

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB – BLIDA 1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET
DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE ET
AGRO-ÉCOLOGIE



THÈSE DE DOCTORAT

En Sciences Agronomiques

**INFLUENCE DE LA CONDUITE CULTURALE SUR LES
ACTIVITES BIOLOGIQUES DES HUILES ESSENTIELLES
DE *ROSMARINUS OFFICINALIS* ET DE *ROSMARINUS
TOURNEFORTEII***

Par

Fadhila GUESMI

Devant le jury composé de :

BRAHIMI L.
DJAZOULI Z.E.

M. C. A ,U . Blida 1
Professeur, U. Blida 1

Présidente
Directeur de
thèse

ZOUAIDIA H
BENDIFALLAH L.

M. C. A , ESSAIA. Alger
Professeur, U. Boumerdès

Examinatrice
Examinatrice

Blida, 04/11/2023

INFLUENCE DE LA CONDUITE CULTURALE SUR LES ACTIVITES BIOLOGIQUES DES HUILES ESSENTIELLES DE *ROSMARINUS OFFICINALIS* ET DE *ROSMARINUS TOURNEFORTEII*

Résumé

La conduite culturale peut être introduite dans la conception des programmes d'agriculture durable, visant la préservation des ressources phylogénétique ainsi que l'équilibre biocénétique. Dans ce contexte, le recours aux biostimulants s'avèrent représenter une nouvelle voie de soutien aux diverses méthodes de protection des plantes médicinales et aromatiques dans le cadre d'une culture conventionnelle ou biologique.

Notre travail s'inscrit dans cette optique, à cet effet, une application exogène au champ de différents types de lombricompost et de solution saline (NaCl) a été testée pour leur capacité à stimuler l'expression végétative, amélioration du rendement des huiles essentielle et l'activité antioxydante des plantes du romarin. Ainsi, deux espèces de *Rosmarinus officinalis* et *Rosmarinus tournefortii* ont été soumises aux différents types de traitement l'eau de ville (EC), jus de lombricompost (JL), du thé de lombricompos (TL), de solution saline NaCl à 50 mM (ES). Ces plantes ont été comparées à des témoins sans traitement (ST).

Les plantes de *R. officinalis* et de *R. tournefortii* ont été pulvérisées par apport répété une fois par quinzaine durant trois mois. Une estimation du poids frais, du poids sec et du taux de cendres a été réalisée. Les inflorescences séchées ont servies à l'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation. Les huiles essentielles ont été caractérisées par CG/SM-MS. Une formulation à 7% de matière active (HEs) a été préconisée dans le but d'évaluer leurs effets larvicides à l'égard des formes larvaires de *Culex pipiens*, l'effet insecticides sur les adultes de *Tribolium confusum* et les ravageurs de *Citrus* spp. Trois dilutions aux concentrations respectives (D1=0,5 ml /100 ml d'eau; D2=1 ml/ 100 ml d'eau et D3=1,5 ml/100 ml d'eau) ont été testées. L'activité antioxydante a été évaluée par le test du piégeage du radical DPPH.

Les résultats de *R. officinalis* et *R. tournefortii* ont fait apparaitre que la stimulation par le JL et le NaCl ont présenté un meilleur rendement en huile essentielle. Les principaux composants fondés l'huile essentielle de *R. officinalis* soumises aux régimes ST, EC, JL, TL et ES étaient le β -Pinene (30% à 35,9%), le Camphor (9,6% à 11,6%), le D-Verbenone (8,5% à 11,3), le Nopylacetate (5,7% à 7,9%) et le Camphene (6,1% à 6,9%) respectivement. Une grande variation a été rapportée dans la composition chimique de l'huile essentielle de *R. tournefortii* en fonction du régime de stress appliqué (ES) par rapport au témoin (ST). Nous avons enregistré une 'activité anti radicalaire très élevée pour l'huile essentielle de *R. tournefortii* traité par la solution saline avec 80% d'inhibition de DPPH.

Cependant, l'huile essentielle de *R. officinalis* traitée par le TL est révélée la plus toxique à l'égard du 4^e stade larvaire de *C. pipiens* à la dose D1, l'huile essentielle traité par le JL s'est montrée efficace sur les adulte de *T. confusum* à la troisième dose (D3) provoque 59.34% de mortalité corrigée. La formulation solide de *R. officinalis* traité par les différents stimulateurs a provoqué une mortalité corrigée allant jusqu'à 30,47%.

Néanmoins, l'huile essentielle de *R. tournefortii* stimulée par le JL suivi par le TL sont indiquées les plus toxiques à l'égard du 4^e stade larvaire de *C. pipiens*. Les huiles essentielles formulées de deux espèces du romarin occasionnent une réduction des consommateurs primaires de *Citrus* spp.

À travers les résultats obtenus, nous avons pu confirmer que les différents traitements appliqués (NaCl à 50mM et lombricompost) sont l'une des alternatives prometteuses de l'agriculture et l'industrie alimentaire.

Mots clés : Biostimulants, expression végétative, NaCl, nutrition organique, optimisation, romarin.

INFLUENCE OF CULTIVATION METHODS ON THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OILS OF *ROSMARINUS OFFICINALIS* AND *ROSMARINUS TOURNEFORTEII*

Abstract

Crop management can be introduced into the design of sustainable agriculture programmes, aimed at preserving plant genetic resources and biocenotic balance. In this context, the use of biostimulants is proving to be a new way of supporting the various methods of protecting medicinal and aromatic plants in conventional or organic farming.

To this end, an exogenous field application of different types of vermicompost and saline solution (NaCl) was tested for their ability to stimulate vegetative expression, improve the yield of essential oils and the antioxidant activity of rosemary plants with ecological potential and multiple virtues. Two species of *Rosmarinus officinalis* and *Rosmarinus tournefortii* were subjected to different types of treatment: city water (EC), vermicompost juice (JL), vermicompost tea (TL) and 50 mM NaCl saline solution (ES). These plants were compared with untreated controls (ST).

R. officinalis and *R. tournefortii* alignment plants were sprayed with city water, vermicompost juice, vermicompost tea and a saline solution (50 mM) at fortnightly intervals for three months, compared with a control without spraying. Before each addition, 10 cm of the inflorescence was sampled. The fresh weight, dry weight and ash content were estimated. The dried inflorescences were used to extract the essential oils by hydrodistillation. The essential oils were characterised by GC/MS-MS. A formulation with 7% active matter (HEs) was recommended in order to evaluate their larvicidal effects on larval forms of *Culex pipiens*, the insecticidal effect on adults of *Tribolium confusum* and pests of *Citrus* sp. Three dilutions at respective concentrations (D1=0.5 ml/100 ml water, D2=1 ml/100 ml water, D3=1.5 ml/100 ml water) were tested.

The results for *R. officinalis* and *R. tournefortii* showed that stimulation with JL and NaCl resulted in a higher yield of essential oil. The main components in the essential oil of *R. officinalis* under the ST, EC, JL, TL and ES regimes were β -Pinene (30% to 35.9%), Camphor (9.6% to 11.6%), D-Verbenone (8.5% to 11.3), Nopylacetate (5.7% to 7.9%) and Camphene (6.1% to 6.9%) respectively. A large variation was reported in the chemical composition of the essential oil of *R. tournefortii* as a function of the stress regime applied (ES) compared with the control (ST).

We recorded very high anti-free radical activity for the essential oil of *R. tournefortii* treated with saline solution, with 80% inhibition of DPPH.

However, the essential oil of *R. officinalis* treated with TL followed by ST proved to be the most toxic to the 4th instar larvae of *C. pipiens* at dose D1, while the essential oil treated with EC proved effective on the adults of *T. confusum* at the third dose (D3) causing 59.39 % corrected mortality. The solid formulation of *R. officinalis* treated with the different stimulators caused a corrected mortality of up to 30.47%.

Nevertheless, the essential oil of *R. tournefortii* stimulated by JL followed by TL was the most toxic to the 4th larval stage of *C. pipiens*, while doses D2 and D3 were the most toxic to *T. confusum* at dose D1. The formulated essential oils of two rosemary species reduced the number of primary consumers of *Citrus* spp.

The results obtained confirm that the various treatments applied (50mM NaCl and vermicompost) are one of the promising alternatives for agriculture and the food industry.

Key words: Biostimulants, vegetative expression, NaCl, organic nutrition, optimisation, Rosemary.

تأثير الزراعة على الأنشطة البيولوجية للزيوت الأساسية لـ *Rosmarinus officinalis* و *ROSMARINUS TOURNEFORTEII*

ملخص

يمكن إدخال إدارة المحاصيل في تصميم برامج الزراعة المستدامة ، التي تهدف إلى الحفاظ على الموارد الوراثية النباتية وكذلك التوازن الحيوي. في هذا السياق، يثبت استخدام المنشطات الحيوية أنه يمثل طريقة جديدة لدعم الطرق المختلفة لحماية النباتات الطبية والعطرية في سياق الزراعة التقليدية أو العضوية.

يُدرج عملنا ضمن هذا المنظور ، ولهذا الغرض ، تم اختبار تطبيق ميداني خارجي لأنواع مختلفة من السماد الدودي والمحلول الملحي (NaCl) لقدرتها على تحفيز التعبير الخضري ، وتحسين إنتاجية الزيوت الأساسية والنشاط المضاد للأكسدة لنبات إكليل الجبل. مع إمكانات بيئية وفوائد متعددة. وهكذا ، نعرض نوعان من *Rosmarinus officinalis* و *Rosmarinus tournefortii* لأنواع مختلفة من العلاج: ماء الصنبور (EC) ، عصير السماد الدودي (JL) ، شاي السماد الدودي (TL) ، 50 ملي مول من محلول ملحي كلوريد الصوديوم (ES). تمت مقارنة هذه النباتات مع الضوابط دون معالجة (ST).

تم سقي نباتات لـ *R. officinalis* و *R. tournefortii* عن طريق التناول المتكرر مرة كل أسبوعين لمدة ثلاثة أشهر ، بماء الصنبور ، وعصير السماد الدودي ، وشاي السماد الدودي ، ومحلول ملحي (50 ملي مول) مقارنة بمجموعة تحكم بدون تناول. قبل كل جمع، تم أخذ عينات من 10 سم من الإزهار. تم تقدير الوزن الطازج والوزن الجاف ومحتوى الرماد. تم استخدام النباتات المجففة لاستخراج الزيوت العطرية عن طريق التقطير المائي. تميزت الزيوت الأساسية بـ SM-MS / CG. تمت التوصية بتركيبية مكونة فعالة بنسبة 7 ٪ من أجل تقييم آثارها القاتلة لليرقات ضد أشكال اليرقات من *Culex pipiens* ، وتأثير المبيدات الحشرية على الحشرات البالغة من *Tribolium confusum* وأفات الحمضيات. تم اختبار ثلاث تخفيفات بتركيزات خاصة (D1 = 0.5) مل / 100 مل ماء. D2 = 1 مل / 100 مل ماء. D3 = 1.5 مل / 100 مل ماء) ، ومع ذلك ، تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة عن طريق اختبار المسح الجذري DPPH للزيوت الأساسية لـ *R. officinalis* و *R. tournefortii* تحت تأثير المنشطات المختلفة.

أظهرت نتائج *R. officinalis* و *R. tournefortii* أن التحفيز بواسطة JL و NaCl أظهر مردودًا أفضل من الزيت العطري. المكونات الرئيسية للزيت العطري لـ *R. officinalis* الخاضعة للمحفزات الغذائية ST ، EC ، JL ، TL و ES هي β -Pinene (30 ٪ إلى 35.9 ٪) ، الكافور (9.6 ٪ إلى 11.6 ٪) ، 8.5 ، D-Verbenone (11.3 ٪ إلى 11.3) ، Nopylacetate (5.7 ٪ إلى 7.9 ٪) والكامفين (6.1 ٪ إلى 6.9 ٪) على التوالي. هناك اختلاف كبير في التركيب الكيميائي لزيوت *R. tournefortii* الأساسي اعتمادًا على نظام الإجهاد المطبق (ES) مقارنةً بالتحكم (ST). في المقابل ، المركبات ديهيدروسابينين (17.83 ٪) ، بيتا-تيربينين (2.48 ٪) ، بيتا-ثوجين (0.77 ٪) ، سايبينون (3.24 ٪) ، بيبيري تي لاسيتات (0.43 ٪) ، 6،6-ثنائي ميثيل بيسيكلو [3.1.1] hept-2-en-2-yl (0.55 ٪) ، 3-Cyclopentene-1-ethanol ، 2،4-، 0.76 trimethyl- and Cubenene (0.63 ٪) خاصة بهذا الزيت. لقد سجلنا نشاطًا عاليًا جدًا مضادًا للأكسدة للزيت الأساسي لـ *R. tournefortii* المعالج بمحلول ملحي مع تثبيط 80 ٪ من DPPH.

ومع ذلك ، فقد ثبت أن الزيت العطري لـ *R. officinalis* المعالج بالـ TL هو الأكثر سمية بالنسبة ليرقات المرحلة الرابعة من *C. pipiens* عند D1. كان الزيت العطري المعالج بـ EC فعالاً على *T. confusum* البالغ عند الجرعة الثالثة (D3) مما تسبب في معدل وفيات مصحح بنسبة 74.83 ٪. تسببت التركيبة الصلبة لـ *R. officinalis* المعالجة بمختلف المنشطات في معدل وفيات مصحح يصل إلى 30.47 ٪.

ومع ذلك ، يُشار إلى أن الزيت العطري لـ *R. tournefortii* المعالج بـ JL و TL هو الأكثر سمية بالنسبة ليرقات المرحلة الرابعة من *C. pipiens* ، من ناحية أخرى ، فإن الجرعتين D2 و D3 تعبران عن أهم التأثيرات السمية لـ *T. confusum*. تسببت الزيوت العطرية المركبة لنوعين من إكليل الجبل انخفاضًا في المستهلكين الأساسيين للحمضيات.

تمكنا من التأكد من أن العلاجات المختلفة المطبقة (50 ملي كلوريد الصوديوم و vermicompost) هي واحدة من البدائل الواعدة للزراعة وصناعة الأغذية.

الكلمات المفتاحية: المنشطات الحيوية ، التعبير الخضري ، كلوريد الصوديوم ، التغذية العضوية ، التحسين ، إكليل الجبل.

REMERCIEMENT

Avant tout, je remercie Dieu de m'avoir donné la force et le courage nécessaire pour réaliser ce travail.

Je tiens à exprimer mes remerciements et mes respects aux membres du jury de thèse d'avoir accepté d'honorer et d'enrichir mon travail. Pour cela, je leur exprime ma profonde reconnaissance.

Je commencerais par remercier Madame **BRAHIMI L.** Docteur à l'Université de Blida 1 pour avoir aimablement accepté la responsabilité de présider le jury de ma thèse. Je suis également honorée d'avoir eu comme rapporteur de cette thèse Madame le Docteur **ZOUAIDIA H.** Maître de conférences A à l'ESSAIA. Alger. Je le remercie énormément. Je voudrais remercier aussi Madame **BENDIFELLAH L.** Professeur à l'Université M'Hamed Bougara de Boumerdès, d'avoir accepté et de faire partie du jury de ma thèse.

Au terme de quelques années de travail, cette modeste thèse a vu le jour et elle ne saurait être valorisée sans l'honorassions d'avoir eu comme la pertinente direction de Monsieur **DJAZOULI Z.E.** Professeur à l'Université de Blida 1. Je lui dois l'essentiel de ma formation en recherche. C'est à lui que reviennent mes plus vifs remerciements pour tout au long de ces années de travail, il n'a pas cessé de me guider et de m'instruire. Je le remercie pour son savoir, sa disponibilité, son honnêteté, et son humanisme. Jamais je ne saurai lui exprimer toute ma gratitude tant il m'a aidé dans ce travail. Qu'il trouve au moins à travers ces quelques lignes l'expression sincère de mon profond respect et de ma profonde reconnaissance.

Je suis particulièrement reconnaissante envers les responsables de l'**Institut National de Criminologie et de Criminalistique de Bouchaoui**, de m'avoir accueillie au sein de leur établissement et de m'avoir facilité l'accès afin de réaliser mes analyses chimiques.

Mes sincères remerciements vont également à monsieur **BOUTOUMI H.** Professeur au département chimie à l'Université de Blida1 pour sa contribution significative pour son aide dans l'interprétation des spectres CG/SM-MS des huiles essentielle.

Enfin, je remercie tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont aidé et soutenu afin d'accomplir ce présent travail.

DEDICACE

A tous ceux qui m'aiment

FADHILA

SOMMAIRE

RÉSUMÉ

ABSTRACT

ملخص

REMERCIEMENTS

DÉDICACE

SOMMAIRE

LISTE DES ILLUSTRATIONS ET GRAPHIQUES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
CHAPITRE I: APERÇUS BIBLIOGRAPHIQUES	5
I.1. Données bibliographique sur <i>Rosmarinus officinalis</i> et <i>Rosmarinus tournefortii</i>	5
I.1.1. Description des plantes étudiées	5
I.1.1.1. Lamiaceae et le genre <i>Rosmarinus</i>	5
I.1.1.2. Ecologie et distribution géographique	5
I.1.1.3. Composition des huiles essentielles de genre <i>Rosmarinus</i>	6
I.1.2. Etude ethnobotanique sur <i>R. officinalis</i> et <i>R. tournefortii</i>	8
I.1.2.1. Description botanique	8
I.1.2.2. Systématique et taxonomie	9
I.1.3. Activités biologiques	10
I.1.3.1. Activité antioxydante	12
I.1.3.2. Activité antitumorale	12
I.1.3.3. Activité anti-infectieuse	13
I.1.3.4. Activités anti-inflammatoires	14
I.1.3.5. Activité anti-vectorielle	15
I.1.3.6. Activité insecticide	16
I.2. Données bibliographiques sur les huiles essentielles	16
I.2.1. Organe sécréteur des huiles essentielles	16
I.2.2. Composition des huiles essentielles	17
I.2.2.1. Les terpènes de formules $(C_5H_8)_n$	18

I.2.2.2. Les composés aliphatiques	19
I.2.2.3. Les composés aromatiques biosynthétisés	19
I.2.2.3. Les composés divers	19
I.2.3. Les facteurs influençant la composition des huiles essentielles	19
I.2.4. Classification des huiles essentielles	22
I.2.5. Type chimique	22
I.2.6. Biosynthèse des huiles essentielles	23
I.2.6.1. Voie des Terpénoïdes	23
I.2.7. Stabilité des huiles essentielles	24
I.2.8. Conservation des huiles essentielles	25
I.2.9. Formulation des huiles essentielles	25
I.2.9.1. Intérêt de formulation des huiles essentielles	26
I.3. Expression des molécules bioactives en cas de bio-agression par des agents pathogènes microbiens ou animal	26
I.3.1. Système de défense et/ou résistance mise en place par les plantes au stress abiotique	26
I.3.2. Réponses des plantes vis-à-vis au stress abiotique	27
I.4. Nutrition organique des plantes aromatiques par le vermicompost	27
I.4.1. Impact de la nutrition organique sur le rendement et la composition des huiles essentielles	28
CHAPITRE II: MATÉRIEL ET MÉTHODES	30
II.1. Matériel végétal	30
II.1.1. Localisation des sites d'étude	30
II.1.1.1. Plantes de <i>R. officinalis</i>	30
II.1.1.2. Plantes de <i>R. tournefortii</i>	30
II.1.2. Reconnaissance botanique	37
II. 2. Caractéristiques climatiques	37
II.2.1. Caractéristiques climatiques des sites d'étude	32
II.2.1.1. Site d'étude de jardin d'essai d'EL Hamma	32
II.2.1.2. Site d'étude Mausolée royal de Maurétanie	32
II.3. Méthodes d'étude	33
II.3.1. Détermination des données climatiques et édaphiques	33
II.3.1.1. Diagramme ombrothermique	33
II.3.1.2. Climagramme pluviothermique d'Emberger	35

II.3.2. Préparation de différents traitements	36
II.3.3. Application des traitements	36
II.3.4. Dispositif expérimental et conduite de l'essai	36
II.3.4. Etude de l'expression végétative	38
II.3.4.1. Détermination du poids de la matière fraîche et sèche	38
II.3.4.1. Détermination du taux de cendre	38
II.3.5. Extraction et caractérisation des huiles essentielles	38
II.3.5.1. Technique de l'hydrodistillation	38
II.3.5.2. Caractérisation chimique (Analyse qualitative et approximative) des huiles essentielles par Couplage chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse (CPG/SM-MS)	39
II.3.6. Mesure de l'activité antioxydante par le test de DPPH	40
II.3.7. Évaluation de l'activité antivectorielle des huiles essentielles	40
II.3.7.1. Matériel animal	40
II.3.7.2. Méthode d'échantillonnage	41
II.3.7.3. Identification des larves de <i>Culex pipiens</i>	41
II.3.7.4. Dilutions des huiles essentielles formulées et présentation du témoin positif	42
II.3.7.5. Comparaison de l'effet des différents bioproduits formulés a base de l'huile essentielle de deux espèces du romarin à un produit de synthèse "Spinosed"	47
II.3.7.6. Application des bioproduits	43
II.3.8. Évaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles formulées du romarin issues aux différentes conduites de culture	43
II.3.8.1. Matériel animal	43
II.3.8.2. Formulation liquide des huiles essentielles de deux espèces du romarin	44
II.3.8.3. Formulation solide des huiles essentielles de deux espèces du romarin	44
II.3.8.4. Dispositif expérimental	44
II.3.8.4.1. Application des traitements sur <i>T. confusum</i>	44
II.3.8.4.2. Préparation des dilutions	44
II.3.8.4.3. Application des traitements	45
II.3.8.5. Les Tests de toxicité	45
II.3.8.5.1. Test de toxicité de l'huile essentielle formulée liquide par effet contact	46

II.3.8.6. Exploitation des résultats	46
II.3.8.6.1. Estimation du taux de mortalité	46
II.3.8.6.2. Calcul du pourcentage de la mortalité observée	46
II.3.8.6.3. Estimation de la mortalité corrigée	46
II.3.9. Potentialité biocides des huiles essentielles issues aux différentes conduites de culture de deux espèces du romarin sur la biocénose de <i>Citrus</i> sp.	47
II.3.9.1. Présentation de la station d'étude de Soumaa	47
II.3.9.2. Préparation des dilutions	48
II.3.9.3. Dispositif expérimental	48
II.3.9.4. Application des traitements et échantillonnage	48
II.3.9.5. Analyse écologique	49
II.3.9.5.1. Indices écologiques	50
II.3.9.5.2. La fréquence centésimale: Abondance relative	50
II.3.9.5.3. Constance	50
II.4. Analyses statistiques des résultats	50
CHAPITRE III: RÉSULTATS	51
III.1. Expressions végétatives	51
III.1.1. Poids frais des inflorescences de <i>Rosmarinus officinalis</i> et de <i>Rosmarinus tournefortii</i>	51
III.1.2. Poids sec des inflorescences de <i>R. officinalis</i> et de <i>R. tournefortii</i>	51
III.1.3. Taux de cendre de <i>R. officinalis</i> et de <i>R. tournefortii</i>	52
III.2. Rendement en huiles essentielles de <i>R. officinalis</i> et de <i>R. tournefortii</i>	53
III.3. Caractérisation des huiles essentielles de <i>R. officinalis</i> et de <i>R. tournefortii</i> par CG/MS-MS	54
III.4. Mesure de l'activité antioxydante du romarin par le test de DPPH	58
III.4.1. Pourcentage d'inhibition de DPPH par la vitamine C et les huiles essentielles testées et détermination de la valeur IC ₅₀ .	58
III.4.1.1.. Pourcentage d'inhibition de DPPH par la vitamine C et détermination de la valeur IC ₅₀	58
III.4.1.2. Pourcentage d'inhibition de DPPH par les huiles essentielles de <i>R officinalis</i> et détermination de la valeur IC ₅₀	59
III.4.1.3. Pourcentage d'inhibition de DPPH par les huiles essentielles de <i>R tournefortii</i> et détermination de la valeur IC ₅₀ .	69
III.5. Évaluation de l'activité antivectorielle des huiles essentielles formulées du romarin en fonction de différents stimulateurs	61

III.5.1. Évaluation de taux de mortalité corrigée des huiles essentielles formulées de <i>R. officinalis</i>	61
III.5.2. Évaluation de taux de mortalités corrigés des huiles essentielles formulées de <i>R. tournefortei</i>	64
II.6. Évaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles formulées du romarin issues aux différentes conduites de culture	65
III.6.1. Évaluation de taux de mortalités corrigées de la formulation liquide des huiles essentielles de deux espèces du romarin	66
III.6.2. Évaluation des taux de mortalités corrigées de la formulation solide des huiles essentielles du romarin en fonction de différents stimulateurs	67
III.7. Potentialité biocides des huiles essentielles formulées de deux espèces du romarin issues aux différentes conduites de culture sur la biocénose de <i>Citrus</i> sp.	70
III.7.2. Effet des huiles essentielles formulées de <i>R. officinalis</i> et <i>R. tournefortei</i> issues aux différentes conduites de culture sur l'entomofaune folivore	71
III.7.3. Etude comparée de l'effet des huiles essentielles formulées de <i>Rosmarinus officinalis</i> et de <i>Rosmarinus tournefortei</i> sur les espèces folivores	73
III.7.4. Effet des huiles essentielles formulées sur la structure écologique de l'entomofaune	74

CHAPITRE IV : DISCUSSION GÉNÉRALE

IV.1. Impact de différentes conduites de culture sur l'expression végétative, rendement en huile essentielle et la caractérisation des huiles essentielles de <i>R. officinalis</i> et de <i>R. tournefortei</i> par CG/MS-MS	84
IV.2. Mise en évidence de l'activité anti oxydante de deux espèces du romarin en fonction de différentes conduites de culture	90
IV.3. Évaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles formulées de <i>R. officinalis</i> et de <i>R. tournefortei</i> en fonction de différentes conduites de culture	92

CONCLUSION GÉNÉRALE

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

LISTE DES ILLUSTRATIONS ET GRAPHIQUES

Figure I.1: Planche botanique de <i>Rosmarinus officinalis</i>	8
Figure I.2 : Familles chimiques des huiles essentielles	17
Figure I.3: Représentation des structures des terpènes et des terpénoïdes	18
Figure I.4 : Structure des composés aromatiques dérivés de phénylpropane	19
Figure I.5 : Représentation schématique montrant les effets des facteurs biotiques et abiotique sur la croissance et le développement des plantes	22
Figure I.1: Biosynthèse des terpènes	24
Figure II.1: Présentation des régions d'études; A: Jardin d'essai du Hamma d'Alger, B: Mausolée royal de Maurétanie à Tipaza (Google Maps, 2021).	31
Figure II.2: Répartition des plantes <i>R. tournefortii</i> A et <i>R. officinalis</i> B. (Originale ,2019)	31
Figure II.3: Diagramme ombrothermique de la région d'Alger (2009-2019).	34
Figure II.4 : Diagramme ombrothermique de la région de Tipaza (2009-2019).	34
Figure II.5 :Climagramme d'Emberger de l'année de prélèvement (2019) de la région d'Alger et de Tipaza	35
Figure II.6: Schéma hypothétique de l'étude	37
Figure II.7: Gîte larvaires de moustiques (Originale ,2021).	41
Figure II .8: Critères d'identification des larves de <i>Culex pipiens</i> (Originale, 2021).	42
Figure II.9: Représentation schématique des traitements appliqués sur les individus adultes de <i>T. confusum</i> .	45
Figure II.10: Situation de verger d'agrumes (Google earth ,2021).	47
Figure II.11: Schéma rétrospectif de la logique des traitements appliqués (Originale, 2021).	48
Figure II.12 : Schéma directeur et explicatif de l'application foliaire des huiles essentielles formulées sur les ravageurs folivores de <i>citrus</i> sp..	49

Figure III.1: Variation du poids frais de <i>Rosmarinus officinalis</i> et de <i>Rosmarinus tournefortii</i> en fonction de cinq modes de stimulateurs appliqués.	51
Figure III.2: Variation du poids sec de <i>R. officinalis</i> et de <i>R. tournefortii</i> en fonction de cinq modes de stimulateurs appliqués.	52
Figure III.3: Variation de taux de cendre de <i>R. officinalis</i> et de <i>R. tournefortii</i> en fonction de cinq modes de stimulateurs appliqués.	54
Figure III.4: Variation de rendement en huile essentielle de <i>R. officinalis</i> et de <i>R. tournefortii</i> en fonction de cinq modes de stimulateurs appliqués.	54
Figure III.5 : Pourcentage d'inhibition de DPPH par la vitamine C et Détermination de la valeur IC ₅₀ .	58
Figure III.6 : Pourcentage d'inhibition de DPPH par les huiles essentielles de <i>R. officinalis</i> et détermination de la valeur IC ₅₀ .	59
Figure III.7 : Pourcentage d'inhibition de DPPH par les huiles essentielles de <i>R. Tournefortii</i> et détermination de la valeur IC ₅₀ .	60
Figure III.8: Analyse en composantes principales (A.C.P) effectuée sur la base des valeurs des mortalités corrigées des L4 de <i>Culex pipiens</i> en fonction de cinq modes de pulvérisation foliaire et un produit de synthèse	62
Figure III.9: Analyse en composantes principales (A.C.P) effectuée sur la base des valeurs des mortalités corrigées des L4 de <i>Culex pipiens</i> en fonction de cinq modes de stimulateurs appliqués et un produit de synthèse	64
Figure III.10: Projection des mortalités corrigées de <i>T. confusum</i> sous l'effet des huiles essentielles formulées de <i>R. officinalis</i> et de <i>R. tournefortii</i> par contact direct (formulation liquide) sur les axes ACP.	67
Figure III.11: Projection des mortalités corrigées de <i>T. confusum</i> sous l'effet des huiles essentielles formulées de <i>R. officinalis</i> et de <i>R. tournefortii</i> par ingestion (formulation solide) sur les axes ACP.	69

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Composition chimique de genre <i>R. officinalis</i>	6
Tableau I.2 : Principaux composés de l'huile essentielle de <i>R. officinalis</i> L. et certaines des activités biologiques qui leur sont attribuées	11
Tableau II.1 : Variations mensuelles des températures et de la pluviométrie de la région d'Alger (2009 – 2019).	32
Tableau II.2 : Variations mensuelles des températures et de la pluviométrie de la région de Tipaza (2009 – 2019). (Dar El Beida)	33
Tableau III.1: Caractérisation des huiles essentielles de <i>R. officinalis</i> par CG/MS-MS	54
Tableau III.2: Caractérisation des huiles essentielles de <i>R. tournefortei</i> par CG/MS-MS à partir de différents traitements d'application foliaire	55
Tableaux III.3 : Variation des mortalités corrigées des larves L4 de <i>Culex pipiens</i> selon le facteur dose d'huile essentielle formulée de <i>R. officinalis</i> en fonction de cinq modes de stimulateurs par comparaison a un produit de synthèse (Moyenne arithmétique±CV)	61
Tableau III.4:Variation des mortalités corrigées des larves L4 de <i>Culex pipiens</i> selon le facteur type d'huile essentielle formulée de <i>R. officinalis</i> par comparaison a un produit de synthèse (Moyenne arithmétique±CV).	61
Tableau III.5:Variation des mortalités corrigées des larves L4 de <i>Culex pipiens</i> selon le facteur type de stimulateur d'huile essentielle formulée de <i>R. tournefortei</i> par comparaison a un produit de synthèse (Moyenne arithmétique±CV)	63
Tableaux III.6:Variation des mortalités corrigées de la formulation liquide selon le facteur dose d'huile essentielle formulée de <i>R. officinalis</i> et de <i>R. tournefortei</i> en fonction de cinq modes de stimulateurs (Moyenne arithmétique±CV)	63
Tableaux III.7 : Variation des mortalités corrigées de la formulation liquide selon les cinq modes de stimulateurs d'huile essentielle formulée de <i>R. officinalis</i> et de <i>R. tournefortei</i> (Moyenne arithmétique±CV)	65
Tableaux III.8 : Variation des mortalités corrigées de la formulation liquide selon les cinq modes de stimulateurs d'huile essentielle formulée de <i>R. officinalis</i> et de <i>R. tournefortei</i> (Moyenne arithmétique±CV)	66

Tableaux III.9: Variation des mortalités corrigées de la formulation solide selon le facteur dose d'huile essentielle formulée de <i>R. officinalis</i> et de <i>R. tournefortei</i> en fonction de cinq modes de stimulateurs (Moyenne arithmétique±CV)	67
Tableaux III.10: Variation des mortalités corrigées de la formulation solide selon le facteur stimulateur d'huile essentielle formulée de <i>R. officinalis</i> et de <i>R. tournefortei</i> en fonction de cinq modes de stimulateurs (Moyenne arithmétique±CV)	68
Tableau III.11: Richesse de la biocénose de l'entomofaune des agrumes.	70
Tableau III 12: Disponibilité de l'entomofaune folivore inventoriés.	71
Tableau III.13 : Comparaison de l'efficacité de deux huiles essentielles formulées de <i>R. officinalis</i> et de <i>R. tournefortei</i>	72
Tableau III.14 : Etude comparée de la disponibilité des espèces folivores sous l'effet des huiles essentielles formulées de <i>R. officinalis</i> et de <i>R. tournefortei</i> .	73
Tableau III.14 Bis: Etude comparée de la disponibilité des espèces folivores sous l'effet des huiles essentielles formulées de <i>R. officinalis</i> et <i>R. tournefortei</i>	73
Tableau III.15: Disponibilité de l'entomofaune folivore sous l'effet de l'huile essentielle formulée de <i>R. officinalis</i> traité par le jus de lombricopost JL.	74
Tableau III.16 : Disponibilité de l'entomofaune folivore sous l'effet de l'huile essentielle formulée de <i>R. tournefortei</i> traité par l'eau de ville (EC)	75
Tableau III.17: Disponibilité de l'entomofaune folivore sous l'effet de l'huile essentielle formulée de <i>R. tournefortei</i> traité par le jus de lombricompost (JL).	76
Tableau III.18: Disponibilité de l'entomofaune folivore sous l'effet de l'huile essentielle formulée de <i>R. tournefortei</i> non traité (témoin ST).	77
Tableau III.19 : Disponibilité de l'entomofaune folivore sous l'effet de l'huile essentielle formulée de <i>R. officinalis</i> non traité (témoin ST).	78
Tableau III.20 : Disponibilité de l'entomofaune folivore sous l'effet de l'huile essentielle formulée de <i>R. tournefortei</i> traité par le thé de lombricompost (TL).	79
Tableau III.21 : Disponibilité de l'entomofaune folivore sous l'effet de l'huile essentielle formulée de <i>R. officinalis</i> traité par l'eau de ville (EC).	80

Tableau III.22 : Disponibilité de l'entomofaune folivore sous l'effet de l'huile essentielle formulée de *R. officinalis* traité par la solution saline (ES). 81

Tableau III.23 Disponibilité de l'entomofaune folivore sous l'effet de l'huile essentielle formulée de *R. tournefortii* traité par la solution saline (ES). 82

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La flore algérienne se caractérise par sa diversité florale méditerranéenne, saharienne et paléotropicale. En Algérie, la famille des Lamiacées est la famille la plus importante parmi les dicotylédones qui a fourni le plus grand nombre d'espèces utiles à l'homme, qu'elles soient alimentaires, industrielles ou médicinales [1].

Les huiles essentielles sont des mélanges biosynthétisés complexes de 20 à 60 composés à différentes concentrations [2]. Ces mélanges complexes sont généralement riches en mono terpènes/sesquiterpènes et caractérisés par leurs principaux composés qui déterminent généralement leurs propriétés biologiques [3]. Un certain nombre de familles de plantes ont été étudiées en raison de la présence importante d'huiles essentielles et de leurs principaux composés, avec une activité insecticide signalée contre des vecteurs d'intérêt public [4]. Les applications industrielles utilisent des huiles essentielles dans la production, comme ingrédients alimentaires et comme répulsifs dans l'agriculture [5]. Leurs propriétés biocide connues, associées à une innocuité toxicologique et à une dégradabilité démontrées par les mécanismes écosystémiques naturels [6]. Pour cela, la valorisation des huiles essentielles nécessite de connaître leur composition chimique ainsi que leur profil toxicologique dépendant des variations génétiques et des conditions biotiques et abiotiques [7, 8, 9]. Ces facteurs intrinsèques inaugurent un paradigme quantitatif et qualitatif en termes de rendement et d'accumulation de substances bioactives [10].

Le romarin est un membre de la famille des Lamiacées, et un arbuste vivace à feuilles persistantes, caractérisé par une odeur aromatique unique [11]. Parmi les trois espèces du genre *Rosmarinus* utilisées pour la production d'huiles essentielles (*Rosmarinus officinalis* L., *Rosmarinus tournefortii* (eriocalyx Jordan & Four) et *Rosmarinus tomentosus* (Hub-Mor & Maire). Certaines de ces espèces ont déjà fait l'objet d'études, c'est le cas notamment de *Rosmarinus officinalis*, le *Rosmarinus tournefortii* est très peu étudié, pour la production d'huiles essentielles, *Rosmarinus officinalis* est l'une des espèces les plus productives originaire des milieux méditerranéens [12]. Il a été signalé que, les trois plus grands producteurs et exportateurs d'huiles essentielles du romarin dans le monde sont l'Espagne, la Tunisie et le Maroc [13, 14], cette plante originaire de la région méditerranéenne, est considéré comme résistant à la sécheresse. Il peut pousser dans une variété de sols, des types rocheux aux types sableux, tant qu'on signale un drainage adéquat et une profondeur minimale de 0,2 m. Cependant, une fréquence apparemment croissante de sécheresses sévères dans la région méditerranéenne, l'irrigation pourrait devenir une pratique nécessaire et courante [15]. Le romarin contient des huiles essentielles qui sont associées à des propriétés pharmacologiques intéressantes notamment anti-inflammatoires, anti-oxydantes, anti-bactériennes, anti-nociceptives, anti-fongiques, anti-diabétiques et anti-thrombotiques [16, 17]. Les extraits du romarin sont également utilisés à des fins culinaires, dans les produits antiparasitaires, la médecine populaire et les produits cosmétiques [18, 16]. La plus haute qualité des

INTRODUCTION GÉNÉRALE

huiles essentielles du romarin est contenue dans les feuilles par rapport aux autres parties de la plante [19]. De plus, les principaux composés de l'huile essentielle du romarin sont le camphre (1,66-24,82%), l' α -pinène (14,69-20,81%) et le 1,8-cinéole (5,63-26,89%) [20].

Plusieurs études ont été réalisées sur la variation de la teneur en huiles essentielles du romarin en réponse aux différents facteurs biotiques et abiotiques ; ainsi que les régulateurs de croissance des plantes [21, 22], des facteurs environnementaux tels que ; les stress abiotiques, les blessures des ravageurs ou les régulateurs de croissance des plantes ont également des effets significatifs sur l'accumulation des quantités et peuvent affecter leur répartition entre les différents organes de la plante [23, 24, 25].

D'autres travaux de recherche similaires sur la citronnelle effectués par Mwithiga et al [26, 27] et Shahi et al [28] ont démontré que les composants et les rendements des huiles essentielles de plantes diffèrent à bien des égards. Cependant, la cause des variations reste insaisissable, car la composition d'huiles essentielle pourrait également être affectée par d'autres facteurs tels que la pollution, le climat et les attaques de ravageurs [29].

D'autres effets bénéfiques sur le rendement et la qualité en huile essentielle ont été également observés par d'autres auteurs, notamment par Cáceres et al et Mostafa [30,31]. En effet, des études récentes ont été effectuées pour évaluer les effets des engrais organiques et synthétiques sur la croissance, le rendement en huile et la qualité de l'huile du romarin [30, 31]. Notamment, il a été démontré que les engrais à base organique présentent une différence significative dans la composition et le rendement des huiles essentielles du romarin [22]. Il a été démontré que l'engrais liquide à base d'algues marines induisait une plus grande expansion foliaire et un fort rendement en huile essentielle que les engrais inorganiques et le témoin [22]. Abdelaziz et al [32], ont utilisé un mélange de compost et de micro -organismes qui a engendré une production accrue d'huiles essentielles ainsi qu'une croissance végétative des plantes du romarin. Une étude de Valiki et Ghanbari [33], a révélé que les caractéristiques agronomiques du romarin, notamment la hauteur de la plante, le poids frais et le rendement en matière sèche, étaient nettement améliorées par l'utilisation de fumier organique plutôt que par l'utilisation d'engrais inorganiques. Néanmoins, les résultats obtenus par Singh et Wasnik et al. et Singh ont révélé aucun effet positif sur la quantité et la qualité de l'huile essentielle du romarin [34, 26]

L'utilisation d'engrais inorganiques, en particulier d'engrais azotés, s'est avérée influencer fortement sur les constituants, le rendement et la biosynthèse des huiles essentielles des plantes d'origan [35]. Moghaddam et Mehdizadeh [36], n'ont observé aucun effet substantiel des engrais inorganiques sur diverses plantes médicinales et aromatiques, une observation qui est également soulignée par Rasmussen et al [37], dans les plantes d'origan. Dans une autre étude, une combinaison de lombricompost (10 t ha⁻¹) et les engrais azotés (N), phosphorés (P)

INTRODUCTION GÉNÉRALE

et potassiques (NPK) (100:25:25 kg/ha) ont nettement augmenté la quantité d'huile essentielle et d'herbage du romarin par rapport au témoin négatif [21, 38]. Plusieurs études portant sur différentes plantes médicinales ont indiqué un effet positif des engrais inorganiques sur la composition et le rendement en huile essentielle [39, 40, 41]. Cependant, Azizi et al [42], associés à des rendements d'huiles essentielles plus faibles avec des engrais inorganiques. À l'heure actuelle, l'apport intégré de nutriments aux plantes à l'aide de combinaisons de sources inorganiques et organiques devient un aspect de plus en plus important d'une agriculture respectueuse de l'environnement.

Dans les régions arides et semi-arides, les plantes sont souvent soumises à plusieurs contraintes abiotiques simultanément ; la chaleur, la sécheresse et la salinité étant les types de stress les plus courants. Tous entraînent une accumulation de sel dans le sol [43], imposant une limitation majeure de la croissance et du rendement des cultures [44, 45, 46]. Les plantes exposées à des concentrations relativement élevées de sel subissent plusieurs changements dans leur métabolisme afin de faire face à leur environnement stressant, le métabolisme secondaire de ces plantes peut également être affecté. Il a été démontré qu'une salinité excessive du sol modifie la biosynthèse et la composition des huiles essentielles dans plusieurs espèces telles que *Mentha spicata*, *Majorana hortensis* [47], *Salvia hispanica*, *Matthiola tricuspidata* et *Oenothera biennis* [48]. Cet effet dépend de la concentration de sel dans le milieu de croissance, ainsi que le degré de tolérance du cultivar considéré [49]. Dow et al [50], ont constaté que la salinité réduisait le rendement des huiles essentielles chez plusieurs plantes des lamiacées. L'irrigation de plants de menthe verte et de marjolaine avec une solution saline de 1 mM (composée de CaCl₂ et de NaCl) a diminué le rendement en huile essentielle de 40 % et 50 %, respectivement. En outre, chez la menthe verte, le niveau de limonène a augmenté, tandis que le niveau de limonène a diminué par rapport aux plantes témoins irriguées avec de l'eau. Dans le cas de la marjolaine, le stress salin a augmenté le niveau de sabinène et a diminué la proportion d'hydrate de sabinène [48].

L'objectif de cette thèse, en premier temps est d'étudier les conséquences d'un apport foliaire de différents stimulateurs (jus de lombricompost, thé de lombricompost, solution saline 50 mM) sur l'expression végétative, le rendement des huiles essentielles, l'accumulation des composés phytochimiques de deux espèces du romarin *Rosmarinus officinalis* et *Rosmarinus tournefortii*. Dans un second temps, nous avons été amenés à évaluer leur activité antioxydante et de défense vis-à-vis des insectes (stress abiotique). Toutes ces données vont nous permettre de mieux comprendre les mécanismes engagés dans l'implication de ces biostimulants afin d'optimiser les programmes de cueillette dans l'esprit d'obtenir une ressource convoitée par les industries alimentaires, pharmaceutique et agricole.

Le présent travail est structuré en quatre parties principales :

INTRODUCTION GÉNÉRALE

- La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique qui positionne la thèse dans son contexte global ainsi que la plante utilisée pour ce travail.
- Une présentation des méthodes et des techniques utilisées pour répondre à nos objectifs est effectuée dans une seconde partie.
- La troisième partie présente l'effet améliorateur des stimulants sur l'activité biologique de la plante.
- La dernière partie du manuscrit, qui propose une discussion de l'ensemble de ces résultats, une conclusion générale, suggère quelques perspectives à ce travail.

CHAPITRE I : APERÇUS BIBLIOGRAPHIQUES

I.1. Données bibliographique sur *Rosmarinus officinalis* et *Rosmarinus tournefortii*

I.1.1. Description des plantes étudiées

I.1.1.1. Lamiaceae et le genre *Rosmarinus*

Anciennement appelée Labiatae, pour ses fleurs se caractérisent par une corolle bilabiée, Lamiaceae présente plus de 7000 espèces qui sont regroupées en environ 240 genres, et certaines de ces espèces présentent des propriétés aromatiques, ce qui confère une grande importance économique aux Lamiacées, Les espèces de Lamiacées sont largement réparties dans le monde, avec des hauteurs et des habitats variés et une plus grande abondance dans la région méditerranéenne. Ils préfèrent les zones chaudes ; cependant, ils peuvent également être trouvés dans les régions à basses température, chaudes et voyantes selon les espèces. Ils sont bisexués, avec des parties florales bien définies, des sépales et des pétales apparents, une inflorescence et une symétrie bilatérale (zygomorphes), et le tube de la corolle est divisé en deux parties distinctes, donnant une forme de «lèvre», qui est la principale caractéristique de la famille des Labiacées. Leurs feuilles sont simples, et leurs fruits sont secs et multiples qui se séparent à maturité (fruits schizocarpiques), cette famille présente de nombreuses espèces riches en flavonoïdes et terpènes, les diterpénoïdes étant les plus abondants. Les six noms vernaculaires les plus connus sont le thym, le basilic, l'origan, le romarin, la sauge et la mélisse. Les espèces de la famille des Lamiacées produisent de grandes quantités de métabolites secondaires, y compris les composés présents dans les huiles essentielles des plantes ayant des activités biologiques et un potentiel thérapeutique. Certains exemples incluent les espèces *Rosmarinus officinalis* et *Rosmarinus tournefortii*. Le genre *Rosmarinus* est considéré comme l'un des plus riches en diversité d'espèces et en huiles essentielles, avec des monoterpènes et des sesquiterpènes comme principaux constituants [51, 1].

I.1.1.2. Ecologie et distribution géographique

Le romarin possède une aire géographique très vaste, il pousse sur tous types de terrains avec une préférence pour les sols calcaires, argileux, argileux-limoneux, situé dans les endroits ensoleillés, chauds, secs et abrités du vent *R. officinalis* est répandu sur la plupart des maquis, garrigues et rivages marins alors que le *R. tournefortii* est plus apte à se développer sur les rocailles jusqu'à 1500m d'altitude. Il accompagne souvent le pin d'Alep, la sauge, le thym [1].

Le romarin officinal est spontané dans toute la région méditerranéenne (Maroc, Algérie, Tunisie, Libye, France, Espagne, Portugal, Grèce, Turquie et Italie). cependant, étant donné qu'il est cultivé depuis l'antiquité, on le retrouve dans de

CHAPITRE I : APERÇUS BIBLIOGRAPHIQUES

nombreux pays d'Europe et d'Asie notamment l'Inde, les Philippines, les Antilles, l'Australie, les Etats-Unis et le Mexique [52, 53].

Contrairement au *R. tournefortii* est seulement répandu en Afrique du Nord et au sud de l'Espagne ou il est considéré comme endémique. En Algérie les différentes espèces du romarin s'étalent sur une superficie excédant 100000 hectares [54], sur la bande littorale et hauts plateaux et est dénommé généralement "Klii" ou "M'zir" dans les régions Berbérophones. Le *R. tournefortii* semble être plus rare dans les régions littorales et Atlas Tellien Algérois et Oranais ainsi que les hauts plateaux centre et ouest [1].

I.1.1.3. Composition des huiles essentielles de genre Rosmarinus

L'huile essentielle du romarin (1 à 2% dans la plante) contient : de l' α -pinène à (80%), de la verbénone (1 à 37%), du camphre (1 à 38%), de l'eucalyptol (1 à 35%), du bornéol (4 à 19%), de l'acétate de bornyle (jusqu'à 10%) et du camphène. En plus de l'huile essentielle on trouve dans le romarin : 2 à 4% de dérivés triterpéniques tels que : l'acide ursolique, l'acide oléanolique, l'acétate de germanicol ; des lactones diterpéniques : picrosalvine, dérivés de l'acide carnosolique, rosmanol, rosmadial, des acides phénoliques, des acides gras hydroxylés surtout des dérivés de l'acide décanoïque, des acides gras organiques : l'acide citrique, glycolique et glycérique, des stérols, de la choline, du mucilage et de la résine [55, 56, 57, 58, 59]. Le criblage phytochimique de l'extrait éthanolique des parties aériennes du romarin a indiqué la présence des flavonoïdes, des tannins et des saponines et l'absence des alcaloïdes détectés dans l'extrait aqueux. Les flavonoïdes détectés par la chromatographie sur couche mince (CCM) sont la quercétine et le kaempférol [60].

Tableau I.1 : Composition chimique de *Rosmarinus officinalis*

	Composés	Références
Huiles essentiels	1,8 cinéole	Akroum [61].
	alpha-pinène	
	camphre	Rao et al [62].
Flavonoïdes	camphène	
	Lutéoline	Akroum [61].
	Quercetine	
	Genkwanine	Ibañez et al [63].

CHAPITRE I : APERÇUS BIBLIOGRAPHIQUES

	Cirsimaritine Eriocitrine Hesperédine Diosmine Lutéoléine apigénine	Okamura et <i>al</i> [64]. Yang et <i>al</i> [65].
Tanins		Hui [66].
Diterpènes	Acide carnosolique Rosmadial	Akroum [61].
Triterpènes et Stéroïdes	Acide aléanolique Acide ursotique	Akroum [61]. Yang et <i>al</i> [65].
Lipides	n-alkanes isolalkanes alkènes	Akroum [61].
Acides phénoliques	Acide vanillique Acide caféique Acide p-coumarique Acide rosmarinique Rosmaricine	Makhloofi [67]. Hui [66].

I.1.2. Etude ethnobotanique sur *Rosmarinus officinalis* et *Rosmarinus tournefortii*

I.1.2.1. Description botanique

Rosmarinus officinalis: est un arbuste ou sous- arbrisseau aromatique qui supporte la chaleur [67]. Ses fruits sont sous forme des tétrakènes [68]. Feuilles linéaires à marges révolutes, sessiles mesurant 2cm de longueur sur 2mm de largeur, verdâtre en dessus et tomenteuses en dessous, fleurs bleuâtres, disposées en grappes courtes, axillaires, brièvement pédicellées, bractées petites, caduques, calice à lèvre supérieure ovale et dont les lobes de la lèvre inférieure sont lancéolées, corolle bleue rarement blanche avec lèvre supérieure divisée en 2 segments et à lèvre inférieure à 3 lobes dont un médian plus large [69]. La racine du romarin est pivotante, ligneuse et fibreuse, la tige de romarin est ligneuse, généralement érigée, pouvant atteindre jusqu'à 2m [53]. Les caractéristiques de cette plante peuvent être résumées comme suit:

Couleur fleur : Bleu foncé

Couleur feuillage : vert

Hauteur : 60 cm

Feuillaison : Janvier – Décembre

Floraison(s) : Mars-Mai

Type de feuillage: persistant

Exposition : soleil

Type de sol: calcaire.



Figure I.1: Planche botanique de *R. officinalis* [70].

Rosmarinus tournefortii: Dénommé également «*Rosmarinus eriocalyx* Jord., et Fourr » et dont l'épithète signifie calices laineux, se réfère à la frappante couverture de poils dense. En effet cette espèce se distingue par une inflorescence et calice à

CHAPITRE I : APERÇUS BIBLIOGRAPHIQUES

pilosité double, l'une courte et visibles à l'œil nu, l'autre constituée par de longs poils dressés glanduleux au sommet [1]. Inflorescences plus longues que chez *R. officinalis*, à bractées amples cordiformes, longues de 3-4 mm de plus, *R. Tournefortii* possède des feuilles plus petites (5 à 15 mm de long et moins de 2 mm de large) avec des pédoncules floraux à poils denses. Cette espèce est également connue pour avoir une croissance lente avec des hauteurs généralement de 25 cm et qui n'excèdent jamais 1m donnant ainsi à la plante un aspect prostré [1].

La floraison commence dès le mois de février, parfois en janvier et se poursuit jusqu'en avril-mai. Certaines variétés peuvent fleurir une deuxième fois en début d'automne. La couleur des fleurs, qui se présentent en grappes assez semblables à des épis, varie du bleu pâle au violet [71]. Leur calice est velu, à dents bordées de blanc. Elles portent deux étamines ayant une petite dent vers leur base. La lèvre inférieure de la corolle est profondément divisée, faisant penser au labelle de certaines orchidées. Comme pour la plupart des Lamiacées, le fruit ovoïde, est entouré par un calice persistant, tétrakène. Ce dernier est de couleur brune, il attire les insectes anthophiles pour assurer la pollinisation (entomogame) [71].

I.1.2.2. Systématique et taxonomie

Selon Anton et lobsten [53], le romarin appartient au :

Règne.....Végétal

Embranchement.....Spermaphytes

Sous embranchement.....Angiospermes

ClasseDicotylédones

OrdreLamiales

FamilleLamiacées

Genre.....Rosmarinus

Espèce *Rosmarinus officinalis*

Rosmarinus tournefortii

Pertinence ethnobotanique : Il existe deux origines possibles pour le nom générique Rosmarinus. Une possibilité, le nom dérive du latin « ros » (rosée) et « marinus » (mer), rosée marine ; l'autre possibilité est que le nom dérive des deux mots grecs "rhos" (arbuste) et "mirrinos" (aromatique), en raison de ses caractéristiques. Le nom

CHAPITRE I : APERÇUS BIBLIOGRAPHIQUES

d'espèce « officinalis » est utilisé pour désigner son application comme plante médicinale [72, 73].

Attribution du genre Rosmarinus

Le genre Rosmarinus présente sous plusieurs noms vernaculaires

Noms français : Romarin, Encensier, Herbe aux couronnes, Herbe des troubadours

Noms locaux (ou vernaculaires arabes): Iklil aljabal, Hatssa louban, Hassalban et Klil.

Noms targui (ou berbères) : Lazir, Azir, Ouzbir et Touzala.

Nom anglais : Rosmary.

I.1.3. Activités biologiques

La composition chimique du romarin affecte ses activités biologiques. Parmi les principaux composants du romarin auxquels on attribue ses activités pharmacologiques figurent le 1,8-cinéole, le camphre et l' α -pinène. Les activités biologiques attribuées au 1,8-cinéole comprennent : une activité antidépressive, antimicrobienne, antioxydante, antiallergique, relaxante des muscles lisses et une activité anti-inflammatoire ; à l' α -pinène a été attribuée des activités antioxydantes, antifongiques, antibactériennes et anti-inflammatoires. Enfin, a été attribuée au camphre une activité anti-mutagène, anti-oxydante, antiallergique et anti-inflammatoire (Tab.I.2).

Dans une recherche menée par Machado et al [74] , il a été démontré que le romarin administré en fusion /tisane avait une activité antidépressive sur le test TST en réduisant le temps d'immobilisation des rats traités par rapport à un groupe témoin négatif (véhicule); la fluoxétine a été utilisée pour traiter le groupe témoin positif. Cette activité était associée au 1,8-cinéole, qui constituait 45,1 % de l'huile utilisée.

Mekonnen et al [75] , à l'aide d' huile de *R. officinalis* de type α -pinène (50,8 % d' α -pinène), ont testé l'activité antimicrobienne de cette huile contre plusieurs souches de bactéries (*Salmonella*, *Shigella*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus* et *Escherichia*) et de champignons (*Trichophyton* spp et *Aspergillus* spp). Pour cela, ils ont utilisé des tests de diffusion sur gélose et de dilution sur gélose avec la gentamicine comme contrôle positif et le DMSO comme contrôle négatif. La zone d' inhibition variait de 6 mm (*Escherichia coli*) à 32 mm (*Staphylococcus epidermis*) et les valeurs de CMI allaient de <15,75 mg/ml (*Staphylococcus epidermis*) à 36,33 mg/ml (*Pseudomonas aeruginosa*). Globalement, leurs résultats montrent une activité antimicrobienne modérée par l'huile essentielle du romarin, mais les valeurs varient significativement selon la souche.

De plus en utilisant l'huile essentielle de sept populations différentes du romarin de l'ouest de l'Iran, ont évalué leur activité antimicrobienne contre deux souches de bactéries gram-positives et deux souches de bactéries gram-négatives par diffusion sur disque d'agar [76]. La zone d'inhibition variait de 9,18 mm (*Stafilococcus agalactiae*) à 18,51 mm (*Escherichia coli*), cela contraste avec les résultats rapportés

CHAPITRE I : APERÇUS BIBLIOGRAPHIQUES

par Mekonnen et *al* [77]. Où *E. coli* était le moins affecté par l'huile, la CMI n'a pas été déterminée. Ils ont également évalué l'activité antioxydante des échantillons par le test DPPH. En bref, ils concluent que l'huile avait une activité antimicrobienne remarquable et une activité antioxydante modérée.

Ces activités antimicrobiennes et antioxydantes de l'huile essentielle du romarin (et d'autres huiles essentielles) sont quelques-unes des caractéristiques favorables favorisant son utilisation comme additif alimentaire ; ils augmentent également la durée de conservation et réduisent la toxicité, comme l'indique Patel [77]. Dans une revue, Sears [78] discute des avantages d'un régime anti-inflammatoire, y compris la prévention des troubles métaboliques tels que l'obésité, le syndrome métabolique et le diabète.

Tableau I. 2: Principaux composés de l'huile essentielle et les activités biologiques de *Rosmarinus officinalis* L.

Composés	Activité biologique	Références
1,8-cinéole	Anti-inflammatoire	Juhas et <i>al</i> [79].
	Anti-dépressif	Faria et <i>al</i> [80], Machado et <i>al</i> [74].
	Antiallergique	Vilela et <i>al</i> [81], Takayama et <i>al</i> [82].
	Antioxydante	Bajalan et <i>al</i> [20].
	Activité relaxante des muscles lisses	Selmi et <i>al</i> [83].
α -pinène	Anti-inflammatoire	Seo et <i>al</i> [84].
	Antifongique	Bae et <i>al</i> [85].
	Antioxydante	Lin et <i>al</i> [86], Mekonnen et <i>al</i> [75].
	Antibactérienne	Takayama et <i>al</i> [82].
Camphre	Anti-inflammatoire	Silva et da Filho [87].
	Antioxydante	Bajalan et <i>al</i> [20].

I.1.3.1: Activité antioxydante

Les antioxydants naturels issus des plantes deviennent de plus en plus importants, non seulement dans le domaine nutritionnel (conservation et stabilité des aliments) mais aussi en médecine préventive [88]. La famille des Lamiacées a fait l'objet de recherches sur les composés antioxydants en raison de sa forte teneur en polyphénols [89]. De même, les feuilles de *R. officinalis* sont couramment utilisées comme condiment pour aromatiser les aliments et comme source de composés antioxydants utilisés dans la conservation des aliments [90]. Les antioxydants jouent un rôle majeur dans la prévention et le traitement des maladies associées aux dommages oxydatifs, notamment le cancer, les maladies cardiovasculaires et neurodégénératives [89, 91, 92]. Les espèces réactives de l'oxygène, y compris le peroxyde d'hydrogène et les radicaux libres, tels que l'anion superoxyde ($O_2^{\cdot-}$) et le radical hydroxyle (HO^{\cdot}), sont inévitablement produits dans les organismes vivants résultant de processus métaboliques ou de sources externes [89]. Une exposition continue aux radicaux libres dans les systèmes biologiques peut causer des dommages fonctionnels et structurels, le vieillissement et la mort cellulaire [93].

Plusieurs études *in vitro* ont été réalisées sur certains composés du romarin, à savoir le carnosol, l'acide carnosique, le rosmanol, l'acide rosmarinique, l'acide oléanolique et l'acide ursolique, en utilisant la méthode 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl. Les résultats obtenus, ont démontré que ces composés bioactifs ont été validés pour leur activité antioxydante [94, 95, 96]. De plus, il a été démontré que les composés bioactifs carnosol, rosmanol et épirosmanol inhibent la peroxydation lipidique par le mécanisme de piégeage des radicaux libres lipidiques ; en utilisant les tests d'activité de piégeage de l'acide thiobarbiturique, de l'anion superoxyde et des radicaux libres lipidiques et les méthodes Rancimat (détermination de la stabilité oxydative des graisses), [97, 98, 99]. Ces études ont révélé que le potentiel antioxydant des composés phytochimiques du romarin, dont les propriétés sont étroitement liées à d'autres activités biologiques, telles que cytoprotectrices et anticancéreuses, principalement en raison de leur capacité à neutraliser les espèces réactives de l'oxygène (ROS).

Compte tenu des études *in vivo*, en utilisant l'huile essentielle et l'acide carnosique. En effet, ces études ont été réalisées sur des rats Wistar et ont évalué les activités de la catalase, de la glutathion peroxydase, de la superoxyde dismutase et de l'oxyde nitrique synthase, ainsi que la peroxydation des lipides et les ROS, dans les tissus cérébraux et cardiaques après une diminution du stress oxydatif a été enregistrée suite à un apport alimentaire en huiles essentielles du romarin [100, 88, 101].

I.1.3.2. Activité antitumorale

Certains aliments peuvent augmenter le risque de cancer et ses composants peuvent exercer des influences positives ou négatives [102]. La chimioprévention est le contrôle pharmacologique à long terme du risque de cancer. A ce sujet, plusieurs

plantes, ainsi que leurs composés, ont été étudiées pour leur potentiel anti tumoral [102, 103]. Environ 70 % des médicaments utilisés dans le traitement du cancer proviennent de produits naturels [104].

Comme décrit précédemment, le romarin est connu pour exercer une activité antioxydante, inhibant ainsi la génotoxicité et protégeant des agents cancérigènes ou toxiques [105]. Cependant, les effets secondaires prononcés des méthodes thérapeutiques empêchent largement son efficacité, augmentant la demande de nouvelles approches dans le traitement et la prévention du cancer [106].

Les polyphénols sont des composés capables de moduler la croissance et la différenciation cellulaire et ainsi d'interférer avec le développement et la progression tumorale [107]. Le romarin étant riche en composés phénoliques, de nombreuses études ont été ciblées sur l'activité antitumorale [108, 109, 110].

L'acide carnosique et le carnosol sont des diterpènes qui représentent environ 5 % du poids des feuilles séchées de *R. officinalis* et ces composés ont une plus grande pertinence antitumorale (35 études sur 49 utilisent ces composés). Il y a eu une forte augmentation du nombre d'études concernant l'activité antitumorale de l'acide carnosique, du carnosol, de l'acide rosmarinique et de l'acide ursolique. Les cancers du sein, le mélanome, le cancer du côlon, le carcinome du foie et la leucémie ont été les plus étudiés. En fait, il y a eu plusieurs études *in vitro* concernant la cytotoxicité du carnosol et de l'acide carnosique sur les cellules cancéreuses humaines (HepG2, COLO 205 et HL-60), les cellules cancéreuses du sein et les cellules cancéreuses du côlon [111, 112]. Ces études ont rapporté une diminution de la viabilité cellulaire en utilisant l'acide carnosique de manière dose-dépendante, y compris les cellules tumorales résistantes, suggérant ce composé comme une approche antitumorale complémentaire [113]. Des expériences effectuées *in vivo*, ont dévoilé que l'acide carnosique et ses dérivés esters jouent un rôle de prévention dans les lésions gastriques dans le modèle de lésions gastriques induites par HCl et OH chez la souris [114]. De plus, le traitement avec l'extrait de romarin de la tumorigenèse mammaire induite par le 7,12-diméthylbenz[a]anthracène (DMBA) chez le rat a suggéré une action chimiopréventive pour la tumorigenèse mammaire expérimentale [115].

I.1.3.3. Activité anti-infectieuse

La plupart des plantes produisent des métabolites secondaires antimicrobiens, soit à partir de leur cours normal de croissance et de développement, soit en réponse à un stress ou à une attaque pathogène. L'utilisation des huiles essentielles représente une nouvelle voie pour réduire la prolifération des micro-organismes [116]. *R. officinalis* est largement utilisé aujourd'hui comme conservateur alimentaire et connu pour sa puissante activité antibactérienne [117].

L'utilisation croissante d'antibiotiques en médecine, dans l'agriculture et l'élevage a largement contribué à l'augmentation de multiples micro-organismes résistants aux

médicaments [118]. La résistance aux antimicrobiens est un problème de santé publique mondial, et les chercheurs se sont de plus en plus engagés dans ce domaine en quête de nouveaux bioactifs antimicrobiens efficaces [118, 119].

Outre les propriétés antibactériennes, les huiles essentielles ont également des activités insecticides, antiparasitaires et antifongiques, qui sont importantes pour le contrôle des maladies humaines d'origine microbienne [120].

Depuis les années 1990, l'huile essentielle du romarin a démontré l'activité antimicrobienne la plus élevée, avec 65% des études d'activité anti-infectieuse. L'activité antimicrobienne de l'huile essentielle était supérieure à celle des composés uniques 1,8-cinéole et α -pinène [121].

Des études expérimentales in vitro, concernant les CMI, la concentration bactéricide minimale et les processus dynamiques de destruction du temps, ont rapporté qu'il existe un effet synergique possible entre les composés antimicrobiens dans l'huile essentielle [120, 122]. Ces études ont été réalisées en testant l'acide carnosique, le carnosol, l'acide rosmarinique, l'acide oléanolique, l'acide ursolique et l'huile essentielle, contre des bactéries Gram-positives (*Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus* et *Bacillus subtilis*), trois bactéries Gram-négatives (*Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Escherichia coli*) et deux champignons (*Candida albicans* et *Aspergillus niger*). Tous ont signalé une activité antibactérienne et antifongique prononcée (20 ; 227; 87; 136; 97; 93). Il a également été constaté que l'acide carnosique présentait une activité antivirale contre le virus respiratoire syncytial humain [123].

I.1.3.4. Activités anti-inflammatoires

Les plantes sont une bonne source d'agents anti-inflammatoires et la recherche continue de nouveaux composés, en particulier à partir de plantes aux effets pharmacologiques historiquement documentés, représente un énorme potentiel pharmaceutique [90]. Le contrôle de la libération de médiateurs dans le processus inflammatoire est l'objectif principal des anti-inflammatoires [124]. La douleur et l'inflammation sont liées à la cicatrisation des plaies et à la production de radicaux libres qui pourraient prolonger le processus d'inflammation [125]. Ainsi, la réponse inflammatoire et les dommages oxydatifs sont deux facteurs principaux qui induisent des maladies cardiovasculaires et neurodégénératives ; cependant, les polyphénols de certaines plantes sont capables de réduire ces problèmes [126].

En médecine traditionnelle, le romarin est connu pour ses propriétés thérapeutiques contre les douleurs abdominales et pour le traitement des maladies inflammatoires respiratoires, comme l'asthme bronchique [127].

Certaines études expérimentales ont rapporté les activités anti-inflammatoires et analgésiques de l'huile essentielle et des terpènes biologiquement actifs tels que l'acide carnosique, le carnosol, l'acide ursolique et l'acide bêtulinique, ainsi que l'acide rosmarinique, le rosmanol et l'acide oléanolique [90]. En fait, il a été rapporté

qu'ils avaient une activité antinociceptive et que chaque triterpène individuel présentait une puissance similaire à celle observée avec le kétorolac, un anti-inflammatoire non stéroïdien [90, 128].

Concernant les études in vitro, les études anti-inflammatoires et analgésiques se sont basées sur l'évaluation de l'expression des cytokines inflammatoires (IL-1 β , IL-6, TNF- α , etc.), COX-1/COX-2, iNOS et évaluation de la production d'oxyde nitrique dans les cellules macrophages RAW 264.7 [109, 94, 129, 130]. En outre, des études concernant les effets anti-athérosclérotiques du romarin ont été développées, à travers la migration et l'activation de la métalloprotéinase matricielle des cellules musculaires lisses vasculaires. Ces études ont rapporté que l'acide carnosique a la capacité de supprimer l'expression de la métalloprotéinase-9 matricielle par la régulation à la baisse de NF-KB et donc de diminuer la migration des cellules musculaires lisses [131, 132].

Aux stades précliniques, l'huile essentielle du romarin a été utilisée par voie topique pour les douleurs musculaires et rhumatismales, évaluées à l'aide de tests de pleurésie induite par la carraghénine et d'œdème de la patte induit par la carraghénine chez le rat. Ces études ont suggéré que l'huile essentielle pouvait remarquablement diminuer l'œdème induit en 1 à 4 h et réduire significativement le volume de l'exsudat pleural, étant à la fois anti-inflammatoire et antinociceptif [133]. De plus, de nouveaux composés principaux obtenus par dérivation de l'acide rosmarinique ont été testés pour ces activités. En particulier, le dérivé d'acétyle peut réduire l'œdème induit de la patte ainsi que le léchage de patte, suggérant une application potentielle de ce composé comme agent anti-inflammatoire et antinociceptif [133].

I.1.3.5. Activité anti-vectorielle

Les premières stratégies de lutte anti-vectorielle ont adopté de vastes activités pour réduire les populations larvaires, qui comprenaient, entre autres, le drainage des sites de reproduction tels que les marécages ou l'application d'acétoarsénite de cuivre, un composé inorganique hautement toxique pour les sites de reproduction. [134, 135]. En outre, la protection des fenêtres et des portes pour empêcher les vecteurs d'entrer dans les maisons et l'utilisation de moustiquaires ont été au premier plan pour protéger les personnes contre les piqûres de moustiques [136]. Les insecticides à base de plantes ont été les premières préparations utilisées historiquement. Des pyréthrine extraites des fleurs de *Chrysanthemum cinerariifolium* et *Chrysanthemum roseum* *Rosmarinus officinalis* ont été utilisées contre les anophèles d'intérieur les moustiques au XIX^e siècle [137, 138]. Cependant, les modifications structurelles des pyréthrine naturelles et la génération des premiers pyréthrinoïdes synthétiques ont été signalées pour la première fois dans la période 1924 à 1970 [138]. La découverte d'un organochloré, à savoir le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT), a été signalée en 1939 [139, 140]. Le DDT a été très efficace contre les vecteurs du paludisme. Cependant, ces derniers temps,

des préoccupations croissantes en matière de sécurité l'ont vu être remplacé dans de nombreux pays par de nouveaux insecticides avec des profils de toxicité réduits [141, 142, 143].

I.1.3.6. Activité insecticide

L'activité insecticide des huiles essentielles s'exprime de diverses manières allant des effets toxiques aux effets répulsifs, en passant par la modification du comportement et/ou de la physiologie des ravageurs [3]. Selon la dose, une HE peut agir comme un attractif, un répulsif ou une toxine [144]. La propriété dualiste des HE est peu documentée, mais globalement, le passage de l'attractivité à la répulsion puis à la toxicité est fonction de l'espèce traitée, de la composition de l'HE, mais aussi de la concentration. En règle générale, les HE sont toxiques à la concentration la plus élevée et, en diminuant leur concentration, elles deviennent répulsives ou attractives pour les insectes. De plus, les HE se caractérisent également par une phase neutre dans laquelle il existe un équilibre entre l'effet attractif et répulsif [144]. De plus, cette propriété dualiste n'est également une caractéristique des molécules individuelles contenues dans les HE. Par exemple, à la fois le limonène et le p-cymène, isolés du fruit de *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae), agissent comme de puissants attractifs pour les adultes de la mouche méditerranéenne des fruits, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) [145], mais des tests de toxicité ont révélé que les HE riches en limonène sont toxiques pour les adultes de cette espèce [146].

Certaines HE montrent un pouvoir attractif vis-à-vis des insectes, exploités par ces derniers comme signaux d'agrégation. Plusieurs études ont étudié le rôle des substances volatiles végétales dans le comportement d'agrégation des mâles, avec une référence particulière à la sélection du site pour les leks [147, 148, 149]. Comme rapporté par Segura et al [149], les métabolites végétaux secondaires peuvent affecter le comportement sexuel et la communication des Tephritidae, améliorant le comportement de signalisation des mâles, l'attraction des femelles et leurs chances de s'accoupler.

I.2. Données bibliographiques sur les huiles essentielles

I.2.1. Organe sécréteur des huiles essentielles

Les huiles se trouvent souvent sous forme de gouttelettes de fluides sous la surface des feuilles et de l'écorce dans les cavités de sécrétion des parois des cellules végétales ou dans les poils glandulaires. [150]. La flore du bassin méditerranéen compte une très forte proportion de plantes aromatiques et des milliers d'hectares ont été dédiés à leur production dans les pays riverains de la mer Méditerranée. La quantité de matière produite est d'environ 38 millions de tonnes par an, la Turquie étant le plus gros producteur [151]. Le genre *Rosmarinus* est un membre de la famille des Lamiacées est l'une des plantes utilisées pour la production d'huile essentielle comprend trois espèces; l'espèce la plus productive, *R. officinalis* L., est largement cultivée depuis l'antiquité comme herbe et plante de jardin, mais aussi

pour son huile essentielle à partir de cette époque, naît le concept d'huile essentielle qui aboutit à la création et au développement des huiles essentielles. Pour finir, la période moderne, pendant laquelle les scientifiques cherchent à connaître les composants des huiles essentielles. [152].

I.2.2. Composition des huiles essentielles

Les huiles essentielles appelées encore « essences » ou « essences aromatiques végétales » sont les substances odorantes, volatiles et de consistance huileuse, contenues dans les plantes [153]. Généralement de composition complexe, l'HE est obtenue à partir d'une matière première botaniquement définie, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'HE est le plus souvent séparé de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition. La composition des HEs est déterminée par chromatographie gazeuse (GC) et spectrométrie de masse (SM). Elles sont composées de trois types de composants: les terpènes, les composés aromatiques et des composés d'origines diverses [154].

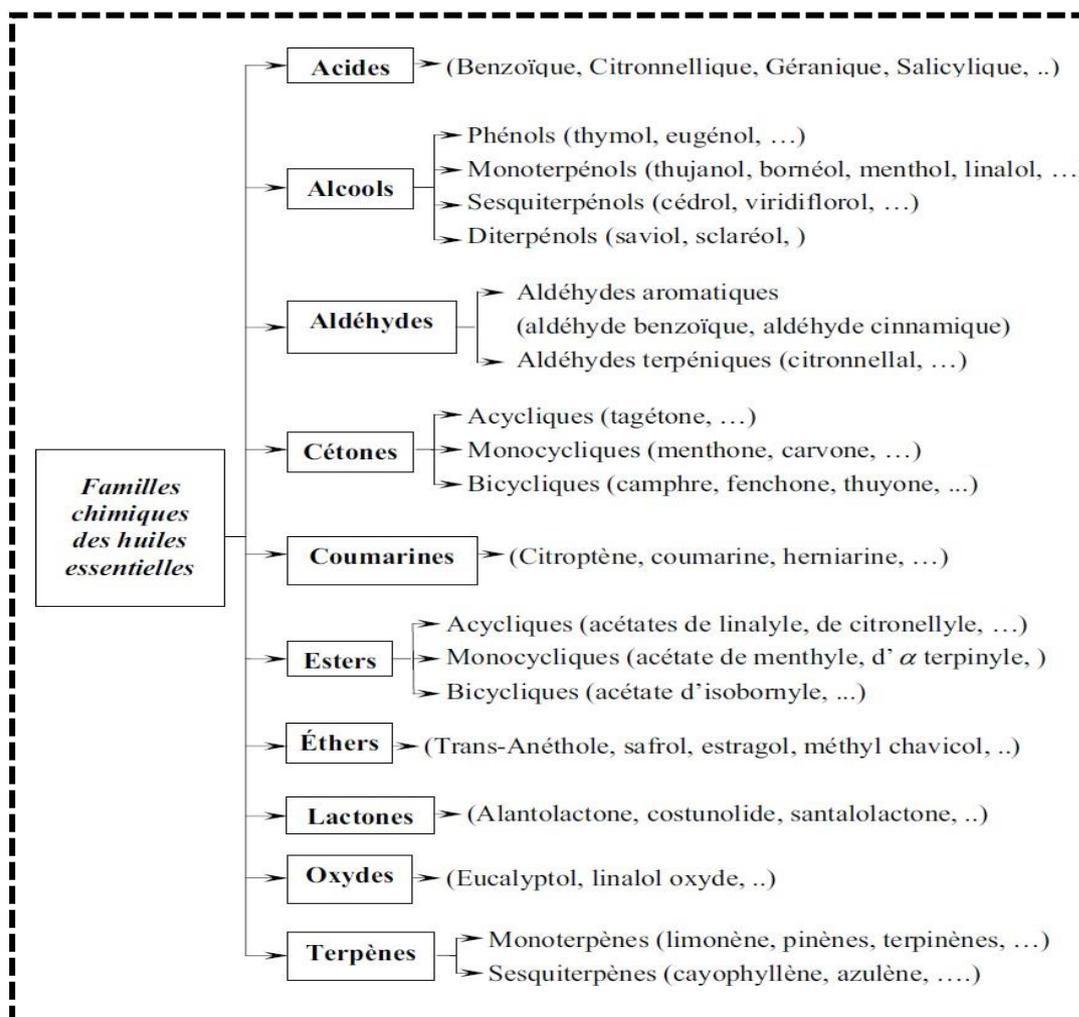


Figure I.2 : Familles chimiques des huiles essentielles d'après Boukhari [155].

I.2.2.1. Terpènes de formules $(C_5H_8)_n$

Pour les huiles essentielles, il s'agit des terpènes les plus volatils : monoterpènes et terpènes sesquiterpènes, porteurs de fonctions dont le degré d'oxydation est variable ; les substances possibles sont nombreuses :

- Les hémiterpènes : ($n=1$, C_5H_8).
- Les monoterpènes : ($n=2$, $C_{10}H_{16}$).
- Les sesquiterpènes : ($n=3$, $C_{15}H_{24}$).
- Les diterpènes : ($n=4$, $C_{20}H_{32}$).
- Les sesterterpènes : ($n=5$, $C_{25}H_{40}$).
- Les triterpènes : ($n=6$, $C_{30}H_{48}$).
- Les tétraterpènes : ($n=8$, $C_{40}H_{64}$).
- Les polyterpènes : (n unités isopréniques) [155].

Monoterpènes $C_{10}H_{16}$ ($n=2$)

Les monoterpènes peuvent être acycliques (myrcène par exemple), monocycliques (thymol par exemple) ou bi cycliques, ils peuvent constituer 90% de l'huile essentielle (térébenthine par exemple) ils sont les principaux constituants des huiles essentielles et, comme ils constituent le premier maillon dans la biosynthèse, ils sont présents dans de nombreux végétaux. Si le terpène simple est peu allergisant, il le devient rapidement par oxydation en se transformant en dérivés hydro peroxydes, cela implique des conditions de conservation, d'obscurité, de basse température pour les huiles essentielles les terpènes peuvent interagir entre eux lors de leur utilisation en application cutanée, ce qui peut modifier leur pénétration [156].

Sesquiterpènes ($n=3$)

Sont l'objet de nombreuses cyclisation, de réarrangement, d'oxydation conduisant à un très grand nombre de structures celles-ci peuvent se présenter sous forme de lactones facilement allergisantes [157].

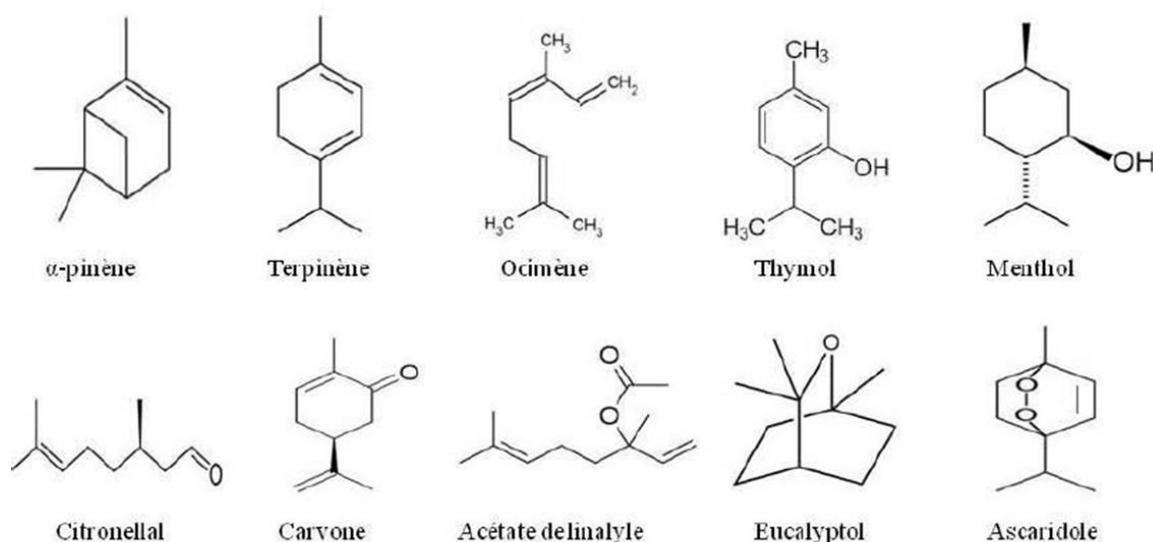


Figure I.3 : Représentation des structures des terpènes et des terpénoïdes [157].

I.2.2.2. Composés aliphatiques

Certaines huiles renferment de petites quantités de composés aliphatiques Généralement de masse moléculaire faible, qui peuvent être entraînés avec l'huile essentielle lors de l'hydrodistillation. Ce sont des hydrocarbures linéaires ou ramifiés ou leurs dérivés oxygénés (acides, alcools ou aldéhydes). Citons pour exemple: le (Z)-hex-3-énol (note verte de l'herbe coupée) ou l'octen-3-ol (note caractéristique du champignon de Paris : *Agaricus bisporus*), et *Olea europaea*, *Cannabis sativa* [158].

I.2.2.3. Composés aromatiques biosynthésés

Ils sont beaucoup moins fréquents que les terpénoïdes, mais également intéressants sur le plan olfactif. Par exemple, l'eugénol est responsable de l'odeur caractéristique du clou de girofle, l'anéthol de celle de l'anis, le cinnamate de méthyle et le méthylchavicol permettent de distinguer des chémotypes intéressants au sein de l'espèce d'*Ocimum basilicum* [158].

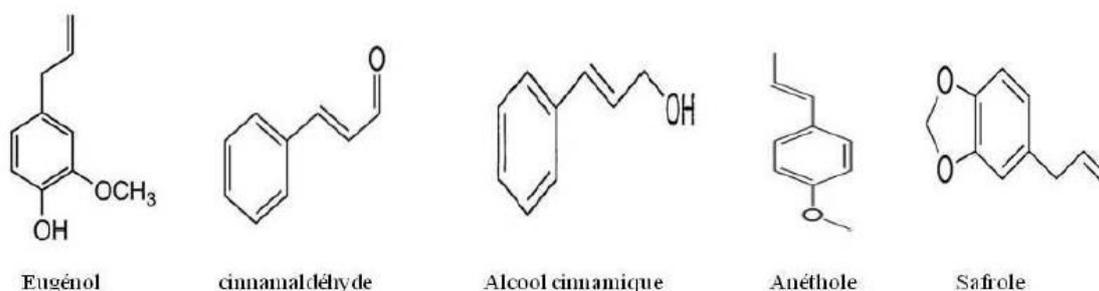


Figure I.4 : Structure des composés aromatiques dérivés de phénylpropane [157].

I.2.2.4. Composés divers

Lors de la distillation, certains composés aliphatiques (carbures, acides, alcools, aldéhydes, ester) sont entraînés. Des composés non souhaitables, pesticides ou autres ayant été utilisés lors de la culture, peuvent également se retrouver dans l'huile essentielle [159].

I.2.3. Facteurs influençant la composition des huiles essentielles

En fait, les essences produites par différentes espèces de plantes varient dans leurs caractéristiques physico-chimiques selon plusieurs facteurs. Ces derniers peuvent influencer à la fois sur la composition chimique proprement dite et le rendement de leur extraction [160].

Espèce botanique : Toutes les plantes ne sont pas aromatiques et même quand elles le sont, les constituants sont variables tant dans leur nature que dans leurs proportions [160].

Chémotype : Une espèce morphologiquement homogène peut donner des huiles essentielles de compositions chimiques différentes. Ce phénomène a été mis en évidence pour le thym et le basilic [161]. Le nombre des molécules chimiquement

CHAPITRE I : APERÇUS BIBLIOGRAPHIQUES

différentes qui constituent une huile essentielle est variable. La plupart sont polymoléculaires, c'est à dire composées d'une grande diversité de composés (jusqu'à 500 molécules différentes dans l'huile essentielle de rose). A côté des composés majoritaires (entre 2 et 6 généralement), des composés minoritaires et un certain nombre de constituants sont présents sous forme de traces. Il existe quelques huiles dites mono-moléculaires, telle le Bois de Rose (*Aniba rosaeodora*), la Menthe Pouliot (*Mentha pulegium*) ou la Gaulthérie couchée (*Gaultheria procubens*) qui sont constituées presque exclusivement d'une molécule majoritaire. La Sauge sclarée (*Salvia sclarea*), le Citron (*Citrus reticulata*) sont bi-moléculaire et le Clou de Girofle (*Eugenia caryophyllus*) est tri-moléculaire [162].

Cycle végétatif : Pour une espèce donnée, la proportion des constituants d'une huile essentielle peut varier tout au long du développement de la plante. Le rendement est 26 généralement optimal juste avant la floraison car après, la plante perd environ 70 % de son huile essentielle [163].

Période de récolte : Dans le cas de la fleur de jasmin, la teneur en huile essentielle est plus élevée et l'arôme est plus riche au coucher de soleil. Les fleurs d'Ylang - ylang donnent un meilleur rendement en huile essentielle en mai et juin, bien qu'elles s'épanouissent tout au long de l'année, [164, 165, 166].

L'organe végétal : Citons le cas du *Curcuma longa* où l'huile essentielle de rhizomes contient des curcumènes que l'on ne retrouve pas dans les feuilles [164, 163].

Facteurs extrinsèques : Ceux-ci ont trait aux facteurs environnementaux (température, nature du sol, ensoleillement ...) et aux pratiques culturales qui ont également une influence certaine [167].

Conduite culturale : Le romarin est un arbuste à feuilles persistantes xérophyte largement utilisé à des fins alimentaires et ornementales, et est un favori de longue date pour les plantes en pot et les jardins privés [168, 169, 170, 171]. En raison de ses caractéristiques biotechniques et de sa rusticité en période de stress environnemental [172, 173], il est également utilisé pour protéger contre l'érosion des sols et comme espèce pionnière lors du reboisement dans les zones endommagées par le feu [172, 174]. Sa richesse en composés bioactifs est également considérée comme très efficace, également rapportée dans la Pharmacopée [175, 176]. Des études récentes ont démontré que l'accumulation et la composition des métabolites secondaires dans le romarin et, en général, dans les plantes médicinales et aromatiques, sont fortement influencées par des facteurs génétiques [175, 177, 178, 179, 180], environnementaux [181, 182, 183, 184, 185, 186] et facteurs de culture [187, 21, 188, 189, 190]. En ce qui concerne les aspects culturels, un certain nombre d'études ont porté sur les effets de certaines pratiques agronomiques sur la croissance, la productivité et les constituants des huiles essentielles du romarin, en conditions de plein champ. Tawfeeq et al [22] ont rapporté que la croissance, la qualité et la quantité des huiles essentielles du romarin

CHAPITRE I : APERÇUS BIBLIOGRAPHIQUES

variaient avec les engrais organiques et inorganiques. Par ailleurs, Singh et Wasnik [34] ont démontré que l'application combinée de lombricompost et d'engrais chimiques a amélioré la productivité des cultures et à maintenir la fertilité du sol. Cela a été trouvé [191] que la composition de l'huile du romarin pourrait être modifiée par des programmes de fertilisation dans les régions à sol pauvre. Il a été observé que l'application d'une irrigation déficitaire affectait les caractéristiques morphologiques et physiologiques du romarin, tandis que l'humidité influençait les paramètres liés aux relations plante-eau [22]. Singh [192] a constaté que l'espacement des plantes, les régimes d'engrais et d'irrigation affectaient le rendement en herbage et en huile, mais n'influençaient pas le pourcentage de teneur en huile de l'espèce. Des travaux réalisés par Kiuru et al [193], ont mis en évidence que les milieux de croissance et les régulateurs influençaient de manière significative la propagation végétative du romarin. Cependant, les effets des techniques culturales sur les caractéristiques morphologiques et de production du romarin cultivé en pot sont encore peu connus. La plupart des études portent sur l'influence de la fertilisation [194, 195] et du type de substrat [195, 196, 197, 198, 199] sur la croissance des plantes et la production d'huile essentielle du romarin. En particulier, le choix du support de culture semble être crucial pour la culture du romarin et, en général, des plantes aromatiques et médicinales en raison d'effets importants sur leurs caractéristiques végétatives et productives.

La tourbe est traditionnellement utilisée comme milieu de culture organique dans la culture en pot [200, 201]. La tourbe est une matière organique partiellement décomposée, résultat de la dégradation des plantes des tourbières et de la mousse bryophyte [202, 203]. Bien que, son utilisation présente de nombreux avantages, tels qu'une réduction du pH et de la salinité, une bonne capacité de rétention hydraulique, une diminution de la charge pathogène et des mauvaises herbes, et une plus grande facilité de manipulation et de mélange, au fil du temps, la récolte continue de tourbe à des fins agricoles a conduit à la dégradation des tourbières dans l'hémisphère nord et une augmentation inéluctable des gaz à effet de serre dans l'atmosphère [204]. En conséquence, de nombreux pays ont commencé à imposer des restrictions sur l'utilisation de ce matériau. Les tourbières abritent un large éventail d'habitats naturels qui garantissent la diversité biologique et la survie de plusieurs espèces actuellement considérées en péril. Cet écosystème important joue non seulement un rôle fondamental dans la fixation du carbone et dans le stockage des ressources naturelles en eau, mais sauvegarde également la mémoire historique et géochimique de notre planète [205, 206, 207].

La construction et l'entretien des serres des cultures des plantes médicinales et aromatiques sont coûteux pour la plupart des agriculteurs, une solution à cette barrière est la construction de tunnels en plastique (tunnels hauts et tunnels bas) qui sont relativement peu coûteux et simples à construire et à entretenir par rapport aux serres., les tunnels hauts et les tunnels bas sont devenus une caractéristique importante des systèmes de production horticole intensive à travers le monde en tant

que moyens de prolonger la saison de croissance des cultures [208]. Ces tunnels en plastique fournissent un complément de chaleur, une protection contre le vent et maintiennent l'humidité [209]. Pendant la saison froide, lorsque la culture a besoin de protection contre les basses températures et le gel tunnels hauts et les tunnels bas facilitent le piégeage du dioxyde de carbone et améliorent l'activité photosynthétique des plantes et le rendement des cultures [210, 209].

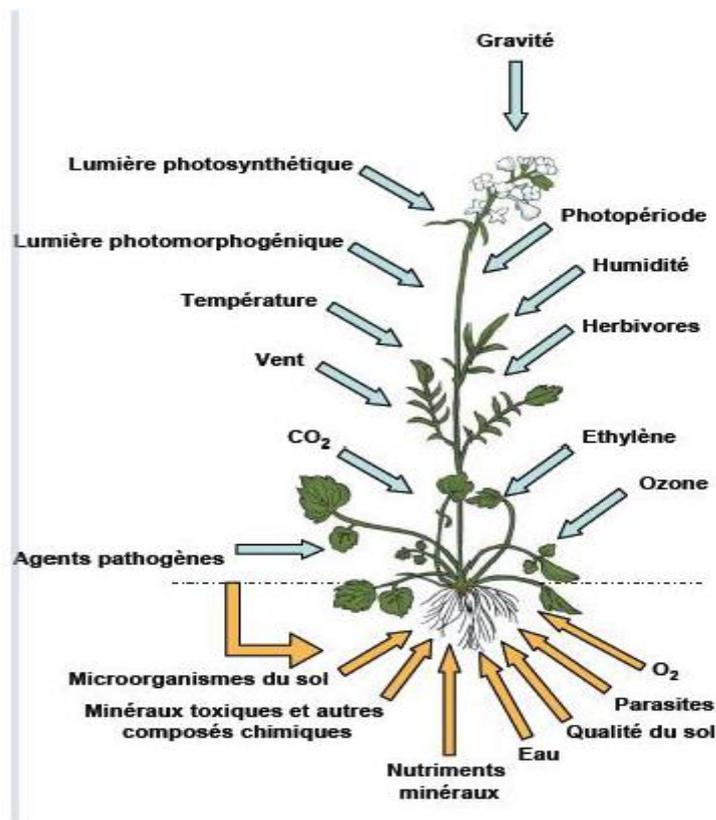


Figure I.5: Représentation schématique montrant les effets des facteurs biotiques et abiotique sur la croissance et le développement des plantes [211].

Procédés d'obtention: Au cours de l'hydrodistillation, l'eau, l'acidité et la température peuvent induire l'hydrolyse des esters, mais aussi des réarrangements, des isomérisations, des racémisations, des oxydations ; l'état de la matière première a donc également une influence non négligeable sur la composition chimique des essences [212, 213].

I.2.4. Classification des huiles essentielles

Selon le pouvoir spécifique sur les germes microbiens; et grâce à l'indice aromatique obtenu par aromatoigramme, les huiles essentielles sont classées en groupe : Les huiles majeures, les huiles mediums et les huiles terrains [214].

I.2.5. Type chimique

Le chémotype (ou chimiotype) définit la ou (les) molécule(s) biochimiquement active(s) de l'HE. On parle ainsi d'HECT : L'huile essentielle chémotypée. Cette mise

en évidence est nécessaire car pour une même plante, l'essence synthétisée est biochimiquement différente en fonction du biotope dans lequel elle se développe. Une plante aromatique peut donc fournir des HE totalement différentes en fonction du lieu de récolte ou de l'origine géographique [215, 216]. Biochimiquement différents, deux chémotypes peuvent ainsi présenter des activités mais aussi des toxicités différentes. Par exemple, prenons l'huile essentielle de *Thymus vulgaris*. Le *Thymus vulgaris* présente une activité anti-infectieuse, stimulante, régénératrice des cellules hépatiques et présente très peu d'effets secondaires. Le *Thymus vulgaris* et le thymol est, quant à lui, un anti-bactérien, mais présente une action caustique pour la peau et est hépatotoxique à doses élevées et prolongées [217].

Chémotypes principalement rencontrés dans les huiles essentielles: La détermination de ce dernier est possible grâce au couplage de la chromatographie en phase gazeuse et de la spectrométrie de masse. Plusieurs familles biochimiques sont fréquemment rencontrées : les alcools, les cétones, les aldéhydes terpéniques et aromatiques, les esters, les éthers, les terpènes ainsi que les oxydes [217].

I.2.6. Biosynthèse des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes dont les constituants appartiennent à deux grandes familles : Les composés terpéniques qui sont majoritaires et les composés aromatiques dérivés du phénylpropane [218, 219]. Les végétaux par leur pouvoir autotrophe sont capables de synthétiser leurs propres matières organiques à partir de l'énergie lumineuse, de l'eau et des minéraux présents dans le sol. Les photons lumineux sont captés par la chlorophylle puis emmagasinés, par la transformation d'ADP en ATP, au sein de liaisons phosphores riches en énergie [220]. Le reste de l'énergie lumineuse permet la dissociation de l'eau en hydrogène et oxygène. L'oxygène est libéré dans l'atmosphère ; en échange, la plante capte le dioxyde de carbone. Ce dernier, couplé à l'hydrogène, sous forme de protons réactifs, permet la formation de sucres simples, trioses puis hexoses, la biosynthèse des huiles essentielles se fait suivant deux principales voies, la voie des terpénoïdes et la voie des phénylpropanoïdes [221].

I.2.6.1. Voie des Terpénoïdes

Chaque groupe de terpène est issu de la condensation d'un nombre variable d'unités isopréniques, le principal précurseur des terpènes est l'isopentylpyrophosphate, qui est un ester phosphorique en C5. Ensuite, grâce aux réactions enzymatiques, et à partir de l'IPP, la plante donne les précurseurs des mono terpènes, des sesquiterpènes [222].

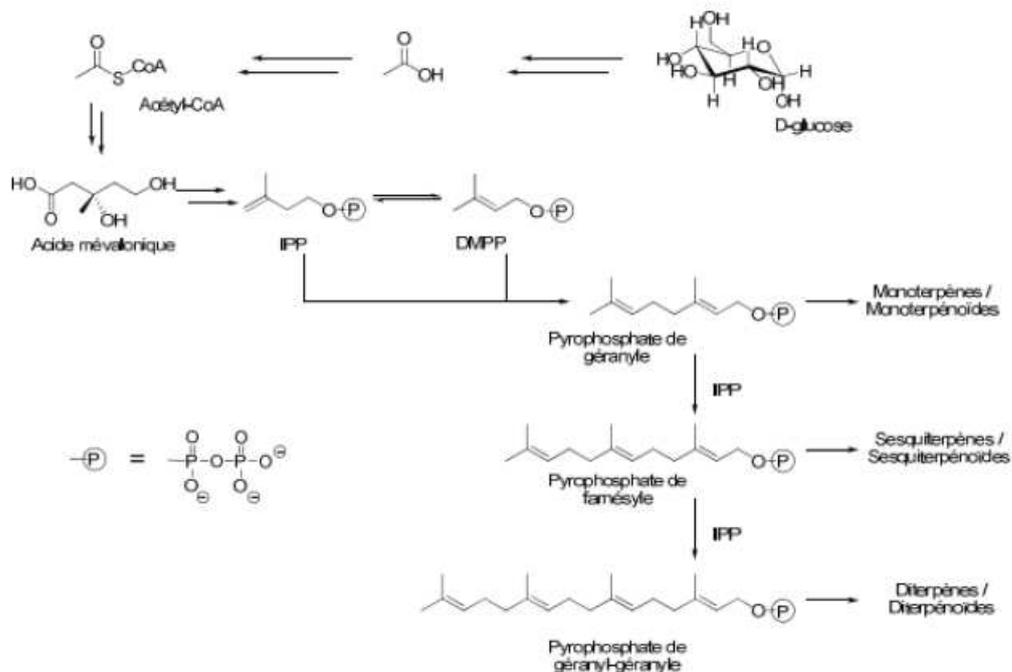


Figure I.1: Biosynthèse des terpènes [223].

I.2.7. Stabilité des huiles essentielles

Bien que les HE soient considérés comme des métabolites végétaux secondaires et non essentiels, elles ont suscité un intérêt dans le monde entier en raison de leurs fonctions biologiques spécifiques dont beaucoup se prêtent à une exploitation commerciale [224]. La production d'HE à plus grande échelle a commencé aux États-Unis au début du 19^e siècle. En effet, la combinaison de leur utilisation historique établie comme médicaments à leur éventail d'activités biologiques a suscité un grand intérêt pour leur utilisation comme médicaments. En outre, des HE attractives, qui laissent une agréable association de souvenirs, sont utilisées comme outils de marketing pour vendre des produits cosmétiques, notamment des détergents, des parfums parfumés, des lotions, des savons et des nettoyants ménagers [225]. Il a été signalé que l'HE de lavande et le d-limonène de l'écorce d'agrumes sont de puissants solvants, et ils sont utilisés dans une grande variété de produits de nettoyage et cosmétiques. Pour les industries alimentaires, les HE sont de plus en plus considérées comme des additifs naturels en tant qu'agents antioxydants/antimicrobiens [226]. L'efficacité remarquable de la plupart des HE contre un large éventail de micro-organismes pathogènes, responsables de la détérioration des aliments et généralement impliqués dans les intoxications alimentaires [227]. Cependant, la valorisation des HE dans les industries innovantes n'est pas économiquement et pratiquement idéale. L'un des enjeux cruciaux de l'utilisation des HE comme molécules bioactives vertes et efficaces est leur impact sur les propriétés sensorielles du produit final [228, 229]. L'HE nécessaire pour inhiber la croissance microbienne peut compromettre les propriétés organoleptiques

(arôme et goût) et produire un effet indésirable. Alternativement, l'utilisation de concentrations plus faibles d'HE peut être possible si plusieurs stratégies de conservation entraînant des effets additifs ou synergiques sur l'activité antimicrobienne sont impliquées. Par ailleurs, il a été confirmé que l'incorporation des HE dans les aliments peut être préjudiciable compte tenu de leur hydrophobicité et de leur volatilité. Ainsi, les HE perdent de petites quantités de composés volatils lorsqu'elles sont stockées à des températures élevées [230, 231]. Certains composants sont très instables aux variations de pH, comme le citral, facilement décomposé en milieu acide. De plus, l'hydrophobicité des HE conduit à leur répartition hétérogène en milieu aqueux. De telles caractéristiques entraîneraient une diminution de l'efficacité des HE en tant qu'agents antimicrobiens et antioxydants et limiteraient leur utilisation en tant que conservateurs verts et naturels [232]. Une autre caractéristique limitant la valorisation est la facilité d'oxydation des HE. Une fois privés du compartiment protecteur de la matrice végétale, les constituants des HE sont facilement sujets à différentes transformations chimiques [233]. En effet, les HE étant à la fois thermosensibles et volatiles, elles sont facilement altérables. Plusieurs facteurs pourraient être responsables de la dégradation du constituant chimique des HE. Premièrement, le stade de croissance de la plante et les conditions de stockage de la matière végétale après récolte influencent profondément l'altération d'une HE. En outre, d'autres facteurs liés à la manipulation ou au stockage de l'huile elle-même conduiront également à l'accélération de l'oxydation des HE, tels que la température, la lumière et la disponibilité de l'oxygène atmosphérique. En effet, la lumière ultraviolette et la lumière visible sont considérées comme des accélérateurs du processus d'auto-oxydation par prélèvement d'hydrogène, conduisant à la formation de radicaux alkyles. L'oxydation des terpénoïdes [234].

I.2.8. Conservation des huiles essentielles

Les composés des huiles essentielles sont relativement instables ; le conditionnement doit permettre de les protéger. Les différents types de dégradation sont multiples comme par exemple photo-isomérisation, photocyclisation, coupure oxydative, peroxydation et décomposition en cétones et alcools, thermo-isomérisation, hydrolyse et trans-estérification. Ces dégradations peuvent modifier les propriétés et/ou mettre en cause l'innocuité de l'huile essentielle. Il convient de les éviter par l'utilisation de flacons propres et secs en aluminium vernissé, en acier inoxydable ou en verre teinté anti-actinique. Ces contenants sont presque entièrement remplis et fermés de façon étanche puis stockés à l'abri de la chaleur et de la lumière [235].

I.2.9. Formulation des huiles essentielles

Les matières actives des produits phytosanitaires ne sont que rarement administrées seules. Les huiles essentielles sont volatiles et généralement très sensibles aux phénomènes d'oxydation [236]. Les procédés qui conduisent à l'altération naturelle sont en générale les activités causées par la chaleur et l'oxygène (O₂) de l'air et sont catalysées par la lumière et la présence de certains métaux. Ils conduisent à une

multitude de produits oxygénés souvent très différents [237]. Ces phénomènes d'altération modifient fortement la composition chimique des H.E [238]. Il est nécessaire de les associer à des composés, appelés formulants ou adjuvants, sans activité biologique propre, mais sans les matières actives n'auraient qu'une efficacité nulle ou insuffisante [239]. Lorsque l'adjonction se fait lors de la préparation industrielle, on parle de formulant ; lorsqu'elle se fait lors de l'application du produit, on parle d'adjuvant. Ces buts multiples sont atteints grâce à des composés aux fonctions diverses : tensioactifs, solvants, dispersants [239].

I.2.9.1. Intérêt de formulation des huiles essentielles

Les composés comme ; tensioactifs, solvants, présents dans les huiles essentielles permettent d'assurer les fonctions suivantes:

- Les stabilités chimique et physique du produit.
- Son efficacité biologique et son innocuité à l'égard des cultures.
- Les sécurités de l'utilisateur et de l'environnement [239].

Les tensioactifs : Grâce à leur structure particulière, combinaison de deux parties, hydrophobe et hydrophile, les tensioactifs peuvent faciliter et accentuer le pouvoir émulsifiante, dispersant, étalant, mouillants, solubilisant, et/ou des autres propriétés intervenant dans la formulation des produits agrochimiques, les tensioactifs utilisés en agrochimie peuvent agir à différents niveaux:

- Dans la formulation proprement dite, au sein même de la bouillie (émulsionnant, dispersant)
- A la surface de la feuille (agent d'étalement, mouillant)
- Sur les membranes et dans les cellules sous-jacentes la cuticule (activateur, pénétrant) [240].

I.3. Expression des molécules bioactives en cas de bio-agression par des agents pathogènes microbiens ou animal

I.3.1. Système de défense et/ou résistance mise en place par les plantes au stress abiotique

Il existe de nombreuses espèces de plantes et d'insectes sur terre et les processus évolutifs à long terme ont conduit à des relations très intimes et dynamiques entre les insectes et leurs plantes hôtes [241, 242, 243, 244]. Certaines interactions peuvent être bénéfiques pour la plante, comme dans le cas de la pollinisation par les insectes ou de la dispersion des graines [245]. Par contre d'autres sont délétères, comme dans le cas d'attaques par des insectes herbivores [241]. Les plantes subissent des pressions de sélection pour maximiser les interactions avec les insectes utiles et minimiser les interactions avec les insectes nuisibles. Pour lutter contre les antagonistes, les plantes ont développé un réseau de défense complexe qui comprend des structures morphologiques spécialisées ou la production de métabolites secondaires et de protéines qui ont des impacts négatifs sur les

pathogènes et les insectes herbivores [246, 247], les plantes se défendent en influençant la préférence des insectes, l'efficacité alimentaire, la survie et/ou la reproduction mais aussi en attirant d'autres espèces comme les ennemis naturels [248, 249, 250].

I.3.2. Réponses des plantes vis-à-vis au stress abiotique

Les plantes développent de nombreuses stratégies de défense envers les bioagresseurs leur permettant de résister à la plupart des agressions parasitaires. Bien que, des barrières constitutives confèrent à la plante une forte résistance, l'induction de défenses plus adaptées à l'infection est nécessaire. Si les réponses sont tardives ou peu intenses, la plante sera sensible au parasite ; l'interaction est dite compatible [251]. Si La défense active est rapidement induite avec une forte intensité, l'extension de la maladie est bloquée et la plante résiste. Dans le cas où la résistance résulte de l'activation de gènes de résistance (R), l'interaction est dite incompatible et son phénotype est, dans la plupart des cas une réaction d'hypersensibilité (RH) [252]. Les conditions environnementales comme la température, la lumière, le déficit hydrique ou encore l'ozone peuvent influencer la production des terpènes volatils [253]. Par exemple, chez le maïs, les émissions de composés organiques volatils suite à l'attaque par un herbivore sont modifiées par la température, la lumière, l'humidité du sol, l'humidité de l'air et le degré de fertilisation [254].

Plusieurs travaux de recherche effectués par Bertin et al [253], ont mis en évidence une très forte action de la lumière puisqu'aucune émission n'est détectée sans lumière. De plus, la quantité totale d'émission de composés organiques volatils est inversement proportionnelle à l'augmentation de l'humidité du sol. Pourtant, tous les composés du bouquet ne réagissent pas de la même façon. Les quantités de linalol (monoterpène), β -caryophyllène (sesquiterpène) et (E)- α - bergamotène (sesquiterpène) augmentent avec l'humidité tandis que le géranyl acétate (monoterpène) et (E)- β -farnésène (sesquiterpène) sont peu abondants quand l'humidité du sol est forte. En conclusion, il a été établi les effets des stress abiotiques sur la production et l'émission de terpènes volatils [254], leur rôle dans la tolérance au stress a été bien démontré. Les terpènes volatils seraient impliqués dans la thermotolérance, la tolérance à l'ozone et la tolérance au stress oxydant [255].

I.4. Nutrition organique des plantes aromatiques par le vermicompost

D'après De Marino et al [256], il existe une forte relation entre la teneur en matière organique du sol et la fertilité du sol. À l'heure actuelle, l'utilisation d'engrais organiques et de biofertilisants, tels que le vermicompost, a entraîné une diminution de l'application d'engrais chimiques et fournit des produits de haute qualité sans produits agrochimiques nocifs pour la sécurité humaine [257]. De plus, le vermicompost pourrait avoir un effet positif sur l'amélioration des propriétés chimiques du sol en libérant progressivement des nutriments [258, 259, 260, 261,

262] .Les résultats obtenus par Bhunia et al **[263]** ont révélé que l'utilisation du vermicompost avait un rôle positif sur l'amélioration des propriétés physiques et chimiques du sol en augmentant la capacité de rétention d'eau et la perméabilité et l'aération du sol. Plusieurs auteurs notamment Sharma et al **[264, 265, 266, 267]** ont également montré que l'action différentielle du vermicompost due à une libération lente d'azote en raison d'une minéralisation lente qui contribue à la disponibilité des nutriments pour les plantes tout au long de la croissance de la plante et entraîne ainsi une augmentation de croissance .En outre, il peut jouer un rôle essentiel dans l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau, en particulier dans les pays semi-arides **[268, 269]**.

Le lombricompost, en tant qu'engrais organique, présente des propriétés substantielles, à savoir forte capacité de séquestration des contaminants organiques et inorganiques, activités de type hormonal Il contient de grandes quantités d'azote, de phosphore et de potassium par rapport aux engrais conventionnels **[270]** En fonction des améliorations ou de l'enrichissement du support de culture, la croissance et la productivité des plantes augmentent. Bien que les effets positifs du lombricompost sur la croissance des plantes soient bien connus et rapportés pour un certain nombre de plantes, la réponse des métabolites secondaires reste encore à étudier en réponse à des conditions d'approvisionnement en eau limitées **[270]** Cependant, il y a peu d'informations disponibles sur les altérations des huiles essentielles avec des traitements de lombricompost sous irrigation complète. Ces dernières années, diverses formes d'engrais organiques ont été largement utilisées pour produire une biomasse plus élevée et améliorer la tolérance des plantes cultivées aux conditions de stress **[271]**.

I.4.1. Impact de la nutrition organique sur le rendement et la composition des huiles essentielles

Le vermicompost est enrichi de plusieurs microbes du sol bénéfiques et contient également de nombreux nutriments comme N, P et K Sinha et al **[272]**. Certaines études ont rapporté que le vermicompost peut augmenter la quantité et la qualité de l'huile essentielle dans quelques plantes médicinales comme le basilic Singh et Ramesh **[273]**, la coriandre Darzi et al **[274]** le fenouil Moradi et al **[275]**, la camomille Haj Seyedhadi et al **[276, 277]**, le Colza et l'aneth Alizadeh et al **[278, 279]**, le romarin **[26, 31, 32]**.

Plusieurs travaux de recherche ont démontré que les lixiviats de vermicompost ou les extraits d'eau de vermicompost utilisés comme additifs de substrat ou pulvérisations peuvent stimuler la floraison tardive, augmenter la biomasse et le nombre de fleurs **[280, 281]**. En outre, l'application de vermicompost à 5 t ha⁻¹ dans *Ocimum basilicum* L. amélioré le rendement la qualité et le rendement en huile essentielle **[282]**. En effet, des augmentations de la teneur et la composition des huiles essentielles ont été enregistré sur les plantes d'*Ocimum basilicum* et l'*Artemisia annua* L. **[283, 284, 285]**.

I.5. Stimulation métabolique des plantes

Les métabolites phénoliques constituent le groupe de produits biochimiques le plus abondant et le plus hétérogène dans les aliments d'origine végétale. Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires des plantes contenant un large éventail de composés divers dont la structure chimique et la fonction diffèrent considérablement selon les espèces végétales. Structurellement, les composés phénoliques ont un cycle aromatique avec un ou plusieurs substitués hydroxyles, y compris leurs dérivés fonctionnels. Les composés phénoliques présents dans les aliments d'origine végétale, tels que les fruits et légumes, comprennent les acides phénoliques, les flavonoïdes, les lignanes, les stilbènes, les tanins, les coumarines et les proanthocyanidines. Dans les plantes, les composés phénoliques peuvent agir comme antimicrobiens, pesticides naturels, substances signalétiques, attractifs pour les pollinisateurs, agents protecteurs contre les rayons UV abiotiques, matériaux isolants et constituants de la paroi cellulaire. Parmi les composés phénoliques, les anthocyanes déterminent la couleur des fruits, des fleurs et des feuilles de la plupart des espèces végétales. Les animaux, y compris les humains, ne peuvent pas synthétiser les composés phénoliques dans leurs tissus et les tirent donc uniquement de la consommation d'un régime alimentaire à base de plantes. Les composés phénoliques végétaux sont la principale source d'antioxydants alimentaires et offrent potentiellement une protection contre les maladies induites par le stress oxydatif chez l'homme.

La recherche phénolique suscite un intérêt croissant car elle a diverses applications et est pertinente pour comprendre les réponses des plantes aux stress biotiques et abiotiques, améliorer la qualité et la conservation des aliments, les applications en science des matériaux et l'utilisation de molécules bioactives pour la gestion des maladies humaines et animales. La stabilité chimique, l'identification facile, la large distribution et la variabilité chimique rendent les composés phénoliques utiles pour de multiples fonctions et applications. Il donne également un aperçu de la compréhension actuelle des améliorations des profils phénoliques grâce à la stimulation métabolique des aliments pour augmenter la durée de conservation et pour protéger contre les stress biotiques et abiotiques dans les fruits et légumes avant et après la récolte. Les progrès réalisés dans les bases métaboliques de la recherche sur les composés phénoliques végétaux, et en particulier l'accent mis sur la justification chimique et biochimique de leur fonction, nous aident à comprendre les principes sous-jacents des composés phénoliques alimentaires dans la conservation des aliments et leurs rôles potentiels dans la santé humaine. En plus de leur mécanisme de conservation, les composés phénoliques améliorent potentiellement les propriétés nutraceutiques bioactives des aliments, ce qui est pertinent dans plusieurs stratégies de gestion des maladies chroniques [286].

CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES

II.1. Matériel végétal

L'étude effectuée a porté sur deux espèces du romarin *Rosmarinus officinalis* située au niveau de jardin d'essai d'EL Hamma à Alger et *Rosmarinus tournefortii* située au Mausolée royal de Maurétanie à Tipaza .Ces deux espèces ont été choisies en raison de (leurs disponibilité, de leurs croissance rapide et de leurs biomasse importante). Les deux espèces retenues présentent également de nombreux intérêts agronomiques et alimentaires en raison de leur utilisation comme principaux intrants naturels pour les industries de la parfumerie et de la chimie.

II.1.1. Localisation des sites d'étude

R. officinalis et *R. tournefortii* cultivés en milieu naturel où poussant à l'état sauvage.

II.1.1.1. Plantes de *R. officinalis*

La conduite des différents régimes d'apport et la cueillette du matériel végétal (*R. officinalis*) a été réalisée au niveau du carré botanique de jardin d'essai, qui se déploie sur environ 32 hectares à 36 44'56, latitude Nord, 3 04'33", longitude Est, et à une altitude de 261mètres. Il s'étend en amphithéâtre des abords immédiats de la rue Hassiba Benbouali à la colline des arcades du côté de la rue Belouizdad. Sa situation géographique lui confère un climat exceptionnel et unique en Afrique du Nord [287].

II.1.1.2. Plantes de *R. tournefortii*

La conduite des différents régimes d'apport et la cueillette du matériel végétal (*R. tournefortii*) a été réalisée dans la région de Tipaza, sur les crêtes des collines du Sahel algérois, surplombant le village de Sidi Rached (tambour de la chrétienne), à 36°34'31,47" latitude Nord, 2 33'12,08" longitude Est, et à une altitude de 437mètres [288].

CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES



Figure II.1 : Présentation des régions d'études; A: Jardin d'essai du Hamma d'Alger, B: Mausolée royal de Maurétanie à Tipaza (Google Maps, 2021).



Figure II.2: Répartition des plantes *R. tournefortii* A et *R. officinalis* B. (Originale ,2019)

II.1.2. Reconnaissance botanique

L'identification de deux plantes choisies pour cette étude; *R. officinalis* et *R. tournefortii* a été réalisée selon la nouvelle flore de l'Algérie [1], et par l'équipe du jardin d'essai d'EL Hamma à Alger.

II. 2. Caractéristiques climatiques

II.2.1. Caractéristiques climatiques des sites d'étude

II.2.1.1.Site d'étude de jardin d'essai d'EL Hamma

D'après Dreux [288], le paramètre le plus important est la température car elle exerce une action écologique sur tous les êtres vivants. Selon le même auteur, chaque espèce ne peut vivre que dans certain intervalle de température.

L'analyse de température a révélé que les basses températures sont enregistrées au mois de février. Les hautes températures sont notées durant les mois de juillet et août [289].

L'eau est un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres afin d'assurer un équilibre biologique [290]. En effet, les précipitations accusent une grande variabilité mensuelle et surtout annuelle [291], attribue cette variabilité à l'existence d'un gradient longitudinal et un gradient latitudinal. Les précipitations annuelles varient entre 250 et 750 mm et varient selon la région considérée [292]. Les données météorologiques de la wilaya d'Alger pour la période 2009 jusqu'à 2019 sont recueillies auprès de l'office national de la météorologie de Dar El Beida et se résument dans le tableau suivant:

Tableau II.1 : Variations mensuelles des températures et de la pluviométrie de la région d'Alger (2009 – 2019).

2009/2019	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Septe	Octo	Nov	Déce
T Moy Min (C°)	12,00	11,73	14,27	17,27	20,64	25,00	28,64	29,00	25,55	22,18	16,55	13,27
TMoy Max(C°)	13,27	13,00	15,55	17,82	20,64	24,64	28,09	28,27	25,45	22,27	17,45	14,64
T moy(C°)	13,18	13,18	15,73	18,18	21,55	26,00	29,73	29,91	26,91	23,45	17,82	14,45
Pr (mm)	58,27	44,00	44,55	40,18	27,27	10,82	4,18	6,64	23,00	35,00	51,55	32,82

II.2.1.2. Site d'étude Mausolée royal de Maurétanie

L'analyse de la température, ont démontré que les basses températures sont enregistrées au mois de janvier et février. Les hautes températures sont notées durant les mois de juillet et août [289].

CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les précipitations annuelles varient entre 250 et 600 mm, les données météorologiques de la wilaya de Tipaza pour la période 2009 jusqu'à 2019 sont recueillies auprès de l'office national de la météorologie de Dar El Beida et se résument dans le tableau suivant

Tableau II.2 : Variations mensuelles des températures et de la pluviométrie de la région de Tipaza (2009 – 2019) [289].

2009/2019	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Sept	Octo	Nove	Déce
T Moy min (°C)	9,64	9,82	13,27	16,91	20,73	25,82	30,00	29,73	25,27	21,45	14,73	11,27
T Moy max(C)	13,64	13,73	16,91	20,18	23,91	28,91	33,45	33,18	28,73	24,82	18,00	15,09
T Moy (C)	11,82	11,91	14,91	18,73	22,18	27,45	31,45	31,36	27,27	22,91	16,82	13,27
Pr (mm)	34,27	29,00	34,82	36,73	23,18	8,91	3,73	5,09	18,82	20,27	33,82	22,64

II.3. Méthodes d'étude

II.3.1. Détermination des données climatiques

II.3.1.1. Diagramme ombrothermique

Le diagramme ombrothermique de Gaussen permet d'établir la délimitation des mois secs et des mois humides de l'année. Selon Dajoz [293], la sécheresse s'établit lorsque la pluviosité mensuelle P exprimée en mm est égale ou inférieure au double de la température moyenne mensuelle T exprimée en degré Celsius.

Région d'Alger: Pour la période de 2009 jusqu'à 2019, le diagramme ombrothermique d'Alger révèle la présence de deux périodes : une période humide assez longue qui débute de la **mi-octobre** jusqu'à la **fin avril** et une période sèche qui s'étale du **début mai** jusqu'à la **mi-octobre**.

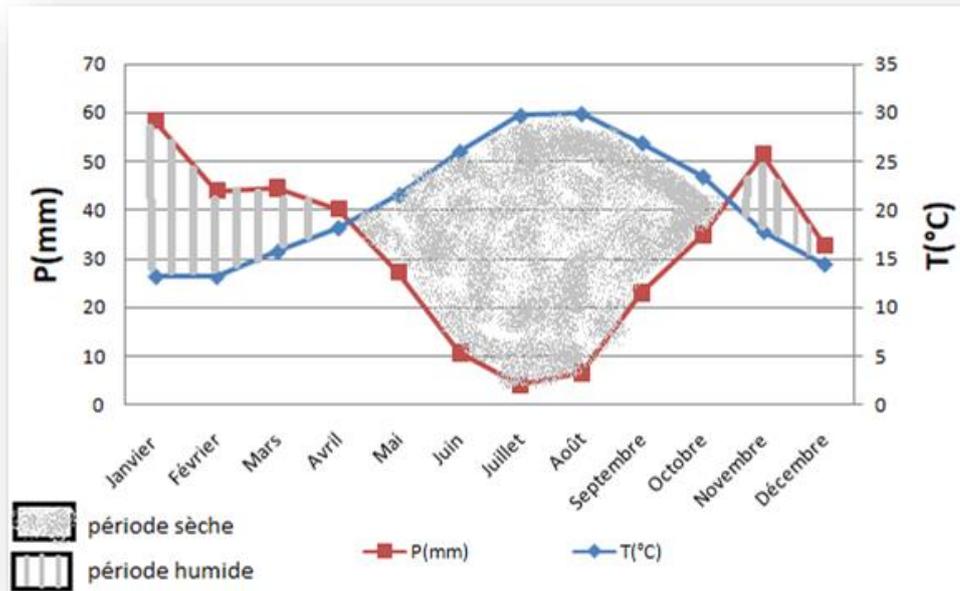


Figure II.3: Diagramme ombrothermique de Gausson de la région d'Alger (2009-2019).

Région de Tipaza: Pour la période 2009 jusqu'à 2019, le diagramme ombrothermique de Tipaza révèle la présence de deux périodes : une période humide assez longue qui débute de la **mi-octobre** jusqu'à la **fin avril** et une période sèche qui s'étale du mois de **mai** jusqu'à la **mi-octobre**

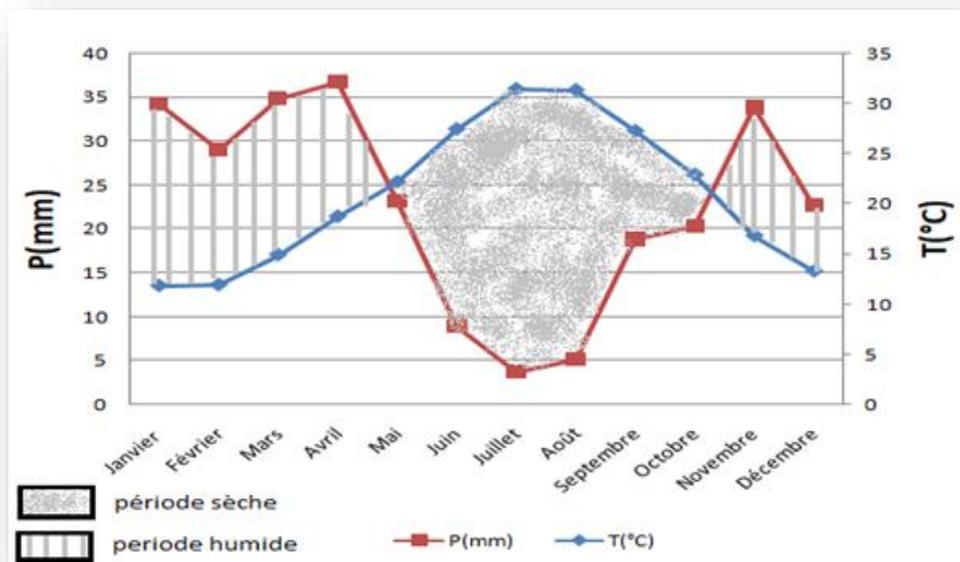


Figure II.4 : Diagramme ombrothermique de Gausson de la région de Tipaza (2009-2019).

II.3.1.2. Climagramme pluviothermique d'Emberger

L'indice d'Emberger permet la caractérisation des climats et leurs classifications dans l'étage bioclimatique. Cet indice est calculé par le biais du coefficient pluviométrique adopté par Stewart dont la formule est comme suit [294]. $Q2=3,43 \times P / (M-m)$ avec : P : la pluviométrie annuelle (mm), M : la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud, m : la moyenne des températures minimales du mois le plus froid.

Région d'Alger: Pour l'année 2019 (l'année de prélèvement de *Rosmarinus officinalis*), en projetant les valeurs ($T_{min}=13$ C; $Q2=130,88$) sur le climagramme d'Emberger, on peut définir l'étage bioclimatique de la région d'Alger dans le **sub-humide à hiver chaud** (Fig. II.5.).

Région de Tipaza: Pour l'année 2019 (l'année de prélèvement de *Rosmarinus tournefortii*), en projetant les valeurs ($T_{min}=9$ C; $Q2=70,50$) sur le climagramme d'Emberger, on définit l'étage bioclimatique de la région de Tipaza dans le **sub-humide à hiver chaud** (Fig .II.5).

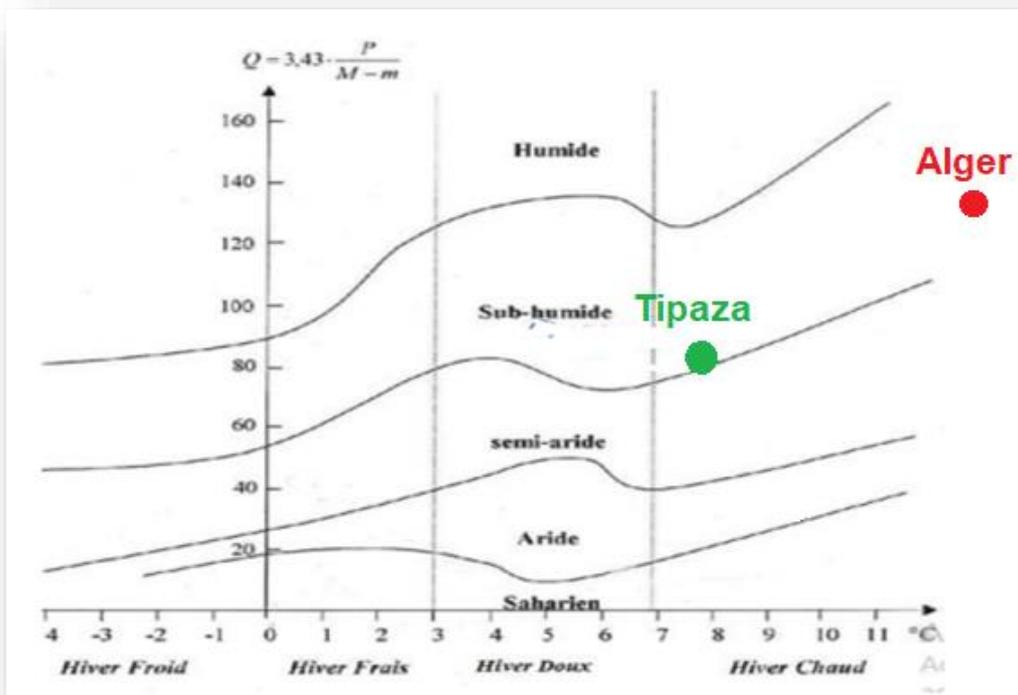


Figure II.5 : Climagramme d'Emberger de l'année de prélèvement (2019) de la région d'Alger et de Tipaza.

II.3.2. Préparation de différents traitements

Jus de lombricompost de déchets ménagers: est un liquide provenant essentiellement de la dégradation des déchets ménagers par un ver de terre anécique *Eisina foetida*. En plus de l'eau chargée de nutriments minéraux et d'oligo-éléments assimilés contenue dans les déchets, il renferme le mucus intestinal riche en protéines, en polysaccharides, en matières organiques et minérales, en acides aminés et en symbiontes microbiens (bactéries, protozoaires et micro-fungis). Il a été utilisé après dilution V : 10V (Jus lombricompost de déchets ménagers : Eau de ville) [295].

Thé de lombricompost: est obtenu selon le procédé de macération. Le protocole prévoit la macération de 300 g de vermicompost solide brut dans un litre d'eau de ville durant 72 h. Le pathosystème microbien renfermé dans le lombricompost brut impliquera une multiplication dans le milieu de macérât. La phase de macération, est suivie par une agitation et filtration, la phase liquide obtenue constitue le thé de lombricompost. Il a été utilisé après dilution V : 10V (Thé de lombricompost fermenté : Eau de ville) [295].

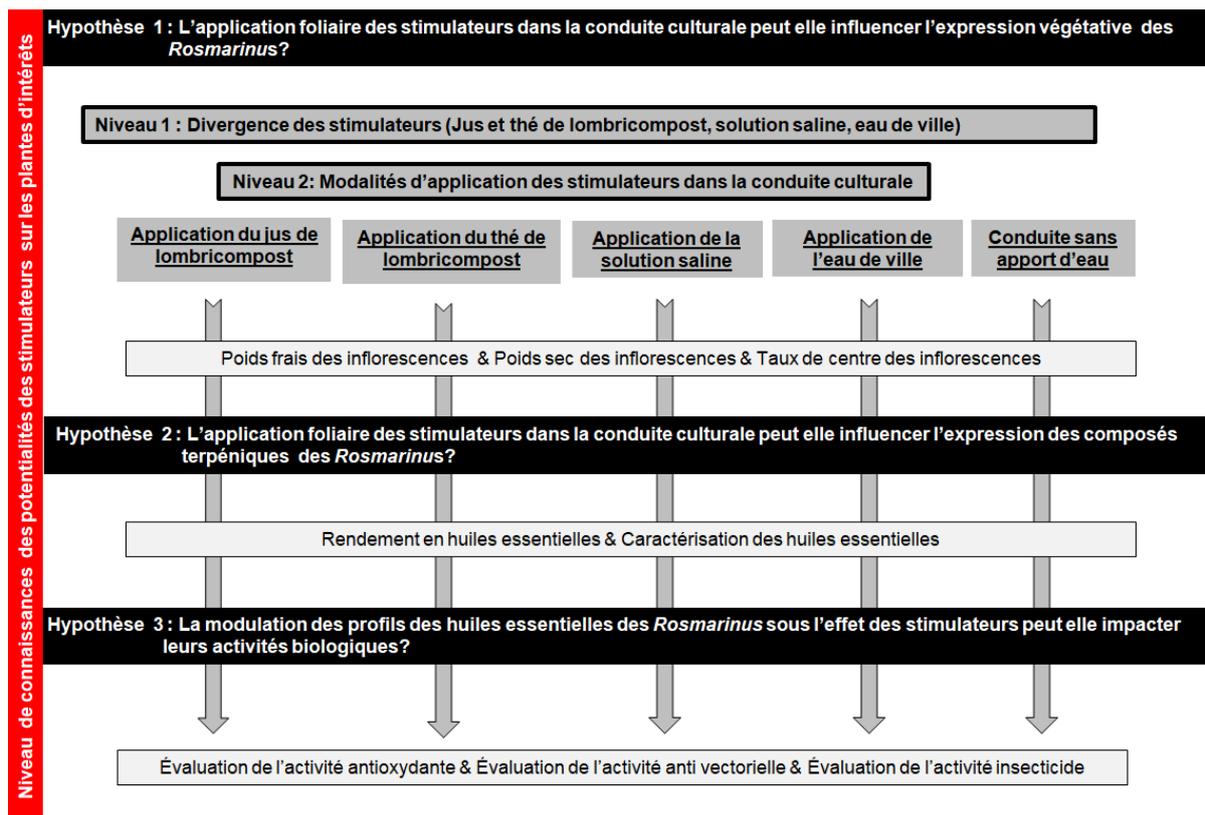
Solution saline: Les plants du romarin ont été irrigués avec une solution saline de 50 mM l'équivalent de 2,77g/10 L d'eau a été utilisée par application foliaire.

II.3.3. Application des traitements

II.3.4. Dispositif expérimental et conduite de l'essai

Pour une meilleure évaluation des interactions existante entre les stimulateurs et les plantes cultivées et sauvages d'intérêt, un schéma directeur a été établi pour élucider les canaux de recherches posés dans cette étude, incluant l'ensemble des paramètres supposés influencer la relation plantes cultivées / intrants (Fig .II.6).

CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES



Mesures : poids frais et sec, taux de cendre des inflorescences
Rendement et caractérisation des huiles essentielles
Evaluation de l'activité antioxydante, anti-vectorielle et insecticide.

Figure II.6: Schéma hypothétique de l'étude

L'essai a été réalisé en bloc aléatoire complet sur des plantes matures de *R. officinalis* (moins de 5 ans), le dispositif expérimentale est composé de 5 blocs. Les traitements sont effectués par application foliaire comme suit :

Bloc 1 : Plantes pulvérisées par l'eau de ville (**EC**).

Bloc 2 : Plantes pulvérisées avec 75 ml /1L d'eau Jus de lombricompost (**JL**)

Bloc 3 : Plantes pulvérisées avec 50 g/1L d'eau Thé de lombricompost (**TL**)

Bloc 4 : Plantes pulvérisées par une solution saline (**ES**) (application foliaire par le NaCl à raison de 50 mM l'équivalent de 2,77g/10 L d'eau).

Bloc 5 : Plantes témoins sans apport (**ST**).

Les blocs sont distants de 3 mètres les uns des autres. Les apports sont renouvelés chaque 15 jour, soit 5 apports durant les 3 mois de l'expérimentation (Février -Avril). Avant chaque apport, un prélèvement des parties aériennes ont été réalisées.

Pour *R. tournefortei* l'étude a été conduite selon la méthode d'échantillonnage par quadra sur une zone expérimentale, nous avons choisi des lignes chaque ligne est appelée quadra Cette approche permet de collecter du bon matériel végétal et des informations spécialisées avec un point de départ aléatoire afin d'obtenir une surface d'échantillonnage suffisante tout en restant dans l'homogénéité de la zone expérimentale.

Le dispositif expérimental est composé de 5 quadras. Les traitements sont effectués par application foliaire comme suit :

Tranzact 1 : Plantes pulvérisées par l'eau de ville (**EC**).

Tranzact 2 : Plantes pulvérisées avec 75 ml /1L d'eau Jus de lombricompost (**JL**)

Tranzact 3 : Plantes pulvérisées avec 50 g/1L d'eau Thé de lombricompost (**TL**)

Tranzact 4 : Plantes pulvérisées par une solution saline (**ES**) (application foliaire par le NaCl à raison de 50 mM l'équivalent de 2,77g/10 L d'eau).

5 : Témoin sans apport (**ST**).

Les tranzacts sont distants de plus de 30 mètres les uns des autres. Les apports sont renouvelés chaque 15 jour, soit 5 apports durant les 3 mois de l'expérimentation (Février -Avril). Avant chaque apport, un prélèvement des parties aériennes ont été réalisées [296].

II.3.4. Etude de l'expression végétative

II.3.4.1. Détermination du poids de la matière fraîche et sèche

Les rameaux feuilletés de chaque plante ont été pesés à l'état frais (poids de matière fraîche, PMF), puis à l'état sec (poids de matière sèche, PMS), après passage à l'étuve à 70° C jusqu'à la stabilisation du poids sec [297].

Pour chaque traitement une moyenne de 10 échantillons est établie. Les résultats sont exprimés en g.

II.3.4.1. Détermination du taux de cendre

Le taux des cendres a été déterminé par l'incinération de 10 jeunes rameaux sec dans un four à moufle entre 500 et 550 C pendant 6 heures jusqu'à la disparition totale de toutes les particules charbonneuses et l'obtention des cendres blanches. Après 24 heures, les cendres sont introduites dans un dessiccateur pendant 15mn avant d'être pesée Martin et al [298]. Les teneurs de tous les échantillons ont été calculés en rapportant à 100g de matière sèche (MS) selon la formule suivante $T\% = (Pc/Pm) \times 100$ avec : *Pc*: poids des cendres, *Pm*: poids sec de la matière végétale.

II.3.5. Extraction et caractérisation des huiles essentielles

II.3.5.1. Technique de l'hydrodistillation

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes de substances organiques aromatiques liquides qu'on trouve naturellement dans diverses parties des végétaux. Elles sont très concentrées, volatiles et sensibles à la décomposition sous l'effet de la chaleur [299]. L'étude proposée a trait à l'étude des huiles essentielles extraites à partir des parties aériennes de deux plantes *R. officinalis* et *R. tournefortei* par Hydrodistillation. C'est une technique d'extraction dans laquelle le solvant est l'eau.

Environ 80 g de la matière végétale sèche (MVS) ont été pesé en utilisant un appareil de type Clevenger selon la méthode préconisée dans la Pharmacopée

européenne Helander et al [300], l'extraction est effectuée durant trois heures, durée nécessaire à l'épuisement de la matière première (environ 90%) en huile essentielle, après on récupère les vapeurs refroidies. Enfin, les huiles essentielles sont récupérées dans des flacons en verre scellées puis conservées au réfrigérateur à 4-6°C. Le calcul du rendement de chaque essence s'est effectué selon la relation suivante : $R = 100 \times (m/M)$, où m et M représentent respectivement la masse de l'huile essentielle et la masse de la charge végétale.

II.3.5.2. Caractérisation chimique (Analyse qualitative et approximative) des huiles essentielles par Couplage chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse (CPG/SM-MS)

Une fois les différentes huiles essentielles obtenues, l'analyse chimique permet d'identifier et de quantifier les produits qui les composent. L'analyse de la partie volatile est réalisée par la techniques chromatographiques (CPG/SM).

Technique : La quantification des composants des huiles essentielles a été réalisée par chromatographie en phase gazeuse de type Agilent 7890A gas Chromatographe, équipé d'un détecteur FID. Un échantillonneur automatique et une entrée multimode à refroidissement par air sont implémentés sur l'appareil GC utilisé. La température du vaporisateur est réglée à 280 °C. Le volume d'injection est de 1 µL en mode split et le rapport de split a été fixé à 10:1, la concentration de l'huile injectée est de 1% dans l'hexane. Une colonne capillaire HP-5MS (longueur de 30 m ; diamètre intérieur de 0,25 mm ; épaisseur de film de 0,25 µm) est utilisée. De l'hélium de haute pureté (N60) est utilisé comme gaz porteur à un débit de 1 mL/min. La température du four est maintenue à 50 C pendant 1 min, augmentée de 9 C/min jusqu'à 280 C. La température finale est maintenue pendant 5 minutes. Le pourcentage des composés de l'huile essentielle a été calculé en fonction de l'aire des pics chromatographiques et l'indice de rétention relatif aux n-alcane des composants a été calculé en utilisant les chromatogrammes résultant de l'analyse par GC-FID.

Dans les mêmes conditions chromatographiques de GC-FID, l'identification des composants de l'huile essentielle est déterminée par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse en tandem (GC/MS-MS) à l'aide d'un instrument Agilent 7000 à triple quadripôle, qui combine un GC 7890A pour la séparation et un spectromètre de masse à triple quadripôle (QqQ) fonctionnant à 70V pour effectuer la spectrométrie de masse en tandem.

Identification des composés : L'identification des constituants a été réalisée avec le logiciel MassHunter (MH) Workstation Qualitative Analysis Workflows (version B.10.00, Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA). Les composés ont été découverts par déconvolution des chromatogrammes avec les paramètres par défaut ; les substances ont été identifiées à l'aide de la recherche dans la bibliothèque MS (NIST17).

II.3.6. Mesure de l'activité antioxydante par le test de DPPH

L'activité antioxydante exprime la capacité de réduction des radicaux libres, elle a été évaluée par le test du piégeage du radical DPPH, le 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl ($C_{18}H_{12}N_5O_6$), stable. 975 μ l de solution de DPPH (2,4 mg de DPPH dissout dans 100 ml de méthanol) sont ajoutés à 50 μ l des solutions méthanoliques (10, 50, 100, et 500 μ g/ml) des huiles essentielles de *R. officinalis* et de *R. tournefortii* sous l'effet de différents stimulateurs ainsi que celle des vitamines C après 30 min de réaction à 517 nm Menaceur et al [301]. La moyenne sur trois essais des pourcentages de capture du radical ont été calculés à partir de la relation $I (\%) = \frac{Ac - As}{Ac} \times 100$.

I (%) : le pourcentage d'inhibition.

Ac et *As* sont les absorbances du contrôle et de l'échantillon après 30 min respectivement.

La détermination du pourcentage d'inhibition IC_{50} correspond à la concentration de l'échantillon qui inhibe 50% du radical DPPH. Les IC_{50} moyenne ont été calculés à partir des courbes de régressions linéaires.

II.3.7. Évaluation de l'activité antivectorielle des huiles essentielles

II.3.7.1. Matériel animal

Le matériel biologique destiné à l'évaluation de l'efficacité des huiles essentielles formulées de *R. officinalis* et de *R. tournefortii* sous l'effet des différents stimulateurs est limité au 4^{ème} stade larvaire du nuisible à la santé publique *Culex pipiens* prélevés du plan d'eau stagnante de la station expérimentale de la faculté des sciences de la vie et des sciences naturelles de l'université de Blida, dans la localité de Soumaa à 45 km au sud d'Alger (3630036.34" N et 252026.05" E), Algérie. S'est étendue du début Avril jusqu'à la fin mai 2021.



Figure II.7 : Gîte larvaires de moustiques (Originale ,2021).

II.3.7.2. Méthode d'échantillonnage

La récolte des larves de moustiques a été conduite selon la méthode préconisée par Rioux *et al* [302], connue sous le nom de coup de louche « Dipping ». La méthode consiste à plonger, en plusieurs endroits du gîte larvaire, un récipient prolongé par un manche assez long pour pouvoir atteindre les endroits difficiles d'accès. Par ailleurs, la collecte des larves a été réalisée en s'approchant lentement du gîte car toute perturbation est susceptible de faire plonger les larves et les nymphes au fond du gîte et de les rendre inaccessibles. Cette collecte consiste à se positionner face au soleil de sorte que l'ombre ne balaie pas la surface du gîte, en restant immobile, pendant quelques secondes, pour permettre aux larves de reprendre leur activité normale et de plonger la louche doucement dans l'eau suivant un angle de 45°C et la retirer d'un mouvement uniforme en évitant les remous puis verser le contenu de la louche dans un contenant (bouteille en plastique) en prenant soin de bien l'étiqueter et de ne pas fermer les bouteilles hermétiquement pour permettre aux larves de respirer et enfin reporter sur le carnet d'annotation toutes les informations concernant le gîte avant de les rapporter au laboratoire.

II.3.7.3. Identification des larves de *Culex pipiens*

Cette étape de l'étude a été réalisée au laboratoire de Phytopharmacie (département des Biotechnologies, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Blida1). Elle consiste à identifier morphologiquement les larves de *Culex pipiens* par la méthode isolement-éclaircissement-montage. Seules les larves du 4^{ème} stade ont été utilisées pour l'identification vue leur facilité de manipulation et leur chétotaxie Bouadiba *et al* [303].

D'après Messai *et al* [304], le montage des larves se fait, en premier lieu, par la réhydratation des larves conservées dans de l'alcool dans un bain d'eau distillée pendant quelques minutes. Puis, leur éclaircissement dans une solution de potasse (KOH) à 10% pendant environ 10 minutes, leur rinçage à l'eau distillée (3 bains de 2 à 5 minutes), leur déshydratation par passage dans de l'alcool à concentration croissante (70,90 et 100) pendant 15 minutes pour éliminer l'eau contenue dans l'échantillon. Et enfin, leur montage entre lame et lamelle dans une goutte de baume du Canada, en sectionnant à l'aide d'une fine aiguille la larve au niveau du 7^{ème} segment abdominal en deux parties. La partie antérieure est montée face dorsale et la partie postérieure est montée latéralement. Les larves préparées seront examinées sous un microscope photonique.

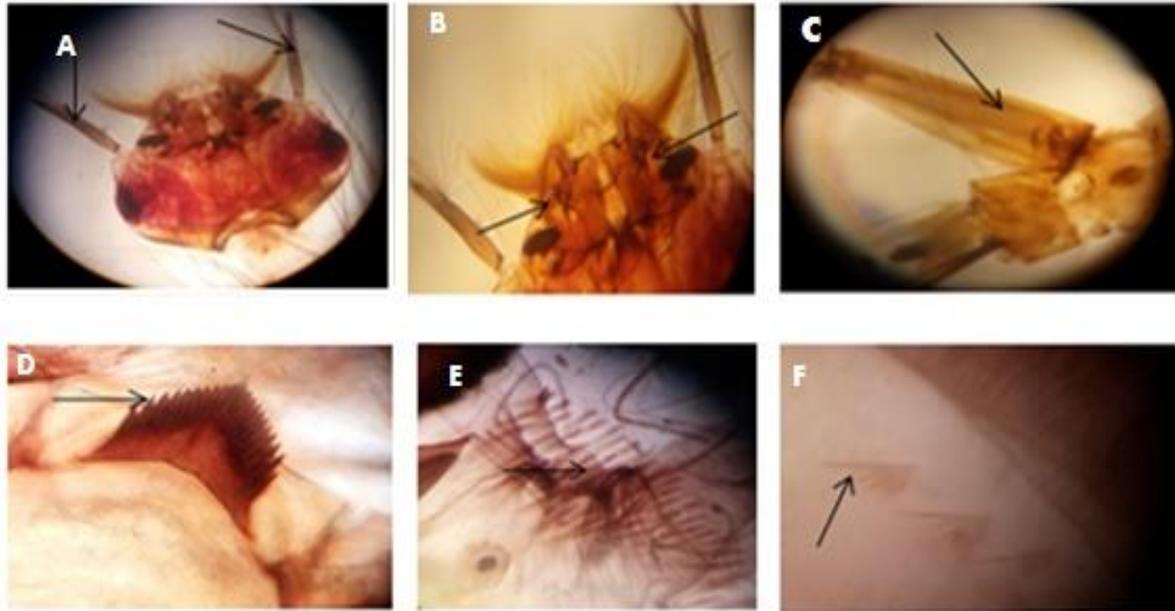


Figure II .8. Photographies montrant la mise en évidence des Critères d'identification des larves de *Culex pipiens* prises par le MP G*400 (Originale, 2021).

A : Longues antennes, B : Epines préclypéales minces et effilés a l'apex, C : Forme générale du siphon, D :Mentum avec plus de huit dents ,E :Ecailles du segment VIII, F :Dents distales du peigne siphonale

II.3.7.4. Dilutions des huiles essentielles formulées et présentation du témoin positif

Trois doses de concentrations ascendantes ont été préparées par les huiles essentielles de *R. officinalis* et de *R. tournefortei*. Les doses préconisées pour les bioproduits formulés à base de l'huile essentielle sont comme suit:

D1 (0, 5 ml/100 ml), HEFD2 (1 ml/100 ml) et D3 (1,5 ml/ 100 ml). L'effet des différentes dilutions est comparé aux témoins négatifs relatifs (l'eau stagnante du gîte), ainsi que du témoin positif (sans matière active) ont été appliqués avec trois doses différentes D1 (0,5 ml formulation mère /100 ml d'eau du gîte) et D2 (1,5 ml formulation Mère/100 ml d'eau du gîte) et D3 (3 ml formulation Mère/100 ml d'eau du gîte).

II.3.7.5. Comparaison de l'effet des différents bioproduits formulés a base de l'huile essentielle de deux espèces du romarin à un produit de synthèse "Spinosed"

Présentation du Spinosed : Le spinosed est un insecticide d'origine biologique composé d'un mélange de deux métabolites (spinosynes A et D) synthétisés par la bactérie *Saccharopolyspora spinosa*, du groupe des actinomycètes. Le mode d'action du spinosad est unique car il agit à la fois sur les récepteurs GABA et nicotiques (Salgado, 1998). Le spinosad possède une très faible toxicité pour les mammifères [(DL50 pour le rat par ingestion de 3 783 à 5 000 mg/kg [305], l'environnement et la faune non cible [306], Il est par exemple 100 à 1 000 fois moins

toxique pour la faune aquatique et en particulier les poissons que les insecticides de la famille des pyréthriinoïdes [307]. Sur les souches sensibles aux insecticides de trois moustiques d'intérêt médical : *Aedes aegypti*, *Anopheles gambia* et de *Culex quinquefasciatus*, les concentrations létales 50 (CL₅₀) ont été respectivement de 0,35 ; 0,01 ; et 0,093 mg/L. Une autre étude réalisée avec un concentré émulsifiable (EC) de spinosad titrant 4,8 % de matière active a donné des CL₅₀ de 0,0096 mg/L sur *Aedes. aegypti*, 0,0064 mg/L sur *C. pipiens* et de 0,039 mg/L sur *Anophels stephensi* [308].

Dilution du Spinosed : Les doses préconisées pour le Spinosad sont comme suite: SPD1 (0,5 ml/100 ml d'eau), SPD2 (1 ml/100 ml d'eau) et SPD3 (1,5 ml/100 ml d'eau).

II.3.7.6. Application des bioproduits

Les tests d'évaluation des potentialités larvicides des bioproduits formulés à base d'huiles essentielles de *R. officinalis* et de *R. tournefortii* à l'égard des larves du 4^{ème} stade larvaire de *C. pipiens* ont été conduit selon le protocole de l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S, 2005). Les expérimentations ont été réalisées dans des gobelets de 5 cm de diamètre, avec de 10 larves de moustiques. Dans chaque gobelet, a été versé un mélange constitué de 100 ml d'eau du gîte de moustiques additionnée de la dose correspondante de solution de larvicide. Les traitements sont réalisés au niveau du laboratoire de Biotechnologie des productions végétales du Département de biotechnologies, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Blida1, dans des conditions ambiantes (25 – 28 C et 60-80 H %). L'essai est réalisé en 5 répartitions étalées sur une période de 6h pour les bioproduits formulés à base d'huile essentielle.

II.3.8. Évaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles formulées du romarin issues aux différentes conduites de culture

II.3.8.1. Matériel animal

Pour obtenir les individus adultes de *T. confusum* nécessaire à notre expérimentation, nous avons réalisé un élevage au laboratoire selon la méthode décrite par Laviolette et Nardon [309], la production de masse de *T. confusum* a été réalisée dans des bocal en verre (30×15) contenant de la farine dont l'ouverture est recouverte de tulle permettant la respiration et inhibant la fuite des individus. Le dispositif d'élevage est installé dans une étuve ventilée à une température et humidité relative de 30 C et 70 %. Nous avons procédé à un transfert régulier des adultes dans des nouveaux bocal. Cette procédure nous a permis d'assurer en permanence l'élevage et l'approvisionnement en individus nécessaires aux traitements.

II.3.8.2. Formulation liquide des huile essentielles de deux espèces du romarin

Afin d'optimiser l'activité biologique des huiles essentielles, nous avons opté pour une formulation liquide qui consiste à mélanger un tensioactif et un mouillant avec

7% de l'huile essentielle de *R. officinalis* et de *R. tournefortei* comme principe actif, en raison de leur stabilité de stockage, de leur bonne miscibilité avec de l'eau et de leur application pratique [310, 311, 312]. Trois doses de concentrations ascendantes ont été préparées par les huiles essentielles de *R. officinalis* et *R. tournefortei* soit D1 (0,5 ml/100 ml), D2 (1ml/100 ml) D3 (1,5 ml/ 100 ml).

II.3.8.3. Formulation solide des huiles essentielles de deux espèces du romarin

Mode opératoire : Diluer 7g d'huile essentielle du romarin dans 100 ml de solvant dans un flacon en verre borosilicaté, rajouter 2 g de montmorillonite (r3) ensuite fermer les flacons et laisser sous agitation (75 rpm) pendant 2heurs, Enfin centrifuger pendant 15 min à 300 rpm [313].

II.3.8.4. Dispositif expérimental

II.3.8.4.1. Application des traitements sur *T. confusum*

II.3.8.4.2. Préparation des dilutions

Les huiles essentielles préparées et formulées de *R. officinalis* et de *R. tournefortei* ont été diluées) avec des quantités de D1 (1 ml Formulation Mère/ 100 ml d'eau distillée), D2 (1,5 ml Formulation Mère/100 ml d'eau distillée) et D3 (2 ml Formulation Mère/100 ml d'eau distillée).

Afin d'affirmer l'efficacité de ces formulation à base de deux huiles essentielles, une formulation témoin sans matière active (c'est-à-dire sans huile essentielle) a été conçue pour la préparation des dilutions témoins positifs. Les mêmes doses ont été préconisées pour la formulation témoin positif D1(1ml Formulation Mère sans matière active/100 ml d'eau distillée), D2 (1,5 ml Formulation Mère sans matière active /100 ml d'eau distillée) et D3 (2 ml Formulation mère sans matière active /100 ml d'eau distillée). Trois doses ont été préconisées pour la formulation solide de chacune des huiles essentielles de *R. officinalis* et de *R. tournefortei* comme suit D1(1g Formulation Mère / 30 g de farine), D2(1,5 g Formulation mère / 30 g de farine) et D3 (2 g Formulation Mère / 30 g de farine).

II.3.8.4.3. Application des traitements

Les traitements sont réalisés au niveau du laboratoire de Biotechnologie des productions végétales, dans des conditions ambiantes de température (25- 28 C) et d'humidité relative (HR= 60-80%). Dans chaque boîte de Pétri de 5,5 cm de diamètre, nous avons introduit 10 individus de *T. confusum* afin de subir les différents traitements préconisés.

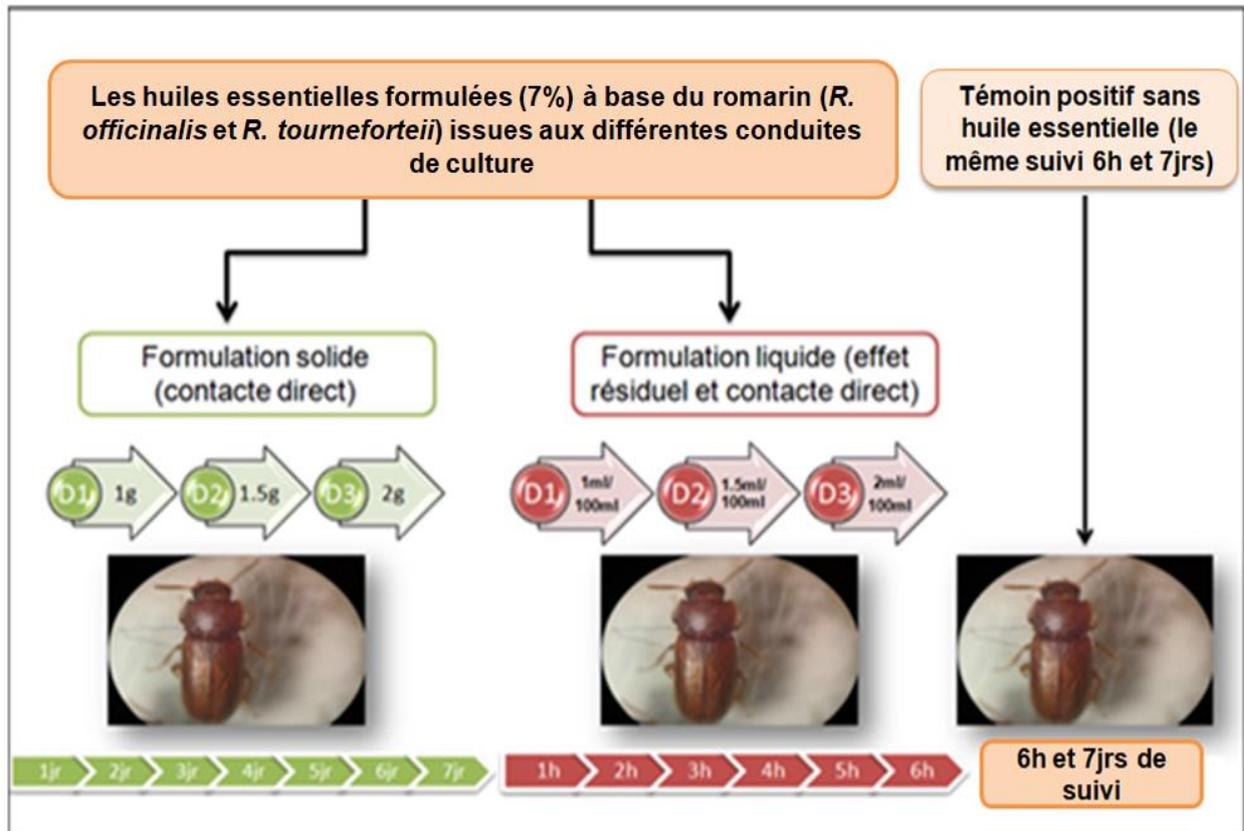


Figure II.9: Représentation schématique des traitements appliqués sur les individus adultes de *T. confusum*.

II.3.8.5. Les Tests de toxicité

II.3.8.5.1. Test de toxicité de l'huile essentielle formulée liquide par effet contact

L'effet par contact direct des huiles essentielles formulées de *R. officinalis* et *R. tournefortei* ainsi que du témoin positif (sans matière active) ont été appliqués par pulvérisation de trois doses différentes D1 (1ml Formulation Mère/100 ml d'eau distillée), D2 (1,5 ml Formulation Mère/100ml d'eau distillée) et D3 (2 ml Formulation Mère /100ml d'eau distillée) à l'aide d'un petit pulvérisateur sur les individus adultes de *T. Confusum*. Les traitements ont été répétés cinq fois sur l'ensemble des boîtes de Pétri, Tous les essais ont été réalisés en 5 répétitions étalés sur une période de suivi de 6 heures.

II.3.8.5.2. Test de toxicité de formulation des huiles essentielles du romarin en poudre par ingestion

L'application des huiles essentielles sous forme de poudre à différentes doses D1 (1g), D2 (1,5 g) et D3 (2 g) obtenues à partir de l'huile essentielle formulée ont été mélangées convenablement avec 30 g de farine. Dix individus adultes de *T. confusum* ont été introduits dans des boîtes de Pétri puis fermées et perforées afin d'éviter la volatilisation et les pertes des molécules actives, Les traitements ont été

répétés cinq fois sur l'ensemble des boîtes de Pétri étales sur une période de suivi de 7 jours.

II.3.8.6. Exploitation des résultats

Un dénombrement a été effectué à l'aide d'une pince, pour estimer la mortalité des adultes de *T. confusum*. Ces observations ont été réalisées au bout de 6h, respectivement après 1 heure, 2 heures, 3 heures, 4 heures, 5 heures et enfin 6 heures après traitement. Le taux de mortalité des adultes de *T. confusum* est estimé en fonction du temps d'exposition et des différentes doses appliquées D1 (1ml Formulation mère/100ml d'eau distillée), D2 (1,5 ml Formulation mère/100 ml d'eau distillée) et D3 (2 ml Formulation Mère/100 ml d'eau distillée).

Pour les traitements de la formulation solide, un dénombrement a été effectué, pour estimer la mortalité des adultes de *T. confusum*. Ces observations ont été réalisées au bout de 7 jours, respectivement 1J, 2J, 3J, 4 Jours, 5J, 7J et après traitement après une semaine d'application du traitement. Le taux de mortalité des adultes de *T. confusum* est estimé en fonction du temps d'exposition et des différentes doses appliquées D1 (1g), D2 (1, 5 g) et D3 (2 g).

II.3.8.6.1. Estimation du taux de mortalité

Selon Marmonier *et al* [314], le taux de mortalité est la disparition d'individus dans des conditions d'environnement données variant en fonction de la population considérée et des facteurs du milieu. Il est donné par la diminution de la population par mortalité / variation du temps.

II.3.8.6.2. Calcul du pourcentage de la mortalité observée

Le pourcentage de mortalité observée chez les individus témoins et testé été estimé par la formule suivante :

$$MO \% = \text{nombre des individus mort} \div \text{nombre des individus} \times 100$$

II.3.8.6.3. Estimation de la mortalité corrigée

L'efficacité d'un produit biocide est évaluée par la mortalité de l'organisme cible. Cependant, le nombre d'individus dénombrés morts dans une population traitée par un toxique n'est pas le nombre réel d'individus tués par ce toxique. Il existe en fait dans toute population traitée une mortalité naturelle qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par le toxique, pour cela les pourcentages de mortalité doivent être corrigés par la formule de Schneider-Orelli [315]. Qui est la suivante :

$$MC\% = (M - M_t \times 100) \div (100 - M_t)$$

Avec: **MC (%)** : Pourcentage de mortalité corrigée; **M (%)** : Pourcentage de morts dans la population traitée ; **M_t (%)** : Pourcentage de morts dans la population témoin.

II.3.9. Potentialité biocides des huiles essentielles issues aux différentes conduites de culture de deux espèces du romarin sur la biocénose de *Citrus* spp.

II.3.9.1. Présentation de la station d'étude de Soumaa

L'étude de la potentialité biocide des huiles essentielles formulées de *R. officinalis* et *R. tournefortei* issues de différents modes de culture sur la biocénose du *Citrus* sp a été réalisée dans la région de Soumaa, située dans le sublittoral, au piémont de l'Atlas Blidéen à 7 km de la ville de Blida, à une altitude de 80 à 260 m, une longitude de 2°45' et une latitude de 36° 35' [316].

Le site d'étude de la station expérimentale de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie est adossée au piedmont de l'Atlas Blidéen est à une altitude de 200 m et d'exposition sud. Elle s'étale sur une superficie totale de 42,85 ha (Fig. II.10), dont 40, 35 ha de superficie agricole utile comprenant 31,25 ha de terre nue cultivable à vocation fourragère et 9, 10 ha de plantations pérennes d'arbres fruitiers Rosacées à noyaux et à pépins, d'olivier et d'agrumes. Les cultures annuelles sont les graminées à grains (orge, blé) et fourrages (vesce à avoine). Les cultures saisonnières maraichères de plein champs et sous abri [317].



Figure II.10: Situation de verger d'agrumes (Google earth ,2021).

II.3.9.2. Préparation des dilutions

Une solution de chacune des huiles essentielles formulées à 7% de *R. officinalis* et de *R. tournefortei* ont été préparées en diluant des quantités de (2 g Formulation Mère/10 L d'eau de ville).

II.3.9.3. Dispositif expérimental

La parcelle expérimentale est divisée en onze blocs de cinq plantes chacun. Les cinq premiers blocs traitée par l'huiles essentielle formulée de *R. officinalis* et les cinq second par l'huile essentielle formulée de *R. tournefortei* et un bloc témoin. Au moment du choix des blocs, nous avons évité les bordures de verger à fin d'assurer une bonne qualité d'échantillonnage. Les blocs sont séparés pour empêcher l'interférence entre les effets des différents traitements (Fig.II.11).

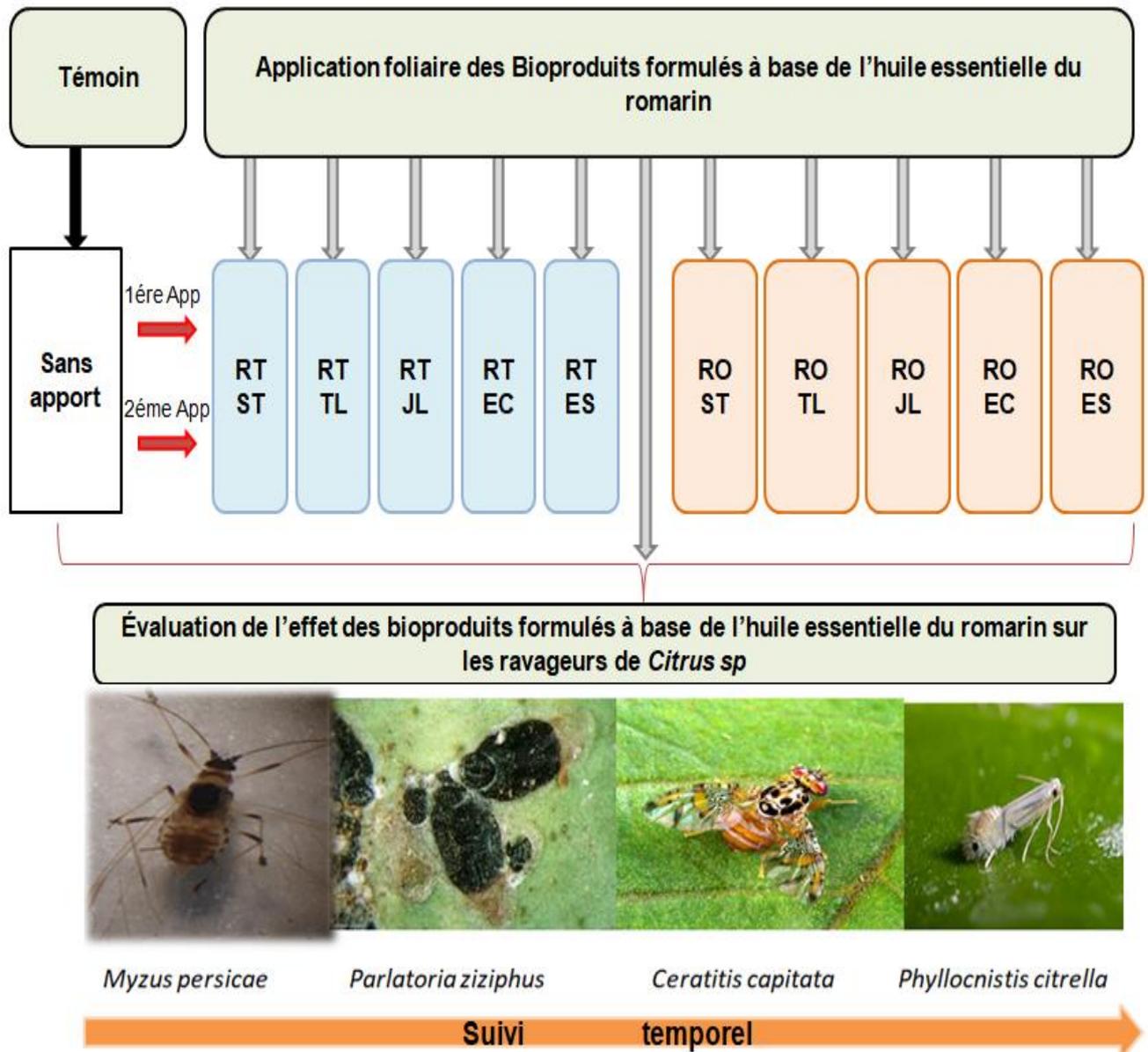


Figure II.11: Schéma des traitements appliqués (Originale, 2021).

II.3.9.4. Application des traitements et échantillonnage

L'application de différents traitements par pulvérisation foliaire ainsi que les dénombrements foliaires des ravageurs durant les 5 mois de suivi ont été réalisés

CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES

chaque 15 jour. L'effet sanitaire des différentes huiles essentielles formulées sur l'infestation des différents ravageurs folivores a été estimé par l'observation sous loupe binoculaire d'une feuille prélevée de chacun des 10 blocs de chacun des 5 arbres des 10 traitements et témoin, selon le schéma directeur reporté sur la (Fig .II.12)

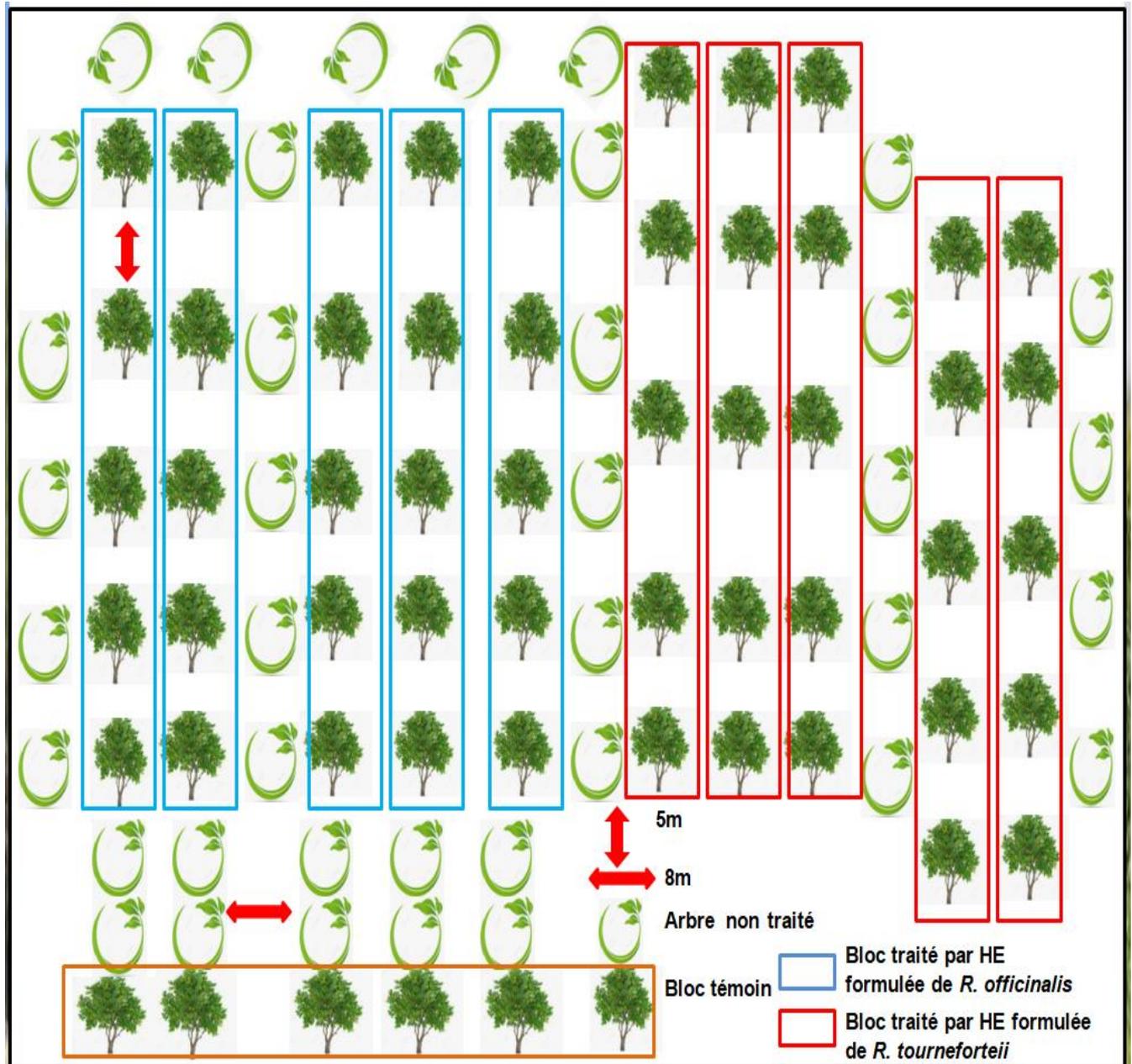


Figure 2.12 : Schéma représentant l'application foliaire des huiles essentielles formulées sur les ravageurs folivores de *citrus* spp.

II.3.9.5. Analyse écologique

Les résultats relatifs aux dénombrements sur feuilles des différentes espèces sont exploitées selon la méthode des indices écologiques et par une analyse statistique afin de déterminer la diversité entomologique.

II.3.9.5.1. Indices écologiques

Les indices écologiques notamment la constance et l'abondance relative ont été utilisées pour l'exploitation des résultats de la diversité entomologique recensée à l'échelle des ordres et des familles, ainsi qu'au niveau des espèces.

II.3.9.5.2. La fréquence centésimale: Abondance relative

C'est le pourcentage des individus de l'espèce (**ni**) par rapport au total des individus **N** de toutes espèces confondues [293]. La formule est donnée comme suit :

$$F \% = ni \times 100 / N \text{ Avec :}$$

ni = Nombre des individus d'une espèce, *N* = Nombre total des individus toutes espèces confondues.

L'abondance relative renseigne sur l'importance de chaque espèce.

II.3.9.5.3. Constance

La constance est le rapport exprimé sous la forme de pourcentage du nombre de relevés contenant l'espèce étudiée par rapport au nombre total de relevés

La constance est calculée par la formule suivante: $C \% = Pi \times 100 / P$ Avec:

Pi : Nombre de relevés contenant l'espèce étudiée : *P* : Nombre total de relevés effectués

Nous considérons qu'une espèce est:

- **Accidentelle: si $C \% < 25\%$:** dans ce cas l'espèce arrive par accident ou par hasard. Elle n'a aucun rôle dans le peuplement.
- **Accessoire: si $25\% \leq C \% < 50\%$.** Celle-ci appartient au peuplement et sert à son fonctionnement.
- **Régulière: si $50 \% \leq C \% < 75\%$**
- **Constante: si $75\% \leq C \% < 100\%$**
- **Omniprésente: si $C \% = 100$**

Les espèces constantes et omniprésentes sont les plus dominantes, car elles ont plus de nourriture et sont d'étendue plus vaste [318].

II.4. Analyses statistiques des résultats

Les analyses de la variance sont faites sur des moyennes homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de variance (C.V. <15%). La signification des comparaisons des moyennes a été confirmée par un test de comparaison par paire (Test Tukey). Les contributions significatives retenues sont au seuil d'une probabilité de 5%, les calculs ont été déroulés par le logiciel XLSTAT vers. 9 (SPSS, 2016) [319].

La tendance de la variation temporelle des mortalités corrigées de *Culex pipiens* par rapport à leurs réactions aux différents bioproduits à base des huiles essentielles de *R. officinalis* et *R. tournefortei* nous a été établie par une analyse en composante principale (A.C.P.). La projection des variables sur les deux axes de l'analyse multivariées a été conduite par le logiciel (PAST vers. 1.37) [320].

CHAPITRE III : RÉSULTATS

III.1. Expressions végétatives

III.1.1. Poids frais des inflorescences de *Rosmarinus officinalis* et de *Rosmarinus tournefortii*

La production de la biomasse pour *R. officinalis* était de 12,88 ; 17,55 ; 21,05 ; 20,83 et 11,53 g par plante sous l'effet de EC, ES, JL, TL et ST respectivement (Fig.III.1.A). Il apparaît clairement que les deux stimulateurs TL et JL engendraient respectivement un gain en poids frais plus élevé 20,83 g et 21,05 g.

La biomasse produite par *R. tournefortii* était de 23,37 ; 29,60 ; 26,34 ; 27,64 et 28,53 g par plante sous l'effet de EC, ES, JL, TL et ST (Fig.II.1.B). Il apparaît explicitement que les deux stimulateurs EC et TL entraînent respectivement un gain en poids frais plus élevé 29,60 g et 27,64 g.

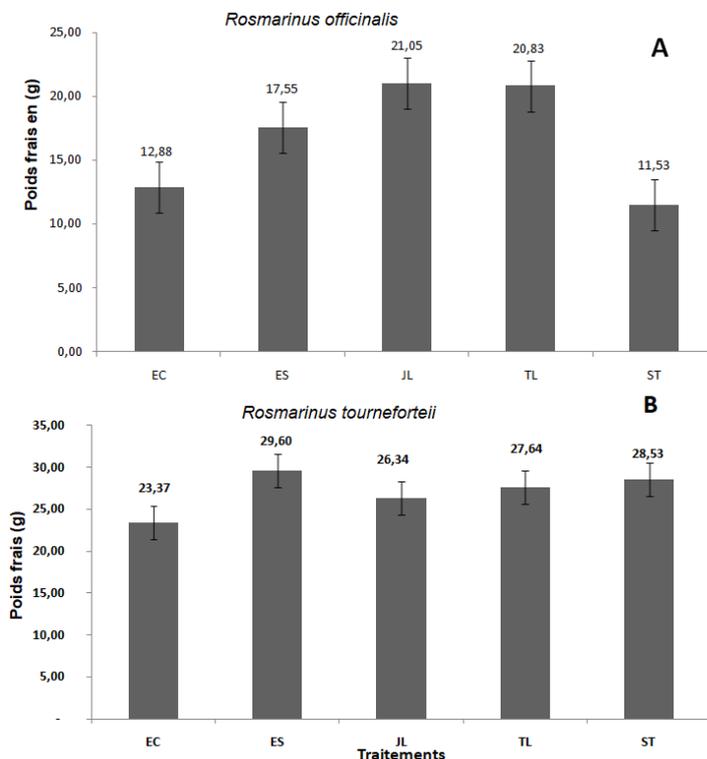


Figure III.1: Variation du poids frais de *R. officinalis* et de *R. tournefortii* en fonction de cinq modes de stimulateurs appliqués.

EC : Eau de ville, ES : Eau saline, JL: Jus de lombricompost, TL: Thé de lombricompost, et ST: Sans traitement

III.1.2. Poids sec des inflorescences de *R. officinalis* et de *R. tournefortii*

L'estimation du poids sec de *R. officinalis* était de 11,6 ; 15,5 ; 19,5 ; 18,9 et 10,9 g par plante sous l'effet de EC, ES, JL, TL et ST respectivement (Fig.III.2.A). Il ressort distinctement que les deux conditions d'apport JL et TL entraînaient respectivement une production importante en poids sec 19,5 g et 18,9 g.

CHAPITRE III : RÉSULTATS

L'estimation du poids sec de *R. tournefortei* était de 17,50 ; 22,82 ; 23,21 ; 22,04 et 21,05 g respectivement (Fig.III.2.B). Il apparaît nettement que les deux stimulateurs ES et JL engendrent respectivement une production notable en poids sec 22,82 g et 23,22 g

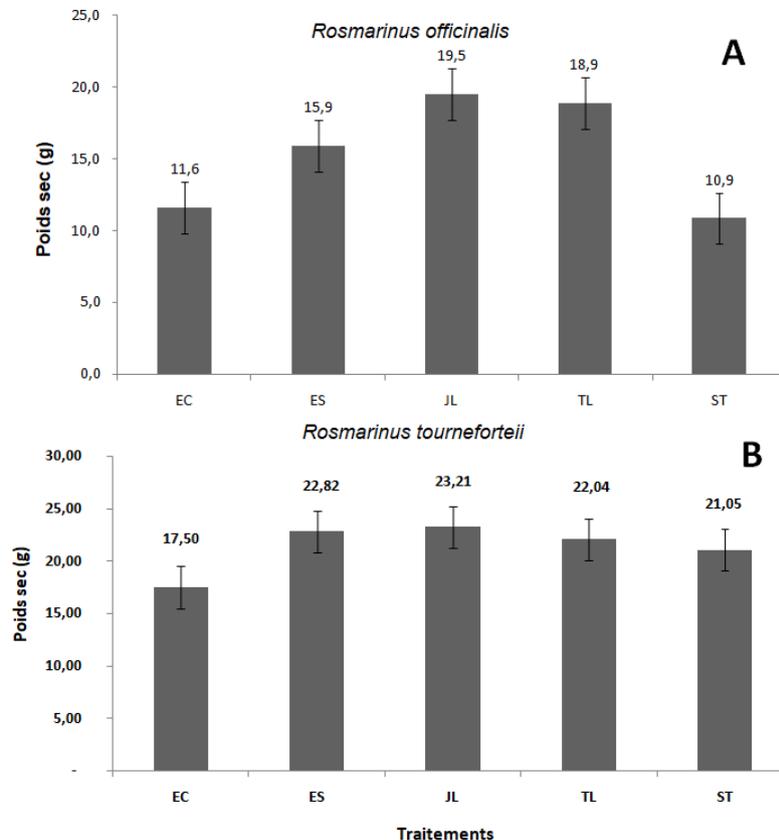


Figure III.2: Variation du poids sec de *R. officinalis* et de *R. tournefortei* en fonction de cinq modes de stimulateurs appliqués.

EC : Eau de ville, ES : Eau saline, JL: Jus de lombricompost, TL: Thé de lombricompost, et ST: Sans traitement

III.1.3. Taux de cendre de *R. officinalis* et de *R. tournefortei*

Le taux de cendres de *R. officinalis* était de 38,10 ; 35,00 ; 26,62 ; 27,17 et 16,48 % par stimulateurs EC, ES, JL, TL et ST respectivement. Ceci montre que les deux régimes de pulvérisation foliaire par EC et ES donnent un taux de cendres très important (Fig.III.3.A)

Le taux de cendres de *R. tournefortei* était de 41,70 ; 40,64 ; 49,00 ; 55,69 et 40,16 % par stimulateurs pour EC, ES, JL, TL et ST respectivement. Ceci explique que les deux régimes de pulvérisation foliaire par JL et TL donnent un taux de cendres très important (Fig.III.3.B)

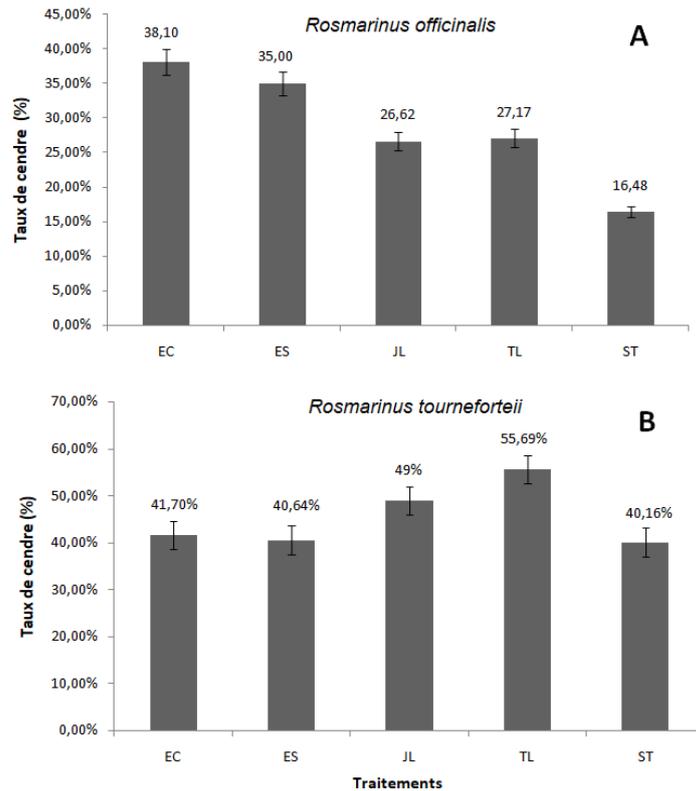


Figure III.3: Variation de taux de cendre de *R. officinalis* et de *R. tournefortei* en fonction de cinq modes de stimulateurs appliqués.

EC : Eau de ville, ES : Eau saline, JL: Jus de lombricompost, TL: Thé de lombricompost, et ST: Sans traitement.

III.2. Rendement en huiles essentielles de *R. officinalis* et de *R. tournefortei*

Selon les résultats présentés dans la (Fig.III.4.A), les modes de pulvérisation foliaire de *R. officinalis* ont eu un impact très hautement significatif ($p < 0,0049$) sur le rendement en huile essentielle. Cet impact a été révélé par le rendement en huile le plus élevé obtenu pour les plantes du romarin soumises à une pulvérisation par l'eau saline (1,25% en ES), suivi par la pulvérisation du jus de lombricompost et du thé de lombricompost (1,00% en TL < 1,01% en JL), un ordre de rendement en huile essentielle pour les plantes soumises à une pulvérisation par l'eau de ville et sans traitement (en sec) (0,80% en ST < 0,90% en EC).

D'après les résultats présentés dans la (Fig.III.4.B), les modes d'apport par pulvérisation foliaire de *R. tournefortei* ont eu un effet très hautement significatif ($p < 0,1\%$) sur le rendement en huile essentielle, cet impact a été révélé par le rendement en huile le plus élevé obtenu pour les plantes du romarin soumises à une pulvérisation par la solution saline ES (0,86%) suivi par la pulvérisation du jus de lombricompost et du thé de lombricompost (0,75% en TL < 0,80% en JL),

CHAPITRE III : RÉSULTATS

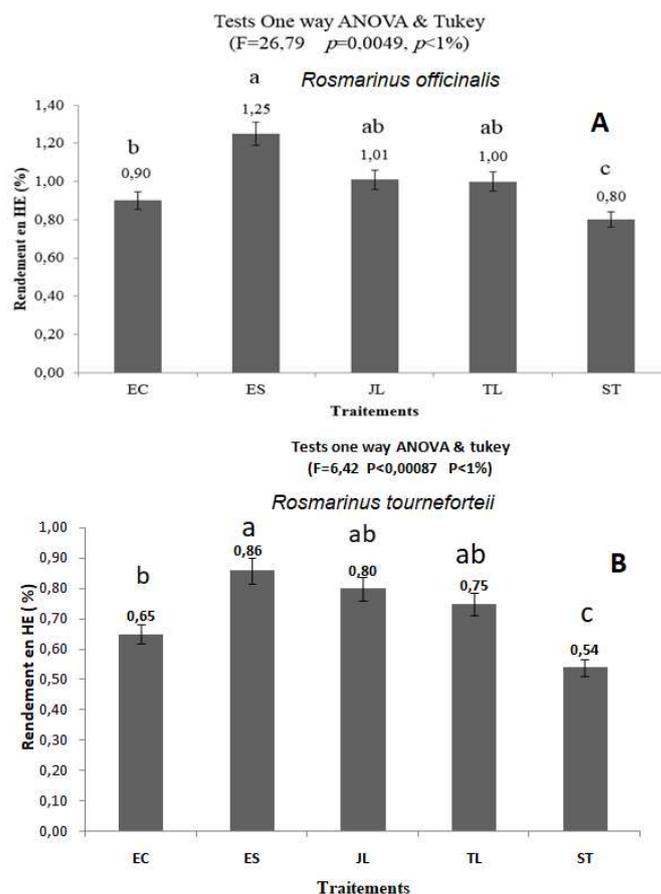


Figure III.4: Variation de rendement en huile essentielle de *R. officinalis* et de *R. tournefortei* en fonction de cinq modes de stimulateurs appliqués.

EC : Eau de ville, ES : Eau saline, JL: Jus de lombricompost, TL: Thé de lombricompost, et ST : Sans traitement

III.3. Caractérisation des huiles essentielles de *R. officinalis* et de *R. tournefortei* par CG/MS-MS

L'huile essentielle du romarin obtenue après hydrodistillation à travers les différentes conduites a été caractérisée par GC/MS-MS. L'analyse chimique a permis de décrire le profil de l'huile essentielle de *R. officinalis* provenant de plantes soumises aux régimes EC, ES, JL, TL et ST. Les résultats analytiques sont résumés dans le (Tableau III.1), où vingt-quatre composés ont été identifiés.

Tableau III.1: Caractérisation des huiles essentielles de *R. officinalis* par CG/MS-MS

Cpd	Formula	Name	RT	ST	EC	JL	TL	ES
1	C ₁₀ H ₁₆	β-Pinene	5,9	30,0	31,7	35,3	35,9	31,2
2	C ₁₀ H ₁₆	Camphene	6,1	6,9	6,1	6,3	6,8	6,6
3	C ₁₀ H ₁₄	α-thujene	6,1	0,7	0,8	1,0	0,8	0,8
4	C ₁₀ H ₁₆	β-Terpinen	6,5	1,2	0,8	0,6	1,0	1,0
5	C ₁₀ H ₁₆	α-Pinene	6,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
6	C ₁₀ H ₁₆	α-Fellandrene	7,2	0,6	0,6	0,7	1,0	0,5
7	C ₁₀ H ₁₄	Prehnitol	7,3	2,5	2,4	2,5	1,7	3,0
8	C ₁₀ H ₁₆	D-Limonene	7,4	3,4	3,6	4,0	3,9	3,7
9	C ₁₀ H ₁₈ O	1,8-Cineole	7,5	1,0	0,4	-	-	0,3
10	C ₁₀ H ₁₆	γ-Terpinene	7,9	1,3	1,4	1,2	2,0	1,2
11	C ₁₀ H ₁₆	α-Terpinene	8,4	0,7	0,8	0,9	1,1	0,8
12	C ₁₀ H ₁₆	δ-3-Carene	8,5	0,5	0,5	0,4	-	0,4

CHAPITRE III : RÉSULTATS

13	C ₁₀ H ₁₆ O	2,3,3-Trimethyl-3-cyclopentene acetaldehyde	9,1	0,7	0,4	0,5	0,5	0,6
14	C ₁₀ H ₁₆ O	Camphor	9,5	11,6	11,3	10,3	10,4	9,6
15	C ₁₀ H ₁₄ O	Pinocarvone	9,7	1,6	1,6	1,3	1,5	1,5
16	C ₁₀ H ₁₈ O	4-Thujanol	10,0	1,7	1,6	1,4	1,5	1,8
17	C ₁₀ H ₁₈ O	α-Terpineol	10,2	1,3	1,2	1,1	1,0	1,2
18	C ₁₁ H ₁₈ O	Nopyl acetate	10,5	6,8	7,1	7,9	5,7	6,6
19	C ₁₀ H ₁₄ O	D-Verbenone	10,6	8,5	11,3	11,2	10,3	8,5
20	C ₁₀ H ₁₈ O	Shisool	10,9	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7
21	C ₁₀ H ₁₈ O	Thujol	11,0	1,0	0,9	0,8	0,8	1,0
22	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	Bornyl acetate	11,7	2,3	1,8	1,3	2,1	2,1
23	C ₁₅ H ₂₄	Caryophyllene	13,7	1,6	1,1	1,0	1,3	1,7
24	C ₁₅ H ₂₄	α-Humulene	14,2	0,6	0,4	0,4	0,5	0,7
Groupes chimiques (%)			ST	EC	JL	TL	ES	
Monoterpenes hydrocarbons			48,5	49,8	53,6	55,0	50,0	
Sesquiterpenes hydrocarbons			2,2	1,5	1,4	1,8	2,4	
Alcools			4,8	4,3	3,9	3,8	4,7	
Ketone			21,7	24,2	22,8	22,2	19,6	
Esters			9,1	8,9	9,2	7,8	8,6	
Aldehydes			0,7	0,4	0,5	0,5	0,6	
Ethers			1,0	0,4	-	-	0,3	
Total des composés identifiés (%)			88,0	89,5	91,4	91,1	86,2	

EC: Eau de ville, ES : Eau saline, JL: Jus de lombricompost, TL: Thé de lombricompost, et ST: Sans traitement.

Les résultats montrent que (Tab.III.1) 22 composés caractérisent l'huile essentielle des plantes de *R. officinalis* soumises au régime TL, tandis que 23 composés caractérisent l'huile essentielle des plantes soumises au régime JL et 25 composés caractérisent l'huile essentielle des plantes soumises aux régimes ST, EC et ES. Les résultats dévoilent que l'huile essentielle contient un mélange complexe composé principalement d'hydrocarbures de monoterpènes (1,4% à 2,4%), sesquiterpènes oxygénés (48,5% à 55%), cétones (19,6% à 24,7) et esters (7,8% à 9,1%). Les principaux composants fondés de l'huile essentielle de plantes du romarin soumises aux régimes ST, EC, JL, TL et ES étaient le β-Pinene (30% à 35,9%), le Camphor (9,6% à 11,6%), le D-Verbenone (8,5% à 11,3), le Nopylacetate (5,7% à 7,9%) et le Camphene (6,1% à 6,9%). En effet, des différences de pourcentages des composants ont été observées (Tableau III.1). Six composés étaient plus élevés aux régimes d'application foliaire JL, TL et ES par rapport aux autres régimes d'application foliaire. En revanche, le stimulateur TL était caractérisé par la prédominance de vingt-deux composés et l'absence de 1, 8-Cineole et le δ-3-Carenetel le régime de pulvérisation foliaire JL était caractérisé par l'absence totale de 1,8-Cineole. En revanche, les éthers étaient présents aux stimulateurs ES, EC et ST.

Tableau III.2: Caractérisation des huiles essentielles de *R. tournefortii* par CG/MS-MS à partir de différents traitements d'application foliaire

Nom	Formule	RT	ST	EC	JL	TL	ES
1 Tricyclene	C ₁₀ H ₁₆	5,547	0,011	1,18	0,3292	1,31	0,4273
2 p-Mentha-1,4-dien-8-ol	C ₁₀ H ₁₆ O	5,846		15,83	1,1805		
3 Dehydrosabinene;	C ₁₀ H ₁₄	6,123					17,833
4 β-Pinene	C ₁₀ H ₁₆	6,124	16,73	18	15,302	19,2	1,1656
5 7-Méthylénorcarane	C ₈ H ₁₂	6,141			17,366		
6 Camphene	C ₁₀ H ₁₆	6,527	2,825	2,066			15,229

CHAPITRE III : RÉSULTATS

7	β-Terpinen	C10 H16	6,687	0,797					
8	Cyclopropa[cd]pentalen-2(1H)-one, 2a,2b,4a,4b-tetrahydro-4b-methyl-	C9 H10 O	6,689		0,766				
9	β-Terpinen	C10 H16	6,956		0,368	0,8447			2,4818
10	(1S,4aR,8aR)-1,5,6,7,8,8a-hexahydro-2H-1,4a-(epoxymethano)naphthalen-9-one	C11 H14 O2	6,958					0,41	
11	β-thujene	C10 H16	6,959			0,329			0,7776
12	α-Fellandrene	C10 H16	7,359	2,267	2,37	0,5295	13,2		0,9892
13	o-Cymene	C10 H14	7,501	12,31	12,17	2,4243	0,77		2,1629
14	γ-Terpinene	C10 H16	7,515	0,499	0,343	6,7398	29,6		1,5223
15	D-Limonene	C10 H16	7,662	0,35	0,456	5,862	0,53		11,89
16	1,8-Cineole	C10 H18 O	7,885	0,733		0,7634			0,3074
17	δ-3-Carene	C10 H16	7,887			0,7467			
18	α-Terpinene	C10 H16	9,063	0,35	30,87		0,33		0,4791
19	1,3,5-Cycloheptatriene, 3,7,7-trimethyl-	C10 H14	9,632			30,468			
20	Camphor	C10 H16 O	9,746	0,725	3,473				
21	Sabinone	C10 H14 O	9,806						3,2467
22	Pinocarvone	C10 H14 O	9,812	3,025		2,9721	0,3		
23	(3E)-3-Ethylidene-1-methyl-1-cyclopentene	C8 H12	9,962	1,671					
24	Borneol	C10 H18 O	10,161	1,705		1,833	0,37		1,5643
25	Piperityl acetate	C12 H20 O2	10,173			1,8021			0,4387
26	2,7,7-trimethylnorbornan-2-ol	C10 H18 O	10,248			0,4648			
27	4-Thujanol	C10 H18 O	10,25	0,417					0,8848
28	α-Terpinenyl acetate	C12 H20 O2	10,314		0,324		0,54		
29	α-Terpineol	C12 H20 O2	10,321	0,417					0,8848
30	D-Verbenone	C10 H14 O	10,481	0,523	0,622	0,3955	1,36		0,8848
31	Bornyl acetate	C12 H20 O2	11,638	0,438	0,96	0,658	0,66		0,3991
32	(6,6-Dimethylbicyclo[3.1.1]hept-2-en-2-yl)methyl ethyl carbonate	C13 H20 O3	11,641			0,622	0,3257		0,5585
33	3-Cyclopentene-1-ethanol, 2,2,4-trimethyl-	C10 H18 O	11,641						0,7677
34	Copaene	C15 H24	13,05	0,435		0,3787			
35	Caryophyllene	C15 H24	13,733	1,304	0,461	0,9462			
36	γ-cadinene	C15 H24	14,479	0,549	0,736	0,4704	0,65		1,5556
37	Cubenene	C15 H24	15,012				0,34		0,6392
38	δ-Cadinene	C15 H24	15,11	1,456	2,159	0,699	0,32		
39	Aromadendrene	C15 H24	15,113				1,01		
40	β-Costol	C15 H24 O	15,994	0,436		0,4704			
41	α-himachalene	C15 H24	17,173	1,56					
	Groupes chimiques(%)		ST	EC	JL	TL	ES		
	Monoterpenes hydrocarbons		37,80758948	68,6037939	80,94	64,91	54,959		
	Sesquiterpenes hydrocarbons		5,744332016	3,35524658	2,965	2,316	2,1947		
	Alcools		2,539536628	15,8324735	3,478	0,366	4,1017		
	Ketone		4,272562225	4,86166411	3,368	2,075	4,1315		
	Esters		0,438101419	1,90615996	2,786	1,198	1,3962		
	Ethers		0,732567373		0,763		0,3074		
	Total des composés identifiés%		51,53	94,56	94,30	70,86	67,09		

EC: Eau de ville, ES : Eau saline, JL: Jus de lombricompost, TL: Thé de lombricompost, et ST: Sans traitement.

CHAPITRE III : RÉSULTATS

L'analyse chimique par GC/MS-MS (Tab.III.2) à permis de décrire le profil de l'huile essentielle de *R. tournefortii* provenant de plantes soumises aux apports EC, ES, JL, TL et ST. Les résultats analytiques sont résumés dans le (Tableau III.2), où quarante et un composés ont été identifiés.

Les résultats dévoilent que 24 et 23 composés caractérisent l'huile essentielle des plantes de *R. tournefortii* soumises au régime ST et ES respectivement tandis que 19 et 17 composés caractérisent l'huile essentielle des plantes soumises au régime EC et TL respectivement et 25 composés caractérisent l'huile essentielle des plantes soumises au régime JL.

Les résultats montrent que le Tricyclène, le β -Pinène, le α -Fellandène, le *o*-Cymène, le γ -Terpinène, le Bornyl acétate et la D-Limonène sont des composés communs pour les cinq huiles essentielles, tandis que le Pinocarvone, le Borneol, le γ -cadinène, et le δ -Cadinène sont des composés communs pour les plantes soumises aux stimulateurs JL et le TL. Cependant le Dehydrosabinène et le Sabinène caractérisent les plantes soumises au stimulateur ES. En revanche, les composés Camphène, le α -Terpinène, le Camphor, le Caryophyllène, le γ -cadinène et le δ -Cadinène caractérisent les huiles essentielles des plantes soumises aux stimulateurs ST et ES. Le β -Terpinène, le (3E)-3-Ethylidène-1-méthyl-1-cyclopentène et le α -himachalène sont spécifiques de l'huile essentielle des plantes témoin ST.

Les principaux composés chimiques de l'huile essentielle de plantes du romarin issues au stimulateur ES étaient le Dehydrosabinène (17,83%), le Camphène (15,22%) et la D-Limonène (11,89%), tandis que le β -Pinène (1,16%), le α -Fellandène (0,98%), le γ -Terpinène (1,52%), le Borneol (1,56%), le Tricyclène (0,42%), le β -thujène (0,77%), le 1,8-Cineole (0,30%), le α -Terpinène (0,47%), le Piperityl acétate (0,43%), le 4-Thujanol (0,88%), le α -Terpineol (0,88%), le D-Verbenone (0,88%), le Bornyl acétate (0,39%), le (6,6-Diméthylbicyclo[3.1.1]hept-2-en-2-yl) méthyl éthyl carbonate (0,55%), le 3-Cyclopentène-1-éthanol, 2,2,4-triméthyl- (0,76%), γ -cadinène (1,55%) et le Cubène (0,63%) étaient les composés mineurs, concernant les huiles essentielles du romarin sous l'effet de ST, EC, JL et le TL contient une fraction majoritaire de β -pinène (16,72 : 18,00 : 15,30 : 19,19%) respectivement. Ces résultats ont souligné que la variabilité qualitative et quantitative entre les composés chimiques de différentes plantes du romarin variait largement avec le régime d'apport appliqué. En termes d'affiliation des composés d'huile essentielle aux groupes chimiques, les résultats ont montré que les monoterpènes hydrocarbures (37,80% à 80,94%) dominaient l'huile de tous les stimulateurs, les sesquiterpènes hydrocarbures (2,19% à 5,74%), le groupe des alcools (2,53% à 15,83%) était le plus élevé dans les plantes du romarin soumis au stimulateur EC et le plus faible dans l'apport TL, le groupe des Ketones (2,07% à 4,86%), le groupe des esters (0,43% à 2,78%) et le groupe des éthers (0,30% à 0,76%), l'absence du groupe des esters dans l'huile essentielle du romarin soumise aux stimulateurs EC et TL, L'huile de plantes du romarin soumise au régime JL, EC, TL, ES et le ST se

différencient par la présence de sesquiterpènes hydrocarbonés 80,94 ; 68,60 : 64,90% ; 54,95 et 37,80% respectivement .

III.4. Mesure de l'activité antioxydante du romarin par le test de DPPH

L'effet antioxydant exprime la capacité de réduction des radicaux libres. Le DPPH présente une coloration violette sombre mais lorsqu'il est piégé par des substances antioxydantes sa couleur vire vers le jaune pâle, le virage vers cette coloration et l'intensité de la coloration de la couleur de la forme libre en solution dépend de la nature, la concentration et la puissance de la substance antiradicalaire. Le pourcentage d'inhibition de DPPH par la vitamine C et les huiles essentielles testées et détermination de la valeur IC₅₀.

III.4.1. Pourcentage d'inhibition de DPPH par la vitamine C et les huiles essentielles testées et détermination de la valeur IC₅₀.

Les valeurs obtenues ont permis de tracer des courbes ayant une allure linéaire qui signifie la réduction du DPPH en sa forme non radicalaire. La détermination des pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations utilisées ainsi la valeur d'IC₅₀ de chaque échantillon est obtenue à partir de ces équations. L'IC₅₀ exprime la quantité d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du radical libre de 50%. Les valeurs des IC₅₀ trouvées pour tous les échantillons testés sont représentées dans les (Fig.III.5, 3.6 et 3.7) plus la valeur de l'IC₅₀ est faible, plus l'activité antioxydante d'un composé est appréciable

III.4.1.1. Pourcentage d'inhibition de DPPH par la vitamine C et détermination de la valeur IC₅₀

Un fort pouvoir antiradicalaire est noté pour la Vit C avec 90 % d'inhibition de DPPH et une IC₅₀ assez basse égale 162 ,53ug/ml (Fig.III.5).

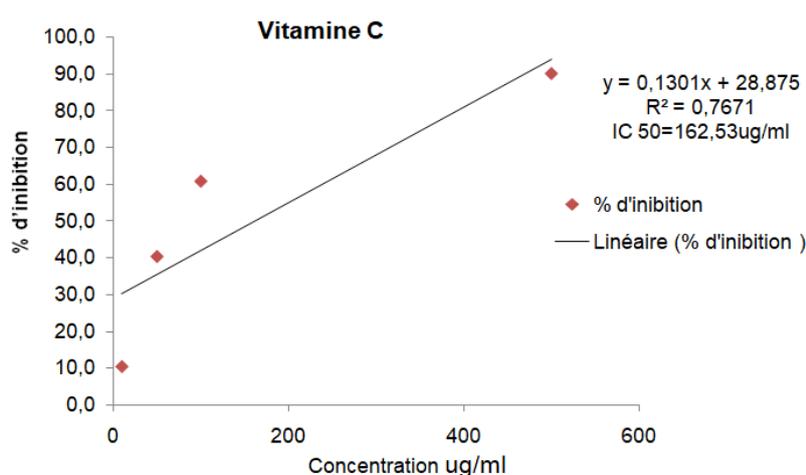


Figure III.5 : Pourcentage d'inhibition de DPPH par la vitamine C et Détermination de la valeur IC₅₀.

CHAPITRE III : RÉSULTATS

III.4.1.2. Pourcentage d'inhibition de DPPH par les huiles essentielles de *R. officinalis* et détermination de la valeur IC₅₀.

D'après les résultats (Fig.III.5), le potentiel antiradicalaire des huiles essentielles de *R. officinalis* est inférieur à celui d'antioxydant standard utilisé (Vitamine C).

L'activité antiradicalaire est modérée pour l'huile essentielle de *R. officinalis* traité par la solution saline ES avec 80 % d'inhibition de DPPH et une IC₅₀ basse égale 185ug/ml. En comparant les résultats obtenus, l'activité antioxydante est classée suivant l'ordre : Vitamine C > *R. officinalis* / ES > *R. officinalis* / TL > *R. officinalis* / JL > *R. officinalis* / ST > *R. officinalis* / EC.

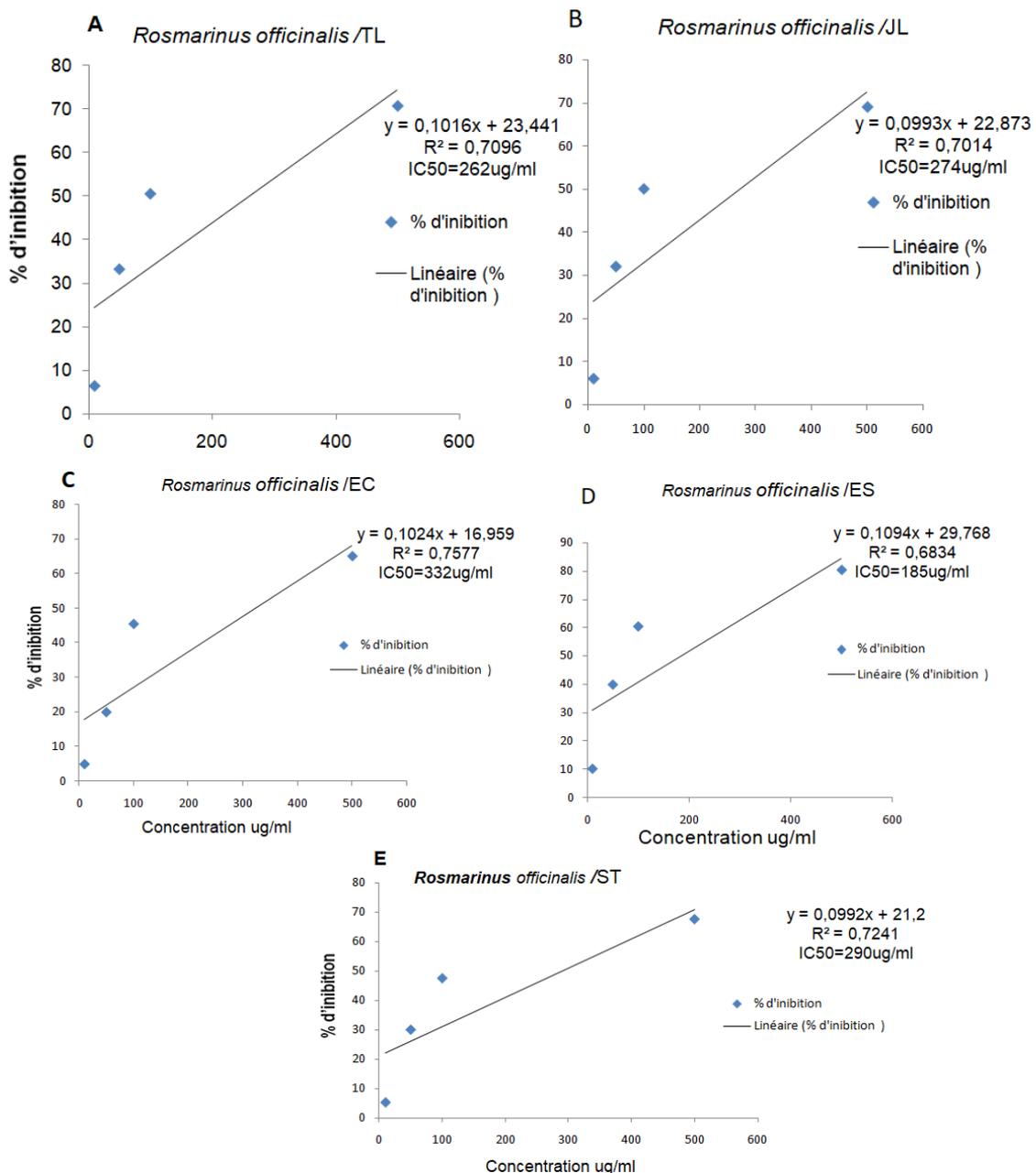


Figure III.6 : Pourcentage d'inhibition de DPPH par les huiles essentielles de *R. officinalis* et détermination de la valeur IC₅₀.

EC: Eau de ville, ES : Eau saline, JL: Jus de lombricompost, TL: Thé de lombricompost, et ST: Sans traitement

CHAPITRE III : RÉSULTATS

III.4.1.3. Pourcentage d'inhibition de DPPH par les huiles essentielles de *R. tournefortei* et détermination de la valeur IC₅₀.

D'après les résultats (Fig.III.7), le potentiel antiradicalaire des huiles essentielles de *R. tournefortei* est inférieur à celui d'antioxydant standard utilisé (Vitamine C). L'activité antiradicalaire est élevée pour l'huile essentielle de *R. tournefortei* traité par la solution saline avec 80% d'inhibition de DPPH et une IC₅₀ basse égale 158ug/ml. En comparant les résultats obtenus, l'activité antioxydante est classée suivant l'ordre : Vitamine C > *R. tournefortei* / ES > *R. tournefortei* / TL > *R. tournefortei* / JL > *R. tournefortei* / EC > *R. tournefortei* / ST.

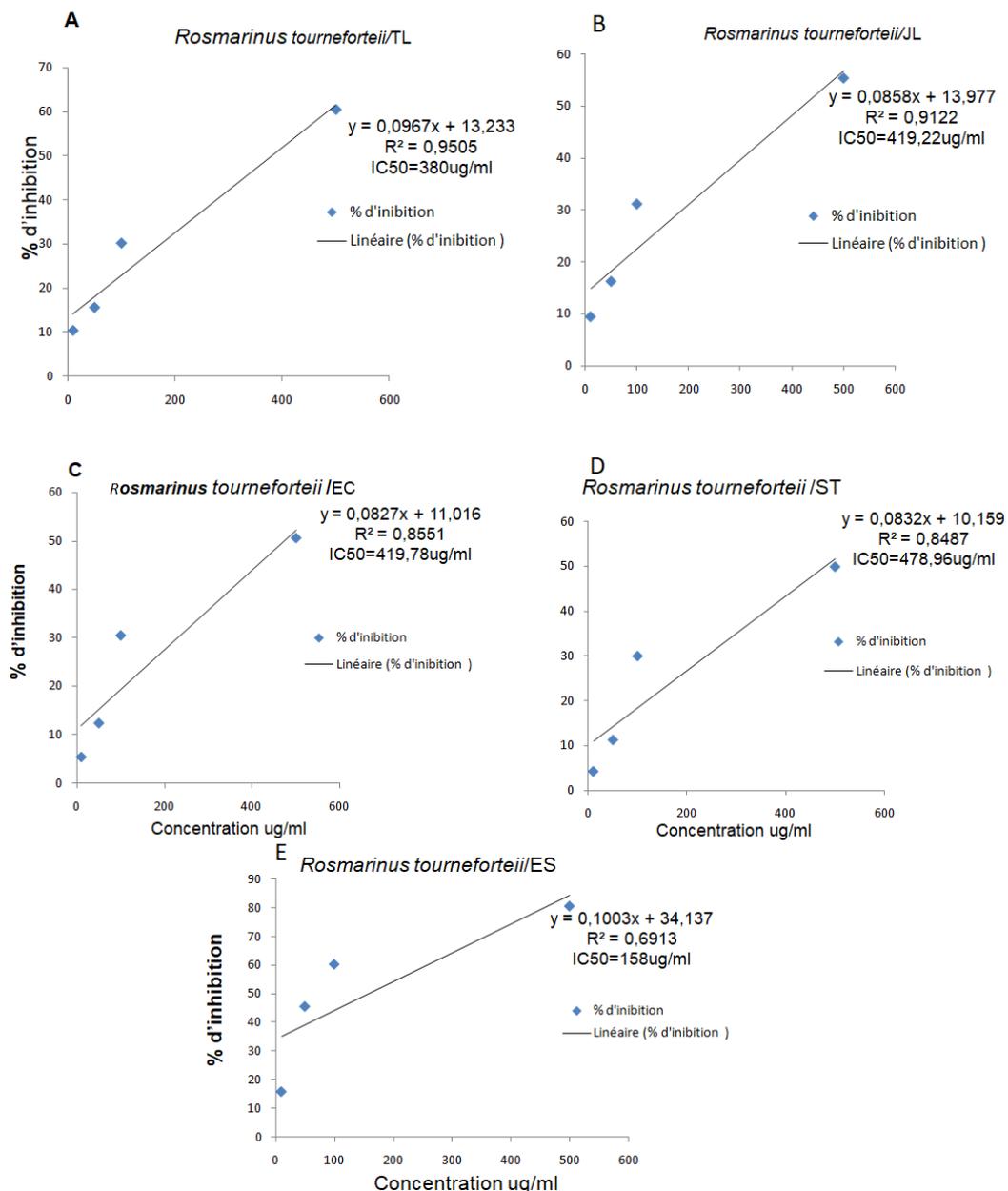


Figure III.7 : Pourcentage d'inhibition de DPPH par les huiles essentielles de *R. Tournefortei* et détermination de la valeur IC₅₀.

EC: Eau de ville, ES : Eau saline, JL: Jus de lombricompost, TL: Thé de lombricompost, et ST: Sans traitement

CHAPITRE III : RÉSULTATS

III.5. Évaluation de l'activité antivectorielle des huiles essentielles formulées du romarin en fonction de différents stimulateurs

Dans cette partie nous allons évaluer l'activité larvicide des huiles essentielles formulées du romarin issues aux différentes conduites de culture à l'égard de L4 de *Culex pipiens*.

III.5.1. Évaluation de taux de mortalité corrigée des huiles essentielles formulées de *R. officinalis*

Tableaux III.3 : Variation des mortalités corrigées des larves L4 de *Culex pipiens* selon le facteur dose d'huile essentielle formulée de *R. officinalis* en fonction de cinq modes de stimulateurs par comparaison à un produit de synthèse (Moyenne arithmétique±CV)

	D1	D2	D3	F	p
EC	33,0(0,04)b	42,5(0,10)b	69,8(0,12)a	45,01	2,65×10 ⁻⁶
ES	15,00(0,17)c	29,2(0,15)b	57,5(0,17)a	24,44	5,88×10 ⁻⁵
TL	54,4(0,12)b	61,3(0,04)a	61,7(0,07)a	10,93	0,002
ST	29,8(0,05)c	48,8(0,03)b	55,9(0,07)a	31,64	1,64×10 ⁻⁵
JL	36,1(0,07)b	50,5(0,05)a	50,1(0,02)a	19,98	4,8×10 ⁻⁴
PS	13,5(0,12)	17,5(0,16)	17,8(0,18)	1,29	0,308 ^{NS}

EC: Eau de ville, ES : Eau saline, JL: Jus de lombricompost, TL: Thé de lombricompost, et ST: Sans traitement.PS: Produit de synthèse. D1=0,5ml/100ml d'eau .D2=1ml/100ml d'eau.D3=1,5ml/100ml d'eau

Les larves L4 de *C. pipiens* enregistrent des mortalités corrigées plus imposantes selon le degré de concentration des dilutions utilisées, obéissant à un gradient positif D1<D2<D3 pour l'huile essentielle formulée de *R. officinalis* en fonction de cinq modes de pulvérisation foliaire et le produit de synthèse (Tab.III.3). Une différence très hautement significatives entre les cinq modes d'application foliaire et le produit de synthèse montre une différence non significative.

Tableau III.4: Variation des mortalités corrigées des larves L4 de *C. pipiens* selon le facteur type d'huile essentielle formulée de *R. officinalis* par comparaison à un produit de synthèse (Moyenne arithmétique±CV)

	D1	D2	D3
EC	33,0(0,04)b	42,5(0,10)b	69,8(0,12)a
ES	15,00(0,17)c	29,2(0,15)c	57,5(0,17)a
TL	54,4(0,12)a	61,3(0,04)a	61,7(0,07)a
ST	29,8(0,05)b	48,8(0,03)ab	55,9(0,07)a
JL	36,1(0,07)b	50,5(0,05)a	50,1(0,02)b
PS	13,5(0,12) c	17,5(0,16) d	1,78(0,18)c
F	30,76	51,49	24,38
p	1,08×10 ⁻⁹	4,73×10 ⁻¹²	1,112×10 ⁻⁸

EC: Eau de ville, ES:Eau saline, JL: Jus de lombricompost, TL:Thé de lombricompost, et ST:Sans traitement.PS: Produit de synthèse. D1=0,5ml/100ml d'eau, D2=1ml/100ml d'eau, D3=1,5ml/100ml d'eau

CHAPITRE III : RÉSULTATS

Les résultats obtenus (Tableau III.4) montrent que l'huile essentielle de *R. officinalis* traitée par le TL suivi par ST, JL et EC sont révélées les plus toxiques à l'égard du 4^e stade larvaire de *C. pipiens* à la dose D1 par contre le TL et JL sont révélées très toxique à la dose D2. Cependant, l'EC, ES, TL et le ST sont les plus toxiques à la forte dose D3. En bref, le PS affiche des mortalités corrigées faibles par rapport à l'effet des autres stimulateurs en termes de mortalité minimale (Tab.III.4).

L'analyse en composantes principales (A.C.P), (Fig. III.8) effectuée sur la base des valeurs des mortalités corrigées des L4 de *C. pipiens* est satisfaisante pour les paramètres étudiés (facteur temps et facteur dose) dans la mesure où plus de 90% de la variance est exprimée sur les deux premiers axes.

La projection des valeurs des mortalités corrigées des larves de *C. pipiens* sur le premier axe 1 (97,24%) montre que les différentes doses de l'huile essentielle formulée de *R. officinalis* par comparaison au produit de synthèse, annoncent une corrélation positive avec le temps d'exposition (Fig.III.8). Les projections des vecteurs relatifs aux mortalités corrigées informent que l'huile essentielle formulée montre leur potentiel larvicide à l'égard des larves L4 de *C. pipiens* dès 3h 30min d'exposition. Les fortes doses D2 et D3 du bioproduit formulé à base d'huile essentielle de *R. officinalis* ainsi que la forte dose du produit de synthèse, affichent leur taux de mortalité le plus important dans la plage temporelle 3h 30min – 5 h d'exposition. Néanmoins, les faibles doses D1_HE et D1, D2_PS n'affichent cette toxicité qu'à partir 5 h 30 minutes d'exposition et au-delà.

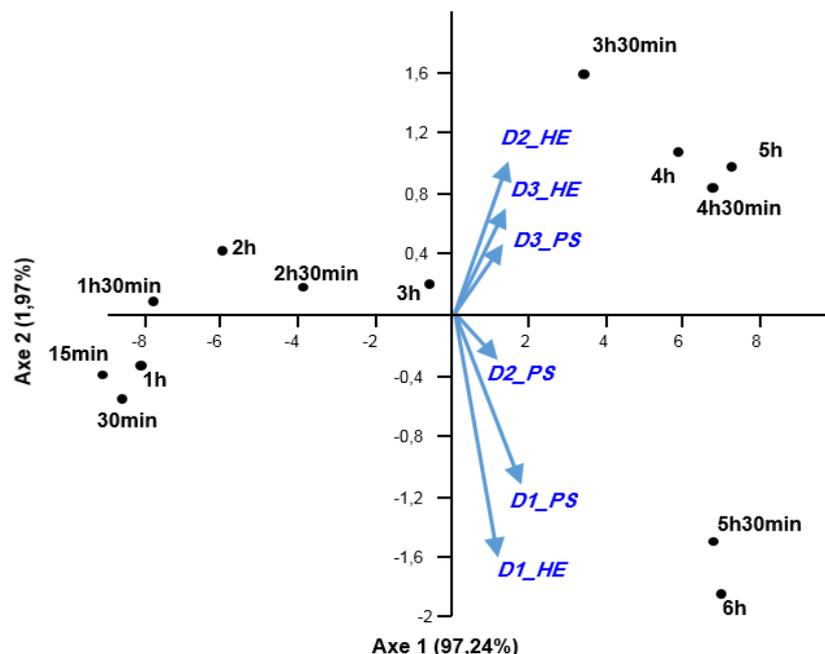


Figure III.8: Analyse en composantes principales (A.C.P) effectuée sur la base des valeurs des mortalités corrigées des L4 de *C. pipiens* en fonction de cinq modes de pulvérisation foliaire et un produit de synthèse

EC: Eau de ville, ES: Eau saline, JL: Jus de lombricompost, TL: Thé de lombricompost, et ST: Sans traitement. PS: Produit de synthèse. TM-: Témoin positif, TM+: Témoin négatif, D1=0,5ml/100ml d'eau, D2=1ml/100ml d'eau, D3=1,5ml/100ml d'eau

CHAPITRE III : RÉSULTATS

III.5.2. Évaluation de taux de mortalités corrigés des huiles essentielles formulées de *R. tournefortii*

Tableaux III.5: Variation des mortalités corrigées des larves L4 de *C. pipiens* selon le facteur dose d'huile essentielle formulée de *R. tournefortii* en fonction de cinq modes de stimulateurs par comparaison à un produit de synthèse (Moyenne arithmétique±CV).

	D1	D2	D3	F	P
TL	40,87(0,10)b	60,15(0,6)a	60,23(0,03)a	4,79	0,029
JL	2,87(0,06)b	62,15(0,06)a	63,23(0,08)a	0	4,47×10 ⁻³
ST	0,87(0,08)b	60,15(0,06)a	60,23(0,05)a	7,36	0,008
EC	39,43(0,12)b	49,15(0,02)ab	55,6(0,10)ab	5,00	0,003
ES	40,76(0,09)b	60,15(0,05)a	0,82(0,07)ab	0,8	0,047
PS	10,4(0,09)	10,75(0,05)	10,78(0,07)	0,95	0,41 ^{NS}

EC: Eau de ville, ES : Eau saline, JL: Jus de lombricompost, TL: Thé de lombricompost, et ST: Sans traitement.PS: Produit de synthèse. TM-: Témoin positif, TM+: Témoin négatif, D1=0,5ml /100ml d'eau, D2=1ml/100ml d'eau, D3=1,5ml/100ml d'eau

Les larves L4 de *C. pipiens* répertorient des mortalités corrigés plus conséquentes selon le degré de concentration des dilutions utilisées, obéissant à un gradient positif D1<D2<D3 pour l'huile essentielle formulée de *R. tournefortii* en fonction de cinq modes de pulvérisation foliaire et le produit de synthèse (Tab.III.5). Une différence hautement significatives entre les cinq modes d'application foliaire et le produit de synthèse montre une différence non significative.

Tableau III.6: Variation des mortalités corrigées des larves L4 de *C. pipiens* selon le facteur type de stimulateur d'huile essentielle formulée de *R. tournefortii* par comparaison a un produit de synthèse (Moyenne arithmétique±CV)

	D1	D2	D3
TL	40,87(0,10)ab	60,15(0,6)a	60,23(0,03)a
JL	42,87(0,06)a	62,15(0,06)a	63,23(0,08)a
ST	40,87(0,08)ab	60,15(0,06)a	60,23(0,05)a
EC	39,43(0,12)b	9,15(0,02)c	55,6(0,10)b
ES	40,76(0,09)ab	49,15(0,05) b	55,82(0,07)b
PS	10,4(0,09)c	10,75(0,05)c	10,78(0,07)c
F	13,97	19,09	30,87
P	0,0001	1,15×10 ⁻⁷	1,04×10 ⁻⁹

EC: Eau de ville, ES : Eau saline, JL: Jus de lombricompost, TL: Thé de lombricompost, et ST: Sans traitement.PS: Produit de synthèse. TM-: Témoin positif, TM+: Témoin négatif, D1=0,5ml/100ml d'eau, D2=1ml/100ml d'eau, D3=1,5ml/100ml d'eau.

Selon les résultats obtenus (TabI III.6) affichent que l'huile essentielle de *R. tournefortii* stimulée par le JL suivi par le TL et le ST sont indiquées les plus toxiques à l'égard du 4^e stade larvaire de *C. pipiens* à la dose D2 et D3 le TL, le JL et

CHAPITRE III : RÉSULTATS

Le ST sont révélées très toxique à la dose D2. Cependant, le PS affiche des mortalités corrigées faibles par rapport à l'effet des autres stimulateurs (Tab.III.6).

L'analyse en composantes principales (A.C.P), (Fig. III.9) effectuée sur la base des valeurs des mortalités corrigées des L4 de *C. pipiens* est satisfaisante pour les paramètres étudiés (facteur temps et facteur dose) dans la mesure où plus de 90% de la variance est exprimée sur les deux premiers axes.

La projection des valeurs des mortalités corrigées des larves de *C. pipiens* sur le premier axe 1 (96,49 %) montre que les différentes doses de l'huile essentielle formulée de *R. tournefortei* en fonction de cinq modes de stimulateurs par comparaison au produit de synthèse, annoncent une corrélation positive avec le temps d'exposition (Fig. III.9). Les projections des vecteurs relatifs aux mortalités corrigées informent que l'huile essentielle formulée montre leur potentiel larvicide à l'égard des larves L4 de *C. pipiens* dès 3h 30min d'exposition. La forte dose D3 du bioproduit formulé à base d'huile essentielle de *R. tournefortei*, affiche leur taux de mortalité le plus imposant dans la plage temporelle 3h 30 min – 5 h d'exposition. Cependant, les faibles doses D1_HE et D2_HE et le produit de synthèse, n'affichent cette toxicité qu'à partir 5h 30 minutes d'exposition et au-delà.

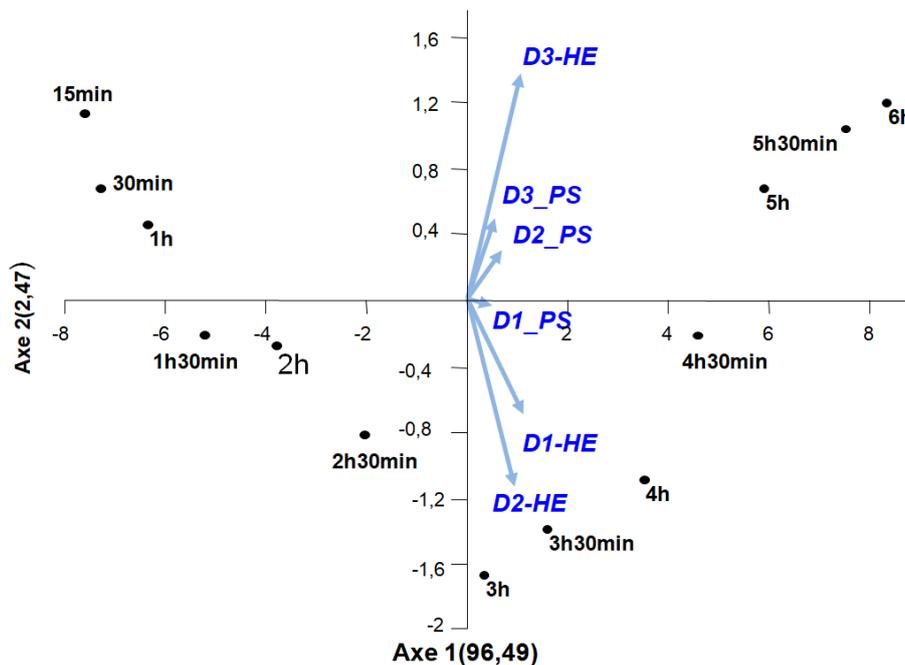


Figure III.9: Analyse en composantes principales (A.C.P) effectuée sur la base des valeurs des mortalités corrigées des L4 de *C. pipiens* en fonction de cinq modes de stimulateurs appliqués et un produit de synthèse

PS: Produit de synthèse, D1=0,5ml/100ml d'eau, D2=1ml/100ml d'eau, D3=1,5ml/100ml d'eau

CHAPITRE III : RÉSULTATS

II.6. Évaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles formulées du romarin issues aux différentes conduites de culture

Dans cette partie nous allons évaluer les taux de mortalité corrigée sous l'effet des huiles essentielles formulées à base de *R. officinalis* et de *R. tournefortei* en fonction de différents stimulateurs à l'égard des adultes de *Tribolium confusum* par contact direct (formulation liquide) et par ingestion (formulation solide).

III.6.1. Évaluation de taux de mortalités corrigées de la formulation liquide des huiles essentielles de deux espèces du romarin

Tableaux III.7: Variation des mortalités corrigées de la formulation liquide selon le facteur dose d'huile essentielle formulée de *R. officinalis* et de *R. tournefortei* en fonction de cinq modes de stimulateurs (Moyenne arithmétique±CV)

Formulation liquide		D1	D2	D3	F	P
<i>R. officinalis</i>	EC	35,45(0,15)ab	56,33(0,14)b	74,83(0,10)a	80,68	8x10 ⁻¹³
	ES	20,46(0,11)c	45,47(0,04)ab	57,52(0,09)a	14,05	4,95x10 ⁰⁵
	TL	42,73(0,14)b	56,23(0,14)a	56,76(0,17)a	7,03	0,003
	ST	46,45(0,08)b	47,28(0,11)b	55,86(0,10)a	5,36	0,01
	JL	26,61(0,16)c	55,30(0,15)b	59,34(0,16)a	23,92	6,15x10 ⁰⁷
<i>R. tournefortei</i>	EC	20,66(0,14)c	40,85(0,14)b	60,60(0,14)a	25,3	3,6x10 ⁻⁷
	ES	20,33(0,14)b	20,51(0,14)b	30,36(0,090)a	9,15	0,00078
	TL	30,28(0,11)b	35,5(0,11)Ab	40(0,11)a	0,16	0,84 ^{NS}
	ST	30,06(0,19)b	40,58(0,18)a	40,6(0,18)a	5,81	0,007
	JL	20,85(0,17)c	30,05(0,17)b	40,01(0,17)a	4,28	0,023

EC: Eau de ville, ES:Eau saline, JL: Jus de lombricompost, TL: Thé de lombricompost, et ST: Sans traitement, D1 (1 ml/100 ml), D2 (1,5 ml/100 ml), D3 (2 ml/100 ml).

Relativement aux résultats obtenus (Tab.III.7), l'analyse de la variance montre la présence d'une différence très hautement significative (Test One-Way-ANOVA), de l'effet de différentes doses des huiles essentielles formulées de *R. officinalis* et de *R. tournefortei* traité par EC, ES, TL et le JL et une différence significative $p < 1\%$ de l'effet de différentes doses de l'huile essentielle formulée de *R. officinalis* témoin (ST) et l'huile essentielle de *R. tournefortei* traité par le JL à l'égard des adultes de *T. confusum*. La présence d'une différence non significative ($p > 5\%$) de l'effet de différentes doses des huiles essentielles formulées de *R. tournefortei* traité par le (TL). Les doses D2 et D3 expriment les effets toxiques les plus importants par rapport à la dose D1 pour les deux espèces du romarin.

CHAPITRE III : RÉSULTATS

Tableaux III.8 : Variation des mortalités corrigées de la formulation liquide selon les cinq modes de stimulateurs d'huile essentielle formulée de *R. officinalis* et de *R. tournefortei* (Moyenne arithmétique±CV)

Formulation liquide		D1	D2	D3
<i>R. officinalis</i>	EC	35,45(0,15)b	56,33(0,14)a	74,83(0,10)a
	ES	20,46(0,11)c	45,47(0,04)ab	57,52(0,09)b
	TL	42,73(0,14)ab	56,23(0,14)a	56,76(0,17)ab
	ST	46,45(0,08)a	47,28(0,11)b	55,86(0,10)ab
	JL	26,61(0,16)c	55,30(0,15)ab	59,34(0,16)b
	F	5,27	2	6
	p	0,004	0,05	0,001
	<i>R. tournefortei</i>	EC	20,66(0,14)b	40,85(0,14)a
ES		20,33(0,14)b	20,51(0,14)c	30,36(0,090)c
TL		30,28(0,11)a	35,5(0,11)b	40(0,11)b
ST		30,06(0,19)a	40,58(0,18)a	40,6(0,18)b
JL		20,85(0,17)b	30,05(0,17)ab	40,01(0,17)b
F		3,47	3,05	3,4
p		0,05	0,04	0,028

EC: Eau de ville, ES:Eau saline, JL: Jus de lombricompost, TL:Thé de lombricompost, et ST: Sans traitement, D1 (1ml/100ml) D2 (1,5ml/100ml), D3 (2ml/100ml).

Les résultats de la formulation liquide (Tab.III.8) l'huile essentielle de *R. officinalis* traité par l'eau (EC) s'est montrée efficace sur *T. confusum* à la troisième dose (D3=2ml/100ml) provoque 74.83% de mortalité corrigée de tel sorte qu'une gradation positive s'établit dans le sens D1<D2<D3, suivi par le JL, le témoin (ST) enregistre une mortalité moyenne par rapport aux autres stimulateurs utilisées. L'analyse de la variance montre la présence d'une différence très significative (Test One-Way-ANOVA, p≤5%) de l'effet de différents modes de stimulateurs de *R. officinalis* et de *R. tournefortei* sur les adultes de *T. confusum*.

L'analyse en composantes principales (A.C.P) effectuée avec le logiciel PAST à partir des valeurs des mortalités corrigées de *T. confusum* est satisfaisante pour le paramètre doses des différents bioproduits à base des huiles essentielles de *R. officinalis* et de *R. tournefortei* formulées en liquide, dans la mesure où près de 80% de la variance est exprimée sur les deux premiers axes (Fig.III.10). La projection des valeurs des mortalités corrigées des adultes de *T. confusum* (Fig.III.10) par effet contact (formulation liquide) sur le premier axe 1(85,58%), montre que les doses D2 et D3 de l'huile essentielle formulée de *R. officinalis* et la dose D3 de l'huile essentielle formulée de *R. tournefortei* accusent une mortalité tardive . Les projections des vecteurs relatifs aux mortalités corrigées informe que les différentes doses notamment (D1_RO, D1_RT et D2_RT) montrent réellement leurs potentiels insecticides à l'égard des adultes de *T. confusum* à partir de 4 h 30 minutes d'exposition par contact direct aux traitements. Un deuxième palier désignant un potentiel d'activité insecticide est signalé sous l'effet des huiles essentielles formulées (D2_RO, D3 _RO et D3_RT) après 3 h 30 minutes d'exposition

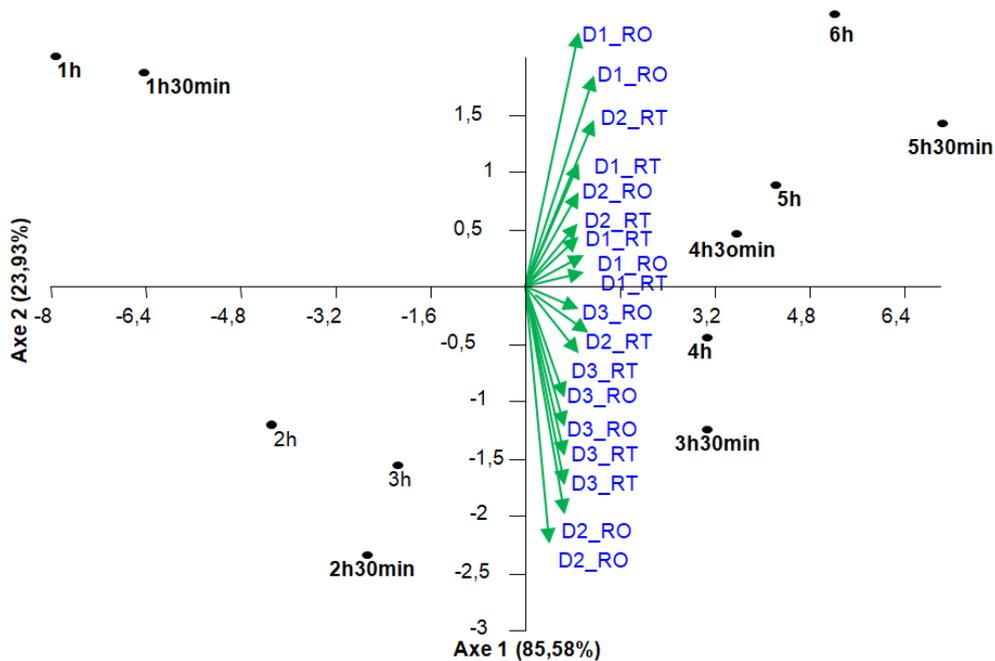


Figure III.10: Projection des mortalités corrigées de *T. confusum* sous l'effet des huiles essentielles formulées de *R. officinalis* et de *R. tournefortei* par contact direct (formulation liquide) sur les axes ACP.

RO : *Rosmarinus officinalis*, RT : *Rosmarinus tournefortei*, D1(1ml/100ml d'eau), D2(1,5ml/100ml d'eau), D3(2ml/100ml d'eau).

III.6.2. Évaluation des taux de mortalités corrigées de la formulation solide des huiles essentielles du romarin en fonction de différents stimulateurs

Tableaux III.9: Variation des mortalités corrigées de la formulation solide selon le facteur dose d'huile essentielle formulée de *R. officinalis* et de *R. tournefortei* en fonction de cinq modes de stimulateurs (Moyenne arithmétique±CV)

Formulation solide		D1	D2	D3	F	P
<i>R. officinalis</i>	EC	13,80(0,098)b	26,075(0,09)a	26,54(0,17)a	5,05	0,01
	ES	29,40(0,12)b	30(0,17)a	30,47(0,15)a	0,01	0,9 ^{NS}
	TL	18,69(0,073)b	24,28(0,17)ab	25,95(0,11)a	2,56	0,05
	ST	14,64(0,06)c	24,52(0,09)b	30(0,14)a	7,32	0,004
	JL	16,78(0,16)c	20(0,17)b	26,54(0,6)a	2,64	0,02
<i>R. tournefortei</i>	EC	14,28(0,10)c	21,42(0,08)b	29,64(0,10)a	32,72	1X10 ⁻¹⁰
	ES	15,71(0,052)c	18,80(0,11)b	24,16(0,06)a	11,34	0,00064
	TL	15,71(0,06)c	18,80(0,06)b	24,16(0,13)a	11,62	0,00057
	ST	23,21(0,07)b	23,69(0,07)b	24,04(0,09)a	0,09	0,9 ^{NS}
	JL	22,38(0,12)b	23,21(0,17)b	28,21(0,19)a	2,01	0,05

EC: Eau de ville, ES:Eau saline, JL: Jus de lombricompost, TL:Thé de lombricompost, et ST: Sans traitement (D1=1g), (D2=1,5g) (D3=2g)

Relativement à la formulation solide (Tab.III.9) à montré que le taux de mortalité courigée augmente pour les deux espèces du romarin en fonction de différents

CHAPITRE III : RÉSULTATS

stimulateurs de D1 à D3 (D1<D2<D3). La formulation solide de *R. officinalis* traité par les différents stimulateurs à provoqué une mortalité allant jusqu'à 30,47%. La formulation solide de *R. tournefortei* occasionne un taux de mortalité corrigée allant jusqu'à 29.64%. Nous notons que le taux de mortalité presque identique pour D2 et D3 pour *R. officinalis* sous l'effet de EC, ES, TL et le ST. L'analyse de la variance montre la présence d'une différence très hautement significative (Test One-Way-ANOVA) de l'effet de différentes doses des huiles essentielles formulées de *R. tournefortei* traité par le EC, ES et le TL et une différence très significative pour l'huile essentielle de *R. officinalis* témoin (ST), une différence non significative pour l'huile esentielle de *R. officinalis* traité par le ES et *R. tournefortei* témoin (ST).

Tableaux 3.10: Variation des mortalités corrigées de la formulation solide selon le facteur stimulateur d'huile essentielle formulée de *R. officinalis* et de *R. tournefortei* en fonction de cinq modes de stimulateurs (Moyenne arithmétique±CV)

Formulation	solide	D1	D2	D3
<i>R. officinalis</i>	EC	13,80(0,098)c	26,075(0,09)b	26,54(0,17)b
	ES	29,40(0,12)a	30(0,17)a	30,47(0,15)a
	TL	18,69(0,073)b	24,28(0,17)ab	25,95(0,11)ab
	ST	14,64(0,06)c	24,52(0,09)ab	30(0,14)a
	JL	16,78(0,16)ab	20(0,17)c	26,54(0,6)b
	F	7,52	2,9	1,2
	p	0,0002	0,001	0,05
	<i>R. tournefortei</i>	EC	14,28(0,10)c	21,42(0,08)b
ES		15,71(0,052)c	18,80(0,11)ab	24,16(0,06)b
TL		15,71(0,06)c	18,80(0,06)ab	24,16(0,13)b
ST		23,21(0,07)a	23,69(0,07)a	24,04(0,09)b
JL		22,38(0,12)b	23,21(0,17)a	28,21(0,19)ab
F		5,3	2,59	2,5
p		0,002	0,046	0,05

EC: Eau de ville, ES:Eau saline, JL: Jus de lombricompost, TL:Thé de lombricompost, et ST: Sans traitement (D1=1g), (D2=1,5g),(D3=2g)

Les résultats obtenus (Tabl III.10) affichent que l'huile essentielle de *R. officinalis* stimulée par le ES et le témoin (ST) sont indiquées les plus toxiques à l'égard des adultes de *T. confusum* suivi par le EC, TL et le JL à la dose D2 et D3. En effet, le ES est révélée très toxique à la dose D1. L'analyse de la variance montre la présence d'une différence très hautement significative (Test One-Way-ANOVA) de l'effet de différents stimulateurs à la dose D1, une différence très significative à la dose D2 et une différence significative à la dose D3.

D'après le (Tab.III. 10) l'huile essentielle formulée de *R. tournefortei* stimulée par le EC suivi par le JL sont indiquées les plus toxiques à la dose D2 et D3 à l'égard des adultes de *T. confusum*. Cependant, nous constatons qu'il y a un effet presque similaire entre les trois doses (D1, D2 et D3) et le pourcentage de mortalité corrigée

CHAPITRE III : RÉSULTATS

allant de 22,38% à 28,21%, de l'effet par ingestion (formulation solide) de l'huile essentielle formulée de *R. tournefortii* stimulée par le JL. Néanmoins l'analyse de la variance montre la présence d'une différence très significative de l'effet de différents stimulateurs à la dose D1, une différence significative à la dose D2 et D3.

L'analyse en composantes principales (A.C.P) effectuée avec le logiciel PAST à partir des valeurs des mortalités corrigées de *T. confusum* est satisfaisante pour le paramètre doses des différents bioproduits à base des huiles essentielles de *R. officinalis* et de *R. tournefortii* formulées en solide, dans la mesure où près de 80% de la variance est exprimée sur les deux premiers axes (Fig.III.11). La projection des valeurs des mortalités corrigées des adultes de *T. confusum* par effet d'ingestion (formulation solide) sur le premier axe 1 (91,29%). La projection des vecteurs relatifs aux mortalités corrigées informent que toutes les doses d'huiles essentielles de *R. tournefortii* notamment (D1_RT, D2_RT et D3_RT), montrent réellement leur potentiel insecticide à l'égard des adultes de *T. confusum* à partir du 6^{ème} jour d'exposition aux traitements. Un deuxième palier désignant un potentiel d'activité insecticide est signalé sous l'effet de toutes les doses de l'huile essentielle de *R. officinalis* qui s'installe dès le 5^{ème} jour d'exposition.

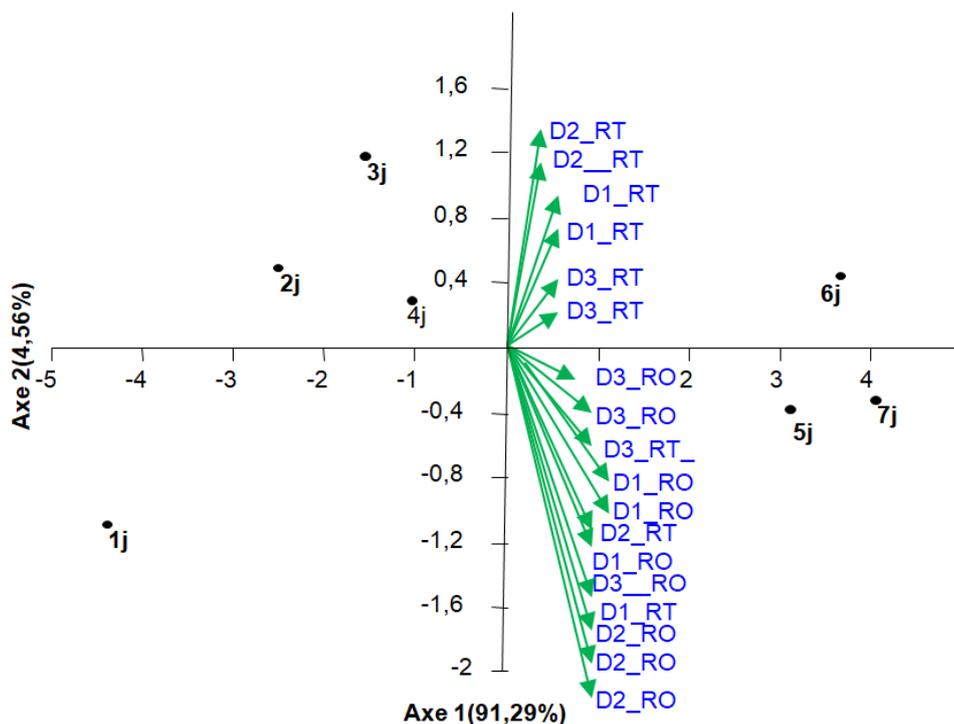


Figure III.11: Projection des mortalités corrigées de *T. confusum* sous l'effet des huiles essentielles formulées de deux espèces du romarin par ingestion (formulation solide) sur les axes ACP.

RO : *Rosmarinus officinalis*, RT : *Rosmarinus tournefortii*, D1(1g),D2 (1,5g),D3 (2g).

CHAPITRE III : RÉSULTATS

III.7. Potentialité biocides des huiles essentielles formulées de deux espèces du romarin issues aux différentes conduites de culture sur la biocénose de *Citrus spp.*

III.7.1. Diversité de l'entomofaune associé aux agrumes avant traitement

Les résultats de l'inventaire de l'entomofaune associé à l'agrumicole figurants dans le (Tabl .III. 11) montrent une diversité fonctionnelle de cet écosystème.

Tableau III.11 : Richesse globale de la biocénose de l'entomofaune des agrumes.

Ordres	Familles	Espèces	Effectif
Hemiptera	Diaspididae	<i>Parlatoria pergandei</i>	329
		<i>Aonidiella aurantii</i>	600
		<i>Parlatoria ziziphus</i>	5682
	Aphididae	<i>Aphis gossypi</i>	3783
		<i>Aphis spiraecola</i>	3873
		<i>Myzus persicae</i>	2899
	Aeyrodidae	<i>Aleurothrixus floccosus</i>	1424
		<i>Dialeurodes citri</i>	740
	Coccididae	<i>Coccus hesperdum</i>	262
	Cicadellidae	<i>Empoasca sp</i>	54
Diptera	Syrphidae	Syrphidae	39
	Cecidomyiidae	Cécidomyiidae	20
Hymenoptera	Aphelinidae	<i>Lysiphlebus fabarum</i>	93
		<i>Encarsia sitrinus</i>	28
		<i>Aphytis melinus</i>	217
	Eulophidae	<i>Pnigalio mediterraneus</i>	71
Pteromalidae	Pteromalidae	56	
Thysanoptera	Thripidae	Thripidae	220
Lipedopectera	Papilionidae	Chenille lepidoptera sp	36
Psocoptera	Psocidae	<i>Ectopsocus briggsi</i> Mc Lac	40
Neuroptera	Coniopterygidae	<i>Coniopteryx sp</i>	201
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Clithostetus arcuatus</i>	141
Total			20808

L'entomofaune des agrumes représentées par un total de 15 familles appartenant à 8 ordres, révèle la présence de (20808) individus.

Les Hémiptères sont les plus représentés (19646), suivi par les Hyménoptères (465), les Thysanoptères (220), les Névroptères (201), les Coléoptères (144), les Diptères (59) et les Psocoptères (40), bien que les Lépidoptères soient les moins représentés par 36 individus. Parmi les Hémiptères, les Aphididae sont les plus représentés (10555) et les Diaspididae (6611).

CHAPITRE III : RÉSULTATS

III.7.2. Effet des huiles essentielles formulées de *R. officinalis* et *R. tournefortii* issues aux différentes conduites de culture sur l'entomofaune folivore

Le tableau III.12 montre les résultats de la comparaison entre les deux huiles essentielles formulées de *R. officinalis* et de *R. tournefortii* par rapport au témoin.

Tableau III 12: Disponibilité de l'entomofaune inventoriés.

Espèces	<i>R. officinalis</i>					<i>R. tournefortii</i>					Témoin
	TL	ES	JL	EC	ST	ST	JL	EC	ES	TL	
<i>Parlatoria pergandei</i>	71	85	59	82	73	66	68	70	65	72	267
<i>Aonidiella aurantii</i>	117	181	88	136	114	109	113	104	112	113	286
<i>Coccus hesperdum</i>	46	84	48	69	63	63	83	76	58	82	1648
<i>Parlatoria ziziphus</i>	1250	1699	542	1537	1156	807	880	811	889	959	991
<i>Aleurothrixus floccosus</i>	372	562	287	365	454	433	342	371	368	398	850
<i>Dialeurodes citri</i>	149	222	115	169	195	139	122	158	172	189	402
<i>Ectopsocus briggsi</i> Mc Lac	10	17	17	11	7	15	14	8	8	13	106
Thripidae	61	112	52	73	83	68	68	72	71	83	179
Cécidomyiidae	24	52	33	33	27	37	43	35	40	37	37
<i>Empoasca</i> sp	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Aphis gossypi</i>	1107	1650	543	648	815	884	710	804	799	991	2024
<i>Aphis spiraecola</i>	941	1403	579	1193	738	822	756	778	830	811	1546
<i>Myzus persicae</i>	725	975	359	401	359	414	484	505	535	513	994
<i>Coniopteryx</i> sp	51	101	43	54	44	50	44	43	52	42	69
<i>Lysiphlebus fabarium</i>	51	101	52	73	71	67	63	69	77	65	73
<i>Clithostetus arcuatus</i>	70	133	57	59	70	62	51	63	78	73	65
<i>Aphytis melinus</i>	49	89	57	58	73	52	52	41	41	53	160
<i>Encarsia sitrinus</i>	126	239	119	121	111	116	122	103	123	115	127
<i>Pnigalio mediterraneus</i>	37	77	41	43	33	49	50	37	46	40	57
Syrphidae	47	91	37	55	52	41	50	47	40	58	57
<i>Chenille lepidoptera</i> sp	517	749	250	344	188	165	276	368	308	484	1917
Pteromalidae	37	72	47	48	47	50	29	37	49	59	58

EC: Eau de ville, ES:Eau saline, JL: Jus de lombricompost, TL:Thé de lombricompost, et ST: Sans traitement.

Relativement au (Tabl.III.12) les traitements occasionnent une réduction des consommateurs primaires (*Parlatoria pergandei*, *Aonidiella aurantii*, *Coccus hesperdum*, *Aleurothrixus floccosus*, *Dialeurodes citri*, *Ectopsocus briggsi* Mc Lac, Thripidae, Cécidomyiidae, *Aphis gossypi*, *Aphis spiraecola* et *Myzus persicae*) et une augmentation des individus de *Parlatoria ziziphus* traité par l'huile essentielle formulée de *Rosmarinus officinalis*, et la stabilisation d'*Empoasca* sp par rapport au témoin. Un accroissement remarquable des consommateurs secondaires (*Coniopteryx* sp, *Clithostetus arcuatus*, *Encarsia sitrinus*, *Pnigalio mediterraneus*, Syrphidae et *Lysiphlebus fabarium*) sous l'effet de deux l'huiles essentielles formulée traité par le ES, et une réduction des individus d'*Aphytis melinus* et de *Chenille lepidoptera* sp, et une augmentation des individus de Pteromalidae traité par l'huiles essentielle formulée de *R. officinalis* par rapport au témoin.

CHAPITRE III : RÉSULTATS

III.7.3. Etude comparée de l'effet des huiles essentielles formulées de *Rosmarinus officinalis* et de *Rosmarinus tournefortii* sur les espèces folivores

Tableau III.13 : Comparaison de l'efficacité de deux huiles essentielles formulées du romarin.

Espèces	HE RO	HE RT
<i>Parlatoria pergandei</i>	370	341
<i>Aonidiella aurantii</i>	636	551
<i>Coccus hesperdum</i>	310	362
<i>Parlatoria ziziphus</i>	6184	4346
<i>Aleurothrixus floccosus</i>	2040	1912
<i>Dialeurodes citri</i>	850	780
<i>Ectopsocus briggsi</i> Mc Lac	62	58
Thripidae	381	362
Syrphidae	282	236
Cécidomyiidae	169	192
<i>Empoasca</i> sp	15	15
<i>Coniopteryx</i> sp	293	231
<i>Lysiphlebus fabarium</i>	348	341
<i>Clithostetus arcuatus</i>	389	327
<i>Aphytis melinus</i>	226	239
<i>Encarsia sitrinus</i>	716	579
<i>Pnigalio mediterraneus</i>	231	222
Pteromalidae	251	224
Chenille lepidoptera sp	2048	1601
<i>Aphis gossypi</i>	4763	4188
<i>Aphis spiraeicola</i>	4854	3997
<i>Myzus persicae</i>	2819	2451

CHAPITRE III : RÉSULTATS

Total Abondance	28337 23555
Test de Wilcoxon	$p < 5\%$: 0,0005429
Test de Monte Carlo	$p < 5\%$: 0,00013

HE: huile essentielle, RO: *Rosmarinus officinalis*, RT: *Rosmarinus tournefortii*

Le test de Wilcoxon confirmé par le test de Monte Carlo est avancé dans le but d'apprécier la variation d'estimation de l'activité biocide et comparer l'efficacité de deux huiles essentielles formulées, la comparaison des espèces sous l'effet de chaque l'huile formulée présente une différence très hautement significative ($P < 0.000$) entre l'efficacité de deux huiles essentielles du romarin.

Tableau III.14 : Etude comparée de la disponibilité des espèces folivores sous l'effet des huiles essentielles formulées de *R. officinalis* et de *R. tournefortii*.

	HE RO JL	Tém	HE RT EC	Tém	HE RT JL	Tém	HE RT ST	Tém	HE RO ST	Tém
N:	22		22		22		22		22	
Mean:	155,82	541,6	209,23	541,6	201,05	541,6	205,09	541,6	217,09	541,6
Median:	57	169,5	71	169,5	68	169,5	66,5	169,5	73	169,5
Test de Wilcoxon	$5,95 \times 10^{-5}$		$5,95 \times 10^{-5}$		$7,96 \times 10^{-5}$		$8,84 \times 10^{-5}$		0,0004769	
test de Monte Carlo	$P < 0.00001$		$P < 0.00001$							

Tableau III.14 Bis: Etude comparée de la disponibilité des espèces folivores sous l'effet des huiles essentielles formulées de *R. officinalis* et *R. tournefortii*.

	HE RT TL	Tém	HE RO ES	Tém	HE RO TL	Tém	HE RO ES	Tém	HE RT ES	Tém
N:	22		22		22		22		22	
Mean	758,18	541,6	253,41	541,6	266,41	541,6	322,05	541,6	216,55	541,6
Median	250	169,5	73	169,5	65,5	169,5	86,5	169,5	74	169,5
Test de Wilcoxon	0,00096618		0,0010168		0,0016577		0,098741		0,00022882	
Test de Monte Carlo	$p < 0,00022$		$p < 0,00032$		$p < 0,00088$		$p < 0,10364$		$p < 2,00 \times 10^{-5}$	

D'après le (Tabl III.14 et III.14 Bis) le test de Wilcoxon confirmé par le test de Monte Carlo est avancé dans le but d'apprécier la disponibilité des espèces folivores sous l'effet des huiles essentielles formulées de *Rosmarinus officinalis* et de *Rosmarinus tournefortii* issues de différents stimulateurs (TL, JL, ES, EC et ST) présente une différence très hautement significative ($P < 0.000$) entre l'efficacité de deux huiles essentielles du romarin par rapport au témoin, excepté la disponibilité des espèces sous l'effet de l'huile essentielle formulée de *R. officinalis* traité par le ES montre une différence non significative ($p > 5\%$) comparée au témoin.

CHAPITRE III : RÉSULTATS

III.7.4. Effet des huiles essentielles formulées sur la structure écologique de l'entomofaune.

Tableau III.15 : Disponibilité de l'entomofaune folivore sous l'effet de l'huile essentielle formulée de *R. officinalis* traité par le jus de lombricopost JL.

Espèces	AV			AP1			AP2		
	F %	C %	STAT ECO	F %	C %	STAT ECO	F %	C %	STAT ECO
<i>Parlatoria pergandei</i>	3,175	100	omn	1,77	100	Omn	1,27	100	omn
<i>Aonidiella aurantii</i>	3,968	100	omn	3,29	100	Omn	1,67	100	omn
<i>Coccus hesperdum</i>	1,389	66,67	Rég	1,43	100	Omn	1,38	100	omn
<i>Parlatoria ziziphus</i>	19,048	100	omn	17,02	100	Omn	14,05	100	omn
<i>Aleurothrixus floccosus</i>	13,095	100	omn	6,49	100	Omn	8,29	100	omn
<i>Dialeurodes citri</i>	5,952	66,67	Rég	3,96	100	Omn	2,19	100	omn
<i>Ectopsocus briggsi</i> Mc Lac	1,786	100	omn	0,08	50	Rég	0,40	100	omn
Thripidae	2,183	100	omn	1,26	100	Omn	1,50	100	omn
Cécidomyiidae	1,587	100	omn	0,17	100	Omn	1,32	100	omn
<i>Empoasca</i> sp	0,595	100	omn	-	-	-	-	-	-
<i>Aphis gossypi</i>	8,730	100	omn	14,91	100	Omn	18,54	100	omn
<i>Aphis spiraecola</i>	21,429	100	omn	19,55	100	Omn	13,76	100	omn
<i>Myzus persicae</i>	10,119	66,67	Rég	13,06	100	Omn	8,81	100	omn
<i>Coniopteryx</i> sp	0,794	100	omn	1,52	100	Omn	1,21	100	omn
<i>Lysiphlebus fabarium</i>	2,183	66,67	Rég	1,68	100	Omn	1,21	100	omn
<i>Clithostetus arcuatus</i>	-	-	-	2,19	100	Omn	1,78	100	omn
<i>Aphytis melinus</i>	2,183	100	omn	1,35	100	Omn	1,73	100	omn
<i>Encarsia sitrinus</i>	0,992	66,67	Rég	4,72	100	Omn	3,34	100	omn
<i>Pnigalio mediterraneus</i>	-	-	-	1,01	100	Omn	1,67	100	omn
Syrphidae	0,198	33,33	access	1,10	100	Omn	1,32	100	omn
Chenille lepidoptera sp	-	-	-	2,19	100	Omn	12,90	100	omn
Pteromalidae	0,595	100	omn	1,26	100	omn	1,67	100	omn

AV: Avant traitement AP1 : Après traitement 1 AP2 : Après traitement 2 F% : Fréquence C% : Constance
STAT ECO : Statut écologique Acces : Accessoire Omn : Omniprésente Rég : Régulière

Relativement à l'abondance relative (Tab.III.15) les espèces les plus représentées sont : *Aonidiella aurantii*, *Parlatoria ziziphus*, *Aleurothrixus floccosus*, *Thripidae*, *Aphis gossypi*, *Aphis spiraecola* et *Empoasca* sp dont la constance est 100% montrent qu'elles sont omniprésentes avant et après le traitement 1 et 2, sauf l'absence de *Empoasca* sp après traitement. Les espèces dont la présence régulières avant traitement sont : *Parlatoria pergandei*, *Coccus hesperdum*, *Dialeurodes citri*, *Myzus persicae*, *Coniopteryx* sp, *Lysiphlebus fabarium*, *Clithostetus arcuatus*, *Aphytis melinus*, *Encarsia sitrinus*, *Pnigalio mediterraneus* et Syrphidae qu'elles sont omniprésente après le traitement 1 et 2. Alors celles dont la présence est accessoire avant traitement *Ectopsocus briggsi* Mc Lac qu'elle est régulière après le traitement 1 et 2. Cécidomyiidae, Chenille lepidoptera sp deux espèces absentes avant traitement mais omniprésentes après le traitement 1 et 2.

CHAPITRE III : RÉSULTATS

Tableau III.16 : Disponibilité de l'entomofaune folivore sous l'effet de l'huile essentielle formulée de *R. tournefortii* traité par l'eau de ville (EC)

Espèces	AV			AP1			AP2		
	F %	C %	STAT ECO	F %	C %	STAT ECO	F %	C %	STAT ECO
<i>Parlatoria pergandei</i>	1,30	66,67	Rég	1,71	100	Omn	1,59	100	Omn
<i>Aonidiella aurantii</i>	2,79	100	Omn	3,07	100	Omn	1,33	100	Omn
<i>Coccus hesperdum</i>	1,74	66,67	Rég	1,44	100	Omn	1,70	100	Omn
<i>Parlatoria ziziphus</i>	24,49	100	Omn	19,66	100	Omn	10,53	100	Omn
<i>Aleurothrixus floccosus</i>	5,95	100	Omn	7,84	100	Omn	9,99	100	Omn
<i>Dialeurodes citri</i>	4,28	66,67	Rég	4,15	100	Omn	2,29	100	Omn
<i>Ectopsocus briggsi</i> Mc Lac	0,06	33,33	Acces	0,18	100	Omn	0,27	66,67	Rég
Thripidae	1,55	100	Omn	1,53	100	Omn	1,59	100	Omn
Cécidomyiidae	-	-	-	0,99	100	Omn	1,28	100	Omn
<i>Empoasca</i> sp	0,19	100	Omn	-	-	-	-	-	-
<i>Aphis gossypi</i>	19,96	100	Omn	15,33	100	Omn	16,59	100	Omn
<i>Aphis spiraeicola</i>	19,71	100	Omn	15,87	100	Omn	15,10	100	Omn
<i>Myzus persicae</i>	12,59	66,67	Rég	13,62	100	Omn	8,03	100	Omn
<i>Coniopteryx</i> sp	0,50	66,67	Rég	1,26	100	Omn	1,12	100	Omn
<i>Lysiphlebus fabarum</i>	1,36	66,67	Rég	1,53	100	Omn	1,59	100	Omn
<i>Clithostetus arcuatus</i>	0,50	66,67	Rég	1,53	100	Omn	2,02	100	Omn
<i>Aphytis melinus</i>	0,56	66,67	Rég	1,26	100	Omn	0,96	100	Omn
<i>Encarsia sitrinus</i>	1,74	66,67	Rég	4,24	100	Omn	1,49	100	Omn
<i>Pnigalio mediterraneus</i>	0,12	66,67	Rég	0,99	100	Omn	1,28	100	Omn
Syrphidae	0,19	66,67	Rég	1,26	100	Omn	1,59	100	Omn
Chenille lepidoptera sp	-	-	-	1,62	100	Omn	18,61	100	Omn
Pteromalidae	0,43	66,67	Rég	0,90	100	Omn	1,06	100	Omn

AV: Avant traitement AP1 : Après traitement 1 AP2 : Après traitement 2 F% : Fréquence C% : Constance
STAT ECO : Statut écologique Acces : Accessoire Omn : Omniprésente Rég : Régulière

Selon le (Tabl.III.16) les espèces les plus représentées sont : *Aonidiella aurantii*, *Parlatoria ziziphus*, *Aleurothrixus floccosus*, *Ectopsocus briggsi* Mc Lac, *Thripidae* *Empoasca* sp, *Aphis gossypi*, et *Chenille lepidoptera* sp dont la constance est 100% montrent qu'elles sont omniprésentes avant et après le traitement 1 et le traitement 2, excepté *Aphis spiraeicola* est régulière et ainsi la disparition d'*Empoasca* sp après traitement. Les espèces dont la présence est régulières avant traitement sont : *Parlatoria pergandei*, *Coccus hesperdum*, *Dialeurodes citri*, *Myzus persicae*, *Coniopteryx* sp, *Lysiphlebus fabarum*, *Clithostetus arcuatus*, *Aphytis melinus*, *Encarsia sitrinus*, et *Pnigalio mediterraneus*, *Syrphidae* et *Pteromalidae* qu'elles sont omniprésentes après le traitement 1 et 2. L'absence de *Cécidomyiidae* avant le traitement mais omniprésentes après le traitement 1 et ainsi que le traitement 2.

CHAPITRE III : RÉSULTATS

Tableau III.17: Disponibilité de l'entomofaune folivore sous l'effet de l'huile essentielle formulée de *R. tournefortii* traité par le jus de lombricompost (JL).

Espèces	AV			AP1			AP2		
	F %	C %	STAT ECO	F %	C %	STAT ECO	F %	C %	STAT ECO
<i>Parlatoria pergandei</i>	1,43	66,67	Rég	1,69	100	Omn	1,53	100	Omn
<i>Aonidiella aurantii</i>	2,99	100	Omn	3,21	100	Omn	1,65	100	Omn
<i>Coccus hesperdum</i>	2,56	66,67	Rég	1,35	100	Omn	1,59	100	Omn
<i>Parlatoria ziziphus</i>	23,88	100	Omn	19,75	100	Omn	16,10	100	Omn
<i>Aleurothrixus floccosus</i>	6,17	100	Omn	7,17	100	Omn	9,67	100	Omn
<i>Dialeurodes citri</i>	2,74	66,67	Rég	3,71	100	Omn	2,08	100	Omn
<i>Ectopsocus briggsi</i> Mc Lac	0,44	100	Omn	0,08	50	Omn	0,37	100	Omn
Thripidae	1,25	100	Omn	1,27	100	Omn	2,02	100	Omn
Cécidomyiidae	-	-	-	0,76	100	Omn	2,08	100	Omn
<i>Empoasca</i> sp	0,19	100	Omn	-	-	-	-	-	-
<i>Aphis gossypii</i>	20,70	100	Omn	17,72	100	Omn	10,28	100	Omn
<i>Aphis spiraecola</i>	18,83	100	Omn	15,70	100	Omn	16,40	66,67	Rég
<i>Myzus persicae</i>	13,97	66,67	Rég	13,92	100	Omn	5,81	100	Omn
<i>Coniopteryx</i> sp	0,25	66,67	Rég	1,01	100	Omn	1,71	100	Omn
<i>Lysiphlebus fabarium</i>	1,06	66,67	Rég	1,60	100	Omn	1,65	100	Omn
<i>Clithostetus arcuatus</i>	0,37	66,67	Rég	1,35	100	Omn	1,77	100	Omn
<i>Aphytis melinus</i>	1,06	66,67	Rég	1,35	100	Omn	1,16	100	Omn
<i>Encarsia sitrinus</i>	1,31	66,67	Rég	3,97	100	Omn	3,30	100	Omn
<i>Pnigalio mediterraneus</i>	0,12	66,67	Rég	0,76	100	Omn	2,39	100	Omn
Syrphidae	0,25	66,67	Rég	1,27	100	Omn	1,90	100	Omn
Chenille <i>lepidoptera</i> sp	0,19	100	Omn	1,52	100	Omn	15,61	100	Omn
Pteromalidae	0,25	66,67	Rég	0,84	100	Omn	0,92	100	Omn

: Avant traitement AP1: Après traitement 1 AP2 : Après traitement 2 F% : Fréquence C% : Constance STAT ECO : Statut écologique Acces : Accessoire Omn : Omniprésente Rég : Régulière

Suivant le (Tabl III.17) les espèces qui sont omniprésentes avant et après le traitement 1 et 2 sont : *Aonidiella aurantii*, *Parlatoria ziziphus*, *Aleurothrixus floccosus*, *Ectopsocus briggsi* Mc Lac, *Thripidae*, *Empoasca* sp, *Aphis gossypii*, *Aphis spiraecola*, *Coniopteryx* sp et Chenille *lepidoptera* sp, excepté l'absence d'*Empoasca* sp après traitement. Les espèces dont la présence est régulières avant traitement sont *Parlatoria pergandei*, *Coccus hesperdum*, *Dialeurodes citri*, *Myzus persicae*, *Lysiphlebus fabarium*, *Clithostetus arcuatus*, *Aphytis melinus*, *Encarsia sitrinus*, *Pnigalio mediterraneus* et Pteromalidae qu'elles sont omniprésentes après le traitement 1 et 2. La famille Syrphidae dont la présence est accessoire avant traitement mais omniprésente après le traitement 1 et 2. L'absence de Cécidomyiidae avant traitement mais omniprésente après le traitement 1 et 2.

CHAPITRE III : RÉSULTATS

Tableau III.18: Disponibilité de l'entomofaune folivore sous l'effet de l'huile essentielle formulée de *R. tournefortii* non traité (témoin ST).

Espèces	AV			AP1			AP2		
	F %	C %	STAT ECO	F %	C %	STAT ECO	F %	C %	STAT ECO
<i>Parlatoria pergandei</i>	1,18	66,67	Rég	1,59	100	omn	1,62	100	Omn
<i>Aonidiella aurantii</i>	2,82	100	Omn	3,01	100	omn	1,62	100	Omn
<i>Coccus hesperdum</i>	1,05	66,67	Rég	1,35	100	omn	1,74	100	Omn
<i>Parlatoria ziziphus</i>	17,84	100	Omn	19,83	100	omn	16,51	100	Omn
<i>Aleurothrix floccosus</i>	9,64	100	Omn	7,53	100	omn	11,07	100	Omn
<i>Dialeurodes citri</i>	3,67	66,67	Rég	3,81	100	omn	2,03	100	Omn
<i>Ectopsocus briggsi</i> Mc Lac	0,39	100	Omn	0,16	100	omn	0,41	100	Omn
Thripidae	1,18	100	Omn	1,27	100	omn	1,97	100	Omn
Cécidomyiidae	-	-	-	0,56	100	omn	1,74	100	Omn
<i>Empoasca</i> sp	0,20	100	Omn	-	-	-	-	-	-
<i>Aphis gossypi</i>	24,39	100	Omn	19,03	100	Omn	15,76	100	Omn
<i>Aphis spiraeicola</i>	23,87	100	Omn	15,78	100	Omn	15,01	100	Omn
<i>Myzus persicae</i>	9,84	66,67	Rég	11,90	100	Omn	6,60	100	Omn
<i>Coniopteryx</i> sp	0,20	100	Omn	1,19	100	Omn	1,85	100	Omn
<i>Lysiphlebus fabarum</i>	0,85	66,67	Rég	1,59	100	Omn	1,97	100	Omn
<i>Clithostetus arcuatus</i>	0,20	66,67	Rég	2,06	100	Omn	1,91	100	Omn
<i>Aphytis melinus</i>	0,66	66,67	Rég	1,35	100	Omn	1,45	100	Omn
<i>Encarsia sitrinus</i>	1,11	66,67	Rég	4,04	100	Omn	2,78	100	Omn
<i>Pnigalio mediterraneus</i>	0,13	66,67	Rég	0,71	100	Omn	2,20	100	Omn
Syrphidae	0,26	33,33	Acces	1,03	100	omn	1,39	100	Omn
Chenille lepidoptera sp	0,20	100	Omn	1,51	100	Omn	8,29	100	Omn
Pteromalidae	0,33	66,67	Rég	0,71	100	Omn	2,09	100	Omn

ECO : Statut écologique Acces : Accessoire Omn : Omniprésente Rég : Régulière

En terme d'abondance relative les espèces qui sont omniprésentes avant et après le traitement 1 et aussi le traitement 2 sont: *Aonidiella aurantii*, *Aleurothrix floccosus*, *Parlatoria ziziphus*, *Thripidae*, *Empoasca* sp, *Aphis gossypi*, *Aphis spiraeicola*, *Coniopteryx* sp, *Lysiphlebus fabarum*, *Syrphidae* et *Chenille lepidoptera* sp dont la constance est 100% , l'absence d'*Empoasca* sp après traitement. *Ectopsocus briggsi* Mc Lac omniprésente avant et après le traitement 1 mais régulière après le traitement 2. *Parlatoria pergandei*, *Coccus hesperdum*, *Dialeurodes citri*, *Myzus persicae*, *Clithostetus arcuatus* et *Aphytis melinus* se sont des espèces dont la présence est régulières avant traitement mais omniprésentes après le traitement 1 et 2. Alors celles dont la présence est accessoire avant traitement et omniprésente après le traitement 1 et 2 sont : *Encarsia sitrinus*, *Pnigalio mediterraneus*, *Pteromalidae*.

CHAPITRE III : RÉSULTATS

Tableau III.19 : Disponibilité de l'entomofaune folivore sous l'effet de l'huile essentielle formulée de *R. officinalis* non traité (témoin ST).

Espèces	AV			AP1			AP2		
	F %	C %	STAT ECO	F %	C %	STAT ECO	F %	C %	STAT ECO
<i>Parlatoria pergandei</i>	1,30	66,67	Rég	1,66	100,00	omn	1,72	100,00	omn
<i>Aonidiella aurantii</i>	2,24	100,00	omn	3,09	100,00	omn	1,99	100,00	omn
<i>Coccus hesperdum</i>	0,75	66,67	Rég	1,27	100,00	omn	2,12	100,00	omn
<i>Parlatoria ziziphus</i>	36,61	100,00	omn	19,81	100,00	omn	11,40	100,00	omn
<i>Aleurothrixus floccosus</i>	9,53	100,00	omn	7,53	100,00	omn	11,13	100,00	omn
<i>Dialeurodes citri</i>	5,19	66,67	Rég	3,80	100,00	omn	2,85	100,00	omn
<i>Ectopsocus briggsi</i> Mc Lac	0,15	100,00	omn	0,16	100,00	omn	0,13	66,67	Rég
Thripidae	1,90	100,00	omn	1,27	100,00	omn	1,92	100,00	omn
Cécidomyiidae	-	-	-	0,40	100,00	omn	1,46	100,00	omn
<i>Empoasca</i> sp	0,15	100,00	omn	-	-	-	-	-	-
<i>Aphis gossypi</i>	19,45	100,00	omn	19,02	100,00	omn	12,26	100,00	omn
<i>Aphis spiraecola</i>	13,62	100,00	omn	15,77	100,00	omn	17,63	100,00	omn
<i>Myzus persicae</i>	4,14	66,67	Rég	11,89	100,00	omn	8,35	100,00	omn
<i>Coniopteryx</i> sp	0,30	100,00	omn	1,03	100,00	omn	1,66	100,00	omn
<i>Lysiphlebus fabarium</i>	1,30	100,00	omn	1,58	100,00	omn	1,66	100,00	omn
<i>Clithostetus arcuatus</i>	0,65	66,67	Rég	2,06	100,00	omn	2,05	100,00	omn
<i>Aphytis melinus</i>	1,30	66,67	Rég	1,35	100,00	omn	1,99	100,00	omn
<i>Encarsia sitrinus</i>	0,60	33,33	acces	4,12	100,00	omn	3,11	100,00	omn
<i>Pnigalio mediterraneus</i>	0,20	33,33	acces	0,63	100,00	omn	1,39	100,00	omn
Syrphidae	0,25	100,00	omn	1,19	100,00	omn	2,12	100,00	omn
Chenille lepidoptera sp	0,30	100,00	omn	1,51	100,00	omn	10,80	100,00	omn
Pteromalidae	0,10	33,33	acces	0,87	100,00	omn	2,25	100,00	omn

AV : Avant traitement AP1 : Après traitement 1 AP2 : Après traitement 2 F%: Fréquence C% : Constance STAT ECO : Statut écologique Acces : Accessoire Omn : Omniprésente Rég : Régulière

D'après le (Tabl III.19) indique que les espèces les plus représentées sont: *Aonidiella aurantii*, *Parlatoria ziziphus*, *Aleurothrixus floccosus*, *Empoasca* sp, *Aphis gossypi*, *Aphis spiraecola* et *Coniopteryx* sp dont la constance est 100% sont omniprésentes avant et après le traitement 1 et 2, excépté la disparition d'*Empoasca* sp après traitement. *Parlatoria pergandei*, *Coccus hesperdum*, *Dialeurodes citri*, *Ectopsocus briggsi* Mc Lac, Thripidae, Cécidomyiidae, *Myzus persicae*, *Lysiphlebus fabarium*, *Clithostetus arcuatus*, *Aphytis melinus*, *Encarsia sitrinus*, *Pnigalio mediterraneus*, Syrphidae, Chenille lepidoptera sp et la famille Pteromalidae sont régulières avant traitement mais omniprésente après les deux traitements.

CHAPITRE III : RÉSULTATS

Tableau III.20 : Disponibilité de l'entomofaune folivore sous l'effet de l'huile essentielle formulée de *R. tournefortii* traité par le thé de lombricopost (TL).

Espèces	AV			AP1			AP2		
	F %	C %	STAT ECO	F %	C %	STAT ECO	F %	C %	STAT ECO
<i>Parlatoria pergandei</i>	1,19	66,67	Rég	1,63	100	Omn	1,43	100	Omn
<i>Aonidiella aurantii</i>	2,57	100	Omn	2,87	100	Omn	1,33	100	Omn
<i>Coccus hesperdum</i>	1,83	66,67	Rég	1,24	100	Omn	1,43	100	Omn
<i>Parlatoria ziziphus</i>	23,18	100	Omn	20,08	100	Omn	12,01	100	Omn
<i>Aleurothrixus floccosus</i>	7,01	100	Omn	7,65	100	Omn	8,15	100	Omn
<i>Dialeurodes citri</i>	5,04	66,66	Rég	4,02	100	Omn	1,83	100	Omn
<i>Ectopsocus briggsi</i> Mc Lac	0,14	66,66	Rég	0,38	100	Omn	0,30	100	Omn
Thripidae	1,42	66,66	Rég	1,82	100	Omn	1,63	100	Omn
Cécidomyiidae	0,09	66,66	Rég	1,24	100	Omn	1,09	100	Omn
<i>Empoasca</i> sp	0,14	100	Omn	-	-	-	-	-	-
<i>Aphis gossypii</i>	22,72	100	Omn	16,25	100	Omn	16,06	100	Omn
<i>Aphis spiraeicola</i>	17,27	100	Omn	14,34	100	Omn	14,03	100	Omn
<i>Myzus persicae</i>	11,18	66,66	Rég	13,38	100	Omn	6,37	100	Omn
<i>Coniopteryx</i> sp	0,27	100	Omn	1,34	100	Omn	1,09	100	Omn
<i>Lysiphlebus fabarium</i>	0,78	66,66	Rég	1,43	100	Omn	1,63	100	Omn
<i>Clithostetus arcuatus</i>	0,87	66,66	Rég	1,91	100	Omn	1,68	100	Omn
<i>Aphytis melinus</i>	0,46	66,66	Rég	1,24	100	Omn	1,48	100	Omn
<i>Encarsia sitrinus</i>	2,57	66,66	Rég	3,25	100	Omn	1,24	100	Omn
<i>Pnigalio mediterraneus</i>	0,18	66,66	Rég	1,53	100	Omn	0,99	100	Omn
Syrphidae	0,23	66,66	Rég	1,72	100	Omn	1,73	100	Omn
Chenille lepidoptera sp	0,27	66,66	Rég	1,43	100	Omn	22,88	100	Omn
Pteromalidae	0,60	66,66	Rég	1,24	100	Omn	1,63	100	Omn

AP1 : Après traitement 1 AP2 : Après traitement 2 F% : Fréquence C% : Constance STAT ECO : Statut
 écologique Acces : Accessoire Omn : Omniprésente Rég : Régulière

Relativement à l'abondance relative les espèces les plus représentées sont omniprésentes avant et après le traitement 1 et 2: *Parlatoria pergandei*, *Aonidiella aurantii*, *Coccus hesperdum*, *Parlatoria ziziphus*, *Aleurothrixus floccosus*, *Ectopsocus briggsi* Mc Lac, *Thripidae*, *Empoasca* sp, *Aphis gossypii*, *Aphis spiraeicola*, *Coniopteryx* sp, *Lysiphlebus fabarium*, *Clithostetus arcuatus* et *Syrphidae*, sauf l'absence d'*Empoasca* sp après traitement. *Pnigalio mediterraneus* dont la présence est accessoire avant traitement est omniprésente après le traitement 1 et de cette manière le traitement 2. Les espèces avec lequel la présence est régulière avant traitement mais omniprésente après le traitement 1 et 2 sont : *Dialeurodes citri*, *Myzus persicae*, *Aphytis melinus*, *Encarsia sitrinus*, *Chenille lepidoptera* sp, et *Pteromalidae*.

CHAPITRE III : RÉSULTATS

Tableau III.21 : Disponibilité de l'entomofaune folivore sous l'effet de l'huile essentielle formulée de *R. officinalis* traité par l'eau de ville (EC).

Espèces	AV			AP1			AP2		
	F %	C %	STAT ECO	F %	C %	STAT ECO	F %	C %	STAT ECO
<i>Parlatoria pergandei</i>	1,14	100,	omn	1,92	100,	omn	1,66	100	omn
<i>Aonidiella aurantii</i>	2,66	100,	omn	3,47	100,	omn	1,56	100	omn
<i>Coccus hesperdum</i>	0,98	100,	omn	1,37	100,	omn	1,50	100	omn
<i>Parlatoria ziziphus</i>	43,4	100,	omn	15,4	100,	omn	13,3	100	omn
<i>Aleurothrixus floccosus</i>	5,25	100	omn	7,85	100,	omn	7,52	100	omn
<i>Dialeurodes citri</i>	3,25	66,67	Rég	3,84	100,	omn	2,28	100	omn
<i>Ectopsocus briggsi</i>	0,12	100,	omn	0,18	100,	omn	0,31	100	omn
Thripidae	0,98	100,00	omn	1,37	100,00	omn	1,71	100	omn
Cécidomyiidae	-	-	-	0,27	100,00	omn	1,56	100	omn
<i>Empoasca sp</i>	0,12	100,00	omn	-	-	-	-	-	-
<i>Aphis gossypii</i>	6,93	100,00	omn	16,44	100,00	omn	15,10	100	omn
<i>Aphis spiraecola</i>	27,26	100,00	omn	18,17	100,00	omn	15,46	100	omn
<i>Myzus persicae</i>	5,17	66,67	Rég	12,05	100,00	omn	7,11	100	omn
<i>Coniopteryx sp</i>	0,27	100,00	omn	1,37	100,00	omn	1,66	100,00	omn
<i>Lysiphlebus fabarum</i>	0,82	100,00	omn	2,01	100,00	omn	1,56	100,00	omn
<i>Clithostetus arcuatus</i>	0,16	100,00	omn	2,56	100,00	omn	1,40	100,00	omn
<i>Aphytis melinus</i>	0,43	66,67	Rég	1,46	100,00	omn	1,61	100,00	omn
<i>Encarsia sitrinus</i>	0,55	66,67	Rég	4,93	100,00	omn	2,75	100,00	omn
<i>Pnigalio mediterraneus</i>	0,16	33,33	acces	0,73	100,00	omn	1,61	100,00	omn
Syrphidae	0,12	100,00	omn	1,46	100,00	omn	1,87	100,00	omn
Chenille lepidoptera sp	0,08	66,67	Rég	1,92	100,00	omn	16,66	100,00	omn
Pteromalidae	0,08	66,67	Rég	1,19	100,00	omn	1,71	100,00	omn

AP1: Après traitement 1 AP2: Après traitement 2 F% : Fréquence C% : Constance STAT ECO : Statut écologique Acces : Accessoire Omn : Omniprésente Rég : Régulière

D'après le (Tabl III.21) les espèces les plus représentées sont : *Parlatoria pergandei*, *Coccus hesperdum*, *Dialeurodes citri*, *Empoasca sp*, *Myzus persicae*, *Myzus persicae*, *Coniopteryx sp*, *Clithostetus arcuatus*, *Pnigalio mediterraneus*, Chenille lepidoptera sp et Pteromalidae sont des espèces régulières avant traitement est omniprésentes après le traitement 1 et 2, à l'exception de la Chenille lepidoptera sp qu'elle est régulière après le traitement 2. *Aonidiella aurantii*, *Parlatoria ziziphus*, *Aleurothrixus floccosus*, *Thripidae*, *Aphis gossypii* et *Aphis spiraecola* sont des espèces duquel la présence est omniprésente avant et après les deux traitements. *Empoasca sp* est omniprésente avant traitement et a disparu après l'application du deuxième traitement, alors celles dont la présence est accessoire avant traitement est omniprésente après le traitement 1 et 2 sont : *Ectopsocus briggsi* Mc Lac, *Lysiphlebus fabarum*, *Aphytis melinus*, *Encarsia sitrinus*, et Syrphidae, excepté que la famille Cécidomyiidae est accessoire avant traitement et régulière après le traitement 1 et omniprésente après le traitement

CHAPITRE III : RÉSULTATS

Tableau III.22 : Disponibilité de l'entomofaune folivore sous l'effet de l'huile essentielle formulée de *R. officinalis* traité par le thé de lombricompost (TL).

Espèces	AV			AP1			AP2		
	F %	C %	STAT ECO	F %	C %	STAT ECO	F %	C %	STAT ECO
<i>Parlatoria pergandei</i>	1,04	66,67	Rég	1,64	100	omn	1,16	100	omn
<i>Aonidiella aurantii</i>	1,81	100	omn	2,97	100	omn	1,61	100	omn
<i>Coccus hesperdum</i>	0,54	66,67	Rég	1,25	100	omn	0,81	100	omn
<i>Parlatoria ziziphus</i>	30	100	omn	19,5	100	omn	11	100	omn
<i>Aleurothrixus floccosus</i>	5,89	100	omn	7,04	100	omn	6,50	100	omn
<i>Dialeurodes citri</i>	2,31	66,67	Rég	3,52	100	omn	2,22	100	omn
<i>Ectopsocus briggsi</i> Mc Lac	0,04	33,33	acces	0,16	100	omn	0,35	100	omn
Thripidae	0,65	100	omn	1,02	100	omn	1,56	100	omn
Cécidomyidae	0,08	33,33	acces	0,08	50,00	Rég	1,06	100	omn
<i>Empoasca</i> sp	0,12	66,67	Rég	-	-	-	-	-	-
<i>Aphis gossypii</i>	22,1	100	omn	14,8	100	omn	17,2	100	omn
<i>Aphis spiraecola</i>	17,76	100	omn	17,2	100	omn	13,0	100	omn
<i>Myzus persicae</i>	11,56	66,67	Rég	14,07	100,00	omn	7,30	100,00	omn
<i>Coniopteryx</i> sp	0,27	66,67	Rég	1,33	100,00	omn	1,36	100,00	omn
<i>Lysiphlebus fabarum</i>	0,50	33,33	acces	1,64	100,00	omn	0,86	100,00	omn
<i>Clithostetus arcuatus</i>	0,19	66,67	Rég	2,11	100,00	omn	1,91	100,00	omn
<i>Aphytis melinus</i>	0,39	33,33	acces	1,56	100,00	omn	0,96	100,00	omn
<i>Encarsia sitrinus</i>	0,12	33,33	acces	6,18	100,00	omn	2,22	100,00	omn
<i>Pnigalio mediterraneus</i>	0,08	66,67	Rég	0,70	100,00	omn	1,31	100,00	omn
Syrphidae	0,08	33,33	acces	1,49	100,00	omn	1,31	100,00	omn
Chenille lepidoptera sp	0,31	66,67	Rég	0,70	100,00	omn	25,18	66,67	Rég
Pteromalidae	0,23	66,67	Rég	0,94	100,00	omn	0,96	100,00	omn

AV : Avant traitement AP1 : Après traitement 1 AP2 : Après traitement 2 F% : Fréquence C% : Constance
STAT ECO : Statut écologique Acces : Accessoire Omn : Omniprésente Rég : Régulière

Les espèces les plus représentées (Tabl.III. 22) sont: *Aonidiella aurantii*, *Coccus hesperdum*, *Parlatoria ziziphus*, *Empoasca* sp, *Aphis gossypii*, *Aphis spiraecola*, *Myzus persicae*, *Coniopteryx* sp, *Clithostetus arcuatus* et *Aphytis melinus* dont la constance est 100% montrent qu'elles sont omniprésentes avant et après le traitement 1 et le traitement 2. *Parlatoria pergandei*, *Aleurothrixus floccosus*, *Dialeurodes citri*, *Thripidae*, *Lysiphlebus fabarum*, *Encarsia sitrinus*, *Pnigalio mediterraneus* et *Syrphidae* sont des espèces dont la présence est régulière avant traitement et omniprésentes après les deux traitements. *Ectopsocus briggsi* Mc Lac, *Chenille lepidoptera* sp et *Pteromalidae* sont des espèces dont la présence est accessoire avant traitement est omniprésente après le traitement 1 et le traitement 2. *Cécidomyidae* et a disparu avant traitement et régulière après le premier traitement et omniprésente après le deuxième traitement. Pendant qu'*Empoasca* sp est omniprésente avant traitement et absente après les deux traitements.

CHAPITRE III : RÉSULTATS

Tableau III.23 : Disponibilité de l'entomofaune folivore sous l'effet de l'huile essentielle formulée de *R. officinalis* traité par la solution saline (ES).

Espèces	AV			AP1			AP2		
	F %	C %	STAT ECO	F %	C %	STAT ECO	F %	C %	STAT ECO
<i>Parlatoria pergandei</i>	2,77	66,67	Rég	1,72	100	omn	1,22	100	omn
<i>Aonidiella aurantii</i>	4,07	100	omn	3,20	100	omn	1,52	100	omn
<i>Coccus hesperdum</i>	1,26	100	omn	1,31	100	omn	1,34	100	omn
<i>Parlatoria ziziphus</i>	21,5	100	omn	16,3	100	omn	15,2	100	omn
<i>Aleurothrixus floccosus</i>	6,30	66,67	Rég	7,39	100	omn	6,08	100	omn
<i>Dialeurodes citri</i>	2,34	66,67	Rég	3,28	100	omn	2,01	100	omn
<i>Ectopsocus briggsi</i> Mc Lac	0,07	33,33	acces	0,08	50,00	Rég	0,36	100	omn
Thripidae	0,17	66,67	Rég	1,15	100	omn	2,25	100	omn
Cécidomyidae	-	-	-	0,08	50,00	Rég	1,64	100	omn
<i>Empoasca</i> sp	0,07	100	omn	-	-	-	-	-	-
<i>Aphis gossypii</i>	14,9	100	omn	16,3	100	omn	20,9	100	omn
<i>Aphis spiraecola</i>	15,7	100	omn	16,6	100	omn	15,7	100	omn
<i>Myzus persicae</i>	28,1	100	omn	13,55	100	omn	5,17	100	omn
<i>Coniopteryx</i> sp	0,07	100,00	omn	1,64	100,00	omn	1,82	100,00	omn
<i>Lysiphlebus fabarium</i>	0,76	66,67	Rég	1,81	100,00	omn	1,70	100,00	omn
<i>Clithostetus arcuatus</i>	0,17	100,00	omn	2,46	100,00	omn	2,01	100,00	omn
<i>Aphytis melinus</i>	0,69	100,00	omn	1,64	100,00	omn	1,22	100,00	omn
<i>Encarsia sitrinus</i>	0,40	66,67	Rég	6,32	100,00	omn	2,19	100,00	omn
<i>Pnigalio mediterraneus</i>	0,14	66,67	Rég	0,82	100,00	omn	1,82	100,00	omn
Syrphidae	0,19	66,67	Rég	1,31	100,00	omn	1,70	100,00	omn
Chenille lepidoptera sp	0,09	33,33	acces	1,81	100,00	omn	12,77	100,00	omn
Pteromalidae	0,09	33,33	acces	1,07	100,00	omn	1,34	100,00	omn

Le tableau III.23 figure les espèces les plus représentées sont des espèces omniprésentes toute la période d'essai : *Aonidiella aurantii*, *Coccus hesperdum*, *Parlatoria ziziphus*, *Empoasca* sp, *Aphis gossypii*, *Aphis spiraecola*, *Myzus persicae*, *Coniopteryx* sp, *Clithostetus arcuatus*, *Aphytis melinus*. *Parlatoria pergandei*, *Aleurothrixus floccosus*, *Dialeurodes citri*, *Thripidae*, *Lysiphlebus fabarium*, *Encarsia sitrinus*, *Pnigalio mediterraneus* et *Syrphidae* sont des espèces dont la présence est régulière avant traitement et omniprésentes après les deux traitements. *Ectopsocus briggsi* Mc Lac, *Chenille lepidoptera* sp et *Pteromalidae* sont des espèces dont la présence est accessoire avant traitement et omniprésente après les deux traitements. A part la *Cécidomyidae* est absente avant traitement et régulière après le premier traitement et omniprésente après le deuxième traitement au moment où *Empoasca* sp est omniprésente avant traitement et absente après les deux traitements.

CHAPITRE III : RÉSULTATS

Tableau III.23: Disponibilité de lentomofaune folivore sous l'effet de l'huile essentielle formulée de *R. tournefortii* traité par la solution saline (ES).

Espèces	AV			AP1			AP2		
	F %	C %	STAT ECO	F %	C %	STAT ECO	F %	C %	STAT ECO
<i>Parlatoria pergandei</i>	1,33	66,67	Rég	1,13	100	Omn	1,53	100	Omn
<i>Aonidiella aurantii</i>	2,85	100	Omn	2,88	100	Omn	1,53	100	Omn
<i>Coccus hesperdum</i>	1,17	66,67	Rég	0,72	100	Omn	1,53	100	Omn
<i>Parlatoria ziziphus</i>	25,28	100	Omn	14,40	100	Omn	13,83	100	Omn
<i>Aleurothrixus floccosus</i>	6,07	100	Omn	8,02	100	Omn	9,34	100	Omn
<i>Dialeurodes citri</i>	4,33	66,67	Rég	4,12	100	Omn	2,57	100	Omn
<i>Ectopsocus briggsi</i> Mc Lac	0,20	66,67	Rég	0,21	100	Omn	0,11	33,33	Rég
Thripidae	1,43	66,67	Rég	1,44	100	Omn	1,58	100	Omn
Cécidomyidae	0,41	66,67	Rég	1,13	100	Omn	1,15	100	Omn
<i>Empoasca sp</i>	0,15	100	Omn	-	-	-	-	-	-
<i>Aphis gossypi</i>	22,63	100	Omn	15,95	100	Omn	10,93	100	Omn
<i>Aphis spiraecola</i>	15,80	100	Omn	17,49	100	Omn	19,13	100	Omn
<i>Myzus persicae</i>	11,47	66,67	Rég	0,16	100	Omn	8,52	100	Omn
<i>Coniopteryx sp</i>	0,31	100	Omn	1,65	100	Omn	1,64	100	Omn
<i>Lysiphlebus fabarium</i>	1,48	66,67	Rég	1,95	100	Omn	1,58	100	Omn
<i>Clithostetus arcuatus</i>	1,43	66,67	Rég	1,85	100	Omn	1,75	100	Omn
<i>Aphytis melinus</i>	0,41	66,67	Rég	1,44	100	Omn	1,04	100	Omn
<i>Encarsia sitrinus</i>	2,24	66,67	Rég	3,91	100	Omn	2,24	100	Omn
<i>Pnigalio mediterraneus</i>	0,10	66,67	Rég	1,44	100	Omn	1,64	100	Omn
Syrphidae	0,20	66,67	Rég	1,54	100	Omn	1,15	100	Omn
Chenille lepidoptera sp	0,20	66,67	Rég	1,85	100	Omn	15,63	100	Omn
Pteromalidae	0,51	66,67	Rég	1,03	100	Omn	1,58	100	Omn

AV : Avant traitement AP1 : Après traitement 1 AP2 : Après traitement 2 F% : Fréquence C% : Constance
 STAT ECO : Statut écologique Acces : Accessoire Omn : Omniprésente Rég : Régulière

En terme d'abondance relative les espèces les plus représentées sont: *Parlatoria pergandei*, *Coccus hesperdum*, *Dialeurodes citri*, *Ectopsocus briggsi* Mc Lac, *Thripidae*, *Cécidomyidae*, *Myzus persicae*, *Lysiphlebus fabarium*, *Clithostetus arcuatus*, *Aphytis melinus*, *Encarsia sitrinus*, *Pnigalio mediterraneus*, *Syrphidae*, *Chenille lepidoptera sp*, *Pteromalidae* sont des espèces dont la présence est régulière avant traitement et omniprésente après les deux traitements. La constance de 100% montrent qu'elles sont omniprésentes avant et après le traitement 1 et 2 les espèces suivantes: *Aonidiella aurantii*, *Parlatoria ziziphus*, *Aleurothrixus floccosus*, *Aphis gossypi*, *Aphis spiraecola*, *Coniopteryx sp*. *Empoasca sp* sont omniprésentes avant traitement et ont disparu après les deux traitements.

CHAPITRE IV : DISCUSSION GÉNÉRALE

Les plantes médicinales et aromatiques sont des ressources naturelles pour les composés de métabolites secondaires qui sont utilisés dans les industries pharmaceutiques, cosmétiques et alimentaires en raison de leurs propriétés thérapeutiques, de leurs valeurs nutritionnelles et gustatives ou comme principaux intrants naturels pour les industries de la parfumerie et de la chimie. La famille des Lamiacées (*Rosmarinus*) contient de nombreuses espèces végétales riches en huiles essentielles comprenant des composants terpénoïdes et phénoliques. La qualité et la quantité des métabolites secondaires chez les lamiacées l'espèce est affectée par la salinité et dépend de la sévérité, la durée et du moment du stress salin. En raison de l'importance de la plantation de plantes médicinales l'objectif est d'étudier et d'analyser les approches physicochimiques, notamment le stress salin l'irrigation et la fertilisation organique, qui peuvent contrôler la croissance, les propriétés biochimiques (production de métabolites secondaires) et les activités biologique des plantes médicinales. Il reste encore à en savoir plus sur l'utilisation des approches stress-nutrition organique, qui peuvent affecter la croissance et les propriétés biochimiques des plantes médicinales dans des conditions naturelles.

IV.1. Impact de différentes conduites de culture sur l'expression végétative, rendement en huile essentielle et la caractérisation des huiles essentielles de *R. officinalis* et de *R. tournefortii* par CG/MS-MS

Relativement aux résultats obtenus, les modes d'apport ont eu un impact très significatif sur le rendement en huile essentielle de *R. officinalis*. Cet impact a été révélé par le rendement en huile le plus élevé obtenu pour les plantes du romarin soumises à une pulvérisation en eau saline (1,25% en ES), suivi par la pulvérisation par le jus de lombricompost et le thé de lombricompost (1,00% en TL < 1,01% en JL). Un ordre de rendement très réduit en huile essentielle pour les plantes soumises à une pulvérisation par l'eau de ville et conduite en sec (0,80% en ST < 0,90 en EC). La production de biomasse était 12,88; 17,55 ; 21,05 ; 20,83 et 11,53 g par plante pour EC, ES, JL, TL et ST respectivement. Il apparaît clairement que les deux stimulateurs TL et JL et le stress salin ES ont entraînés une production plus élevée 20,83 ; 21,05 et 17,55 g respectivement.

Les différentes conduites de culture de *R. tournefortii* ont eu un effet très hautement significatif sur le rendement en huile essentielle. Cet impact a été révélé par le rendement en huile le plus élevé obtenu pour les plantes du romarin soumises à une pulvérisation par la solution saline ES (0,86%) suivi par la pulvérisation du jus de lombricompost et du thé de lombricompost (0,75% en TL < 0,80% en JL), La biomasse produite par *R. tournefortii* était de 23,37 ; 29,60; 26,34 ; 27,64 et 28,53 g par plante sous l'effet de EC, ES, JL, TL et ST. Il apparaît explicitement que les deux stimulateurs EC et TL entraînent respectivement un gain en poids frais plus élevé 29,60 g et 27,64 g.

Nos résultats sont cohérents avec ceux de Tounekti et al [321], où le niveau de salinité affecte le rendement en HE de *R. officinalis* L., l'augmentation de la salinité du sol a fortement augmenté la biosynthèse de l'HE de *R. officinalis*. En effet, Kulak et al [322], montrent que la teneur en 1,8-cinéole diminue jusqu'à 50 % avec l'augmentation des concentrations de NaCl (de 50 à 200 mM), Khalid et al [302] [323], montrent que la plante de *Calendula officinalis* L., est traitée avec différents niveaux d'eau d'irrigation saline (de 0,39 à 9,38 Ds m⁻¹) constitué de sels de NaCl, CaCl₂ et MgCl₂ a augmenté la teneur en huile essentielle et ses principaux composants (α -cadinol, γ - et Δ -cadinène). Contrairement à certaines études [324, 325, 326] qui ont montré que l'irrigation saline par le NaCl de *R. officinalis* a diminué la teneur en HE et la biomasse. Il est apparu que le romarin est modérément tolérant au sel, cette tolérance est apparemment due à la capacité de ces plantes à accumuler du Na⁺ dans leurs vieilles feuilles et à maintenir un rapport K⁺ : Na⁺ dans les feuilles par rapport aux racines. Pendant la période d'étude, le niveau de salinité de la solution du sol a affecté la composition des huiles essentielles [34]. D'après Li et al [325] la salinité n'avait pas un effet significatif sur le poids frais des pousses, tandis que le poids sec des pousses du romarin diminuait de 60 % dans le traitement témoin, en parlant d'indicateurs morphologiques, le poids des pousses, des racines et des feuilles, la longueur des racines et des pousses, le diamètre des pousses sont tous fréquemment utilisés dans l'évaluation du stress salin. Néanmoins, la biomasse est un indicateur qui peut bien représenter la croissance des plantes sous stress salin. En général, la biomasse végétale diminue en cas de stress salin, mais le degré de diminution dépend des plantes. Chez la tomate [326], et le tournesol [327], la biomasse a diminué lors de l'application de 50 mM de NaCl tandis que chez le blé [328], le riz [329], le maïs [330], la diminution de la biomasse végétale totale a été observée à des niveaux de NaCl de 100 à 150 mM. La biomasse des halophytes comme la salicorne ne diminue pas tant que le niveau de NaCl n'est pas supérieur à 400 mM [331].

On pourrait prétendre que la formation et l'accumulation d'huile essentielle dépendaient directement de la croissance et du développement parfaits des plantes produisant des huiles [332, 333, 334, 335, 336, 337]. La diminution de la production d'huile pourrait être due à la diminution de l'anabolisme des plantes. L'augmentation de la teneur en huile de certaines des plantes stressées par le sel pourrait être attribuée au déclin des métabolites primaires en raison des effets de la salinité, ce qui rend les produits intermédiaires disponibles pour la synthèse des métabolites secondaires. En fait, l'effet de la salinité sur l'huile essentielle et ses constituants peut être dû à ses effets sur l'activité enzymatique et le métabolisme [338].

De nombreux chercheurs ont étudié l'effet de la salinité du sol sur la croissance, la production de l'huile essentielle et la composition chimique de plusieurs plantes, Abou El-Fadl et al [339] ont indiqué que même si une salinité du sol supérieure à 2 000 ppm diminuait la croissance des plantes de menthe poivrée (*Mentha arvensis*), le rendement en HE et celui de ses composants augmentaient. En augmentant les

niveaux de salinité du sol, la croissance des plantes d'*Ocimum basilicum* (basilic) a été considérablement réduite, mais l'HE et ses principaux composants ont augmenté [323]. La même tendance a été constatée pour l'HE et ses composants de mer de Damas (*Artemisia absinthium*) qui augmentait avec l'augmentation des niveaux de salinité [340]. Hendawy et al [341] ont démontré que l'augmentation de la salinité diminuait la croissance des plantes du cumin noir (*Nigella sativa*). Selon Yaldiz et al [342], la salinité a considérablement augmenté le rendement en HE de sauge (*Salvia officinalis*) et ses principaux composants. La teneur en HE des fruits du fenouil doux (*Foeniculum vulgare* var. 'Dulce') a diminué progressivement avec une augmentation de la concentration en NaCl [343]. Le sel de NaCl a réduit le poids et la teneur en huile des fruits mais a augmenté la teneur en humidité de l'olive (*Olea europaea* L.) [344]. Ashraf et al [345] a rapporté que la concentration en huile des graines ne changeait pas avec une augmentation du niveau de sel externe d'ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). Néanmoins, les recherches traitant de l'effet de ce stress sur la production d'HE sont rares alors qu'en général, il affecte la composition et entraîne une diminution du rendement des HE des espèces médicinales et aromatiques [50, 346].

Cependant, toutes les études n'ont pas montré un effet positif du stress salin sur les huiles essentielles : NaCl, CaCl₂ et MgCl₂ ont significativement réduit le rendement en HE de la mélisse (*Melissa officinalis* L.) [347, 348] et de la sauge (*Salvia officinalis*) [349]. Le poids sec des fleurs et la teneur en HE les plus élevés des plantes de camomille (*Matricaria chamomila*) ont été observés sous un stress salin [350]. Le principal composé volatil du *Coriandrum sativum* L. (coriandre) et le contenu de ces composés ont été affectés différemment par le niveau salin [351]. Ces résultats de la littérature indiquent qu'en fait il n'y a pas de tendance sûre-rapide et que les effets de la salinité sur le rendement en huile essentielle doivent être testés sur une plante ou une espèce individuelle. Selon Aziz et al [352] la concentration des huiles essentielles dans les tissus végétaux soumis à un stress salin a augmenté par rapport aux témoins non traités, ce qui suggère que les processus de synthèse et/ou de dégradation de l'huile étaient moins sensibles au stress salin que des processus similaires chez la menthe poivrée (*Mentha piperita* L.), la pouliot (*Mentha pulegium* L.) et menthe pomme (*Mentha suaveolens* Ehrh.). Belaqziz et al [353] signalent que la teneur en HE de la partie aérienne du thym (*Thymus Maroccanus* Ball.) n'a pas changé avec une augmentation du niveau de sel externe; l'augmentation de la salinité de l'eau d'irrigation a considérablement réduit la croissance végétative et le rendement vert du fenouil doux (*F. vulgare* var. 'Dulce') [354]. Le rendement en HE des pousses de marjolaine (*Origanum majorana*) était de 0,12 % dans le témoin et de 0,10 % à 50 mM de NaCl mais une diminution importante a été observée à 100 mM (0,05 %). Baatour et al [355] ont révélé que: 33 composants ont été identifiés appartenant à différentes classes chimiques dans le témoin, l'HE s'est avérée riche en hydrate de trans -sabinène (47,67%), terpinen-4-ol (20,82%) et cis-l'hydrate de sabinène (7,23%) et les proportions de ces principaux composés ont été significativement affectées par le sel. Ahmed et Jabeen [356] ont

CHAPITRE IV : DISCUSSION GÉNÉRALE

montré une diminution significative des caractères de croissance du tournesol (*Helianthus annuus* L.) avec une augmentation de la concentration en sel. Le stress salin a augmenté le rendement en HE de *Mentha pulegium* d'environ 2,75 fois et a affecté le pourcentage de menthone, qui est le composé principal (~51%), augmentant celui de la menthone, et du néomenthol, qui constituent la classe des monoterpènes et qui étaient les composantes principales [357]. La composition chimique de l'HE dans la sauge sclarée (*Salvia sclarea* L.) a été fortement affectée par les traitements au NaCl [358].

Par références à nos résultats, nous dénotons, une grandes variations ont été rapportées dans la composition chimique de l'huile essentielle de *R. tournefortei* en fonction du régime de stress appliqué (ES) par rapport au témoin (ST) En revanche, les composés Dehydrosabinene (17,83%), β -Terpinen (2,48%), β -thujene(0,77%), Sabinone (3,24%), Piperityl acetate (0,43%), (6,6-Dimethylbicyclo[3.1.1]hept-2-en-2-yl)methyl ethyl carbonate (0,55%), 3-Cyclopentene-1-ethanol, 2,2,4-trimethyl-(0,76%) et Cubenene (0,63%) sont spécifiques de cette l'huile. Des rapports antérieurs ont montré que la salinité avait des effets perceptibles sur la composition des huiles essentielles [351, 358, 321]. El-Keltawi et al [346] rajoutent que l'effet dépend de la concentration en sel, ainsi que du degré de tolérance de l'espèce étudiée, en effet, ces variations pourraient être dues à l'induction d'enzymes spécifiques impliquées dans la biosynthèse de ces composés par la salinité. Dans des conditions de stress salin, l'excès de sel enregistré dans le protoplasme provoque des perturbations de l'équilibre ionique et un dysfonctionnement enzymatique. Ces perturbations entraînent une faible production d'énergie par phosphorylation et photo respiration, une perturbation de l'assimilation de l'azote perturbé et une perturbation de nombreuses voies métaboliques. Habituellement, sous stress salin, le métabolisme des terpénoïdes est fortement altéré [359, 351].

Nos résultats confirment aussi que sous la salinité, certaines plantes, comme *R. officinalis*, développent des mécanismes de tolérance et d'évitement, ces mécanismes reposent sur la fermeture des stomates et une surface foliaire réduite, afin de minimiser la perte d'eau par transpiration [360]. D'autres mécanismes de résistance incluent le développement d'ajustements osmotiques, impliquant principalement l'apport de solutés inorganiques du sol dans des situations de stress salin pour faciliter le maintien de la turgescence des feuilles [361, 362, 363].

Nos résultats sont en conformité avec plusieurs recherches, EL Haddaji et al., et Al-Fraihat et al [364. 365] ont montré que *R. officinalis* est relativement tolérante au stress salin et une concentration modérée de NaCl améliore la qualité nutritionnelle de cette plante en accumulant des niveaux élevés de phénols. Par conséquent, *R. officinalis* est un bon candidat pour pousser dans les sols salins et pourrait jouer un rôle important dans la réduction du risque de désertification.

Par comparaison entre les différentes conduites de culture, l'application foliaire de l'eau de ville (régime EC) pour *R. tournefortei* conduit à un enrichissement de l'huile

essentielle avec plus de composés, non fondés dans le régime témoin (TS) tel que le p-Mentha-1,4-dien-8-ol (15,23%), Cyclopropa[cd]pentalen-2(1H)-one, 2a, 2b, 4a, 4b-tetrahydro-4b-méthyl (0,76%), β -Terpinen (0,36%), α -Terpinenylacetate (0,32%), (6,6-Diméthyl bicyclo[3.1.1]hept-2-en-2-yl) et le méthyl éthyl carbonate (0,62%). A travers cette variation du profil des huiles essentielles, on peut avancer l'hypothèse d'une imputabilité des pratiques de gestion de l'irrigation en termes de disponibilité en sel ou d'apport en eau dans la modification du fonctionnement physiologique des plantes. L'hypothèse avancée est en accord avec les résultats de Sánchez-Blanco et al [186], qui portait sur les perturbations des plantes sous stress salin et / ou hydrique.

Il a été démontré par Hernández et al [366] que la qualité de l'eau d'irrigation n'avait pas d'effet significatif sur le romarin. En revanche, Gómez-Cadenas et al [367] ont observé que l'irrigation influençait significativement les principales caractéristiques des plants du romarin cultivés en pots. De manière générale, la croissance des plantes est affectée négativement par le stress hydrique, probablement en raison d'une diminution de l'ouverture des stomates, ce qui limite la circulation du CO₂ dans les feuilles et réduit l'activité photosynthétique, comme le rapporte la littérature [368].

Des résultats similaires [369, 370, 371, 372] rapportés que le facteur d'irrigation, a eu un effet significatif sur la teneur en pourcentage de l'huile essentielle comme le souligne la littérature, l'irrigation influence les caractéristiques morphologiques et physiologiques déterminant le rendement des plantes et a également une incidence sur la quantité de certains des principaux composants des huiles essentielles. En particulier, le pourcentage d'huile essentielle a augmenté suite à une disponibilité limitée en eau, en accord avec les résultats de Pirzad et Mohammadzadeh [190]. Cependant, l'irrigation après un stress hydrique a entraîné une diminution de la croissance des plantes en raison d'influences négatives sur les processus de photosynthèse et de transpiration, ainsi qu'une modification du rendement et de la composition des huiles essentielles [373, 374, 375, 376, 377]. Une augmentation des intervalles d'irrigation a eu un effet négatif sur *Origanum vulgare* traits morphologiques, mais n'a pas affecté de manière significative la teneur en huile essentielle et le rendement [378]. Des changements dus à différents niveaux d'eau du sol dans la production de biomasse et le profil d'huile essentielle de quatre espèces de Lamiacées, dont la marjolaine, ont été signalés [379].

L'application de jus de lombricompost (JL) et de thé de lombricompost (TL) a augmenté de manière significative la biomasse le poids sec, le taux de cendres et le rendement en huile essentielle de *R. officinalis* et de *R. tournefortii* par rapport au témoin (ST), cependant, ont affecté de manière significative les compositions d'huiles essentielles des plantes. L'huile essentielle de *R. officinalis* sous l'effet de (TL) et (JL) était riche en β -Pinene par rapport au témoin (ST) et un enrichissement de l'huile essentielle de *R. tournefortii* sous l'effet de (JL) avec plus de composés, non fondés dans le régime témoin (TS) tel que le p-Mentha-1,4-dien-8-ol (1,18%), le 7-Méthylénorcarane (17,36%), β -Terpinen (0,84%), β -thujène (0,32%), δ -3-Carene (0,74%), 1,3,5-Cycloheptatriène, 3,7,7-triméthyl-(30,46%), Piperityl acetate (1,80%),

2,7,7-trimethylnorbornan-2-ol (0,46%) et (6,6-Dimethylbicyclo [3.1.1] hept-2-en-2-yl) methyl ethyl carbonate (0,32%), en revanche, les composés (1S,4aR,8aR)-1,5,6,7,8,8a-hexahydro-2H-1,4a-(epoxymethano)naphthalen-9-one(0,41%) et α -Terpinenyl acetate (0,54%). En revanche le Cubenene (0,33%), Aromadendrene (1,00%) caractérisent l'huile essentielle des plantes soumises au (TL)

Les travaux de Sanwal et al [380] font référence que l'augmentation de la production de la biomasse est une réponse commune des plantes à la fertilisation, en particulier lorsque la disponibilité des minéraux du sol est limitée. Nous avons observé que le lombricompost (JL, TL) était le stimulateur le plus efficace pour améliorer la production de biomasse. Le lombricompost est un engrais organique et biologique efficace connu qui peut améliorer la croissance des plantes plus que la fertilisation chimique [381, 382]. L'application de lombricompost pourrait être due à une plus grande disponibilité de minéraux et à la présence de divers biostimulants, notamment des acides organiques, des acides aminés, des enzymes et des hormones végétales [383, 384].

Des rapports de Singh et Wasnik [34] ont souligné que l'application de lombricompost (8 t ha⁻¹) engrais azote (N), phosphore (P), potassium (K) (150: 25: 25 kg ha⁻¹) a produit un rendement optimal en herbage et en huile du romarin par rapport au témoin (pas d'engrais) et s'est révélé être comparable à l'application d'engrais NPK 300: 50: 50 kg ha⁻¹. Le contenu et la qualité de l'huile n'ont pas été influencés par le lombricompost et les engrais chimiques.

Nos résultats sont cohérents avec des rapports antérieurs [385, 386, 387, 388, 389] Où le lombricompost stimule la croissance végétative et augmente la productivité des huiles essentielles végétales en agissant sur les enzymes et les hormones vitales. Les résultats d'une étude de Hamedi et al [390] sur l'effet des apports organiques sur l'huile essentielle de rose domask ont indiqué que les quantités les plus élevées de citronellol (comme constituant principal) et d' α -pinène étaient obtenues à partir de nano-engrais organiques et d'acide humique. Mahajan et Pal [391] ont rapporté que les compositions chimiques de l'huile essentielle de la fleur de rose de Damas dans les conditions de l'ouest de l'Himalaya sont affectées par les facteurs de variation nutritionnelle et saisonnière en conditions pluviales.

Cependant, la teneur en huile essentielle de mélisse (*Melissa officinalis*) et ses constituants ont été significativement affectés par les traitements, la teneur en huile essentielle la plus importante (0,271 %) a été obtenue en appliquant 30 % de lombricompost V/Pot. Quinze composés ont été identifiés dans les huiles essentielles de *Melissa officinalis* par rapport au témoin [392].

Par ailleurs, étant donné que l'application de lombricompost a affecté de manière significative les compositions d'huiles essentielles des plantes au cours des deux années de croissance, l'huile essentielle de *Thymus daenensis* était riche en thymol

monoterpène phénolique. La quantité la plus élevée de thymol a été obtenue lors de l'application d'engrais combinés les deux années [393].

D'après Golmohammadi et al [387] l'effet de diverses substitutions de vermicompost (0, 25, 50 et 75%) a été étudié sur la germination, la croissance et le développement, les paramètres photosynthétiques, la teneur en huile essentielle et la résistance aux maladies de *Thymus vulgaris*. Les résultats ont montré que la substitution de 25% de lombricompost favorisait les meilleurs indices d'émergence des semis, tandis que la longueur maximale, le poids frais et sec des parties aériennes et des racines, la teneur en chlorophylle et en caroténoïdes, l'efficacité photosynthétique et la teneur la plus élevée en huiles essentielles étaient observées dans la substitution de 50% de lombricompost. Il est aujourd'hui reconnu que l'utilisation du lombricompost comme amendement organique dans la production agricole est commercialement possible et rentable [34].

Nos résultats ne sont pas similaires avec ceux de Bustamante et al [394] où le lombricompost comme amendement organique n'a pas eu d'effets significatifs sur les teneurs relatives de 27 des 32 terpénoïdes détectés dans les huiles essentielles de plantes du romarin.

IV.2. Mise en évidence de l'activité anti oxydante de deux espèces du romarin en fonction de différentes conduites de culture

Ces derniers temps, la demande de produits alimentaires biologiques a augmenté en raison de considérations de santé et d'environnement durable. De plus, la recherche d'antioxydants naturels sûrs et puissants à partir de sources végétales a pris de l'ampleur. Parallèlement, l'industrie alimentaire est devenue le deuxième consommateur d'huiles essentielles.

Les résultats d'activité antioxydante d'huiles essentielles extraites de plantes du romarin en absence et en présence de NaCl, 50 mM ont révélé que ces HE possèdent des activités plus ou moins importantes selon l'espèce et la nature de stimulateur.

Différentes études ont évalué l'activité antioxydante des huiles essentielles du romarin pour trouver de nouvelles applications voire potentialisé son effet antioxydant Baj et al [395] ont utilisé la méthode de mélange simplex-réseau pour la conception de mélanges d'huiles essentielles aux puissantes propriétés antioxydantes. Kowalski et al [396] ont analysé l'effet de l'aromatisation de l'huile de colza au romarin sur la teneur en substances volatiles et évalué les propriétés antioxydantes des huiles aromatisées. Ils ont observé que la meilleure méthode d'aromatisation était l'ajout direct d'HE à l'huile de colza et que les huiles aromatisées par la méthode de macération se caractérisaient par une activité antioxydante plus élevée. Mezza et al [397] ont obtenu des fractions d'HE du romarin par distillation moléculaire et évalué leur activité antioxydante et l'effet sur la stabilité oxydative de l'huile de tournesol. Ils ont conclu que l'ajout de fractions d'HE du romarin à l'huile de tournesol améliorerait la

CHAPITRE IV : DISCUSSION GÉNÉRALE

stabilité du produit alimentaire, évitant l'oxydation des lipides. Plusieurs études [20, 398, 399] ont démontré les activités antioxydantes, antibactériennes et antileishmaniennes de l'HE du romarin. Pistelli et al [400] ont évalué l'activité antioxydante des HE obtenues à partir de cinq cultivars différents de *R. officinalis* : *R. officinalis* 'Alba' ; *R. officinalis* 'Corsican Blue'; *R. officinalis* 'israélien'; *R. officinalis* 'Blue Rain'; *R. officinalis* 'Majorca Pink' et *Rosmarinus x lavandulaceus* Noë (un hybride du romarin) en utilisant les tests FRAP et DPPH. L'hybride a montré l'activité antioxydante la plus élevée quelle que soit la méthode appliquée. Son HE était caractérisé par le camphre (24,2 % ± 0,5 %), le myrcène (15,3 % ± 0,6 %) et l' α -pinène (10,8 % ± 0,4 %). Selmi et al [401] ont évalué les effets protecteurs des HE du romarin sur le diabète induit par l'alloxane et le stress oxydatif chez le rat, et l'activité de piégeage des radicaux DPPH. Wang et al [402] ont décrit la variété de la composition chimique des HE du romarin récolté en Chine et en Iran et leurs activités antioxydantes. Les échantillons cultivés en Chine présentaient une meilleure activité antioxydante et une teneur en phénol plus élevée. L'eucalyptol était le composé majoritaire pour tous les échantillons d'HE, suivi du camphre, qui présentait des valeurs de 16,27 % en moyenne pour les régions de Chine et de 23,42 % pour l'échantillon d'Iran.

L'impact antioxydant de l'huile essentielle de *R. officinalis* et de *R. tournefortii* était inférieur à celui de l'antioxydant standard (Vitamine C). La capacité de piégeage du DPPH de ces huiles s'explique par la présence d'hydrocarbures sesquiterpéniques comme classe chimique principale. Khelifa et al [403] ont montré que l'HE d'*Ocimum basilicum* a une activité antioxydante importante (piégeage des radicaux DPPH et blanchiment du β -carotène).

Après le traitement au sel, la valeur CI_{50} des HEs a été significativement réduite dans les deux plantes par rapport au témoin. Cela indique que le traitement au sel a un impact significatif sur la capacité antioxydante des HEs, ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par Ghassemi-Golezani et Farhadi [404] dans l'HE de menthe pouliot, et par Wu et al [405] dans les HE de rose Kushui traitée au sel et non traitée au sel. La capacité antioxydante était plus élevée dans l'HE de la rose Kushui traitée au sel, ce qui peut être associé au fait que les cellules des pétales se sont développées et que davantage de composants ont été solubilisés après le sel [406]. Chez *Ocimum basilicum* L., la salinité a augmenté la qualité nutritionnelle en termes d'activité antioxydante et de polyphénols dans les feuilles, avec une réduction des macroéléments à 40 mM de NaCl [407].

De ce fait la capacité antioxydante diffère considérablement d'une espèce végétale à l'autre. Chez les Labiatae, Cette capacité fournit une défense contre divers stress environnementaux tels que la salinité, la sécheresse et la chaleur, et donc les plantes à haute capacité antioxydante sont susceptibles d'être tolérantes au stress [408]. D'autre part, un cultivar de marjolaine tolérant au sel (*Origanum majorana* L.)

avait une sélectivité élevée en potassium et une activité enzymatique antioxydante et a montré des adaptations morphologiques au sel [409].

Le stress oxydatif induit par le sel chez le romarin (*R. officinalis* L.) ne cause pas de dommages oxydatifs mais pourrait induire des mécanismes de défense [410].

Le potentiel antiradicalaire des huiles essentielles de *R. officinalis* traité par l'eau de ville (EC) était supérieur à celui du témoin (ST) L'activité antiradicalaire est élevée avec 70 % d'inhibition de DPPH, et le potentiel antiradicalaire des huiles essentielles de *R. tournefortei* traité par l'eau de ville est inférieur à celui du témoin (ST) l'activité antiradicalaire est modérée avec 52% d'inhibition de DPPH.

On se basant sur l'hypothèse avancée, nous pouvons l'accorder avec plusieurs études antérieures que le romarin est très connue pour leur résistance au stress hydrique, notamment la régulation étroite de l'ouverture des stomates pendant la journée et l'activation de plusieurs mécanismes de photoprotection et de protection antioxydante dans les feuilles [411, 412]. De plus, il a été montré que cette espèce est relativement tolérante au stress salin, en partie à cause de sa capacité à réguler l'ouverture stomatique et à activer l'ajustement osmotique [413, 321]. Cependant, rien n'est connu sur la façon dont cette espèce répond au stress salin en termes de mécanismes de photoprotection et de protection antioxydante. Nous avons émis l'hypothèse que les plantes du romarin peuvent supporter des doses modérées de stress salin grâce à l'activation de mécanismes de photoprotection et de protection antioxydante. L'activité antioxydante et la teneur en composés antioxydants-phénoliques sélectionnés n'ont pas été affectés par l'irrigation avec des effluents traités par rapport à l'eau potable chez les deux cultivars commerciaux des espèces aromatiques, l'origan (*Origanum vulgare* L.) et le romarin (*R. officinalis* L.) [414].

L'application de jus de lombricompost (JL) et du thé de lombricompost (TL) a augmenté l'activité antioxydante pour les deux espèces du romarin, Serri et al [415] ont montré que la capacité antioxydante des feuilles de coriandre était significativement plus élevée dans les traitements au lombricompost, à la glycine et au NPK par rapport aux plantes témoins.

IV.3. Évaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles formulées de *R. officinalis* et de *R. tournefortei* en fonction de différentes conduites de culture

L'agriculture contemporaine dépend fortement des pesticides, y compris des insecticides. Cependant, en raison de leur utilisation intensive (et souvent inappropriée), ces substances pénètrent dans le sol et les eaux souterraines, posant un risque pour les organismes non ciblés, y compris les humains. Par conséquent, on met de plus en plus l'accent sur le développement d'alternatives sûres qui pourraient potentiellement remplacer les insecticides couramment utilisés, tout en étant moins chères et plus pratiques à utiliser.

CHAPITRE IV : DISCUSSION GÉNÉRALE

Un groupe de substances possédant peut-être les caractéristiques insecticides requises auxquelles on accorde de plus en plus d'attention sont les extraits volatils de plantes — les huiles essentielles. Leur activité insecticide, leur biodégradabilité par les micro-organismes du sol et leur faible toxicité pour les mammifères en font un bon candidat comme agent de lutte antiparasitaire approprié.

D'après les résultats obtenus les larves L4 de *C. pipiens* enregistrent des mortalités corrigées plus imposantes selon le degré de concentration des dilutions utilisées, obéissant à un gradient positif $D1 < D2 < D3$ pour l'huile essentielle formulée de *R. officinalis* et de *R. tournefortii* en fonction de cinq modes de pulvérisation foliaire.

Plusieurs études [416, 417] ont confirmé aussi que les produits naturels à base de plantes pourraient représenter une approche alternative pour un contrôle durable depuis la large apparition de la résistance des adultes de *C. pipiens* aux insecticides de synthèse.

En effet, les résultats d'Isman et al [418] ont indiqué que les HEs de *M. pulegium* et *R. officinalis* présentaient des effets toxiques contre *C. pipiens* adultes ainsi que leurs principaux composés sélectionnés (1,8-cinéole, camphre, α -pinène, carvone et R (+)-pulégone). Parmi les cinq molécules pures, le 1,8-cinéole, le camphre et l' α -pinène qui représentent les principales substances de *R. officinalis* et de *R. tournefortii* L'HE s'est avérée plus toxique, mais généralement, tous les composés possèdent un potentiel insecticide. En effet, tous les résultats obtenus ont démontré que les deux HEs présentaient une meilleure toxicité fumigène que leurs composants purs. Cette variabilité de l'efficacité insecticide pourrait s'expliquer par le fait que les HE sont des mélanges de constituants chimiques et leur effet biologique pourrait être attribué aux composants monoterpéniques majeurs, ou mineurs, ou probablement à l'effet synergique ou antagoniste entre différents produits naturels, sans composé individuel apportant une contribution dominante

Récemment, les huiles essentielles sont considérées comme l'une des meilleures stratégies de lutte contre les moustiques, elles ont prouvé un effet anti-moustique efficace. La toxicité des fumigants contre les adultes de *C. pipiens* utilisant les deux HEs du romarin et même les cinq monoterpènes [419, 420]. De même, l'effet larvicide des monoterpènes tels que le 1,8-cinéole, la (R)-carvone et le (R)-camphre a été évalué vis-à-vis de *C. pipiens* [421]. Le 1,8-cinéole et le camphène ont également été testés contre des larves de *C. pipiens pallens* [422]. La toxicité larvicide des pinènes (énantiomères de α - et β -) contre la même espèce de moustique a également été étudiée par Michaelakis et al [420]. Chen et al [423] ont également rapporté le potentiel insecticide de quinze composés purs dont le (+)-camphre et le 1,8-cinéole sur des larves de légionnaire de la betterave *Spodoptera exigua* alors qu'ils montraient des valeurs de LC_{50} de 161,22 (154,48–168,24) et 104,17 (98,71–109,94) μg / insecte, respectivement.

Nos résultats dévoilent que l'huile essentielle de *R. officinalis* contient un mélange complexe composé principalement d'hydrocarbures de monoterpènes (1,4% à 2,4%),

CHAPITRE IV : DISCUSSION GÉNÉRALE

aussi qu'en termes d'affiliation des composés d'huile essentielle aux groupes chimiques, les résultats ont montré que les monoterpènes hydrocarbures (37,80% à 80,94%) dominaient l'huile de *R. tournefortii* en fonction de tous les stimulateurs.

La toxicité des huiles essentielles de *R. officinalis* et de *R. tournefortii* peut être attribuée à leurs monoterpènes majeurs ou mineurs, car les HE contiennent différents composants qui peuvent agir ensemble de différentes manières. Il a été rapporté que les monoterpènes prouvaient un effet insecticide lorsqu'ils étaient testés seuls, notant par exemple certains composants principaux tels que l' α -pinène, le limonène, l' α -terpinéol, le β -pinène, le 1,8-cinéole, le camphre, le β -citronellol, géraniol, linalol et α -citral qui ont montré un effet fumigant contre les adultes de *C. pipiens* [421, 424], ainsi que contre d'autres moustiques Zahran et al [421] ont évalué l'effet adulticide de douze monoterpènes ; ils ont constaté que les monoterpènes testés contre les adultes de *C. pipiens* ont causé des mortalités supérieures à 50 % à la concentration la plus faible (10 mg/L) après 24 h d'exposition. La (R)-carvone et le (R)-camphre ont montré une toxicité élevée contre les adultes aux trois concentrations testées : ils ont présenté $73,3 \pm 6,71$ % et $53,3 \pm 8,88$ % de mortalité à 10 mg/L, $86,7 \pm 8,88$ % et $66,7 \pm 8,88$ à 50 mg/L d'air, $100 \pm 0,0$ % et $90 \pm 5,8$ % à 100 mg/L d'air après 24 h, respectivement, tandis que $80 \pm 5,81$ % et $63,3 \pm 3,36$ %, $96,7 \pm 3,36$ % et $86,7 \pm 8,88$ %, $100 \pm 0,0$ % et $96,7 \pm 3,36$ % des mortalités ont été enregistrées après 48 h, respectivement. Dans la littérature antérieure, Rice et Coats [425] ont découvert que certaines cétones telles que la carvone et la pulégone s'avéraient être des fumigants plus efficaces que les alcools. Cependant, Zahran et al [421] ont rapporté que le menthol (alcool monoterpène) avait plus d'activité adulticide que le camphre (cétone monoterpène) et le camphène (hydrocarbure monoterpène) avec des pourcentages de mortalité de 63,3; 53,3 et 10 %, respectivement après 24 h de traitement contre d'autres insectes, diverses molécules pures d'HE du romarin ont été signalées comme étant des fumigants toxiques.

Les résultats de la formulation liquide de l'huile essentielle de *R. officinalis* et de *R. officinalis* traité par l'eau (EC) s'est montrée efficace sur *T. confusum* à la troisième dose (D3=2 ml/100 ml) provoque 74.83% et 60.60% respectivement de mortalité corrigée.

Cependant, l'huile essentielle du romarin est connue pour être un agent fumigant efficace contre divers insectes ravageurs, tels que le *T. confusum* (du Val.) (Coleoptera : Tenebrionidae) [426], le tribolium rouge de la farine, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera : Tenebrionidae) [427], la noctuelle de l'amandier, *Cadra cautella* (Walker) (Lepidoptera : Pyralidae) [428], et le coléoptère des légumineuses, *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera : Chrysomelidae) [429]. Ainsi, *R. officinalis* est un agent bioinsecticide prometteur ; particulièrement utile lorsque l'on considère la résistance largement répandue aux insecticides conventionnels [430]. Bien qu'il existe des études relativement nombreuses sur

CHAPITRE IV : DISCUSSION GÉNÉRALE

l'efficacité insecticide de l'HE contre le charançon du blé, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Chrysomelidae) la plupart d'entre elles se concentrent exclusivement sur l'évaluation de la mortalité en omettant les paramètres comportementaux et biochimiques [431, 432, 433, 434]. Les effets insecticides des HE sont multimodaux, affectant un large éventail de processus physiologiques.

L'une des hypothèses les plus largement reconnues sur le mode d'action de la toxicité de l'huile essentielle de *R. officinalis* et de *R. tournefortii* sont ses capacités à inhiber l'acétylcholinestérase (AChE). L'inhibition de l'AChE est également l'effet principal de nombreux insecticides, tels que les organophosphorés et les carbamates [435]. L'AChE est l'une des enzymes clés du maintien de la transmission cholinergique dans le système nerveux central des insectes ; ainsi, son inhibition pourrait provoquer un large spectre d'effets primaires et secondaires [436], notamment en raison de la perturbation de la transmission neurale dans les ganglions de la tête et le cordon nerveux ventral. On suppose que les composants de l'HE responsables de l'inhibition de l'AChE peuvent être des terpènes et des monoterpènes, qui sont les principaux constituants de *R. officinalis* et de *R. tournefortii* 1,8-cinéol (monoterpénoïde), camphre (terpène) et α -pinène (monoterpénoïde) [20].

Le même effet a été rapporté par Abdelgaleil et al [437] où l'influence de différents monoterpènes a été testée sur *Sitophilus oryzae* et *Tribolium castaneum*. L'une des substances qui a le plus inhibé l'activité enzymatique était le 1,8-cinéole. De plus, il a été rapporté que les deux principaux constituants de *R. officinalis* - le 1,8-cinéole et le camphre agissent en synergie les uns avec les autres. Le puissant effet insecticide contre la fausse-arpenteuse du chou, (Lepidoptera : Noctuidae) des deux substances combinées a été attribué à l'amélioration de la perméabilité cuticulaire. Un tel mécanisme est le plus pertinent en ce qui concerne la délivrance apicale, cependant, des effets similaires (augmentation de l'absorption au niveau de la trachée) pourraient également se produire en cas de fumigation avec les mêmes substances [438], aussi que l'acétate de bornyle et l'acétate de linalyle où le 1,8-cinéole était très efficace contre les adultes de *Sitophilus oryzae* lorsqu'il a été appliqué à la concentration la plus faible (0,1 ml / 720 ml de volume) après 24 h d'exposition, alors que le camphre s'est avéré plus efficace contre *Rhyzopertha dominica* avec une mortalité de 100 %. Cependant, il a été documenté que le camphre présente un danger; c'est une substance très toxique et de nombreux cas d'empoisonnement au camphre ont été signalés. L'empoisonnement au camphre peut survenir par inhalation, ingestion et également par contact [439, 440, 441, 442].

Les résultats obtenus montrent clairement que l'application des huiles essentielles formulées à base de *R. officinalis* et de *R. tournefortii* par effet contact et par ingestion ayant un effet tardif sur les adulte *T. confusum*, nos résultats sont similaire a ceux de Moussaoui et al [311], signalent que Les résultats de la fluctuation temporelle de la mortalité montrent que le produit de synthèse Apivar présente un effet précoce par rapport aux bioproduits de Thym et d'Eucalyptus. Cette précocité

CHAPITRE IV : DISCUSSION GÉNÉRALE

c'est manifestée après six jours d'application où une forte baisse d'effectifs est signalée (17,25%). Cependant les produits biologiques ont manifestés un effet tardif divergent dont le bioproduit à base de Thym qui manifeste sa toxicité après 15 jours d'application dont l'effectif a été réduit à plus de (28,01%).

On se basant sur l'hypothèse avancée, nous pouvons l'accorder avec l'étude de Palermo et al [443] où huit huiles essentielles (anis, *Pimpinella anisum*, artemisia, *Artemisia vulgaris*, fenouil, *Foeniculum vulgare*, ail, *Allium sativum*, lavande, *Lavandula angustifolia*, menthe, *Mentha piperita*, romarin, *R. officinalis* et sauge, *Salvia officinalis*) ont été sélectionnés pour leur bioactivité et leur disponibilité commerciale, puis formulés en nano-émulsions, la répulsion et la toxicité aiguë des nano-formulations développées ont été testées contre un ravageur clé des produits stockés, *T. confusum* (Coleoptera : Tenebrionidae). Toutes les formulations ont été répulsives dans le temps testées contre des coléoptères adultes, dans des essais biologiques, le meilleur répulsif était la formulation à base d'HE d'anis ($RC_{50} = 0,033$ mg), les valeurs de mortalité des essais d'aérosols froids ont montré que la majorité des HE testées provoquaient une toxicité aiguë immédiate et que la nano-émulsion d'ail provoquait la mortalité la plus élevée de *T. confusum* adultes ($LC_{50} = 0,486$ mg/L d'air), les nano-insecticides à base d'HE, utilisés sous forme d'aérosol froid et de gel, sont des méthodes de lutte prometteuses contre les ravageurs des produits stockés, qui peuvent être intégrées et combinées avec d'autres approches biorationnelles durables.

D'après les résultats d'analyse statistiques on conclue que les huiles essentielles de *R. officinalis* et de *R. tournefortii* plus toxique par effet contact (formulation liquide) direct que par ingestion (formulation solide) sur le *T. confusum*, en effet l'utilisation des huiles en formulation poudreuse conduit à une protection des stock durant trois mois sans diminuer le pouvoir de germination des grains. Des essais similaires réalisés au Kenya par Bekele Hasanali [444], traitant de l'efficacité des huiles essentielles des feuilles de dix plantes aromatique sur les bruche *Acanthoscelides obtectus* Dites [445] a donné des résultats qui ont démontré que les plantes de la famille des Labiées (Lamiacées) entre autre le *R. officinalis* L., reste plus efficaces que les plantes appartenant à d'autres familles Lilliacées, Graminées, Myrtacées, Lauracées.

L'étude de l'entomofaune des agrumes durant le printemps 2021 a permis d'inventorier 20808 individus d'insectes repartis en 8 ordres et 15 familles. Par ailleurs, il est noté que parmi ces espèces d'insectes capturés, cohabitent un nombre d'espèces neutres vis-à-vis de cette culture, mais aussi nombreux ravageurs ainsi que des parasitoïdes. Nous notons également la présence de l'espèce *Parlatoria ziziphus* qui causent divers dégâts, le développement de la fumagine, chute des feuilles et dépérissement des fruits. Les piqueurs-suceurs, sont représentés en majorité par les Hémiptère, les Aphides dominant largement ce groupe se nourrissent de la sève des plantes et, d'autre part sont des vecteurs de nombreux virus phytopathogènes. De ces derniers, 3 espèces sont redoutables

CHAPITRE IV : DISCUSSION GÉNÉRALE

Aphis gossypii, *Aphis spiraecola* et *Myzus persicae*. Les parasitoïdes sont également représentés par plusieurs familles d'hyménoptères et nous citons les aphelinidae.

En général, plus la saison de croissance avance, plus la qualité de la ressource diminue, c'est ce qui explique le grand nombre d'espèces printanières qui profitent de cette période où la ressource est riche en qualités nutritives, en somme, il y aurait une période autour d'un point plus ou moins précis dans le développement saisonnier de la plante, qui correspondrait à une qualité optimum pour la fitness d'une espèce phytophage, on appelle cette période la fenêtre phénologique de susceptibilités, puisque la phénologie est la séquence des changements qui s'opèrent dans le cycle annuel saisonnier d'une plante, de plus, le phytophage doit composer avec une communauté d'organismes pouvant nuire à son développement (compétition intra-interspécifiques, parasitisme, prédation) [446, 447].

L'impact des huiles essentielles formulées de *R. officinalis* et de *R. tournefortii* en fonction de différentes conduites de culture sur l'entomofaune folivore induisent une réduction de la disponibilité par rapport au témoin.

Les résultats montrent que les huiles essentielles formulées n'ont pas un effet toxique sur *Parlatoria ziziphus*, les cochenilles sont responsables de certains des problèmes entomologiques les plus graves rencontrés dans la culture des agrumes dans les régions productrices du monde, les pratiques chimiques de contrôle de ces insectes sont limitées à la fumigation de l'acide cyanhydrique (HCN) ou bien la pulvérisation de l'huile de pétrole), les cochenilles sont difficile à lutter, leur carapace les protège contre nombre produits chimiques, le stade généralement le plus sensible aux traitements insecticides est le premier stade larvaire c'est ce qui été pareillement observé dans notre étude [448].

Les résultats que nous avons obtenus semblent similaires avec d'autres résultats enregistrés précédemment duquel la gestion écologique des insectes ravageurs et vecteurs est cruciale dans les programmes actuels de gestion intégrée des ravageurs / vecteurs [449,450]. En particulier, l'utilisation d'HE et d'autres produits d'origine végétale a été récemment considérée comme extrêmement prometteuse [451,452], à la fois contre les insectes d'importance économique, ainsi que contre d'autres arthropodes nuisibles [453], dans ce cadre, compte tenu des utilisations traditionnelles *R. officinalis* dans la préparation d'insecticides, contre trois insectes cibles de haute importance économique .

A cet effet des expériences préliminaires ont été démontré que le lombricompost supprime les populations et les dommages causés par les arthropodes nuisibles, tels que les pucerons et les chenilles blanches du chou [454, 455]. D'autres chercheurs ont signalé que les lombricomposts réduisaient le nombre de jassidés, de pucerons et d'acariens [456]. Les expériences en serre rapportées évaluent les effets des lombricomposts à base de déchets alimentaires sur les populations et les dégâts des cochenilles farineuses (*Pseudococcus* sp.) sur les concombres et les tomates, les dégâts des tétranyques à deux points (*Teranychus urticae*) sur les semis de haricot nain et les aubergines et les populations et les dégâts des pucerons sur les choux.

CHAPITRE IV : DISCUSSION GÉNÉRALE

Les influences de l'ajout d'engrais, ou de l'absence de fertilisation, sur l'étendue des infestations de ravageurs et des dommages aux plantes ont également été étudiées, dans le but d'identifier les effets de la fertilisation sur la suppression des arthropodes nuisibles par les lombricomposts **[457]**.

Les recherches ont démontré que les plantes cultivées à l'aide d'amendements organiques ont une résistance élevée aux insectes ravageurs et aux maladies que les plantes cultivées avec des amendements d'engrais inorganiques synthétiques **[454]**. Certains chercheurs ont indiqué que les lombricomposts peuvent améliorer la croissance et les rendements des plantes **[454, 458]** ainsi que d'améliorer la résistance des plantes contre certaines maladies et ravageurs **[454, 459, 460, 461]**. Le lombricompost améliore la croissance des plantes en augmentant la disponibilité des nutriments et en améliorant les propriétés physicochimiques et microbiologiques du sol **[433]**. Il existe des preuves scientifiques de la suppression d'attaques d'insectes spécifiques par les lombricomposts **[454, 455, 457, 460, 461]**. De plus, il est reconnu que les substances humiques ont des effets bénéfiques sur les propriétés physiques, chimiques et microbiologiques du sol et peuvent améliorer les propriétés physiologiques des plantes **[462]**.

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

La nutrition organique des plantes est l'un des facteurs les plus importants affectant le métabolisme secondaire, y compris les composants terpénoïdes donnant le profil aromatique des plantes à huile essentielle. Dans le cas des plantes médicinales et aromatiques, l'application d'engrais pourrait améliorer efficacement le rendement et la teneur en huiles essentielles.

A l'issue de cette étude, nous pouvons conclure que le traitement avec le NaCl et le vermicompost permet d'améliorer la quantité d'huile essentielle et peut également induire la synthèse de nouveaux constituants. C'est aussi un moyen d'améliorer la capacité antioxydante des plantes.

Cette étude a été réalisée pour mettre en évidence l'effet bénéfique d'un apport foliaire de différents stimulateurs (Jus de lombricompost, thé de lombricompost, solution saline 50mM) de deux espèces de *Rosmarinus officinalis* et de *Rosmarinus tournefortii* sur l'expression végétative, le rendement en huile essentielle et l'accumulation des composés phytochimiques vont être évalué, leurs activités de défense vis-à-vis des insectes (stress abiotique), et de leurs activités antioxydantes (stress oxydatif) seront mise en avant afin d'optimiser les programmes de cueillette dans l'esprit d'obtenir une ressource convoitée par les industries alimentaires, pharmaceutique et agricole.

Les résultats obtenus dans le cadre de nos expérimentations, nous permettent de conclure que les traitements appliqués sur les deux espèces du romarin et plus particulièrement *R. officinalis* ont provoqué une forte stimulation, l'expression végétative de *R. officinalis* a fait apparaitre que la pulvérisation foliaire par, le jus de lombricompost et du thé de lombricompost entraînaient un gain plus élevé en poids frais et sec tandis que la pulvérisation par l'eau de ville a exprimé une meilleure teneur en cendres .Le rendement en huile essentielle le plus élevé a été obtenu à partir de plants du romarin soumis à un stress salin .La caractérisation des huiles essentielles de *R. officinalis* par CG/MS-MS montrent que 22 composés caractérisent l'huile essentielle des plantes de *R. officinalis* soumises au régime TL, tandis que 23 composés caractérisent l'huile essentielle des plantes soumises au régime JL et 25 composés caractérisent l'huile essentielle des plantes soumises aux régimes ST,EC et ES. L'huile essentielle contient un mélange complexe composé principalement d'hydrocarbures de monoterpènes (1,4% à 2, 4%), sesquiterpènes oxygénés (48,5% à 55%),cétones(19,6à 24,7) et esters(7,8%à9,1%). Les principaux composants fondés de l'huile de plantes du romarin soumises aux régimes ST, EC, JL, TL et ES étaient le β -Pinene (30% à 35,9%), le Camphor (9,6% à 11,6%), le D-Verbenone (8,5%à 11,3), le Nopylacetate (5,7%à 7,9%) et le Camphene (6,1%à 6,9%). Le pourcentage de ces principaux composants varie en fonction d'apport foliaire.

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

Un fort pouvoir antiradicalaire est noté pour la Vit C avec 90% d'inhibition de DPPH et une IC₅₀ assez basse égale 162,53ug/ml. Le potentiel antiradicalaire des huiles essentielles de *R. officinalis* est inférieur à celui d'antioxydant standard utilisé (Vitamine C). La meilleure activité antiradicalaire est enregistrée pour l'huile essentielle de *R. officinalis* traitée par la solution saline ES avec 80% d'inhibition de DPPH et une IC₅₀ basse égale 185 ug/ml.

Cependant l'activité antivectorielle des huiles essentielles formulées a été évaluée sur le 4^e stade larvaire de *Culex pipiens*. L'huile essentielle de *R. officinalis* traitée par le TL suivi par ST, JL et EC sont révélées les plus toxiques à l'égard du 4^e stade larvaire de *C. pipiens* à la dose D1 et le TL et JL sont révélées très toxiques à la dose D2. D'autres parts l'huile essentielle de *R. officinalis* traitée par l'eau (EC) s'est montrée efficace sur *T. confusum* à la troisième dose (D3=2 ml/100 ml) provoque 74.83% de mortalité corrigée de telle sorte qu'une gradation positive s'établit dans le sens D1<D2<D3. La formulation solide des huiles essentielles ont montré que le taux de mortalité corrigée augmente en fonction de différents stimulateurs de D1 à D3 (D1<D2<D3). La formulation solide de *R. officinalis* traitée par les différents stimulateurs a provoqué une mortalité allant jusqu'à 30,47%.

Les résultats de *R. tournefortei* ont enregistré que les deux stimulateurs EC et TL entraînent respectivement un gain en poids frais plus élevé tandis la pulvérisation par la solution saline (ES) et le jus de lombricompost (JL) engendrent respectivement une production notable en poids sec et un meilleur rendement en huile essentielle. L'analyse chimique par GC/MS-MS montre que 24 et 23 composés caractérisent l'huile essentielle des plantes de *R. tournefortei* soumises au régime ST et ES respectivement tandis que 19 et 17 composés caractérisent l'huile essentielle des plantes soumises au régime EC TL respectivement et 25 composés caractérisent l'huile essentielle des plantes soumises au régime JL, de grandes variations ont été rapportées dans la composition chimique de l'huile essentielle de *R. tournefortei* en fonction du régime de stress appliqué (ES) par rapport au témoin (ST) En revanche, les composés Dehydrosabinène (17,83%), β-Terpinène (2,48%), β-thujène (0,77%), Sabinène (3,24%), Piperitylacétate (0,43%), (6,6-Diméthylbicyclo[3.1.1]hept-2-en-2-yl) méthylethyl carbonate (0,55%), 3-Cyclopentène-1-éthanol, 2,2,4-triméthyl- (0,76%) et Cubène (0,63%) sont spécifiques de cette huile.

Cependant l'activité antiradicalaire est élevée pour l'huile essentielle de *R. tournefortei* traitée par la solution saline avec 80% d'inhibition de DPPH et une IC₅₀ basse égale 158 ug/ml.

L'huile essentielle de *R. tournefortei* stimulée par le JL suivi par le TL et le ST sont indiquées les plus toxiques à l'égard du 4^e stade larvaire de *C. pipiens* à la dose D2 et D3. D'autres parts les doses D2 et D3, expriment les effets toxiques les plus importants par rapport à la dose D1 sur *T. confusum*. En effet, l'huile essentielle formulée de *R. tournefortei* stimulée par le EC suivi par le JL sont indiquées les plus toxiques à la dose D2 et D3 à l'égard des adultes de *T. confusum*, cependant, nous

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

constatons qu'il y a un effet presque similaire entre les trois doses (D1, D2 et D3) et le pourcentage de mortalité corrigée allant de 22,38% à 28,21%, de l'effet par ingestion (formulation solide).

Les huiles essentielles formulées de deux espèces du romarin occasionnent une réduction des consommateurs primaires de *Citrus* sp (*Parlatoriap ergandei*, *Aonidiella aurantii*, *Coccus hesperdum*, *Aleurothrixus floccosus*, *Dialeurodes citri*, *Ectopsocus briggsi* Mc Lac, Thripidae, Cécidomyidae, *Aphis gossypi*, *Aphis spiraecola* et *Myzus persicae*).

De tels résultats pourraient encourager les chercheurs à optimiser et valoriser : les mélanges d'huiles essentielles peuvent être appréhendés pour réaliser des tests insecticides, bactéricides et fongicides. Cependant, il faut considérer ces tests comme un screening exploratoire permettant de sélectionner les échantillons présentant une activité parmi les proposés. Par la suite, les mélanges « actifs » pourront être affinés pour amplifier leur activité initiale, à travers des tests de formulation basés sur les propriétés physico-chimiques spécifiques à chaque huile. Élargir le criblage biologique par les molécules purifiées des deux plantes retenues au cours de cette étude sur d'autres activités et appliquer ces fractions dans des applications biotechnologiques in-vivo pour la protection des plantes. Cette démarche fait partie des perspectives futures de cette thèse. Rappelons qu'aujourd'hui l'intérêt d'un certains nombres de plantes médicinales et aromatiques passe par des besoins en diversification des domaines chimiques et agrochimiques.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1].Quezel, P., & Santa, S. (1963). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales* (No. 581.965 Q8).
- [2].Doost, A. S., Nasrabadi, M. N., Kassozi, V., Nakisozi, H., & Van der Meeren, P. (2020). Recent advances in food colloidal delivery systems for essential oils and their main components. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 474-486.
- [3].Pavela, R. (2015). Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: a review. *Industrial crops and products*, 76, 174-187.
- [4].Spinozzi, E., DelRe, E., Agranat, A. J., & Conti, C. (2021). Scale-free optics and diffractionless waves in nanodisordered ferroelectrics. *Nature Photonics*, 5(1), 39-42.
- [5].Santos, S. R., Melo, M. A., Cardoso, A. V., Santos, R. L., de Sousa, D. P., & Cavalcanti, S. C. (2021). Structure–activity relationships of larvicidal monoterpenes and derivatives against *Aedes aegypti* Linn. *Chemosphere*, 84(1), 150-153.
- [6].Silvério, M. R. S., Espindola, L. S., Lopes, N. P., & Vieira, P. C. (2020). Plant natural products for the control of *Aedes aegypti*: The main vector of important arboviruses. *Molecules*, 25(15), 3484.
- [7].Verma, R. S., Rahman, L., Verma, R. K., Chanotiya, C. S., Chauhan, A., Yadav, A., & Singh, A. (2010). Changes in the essential oil content and composition of *Origanum vulgare* L. during annual growth from Kumaon Himalaya. *Current science*, 98(8), 1010-1012.
- [8].Padalia, R. C., Verma, R. S., Chauhan, A., Chanotiya, C. S., & Yadav, A. (2011). Variation in the volatile constituents of *Artemisia annua* var. CIM-Arogya during plant ontogeny. *Natural Product Communications*, 6(2), 1934578X1100600221.
- [9].Tonçer, Ö., Karaman, Ş., Diraz, E., & Tansı, L. E. Y. L. A. (2017). Essential oil composition of *Ocimum basilicum* L. at different phenological stages in semi-arid environmental conditions. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(8).
- [10].Ferrer, D.B., Venskutonis, P.R., Talou, T., Zebib, B., Ferre, J.M.B. and Merah, O., 2018. Identification and in vitro activity of bioactive compounds extracted from *tussilago farfara* (l.) Plant Grown in Lithuania and France. *Free Radicals and Antioxidants*, 8(1), pp.40-47.
- [11].Ban, L., Narasimhamoorthy, B., Zhao, L., Greaves, J. A., & Schroeder, W. D. (2016). Antioxidant activities from different rosemary clonal lines. *Food chemistry*, 201, 259-263.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [12].Porte, A., Godoy, R. L. D. O., Lopes, D., Koketsu, M., Gonçalves, S. L., & Torquillo, H. S. (2000). Essential oil of *Rosmarinus officinalis* L. (rosemary) from Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Essential Oil Research*, 12(5), 577-580.
- [13].Evans, W. C. (2009). *Trease and Evans' pharmacognosy*. Elsevier Health Sciences.
- [14].Laftouhi, A., Eloutassi, N., Ech-Chihbi, E., Rais, Z., Abdellaoui, A., Taleb, A., & Taleb, M. (2023). The Impact of Environmental Stress on the Secondary Metabolites and the Chemical Compositions of the Essential Oils from Some Medicinal Plants Used as Food Supplements. *Sustainability*, 15(10), 7842.
- [15].Belkis, B. K. F., & Hadjira, M. A. I. F. I. (2019). *Contribution à la collecte et la conservation des graines des plantes dans la steppe centrale de les régions* (Djelfa et Msila) (Doctoral dissertation, Université Ziane Achour/Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie).
- [16].González-Minero, F. J., Bravo-Díaz, L., & Ayala-Gómez, A. (2020). *Rosmarinus officinalis* L. (Rosemary): An ancient plant with uses in personal healthcare and cosmetics. *Cosmetics*, 7(4), 77.
- [17].Derwich, E., Benziane, Z., Chabir, R., & Taouil, R. (2011). In vitro antibacterial activity and GC/MS analysis of the essential oil extract of leaves of *Rosmarinus officinalis* grown in Morocco. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 3(3), 89-95.
- [18].Isman, M. B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop protection*, 19(8-10), 603-608.
- [19].Lo Presti, M., Ragusa, S., Trozzi, A., Dugo, P., Visinoni, F., Fazio, A., & Mondello, L. (2005). A comparison between different techniques for the isolation of rosemary essential oil. *Journal of separation science*, 28(3), 273-280.
- [20].Taheri, A., Asadiamirabadi, A., Seyedabadi, M. M., & Kashaninejad, M. (2023). Infrared-assisted hydrodistillation as an efficient, promising approach to the extraction of essential oil from *Rosmarinus officinalis*. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(4), 2170-2179.
- [21].Singh, M., & Guleria, N. (2013). Influence of harvesting stage and inorganic and organic fertilizers on yield and oil composition of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in a semi-arid tropical climate. *Industrial Crops and Products*, 42, 37-40.
- [22].Tawfeeq, A., Culham, A., Davis, F., & Reeves, M. (2016). Does fertilizer type and method of application cause significant differences in essential oil yield and composition in rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.)? *Industrial Crops and Products*, 88, 17-22.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [23].Zebib, B., Beyrouthy, M. E., Safi, C., & Merah, O. (2015). Chemical composition of the essential oil of *Satureja myrtifolia* (Boiss. & Hohen.) from Lebanon. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 18(1), 248-254.
- [24].Aldarkazali, M., Rihan, H. Z., Carne, D., & Fuller, M. P. (2019). The growth and development of sweet basil (*Ocimum basilicum*) and bush basil (*Ocimum minimum*) grown under three light regimes in a controlled environment. *Agronomy*, 9(11), 743.
- [25].Roche, J., Mouloungui, Z., Cerny, M., & Merah, O. (2019). Effect of sowing dates on fatty acids and phytosterols patterns of *Carthamus tinctorius* L. *Applied Sciences*,9(14), 2839.
- [26].Singh, M. (2013). Influence of organic mulching and nitrogen application on essential oil yield and nitrogen use efficiency of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.).*Archives of Agronomy and Soil Science*, 59(2), 273-279.
- [27].Mwithiga, G., Maina, S., Muturi, P., & Gitari, J. (2022). Lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) agronomic traits, oil yield and oil quality under different agro-ecological zones. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10, 100422.
- [28].Shahi, V. B., & Singh, P. N. (2013). Effect of inorganic and organic sources of nutrients on yield and yield attributes of lemon grass (*Cymbopogon flexuosus*). *Annals of Horticulture*, 6(1), 49-55.
- [29].Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., Pedro, L. G., & Scheffer, J. J. (2008). Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils.*Flavour and Fragrance journal*, 23(4), 213-226.
- [30].Cáceres, J. A., Cuervo, J. L., & Rodríguez, J. L. (2017).Effect of organic fertilization on yield and quality of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oil. *Agronomía Colombiana*, 35(2), 232-237.
- [31].Mostafa, H. S. (2019). Effect of organic and inorganic fertilizers on growth, herbs product and chemical composition of rosemary plants (*Rosmarinus officinalis* L.) *Int.J. Farming Allied Sci*, 5-13.
- [32].Abdelaziz, M. E., Pokluda, R., & Abdelwahab, M. M. (2007). Influence of compost, microorganisms and NPK fertilizer upon growth, chemical composition and essential oil production of *Rosmarinus officinalis* L. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 35(1), 86.
- [33].Valiki, S. R. H., & Ghanbari, S. (2015). Comparative examination of the effect of manure and chemical fertilizers on yield and yield components of rosemary (*Rosemarinus officinalis* L.) *Vegetables Science*, 6, 29-37.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [34].Singh, M., & Wasnik, K. (2013). Effect of vermicompost and chemical fertilizer on growth, herb, oil yield, nutrient uptake, soil fertility, and oil quality of rosemary. *Communications in soil science and plant analysis*, 44(18), 2691-2700.
- [35].Karamanos, A. J., & Sotiropoulou, D. E. (2013). Field studies of nitrogen application on Greek oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) letsweet) essential oil during two cultivation seasons. *Industrial Crops and Products*, 46, 246-252.
- [36].Moghaddam, M., & Mehdizadeh, L. (2017). Chemistry of essential oils and factors influencing their constituents. In *Soft chemistry and food fermentation* (pp. 379-419). Academic Press.
- [37].Rasmussen, P. E., & Smiley, R. W. (2019). Soil carbon and nitrogen change in long-term agricultural experiments at Pendleton, Oregon. In *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems* (pp. 353-360). CRC Press.
- [38].Anwar, M., Patra, D. D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A. A., & Khanuja, S. P. S. (2005). Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. *Communications in soil science and plant analysis*, 36(13-14), 1737-1746.
- [39].Ashraf, M., Ali, Q., & Iqbal, Z. (2006). Effect of nitrogen application rate on the content and composition of oil, essential oil and minerals in black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(6), 871-876.
- [40].Kumar, T. S., Swaminathan, V., & Kumar, S. (2009). Influence of nitrogen, phosphorus and biofertilizers on growth, yield and essential oil constituents in ratoon crop of davana (*Artemisia pallens* Wall.) *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 8(2), 86-95.
- [41].Castro, L. W. P., Deschamps, C., Biasi, L. A., Scheer, A. P., & Bona, C. (2010). Development and essential oil yield and composition of mint chemotypes under nitrogen fertilization and radiation levels. In *Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science: Soil solutions for a changing world, Brisbane, Australia, 1-6 August 2010. Symposium 3.3. 2 Molecular biology and optimizing crop nutrition*. International Union of Soil Sciences (IUSS), c/o Institut für Bodenforschung, Universität für Bodenkultur.
- [42].Azizi, A., Yan, F., & Honermeier, B. (2009). Herbage yield, essential oil content and composition of three oregano (*Origanum vulgare* L.) populations as affected by soil moisture regimes and nitrogen supply. *Industrial crops and products*, 29(2-3), 554-561.
- [43].Vartanian, N. & Lemee, G. (1984). La notion d'adaptation à la sécheresse. *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques*

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [44].Greenway, H., & Munns, R. (1980).Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes.*Annual review of plant physiology*, 31(1), 149-190.
- [45].Shannan, M. C. (1998). Adaptation of plants to salinity. *Advances in Agronomy*, 60, 75–81.
- [46].Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25, 239–250.
- [47].El-Keltawi, N. E., & Croteau, R. (1987). Salinity depression of growth and essential oil formation in spearmint and marjoram and its reversal by foliar applied cytokinin. *Phytochemistry*, 26(5), 1333-1334.
- [48].Heuer, B., Yaniv, Z., & Ravina, I. (2002).Effect of late salinization of chia (*Salvia hispanica*), stock (*Matthiola tricuspidata*) and evening primrose (*Oenothera biennis*) on their oil content and quality.*Industrial Crops and Products*, 15(2), 163-167.
- [49].Ansari, S. R., Abad Farooqi, A. H., & Sharma, S. (1998). Interspecific variation in sodium and potassium ion accumulation and essential oil metabolism in three *Cymbopogon* species raised under sodium chloride stress.*Journal of Essential Oil Research*, 10(4), 413-418.
- [50].Dow, A. I., Chine, T. A. & Horning, E. V. (1981). *Salt Tolerance Studies on Irrigated Mint. Washington State University Agriculture Research Center Bulletin*, 0906, 1–11.
- [51].Ramos da Silva, L. R., Ferreira, O. O., Cruz, J. N., de Jesus Pereira Franco, C., Oliveira dos Anjos, T., Cascaes, M. M., & Santana de Oliveira, M. (2021). Lamiaceae essential oils, phytochemical profile, antioxidant, and biological activities.*Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*.
- [52].Pelikan ,J .(1986). Matière première du règne végétal. Ed. Masson Et Cie, Tome 2, paris, p2343
- [53].Teuscher, E., Anton, R., & Lobstein, A. (2005). *Plantes aromatiques: épices, aromates, condiments ET huiles essentielles*, p552. Tec & Doc.
- [54].Bensebia, O., Barth, D., Bensebia, B. & Dahmani, A. (2009). Extraction au CO₂ supercritique du romarin : effet des paramètres d'extraction et modélisation. *Le Journal des fluides supercritiques*, 49 (2), 161-166.
- [55].Keivanfar, L., Nateghi, L., Rashidi, L., Pourahmad, R., & Rashidi Nodeh, H. (2023). Comparing two different extraction techniques on chemical composition and antioxidant property of three essential oils of *Ferulago contracta*, *Rosmarinus officinalis* and *Lavendula sublepidota*. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-13.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [56].Micić, D., Đurović, S., Riabov, P., Tomić, A., Šovljanski, O., Filip, S., & Blagojević, S. (2021). Rosemary essential oils as a promising source of bioactive compounds: Chemical composition, thermal properties, biological activity, and gastronomical perspectives. *Foods*, 10(11), 2734.
- [57].Hashemi, S. M. B., Gholamhosseinpour, A., & Barba, F. J. (2023). *Rosmarinus officinalis* L. Essential Oils Impact on the Microbiological and Oxidative Stability of Sarshir (Kaymak). *Molecules*, 28(10), 4206.
- [58].Ben Abada, M., Soltani, A., Tahri, M., Haoual Hamdi, S., Boushah, E., Fourmentin, S., & Mediouni Ben Jemâa, J. (2023). Encapsulation of *Rosmarinus officinalis* essential oil and of its main components in cyclodextrin: application to the control of the date moth *Ectomyelois ceratoniae* (Pyralidae). *Pest Management Science*.
- [59].Elyemni, M., El Ouadrhiri, F., Lahkimi, A., Elkamli, T., Bouia, A., & Eloutassi, N. (2022). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of wild and cultivated *Rosmarinus officinalis* from two Moroccan localities. *Journal of Ecological Engineering*, 23(3).
- [60].En ligne Nithya, S. (2021). *Empreintes digitales GC-MS et évaluation biologique in vitro de l'extrait hydroalcoolique de feuilles de romarin officinalis Linn* (thèse de doctorat, Nandha College of Pharmacy, Erode).
- [61].Akroum, S. (2008). Inhibition de quelques bactéries pathogènes par les extraits éthanoliques de *Rosmarinus officinalis*. *Revue Campus*, (11), 24-27.
- [62].RAO, L. J., Singh, M., Raghavan, B., & Abraham, K. O. (1998). Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.): Impact of drying on its flavor quality. *Journal of Food Quality*, 21(2), 107-115.
- [63].Ibañez, E., Kubátová, A., Señoráns, F. J., Cavero, S., Reglero, G., & Hawthorne, S. B. (2003). Subcritical water extraction of antioxidant compounds from rosemary plants. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(2), 375-382.
- [64].Okamura N., Haraguchi H., Hashimoto K., & Yaghi A., (1994). Flavonoids in. Ortiz J.M., 2002. Botany: taxonomy, morphology and physiology of fruits, leaves and flowers. In Dugo G. et Di Giacomo A. Ed. Citrus. The Genus Citrus. Taylor and Francis Group, London, pp. 16-35.
- [65].Yang, R. Y., Lin, S., & Kuo, G. (2008). Content and distribution of flavonoids among 91 edible plant species. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 17.
- [66].Hui, Y. H., Chen, F., Nollet, L. M., Guiné, R. P., Martín-Belloso, O., Mínguez-Mosquera, M. I., & Stanfield, R. (Eds.). (2010). *Handbook of fruit and vegetable flavors* (Vol. 64). Hoboken: Wiley.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [67].Borges, R. S., Ortiz, B. L. S., Pereira, A. C. M., Keita, H., & Carvalho, J. C. T. (2019). *Rosmarinus officinalis* essential oil: A review of its phytochemistry, anti-inflammatory activity, and mechanisms of action involved. *Journal of ethnopharmacology*, 229, 29-45.
- [68].De boree(2012). Atlas illustré des plantes médicinales curatives. Paris : Swsaeta dermiques à base d'extraits de plantes à propriétés antifongiques et antibactériennes. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Bamako, 1993, 85p. Des publications universitaires, ,284p
- [69].Beloued, A (12). Plantes médicinales d'Algérie .6ème édition .Alger : office
- [70].Köhler, H., & Köhler, F. E. (1887).*Köhler's Medizinal-Pflanzen in naturgetreuen Abbildungen mit kurz erläuterndem Texte: Atlas zur Pharmacopoea germanica, austriaca, belgica, danica, helvetica, hungarica, rossica, suecica, Neerlandica, British pharmacopoeia, zum Codex medicamentarius, sowie zur Pharmacopoeia of the United States of America* (Vol. 1). FE Köhler.
- [71].Regnault-Roger, C., & Hamraoui, A. (1997). Lutte contre les insectes phytophages par les plantes aromatiques et leurs molécules allélochimiques.*Acta botanica gallica*, 144(4), 401-412.
- [72].Morgan, M. (2005). Botanical latin: the poetry of herb names. *MediHerb*, 89, 1-15.
- [73].Muñoz Centeno, LM (2002).Plantes médicinales espagnoles: *Origanum vulgare* L. (Lamiaceae)(origan).
- [74].Machado, D. G., Cunha, M. P., Neis, V. B., Balen, G. O., Colla, A., Bettio, L. E., & Rodrigues, A. L. S. (2013). Antidepressant-like effects of fractions, essential oil, carnosol and betulinic acid isolated from *Rosmarinus officinalis* L. *Food Chemistry*, 136(2), 999-1005.
- [75].Mekonnen, A., Yitayew, B., Tesema, A., & Taddese, S. (2016). In vitro antimicrobial activity of essential oil of *Thymus schimperi*, *Matricaria chamomilla*, *Eucalyptus globulus*, and *Rosmarinus officinalis*. *International journal of microbiology*, 2016.
- [76].Bajalan, I., Rouzbahani, R., Pirbalouti, A. G., & Maggi, F. (2017). Antioxidant and antibacterial activities of the essential oils obtained from seven Iranian populations of *Rosmarinus officinalis*. *Industrial crops and products*, 107, 305-311.
- [77].Patel, S. (2015). Plant essential oils and allied volatile fractions as multifunctional additives in meat and fish-based food products: a review. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 32(7), 1049-1064.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [78].Sears, B. (2015). Anti-inflammatory diets. *Journal of the American College of Nutrition*, 34(sup1), 14-21.
- [79].Juhás, Š., Bukovská, A., Čikoš, Š., Czikková, S., Fabian, D., & Koppel, J. (2009). Anti-inflammatory effects of *Rosmarinus officinalis* essential oil in mice. *Acta Veterinaria Brno*, 78(1), 121-127.
- [80].Faria, L. R. D., Lima, C. S., Perazzo, F. F., & Carvalho, J. C. T. (2011). Anti-inflammatory and antinociceptive activities of the essential oil from *Rosmarinus officinalis* L. (Lamiaceae). *Int J Pharm Sci Rev Res*, 7(2), 1-8.
- [81].Vilela, J., Martins, D., Monteiro-Silva, F., González-Aguilar, G., de Almeida, J. M., & Saraiva, C. (2016). Antimicrobial effect of essential oils of *Laurus nobilis* L. and *Rosmarinus officinallis* L. on shelf-life of minced "Maronesa" beef stored under different packaging conditions. *Food Packaging and Shelf Life*, 8, 71-80.
- [82].Takayama, C., de-Faria, F. M., de Almeida, A. C. A., Dunder, R. J., Manzo, L. P., Socca, E. A. R., & Luiz-Ferreira, A. (2016). Chemical composition of *Rosmarinus officinalis* essential oil and antioxidant action against gastric damage induced by absolute ethanol in the rat. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*, 6(8), 677-681
- [83].Selmi, S., Rtibi, K., Grami, D., Sebai, H., & Marzouki, L. (2017). Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) essential oil components exhibit anti-hyperglycemic, anti-hyperlipidemic and antioxidant effects in experimental diabetes. *Pathophysiology*, 24(4), 297-303.
- [84].Seo, M. Y., Kim, K. R., Lee, J. J., Ryu, G., Lee, S. H., Hong, S. D., .& Kim, H. Y. (2019). Therapeutic effect of topical administration of red onion extract in a murine model of allergic rhinitis. *Scientific reports*, 9(1), 1-9.
- [85].Bae, G. S., Park, K. C., Choi, S. B., Jo, I. J., Choi, M. O., Hong, S. H., & Park, S. J. (2012). Protective effects of alpha-pinene in mice with cerulein-induced acute pancreatitis. *Life sciences*, 91(17-18), 866-871.
- [86].Lin, P. C., Lee, J. J., & Chang, I. J. (2016). Essential oils from Taiwan: Chemical composition and antibacterial activity against *Escherichia coli*. *Journal of food and drug analysis*, 24(3), 464-470.
- [87].Silva, R. M., & Faria, M. T. (2014). Caracterização etnobotânica e histoquímica de plantas medicinais utilizadas pelos moradores do bairro Carrilho, Goianésia (GO). *Enciclopédia Biosfera*, 10(19).
- [88].Lee, K. G., & Shibamoto, T. (2002). Determination of antioxidant potential of volatile extracts isolated from various herbs and spices. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(17), 4947-4952.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [89].Botsoglou, N., Taitzoglou, I., Zervos, I., Botsoglou, E., Tsantarliotou, M., & Chatzopoulou, P. S. (2010). Potential of long-term dietary administration of rosemary in improving the antioxidant status of rat tissues following carbon tetrachloride intoxication. *Food and chemical toxicology*, 48(3), 944-950.
- [90].Benincá, J. P., Dalmarco, J. B., Pizzolatti, M. G., & Fröde, T. S. (2011). Analysis of the anti-inflammatory properties of *Rosmarinus officinalis* L. in mice. *Food chemistry*, 124(2), 468-475.
- [91].Leal, P. F., Braga, M. E., Sato, D. N., Carvalho, J. E., Marques, M. O., & Meireles, M. A. A. (2003). Functional properties of spice extracts obtained via supercritical fluid extraction. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(9), 2520-2525.
- [92].Aherne, S. A., Kerry, J. P., & O'Brien, N. M. (2007). Effects of plant extracts on antioxidant status and oxidant-induced stress in Caco-2 cells. *British Journal of Nutrition*, 97(2), 321-328.
- [93].Gutiérrez, M. E., García, A. F., de Madariaga, M. A., Sagrista, M. L., Casadó, F. J., & Mora, M. (2003). Interaction of tocopherols and phenolic compounds with membrane lipid components: evaluation of their antioxidant activity in a liposomal model system. *Life Sciences*, 72(21), 2337-2360.
- [94].Lo, A. H., Liang, Y. C., Lin-Shiau, S. Y., Ho, C. T., & Lin, J. K. (2002). Carnosol, an antioxidant in rosemary, suppresses inducible nitric oxide synthase through down-regulating nuclear factor- κ B in mouse macrophages. *Carcinogenesis*, 23(6), 983-991.
- [95].Klančnik, A., Guzej, B., Kolar, M. H., Abramovič, H., & Možina, S. S. (2009). In vitro antimicrobial and antioxidant activity of commercial rosemary extract formulations. *Journal of Food Protection*, 72(8), 1744-1752.
- [96].Beretta, G., Artali, R., Facino, R. M., & Gelmini, F. (2011). An analytical and theoretical approach for the profiling of the antioxidant activity of essential oils: the case of *Rosmarinus officinalis* L. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 55(5), 1255-1264.
- [97].Bakirel, T., Bakirel, U., Keleş, O. Ü., Ülgen, S. G., & Yardibi, H. (2008). In vivo assessment of antidiabetic and antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) in alloxan-diabetic rabbits. *Journal of ethnopharmacology*, 116(1), 64-73.
- [98].Zeng, H. H., Tu, P. F., Zhou, K., Wang, H., Wang, B. H., & Lu, J. F. (2001). Antioxidant properties of phenolic diterpenes from *Rosmarinus officinalis*. *Acta Pharmacologica Sinica*, 22(12), 1094-1098.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [99].Del Bano, M. J., Lorente, J., Castillo, J., Benavente-García, O., Del Rio, J. A., Ortuño, A., & Gerard, D. (2003). Phenolic diterpenes, flavones, and rosmarinic acid distribution during the development of leaves, flowers, stems, and roots of *Rosmarinus officinalis*. Antioxidant activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(15), 4247-4253.
- [100].Posadas, S. J., Caz, V., Largo, C., De la Gándara, B., Matallanas, B., Reglero, G., & De Miguel, E. (2009). Protective effect of supercritical fluid rosemary extract, *Rosmarinus officinalis*, on antioxidants of major organs of aged rats. *Experimental gerontology*, 44(6-7), 383-389.
- [101].Rašković, A., Milanović, I., Pavlović, N., Čebović, T., Vukmirović, S., & Mikov, M. (2014). Antioxidant activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oil and its hepatoprotective potential. *BMC complementary and alternative medicine*, 14(1), 1-9.
- [102].Visanji, J. M., Thompson, D. G., & Padfield, P. J. (2006). Induction of G2/M phase cell cycle arrest by carnosol and carnosic acid is associated with alteration of cyclin A and cyclin B1 levels. *Cancer letters*, 237(1), 130-136.
- [103].Sancheti, G., & Goyal, P. K. (2006). Modulatory influence of *Rosmarinus officinalis* on DMBA-induced mouse skin tumorigenesis. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 7(2), 331.
- [104].Prasad, S., Yadav, V. R., Kannappan, R., & Aggarwal, B. B. (2016). Ursolic acid, a pentacyclin triterpene, potentiates TRAIL-induced apoptosis through p53-independent up-regulation of death receptors. EVIDENCE FOR THE ROLE OF REACTIVE OXYGEN SPECIES AND JNK. *The journal of biological chemistry*, 291(32), 16924.
- [105].Gonzalez-Vallinas, M., Molina, S., Vicente, G., Zarza, V., Martin-Hernandez, R., Garcia-Risco, M. R., & De Molina, A. R. (2014). Expression of microRNA-15b and the glycosyltransferase GCNT3 correlates with antitumor efficacy of Rosemary diterpenes in colon and pancreatic cancer. *PLoS one*, 9(6), e98556.
- [106].Xiang, Q., Ma, Y., Dong, J., & Shen, R. (2015). Carnosic acid induces apoptosis associated with mitochondrial dysfunction and Akt inactivation in HepG2 cells. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66(1), 76-84.
- [107].Kar, S., Palit, S., Ball, W. B., & Das, P. K. (2012). Carnosic acid modulates Akt/IKK/NF- κ B signaling by PP2A and induces intrinsic and extrinsic pathway mediated apoptosis in human prostate carcinoma PC-3 cells. *Apoptosis*, 17(7), 735-747.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [108].Andrade, J. M., Faustino, C., Garcia, C., Ladeiras, D., Reis, C. P., & Rijo, P. (2018). *Rosmarinus officinalis* L.: an update review of its phytochemistry and biological activity. *Future science OA*, 4(4), FSO283.
- [109].Huang, M. T., Ho, C. T., Wang, Z. Y., Ferraro, T., Lou, Y. R., Stauber, K., & Conney, A. H. (1994).Inhibition of skin tumorigenesis by rosemary and its constituents carnosol and ursolic acid. *Cancer research*, 54(3), 701-708.
- [110].Barni, M. V., Carlini, M. J., Cafferata, E. G., Puricelli, L., & Moreno, S. (2012). Carnosic acid inhibits the proliferation and migration capacity of human colorectal cancer cells.*Oncology reports*, 27(4), 1041-1048.
- [111].Dörrie, J., Sapala, K., & Zunino, S. J. (2001). Carnosol-induced apoptosis and downregulation of Bcl-2 in B-lineage leukemia cells.*Cancer letters*, 170(1), 33-39.
- [112].Bai, N., He, K., Roller, M., Lai, C. S., Shao, X., Pan, M. H., & Ho, C. T. (2010). Flavonoids and phenolic compounds from *Rosmarinus officinalis*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(9), 5363-5367.
- [113].Gonzalez-Vallinas, M., Molina, S., Vicente, G., de la Cueva, A., Vargas, T., Santoyo, S., & de Molina, A. R. (2013). Antitumor effect of 5-fluorouracil is enhanced by rosemary extract in both drug sensitive and resistant colon cancer cells.*Pharmacological research*, 72, 61-68.
- [114].Romane, A., & Djemai, H. (2021). *Etude de l'activité antibactérienne d'huile essentielle de l'armoise blanche (Artemisia herbaalba Asso) de la région de Chellala et la région de Meghila* (Doctoral dissertation, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie).
- [115].Singletary, K., MacDonald, C., & Wallig, M. (1996). Inhibition by rosemary and carnosol of 7, 12-dimethylbenz [a] anthracene (DMBA)-induced rat mammary tumorigenesis and in vivo DMBA-DNA adduct formation.*Cancer letters*, 104(1), 43-48.
- [116].Kačániová, M., Vukovič, N., Horská, E., šalamon, I., Bobková, A., Hleba, L., & Bobko, M. (2014). Antibacterial activity against *Clostridium* genus and antiradical activity of the essential oils from different origin. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 49(7), 505-512.
- [117].Wang, W., Li, N., Luo, M., Zu, Y., & Efferth, T. (2012). Antibacterial activity and anticancer activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil compared to that of its main components.*Molecules*, 17(3), 2704-2713.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [118].Qabaha , K. I. (2013). Antimicrobial and free radical scavenging activities of five Palestinian medicinal plants.*African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 10(4), 101-108.
- [119].Petrolini, F. V. B., Lucarini, R., Souza, M. G. M. D., Pires, R. H., Cunha, W. R., & Martins, C. H. G. (2013). Evaluation of the antibacterial potential of *Petroselinum crispum* and *Rosmarinus officinalis* against bacteria that cause urinary tract infections. *Brazilian Journal of Microbiology*, 44, 829-834.
- [120].Luqman, S., Dwivedi, G. R., Darokar, M. P., Kalra, A., & Khanuja, S. P. (2007). Potential of rosemary oil to be used in drug-resistant infections.*Alternative Therapies in Health & Medicine*, 13(5).
- [121].Jiang, Y., Wu, N., Fu, Y. J., Wang, W., Luo, M., Zhao, C. J., & Liu, X. L. (2011). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of Rosemary. *Environmental toxicology and pharmacology*, 32(1), 63-68.
- [122].Swamy, M. K., Akhtar, M. S., & Sinniah, U. R. (2016). Antimicrobial properties of plant essential oils against human pathogens and their mode of action: an updated review. *Evidence-Based Complementary and alternative medicine*.
- [123].Shin, H. B., Choi, M. S., Ryu, B., Lee, N. R., Kim, H. I., Choi, H. E., & Inn, K. S. (2013). Antiviral activity of carnosic acid against respiratory syncytial virus. *Virology journal*, 10(1), 1-11.
- [124].da Rosa, J. S., Facchin, B. M., Bastos, J., Siqueira, M. A., Micke, G. A., Dalmarco, E. M., & Fröde, T. S. (2013). Systemic administration of *Rosmarinus officinalis* attenuates the inflammatory response induced by carrageenan in the mouse model of pleurisy. *Planta medica*, 79(17), 1605-1614.
- [125].Backhouse, N., Rosales, L., Apablaza, C., Goity, L., Erazo, S., Negrete, R., & Delporte, C. (2008). Analgesic, anti-inflammatory and antioxidant properties of *Buddleja globosa*, Buddlejaceae. *Journal of ethnopharmacology*, 116(2), 263-269.
- [126].Peng, C. H., Su, J. D., Chyau, C. C., Sung, T. Y., Ho, S. S., Peng, C. C., & Peng, R. Y. (2007). Supercritical fluid extracts of rosemary leaves exhibit potent anti-inflammation and anti-tumor effects. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 71(9), 2223-2232.
- [127].Zanella, C. A., Treichel, H., Cansian, R. L., & Roman, S. S. (2012). The effects of acute administration of the hydroalcoholic extract of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.)(Lamiaceae) in animal models of memory.*Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 48, 389-397.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [128].Martínez, A. L., González-Trujano, M. E., Chávez, M., & Pellicer, F. (2012). Antinociceptive effectiveness of triterpenes from rosemary in visceral nociception. *Journal of ethnopharmacology*, 142(1), 28-34.
- [129].Rosenbaum, C. C., O'Mathána, D. P., Chavez, M., & Shields, K. (2010). Antioxidants and antiinflammatory dietary supplements for osteoarthritis and rheumatoid arthritis. *Alternative Therapies in Health & Medicine*, 16(2).
- [130].Kuo, C. F., Su, J. D., Chiu, C. H., Peng, C. C., Chang, C. H., Sung, T. Y., & Chyau, C. C. (2011). Anti-inflammatory effects of supercritical carbon dioxide extract and its isolated carnosic acid from *Rosmarinus officinalis* leaves. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(8), 3674-3685.
- [131].Chae, I. G., Yu, M. H., Im, N. K., Jung, Y. T., Lee, J., Chun, K. S., & Lee, I. S. (2012). Effect of *Rosmarinus officinalis* L. on MMP-9, MCP-1 levels, and cell migration in RAW 264.7 and smooth muscle cells. *Journal of Medicinal Food*, 15(10), 879-886.
- [132].Yu, Y. M., Lin, H. C., & Chang, W. C. (2008). Carnosic acid prevents the migration of human aortic smooth muscle cells by inhibiting the activation and expression of matrix metalloproteinase-9. *British journal of nutrition*, 100(4), 731-738.
- [133].Lucarini, R., Bernardes, W. A., Ferreira, D. S., Tozatti, M. G., Furtado, R., Bastos, J. K., & Cunha, W. R. (2013). In vivo analgesic and anti-inflammatory activities of *Rosmarinus officinalis* aqueous extracts, rosmarinic acid and its acetyl ester derivative. *Pharmaceutical Biology*, 51(9), 1087-1090.
- [134].Rants'o, T. A., Koekemoer, L. L., Panayides, J. L., & van Zyl, R. L. (2022). Potential of Essential Oil-Based Anticholinesterase Insecticides against Anopheles Vectors: A Review. *Molecules*, 27(20), 7026.
- [135].Sur, S. N., & Sarkar, H. (1929). Paris Green as an Anopheline Larvicide. *The Indian Medical Gazette*, 64(7), 376.
- [136].WHO. Guidelines for Malaria Vector Control. Available online:<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/310862/9789241550499-eng.pdf> (accessed on 15 January 2022).
- [137].Park Ross, G. A. (1936). Insecticide as a major measure in the control of malaria, being an account of the methods and organizations put into force in Natal and Zululand during the past six years. *Quarterly Bulletin of the Health Organization of the League of Nations*, 5, 114-133.
- [138].Oberemok, V. V., Laikova, K. V., Gninenko, Y. I., Zaitsev, A. S., Nyadar, P. M., & Adeyemi, T. A. (2015). A short history of insecticides. *Journal of Plant Protection Research*, 55(3).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [139].Davies, T. G. E., Field, L. M., Usherwood, P. N. R., & Williamson, M. S. (2007). DDT, pyrethrins, pyrethroids and insect sodium channels. *IUBMB life*, 59(3), 151-162.
- [140].Casida, J. E., & Quistad, G. B. (1998). Golden age of insecticide research: past, present, or future? *Annual review of entomology*, 43(1), 1-16.
- [141].Rahman, M. M. (2013). Insecticide substitutes for DDT to control mosquitoes may be causes of several diseases. *Environmental Science and Pollution Research*, 20, 2064-2069.
- [142].Rogan, W. J., & Chen, A. (2005). Health risks and benefits of bis (4-chlorophenyl)-1, 1, 1-trichloroethane (DDT). *The Lancet*, 366(9487), 763-773.
- [143].Attaran, A., Liroff, R., & Maharaj, R. (2000). Doctoring malaria, badly: the global campaign to ban DDTDDT for malaria control should not be bannedCommentary: Reduction and elimination of DDT should proceed slowly. *Bmj*, 321(7273), 1403-1405.
- [144].Bedini, S.; Farina, P.; Conti, B. (2019). Bioattività degli oli essenziali: Luci e ombre del loro utilizzo nella gestione degli insetti dannosi. In *Atti dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia*; Accademia Nazionale Italiana di Entomologia: Florence, Italy; 201–206.
- [145].Hernández-Sánchez, G., Sanz-Berzosa, I., Casaña-Giner, V., & Primo-Yúfera, E. (2001). Attractiveness for *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Dipt., Tephritidae) of mango (*Mangifera indica*, cv. Tommy Atkins) airborne terpenes. *Journal of Applied Entomology*, 125(4), 189-192.
- [146].Oviedo, A., Van Nieuwenhove, G., Van Nieuwenhove, C., & Rull, J. (2018). Biopesticide effects on pupae and adult mortality of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Austral Entomology*, 57(4), 457-464.
- [147].Nishida, R., Shelly, T. E., Whittier, T. S., & Kaneshiro, K. Y. (2000). α -Copaene, a potential rendezvous cue for the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*?. *Journal of Chemical Ecology*, 26, 87-100.
- [148].Shelly, T., Dang, C., & Kennelly, S. (2004). Exposure to orange (*Citrus sinensis* L.) trees, fruit, and oil enhances mating success of male Mediterranean fruit flies (*Ceratitis capitata* [Wiedemann]). *Journal of Insect Behavior*, 17, 303-315.
- [149].Segura, D. F., Belliard, S. A., Vera, M. T., Bachmann, G. E., Ruiz, M. J., Jofre-Barud, F., & Shelly, T. E. (2018). Plant chemicals and the sexual behavior of male tephritid fruit flies. *Annals of the Entomological Society of America*, 111(5), 239-264.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[150].Koul, O., Walia, S., & Dhaliwal, GS (2008). Les huiles essentielles comme pesticides verts: potentiels et contraintes. *Biopesticides international*, 4(1), 63-84.

[151].Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., & Pérez-Álvarez, JA (2007). Activités antifongiques des huiles essentielles de thym, girofle et origan. *Journal de la sécurité alimentaire*, 27(1), 91-101.

[152].Faucon, F., Dusfour, I., Gaude, T., Navratil, V., Boyer, F., Chandre, F., & David, JP (2015). Identification des changements génomiques associés à la résistance aux insecticides chez le moustique de la dengue *Aedes aegypti* par séquençage ciblé en profondeur. *Recherche sur le génome*, 25(9), 1347-1359.

[153].Lardry, JM, & Haberkorn, V. (2007). Les huiles essentielles: Principes d'utilisation. *Kinésithérapie, la revue*, 61(7), 18-23.

[154].Bourrain, JL (2013). Allergies aux huiles essentielles: aspects pratiques. *Revue Française d'Allergologie*, 53, 30-32.

[155].Boukhari, F. (2017). *Extraction et analyse de l'huile essentielle et des métabolites secondaires lourds de Juglans regia L.* (Doctoral dissertation, Faculté de Chimie).

[156].Schmitt, S., Schaefer, U. F., Doeblner, L., & Reichling, J. (2009). Cooperative interaction of monoterpenes and phenylpropanoids on the in vitro human skin permeation of complex composed essential oils. *Planta medica*, 75(13), 1381-1385.

[157].Fillâtre, Y., Rondeau, D., Bonnet, B., Daguin, A., Jadas-Hécart, A., & Communal, PY (2011). Analyse multi résidus de pesticides multi classes dans l'huile essentielle de lavandin par LC/MS/MS en utilisant le mode de suivi de réaction sélectionné programmé. *Chimie analytique*, 83(1), 109-117.

[158].Bruneton, J. (1999). *Toxic plants dangerous to humans and animals*. Intercept Limited.

[159].Milpied-Homsi, B. (Ed.). (2009). *Progrès en dermato-allergologie: Bordeaux 2009* (Vol. 15). John Libbey Eurotext.

[160].Sangwan, N.-É., Farooqi, AHA, Shabih, F. & Sangwan, RS (2001). Régulation de la production d'huiles essentielles dans les plantes. *Régulation de la croissance des plantes*, 34, 3-21.

[161].Kasali, A. A., Eshilokun, A. O., Adeola, S., Winterhalter, P., Knapp, H., Bonnländer, B., & Koenig, W. A. (2005). Volatile oil composition of new chemotype of *Ocimum basilicum* L. from Nigeria. *Flavour and fragrance journal*, 20(1), 45-47.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [162].Cole, R. A., Haber, W. A., & Setzer, W. N. (2007). Chemical composition of essential oils of seven species of *Eugenia* from Monteverde, *Costa Rica*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 35(12), 877-886.
- [163].Masotti, V., Juteau, F., Bessière, J. M., & Viano, J. (2003). Seasonal and phenological variations of the essential oil from the narrow endemic species *Artemisia molinieri* and its biological activities. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(24), 7115-7121.
- [164].Angioni, A., Barra, A., Coroneo, V., Dessi, S., & Cabras, P. (2006). Chemical composition, seasonal variability, and antifungal activity of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* essential oils from stem/leaves and flowers. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(12), 4364-4370.
- [165].Baydar, H., & Baydar, N. G. (2005). The effects of harvest date, fermentation duration and Tween 20 treatment on essential oil content and composition of industrial oil rose (*Rosa damascena* Mill.) *Industrial crops and products*, 21(2), 251-255.
- [166].Weyerstahl, P., Christiansen, C., Gundidza, M., & Mavi, S. (1992). Constituents of the essential oil of *Heteropyxis natalensis*. *Journal of Essential Oil Research*, 4(5), 439-445.
- [167].Anac, O. (1984). Gas chromatographic analysis on Turkish rose oil, absolute and concrete. *Perfumer & Flavorist*, 9(1), 1-14.
- [168].De Pasquale, C., La Bella, S., Cammalleri, I., Gennaro, M. C., Licata, M., Leto, C., & Tuttolomondo, T. (2017). Agronomical and postharvest evaluation of the essential oils of Sicilian rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) biotypes. In *International Symposium on Horticulture: Priorities and Emerging Trends 1255* (pp. 139-144).
- [169].Begum, A., Sandhya, S., Vinod, K. R., Reddy, S., & Banji, D. (2013). An in-depth review on the medicinal flora *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae). *Acta scientiarum polonorum Technologia alimentaria*, 12(1), 61-74.
- [170].Heinrich, M., Kufer, J., Leonti, M., & Pardo-de-Santayana, M. (2006). Ethnobotany and ethnopharmacology—Interdisciplinary links with the historical sciences. *Journal of ethnopharmacology*, 107(2), 157-160.
- [171].Moreno, S., Ojeda Sana, A. M., Gaya, M., Barni, M. V., Castro, O. A., & van Baren, C. (2012). Rosemary compounds as nutraceutical health products. *Food additives*, 157-174.
- [172].Tuttolomondo, T., La Bella, S., Leto, C., Gennaro, M. C., Calvo, R., & D'Asaro, F. (2017). Biotechnical characteristics of root systems in erect and

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

prostrate habit *Rosmarinus officinalis* L. accessions grown in a Mediterranean climate. *Chemical Engineering Transactions*, 58, 769-774.

[173]. Sarmoum, R., Haid, S., Biche, M., Djazouli, Z., Zebib, B., & Merah, O. (2019). Effect of salinity and water stress on the essential oil components of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) *Agronomy*, 9(5), 214.

[174]. Zuazo, V. H. D., & Pleguezuelo, C. R. R. (2009). Soil-erosion and runoff prevention by plant covers: a review. *Sustainable agriculture*, 785-811.

[175]. Napoli, E. M., Siracusa, L., Saija, A., Speciale, A., Trombetta, D., Tuttolomondo, T., & Ruberto, G. (2015). Wild Sicilian rosemary: phytochemical and morphological screening and antioxidant activity evaluation of extracts and essential oils. *Chemistry & Biodiversity*, 12(7), 1075-1094.

[176]. Napoli, E.M. (2010). Curcuruto, G.; Ruberto, G. Screening of the essential oil composition of wild Sicilian rosemary. *Biochem. Syst. Ecol.*, 38, 659–670.

[177]. Yosr, Z., Hnia, C., Rim, T., & Mohamed, B. (2013). Changes in essential oil composition and phenolic fraction in *Rosmarinus officinalis* L. var. *typicus* Batt. organs during growth and incidence on the antioxidant activity. *Industrial Crops and Products*, 43, 412-419.

[178]. Alipour, M., & Saharkhiz, M. J. (2016). Phytotoxic activity and variation in essential oil content and composition of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) during different phenological growth stages. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, 7, 271-278.

[179]. Najar, B., Demasi, S., Caser, M., Gaino, W., Cioni, P. L., Pistelli, L., & Scariot, V. (2019). Cultivation Substrate Composition Influences Morphology, Volatilome and Essential Oil of *Lavandula Angustifolia* Mill. *Agronomy*, 9(8), 411.

[180]. Carrubba, A., Abbate, L., Sarno, M., Sunseri, F., Mauceri, A., Lupini, A., & Mercati, F. (2020). Characterization of Sicilian rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) germplasm through a multidisciplinary approach. *Planta*, 251, 1-15.

[181]. Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., Pedro, L. G., & Scheffer, J. J. (2008). Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour and Fragrance journal*, 23(4), 213-226.

[182]. Franz, C., & Novak, J. (2020). Sources of essential oils. In *Handbook of essential oils*, 41-83. CRC Press.

[183]. Farouk, S., & Al-Amri, S. M. (2019). Exogenous melatonin-mediated modulation of arsenic tolerance with improved accretion of secondary metabolite

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

production, activating antioxidant capacity and improved chloroplast ultrastructure in rosemary herb. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 180, 333-347.

[184].Raffo, A., Mozzanini, E., Ferrari Nicoli, S., Lupotto, E., & Cervelli, C. (2020). Effect of light intensity and water availability on plant growth, essential oil production and composition in *Rosmarinus officinalis* L. *European Food Research and Technology*, 246, 167-177.

[185].Böszörményi, A., Dobi, A., Skribanek, A., Pávai, M., & Solymosi, K. (2020). The effect of light on plastid differentiation, chlorophyll biosynthesis, and essential oil composition in rosemary (*Rosmarinus officinalis*) leaves and cotyledons. *Frontiers in plant science*, 11, 196.

[186].Sánchez-Blanco, M. J., Ferrández, T., Navarro, A., Bañon, S., & Alarcón, J. J. (2004). Effects of irrigation and air humidity preconditioning on water relations, growth and survival of *Rosmarinus officinalis* plants during and after transplanting. *Journal of Plant Physiology*, 161(10), 1133-1142.

[187].Bernstein, N., Chaimovitch, D., & Dudai, N. (2009). Effect of irrigation with secondary treated effluent on essential oil, antioxidant activity, and phenolic compounds in oregano and rosemary. *Agronomy Journal*, 101(1), 1-10.

[188].Khalil, S. E., & Khalil, A. M. (2015). Effect of water irrigation intervals, compost and dry yeast on growth, yield and oil content of *Rosmarinus officinalis* L.plant. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 36-52.

[189].Ganjali, A., & Kaykhaii, M. (2017). Investigating the essential oil composition of *Rosmarinus officinalis* before and after fertilizing with vermicompost. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(5), 1413-1417.

[190].Pirzad, A., & Mohammadzadeh, S. (2018). Water use efficiency of three mycorrhizal Lamiaceae species (*Lavandula officinalis*, *Rosmarinus officinalis* and *Thymus vulgaris*). *Agricultural water management*, 204, 1-10.

[191].Bustamante, M. A., Nogués, I., Jones, S., & Allison, G. G. (2019).The effect of anaerobic digestate derived composts on the metabolite composition and thermal behaviour of rosemary. *Scientific Reports*, 9(1), 6489.

[192].Singh, M. (2004). Effects of plant spacing, fertilizer, and modified urea material and irrigation regime on herbage, oil yield and oil quality of rosemary in semi-arid tropical conditions. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(3), 411-415.

[193].Kiuru, P., Muriuki, S. J. N., Wepukhulu, S. B., & Muriuki, S. J. M. (2015). Influence of growth media and regulators on vegetative propagation of rosemary

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(*Rosmarinus officinalis* L.). *East African Agricultural and Forestry Journal*, 81(2-4), 105-111.

[194]. Martinetti, L., Quattrini, E., Bononi, M., & Tateo, F. (2006). Effect of the mineral fertilization on the yield and the oil content of two cultivars of rosemary. In *International Symposium on the Labiatae: Advances in Production, Biotechnology and Utilisation* 723. 399-404.

[195]. Boyle, T. H., Craker, L. E., & Simon, J. E. (1991). Growing medium and fertilization regime influence growth and essential oil content of rosemary. *HortScience*, 26(1), 33-34.

[196]. Fornes, F., Liu-Xu, L., Lidón, A., Sánchez-García, M., Cayuela, M. L., Sánchez-Monedero, M. A., & Belda, R. M. (2020). Biochar improves the properties of poultry manure compost as growing media for rosemary production. *Agronomy*, 10(2), 261.

[197]. De Lucia, B., Vecchiatti, L., Rinaldi, S., Rivera, C. M., Trinchera, A., & Rea, E. (2013). Effect of peat-reduced and peat-free substrates on rosemary growth. *Journal of Plant Nutrition*, 36(6), 863-876.

[198]. Mendoza-Hernández, D., Fornes, F., & Belda, R. M. (2014). Compost and vermicompost of horticultural waste as substrates for cutting rooting and growth of rosemary. *Scientia Horticulturae*, 178, 192-202.

[199]. Rinaldi, S., De Lucia, B., Salvati, L., & Rea, E. (2014). Understanding complexity in the response of ornamental rosemary to different substrates: A multivariate analysis. *Scientia Horticulturae*, 176, 218-224.

[200]. Kern, J., Tammeorg, P., Shanskiy, M., Sakrabani, R., Knicker, H., Kammann, C., & Glaser, B. (2017). Synergistic use of peat and charred material in growing media—an option to reduce the pressure on peatlands?. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 25(2), 160-174.

[201]. Hammond, R. F. (1975). Origin, formation and distribution of peatland resources. *Peat in Horticulture*. DW Robinson & JGD Lamb, eds.

[202]. Rydin, H., Jeglum, J. K., & Bennett, K. D. (2013). *The biology of peatlands*, 2e. Oxford university press.

[203]. Zulfiqar, F., Allaire, S. E., Akram, N. A., Méndez, A., Younis, A., Peerzada, A. M., & Wright, S. R. (2019). Challenges in organic component selection and biochar as an opportunity in potting substrates: a review. *Journal of Plant Nutrition*, 42(11-12), 1386-1401.

[204].

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [205].Lanzi, A. (2005). I substrati alternativi alla torba: verifiche sperimentali sull'impiego di compost e fibra di cocco nell'ortoflorovivaismo. *Alberto Pardossi. Facoltà di Agraria, Università di Pisa.*
- [206].Barrett, G. E., Alexander, P. D., Robinson, J. S., & Bragg, N. C. (2016). Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems—A review. *Scientia horticultrae*, 212, 220-234.
- [207].Fenner, N., & Freeman, C. (2020). Woody litter protects peat carbon stocks during drought. *Nature Climate Change*, 10(4), 363-369.
- [208].Jensen, M. H. (2000). Plasticulture in the global community—view of the past and future. *Proc. Natl. Agr. Plast. Congr*, 29, 1-10.
- [209].Lodhi, A.S., Kaushal, A., Singh, K.G., 2013. Effect of irrigation regimes and low tunnel heights on microclimatic parameters in the growing of sweet pepper. *Int. J. Eng. Sci. Invent.* 2, 20–29.
- [210].Lamarre, M., Lareau, M. J., Payette, S., & Fortin, C. (1996).Influence of nitrogen fertilization, row covers and cultivar on the production of day-neutral strawberries in Quebec. *Canadian journal of soil science.*
- [211].Buchanan, B. B. (2000). In BB Buchanan, W Gruissem, RL Jones, eds. *Biochemistry & molecular biology of plants. American Society of Plant Physiologists, Rockville, Maryland*, 1366.
- [212].Baydar, H., & Baydar, N. G. (2005). The effects of harvest date, fermentation duration and Tween 20 treatment on essential oil content and composition of industrial oil rose (*Rosa damascena* Mill.). *Industrial crops and products*, 21(2), 251-255.
- [213].Kováts, E. S. (1987). Composition of essential oils. 7. Bulgarian oil of rose (*Rosa damascena* Mill.).*Journal of chromatography.*
- [214].Romane, A., & Djemai, H. (2021). *Etude de l'activité antibactérienne d'huile essentielle de l'armoise blanche (Artemisia herbaalba Asso) de la région de Chellala et la région de Meghila* (Doctoral dissertation, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie).
- [215].Ayoob, B., Singh, A., Gangoo, S. A., Malik, A. R., Raj, A., Akhter, A., & Bilal, T. (2023). Effect of Plant Spacing and Nitrogen Levels on Growth, Yield and Essential Oil Content of Rosemary (*Salvia rosmarinus* Spenn) under Marginal Land Conditions. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 26(1), 21
- [216].Mehalaine, S., & Chenchouni, H. (2021). Quantifying how climatic factors influence essential oil yield in wild-growing plants. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(13), 1257.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [215].Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Zhiri, A., Baudoux, D., & Idaomar, M. (2006).Antigenotoxic effects of three essential oils in diploid yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) after treatments with UVC radiation, 8-MOP plus UVA and MMS. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 606(1-2), 27-38.
- [218].Sadgrove, N. J., Padilla-González, G. F., & Phumthum, M. (2022). Fundamental chemistry of essential oils and volatile organic compound, methods of analysis and authentication. *Plants*, 11(6), 789.
- [219].Kubeczka, KH (1982). Etudes chimiques des huiles essentielles d'ombellifères. *Plantes aromatiques : aspects fondamentaux et appliqués*, 165-173.
- [220].Li, S., Li, X., & Ho, S. H. (2022). How to enhance carbon capture by evolution of microalgal photosynthesis? *Separation and Purification Technology*, 291, 120951.
- [221].Mann J. (1987). *Secondary metabolism*. Second edition, Clarendon press, Oxford, p.374.
- [222].Jean, B. (2009). *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (4e éd.)*. Lavoisier.
- [223].Heng, R. (2010). *Application de la chimie radicalaire des xanthates à la synthèse et à la fonctionnalisation de systèmes cycliques et polycycliques* (Doctoral dissertation, Ecole Polytechnique).
- [224].Ikram, B. O. U. D. E. N. (2022). *Diversité des plantes médicinales dans les marchés de la wilaya de Mila: Intérêt économique et thérapeutique* (Doctoral dissertation, university center of abdalhafid boussouf-MILA).
- [225].Moghaddam, M., & Mehdizadeh, L. (2017). Chemistry of essential oils and factors influencing their constituents. In *Soft chemistry and food fermentation* (pp. 379-419). Academic Press.
- [226].Benazzouz, K. (2021). *Etude du Spiroplasma des Agrumes* (Doctoral dissertation).
- [227].Chellouai, S., & Hamzi, A. (2022). *Etude de l'effet antimicrobienne des huiles essentielles de: sauge, thymus et romarin (étude comparative)* (Doctoral dissertation, Université Larbi Tébessi-Tébessa).
- [228].Singh, B. K., Tiwari, S., & Dubey, N. K. (2021). Essential oils and their nanoformulations as green preservatives to boost food safety against mycotoxin contamination of food commodities: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(12), 4879-4890.
- [229].Christaki, S., Moschakis, T., Kyriakoudi, A., Biliaderis, C. G., & Mourtzinis, I. (2021). Recent advances in plant essential oils and extracts: Delivery

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

systems and potential uses as preservatives and antioxidants in cheese. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 264-278.

[230].Chua, L. Y., Chong, C. H., Chua, B. L., & Figiel, A. (2019). Influence of drying methods on the antibacterial, antioxidant and essential oil volatile composition of herbs: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 12, 450-476.

[231].Vianna, T. C., Marinho, C. O., Júnior, L. M., Ibrahim, S. A., & Vieira, R. P. (2021). Essential oils as additives in active starch-based food packaging films: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 182, 1803-1819.

[232].Oprea, I., Fărcaș, A. C., Leopold, L. F., Diaconeasa, Z., Coman, C., & Socaci, S. A. (2022). Nano-Encapsulation of Citrus Essential Oils: Methods and Applications of Interest for the Food Sector. *Polymers*, 14(21), 4505.

[233].Nair, A., Mallya, R., Suvarna, V., Khan, TA, Momin, M. et Omri, A. (2022). Nanoparticules—Porteurs attrayants d'huiles essentielles antimicrobiennes. *Antibiotiques*, 11 (1), 108.

[234].Nehme, R., Andrés, S., Pereira, R. B., Ben Jemaa, M., Bouhallab, S., Ceciliani, F., & Abdennebi-Najar, L. (2021). Essential oils in livestock: From health to food quality. *Antioxidants*, 10(2), 330.

[235].Mansard, M. (2016). *Le camphrier: étude botanique, chimique et biologique de ses huiles essentielles* (Doctoral dissertation, Thèse d'exercice de pharmacie. Nancy: Université de Lorraine).

[236].Turek, C., & Stintzing, F. C. (2013). Stability of essential oils: a review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 12(1), 40-53.

[237].Gupta, S., Khan, S., Muzafar, M., Kushwaha, M., Yadav, A. K., & Gupta, A. P. (2016). Encapsulation: Entrapping essential oil/flavors/aromas in food. In *Encapsulations* (pp. 229-268). Academic Press.

[238].Chiron, M. F., Ogata, M., & FitzGerald, D. J. (1996). *Pseudomonas* exotoxin exhibits increased sensitivity to furin when sequences at the cleavage site are mutated to resemble the arginine-rich loop of diphtheria toxin. *Molecular microbiology*, 22(4), 769-778.

[239].Gauvrit, C., & Cabanne, F. (1993). Oils for weed control: uses and mode of action. *Pesticide science*, 37(2), 147-153.

[240].Lucia, A., & Guzmán, E. (2021). Emulsions containing essential oils, their components or volatile semiochemicals as promising tools for insect pest and pathogen management. *Advances in Colloid and Interface Science*, 287, 102330.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [241].Schoonhoven, L. M., Van Loon, J. J., & Dicke, M. (2005). *Insect-plant biology*. Oxford University Press on Demand.
- [242].Matthews, R. W., & Matthews, J. R. (2009). Nesting Behavior of *Abispa ephippium* (Fabricius) (Hymenoptera: Vespidae: Eumeninae): Extended Parental Care in an Australian Mason Wasp. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2009, 1-15.
- [243].Sauvion, N., Calatayud, P. A., Thiéry, D., & Marion-Poll, F. (2014) *Interactions insectes-plantes*. Editions Quae.
- [244].Willis, K., & McElwain, J. (2014). *L'évolution des plantes*. Presse universitaire d'Oxford.
- [245].Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 274(1608), 303-313.
- [246].Usha Rani, P., & Jyothsna, Y. (2010). Biochemical and enzymatic changes in rice plants as a mechanism of defense. *Acta Physiologiae Plantarum*, 32, 695-701.
- [247].War, A. R., Paulraj, M. G., War, M. Y., & Ignacimuthu, S. (2011). Jasmonic acid-mediated-induced resistance in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) against *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Plant Growth Regulation*, 30, 512-523.
- [248].Belete, T. (2018). Defense mechanisms of plants to insect pests: from morphological to biochemical approach. *Trends Tech. Sci. Res*, 2(2), 555584.
- [249].Bruce, T. J. (2015). Interplay between insects and plants: dynamic and complex interactions that have coevolved over millions of years but act in milliseconds. *Journal of Experimental Botany*, 66(2), 455-465.
- [250].Van Driesche, R., Hoddle, M., & Center, T. (2009). *Control of pests and weeds by natural enemies: an introduction to biological control*. John Wiley & Sons.
- [251].Calatayud, P. A., Garrec, J. P., & Nicole, M. (2013). Adaptation des plantes aux stress environnementaux. *Interactions Insectes-Plantes; Sauvion, N., Calatayud, P.-A., Thiéry, D., Marion-Poll, M., Eds*, 229-245.
- [252].Duhoux, E., & Nicole, M. (2004). Biologie végétale. *Association et interaction chez les plantes*. Ed. dunod, 93, 18-80.
- [253].Bertin, N., & Staudt, M. (1996). Effect of water stress on monoterpene emissions from young potted holm oak (*Quercus ilex* L.) trees. *Oecologia*, 107(4), 456-462.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [254].Gouinguéné, S. P., & Turlings, T. C. (2002). The effects of abiotic factors on induced volatile emissions in corn plants. *Plant physiology*, 129(3), 1296-1307.
- [255].Seingsas A.G., Fritz R., del Valle C.E. & Roura S.I. (1997). Antimicrobial activity of essential oils on the native microfora of organic Swiss chard, *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 36:679-686.
- [256].De Marino, S., Gala, F., Borbone, N., Zollo, F., Vitalini, S., Visioli, F., & Iorizzi, M. (2007). Phenolic glycosides from *Foeniculum vulgare* fruit and evaluation of antioxidative activity. *Phytochemistry*, 68(13), 1805-1812.
- [257].Mahfouz, S. A., & Sharaf-Eldin, M. A. (2007). Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel *Foeniculum vulgare* Mill. *International Agrophysics*, 21(4), 361-366.
- [258].Darzi MT, Hadj Seyed Hadi MR and Rejali F (2013). Effects of Vermicompost and Phosphatic Biofertilizer Application on Quantity and Quality of Essential Oil in Anise. *Iran J Med and Aroma Plants* 29: 583-594
- [259].Abd El-Rheem, K. M., Essa, E. M., & El-Batran, H. S. (2019). Study of replacement of compost with vermicompost and its effect on quality and quantity yield and nutritional status of sweet fennel plants grown in sandy soil. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 14(3), 1-5.
- [260].Siddika, M., Khatun, K., Mostarin, T., Sarkar, M., Alam, M., Ferdousi, A. J., & Afroz, S. (2022). Effect of Seed Sowing Time and Nutrients on the Growth and Yield of Fennel (*Foeniculum vulgare*) *Asian Journal of Research in Crop Science*, 7(3), 1-13.
- [261].Seidi, Z., Fateh, E., & Aynehband, A. (2021). Changes in secondary metabolite and biologically active compounds of Ajowan (*Trachyspermum ammi* L.) upon organic and conventional production systems. *Acta Ecologica Sinica*, 41(3), 215-222.
- [262].Valiki, S. R. H., Ghanbari, S., Golmohammadzadeh, S., & Tat, O. F. (2015). The effect of vermicompost and NPK fertilizer on yield, growth parameters and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare*) *International Journal of Life Sciences*, 9(4), 38-43.
- [263].Bhunia, S., Bhowmik, A., Mallick, R., & Mukherjee, J. (2021). Agronomic efficiency of animal-derived organic fertilizers and their effects on biology and fertility of soil: A review. *Agronomy*, 11(5), 823.
- [264].Sharma, K., & Garg, V. K. (2019). Vermicomposting of waste: a zero-waste approach for waste management. In *Sustainable resource recovery and zero waste approaches* (pp. 133-164). Elsevier.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [265].De Corato, U. (2020).Agricultural waste recycling in horticultural intensive farming systems by on-farm composting and compost-based tea application improves soil quality and plant health: A review under the perspective of a circular economy. *Science of the Total Environment*, 738, 139840.
- [266].Singh, A., Saman, Z., & Singh, K. (2022). Vermibiotechnology: A Promising Tool for Waste Management and Organic Farming. *Earthworms and their Ecological Significance*, 97.
- [267].Chandra, M. S., Naresh, R. K., Lavanya, N., Varsha, N., Chand, S. W., Chandana, P., & Navsare, R. I. (2019). Production and potential of ancient liquid organics panchagavya and kunapajala to improve soil health and crop productivity: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(6), 702-713.
- [268].Basak, B. B., Chinchmalatpure, A. R., Saha, A., Lodaya, D. H., Patel, P., & Gajbhiye, N. A. (2023). Integrated Nutrient Management Fostered Economic Yield and Bioactive Principle of Medicinal Herb (*Cassia angustifolia* Vahl.) in Saline Soil of Semi-Arid Region of Western India.*Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 54(5), 611-626.
- [269].Yasser Thabet A. Moustafa, Nabil S.A. Mustafa, Mohamad F. El-Dahshouri, Sameh M.M. EL-Sawy, Laila F. Haggag, Lixin Zhang and Raghda Zuhair, (2023).Role of Vermicompost Types (Fish Sludge and Cow Dung) in Improving Agronomic Behavior and Soil Health of Tomato Crop.*Asian Journal of Plant Sciences*, 22: 1-12.
- [270].Zhao, H. T., Li, T. P., Zhang, Y., Hu, J., Bai, Y. C., Shan, Y. H., & Ke, F. (2017). Effects of vermicompost amendment as a basal fertilizer on soil properties and cucumber yield and quality under continuous cropping conditions in a greenhouse. *Journal of Soils and Sediments*, 17, 2718-2730.
- [271].Celikcan, F., Kocak, M. Z., & Kulak, M. (2021). Vermicompost applications on growth, nutrition uptake and secondary metabolites of *Ocimum basilicum* L. under water stress: A comprehensive analysis. *Industrial Crops and Products*, 171, 113973.
- [272].Sinha, J., Biswas, C. K., Ghosh, A., & Saha, A. (2010). Efficacy of vermicompost against fertilizers on cicer and pisum and on population diversity of N. *Journal of Environmental Biology*, 31, 287-292.
- [273].Singh M & Ramesh S. (2002). Réponse du basilic doux (*Ocimum basilicum*) aux engrais organiques et inorganiques dans des conditions tropicales semi-arides. *J Med Aroma Plant Sci* 24: 947-950.
- [274].Darzi, M. T., & Akhani, A. (2016). Effects of biofertilizer and plant density on yield and essential oil of *Coriandrum sativum* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 31(6), 1086-1095.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [275].Moradi,R., &Nasiri Mahallati M, Rezvani Moghaddam P, Lakzian A & Nejad Ali. (2011). L'effet de l'application d'engrais organiques et biologiques sur la quantité et la qualité de l'huile essentielle de fenouil (*Foeniculum vulgare*). J Horti Sci 25 (1): 25-33
- [276].Haj Seyed Hadi, M. R., Abarghooei Fallah, M., & Darzi, M. T. (2015). Influence of nitrogen fertilizer and vermicompost application on flower yield and essential oil of chamomile (*Matricaria Chamomile L.*) *Journal of Chemical Health Risks*, 5(3).
- [277].Ansarifar, M., Noormohamadi, G., Haj Seyed Hadi, M. R., & Riazi, G. (2012). Effect of organic nutrients on flower yield and oil content of chamomile (*Matricaria chamomilla L.*). *Journal of Medicinal plants and By-product*, 1(2), 177-181.
- [278].Alizadeh, S., Roozbahani, A., Rad, A. H. S., & Seyedhadi, M. H. (2022). Foliar application of humic acids improves seed yield and oil quality of rapeseed (*Brassica napus L.*) genotypes at well-time and late planting dates.*Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22(1), 549-559.
- [279].Darzi, M. T., & Hadi, M. H. S. (2012). Effects of the application of organic manure and biofertilizer on the fruit yield and yield components in Dill (*Anethum graveolens*).*J. Med. Plants Res*, 6(17), 3345-3350.
- [280].Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Babenko, A., Cannon, J., Galvis, P., & Metzger, J. D. (2008). Influences of vermicomposts, produced by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in the greenhouse. *Applied soil ecology*, 39(1), 91-99.
- [281].Gupta, R., Yadav, A., & Garg, V. K. (2014). Influence of vermicompost application in potting media on growth and flowering of marigold crop.*International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*,3, 1-7.
- [282].Anwar, M., Patra, D. D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A. A., & Khanuja, S. P. S. (2005). Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. *Communications in soil science and plant analysis*, 36(13-14), 1737-1746.
- [283].Rezaei-Chiyaneh, E., Amani Machiani, M., Javanmard, A., Mahdaviakia, H., Maggi, F., & Morshedloo, M. R. (2021). Vermicompost application in different intercropping patterns improves the mineral nutrient uptake and essential oil compositions of sweet basil (*Ocimum basilicum L.*) *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21, 450-466.
- [284].Toaima, W. I. M., Badawy, M. Y. M. A., & Hamed, E. S. (2022). Effect of organic fertilization on productivity of some newly introduced basil varieties under Siwa Oasis conditions.*Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 10(2), 74-88.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [285].Mohamed, S. M., Mohamed, Y. F. Y., Saleh, D. M., & Abou-El-Ghait, E. M. (2023). Influence of Planting Distances in Presence of Chemical Fertilization And Compost on Growth, Essential Oil, Artemisinin Content and Chemical Constituents of *Artemisia annua* L. *Plant. Journal of Plant Production*, 14(2), 31-43.
- [286].Sarkar, D., & Shetty, K. (2014). Metabolic stimulation of plant phenolics for food preservation and health. *Annual review of food science and technology*, 5, 395-413.
- [287].Carra P. et Gueit M. (1952). *Le Jardin d'essai du Hamma*. Direc. agri., Gouv. géné. Algérie, Alger, 114p.
- [288].Boukerrouni, S., & Cherioui, G. (2016). *Tipaza entre identité et modernité* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- [288].Dreux P. (1980) - *Précis d'écologie*. Ed. Presses Universitaires de France, Paris 231p
- [289].ONM., Officielle Nationale de la Météorologie Alder/Algérie
- [290].Mercier A., (1999). L'importance du fonctionnement morphodynamiques de la cour d'eau sur les habitats des éphémères l'exemple d'une rivière de montagne: l'Ariège (Pyrénées centrale françaises), *Ephemera*, vol 1 (2): 111-117.
- [291].Djellouli A., (2016). Contribution à la régénération in vitro d'une plante médicinale sauvage d'Algérie «*Carthamus caeruleus* L» (Doctoral dissertation, Saadi Abdelkader). Ed. Tec. & Doc., les Presses Agronomiques de Gembloux, 223 p.
- [292].Meddi, H., & Meddi, M. (2009). Variabilité des précipitations annuelles du Nord-Ouest de l'Algérie. *Science et changements planétaires / Sécheresse*, 20(1) ,57-65.
- [293].Dajoz R., 1971. *Précis d'écologie*. Ed. DUNOD, Paris, 434 p.
- [294].Stewart, P. H. (1969). Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. *Bull. soc. hist. nat. agro*, 24-25.
- [295].Guermache L. et Djazouli Z.E. (2021). Effets de la fertilisation à base de la biomasse vermicompostée sur les performances agronomiques du haricot vert (*Phaseolus vulgaris* L.) en culture irriguée, *Agrobiologia*, 11(1):2394-2405.
- [296].Waddell K.L. (2002). Sampling coarse woody debris for multiple attributes in extensive resource inventories. *Ecol. Ind.* 1(3): 139–153.
- [297].Raquel L., Silva Thiago R.B., Mello João Paulo B., Sousa Lorena C., Albernaz Natália M.G. Magalhães Lais S., Morais Larissa R., Francisco Walter S. and Leal Laila Espindola S. (2022). Brazilian Cerrado biome essential oils to control

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

the arbovirus vectors *Aedesaegypti* and *Culex quinquefasciatus*, *Industrial Crops and Products*, 178: 114568.

[298].Martin–Prevel.P.,Gagnard J., GautierP. & Drouineau G. (1984). *L'analyse variétale de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales*. Lavoisier, Paris.

[299].Bruneton, J. (1999). *Toxic plants dangerous to humans and animals*. Intercept Limited.

[300].Helander, I. M., Alakomi, H. L., Latva-Kala, K., Mattila-Sandholm, T., Pol, I., Smid, E. J., & von Wright, A. (1998). Characterization of the action of selected essential oil components on Gram-negative bacteria. *Journal of agricultural and food chemistry*, 46(9), 3590-3595.

[301].Menaceur, F., Benchabane, A., Hazzit, M., & Baaliouamer, A. (2013). Chemical composition and antioxidant activity of Algerian *Juniperus phoenicea* L. extracts. *Journal of biologically active products from nature*, 3(1), 87-96.

[302].Rioux, J. W. (1965). New opportunities economic opportunity act and elementary and secondary education act of 1965. *Childhood Education*, 42(1), 9-11.

[303].Bouabida, H., Djebbar, F., & Soltani, N. (2012). Etude systématique et écologique des Moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Tébessa (Algérie). *Entomologie faunistique-Faunistic entomology*.

[304].Messai, N., Berchi, S., Boulknafd, F., & Louadi, K. (2010). Inventaire systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera: Nematocera) dans la région de Mila (Algérie). *Entomologie faunistique-Faunistic entomology*.

[305].Tomlin, C. D. S. (1997). The pesticide manual 11th. *British Crop Protection Council*.

[306].Elanco D. (1994). Spinosad technical Guide. DowElanco, Indianapolis, IN. USA.

[307].Bret, L., Chaibi, EB, Chanal-Claris, C., Sirot, D., Labia, R., & Sirot, J. (1997). Bêta-lactamases TEM (IRT) résistantes aux inhibiteurs avec différentes substitutions en position 244. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 41 (11), 2547-2549.

[308].Romi, R., Proietti, S., Di Luca, M., & Cristofaro, M. (2006). Laboratory evaluation of the bioinsecticide spinosad for mosquito control. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 22(1), 93-96.

[309].Laviolette, P., & Nardon, P. (1963). Effects of Irradiation on the Adults of *Sitophilus Sasakii* Takahashi (Curculionidae) and their Offspring. In *Radiation and Radioisotopes Applied to Insects of Agricultural Importance. Proceedings of the*

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Symposium on the Use and Application of Radioisotopes and Radiation in the Control of Plant and Animal Insect Pests.

[310]. **Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (2017).** Procédures pour tester la résistance aux insecticides chez les moustiques vecteurs du paludisme. Seconde édition du comité OMS d'experts des insecticides, Genève : OMS, ISBN 978-92-4-251157-4, 48p.

[311]. **Moussaoui, K., Ahmed Hedjala, O., Zitouni, G., & Djazouli, Z. (2014).** Estimation de la toxicité des d'huiles essentielles formulées de thym et d'eucalyptus et d'un produit de synthèse sur le parasite de l'abeille tellienne *varroa destructor* (arachnida, varroidae). *Agrobiologie*,4, 17-26.

[312]. **Baba-Aissa, K., Remini, L., Moussaoui, K., Hammad, M. W., Verdeguer, M., & Djazouli, Z. E. (2021)** Activité larvicide de l'huile essentielle formulée de *Thymus vulgaris* L (1753) sur *Culex pipiens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Culicidae). *Agrobiologia* 11(2): 2725-273

[313]. **Mbouga, N., & Goletti, M. (2012).** Formulation d'insecticides en poudre par adsorption des huiles essentielles de *Xylopiya aethiopica* et d'*Ocimum gratissimum* sur des argiles camerounaises modifiées (Doctoral dissertation, Montpellier, Ecole nationale supérieure de chimie).

[314]. **Marmonnier P., Lagadeuc Y. and Aquilina L. (2006).** *Introduction à l'écologie*, Ed. ENVAM, 36p.

[315]. **Schneider-Orelli, O. (1947).** Practical entomology: an introduction to agricultural and forest entomology. *Practical entomology: an introduction to agricultural and forest entomology.* (2nd ed.(rev.)).

[316]. **Loucif, Z., & Bonafonte, P. (1977).** Observation des populations du pou de san jose *Quadraspidotus perniciosus* Comst (Hom. Diaspididae) dans la plaine de la Mitidja (Algérie) d'octobre 1975 à mai 1976. *Fruits*,32(4), 253-261.

[317]. **Aroun, M. E. F., Doumandji-Mitiche, B., Petit, D., & Djazouli, Z. E. (2015).** Temporal variations in the life-cycles of aphids (Sternorrhyncha: Aphididae) and their coccinellid predators. *European Journal of Entomology*,112(3), 432.

[318]. **Dajoz R., 1985-** Précis d'écologie, 5ème édition. Ed. Dunod Université, Paris, 505 p.

[319]. **SPSS, Inc. (2016).** SYSTAT 4.00 for windows, statistics and graphics

[320]. **Hammer Øyvind, David A.T., Harper D.A. et Ryan P.D. (2001).** Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4 (1) 4:9p

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [321].Tounekti, T., Vadel, A. M., Bedoui, A., & Khemira, H. (2008). NaCl stress affects growth and essential oil composition in rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.)*The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 83(2), 267-273.
- [322].Kulak, M., Gul, F., & Sekeroglu, N. (2020). Changes in growth parameter and essential oil composition of sage (*Salvia officinalis* L.) leaves in response to various salt stresses. *Industrial Crops and products*, 145, 112078.
- [323].Khalid, K. A., & da Silva, J. A. T. (2010). Yield, essential oil and pigment content of *Calendula officinalis* L. flower heads cultivated under salt stress conditions. *Scientia horticulturae*, 126(2), 297-305.
- [324].Turan, S., & Tripathy, B. C. (2015). Salt-stress induced modulation of chlorophyll biosynthesis during de-etiolation of rice seedlings. *Physiologia plantarum*, 153(3), 477-491.
- [325].Li, N., Wang, X., Ma, B., Du, C., Zheng, L., & Wang, Y. (2017). Expression of a Na⁺/H⁺ antiporter RtNHX1 from a recretohalophyte Reaumuria trigyna improved salt tolerance of transgenic Arabidopsis thaliana. *Journal of plant physiology*, 218, 109-120.
- [326].Debouba, M., Maârroufi-Dghimi, H., Suzuki, A., Ghorbel, M. H., & Gouia, H. (2007). Changes in growth and activity of enzymes involved in nitrate reduction and ammonium assimilation in tomato seedlings in response to NaCl stress. *Annals of Botany*, 99(6), 1143-1151.
- [327].Shahbaz, M., Ashraf, M., Akram, N. A., Hanif, A., Hameed, S., Joham, S., & Rehman, R. (2011). Salt-induced modulation in growth, photosynthetic capacity, proline content and ion accumulation in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Acta Physiologiae Plantarum*, 33, 1113-1122.
- [328].Singh, R. P., & Jha, P. N. (2016). A halotolerant bacterium *Bacillus licheniformis* HSW-16 augments induced systemic tolerance to salt stress in wheat plant (*Triticum aestivum*). *Frontiers in plant science*, 7, 1890.
- [329]. Umnajkitikorn, K., Faiyue, B., & Saengnil, K. (2013). Enhancing antioxidant properties of germinated Thai rice (*Oryza sativa* L.) cv. Kum Doi Saket with salinity. *Rice Research: Open Access*.
- [330]. El-Katony, T. M., El-Bastawisy, Z. M., & El-Ghareeb, S. S. (2019). Timing of salicylic acid application affects the response of maize (*Zea mays* L.) hybrids to salinity stress. *Heliyon*, 5(4), e01547.
- [331].Lv, S., Jiang, P., Chen, X., Fan, P., Wang, X., & Li, Y. (2012). Multiple compartmentalization of sodium conferred salt tolerance in *Salicornia europaea*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 51, 47-52.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [332].Mukarram, M., Khan, M. M. A., Kurjak, D., Lux, A., & Corpas, F. J. (2023). Silicon nanoparticles (SiNPs) restore photosynthesis and essential oil content by upgrading enzymatic antioxidant metabolism in lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) under salt stress. *Frontiers in Plant Science*, 14.
- [333].Lungoci, C., Motrescu, I., Filipov, F., Rimbu, C. M., Jitareanu, C. D., Ghitau, C. S., ... & Robu, T. (2023). Salinity Stress Influences the Main Biochemical Parameters of *Nepeta racemosa* Lam. *Plants*, 12(3), 583.
- [334].Mohammadi, H., Khoshi, N., Hazrati, S., Aghaee, A., Falakian, M., & Ghorbanpour, M. (2023). Interaction of NaCl salinity and light intensity affect growth, physiological traits and essential oil constituents in *Artemisia dracunculus* L.(tarragon). *Biochemical Systematics and Ecology*, 107, 104626.
- [335].Gil, S. S., Cappellari, L. D. R., Giordano, W., & Banchio, E. (2023). Antifungal Activity and Alleviation of Salt Stress by Volatile Organic Compounds of Native *Pseudomonas* Obtained from *Mentha piperita*. *Plants*, 12(7), 1488.
- [336].Jamshidi Jam, B., Shekari, F., Andalibi, B., Fotovat, R., Jafarian, V., & Dolatabadian, A. (2023). The Effects of Salicylic Acid and Silicon on Safflower Seed Yield, Oil Content, and Fatty Acids Composition under Salinity Stress. *Silicon*, 1-14.
- [337].Bava, R., Castagna, F., Palma, E., Marrelli, M., Conforti, F., Musolino, V., & Musella, V. (2023). Essential Oils for a Sustainable Control of Honeybee Varroosis. *Veterinary Sciences*, 10(5), 308.
- [338].Said-Al Ahl, H. A. H., & Omer, E. A. (2011). Medicinal and aromatic plants production under salt stress. A review. *Herba polonica*, 57(2).
- [339].Abou El Fadl, I. A., Abdella, M. K., & Hussein, E. H. (1990). Effect of saline irrigation water on the growth and some principal compounds of peppermint and spearmint in two types of soil. *Tanta Journal of Agricultural Research*.
- [340].Abd-El Nabi, L. M., & Hussein, E. H. (1996). Effect of irrigation with saline water on damsesa oil and on *Spodolera littoralis* (Bios D). In *First Egyptian-Hungarian Horticultural Conference, Kafr El-Sheikh, Egypt*.
- [341].Hendawy, S. F., & Khalid, K. A. (2005). Response of sage (*Salvia officinalis* L.) plants to zinc application under different salinity levels. *J. Appl. Sci. Res*, 1(2), 147-155.
- [342].Yaldiz, G., & Camlica, M. (2021). Selenium and salt interactions in sage (*Salvia officinalis* L.): Growth and yield, chemical content, ion uptake. *Industrial Crops and Products*, 171, 113855.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [343].Ashraf, M., & Akhtar, N. (2004). Influence of salt stress on growth, ion accumulation and seed oil content in sweet fennel. *Biologia Plantarum*, 48, 461-464.
- [344].Chartzoulakis, K. S. (2005). Salinity and olive: growth, salt tolerance, photosynthesis and yield. *Agricultural Water Management*, 78(1-2), 108-121.
- [345].Ashraf, M., & Orooj, A. (2006). Salt stress effects on growth, ion accumulation and seed oil concentration in an arid zone traditional medicinal plant ajwain (*Trachyspermum ammi* L. Sprague). *Journal of Arid Environments*, 64(2), 209-220.
- [346].El-Keltawi, N. E., & Croteau, R. (1987). Salinity depression of growth and essential oil formation in spearmint and marjoram and its reversal by foliar applied cytokinin. *Phytochemistry*, 26(5), 1333-1334.
- [347].Ozturk, A. H. M. E. T., Unlukara, A., Ipek, A. R. İ. F., & Gurbuz, B. İ. L. A. L. (2004). Effects of salt stress and water deficit on plant growth and essential oil content of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Pak. J. Bot*, 36(4), 787-792.
- [348].Aubert, P., Guinobert, I., Blondeau, C., Bardot, V., Ripoche, I., Chalard, P., & Neunlist, M. (2019). Basal and spasmolytic effects of a hydroethanolic leaf extract of *Melissa officinalis* L. on intestinal motility: An ex vivo study. *Journal of medicinal food*, 22(7), 653-662.
- [349].Ben Taarit, M., Msaada, K., Hosni, K., & Marzouk, B. (2016). Physiological changes and essential oil composition of clary sage (*Rosmarinus officinalis* L.) rosette leaves as affected by salinity. *Acta physiologiae plantarum*, 33(1), 153-162.
- [350].Razmjoo, K. H. O. R. S. H. I. D., Heydarizadeh, P. A. R. I. S. A., & Sabzalian, M. R. (2008). Effect of salinity and drought stresses on growth parameters and essential oil content of *Matricaria chamomile*. *Int. J. Agric. Biol*, 10(4), 451-454.
- [351].Neffati, M., & Marzouk, B. (2008). Changes in essential oil and fatty acid composition in coriander (*Coriandrum sativum* L.) leaves under saline conditions. *Industrial crops and products*, 28(2), 137-142.
- [352].Aziz, E. E., Al-Amier, H., & Craker, L. E. (2008). Influence of salt stress on growth and essential oil production in peppermint, pennyroyal, and apple mint. *Journal of herbs, spices & medicinal plants*, 14(1-2), 77-87.
- [353].Belaqziz, R., Romane, A., & Abbad, A. (2009). Salt stress effects on germination, growth and essential oil content of an endemic thyme species in Morocco (*Thymus maroccanus* Ball.). *Journal of applied sciences research*, (July), 858-863.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [354].Zaki, M. F., Abou-Hussein, S. D., Abou El-Magd, M. M., & El-Abagy, H. M. H. (2009). Evaluation of some sweet fennel cultivars under saline irrigation water. *Europ. Res. J. Sci*,30, 67-78.
- [355].Baatour, O., Kaddour, R., Aidi Wannas, W., Lachaal, M., & Marzouk, B. (2010). Salt effects on the growth, mineral nutrition, essential oil yield and composition of marjoram (*Origanum majorana*). *Acta physiologiae plantarum*, 32, 45-51.
- [356].Ahmad, R., & Jabeen, N. (2009). Demonstration of growth improvement in sunflower (*Helianthus annuus* L.) by the use of organic fertilizers under saline conditions. *Pakistan Journal of Botany*, 41(3), 1373-1384.
- [357].Karray-Bouraoui, N., Rabhi, M., Neffati, M., Baldan, B., Ranieri, A., Marzouk, B., & Smaoui, A. (2009). Salt effect on yield and composition of shoot essential oil and trichome morphology and density on leaves of *Mentha pulegium*. *Industrial Crops and Products*, 30(3), 338-343.
- [358].Ben Taarit, M., Msaada, K., Hosni, K., & Marzouk, B. (2011). Physiological changes and essential oil composition of clary sage (*Salvia sclarea* L.) rosette leaves as affected by salinity. *Acta physiologiae plantarum*, 33(1), 153-162.
- [359].Deshmukh, Y., & Khare, P. (2017). Effect of salinity stress on growth parameters and metabolites of medicinal plants: A review. *Soil Salinity Management in Agriculture*, 197-234.
- [360].Alarcón, J. J., Morales, M. A., Ferrández, T., & Sánchez-Blanco, M. J. (2006). Effects of water and salt stresses on growth, water relations and gas exchange in *Rosmarinus officinalis*. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81(5), 845-853.
- [361]. Rodriguez, P., Torrecillas, A., Morales, M. A., Ortuno, M. F., & Sánchez-Blanco, M. J. (2005). Effects of NaCl salinity and water stress on growth and leaf water relations of *Asteriscus maritimus* plants. *Environmental and Experimental Botany*, 53(2), 113-123.
- [362]. Navarro, A., Bañón, S., Conejero, W., & Sánchez-Blanco, M. J. (2008). Ornamental characters, ion accumulation and water status in *Arbutus unedo* seedlings irrigated with saline water and subsequent relief and transplanting. *Environmental and Experimental Botany*, 62(3), 364-370.
- [363].Sánchez-Blanco, M. J., Morales, M. A., Torrecillas, A., & Alarcón, J. J. (1998). Diurnal and seasonal osmotic potential changes in *Lotus creticus creticus* plants grown under saline stress. *Plant science*, 136(1), 1-10.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [364].EL Haddaji, H. A. M. Z. A., Akodad, M., Skalli, A., Moumen, A., Elhani, S., & Baghour, M. (2021). Osmoprotective compounds accumulation and essential oil yield of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) grown under different salinity levels. *plant cell Biotechnology and Molecular Biology*, 43-55.
- [365].Al-Fraihat, A. H., Al-Dalain, S. Y., Zatimeh, A. A., & Haddad, M. A. (2023). Enhancing Rosemary (*Rosmarinus officinalis*, L.) Growth and Volatile Oil Constituents Grown under Soil Salinity Stress by Some Amino Acids. *Horticulturae*, 9(2), 252.
- [366].Hernández, J. A., Ferrer, M. A., Jiménez, A., Barceló, A. R., & Sevilla, F. (2001). Antioxidant systems and O₂-/H₂O₂ production in the apoplast of *pea* leaves. Its relation with salt-induced necrotic lesions in minor veins. *Plant physiology*, 127(3), 817-831.
- [367].Gómez-Cadenas, A., Tadeo, F. R., Primo-Millo, E., & Talón, M. (1998). Involvement of abscisic acid and ethylene in the responses of citrus seedlings to salt shock. *Physiologia Plantarum*, 103(4), 475-484.
- [368].Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., & Tran, L. S. P. (2014). Response of plants to water stress. *Frontiers in plant science*, 5, 86.
- [369].Llorens-Molina, J. A., & Vacas, S. (2017). Effect of drought stress on essential oil composition of *Thymus vulgaris* L. (Chemotype 1, 8-cineole) from wild populations of Eastern Iberian Peninsula. *Journal of Essential oil rEsEarch*, 29(2), 145-155.
- [370].An, Y., & Liang, Z. (2013). Drought tolerance of *Periploca sepium* during seed germination: antioxidant defense and compatible solutes accumulation. *Acta physiologiae plantarum*, 35, 959-967.
- [371].Mathobo, R., Marais, D., & Steyn, J. M. (2017). The effect of drought stress on yield, leaf gaseous exchange and chlorophyll fluorescence of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *Agricultural Water Management*, 180, 118-125.
- [372]. Rioba, N. B., Itulya, F. M., Saidi, M., Dudai, N., & Bernstein, N. (2015). Effects of nitrogen, phosphorus and irrigation frequency on essential oil content and composition of sage (*Salvia officinalis* L.) *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2(1), 21-29.
- [373].Said-Al, A. H., Omer, E. A., & Naguib, N. Y. (2009). Effect of water stress and nitrogen fertilizer on herb and essential oil of oregano. *International Agrophysics*, 23(3), 269-275.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [374].Ninou, E., Paschalidis, K., & Mylonas, I. (2017). Essential oil responses to water stress in greek oregano populations. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(1), 12-23.
- [375].Khater, R. M. (2019). Effect of irrigation with magnetic water and nitrogen fertilizers source on the vegetative growth, essential oil ingredients and productivity of *Origanum majorana*. *J. Archit. Constr*, 2, 27-40.
- [376].Santos, H. T. D., Sermarini, R. A., Pizani, M. A. M., & Marques, P. A. A. (2020). Effects of irrigation management and seasonal stages on essential oil content and biomass of *Origanum vulgare* L. *Notulae Scientia Biologicae*, 12(1), 42-56.
- [377].Gerami, F., Moghaddam, P. R., Ghorbani, R., & Hassani, A. (2016). Effects of irrigation intervals and organic manure on morphological traits, essential oil content and yield of oregano (*Origanum vulgare* L.) *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88, 2375-2385.
- [378].Németh-Zámbori, É., Szabó, K., Pluhár, Z., Radácsi, P., & Inotai, K. (2016). Changes in biomass and essential oil profile of four Lamiaceae species due to different soil water levels. *Journal of EssEntial oil rEsEarch*, 28(5), 391-399.
- [379].Angeli, K. P., Delazari, F. T., Nick, C., Ferreria, M. G., & da Silva, D. J. (2016). Yield components and water use efficiency in coriander under irrigation and nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20, 415-420.
- [380].Sanwal, R. C., & Sharma, Y. (2017). Impact of vermicompost, nitrogen and phosphorus on yield, quality and uptake of coriander (*Coriandrum sativum* L.) under arid condition. *IJCS*, 5(6), 1698-702.
- [381].Zhang, N., Ren, Y., Shi, Q., Wang, X., Wei, M., & Yang, F. (2011). Effects of vermicompost on quality and yield of watermelon. *China Vegetables*, (6), 76-79.
- [382].Maji, D., Misra, P., Singh, S., & Kalra, A. (2017). Humic acid rich vermicompost promotes plant growth by improving microbial community structure of soil as well as root nodulation and mycorrhizal colonization in the roots of *Pisum sativum*. *Applied soil ecology*, 110, 97-108.
- [383].Marschner, H. (Ed.). (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic press.
- [384].Serri, F., Souri, M. K., & Rezapanah, M. (2021). Growth, biochemical quality and antioxidant capacity of coriander leaves under organic and inorganic fertilization programs. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8(1), 1-8.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [385]. Afshar, R. K., Chaichi, M. R., Assareh, M. H., Hashemi, M., & Liaghat, A. (2014). Interactive effect of deficit irrigation and soil organic amendments on seed yield and flavonolignan production of milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.). *Industrial Crops and Products*, 58, 166-172.
- [386]. Pandey, V., & Patra, D. D. (2015). Crop productivity, aroma profile and antioxidant activity in *Pelargonium graveolens* L'Hér. under integrated supply of various organic and chemical fertilizers. *Industrial crops and products*, 67, 257-263.
- [387]. Golmohammadi, S., & Amooaghaie, R. (2017). Effect of vermicompost on growth, essential oil, and health of *Thymus Vulgaris*. *Compost Science & Utilization*, 25(3), 166-177.
- [388]. Safarzadeh Shirazi, S., Karami, S., & Golmakani, M. T. (2019). Effect of some organic and chemical amendments on some micro and macronutrient uptake in spinach. *Applied Soil Research*, 7(3), 122-133.
- [389]. Liu, X., Zhang, Y., Jiang, Z., Yue, X., Liang, J., Yang, Q., & Li, N. (2023). Micro-moistening irrigation combined with bio-organic fertilizer: An adaptive irrigation and fertilization strategy to improve soil environment, edible Rose yield, and nutritional quality. *Industrial Crops and Products*, 196, 116487.
- [390]. Hamedi, B., Pirbalouti, A. G., & Rajabzadeh, F. (2022). Manures, vermicompost, and chemical fertilizer impacts on the yield and volatile compounds of the damask rose (*Rosa damascena* Mill.) flower petals. *Industrial Crops and Products*, 187, 115470.
- [391]. Mahajan, M., & Pal, P. K. (2020). Flower yield and chemical composition of essential oil from *Rosa damascena* under foliar application of Ca (NO₃)₂ and seasonal variation. *Acta physiologiae plantarum*, 42, 1-13.
- [392]. Mafakheri, S., Hajivand, S., Zarrabi, M. M., & Arvane, A. (2016). Effect of bio and chemical fertilizers on the essential oil content and constituents of *Melissa officinalis* (Lemon Balm). *Journal of essential Oil Bearing Plants*, 19(5), 1277-1285.
- [393]. Bistgani, Z. E., Siadat, S. A., Bakhshandeh, A., Pirbalouti, A. G., Hashemi, M., Maggi, F., & Morshedloo, M. R. (2018). Application of combined fertilizers improves biomass, essential oil yield, aroma profile, and antioxidant properties of *Thymus daenensis* Celak. *Industrial Crops and Products*, 121, 434-440.
- [394]. Bustamante, M. Á., Michelozzi, M., Barra Caracciolo, A., Grenni, P., Verbokkem, J., Geerdink, P., ... & Nogue, I. (2020). Effects of soil fertilization on terpenoids and other carbon-based secondary metabolites in *Rosmarinus officinalis* plants: a comparative study. *Plants*, 9(7), 830.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [395].Baj, T., Baryluk, A., & Sieniawska, E. (2018). Application of mixture design for optimum antioxidant activity of mixtures of essential oils from *Ocimum basilicum* L., *Origanum majorana* L. and *Rosmarinus officinalis* L. *Industrial Crops and Products*, 115, 52-61.
- [396].Kowalski, R., Kowalska, G., Pankiewicz, U., Mazurek, A., Sujka, M., Włodarczyk-Stasiak, M., & Kałwa, K. (2018). Effect of the method of rapeseed oil aromatisation with rosemary *Rosmarinus officinalis* L. on the content of volatile fraction. *Lwt*, 95, 40-46.
- [397].Mezza, G. N., Borgarello, A. V., Grosso, N. R., Fernandez, H., Pramparo, M. C., & Gayol, M. F. (2018). Antioxidant activity of rosemary essential oil fractions obtained by molecular distillation and their effect on oxidative stability of sunflower oil. *Food chemistry*, 242, 9-15.
- [398].Bouyahya, A., Et-Touys, A., Bakri, Y., Talbau, A., Fellah, H., Abrini, J., & Dakka, N. (2017). Chemical composition of *Mentha pulegium* and *Rosmarinus officinalis* essential oils and their antileishmanial, antibacterial and antioxidant activities. *Microbial pathogenesis*, 111, 41-49.
- [399].Conde-Hernández, L. A., Espinosa-Victoria, J. R., Trejo, A., & Guerrero-Beltrán, J. Á. (2017). CO₂-supercritical extraction, hydrodistillation and steam distillation of essential oil of rosemary (*Rosmarinus officinalis*). *Journal of food engineering*, 200, 81-86.
- [400].Pistelli, L., Giovanelli, S., D'Angiolillo, F., Karkleva, K., Leonardi, M., Ambryszewska, K., & Pistelli, L. (2018). Antioxidant activity of several essential oils from different *rosmarinus officinalis* cultivars grown in Sanremo (Italy). *Natural Product Communications*, 13(9), 1934578X1801300917.
- [401].Selmi, S., Rtibi, K., Grami, D., Sebai, H., & Marzouki, L. (2017). Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) essential oil components exhibit anti-hyperglycemic, anti-hyperlipidemic and antioxidant effects in experimental diabetes. *Pathophysiology*, 24(4), 297-303.
- [402].Wang, B., Ma, L., Yin, L., Chen, J., Zhang, Y., Dong, L., ... & Fu, X. (2018). Regional variation in the chemical composition and antioxidant activity of *Rosmarinus officinalis* L. from China and the Mediterranean region. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 31(1), 221-230.
- [403].Hadj Khelifa, L., Brada, M., Brahmi, F., Achour, D., Fauconnier, M. L., & Lognay, G. (2012). Chemical composition and antioxidant activity of essential oil of *Ocimum basilicum* leaves from the northern region of Algeria. *Journal of Herbal Medicine*, 1(2).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [404].Ghassemi-Golezani, K., & Farhadi, N. (2021). The efficacy of salicylic acid levels on photosynthetic activity, growth, and essential oil content and composition of pennyroyal plants under salt stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-13.
- [405].Wu, Y., Han, X., Yuan, W., Wang, X., Meng, D., Hu, J., & Lv, Z. (2020). Salt intervention for the diversities of essential oil composition, aroma and antioxidant activities of Kushui rose (*R. setate*, *R. rugosa*). *Industrial crops and products*, 150, 112417.
- [406].Attia, H., Harrathi, J., Alamer, K. H., Alsalmi, F. A., Magné, C., & Khalil, M. (2021). Effects of NaCl on antioxidant, antifungal, and antibacterial activities in safflower essential oils. *Plants*, 10(12), 2809.
- [407].Corrado, G., Vitaglione, P., Chiaiese, P., & Roupael, Y. (2021). Unraveling the Modulation of Controlled Salinity Stress on Morphometric Traits, Mineral Profile, and Bioactive Metabolome Equilibrium in Hydroponic Basil. *Horticulturae*, 7(9), 273.
- [408].Hussain, S., Sohail, H., Noor, I., Ahmad, S., Ejaz, S., Ali, M. A., ... & Khalid, M. F. (2023). Physiological and biochemical determinants of drought tolerance in tetraploid vs diploid sour orange citrus rootstock. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 1-14.
- [409].Baâtour, O., Tarchoun, I., Nasri, N., Kaddour, R., Harrathi, J., Drawi, E., ... & Lachaâl, M. (2012). Effect of growth stages on phenolics content and antioxidant activities of shoots in sweet marjoram (*Origanum majorana* L.) varieties under salt stress. *African Journal of Biotechnology*, 11(99), 16486-16493.
- [410].Tounekti, T., Vadel, A. M., Onate, M., Khemira, H., & Munné-Bosch, S. (2011). Salt-induced oxidative stress in rosemary plants: Damage or protection? *Environmental and Experimental Botany*, 71(2), 298-305.
- [411].Munné-Bosch, S., Schwarz, K., & Alegre, L. (1999). Enhanced formation of α -tocopherol and highly oxidized abietane diterpenes in water-stressed rosemary plants. *Plant physiology*, 121(3), 1047-1052.
- [412].Munné-Bosch, S., & Alegre, L. (2000). Changes in carotenoids, tocopherols and diterpenes during drought and recovery, and the biological significance of chlorophyll loss in *Rosmarinus officinalis* plants. *Planta*, 210, 925-931.
- [413].Alarcon, J. J., Sánchez-Blanco, M. J., Bolarin, M. C., & Torrecillas, A. (1993). Water relations and osmotic adjustment in *Lycopersicon esculentum* and *pennellii* during short-term salt exposure and recovery. *Physiologia Plantarum*, 89(3), 441-447.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [414].Bernstein, N., Chaimovitch, D., & Dudai, N. (2009). Effect of irrigation with secondary treated effluent on essential oil, antioxidant activity, and phenolic compounds in oregano and rosemary. *Agronomy Journal*, 101(1), 1-10.
- [415].Serri, F., Souri, M. K., & Rezapanah, M. (2021). Growth, biochemical quality and antioxidant capacity of coriander leaves under organic and inorganic fertilization programs. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8(1), 1-8.
- [416].Scott, J. G., Yoshimizu, M. H., & Kasai, S. (2015). Pyrethroid resistance in *Culex pipiens* mosquitoes. *Pesticide biochemistry and physiology*, 120, 68-76.
- [417].Tmimi, F. Z., Faraj, C., Bkhache, M., Mounaji, K., & Failloux, A. B. (2018). Insecticide resistance and target site mutations (G119S ace-1 and L1014F kdr) of *Culex pipiens* in Morocco. *Parasites & vectors*, 11(1), 1-9.
- [418].Isman, M. B., Miresmailli, S., & Machial, C. (2011). Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. *Phytochemistry reviews*, 10, 197-204.
- [419].Traboulsi, A. F., Taoubi, K., El-Haj, S., Bessiere, J. M., & Rammal, S. (2002). Insecticidal properties of essential plant oils against the mosquito *Culex pipiens molestus* (Diptera: Culicidae). *Pest management science*, 58(5), 491-495.
- [420].Michaelakis, A., Papachristos, D., Kimbaris, A., Koliopoulos, G., Giatropoulos, A., & Polissiou, M. G. (2009). Citrus essential oils and four enantiomeric pinenes against *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *Parasitology research*, 105, 769-773.
- [421].Zahran, H. E. D. M., & Abdelgaleil, S. A. (2011). Insecticidal and developmental inhibitory properties of monoterpenes on *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 14(1), 46-51.
- [422].Ahn, Y. J., Kim, N. J., Byun, S. G., Cho, J. E., & Chung, K. (2008). Larvicidal activity of *Kaempferia galanga* rhizome phenylpropanoids towards three mosquito species. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 64(8), 857-862.
- [423].Chen, Y., Luo, J., Zhang, N., Yu, W., Jiang, J., & Dai, G. (2021) . Insecticidal activities of *Salvia hispanica* L. essential oil and combinations of their main compounds against the beet armyworm *Spodoptera exigua*. *Industrial Crops and Products*, 162, 113271.
- [424].Ma, W. B., Feng, J. T., Jiang, Z. L., Wu, H., Ma, Z. Q., & Zhang, X. (2014). Fumigant activity of eleven essential oil compounds and their selected binary mixtures against *Culex pipiens pallens* (Diptera: Culicidae). *Parasitology Research*, 113, 3631-3637.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [425].Rice, P. J., & Coats, J. R. (1994). Insecticidal properties of several monoterpenoids to the house fly (Diptera: Muscidae), red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae), and southern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology*, 87(5), 1172-1179.
- [426].Isikber, A. A., Alma, M. H., Kanat, M., & Karci, A. (2006). Fumigant toxicity of essential oils from *Laurus nobilis* and *Rosmarinus officinalis* against all life stages of *Tribolium confusum*. *Phytoparasitica*, 34, 167-177.
- [427].Lee, B. H., Lee, S. E., Annis, P. C., Pratt, S. J., Park, B. S., & Tumaalii, F. (2002). Fumigant toxicity of essential oils and monoterpenes against the red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbst. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 5(2), 237-240.
- [428].Sim, M. J., Choi, D. R., & Ahn, Y. J. (2006). Vapor phase toxicity of plant essential oils to *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of economic entomology*, 99(2), 593-598.
- [429].Trivedi, A., Nayak, N., & Kumar, J. (2017). Fumigant toxicity study of different essential oils against stored grain pest *Callosobruchus chinensis*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(4), 1708-1711.
- [430].Athanassiou, C. G., & Arthur, F. H. (Eds.). (2018). *Recent advances in stored product protection* (p. 273). Berlin, Germany: Springer.
- [431].Güdek, M., & Çetin, H. (2017). Fumigant Toxicity on adults of *Callosobruchus maculatus* (F) (Coleoptera: Chrysomelidae) of essential oil from *Rosmarinus officinalis* L. and its side effects on chickpea grains. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(1), 272-281.
- [432].Erler, F., Erdemir, T., Ceylan, F. O., & Toker, C. (2009). Fumigant toxicity of three essential oils and their binary and tertiary mixtures against the pulse beetle, *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae). *Fresenius Environmental Bulletin*, 18(6), 975-981.
- [433].Dayaram, L., & Khan, A. (2016). Repellent, fumigant and contact toxicity of *Salvia officinalis*, *Rosmarinus officinalis* and *Coriandrum sativum* against *Callosobruchus maculatus* (Fab) (Coleoptera: Bruchidae). *Int J Trop Agric*, 34(4), 893-902.
- [435].Lang, G. J., Yan Zhu, K., & Zhang, C. X. (2012). Can acetylcholinesterase serve as a target for developing more selective insecticides?. *Current drug targets*, 13(4), 495-501.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [436].Thany, S. H., Tricoire-Leignel, H., & Lapied, B. (2010). Identification of cholinergic synaptic transmission in the insect nervous system. *Insect Nicotinic Acetylcholine Receptors*, 1-10.
- [437].Abdelgaleil, S. A., Mohamed, M. I., Badawy, M. E., & El-arami, S. A. (2009). Fumigant and contact toxicities of monoterpenes to *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst) and their inhibitory effects on acetylcholinesterase activity. *Journal of chemical ecology*, 35, 518-525.
- [438].Tak, J. H., & Isman, M. B. (2015). Enhanced cuticular penetration as the mechanism for synergy of insecticidal constituents of rosemary essential oil in *Trichoplusia ni* *Scientific reports*, 5(1), 1-10.
- [439].Manoguerra, A. S., Erdman, A. R., Wax, P. M., Nelson, L. S., Martin Caravati, E., Cobaugh, D. J., & Troutman, W. G. (2006). Camphor poisoning: an evidence-based practice guideline for out-of-hospital management. *Clinical Toxicology*, 44(4), 357-370.
- [440].Chen, W., Vermaak, I., & Viljoen, A. (2013). Camphor—a fumigant during the black death and a coveted fragrant wood in ancient Egypt and Babylon—a review. *Molecules*, 18(5), 5434-5454.
- [441].Khine, H., Weiss, D., Graber, N., Hoffman, R. S., Esteban-Cruciani, N., & Avner, J. R. (2009). A cluster of children with seizures caused by camphor poisoning. *Pediatrics*, 123(5), 1269-1272.
- [442].Rahimi, M., Shokri, F., Hassanian-Moghaddam, H., Zamani, N., Pajoumand, A., & Shadnia, S. (2017). Severe camphor poisoning, a seven-year observational study. *Environmental toxicology and pharmacology*, 52, 8-13.
- [443].Palermo, D., Giunti, G., Laudani, F., Palmeri, V., & Campolo, O. (2021). Essential oil-based nano-biopesticides: Formulation and bioactivity against the confused flour beetle *Tribolium confusum*. *Sustainability*, 13(17), 9746.
- [444].Bekele, J., & Hassanali, A. (2001). Blend effects in the toxicity of the essential oil constituents of *Ocimum kilimandscharicum* and *Ocimum kenyense* (Labiatae) on two post-harvest insect pests. *Phytochemistry*, 57(3), 385-391.
- [445].Dites, T. (1831). *Descriptions de nouvelles espèces d'insectes nord-américains, trouvées en Louisiane par Joseph Barabino*. Presse scolaire.
- [446]. Feeny, P. (1976). Plant apparency and chemical defense. *Biochemical interaction between plants and insects*, 1-40.
- [447]. Hunter, A. F., & Elkinton, J. S. (2000). Effects of synchrony with host plant on populations of a spring-feeding lepidopteran. *Ecology*, 81(5), 1248-1261.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [448].Jeppson, L. R., & Carman, G. E. (1960). Citrus insects and mites. *Annual Review of Entomology*, 5(1), 353-378.
- [449].Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G., Benelli, G., Losic, D., Usha Rani, P., & Desneux, N. (2018). Nanoparticles for pest control: current status and future perspectives. *Journal of Pest Science*, 91, 1-15.
- [450].Pavela, R., Maggi, F., Iannarelli, R., & Benelli, G. (2019). Plant extracts for developing mosquito larvicides: From laboratory to the field, with insights on the modes of action. *Acta tropica*, 193, 236-271.
- [451].Isman, M. B. (2015). A renaissance for botanical insecticides ? *Pest Management Science*, 71(12), 1587-1590.
- [452].Pavela, R., & Benelli, G. (2016). Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. *Trends in plant science*, 21(12), 1000-1007.
- [453].Benelli, G., Pavela, R., Petrelli, R., Cappellacci, L., Canale, A., Senthil-Nathan, S., & Maggi, F. (2018). Not just popular spices! Essential oils from *Cuminum cyminum* and *Pimpinella anisum* are toxic to insect pests and vectors without affecting non-target invertebrates. *Industrial crops and products*, 124, 236-243.
- [454].Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Atiyeh, R., & Metzger, J. D. (2004). Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology*, 93(2), 139-144.
- [455].Arancon, N. Q., Galvis, P. A., & Edwards, C. A. (2005). Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. *Bioresource technology*, 96(10), 1137-1142.
- [456].Rao, S. M., Reddy, B. V. V., & Muttharam, M. (2001). The impact of cyclic wetting and drying on the swelling behaviour of stabilized expansive soils. *Engineering geology*, 60(1-4), 223-233.
- [457].Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Yardim, E. N., Oliver, T. J., Byrne, R. J., & Keeney, G. (2007). Suppression of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*), mealy bug (*Pseudococcus* sp) and aphid (*Myzus persicae*) populations and damage by vermicomposts. *Crop Protection*, 26(1), 29-39.
- [458].Atiyeh, R. M., Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G., Metzger, J. D., & Shuster, W. (2000). Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia*, 44(5), 579-590.
- [459].Yardim, E. N., Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Oliver, T. J., & Byrne, R. J. (2006). Suppression of tomato hornworm (*Manduca quinquemaculata*) and cucumber

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

beetles (*Acalymma vittatum* and *Diabotrica undecimpunctata*) populations and damage by vermicomposts. *Pedobiologia*, 50(1), 23-29.

[460].Razmjou, J., Mohammadi, M., & Hassanpour, M. (2011). Effect of vermicompost and cucumber cultivar on population growth attributes of the melon aphid (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology*, 104(4), 1379-1383.

[461].Razmjou, J., Vorburger, C., Mohammadi, M., & Hassanpour, M. (2012). Influence of vermicompost and cucumber cultivar on population growth of *Aphis gossypii* Glover. *Journal of Applied Entomology*, 136(8), 568-575.

[462].Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(11), 1527-1536.