Conphéne	13,291	12,16	7,727	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> [Isomères]	monoterpène bicyclique
1,6 Octadiéu_3_d_3,7 diméthyl	3,002	/	/		
Cyclo pentadiéne,1255 tétraméthyle	0,559	/	/		
Comphre	14,581	/	13,72	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O [Isomères]	composé organique bicyclique
Bornéol	13,454	12,214	15,132	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O [Isomères]	composé organique bicyclique
D_verbénone	15,136	11,081	5,023	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	
Bornyl_ acétate	0,03	5,213	3,159	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub> [Isomères]	monoterpène
Cyclohexane	0,445	/	/	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> [Isomères]	hydrocarbure alicyclique
Isolimonéne	0,538	/	/	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	
Limonéne acide	0,17	/	/	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> [Isomères]	hydrocarbure terpénique
1,5_ alphapinéne	/	/	7,4		
1R-alphapinéne	/	5,142	4,023	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	monoterpène bicyclique
Corcy ophylléne	/	/	3,403		
Alpha_ coryophylléne	/	/	0,3	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	sesquiterpène
Coryophylléne_ oxide	/	22,43	1,739	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O	sesquiterpène
Di_n_ octyphthalate	/	/	3,327		
Béta pinéne	/	3,512	/	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> [Isomères]	monoterpène bicyclique
Trans verbénol	/	4,876	/		
Béta_ mercéne	/	1,678	/	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> [Isomères]	monoterpène
linalyl_ isobutyrate	/	5,152	/	C <sub>14</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	sesquiterpène
Coryophylléne	/	2,101	/	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> [Isomères]	sesquiterpène
bénzène thenol_ alpha méthyl	/	0,906	/		
dibutyl phtalate	/	2,845	/	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	sesquiterpène

NIR ; Non Irrigué, IRS : Irrigué avec une eau saline, IRR : Irrigué avec une eau courante.

## **2. Evaluation de l'activité biocide des bioproduits à base d'huile essentielle de Romarin soumises à différents régimes de stress**

L'effet vérifié a travers l'application des bioproduits formulés à base de trois types d'huiles essentielles du romarin .est d'exterioriser sa capacite biocide. Pour cette fin nous avons choisi d'estimer l'abondance et la fecondité du psylle de l'olivier.

### **2.1. Effet des bioproduits sur l'abondance du Psylle de l'Olivier**

Les résultats de l'analyse de la variance expriment globalement l'existence d'une différence significative pour la capacité des bioproduits soumis aux différents régimes de stress a reduire le taux globale des populations du psylle (Fig.14). la comparaison par paire etabie par le test de Tukey fait ressortir la presence d'une différence significative spécialement entre le taux de la population globale temoin et le taux de la population globale des differents traitements. Concernant la comparaison par paire entre les différents effets des bioproduits, le test de Tukey désigne la présence d'une différence non significative (Fig.14).

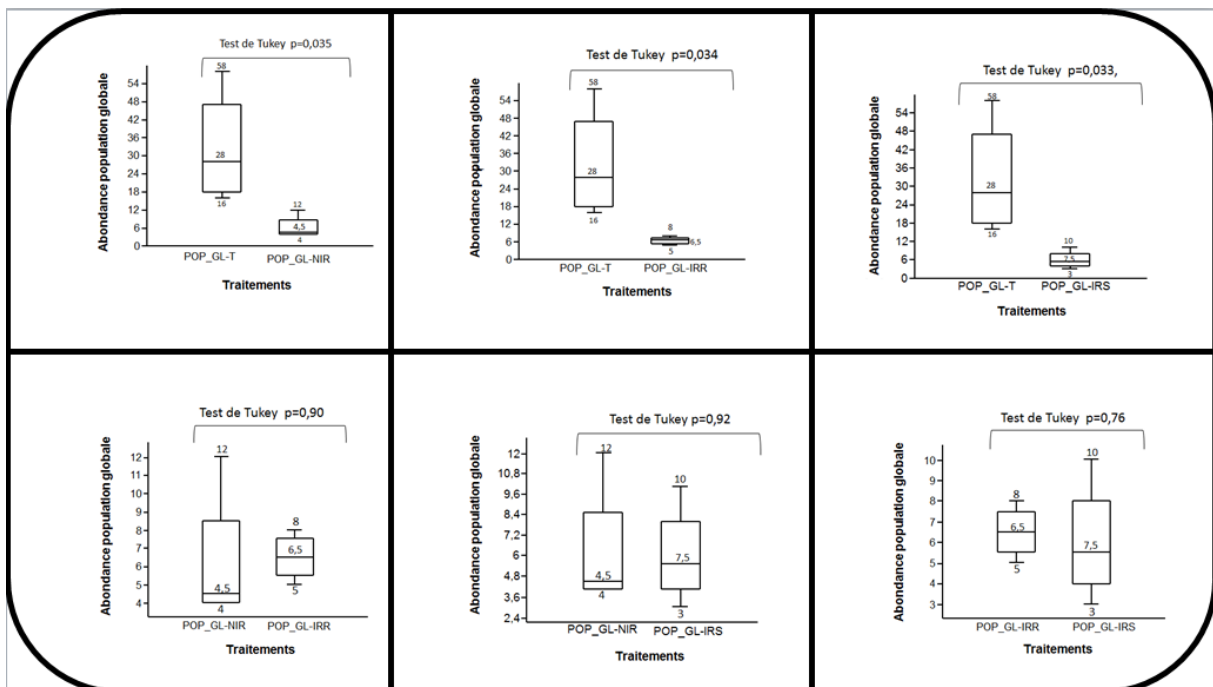
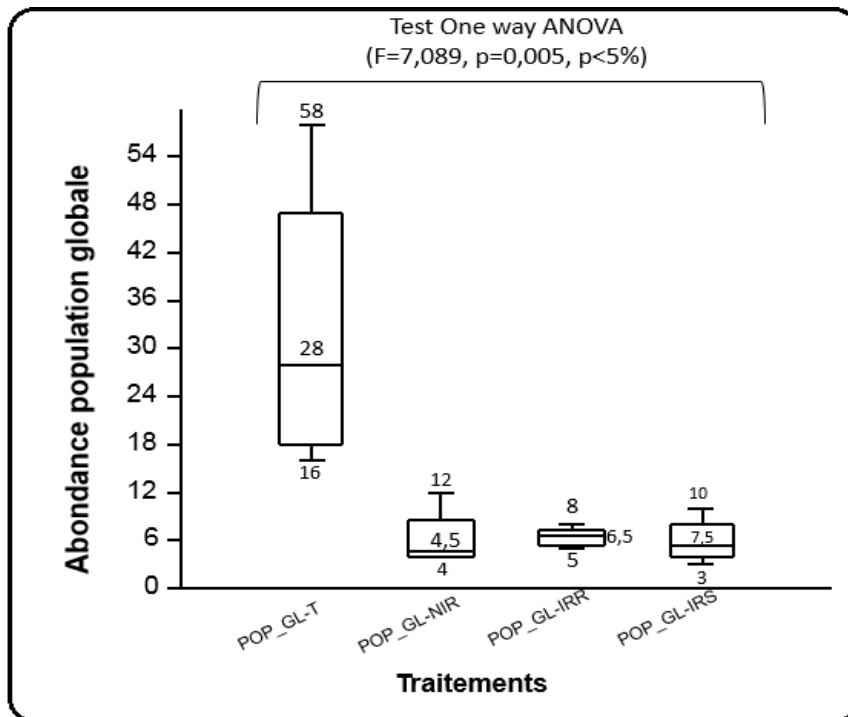
L'effet des différents bioproduits a été vérifié sur les populations larvaire. Les résultats de l'analyse de la variance montrent également que les populations larvaire sont soumise à une réduction en leur abondance d'une manière significative (Fig.15). Les bioproduits expriment les mêmes effets sur les abondances larvaires du moment que le test de comparaison par paire ne signale pas de différence significative (Test de Tukey,  $p > 5\%$ ) (Fig.15).

Pareillement, chez les populations adultes du psylle, les boites a moustache signalent l'existence de différence significative des bioproduits sur les adultes par comparaison au témoin. Le test de tukey exsprime la meme tendance du pouvoir réducteur des différents bioproduits sur les populations adultes (Fig.16).

Pareilleur, la lecture des valeurs des abondances des larves et des adultes (avec restriction des probabilités associées) font ressortir les informations suivantes :

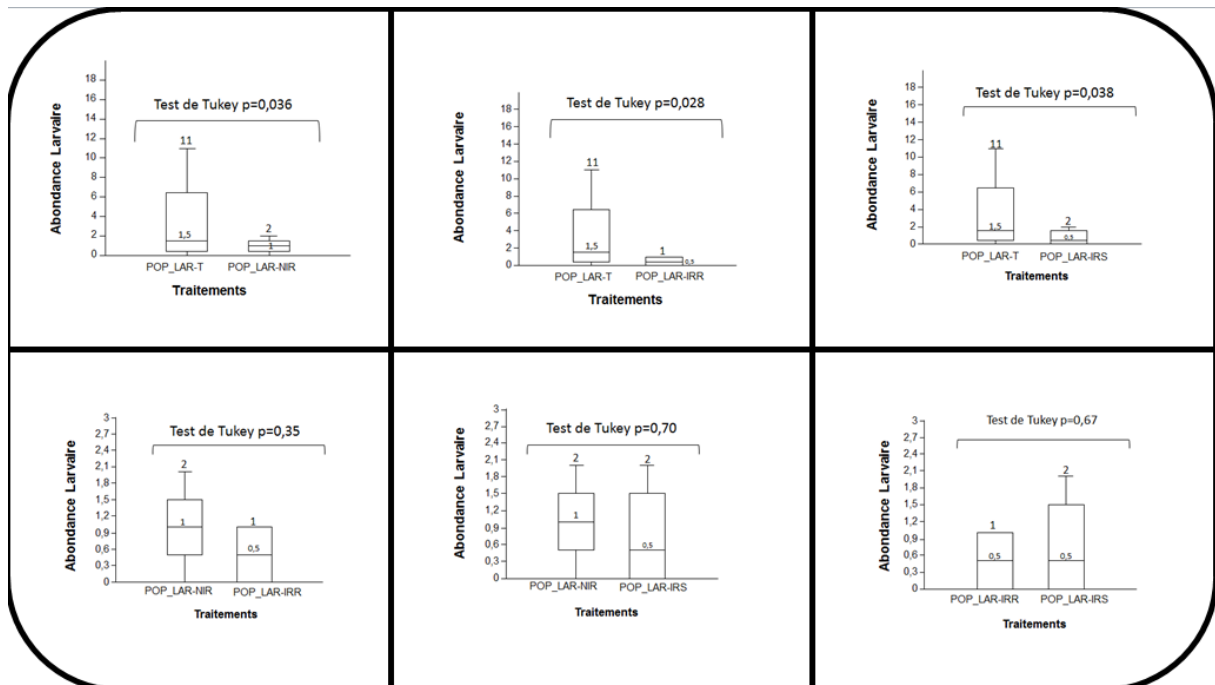
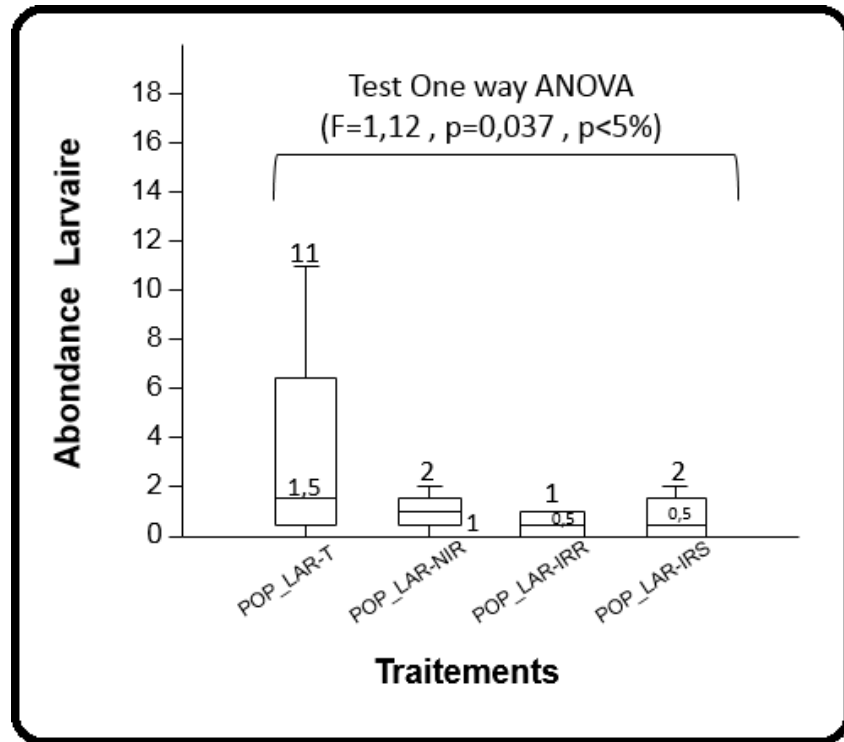
(i) les adultes sont réduites sous l'effet des bioproduits à base d'huiles esentielles obtenues de plantes de romarin non irrigées et irriguées avec une solution saline.

(ii) les larves sont réduites sous l'effet des bioproduits à base d'huiles esentielles obtenues de plantes de romarin irrigées et irriguées avec une solution saline.



**Figure 14: Effet des bioproduits sur l'abondance des populations globales du psylle de l'olivier**

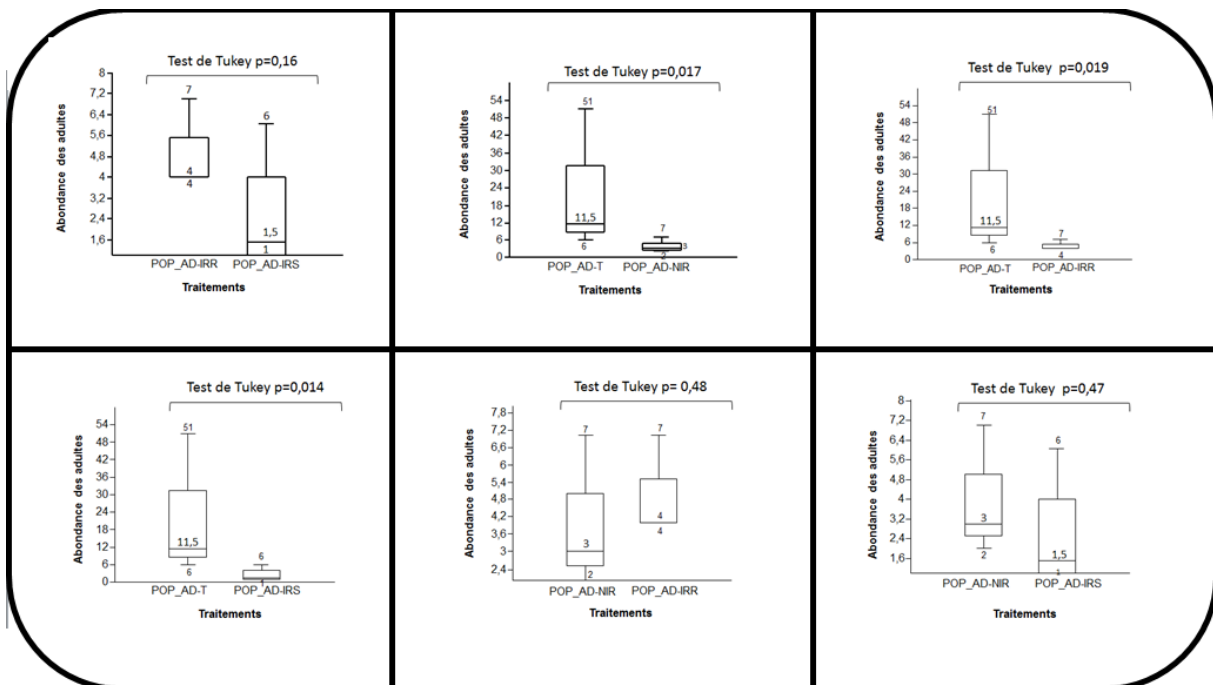
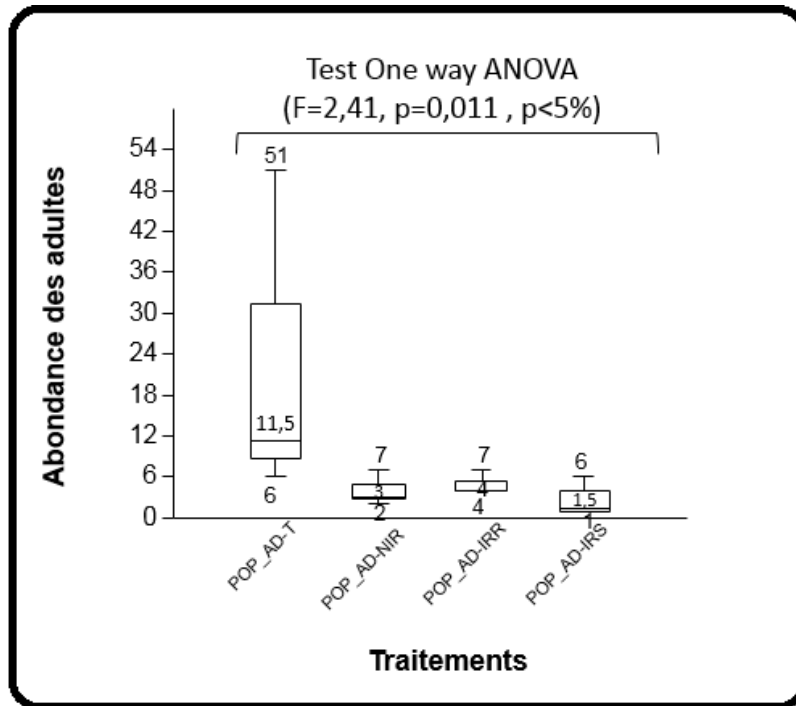
POP : Population, T : Témoin, NIR ; Non Irrigué, IRS : Irrigué avec une eau saline, IRR : Irrigué avec une eau courante.



**Figure 15: Effet des bioproduits sur l'abondance des populations larvaires du psylle de l'olivier**

POP : Population, T : Témoin, NIR ; Non Irrigué, IRS : Irrigué avec une eau saline, IRR : Irrigué avec une eau courante.



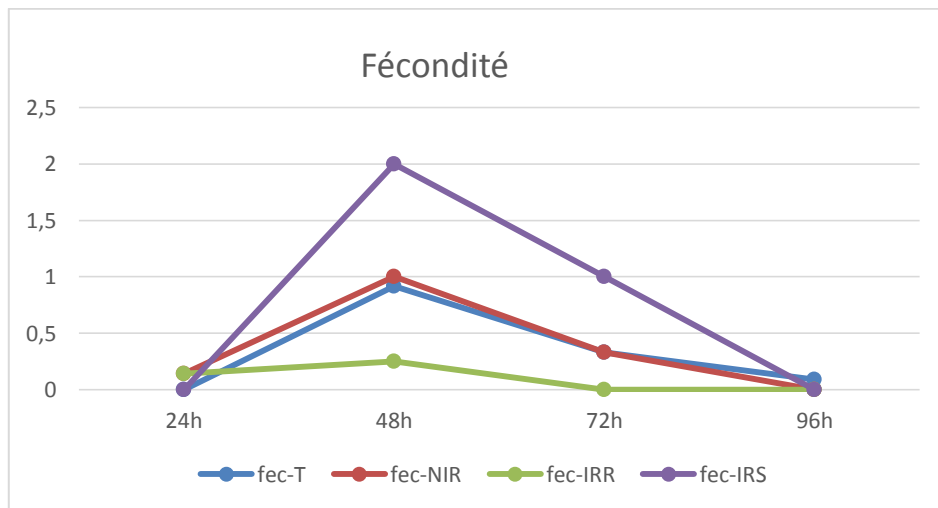


**Figure 16: Effet des bioproduits sur l'abondance des populations adultes du psylle de l'olivier**

POP : Population, T : Témoin, NIR ; Non Irrigué, IRS : Irrigué avec une eau saline, IRR : Irrigué avec une eau courante.

## 2.2. Effet des bioproduits sur la fécondité du Psylle de l'Olivier

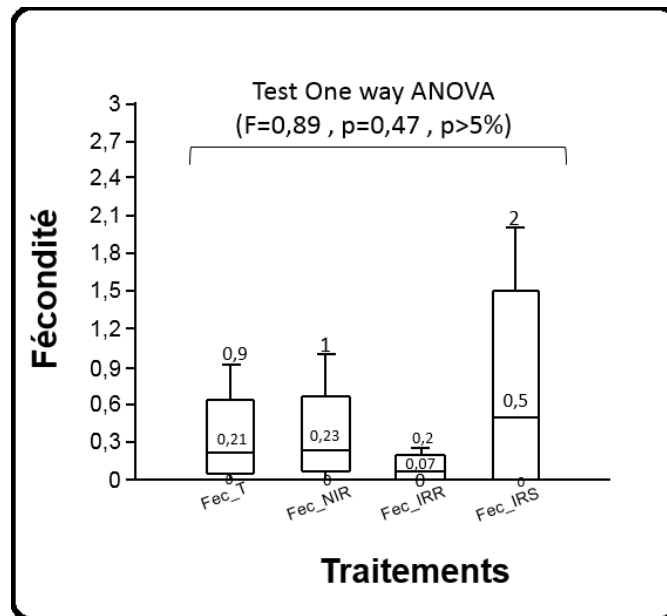
La fluctuation temporelle de la fécondité des adultes du psylle sous l'effet des différents traitements montre que les adultes soumis au bioproduit à base d'huiles essentielles issue de plantes non irriguées se rapproche sensiblement de la variation de la fécondité du témoin. En revanche, la fécondité des adultes se trouvent réduite sous l'effet du bioproduit à base d'huiles essentielles issue de plantes irriguées avec de l'eau courante et stimulée sous l'effet du bioproduit à base d'huiles essentielles issue de plantes irriguées avec une solution saliné (Fig.17).



**Figure 17: Effet temporel des bioproduits sur la fécondité des adultes du psylle de l'olivier**

FEC : Fécondité, T : Témoin, NIR ; Non Irrigué, IRS : Irrigué avec une eau saline, IRR : Irrigué avec une eau courante.

L'analyse de la variance appliquée aux taux de fécondité des adultes soumis aux différents traitements confirme par le biais des probabilités associées d'une différence non significative dans les taux de fécondité (Fig.18). Au-delà, des valeurs de la probabilité, nous signalons que la fécondité peut être influencée par les huiles essentielles formulées issus du romarin irrigué avec de l'eau saline et avec une eau courante.



**Figure 18: Effet comparé des bioproduits sur la fécondité des adultes du psylle de l'olivier**

FEC : Fécondité, T : Témoin, NIR ; Non Irrigué, IRS : Irrigué avec une eau saline, IRR : Irrigué avec une eau courante.

## Chapitre 6 : Discussion

L'aspect d'étude qui a été consacré à l'effet des différents régimes de stress sur la composition chimique d'huile essentielle du romarin et par conséquent sur son activité biologique, nous a permis de retracer les fluctuations majeures des molécules bioactives. A travers les hypothèses qui vont être soulevées nous avons essayé de discuter les résultats phares auxquels nous avons abouti en mettant en diapason la caractérisation des huiles essentielles issus du Romarin conduit sous stress hydrique et salin des différents organes durant les phases critiques des plantes on confrontant nos données à la littérature.

### 1. Caractérisation des huiles essentielles du Romarin issues de différents régimes de stress

Les résultats d'analyse font ressortir une richesse en molécules au profit de l'huile essentielle de Romarin issus de l'irrigation à l'eau courante (15 molécules) par rapport à l'huile essentielle de Romarin issus de l'irrigation à l'eau saline (13 molécules) et à l'huile essentielle de Romarin non irriguée (12 molécules)

Les principaux composés chimiques qui constituent la fraction majoritaire de l'huile essentielle de Romarin issus de l'irrigation à l'eau courante (HE\_IRR) sont la Coryophyllène \_oxide (22,43%), Alpha pinène (15,112%), Eucalyptol (1,8 cinéol) (14,149%), <sup>2</sup>Bornéol (12,214%), Conphène (12,16%) et D\_verbénone (11,081%), alors que la fraction minoritaire des HE\_IRR sont la Béta\_mercène (1,678%) et le benzène thenol\_alpha méthyl (0,906%).

Concernant la fraction majoritaire de l'huile essentielle de Romarin issus de l'irrigation à l'eau saline (HE\_IRS) on signale la Alpha pinène (17,003%), Eucalyptol (1,8 cinéol) (15,365%),<sup>2</sup>Bornéol (15,132%) et Camphre (13,72%). Deux molécules représentent la fraction minoritaire chez les HE\_IRS, il s'agit de la Coryophyllène\_oxide (1,739%) et de l'Alpha -coryophyllène (0,3%)

Enfin, dans l'huile essentielle du Romarin non irriguée (HE\_NIR), l'Alpha pinène (17,426%), l'Eucalyptol (1,8 cinéol) (15,558%), le D\_verbénone (15,136%), le Camphre (14,581%), le <sup>2</sup>Bornéol (13,454%) et le Conphène (13,291%) représentent les composés majoritaires et les Cyclo pentadiene,<sup>1255</sup> tétraméthyle (0,559%), Isolimonène (0,538%), Cyclohexane (0,445%), Limonène acide (0,17%) et Bornyl\_acétate (0,03%) indiquent les fraction minoritaires.

Un chevauchement de synthèse de l'Alpha pinène, l'Eucalyptol (1,8 cinéol) la Conphène, le Bornéol et le D\_verbénone est enregistré chez les trois huiles du Romarin, où on note une différence de capacité de synthèse au profit de l'HE\_NIR, alors que les huiles essentielles HE\_IRR et HE\_IRS se chevauchent dans la

synthèse du Bornyl\_acétate et la Coryophyllène\_oxide avec une dénivellation de synthèse marquée pour HE\_IRR. La synthèse du Camphre est jumelée au HE\_NIR et HE\_IRS. A travers, cette projection de variation des composés des huiles essentielles, nous pouvons avancer l'hypothèse d'incrimination des facteurs abiotiques en termes de disponibilité de sel ou une privation en eau dans la perturbation du fonctionnement physiologique des plantes. L'hypothèse avancée rejoint les copieux travaux qui se sont consacrés aux perturbations des végétaux sous des contraintes de stress salin et/ou hydrique. Les propos avancés par les chercheurs (**Heller et al., 2004, Larcher 1995 ; M'rah et al., 2005 ; Zhu 2001 ; Wang et al., 2004** ) permettent de dire que l'eau est une ressource indispensable pour les végétaux. Sa présence est une condition incontournable pour que toute plante puisse se développer et assurer ses fonctions physiologiques vitales. Cependant, cette ressource n'est pas toujours facile d'accès dans le sol, suivant le milieu naturel. Ainsi les plantes présentes sur des surfaces sèches ou salées vont se retrouver exposées à un stress hydrique important, contre lequel elles devant lutter pour survivre.

Dans le cas d'un stress salin, une double problématique se pose à l'organisme végétal : (i) D'un côté la présence de sel en abaissant le potentiel hydrique du sol, menace l'approvisionnement en eau de la plante. (ii) De l'autre ; l'absorption de sel dans les tissus menace le bon fonctionnement physiologique des cellules.

Un excès de sel dans le protoplasme conduit à des perturbations dans la balance ionique ainsi que bien entendu des perturbations des enzymes, membranes et autres macromolécules, Ces perturbation entraînent une faible production d'énergie par la phosphorylation et la photorespiration, une assimilation de l'azote perturbée, et un dérèglement de nombreuses voies métaboliques.

Si la concentration en sel excède le niveau de tolérance de la plantes, des perturbations fonctionnelles apparaissent au niveau de la photosynthèse, par effet du sel dans le stroma des chloroplastes qui perturbe le transport des électrons. La glycolyse et le cycle de Krebs sont aussi affectés.

L'acquisition de nutriments minéraux, comme le potassium, les nitrates ou le calcium est également réduite. La croissance des végétaux est perturbée par de trop fortes concentrations de sel. La plante montre alors des signes de stress par la production d'anthocyanes ou la destruction de la chlorophylle. Si chez certains halophytes la croissance est stimulée par un apport modéré de sel, ce phénomène reste limité par un niveau de tolérance.

Des stress extrêmes conduisent aux nanismes et à l'inhibition de la croissance racinaire. Les feuilles deviennent sclérosées avant même d'avoir fini leur croissance, et l'organisme tout entier risque de dépérir assez vite.

## 2. Evaluation de l'activité biocide des bioproduits à base d'huile essentielle de Romarin soumises à différents régimes de stress

Les résultats relatifs à l'effet des différents bioproduits sur les populations larvaires montrent une réduction en leur abondance d'une manière significative. Les bioproduits expriment les mêmes effets sur les abondances larvaires. Pareillement, chez le psylle, les résultats signalent une diminution des populations adultes sous l'effet des bioproduits par comparaison au témoin. Pareilleure, la lecture des valeurs des abondances des larves et des adultes font ressortir les informations suivantes :

- (i) les adultes sont réduites sous l'effet des bioproduits à base d'huiles essentielles obtenues de plantes de romarin non irriguées et irriguées avec une solution saline,
- (ii) les larves sont réduites sous l'effet des bioproduits à base d'huiles essentielles obtenues de plantes de romarin irriguées et irriguées avec une solution saline

En fin, le paramètre de fécondité des adultes soumis aux différents traitements confirme cette dernière peut être influencée par les huiles essentielles formulées issues du Romarin irrigué avec de l'eau saline et avec de l'eau courante. A ce stade, nous évoquons l'importance de l'activité biologique des huiles essentielles sur les ravageurs des cultures.

La teneur en huile essentielle des feuilles de *C. viminalis* apparaît bien plus forte (0,85%) comparée à celle obtenue (0,45%) par **Srivastava et al. (2003)**, pour la même espèce récoltée en Inde. Cette différence en termes de rendement pourrait être due à une différence de conditions climatiques entre les deux sites de récolte et à la période du cycle où la plante a été récoltée (**Brophy et al. ,1997**).

Néanmoins, en termes de composition chimique, il existe une similitude entre l'huile essentielle de *C. viminalis* d'origine camerounaise et celle d'origine indienne. En effet, ces deux échantillons d'huiles essentielles sont constitués essentiellement de monoterpènes hydrocarbonés et oxygénés avec dans chaque cas l'eucalyptol (1,8-cinéole) comme constituant majoritaire, de par sa teneur. Dans cette étude, l'huile essentielle des feuilles de *C. viminalis* s'est révélée être fortement répulsive et toxique tant sur graines que sur papiers filtres à l'égard des adultes d'*A. obtectus*. Par contre, la poudre et l'extrait acétonique n'ont montré aucune activité insecticide aux doses testées vis-à-vis de cette bruche; ce qui nous amène à penser que le principe actif serait probablement un ou des constituants volatils contenus dans l'huile essentielle. Les effets toxiques et répulsifs de cette huile essentielle pourraient dépendre de sa composition chimique et du niveau de sensibilité des insectes (**Casida, 1990**).

En effet, l'huile essentielle des feuilles de *C. viminalis*, contient essentiellement des monoterpènes hydrocarbonés tel que l' $\alpha$ -pinène dont les propriétés insecticides ont déjà été démontrées vis-à-vis de *Tribolium confusum* (**Ojmelukwe et Alder., 1999**), et des monoterpènes oxygénés comme le 1,8-cinéole(eucalyptol), le linalool,

l'eugénol et le cymol dont les propriétés insecticides ont également déjà été démontrées vis-à-vis de plusieurs insectes, entre autres *Tribolium confusum*, *T. castaneum*, *Sitophilus zeamais*, *Prostephanus truncatus*, *Rhyzopertha dominica* et *Callosobruchus maculatus* (**Tapondjou et al., 2005**). De même, le caractère répulsif de cette huile contre les adultes d'*A. obtectus*, pourrait également être expliqué par sa forte teneur en eucalyptol (1,8-cinéole). En effet, dans une étude sur l'activité biologique du 1,8-cinéole contre les charançons des denrées alimentaires stockées, **Obeng-Ofori et al. (1997)** ont démontré l'effet répulsif de ce constituant à l'égard de *Sitophilus granarius* et *S. zeamais*. Cependant, il serait difficile de penser que l'activité insecticide de cette huile se limite uniquement à certains de ses constituants majoritaires; elle pourrait aussi être due à certains constituants minoritaires ou à un effet synergique de plusieurs constituants.

L'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* a inhibé la croissance de toutes les bactéries étudiées, même à la plus faible concentration, soit 1/100V/V; quant aux champignons ils ont résisté jusqu'à la concentration de 1/500V/V. Pour les insectes des céréales stockées, les concentrations de  $3,5 \times 10^{-2} \mu\text{l}/\text{cm}^3$  et  $6,5 \times 10^{-2} \mu\text{l}/\text{cm}^3$  ont été suffisantes pour provoquer une mortalité de 100% chez respectivement *Sitophilus oryza* et *Rhyzopertha dominica* au bout d'une journée de traitement. Ces résultats peuvent contribuer à la valorisation de *Mentha rotundifolia* par la production locale de son huile essentielle. L'effet inhibiteur de l'huile essentielle sur le développement bactérien, fongique et insecticide laisse entrevoir des perspectives d'application dans l'industrie alimentaire, cosmétique et pharmaceutique. (**Milouda et al.; 2013**).

## Conclusion générale

Au terme de ce travail consacré essentiellement à la caractérisation et à l'évaluation de l'activité biologique des huiles essentielles du Romarin issus de différents régimes de stress il nous a paru intéressant de relater les principaux résultats auxquels nous avons aboutis

Les résultats d'analyse font ressortir une richesse en molécules au profit de l'huile essentielle de Romarin issus de l'irrigation à l'eau courante (15 molécules) par rapport à l'huile essentielle de Romarin issus de l'irrigation à l'eau saline (13 molécules) et à l'huile essentielle de Romarin non irriguée (12 molécules)

Les principaux composés chimiques qui constituent la fraction majoritaire de l'huile essentielle de Romarin issus de l'irrigation à l'eau courante (HE\_IRR) sont la Coryophyllène \_oxide (22,43%), Alpha pinène (15,112%), Eucalyptol (1,8 cinéol) (14,149%), <sup>2</sup>Bornéol (12,214%), Conphène (12,16%) et D\_verbénone (11,081%), alors que la fraction minoritaire des HE\_IRR sont la Béta\_mercène (1,678%) et le benzène thenol\_alpha méthyl (0,906%).

Concernant la fraction majoritaire de l'huile essentielle de Romarin issus de l'irrigation à l'eau saline (HE\_IRS) on signale la Alpha pinène (17,003%), Eucalyptol (1,8 cinéol) (15,365%),<sup>2</sup>Bornéol (15,132%) et Camphre (13,72%). Deux molécules représentent la fraction minoritaire chez les HE\_IRS, il s'agit de la Coryophyllène\_oxide (1,739%) et de l'Alpha -coryophyllène (0,3%)

Enfin, dans l'huile essentielle du Romarin non irriguée (HE\_NIR), l'Alpha pinène (17,426%), l'Eucalyptol (1,8 cinéol) (15,558%), le D\_verbénone (15,136%), le Camphre (14,581%), le <sup>2</sup>Bornéol (13,454%) et le Conphène (13,291%) représentent les composés majoritaires et les Cyclo pentadiene,<sup>1255</sup> tétraméthyle (0,559%), Isolimonène (0,538%), Cyclohexane (0,445%), Limonène acide (0,17%) et Bornyl\_acétate (0,03%) indiquent les fraction minoritaires.

Un chevauchement de synthèse de l'Alpha pinène, l'Eucalyptol (1,8 cinéol) la Conphène, le Bornéol et le D\_verbénone est enregistré chez les trois huiles du Romarin, où on note une différence de capacité de synthèse au profit de l'HE\_NIR, alors que les huiles essentielles HE\_IRR et HE\_IRS se chevauchent dans la synthèse du Bornyl\_acétate et la Coryophyllène\_oxide avec une dénivellation de synthèse marquée pour HE\_IRR. La synthèse du Camphre est jumelée au HE\_NIR et HE\_IRS.

Les résultats relatifs à l'effet des différents bioproduits sur les populations larvaire. montrent une réduction en leur abondance d'une manière significative. Les bioproduits expriment les mêmes effets sur les abondances larvaires . Pareillement, chez le psylle, les résultats signalent une diminution des populations adultes sous



l'effet des bioproduits par comparaison au témoin. Pareilleur, la lecture des valeurs des abondances des larves et des adultes font ressortir les informations suivantes :

- (i) les adultes sont réduites sous l'effet des bioproduits à base d'huiles essentielles obtenues de plantes de romarin non irriguées et irriguées avec une solution saline,
- (ii) les larves sont réduites sous l'effet des bioproduits à base d'huiles essentielles obtenues de plantes de romarin irriguées et irriguées avec une solution saline.

En fin, le paramètre de fécondité des adultes soumis aux différents traitements confirme cette dernière peut être influencée par les huiles essentielles formulées issues du Romarin irrigué avec de l'eau saline et avec de l'eau courante. A ce stade, nous évoquons l'importance de l'activité biologique des huiles essentielles sur les ravageurs des cultures.

Au terme de cette approche, il serait intéressant de purifier les composés spécifiques de chaque huile essentielle et de les formuler dans le but d'appréhender certains paramètres populationnel et démographique des ravageurs des cultures.

## Référence bibliographiques

- **Abid L., 2008.** Recherche des activités antimicrobiennes et antioxydantes de *Schinus molle* L. et *Pistacia vera* L. de la région de Tlemcen. Thèse Magister. Université de Tlemcen, 115 p.
- **Agnes Flore Ndomo, A.L, Tapondjou, F. Tendonkeng, Félicité Mbiopo Tchouanguép (2009).** Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae).
- **Alem C., Amri A. (2005).** Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge. *Reviews in Biology and Biotechnology*, Vol. 4, No. 1 : 20- 31.
- **Allagui M.B., Andreotti V.C., Cuartero J. (1994).** Détermination de critères de sélection pour la tolérance de la tomate à la salinité. À la germination et au stade plantule. *Ann INRAT* ; 67 : 45-65.
- **Amiri S. (2013).** Etude de quelques activités biologiques de l'huile essentielle du péricarpe de fruit du Citronnier *Citrus limon* L. [Mémoire Ingénieur], Université Blida1,p32.
- **Andriamanantoanina H. (1984).** Extraction d'arômes alimentaires : cas du gingembre. [Mémoire de fin d'étude] Antananarivo : Université d'Antananarivo ; Département Industries Agricoles et Alimentaires, ESSA,78 p.
- **Angenot M., Caprasse M., Coune C. et TITS M. (1981).** Se soigner par les plantes. Ed. De l'association des consommateurs. Bruxelles.
- **Anonyme, (1991).** I.T.E.I.P.M.I., 1991- Généralités sur le romarin (*Rosmarinus officinalis* L.).Fiches techniques élaborées à partir de sources multiples. Mise à jour (Janvier), pp.2-5,7-12.
- **Anonyme, (2014).** Institut de METEO – Alger.
- **Anonyme, (2015).** (<http://www.condense.aroma.fr>).

- **Anton R., Wichtl M. (1999).** Plantes thérapeutique (tradition, pratique officinale, science et thérapeutique), 3eme édition allemande sous la direction de MAX WICHTL, MARBURG, édition française par ROBERT ANTON, Strasbourg avec la collaboration de MARTINE BERNARD.
- **Asloum H. (1990).** Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicon esculentum* L.) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia- Antipolis : 24- 32.
- **Atik Bekkara F., Bousmaha L., Taleb Bendiab S. A., Boti J. B. et Casanova J., (2007).** Composition chimique de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* L poussant à l'état spontané et cultivé de la région de Tlemcen. *Biologie et santé*, 7 (1), pp : 5-10.
- **Baba Sidi Kasi, S. (2010).** Effet du stress salin sur quelques paramètres phoenologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'Atriplex en vue d'une valorisation agronomique ; [Mémoire Magister] Université Kasdi Merbah – Ouargla.
- **Bekhouché H. (1992).** Etude de la germination de quelques lignées de pois chiche soumis à la salinité, croissance, anatomie des racines. Thèse D.E.S. Biol. Université d'Oran. 68 P.
- **Benayad N. (2008).** Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Laboratoire des Substances Naturelles et Thermolyse Eclair Département de Chimie Faculté des Sciences de Rabat. Maroc.61p.
- **Bezanger Beauquesne L., Pinkas M., Torck M., Trotin F. (1990).** Plantes médicinales des régions tempérées. 2ème édition Maloine. Paris.
- **Bouaziz E. (1980).** Tolérance à la salure de la pomme de terre, *physiol. Vég*, 18 (1).
- **Bouchikhi Tani Z. (2011).** Lutte contre le bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera, Bruchidae) et la mite *Tineola bisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) par des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles.

- **Boukachabia E. (1993).** Contribution à l'étude de quelques mécanismes morphologiques et biochimiques de tolérance à la salinité chez cinq génotypes de blé dur (*Triticum durum* Dest). Mémoire de Magister en production et physiologie végétal Annaba, 108 P.
- **Bousbia N. (2011).** Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires ; [Mémoire de fin d'étude] Ecole Nationale Supérieure Agronomique (Ex- INA El-Harrach – Alger); p 27-30.
- **Brophy J.J., Forster P.I., Goldsack R.J., Hibbert D.B. & Punruckvong A. (1997).** Variation in *Callistemon viminalis* (Myrtaceae): new evidence from volatile oils. Australian Systematic Botany, 10, 1-13.
- **Brun A. (1980).** Effets comparés de différentes concentrations de NaCl sur la germination, la croissance et la composition de quelques populations de luzernes annuelles d'Algérie. Thèse doct. 3ème cycle Montpellier.
- **Bruneton J. (1987).** Eléments de Phytochimie et Pharmacognosie. Lavoisier Paris: Technique et Documentation, 585p.
- **Bruneton J. (1999).** Pharmacognosie : Phytochimie ; Plantes médicinales, 3<sup>ème</sup> éd. Lavoisier Paris : Technique et Documentation et Editions médicales internationales, 1120 p.
- **Casida J.H. (1990).** Pesticide mode of action, evidence for implications of a finite number of biochemical targets. *In*: Casida J.E. (ed.). Pesticides and alternatives. Innovative chemical and Biological Approaches to Pest Control. Amsterdam: Elsevier, pp. 11-22.
- **Chaibi Cossentini W. (1995).** Etude physiologique ultra structurale et cyto enzymologique de l'effet du chlorure de sodium chez *Medicago sativa* L. (cultivar de Gabes). Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de Tunis, 224 P.
- **Chretien D. (1992).** La résistance au sel chez le jojoba (*Simmondsia chinensis* LS), croissance et modification du contenu lipoprotéique de calcs cultivés en présence d'une teneur élevé en NaCl. Thèse doct. Univ. Paris VI, 144 P.
- **Debez A., Chaibi W., Bouzid S. (2001).** Effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d'*Atriplex halimus* L. Cahiers d'Etudes et de Recherches Francophones/Agricultures, Vol. 10, No. 2: 135- 138.

- **Diaz R., Quevedo S. J., Ramos C. A. (1988).** Phytochemical and antibacterial screening of some species of spanish lamiaceae, *Fitoterapia*, 19(4), 329-332.
- **Dutuit P., Pourrat Y., Dutuit J. M. (1994).** La notion de stress de la cellule à l'écosystème. *Sécheresse*, Vol. 5, N°. 1: 23- 31.
- **EL Haib A. (2011).** Valorisation de terpènes naturels issus de plantes marocaines par transformations catalytiques ; [Mémoire Doctorat] Université Toulouse III –Paul Sabatier.
- **EL Mekkaoui M. (1990).** Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez le blé dur (*T. durum* des f) et l'orge (*H. vulgare*) : recherches de tests précoces de sélection. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Montpellier. p 191.
- **Emberger L. (1960).** Traité botanique fascicule II. Masson. p335.
- **Farag R.S., Salem H., Badei A. Z.-M.A., Haasanei, D.E. (1986).** Biochemical studies on the essential oils of some medicinal plants. *Fette Serfen Anstrichimitell*, 88 (2). pp.69-72.
- **Garnier G., Bezanger Beauquesne L., Debraux G. (1961).** Ressources médicinales de la flore française. Ed. Vigot Frères .Tome II. Paris.
- **Gill K S. (1979).** Effects of soil salinity on grain filing and grain development in burly. *Biologia plantarum*, 24 (4) : 266-269.
- **Guinochet M. (1973).** Phytosociologie. Paris. Masson éd. p227.
- **Hadjadj S. (2009).** Contribution à l'étude de l'effet de la salinité sur des marqueurs biochimiques (proline et sucres solubles) de plantes juvéniles d'*Atriplex halimus* L. et d'*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Mémoire de Magister en Biochimie et analyse des bioproduits, Univer Kasdi Merbah Ouargla, 100 P.
- **Hammer O., Harper D.A.T., et Ryan P. D. (2001).** PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- **Hamza M. (1977).** Action de différents apports de chlorure de sodium sur la physiologie de deux légumineuses (*Phasolus vulgaris*) sensible et (*Hedysarum curnosum*) tolérante, relation hydrique et ionique. Thèse de doctorat. Univ Paris VII.

- **Hamza M. (1980).** Réponse des végétaux à la salinité. *Physiol., Vég.* 18 (1): 69-81.
- **Hayashi H., Murata N. (1998).** Genetically engineered enhancement of salt tolerance in higher plants. In: Sato Murata N, (Ed.), *Stress Response of Photosynthetic Organisms: Molecular Mechanisms and Molecular Regulation.* Elsevier, Amsterdam: 133-148.
- **Heller R., Esnault R., Lance C.** *Physiologie végétale. Tome 1 Nutrition.* Paris : Dunod, 2004,323p. ISBN : 2-10-048710-8.
- **Hopkins W. G. (2003).** *Physiologie végétale. 2ème édition.* De Boeck, Bruscelles: 61- 476.
- **Jones H. G., Flowers T. J., Jones M. B. (1989).** *Plants under stress.* Cambridge, Cambridge University Press.
- **Khan M. A., Hamid A., Salahuddin A. B. M., Quasem A., Karim M. A. (1997).** Effect of sodium chloride on growth, photosynthesis and mineral ions accumulation of different types of rice (*Ovsya sativa*). *J. Agronomy and science:* 149-161.
- **Lachiheb K., Neffati M., Zid E. (2004).** Aptitudes germinatives de certaines graminées halophytes spontanées de la Tunisie méridionale. *Options Méditerranéennes.* 62: 89-93.
- **Laclerc J. C. (1999).** *Ecophysiologie végétale.* Publication de l'université SAINT ETIENNE : 188-235.
- **Larcher W.** *Physiological Plant Ecology.* New-York, Springer, 1995,p 396 400. ISBN:3-540-58116-2.
- **Larher F., Huqis M., Gernat-Sauuge D. (1987).** Les colloques d'INRA. N°7, nutrition azotée des légumineuses, P.GUY. Ed INRA: 181-192.
- **Lawrance B.M. (2009).** A preliminary report on the world production of some selected essential oils and contries. *Perfumer & Flavorist.* Vol. 34, January 2009, p : 38-47. n°86.
- **Levigner A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P., Fourcroy P., Casse-Delbart F. (1995).** Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agricultures.*4 (4): 263-273.

- **Loucif, Z., Bonafonte, P. (1977).** Observation des populations du pou de Saint-José dans la Mitidja. *Revue Fruits* 4, 253-261.
- **M'Rah S., Ouerghi Z., Berthomieu C., Havaux M., Jungas C., Haji M., Grignon C., Lachaàl M.** Effects of NaCl on the growth, ion accumulation and photosynthetic parameters of *Thellungiella halophila*. *Journal of plant physiology*, 2005, in press.
- **Madadori M.K. (1982).** Les plantes médicinales. Guides vert. Salar. p624.
- **Merghache S., Hamza M., et Tabti B., 2009.** Etude physicochimique de l'huile essentielle de *Ruta Chalepensis* L. de Tlemcen, Algérie. *Afrique science*, 5(1), pp : 67 – 81.
- **Messaili B. (1995).** Systématique spermaphytes. Botanique. O.P.U. Alger. p63.
- **Messegue M. (1973).** Mon herbier de santé. Ed. Robert Laffont. Paris.
- **Milouda E., Badr S. , Abdellah F., Leïla B., Driss B., Fechtal M., Blaghen M. et Talbi F. (2013).** Composition chimique et activités antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* du Maroc.
- **Mostefai A. (2012).** Contribution à une étude morphométrique de *Rosmarinus officinalis* L (Lamiacées) dans la région de Tlemcen, [Mémoire Master 2], Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen.
- **Moussaoui K., Ahmed Hadjala O., Zitouni G., Djazouli Z. E. (2014).** Estimation de la toxicité des huiles essentielles formulés de Thym et d'Eucalyptus et d'un produit de synthèse sur le parasite de l'abeille Tellienne *varroa destructor* (Arachnida, Varroidae).
- **Munns R. (2002).** Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell and Environment*, Vol. 25: 239-250.
- **Niu X., Rsessan R. A., Hasegawa P. M., Pardo J. M.(1995).** Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiology*. 109 (3): 735- 742.
- **Nourachani I. (2010).** Caractérisation physico-chimique et biologique de l'huile essentielle des écorces de *Cryptocarya crassifolia* (LAURACEAE) ; [Mémoire de DEA : Biochimie] Université D'Antananarivo ; p 5-6.

- **Obeng-Ofori D., Reichmuth C.H., Bekele J. & Hassanali A. (1997).** Biological activity of 1,8-cineole, a major component of essential oil of *Ocimum kenyense* (Ayobangira) against stored product beetles. *Journal of Applied Entomology*, 121, 237-243.
- **Ojmelukwe P.C. & Alder C. (1999).** Potential of Zimtaldehyde, 4-allylanisol, linalool, terpinol and others phytochemicals for the control of the confused flour beetle (*Tribolium confusum* J.D.C.) (G.L. Tenebrionidea). *Journal of Pest Science*, 72, 81-86.
- **Pandey D.K., Tripathi N.N., Tripathi R.D., Dixit S.N. (1982).** Fungitoxic and phytotoxic properties of the essential oil of *caesulia axillaris* Roxb. (Compositae) *Angerwandte Botanik*, 56 : 256-257.
- **Perrot E., Paris P. (1971).** Les plantes médicinales, presses universitaires de France.
- **Poucher W. A. (1993).** Perfume, cosmetics and soaps. 9ème éd. The production, manufacture and application of perfume.
- **Quezel P. et Santa S. (1963).** Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales Tome II. C.N.R.Sc. Paris. pp.781-783-793.
- **Randriantsoa D. R. (2004).** Etude comparative de deux huiles essentielles antibactériennes extraites des plantes *Cinnamosma fragrans* et *Citrus simensis* dans l'élevage de la crevette : *Panaeus monodon*. [Mémoire de DEA : Biochimie]. Antananarivo : Université d'Antananarivo, 78 p.
- **Raeliarimanana H. L. (1995).** Contribution à la valorisation des huiles essentielles de Madagascar par leur utilisation en cosmétique. [Mémoire de fin d'étude] Antananarivo : Université d'Antananarivo. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département Industries Agricoles et Alimentaires, 89 p.
- **Ravi Kiran, S., Bhavani, K., Sita Devi, P., Rajeswara Rao, B.R., Janardhan Reddy, K. (2006).** Composition and larvicidal activity of leaves and stem essential oils of *Chloroxylon swietenia* DC against *Aedes aegypti* and *Anopheles stephensi*. *Bioresour. Technol.* 97, 2481–1892 2484.
- **Razakarivony A. A. (2009).** Contribution à l'étude chimique de l'huile essentielle des feuilles de *Callistemon rigidium* (Syn. *Callistemon rigidus* R. Br., 1819, MYRTACEAE) .Antananarivo : Université d'Antananarivo.



- **Regnault-roger C., Philogene B.J.R., Fabres G. (2005).** Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Lavoisier Tec and Doc, Paris. P : 1013.
- **Reynolds M P., Ortiz-Monasterio J I., McNab A. (2001).** Application of Physiology in Wheat Breeding. Mexico, D.F. : CIMMYT : 101-111.
- **Romero E., Tateo F., Debiaggi M. (1989).** Antiviral activity of *Rosmarinus officinalis* L. extracts. *Mitteilungen aus dem Gebiete der lebensmittel untersuchung und hygiene.* 80(1).pp. 113-119.
- **Sartorelli, P., Marquioreto, A.D., Amaral-Baroli, A., Lima, M.E., Moreno, P.R. (2007).** Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils from two species of *Eucalyptus*. *Phytother. Res.* 21, 1953 231–233.
- **Sedjelmassi A. (1993).** Les plantes médicinales du Maroc, Najah et El Djadida Casa pp.201-203.
- **Smallfield B., 2001.** Introduction to growing herbs for essential oils, medicinal and culinary purposes. *Crop & Food Research*, 45, pp: 4.
- **Soejarto D., Farnsworth N.R. (1989).** Tropical rainforsts: potential sources of new drugs. *Perspectives in biology and Medicine* 32, 244-258.
- **Spore (2000),** *Information for Agricultural Development in ACP Countries*, SPORE.
- **Srivastava S.K., Ahmad A., Syamsunder K.V., Aggarwal K.K. & Khanuja S.P.S. (2003).** Essential oil composition of *Callistemon viminalis* leaves from India. *Flavour and Fragrance Journal*, 18, 361-363.
- **Tapondjou L.A., Alder C., Fontem D.A., Bouda H. & Reichmuth C. (2005).** Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val. *Journal of Stored Products Research*, 41, 91-102.
- **Tremblin G. (2000).** Comportement auto-écologique de *Halopeplis amplexicaulis* : plante pionnière des sebkhas de l'ouest algérien. *Sécheresse.*11 (2) : 109-116.
- **Tremblin G., Coudret A. (1986).** Salinité, transpiration et échanges de CO<sub>2</sub> chez *Halopeplis amplexicaulis* (Vahl.) Ung. *Oecol. Plant.* 7 (21): 417-431.

- **Valisolalao J. (1989)**. Huile essentielle, inventaire et études des plantes aromatiques et médicinales des Etats de l'Océan Indien. Projet FED/COI/AIRDOI.
- **Valnet J. (1984)**. Aromathérapie, traitement des maladies par les essences des plantes. 10ème Ed. Maloine, S.A. Editeurs.
- **Valnet J. (1990)**. Aromathérapie : traitement des maladies par les essences de plantes, 2ème 2éd. Paris : Maloine, pp 31-43.
- **Volak S., Stodola J. (1983)**. Plantes médicinales. Illustrations de Frantisek seven. Ed. Gründ. Paris.
- **Wang Z., Li P., Fredricksen M., Gong Z., Kim C.S., Zhang C., Bohnert H. J., Zhu J.-K., Bressan R. A., Hasegawa P. M. et al. (2004)**. Expressed sequence tags from *Thellungiella halophina*, a new model to study plant salt-tolerance. *Plant science*, n°3, vol. 166, p.61-71.
- **WMO. (1965)**. Scientific assessment of ozone depletion: World Metrological Organisation global ozone research and monitoring project. Report No. 37, WMO, Geneva, Switzerland.
- **Zerrad W., Hillali S., Mataoui B., S. EL Antri S., et Hmyene A. (2006)**. Etude comparative des mécanismes biochimiques et moléculaires de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur. Congrès International de Biochimie, Agadir : 371-376.
- **Zhu J.-K. (2001)**. Plant salt tolerance. *Trends in plant science*, n°2 vol. 6, p. 66-71.
- **Zid E. (1982)**. Relations hydriques dans la feuille de *Citrus aurantium* : effets de l'âge et de la salinité. *Rev. FAC.Sc. Tunis*, 2 : 195-205.

Figure 19 : chromatogramme de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* irriguée avec l'eau salin.

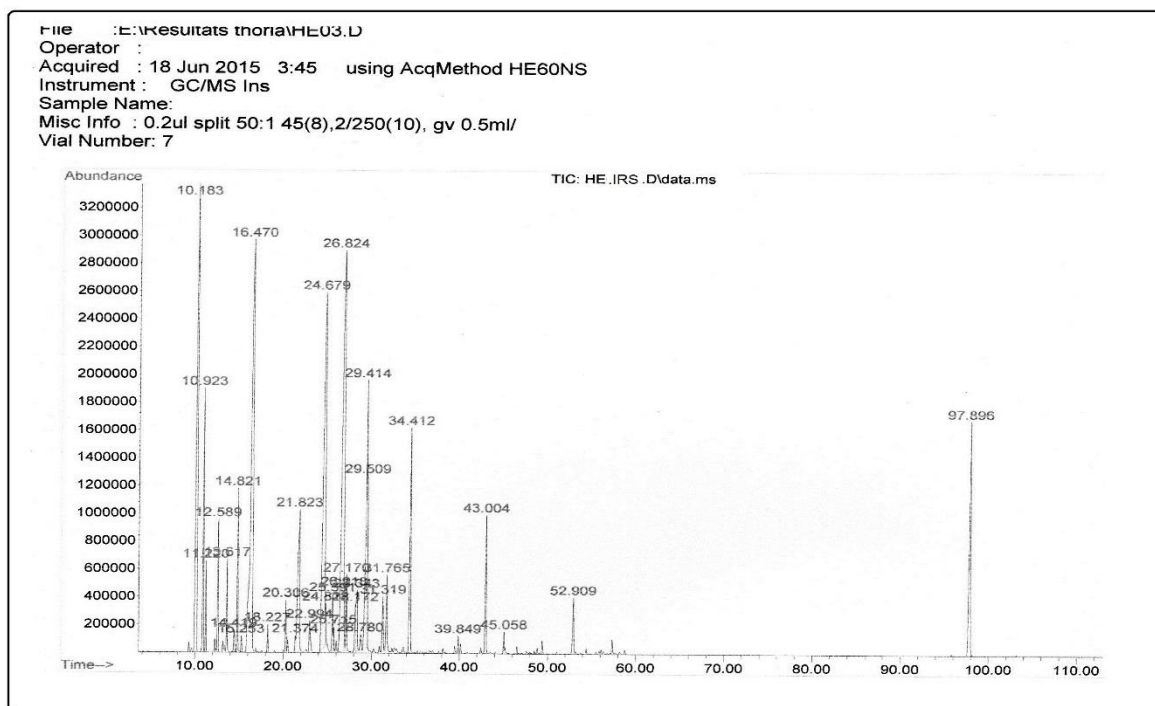


Figure 20 : chromatogramme de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* irriguée avec l'eau courante.

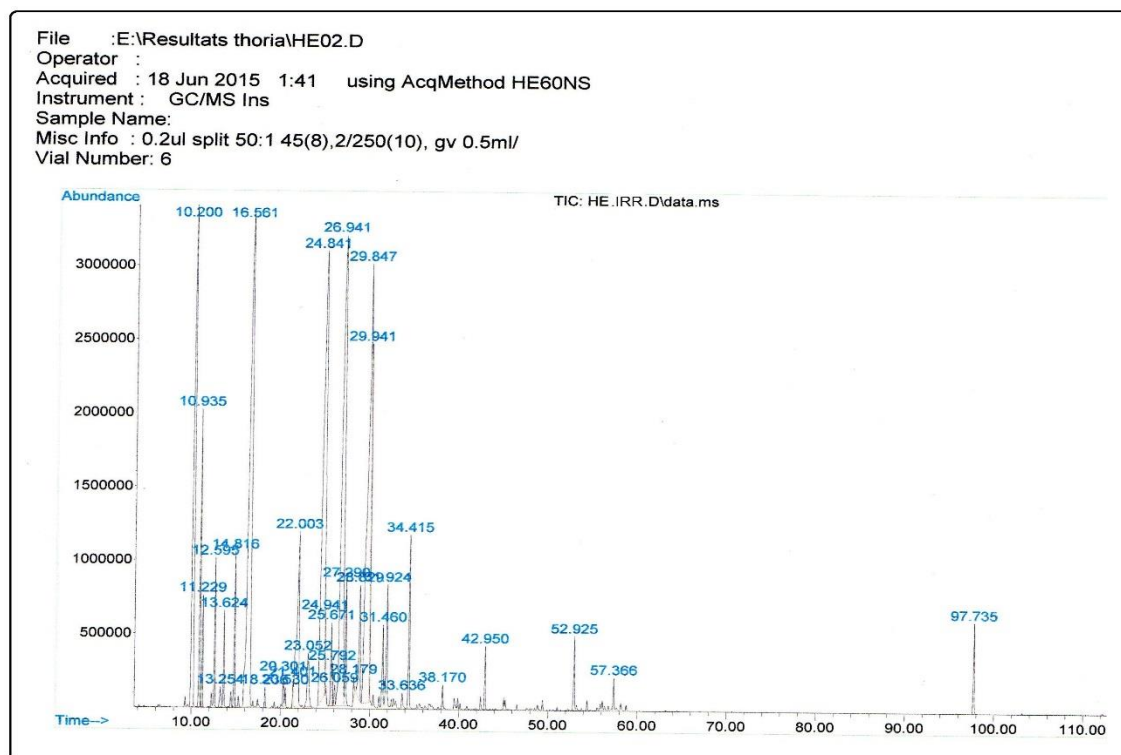


Figure 21 : chromatogramme de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* non irriguée.

