



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



UNIVERSITE DE BLIDA 1
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES
LABORATOIRE DE BIOTECHNOLOGIE DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES

Mémoire De fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master 2 en
Science de la Nature et de la Vie

Spécialité : Phytopharmacie et Protection des Végétaux

Thème

**INCIDENCE DU MODE CULTURAL SUR L'ACTIVITE
INSECTICIDE DES HUILES ESSENTIELLES DU ROMARIN**

Présenté par :
Assma Chaïbi
Youssra Rouabah

Présentée et soutenue publiquement devant les jurys composés de :

Mme BABA AISSA K	M .A. A	U.Blida 1	Présidente
Mr DJAZOULI Z,D.	Professeur	U.Blida 1	Promoteur
Mr MOUSSAOUI K	M .A. A	U.Blida 1	Examineur
Mme GUESMI F	Doctorante	U.Blida 1	Co-promotrice

Année Universitaire 2019/ 2020

INCIDENCE DU MODE CULTURAL SUR L'ACTIVITE INSECTICIDE DES HUILES ESSENTIELLES DU ROMARIN

RÉSUMÉ

L'utilisation de la conduite culturale peut entrer dans la conception des programmes d'agriculture durable visant la préservation de la flore Algérienne et l'équilibres biocénétiques. Dans ce cadre, les bio stimulateurs 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.

Dans ce travail nous nous sommes fixés comme objectif d'évaluer non seulement l'activité biocide de différentes phytopréparations à base d'huiles essentielles de deux espèces du Romarin (*Rosmarinus officinalis* et *Rosmarinus tournefortii*) soumis à différents modes de stimulation sur les adultes de *Tribolium castaneum*, mais aussi l'effet par application foliaire des stimulateurs sur les plantes modèles adultes, et sur leur rendement en huile essentielle.

Les huiles essentielles sont extraites par hydrodistillation. Les résultats ont révélés, que le rendement de *Rosmarinus officinalis* sous l'effet stimulateur par le sel (NaCl) est plus intéressant que celui de *Rosmarinus tournefortii*.

le rendement en huile essentielle augmente sous l'effet stimulateurs pour les deux espèces du Romarin par rapport au témoin. Néanmoins, les mêmes résultats font apparaitre que l'activité insecticide par contact a dénoncé que l'activité des huiles essentielles était liée à l'effet stimulateur. La toxicité des différents traitements évoluent avec l'augmentation de la dose qui se traduit par une meilleure efficacité par rapport à la durée du traitement d'autre et que l'activité insecticide de *Rosmarinus tournefortii* sous l'effet de tous les stimulateurs étaient plus toxiques par rapport au *Rosmarinus officinalis*.

Mots clés : activité insecticide, huiles essentielles, mode cultural, *Rosmarinus officinalis*, *Rosmarinus tournefortii*, Stimulateurs.

Impact of the cultivation method on the insecticidal activity of rosemary essential oils

ABSTRACT

The use of crop management can be part of the design of sustainable agriculture programs aimed at the preservation of the Algerian flora and biocenotic balance. In this context, bio-stimulators represent a new way to support the various methods of protection of medicinal and aromatic plants in the context of conventional or organic farming.

In this work we have set ourselves the objective of evaluating not only the biocidal activity of different phyto-preparations based on essential oils of two species of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* and *Rosmarinus tournefortii*) subjected to different modes of stimulation on the adults of *Tribolium castaneum*, but also the effect of foliar application of the stimulators on the adult model plants, and on their yield of essential oil.

The results showed that the yield of *Rosmarinus officinalis* under the stimulatory effect of salt (NaCl) is more interesting than that of *Rosmarinus tournefortii*.

The yield of essential oil increases under the stimulatory effect for both species of Rosemary compared to the control. Nevertheless, the same results show that the insecticidal activity by contact denounced that the activity of the essential oils was linked to the stimulating effect. The toxicity of the different treatments evolved with the increase of the dose, which resulted in a better efficiency in relation to the duration of the other treatment and that the insecticidal activity of *Rosmarinus tournefortii* under the effect of all the stimulators were more toxic compared to *Rosmarinus officinalis*.

Key words : insecticidal activity, essential oils, cultural mode, *Rosmarinus officinalis* , *Rosmarinus tournefortii*, Stimulators.

تأثير طريقة الزراعة على نشاط المبيدات الحشرية للزيوت العطرية من إكليل الجبل

ملخص

يمكن أن يدخل استخدام الزراعة في تصميم برامج الزراعة المستدامة التي تهدف إلى الحفاظ على التوازنات النباتية والحيوية الجزائرية. وفي هذا السياق ، تتحول المحفزات الحيوية إلى طريقة جديدة لدعم الأساليب المختلفة حماية النباتات الطبية والعطرية في إطار الزراعة التقليدية أو العضوية.

في هذا العمل وضعنا لأنفسنا هدفًا يتمثل في تقييم ليس فقط نشاط المبيدات الحيوية لمختلف أنواع المستحضرات النباتية القائمة على الزيوت الأساسية لنوعين من إكليل الجبل (*Rosmarinus officinalis* و *Rosmarinus tournfortii*) المعرضين لأنماط مختلفة من التحفيز على البالغين في *Tribolium castaneum* ، ولكن أيضًا تأثير التطبيق الورقي للمنبهات على نباتات النماذج البالغة ، وعلى إنتاجيتها من الزيوت العطرية. يتم استخلاص الزيوت العطرية عن طريق التقطير المائي ، وأظهرت النتائج أن محصول *Rosmarinus officinalis* تحت تأثير التحفيز بواسطة الملح (NaCl) أكثر إثارة للاهتمام من محصول *Rosmarinus tournfortii*.

يزيد محصول الزيت العطري تحت تأثير التحفيز لنوعي إكليل الجبل مقارنةً بالسيطرة. ومع ذلك ، فقد أظهرت نفس النتائج أن نشاط المبيدات الحشرية عن طريق الاتصال استنكر أن نشاط الزيوت الأساسية كان مرتبطًا بالتأثير المنبه. تتطور سمية العلاجات المختلفة مع زيادة الجرعة مما يؤدي إلى كفاءة أفضل من خلال المساهمة في مدة العلاج الأخرى وأن نشاط المبيدات الحشرية لـ *Rosmarinus tournfortii* تحت تأثير جميع المنشطات كان أكثر سمية مقارنةً بـ *Rosmarinus officinalis*.

الكلمات المفتاحية: نشاط المبيدات الحشرية ، الزيوت الأساسية ، طريقة الزراعة ، *Rosmarinus officinalis* ، *Rosmarinus tournfortii* ، المنبهات.

REMERCIEMENTS

On remercie avant tout Dieu (Allah) le tout puissant de m'avoir accordé force et volonté pour terminer ce travail.

En second lieu on tient à remercier Mr DJAZOULI Z.D Professeur de faculté des sciences de la nature et de la vie Saad Dahleb 1 de m'avoir accordé l'honneur de diriger ce travail, pour son soutien sans faille et pour l'intérêt qu'il a continuellement porté pour cette étude, ses conseils, ses encouragements et sa disponibilité m'ont été d'un grand intérêt.

on tient également à remercier Mme. BABA AISSA Karima.M.A.A a l'université de blida 1 , pour l'honneur qu'elle me fait de présider le jury et d'évaluer ce travail.

Et pour ms MOUSSAOUI Kamel M.A.A A L'université de blida1 , pour avoir accepté d'examiner ce travail.

**Nos sincères remerciements vont également à ma co-promotrice Mme GUASMI fadhila ,
Doctorante à l'université Saad Dahleb blida 1 qui a fait preuve d'un apport pour la réalisation de ce travail**

NOS remerciements s'adressent à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

ASSMA & YOUSRA

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail

A MES très chères parents:

«AzzeDine & Nadia»

*Je ne pourrais jamais exprimer le respect que j'ai pour vous
Vos prières, vos encouragements et votre soutien m'ont toujours
été d'un grand secours.*

*Rien au monde ne vaut les efforts que vous avez fournis jour et
nuit pour mon éducation et mon bien être.*

*Puisse Dieu, le tout puissant vous préserver du mal, vous combler
de santé, de bonheur
et vous procurer une longue vie.*

A mes frères abdelatif et anes et ma chère sœur amina.

A ma chère binome Yousra tu resteras toujours ma meilleure

A mes adorables amies :

Fatima, souad , chaima , sihem

ASSMA

DÉDICACE

Avec l'aide de dieu, J'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie à la mémoire de mon généreux père. Aucune dédicace ne serait exprimer l'amour et le respect que j'ai toujours eu pour lui. Il a tant espéré me voir soutenir et atteindre l'objectif.

A celle qui m'a toujours encouragé et aider durant mes années d'études.

Merci

pour ton amour et ta confiance totale

À toi ma très chère maman Samia et mon chère papa Rachid .

A ma chères sœur : rania

A mon cher frère : anis

A mes chères amies : dhikra, nesrine, halla

A mes très chères cousines wassila ahlem ikram manar et bakhta .:

A mon âme sœur et mon binôme assma .

A tous la famille Rouabah et Madani.

A mes collègues des promotions de 2ème année master « phytopharmacie et protection des végétaux » .

A ceux qui ont attribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail

YOUSRA

ABSTRACT	
ملخص	
REMERCIEMENTS	
DÉDICACE	
LISTE DES ILLUSTRATIONS ET GRAPHIQUES	
LISTE DES TABLEAUX	
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
CHAPITRE1:APERÇUS BIBLIOGRAPHIQUES.....	3
1. Investigation des caractéristiques des plantes modèles.....	3
1 .1. Donnés bibliographique sur <i>Rosmarinus officinalis et Rosmarinus tournefortei</i>	3
1.2.Description.....	3
1.3 . Systématique et taxonomie des plantes modèles.....	4
1.4. Composition des huiles essentielles de <i>Rosmarinus sp</i>	6
1. 5 .Utilisation de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus sp</i>	8
2. Données bibliographiques sur les huiles essentielles.....	10
2. 1.Composition des huiles essentielles.....	10
2 .1. 1. Les terpènes de formules (C ₅ H ₈) _n :	10
2.1. 2. Les composés aliphatiques	12
2.1.3. Les composés aromatiques biosynthétisés	12
2.1.4. Les composés divers	12
2.2.Les facteurs influençant la composition des huiles essentielles.....	13
2.3. Classification des huiles essentielle.....	15
2.4. Extraction des huiles essentielles.....	16
2 .4.1. Hydrodistillation simple.....	16
2.4.2. Vapo-hydrodistillation.....	17
2.5. La conservation des huiles essentielles.....	18
2.6. Type chimique	18
2.7. Biosynthèse des huiles essentielles.....	19
.7.1. Voie des Terpénoïdes.....	19
2.7.2.Voie des Phénylpropanoïde.....	21
2.8. Fonction des huiles essentielles.....	21
2.8.1 Le rôle Biologique	21
2.8.1.1.Antibactérienne.....	21
2.8.1.2 .Antivirale.....	21

2.8.1.3. Antifongique.....	21
2.8.1.4. Antiparasitaire.....	22
2.8.1.5 .Antiseptique.....	22
2.8.2. Le rôle écologique.....	22
2.9 .Stabilité des huiles essentielles.....	22
. Expression des molécules bioactives en cas de bio agression par des agents pathogènes microbiens ou animal	22
0 .1.Généralité sur le principe de résistance chez les plantes (Interaction plante hôte /insecte)	22
10. 2.Manipulation des plantes implique une modification des niveaux de phytohormones.....	23
2 .10 . 3 .Les phytohormones dans les interactions plantes-insectes.....	23
2 .10 . 4 .Resistance aux bio agresseurs chez les végétaux.....	24
2 .10 . 4 . 1.La réaction d’hypersensibilité.....	26
2 .10 . 4 . 2 .Les messagers de la défense.....	26
2 .10 . 4 . 3 .Les réponses défensives à l’infection.....	27
2 .10 .4 .3 . 1 .Renforcement des parois cellulaires.....	27
2 .10 .4 .3 . 2 .Les protéines Pathogenesis-Related (protéines PR).....	27
2 .10 . 4 . 3 . 3 .Les phytoalexines.....	27
CHAPITRE 2 : Matériel et méthodes.....	29
1. Objectif.....	29
2. Matériel d’étude.....	29
2.1 Matériels biologique.....	29
2.1.1. Origine du matériel végétal.....	29
2 .1.1.1 Site d’étude de jardin d’essai d’EL Hamma	30
2 .1.1.2 Site d’étude Mausolée royal de Maurétanie	30
2.1.2. Origine du matériel animal.....	31
3. Méthodes d’étude.....	32
3.1. Elevage en masse de <i>Tribolium castaneum</i>	32
3.2. Phytopréparations à base d’huiles essentielles.....	32
3.2.1. Extraction des huiles essentielles.....	32
3.2.2. Application des bioproduits.....	34
Calcul du rendement en huiles essentielles	34
3.4. Estimation de la mortalité observée	35
4. Analyse statistique des données.....	35

CHAITRE 3 : Résultats et discussion.....	51
1. Estimation du rendement de l'huile essentielle du romarin sous l'effet des différents stimulateurs.....	51
1 .1. Le rendement de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> sous l'effet des différents stimulateurs.....	51
1 .2. Le rendement de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus tournefortii</i> sous l'effet des différents stimulateurs.....	51
2. Estimation de la mortalité observée des différentes phytopréparations <i>Rosmarinus officinalis</i>	37
3. Estimation de la mortalité observée des différentes phytopréparations <i>Rosmarinus tournefortii</i>	40
Discussion	45
Conclusion.....	51
Références bibliographiques	52

Liste des figures

Figure1 : planche botanique de <i>Rosmarinus officinalis</i> (Köhler's).....	4
Figure 2 : Structure chimique des composés actifs présents dans la plante <i>Rosmarinus officinalis</i> L (l'acide carnosique, le carnosol, epirosmanol, rosmaridiphénol, l'aciderosmarinique).....	7
Figure 3 : Familles chimiques des huiles essentielles.....	10
Figures 4 : Représentation des structures des terpènes et des terpénoïde	11
Figures 5 : structure des composés aromatiques dérivés de phénylpropane.....	12
Figure 6 : Signaux environnementaux de nature physique , chimique ou biologique, pouvant affecter la croissance et le développement.....	14
Figure7 : différents extraits aromatiques obtenus à partir de matières végétales	15
Figure 8 : Montage pour l'hydro distillation type alambic	16
Figure9 : Schéma d'une installation de vapo-hydrodistillation	17
Figure10 : Le précurseur de la voie terpénique.....	19
Figure 11 : Biosynthèse des terpènes.....	19
Figure 12 : Schéma simplifié des réaction de défense induites dans les interactions plantes / agents pathogènes.....	25
Figure13 : peuplement de deux romarins du site d'étude B : <i>Rosmarinus officinalis</i> A : <i>Rosmarinus tournefortii</i>	29
Figure14 : Image satellite du carré botanique de jardin d'essai.....	30
Figure 15 : Image satellite de zone d'étude au niveau de Mausolée royal Mauritanie.....	31
Figure 16 : adulte de <i>Tribolium castaneum</i> observé sous loupe binoculaire Gr : (3X100).....	32
Figure 17 : Dispositif d'hydro distillation type Clevenger.....	33
Figure 18 : Evaluation temporelle de la mortalité observé de <i>Tribolium castaneum</i> par effet contact des différentes doses de l'huile essentielle <i>Rosmarinus officinalis</i> traité par lombricompost liquide.....	37
Figure19 : Evaluation temporelle de la mortalité observé de <i>Tribolium castaneum</i> par effet contact des différentes doses de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> irrigué par lombricompost solide.....	38

Figure 20 : Evaluation temporelle de la mortalité observé de <i>Tribolium castaneum</i> par effet contact des différentes doses de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> irrigué par l'eau courante	39
Figure 21 : Evaluation temporelle de la mortalité observé de <i>Tribolium castaneum</i> par effet contact des différentes doses de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> i traité par l'eau saline.....	40
Figure 22 :Evaluation temporelle de la mortalité observé de <i>Tribolium castaneum</i> par effet contact des différentes doses de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus tournefortii</i> traité par le lombricompost liquide	41
Figure 23 : Evaluation temporelle de la mortalité observé de <i>Tribolium castaneum</i> par l effet contact des différentes doses de l'huile essentielle traité par le lombricompost solide	42
Figure 24 : Evaluation temporelle de a mortalité observée de <i>Tribolium castaneum</i> par l effet contact des différentes doses de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus tournefortii</i>	43
Figure25 :Evaluation temporelle de la mortalité observée de <i>Tribolium castaneum</i> par effet contact des différentes doses de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus tournefortii</i> irrigué par l'eau saline.....	44

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition de l'huile essentielle de romarin (Zermane ,2010).....6

Tableau 2 : récapitulatif de la composition chimique des différents chénotypes d'huile essentielle de Rosmarinus officinalis et Rosmarinus tournefortii8

Tableau 3 : Différentes doses appliquées34

Introduction générale

Les plantes produisent naturellement des substances actives comme les huiles essentielles, permettant ainsi de se protéger des insectes, des maladies ou d'attaques extérieures. Les huiles essentielles sont par définition des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages (Cseke et Kaufman, 1992).

Que ce soit dans les pays développés ou en voie de développement, les huiles essentielles détiennent actuellement une place importante dans les systèmes de lutte, leur rôle dans la recherche phytopharmaceutique dans certains pays du monde n'est plus à démontrer. Les substances d'origine naturelle et plus particulièrement, les huiles essentielles représentent actuellement une solution alternative de lutte pour la protection contre les insectes ravageurs (Lahlou, 2004).

Les recherches à l'heure actuelle s'orientent vers les plantes aromatiques contenant des huiles essentielles qui agissent comme des biopesticides, l'activité insecticide des huiles essentielles a été démontrée par les travaux de nombreux chercheurs (Tapondjou et al., 2003; Kellouche, 2004; Bouchikhi-Tani et al., 2008; Ndomo et al., 2009; Hedjal-Chebheb, 2014).

Les huiles essentielles de romarin ont été utilisées, pour des milliers d'années, pour la préservation des denrées alimentaires, des produits pharmaceutiques et les thérapies naturelles (Fadel et al., 2011).

Il existe trois espèces de romarin de la famille des Lamiacées qui poussent naturellement dans la région méditerranéenne: *Rosmarinus officinalis* L., *R. tournefortii* (*ericalyx* Jordan et Four) et le *R. tomentosus* Hub-Mor et Maire. Certaines de ces espèces ont déjà fait l'objet d'études, c'est le cas notamment de *Rosmarinus officinalis*, le *R. tournefortii* quand à lui est très peu étudié (Fadel et al., 2011).

Dans cet ordre de réflexion, nous avons orienté nos travaux de recherche vers l'exploitation des ressources végétales locales. Malgré l'existence d'une bibliographie relativement riche sur le genre *Rosmarinus*, peu de données ont été proclamées sur ces espèces préconisées dans cette étude et sur leurs origines géographiques. Or, la valorisation de ces espèces passe principalement par leur évaluation biochimique et biotechnologique à travers l'extraction, l'analyse et l'identification de leurs constituants

composés biactifs. Suite à des bio-prospections nous nous sommes intéressés au mode cultural des plantes aromatiques et médicinales de ces deux espèces

Chapitre 1: aperçus bibliographiques

1 Investigation des caractéristiques des plantes modèles

1.1 Données bibliographique sur *Rosmarinus officinalis* et *Rosmarinus tournefortii*

La famille des lamiacées connue également sous le nom des labiées, comporte environ 258 genres pour 6900 espèces plus ou moins cosmopolites ; mais dont la plupart se concentrent dans le bassin méditerranéen tel que le thym, la lavande et le Romarin elle est divisée en deux principales sous-familles : les Stachyoideae et les Ocimoideae. Les lamiacées sont des herbacées ayant la consistance et la couleur de l'herbe, parfois sous-arbrisseaux ou ligneuses. Une grande partie de ces plantes sont aromatiques riches en l'huile essentielle d'où leur intérêt économique et médicinal. Entre autres, un grand nombre de genres de la famille des Lamiaceae sont des sources de terpénoïdes, flavonoïdes et iridoïdes glycosylés (Ouibrahim, 2015).

1.2 Description

Le romarin est un arbuste ou sous- arbrisseau aromatique qui supporte la chaleur,(Benedicte, 2014).Il est reconnaissable de loin à son odeur pénétrante, ses fruits sont sousforme des tétrakènes (De boree, 2012),feuilles linéaires à marges révolutes, sessiles mesurant 2cm de longueur sur 2mm de largeur, verdâtre en dessus et tomenteuses en dessous.fleursbleuâtres, 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 (Beloued, 2012).La racine du romarin est pivotante, ligneuse et fibreuse (Anton et Lobsten, 2005). La tige du romarin est ligneuse, lgénéralement érigée, pouvant atteindre jusqu'à 2 m.Selon Lepage Val de Loire, (2016) 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 1: Planche botanique de *Rosmarinus officinalis* (Köhler's 1887)

1.3 Systématique et taxonomie des plantes modèles

Selon Anton et lobsten (2005), le romarin appartient au :

Règne.....Végétal
Embranchement.....Spermaphytes
Sous embranchement.....Angiospermes
ClasseDicotylédones
OrdreLamiales
FamilleLamiacées
Genre.....Rosmarinus
Espèce.....*Rosmarinus officinalis*
Rosmarinus tournnefourteii

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 berberes)** : Lazir, Azir, Ouzbir et Touzala.
- **Nom anglais** : Rosmary
- **Nom scientifique binominal**: *Rosmarinus officinalis* L

1.4 Composition des huiles essentielles de *Rosmarinus* sp

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. 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 détecté dans l'extrait aqueux. Les flavonoïdes détectés par la chromatographie sur couche mince (CCM) sont la quercétine et le kaempférol (Bouchikhi, 2014)

Tableau 1:Composition de l'huile essentielle de romarin (Zermane ,2010)

Monoterpènes	Acycliques	myrcène linalol
	Monocycliques	terpinéol-4 α -terpinéol cinéole limonène
	Aromatiques	P-cymène
	Bicycliques	α -pinène camphène verbénone camphre bornéole acétate de bornyle
Sesquiterpènes		caryophyllène humulène

L'huile essentielle de romarin est l'élément le plus étudié qualitativement, quelques-unes des principales structures chimiques actives sont représentées sur la figure (Ávila-Sosa *et al.*, 2011).

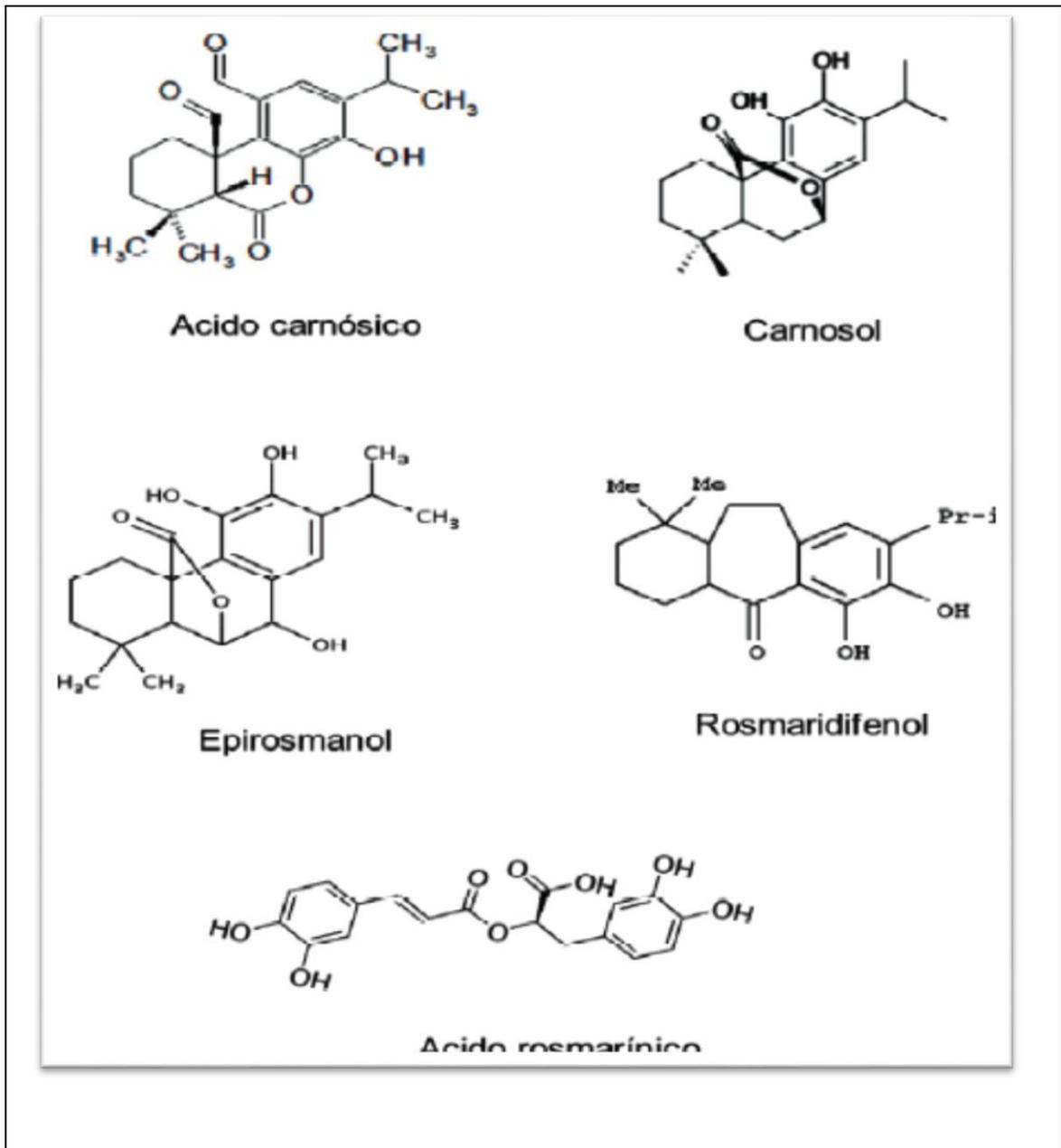


Figure 2 structure chimique des composés actifs présents dans la plante *Rosmarinus officinalis* L (l'acide carnosique, le carnosol, epirosmanol, rosmaridiphénol, l'acide rosmarinique) (Ávila-Sosa et al., 2011).

Tableau 2:récapitulatif de la composition chimique des différents chémotypes d'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*

Molécules	CT camphre	CT 1,8 cinéole	CT verbénone
1,8 cinéole	16-25%	38-55%	9,53%
Camphre	13-21%	5-15%	7,17%
Alpha-pinène	18-26%	9-14%	27,3%
Bornéol	2,0-4,5%	1,5-5,0%	4,96%
Acétate de bornyle	0,5-2,5%	0,1-1,5%	12,52%
Verbénone	0,7-2,5%	<0,4%	7,06%
p-cymène	1,0-2,2%	0,8-2,5%	1,52%
Myrcène	1,5-5%	1-2%	2,29%
Camphène	8-12%	2,5-6%	7,91%
Limonène	2,5-5%	1,5-4%	3,96%
Beta-pinène	2-6%	4-9%	2,53%
Alpha-terpinéol	1,0-3,5%	1,0-2,6%	1,40%
Beta-caryophyllène			traces
Alpha-terpinène			0,56%
Linalol			2,23%
Terpinolène			1,03%

1.5 Utilisation de l'huile essentielle de *Rosmarinus sp*

Les huiles essentielles sont utilisées dans de nombreux domaines tels que la parfumerie, la cosmétologie, l'agroalimentaire, et l'industrie chimique. Elles interviennent dans la fabrication des produits tels que :

- Les produits alimentaires : jus de fruit, crèmes, bonbons, etc.
- Les produits d'hygiène et de beauté.
- Les parfums, la désinfection des locaux (elles sont antiseptiques).
- Les colles et vernis dans l'industrie chimique.

L'huile essentielle de romarin est un générateur hépatique et biliaires, cicatrisante, bactéricide, utilisée pour les soins de la peau et l'eczéma (Azalenko, 2005). Il est aussi utilisé comme un antiseptique, cholagogue, antispasmodique, vulnéraire et diurétique (Koubissi, 2002).

2 Données bibliographiques sur les huiles essentielles

L'histoire de l'aromathérapie a connu des évolutions successives. À l'origine, les plantes aromatiques étaient utilisées dans l'alimentation, les infusions et les rites religieux. grâce à la chimie, les substances odorantes des plantes aromatiques ainsi que leurs propriétés ont pu être identifiées. Pendant la révolution industrielle, intervient la recherche d'extraction des molécules aromatiques. A partir de cette époque, naît le concept d'huile essentielle qui aboutit à la création et au développement des huiles essentielles (HE). Pour finir, la période moderne, pendant laquelle les scientifiques cherchent à connaître les composants des huiles essentielles. (Faucon ,2015)

2.1 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 (Lardry et Haberkorn, 2007). 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 (Bourrain, 2013). 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.

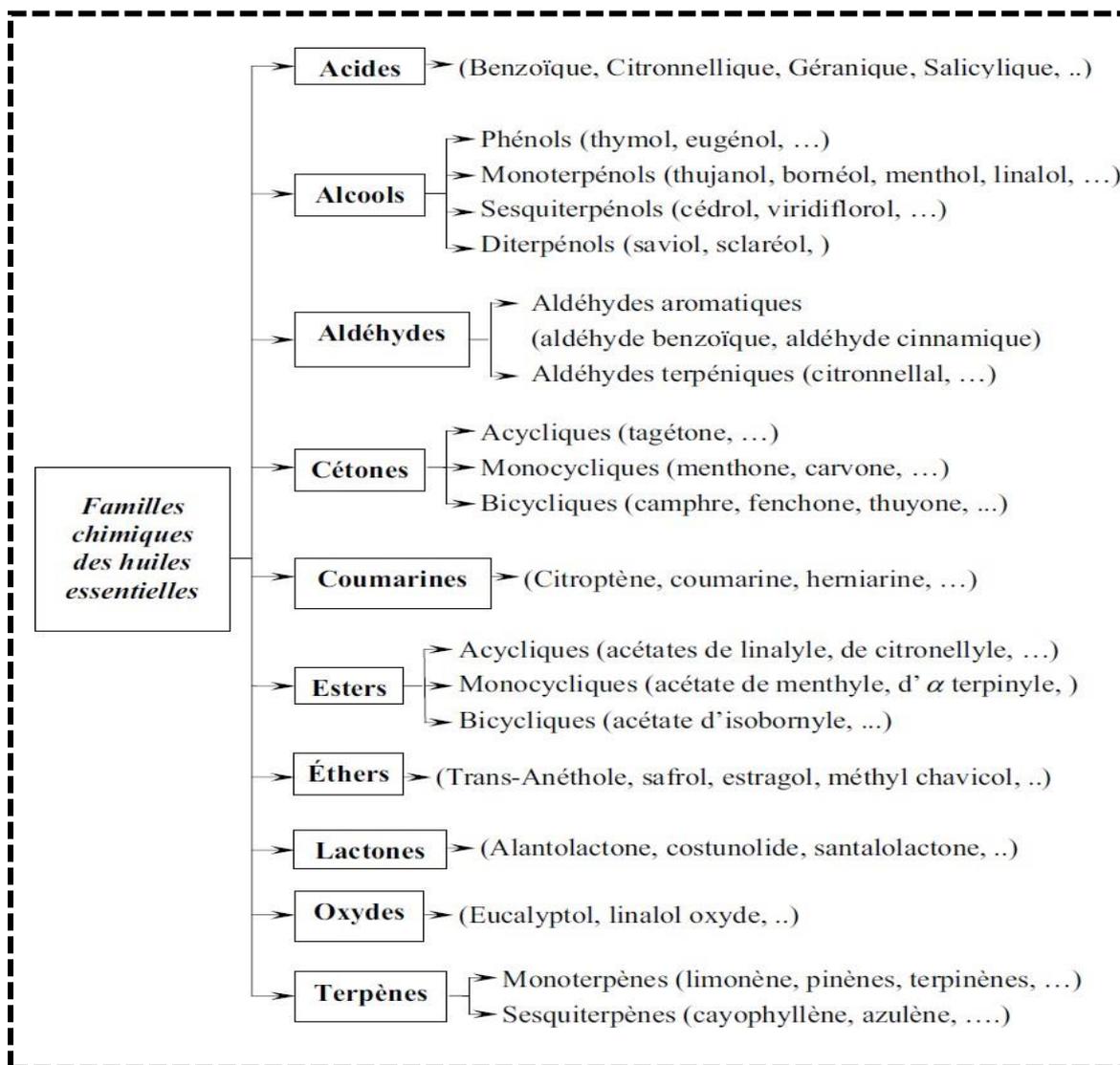


Figure 2: Familles chimiques des huiles essentielles (Boukhari, 2017)

2.1.1 Les terpènes de formules (C₅H₈)_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, C₅H₈).
- Les monoterpènes : (n=2, C₁₀H₁₆).
- Les sesquiterpènes : (n=3, C₁₅H₂₄).
- Les diterpènes : (n=4, C₂₀H₃₂).
- Les sesterpènes : (n=5, C₂₅H₄₀).
- Les triterpènes : (n=6, C₃₀H₄₈).
- Les tétraterpènes : (n=8, C₄₀H₆₄).
- Les polyterpènes : (n unités isopréniques).

Les monoterpènes C₁₀H₁₆ (n=2)

Selon Lepoittevin,(2002)les monoterpènes peuvent être acycliques (myrcène par exemple), monocycliques (thymol par exemple) ou bicycliques , 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 hydroperoxydes . 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 (Schmitt et al ., 2009)

Les 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,(Fillatre,2011).

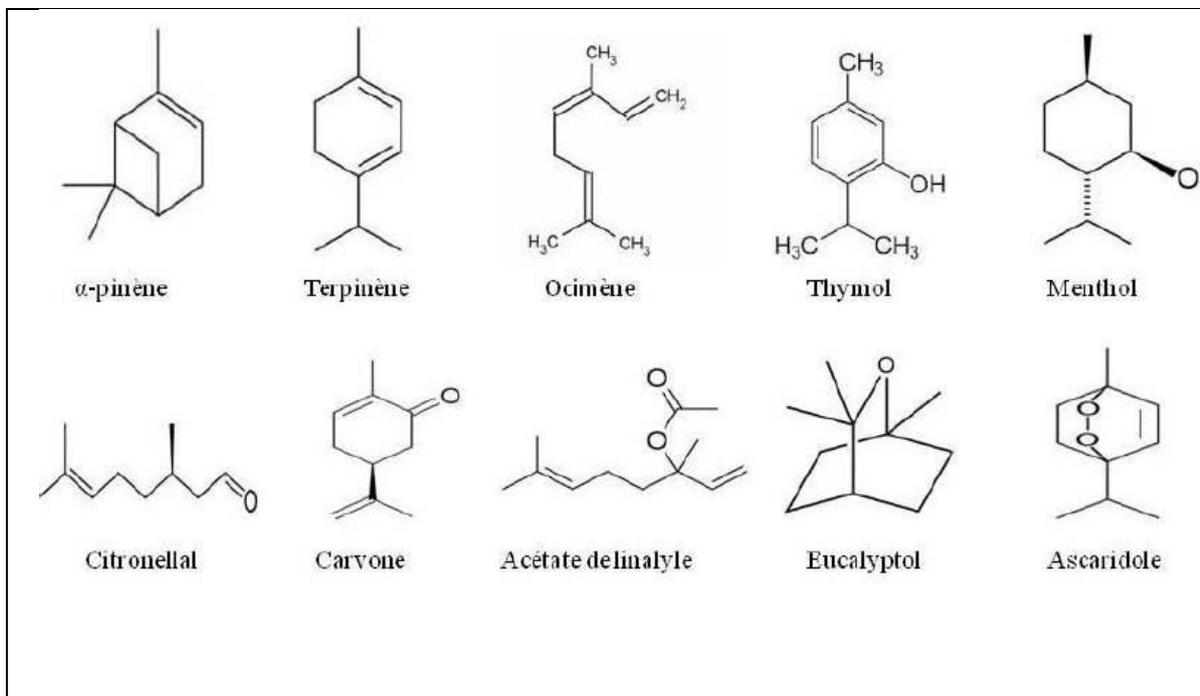


Figure 3: Représentation des structures des terpènes et des terpénoïdes (Fillatre,2011).

2.1.2 Les 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*. (Bruneton, 1999).

2.1.3. Les 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*. (Bruneton, 1999).

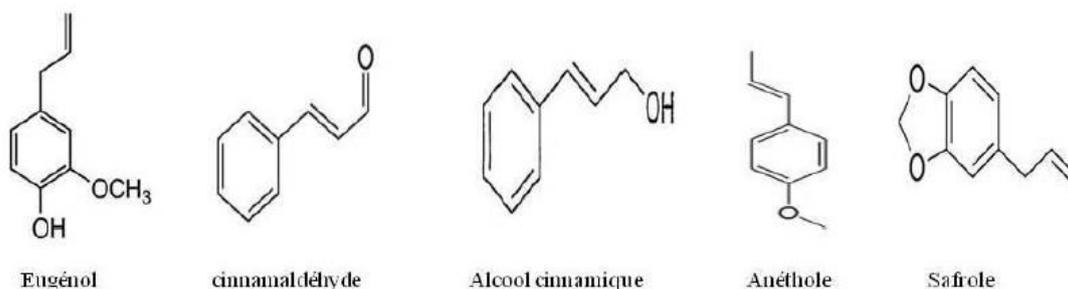


Figure 4: Structure des composés aromatiques dérivés de phénylpropane (Fillatre, 2011).

2.1.4 Les 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, (Milpied – Homs, 2009).

2.2 Les 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. (Sangwan et *al.*, 2001).

L'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 (Sangwan et *al.*, 2001).

Le 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 (Kasali et *al.*, 2005). Le nombre des molécules chimiquement 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 monomoléculaires, 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 trimoléculaire (Cole et *al.*, 2007).

Le 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 généralement optimal juste avant la floraison car après, la plante perd environ 70 % de son huile essentielle (Masotti et *al.*, 2003).

La 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, (Angioni et *al.*, 2006 ; Baydar et Baydar, 2005 ; Weyerstahlet et *al.*, 1992).

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 (Angioni et al.2006 ; Masotti et al., 2003),.

Les facteurs extrinsèques

Ceux-ci ont trait aux facteurs environnementaux (température, nature du sol, ensoleillement...) et aux pratiques culturales qui ont également une influence certaine (Anaç, 1984).

Les 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. (Baydar et al., 2005 ; Kovats, 1987).

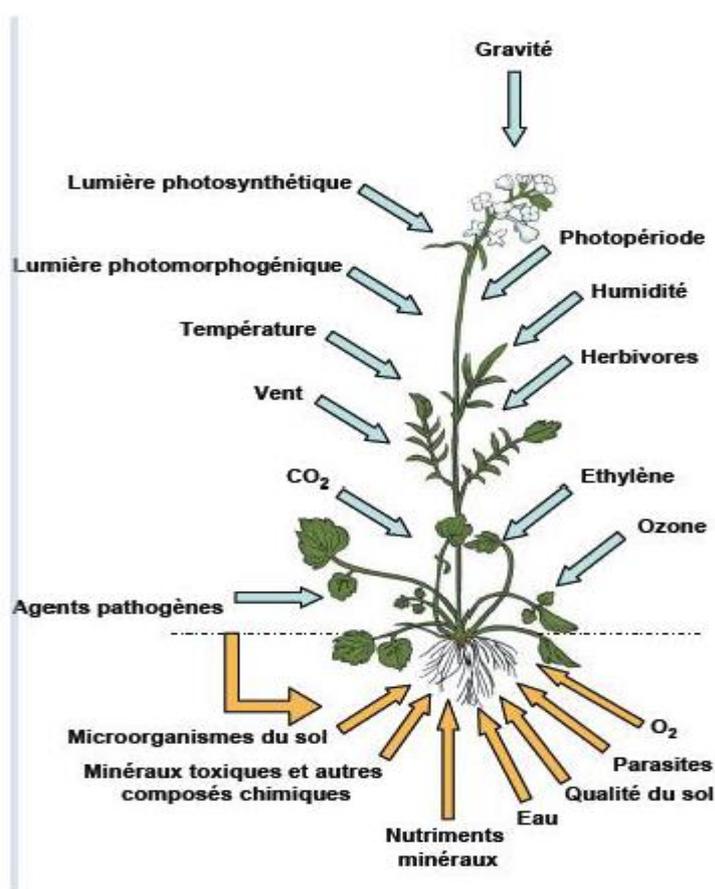


Figure 5: Signaux environnementaux de nature physique, chimique ou biologique, pouvant affecter la croissance et le développement (Buchanan et al., 2000 in Hoffmann, 2003)

2.3 Classification des huiles essentielles

Selon le pouvoir spécifique sur les germes microbiens ; et grâce à l'indice aromatique obtenu par aromagramme , les huiles essentielles sont classées en groupe :

- Les huiles majeures
- Les huiles mediums
- Les huiles terrains (Chakou et Bassou , 2007)

2.4.Extraction des huiles essentielles

Pour obtenir des huiles essentielles des plantes, il existe plusieurs types d'extraction .Cependant le choix de la technique dépend de la matière première telle que son état origine, ses caractéristiques ainsi que le rendement que l'on veut. (Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles (Chemat,2008)Il est important de faire la différence entre un extrait aromatique et une huile essentielle. Un extrait aromatique est le nom donné pour les extraits aromatiques obtenus par des solvants tel que l'hexane ou l'éthanol. Alors que pour une huile essentielle, seule l'eau peut être utilisée pour l'obtention. (Fernandez et Chemat ,2014)

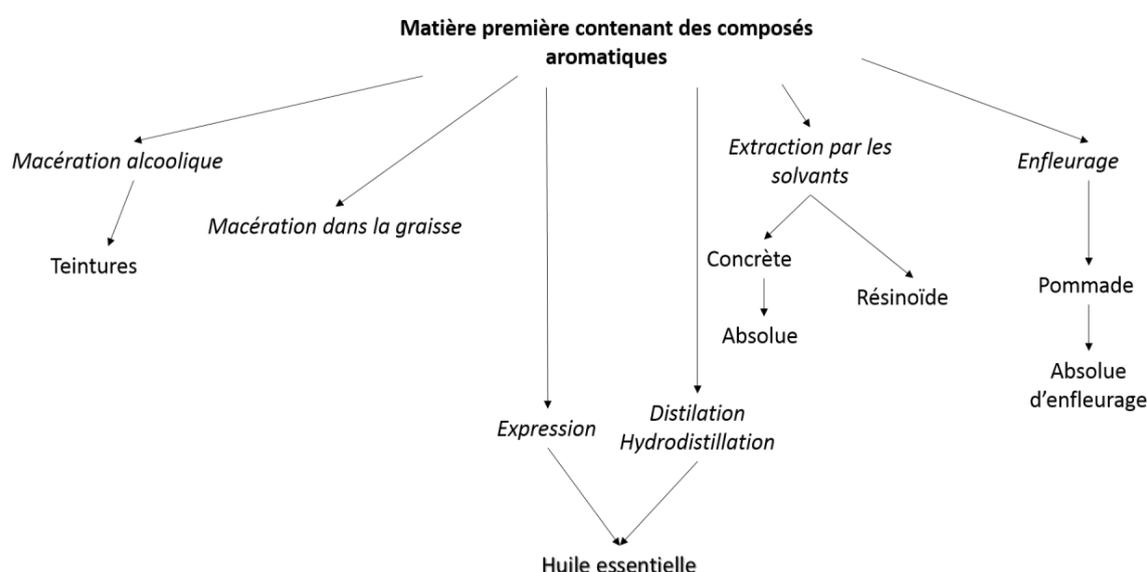


Figure 6:Différents extraits aromatiques obtenus à partir de matières végétales (Lee et Lee,2003)

Il existe différents procédés d'extraction, mais le choix de la méthode utilisée

définit obligatoirement la nature de l'essence ainsi que son éventuelle utilisation.

On distingue les procédés suivants :

2.4.1. Hydrodistillation simple

C'est la méthode la plus ancienne et polyvalente pour l'obtention des huiles essentielles. Dans ce procédé, le matériel végétal est submergé dans l'eau qui est chauffée pour produire de la vapeur riche en substances aromatiques. Cette méthode donne de très bons résultats avec des poudres ou des matériels végétaux durs comme les graines et les racines. La production de la vapeur en utilisant un chauffage direct du végétal entraînerait des réactions d'hydrolyse ce qui va causer la perte de certains esters aromatiques (Lee et Lee, 2003).

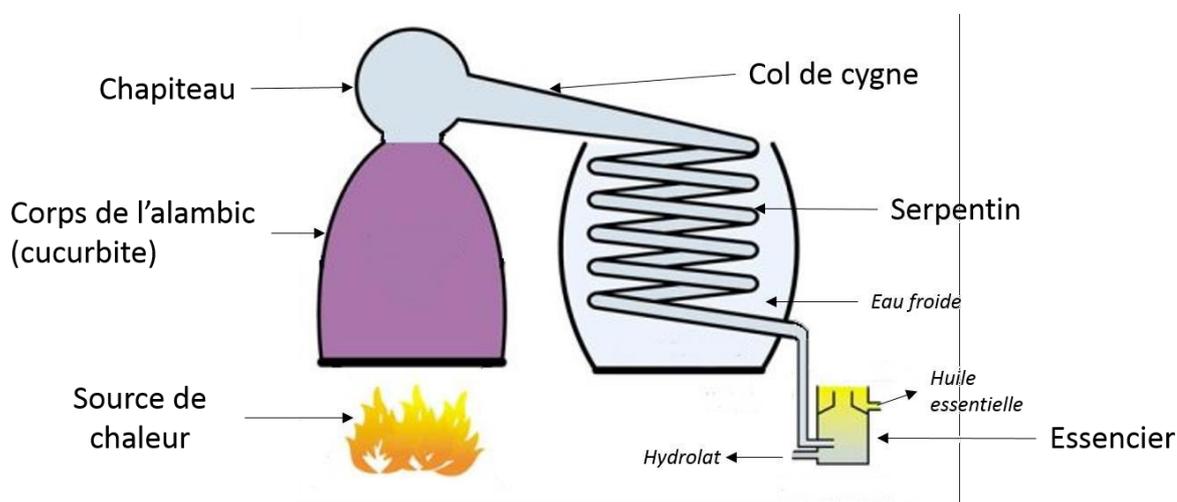
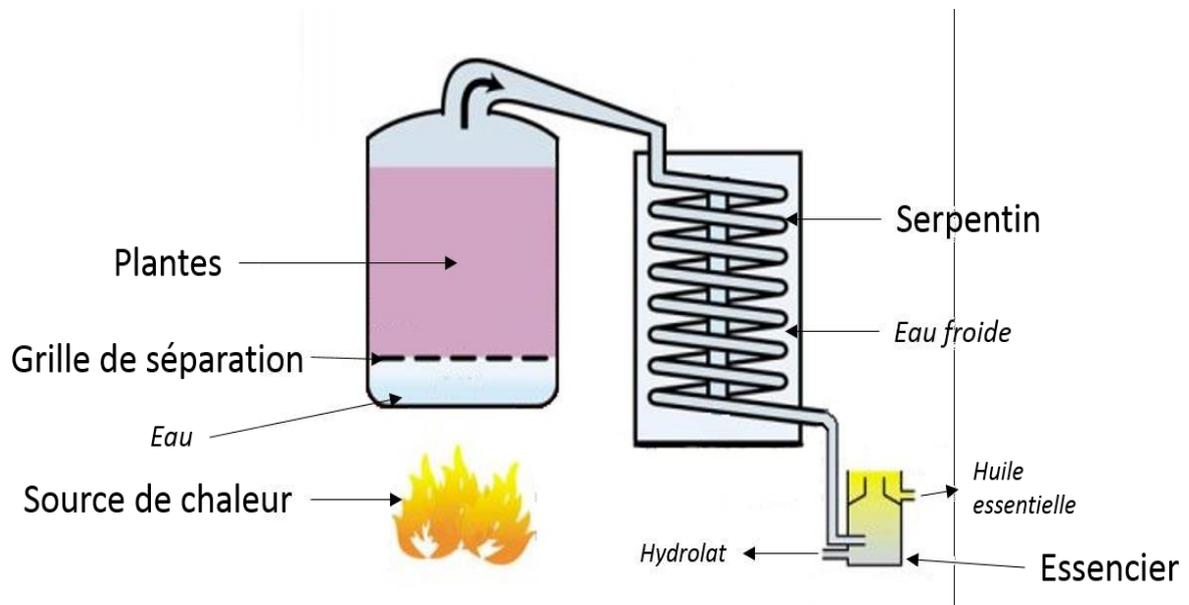


Figure 7: Montage pour l'hydro distillation type alambic (Deschepper, 2017)

2.4.2. Vapo-hydrodistillation

Il s'agit d'une variante à mi-chemin entre l'hydrodistillation et l'entraînement à la vapeur dans laquelle la matière végétale et l'eau se trouvent dans la même enceinte mais ne sont pas en contact. L'eau est portée à ébullition par le chauffage de la cuve, se transforme en vapeur et passe au travers de la plante, posée sur une grille au-dessus de l'eau (Deschepper, 2017)



**Figure 8:Schéma d'une installation de vapo-hydrodistillation
(Deschepper,2017)**

2.5. La 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-étherification. 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. (Mansar ,2016).

2.6.Type chimique :

Le chémotype (ou chimiotype) définit la (les) molécule(s) biochimiquement active(s) de l'HE. On parle ainsi d'HECT : 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. 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 thymol est, quant à lui, un antibactérien, mais présente une action caustique pour la peau et est hépatotoxique à doses élevées et prolongées. (Zhiri et Baudoux, 2006).

Chémotypes principalement rencontrés dans les huiles essentielles

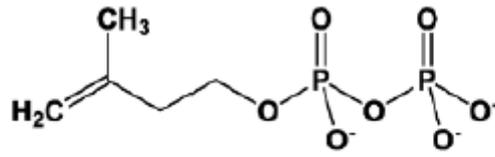
La détermination de ce dernier est possible grâce au couplage de la chromatographie en phase gazeuse et de la spectrométrie de masse. Plusieurs familles biochimiques sont fréquemment rencontrées : les alcools, les cétones, les aldéhydes terpéniques et aromatiques, les esters, les éthers, les terpènes ainsi que les oxydes. (Zhiri et Baudoux, 2006).

2.7. 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**. 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. 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 (Courtial, 2005; Franchomme *et al.*, 1990). La biosynthèse des huiles essentielles se fait suivant deux principales voies : La voie des terpénoïdes et la voie des phénylpropanoïdes (Mann, 1987).

2.7.1. 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. (Bruneton, 2009).



Pyrophosphate d'isopentényle (IPP)

Figure 9:Le précurseur de la voie terpénique (Bruneton ,2009).

Le matériau de base est l'IPP (isopentyl pyrophosphate), molécule à cinq atomes de carbones ayant une structure semi-alvéolaire. Il est dérivé de l'Acétyl CoA (carrefour important), lui-même issu du PEP (phosphoenolpyruvate) provenant directement du fructose. La construction des squelettes hydrocarbonés a lieu par la juxtaposition « tête à queue » d'unités isopréniques, unités pentacarbonés ramifiées assemblées enzymatiquement. Ainsi on trouve des squelettes hydrocarbonés à dix carbones (monoterpènes), puis à quinze carbones (sesquiterpènes) et plus rarement, à vingt carbones (diterpènes). Le processus peut se poursuivre mais dans d'autres buts que la synthèse des essences (Mann, 1987).

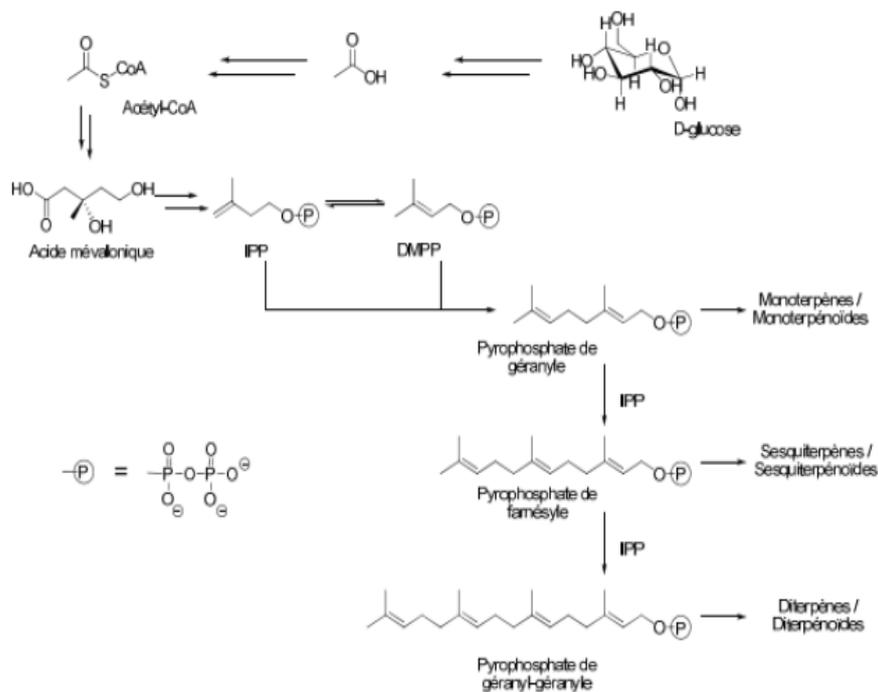


Figure 10:Biosynthèse des terpènes (Heng ,2010)

2.7.2. Voie des Phénylpropanoïde

Ces composés ont une voie totalement différente de celle des terpènes. Le précurseur de la voie des phénylpropanoïdes est le phénylpropane. Cette voie génère les phénols, les acides, les coumarines, les stilbènes, les flavonoïdes et dérivés, Pour arriver à ceci, plusieurs étapes d'oxydations sont indispensables, rajoutés à ces étapes, des facteurs endogènes et exogènes. Cette voie permet la fabrication par les plantes de différentes lignées de molécules actives. (Fernandez Chemat et Farid ;2012) .Grâce à ces différentes réactions, les plantes aromatiques peuvent synthétiser jusqu'à 5% de leur poids d'essence. Ces essences sont positives pour la plante et sa protection contre les bactéries ou les virus, d'être un moyen de communication avec les insectes pollinisateurs, ainsi que d'autres fonctions. (Faucon, 2015)

2.8.Fonction des huiles essentielles

2.8.1.Le rôle Biologique

Les huiles essentielles possèdent de nombreuses activités biologiques. En phytothérapie, elles sont utilisées pour leurs propriétés antiseptiques contre les maladies infectieuses, cependant, elles possèdent également des propriétés cytotoxiques qui les rapprochent donc des antiseptiques et désinfectants entant qu'agents antimicrobiens à large spectre (Ilammoudi, 2008; Ferhat et al, 2009).

2.8.1.1.Antibactérienne

Selon Benayad ,(2008), les phénols (carvacrol, thymol) possèdent le coefficient antibactérien le plus élevé, suivi des monoterpénols (géraniol, menthol, terpinéol), aldéhydes (néral,géranial),etc

2.8.1.2.Antivirale

Les virus donnent lieu à des pathologies très variées dont certaines posent des problèmes non résolubles aujourd'hui, les HE constituent une aubaine pour traiter ces fléaux infectieux, les virus sont très sensibles aux molécules aromatiques (Benayad,2008).

2.8.1.3 Antifongique

Les mycoses sont d'une actualité criante, car les antibiotiques prescrits de manière abusive favorisent leur extension, avec les HE on utilisera les mêmes groupes

que ceux cités plus haut, on ajoutera les sesquiterpéniques et les lactones sesquiterpéniques. Par ailleurs, les mycoses ne se développent pas sur un terrain acide. Ainsi il faut chercher à alcaliniser le terrain (Benayad, 2008).

2.8.1.4. Antiparasitaire

Le groupe des phénols possède une action puissante contre les parasites (Benayad, 2008).

2.8.1.5 Antiseptique

Les aldéhydes et les terpènes sont réputés pour leurs propriétés désinfectantes et antiseptiques et s'opposent à la prolifération des germes pathogènes (Benayad, 2008).

2.8.2. Le rôle écologique:

D'après Richter (1993), les huiles essentielles jouent plusieurs rôles écologiques

- Interaction plante-plante (inhibition de la germination et de la croissance)
- Interaction plante-animal, pour leur protection contre les prédateurs (insectes, herbivores, champignons, micro-organismes) ; attraction des insectes pollinisateurs.

2.9. Stabilité des huiles essentielles

L'extraction des HEs doit être suivie d'une maturation de l'HE : il lui faut passer par un temps de repos indispensable (comme pour le vin) afin que les diverses molécules entrant dans sa composition puissent se « réajuster » entre elles, c'est-à-dire se stabiliser. Ce temps de repos, qui doit être d'au moins un mois, peut être plus long pour certaines huiles comme celle du Laurier noble qui doit reposer un an. (Da Silva Frederic, 2010).

2.10 Expression des molécules bioactives en cas de bio agression par des agents pathogènes microbiens ou animal

2.10.1. Généralité sur le principe de résistance chez les plantes (Interaction plante hôte /insecte)

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 (Schoonhoven et *al.*, 2005; Matthews et Matthews, 2009; Sauvion, et *al.*, 2013; Willis et McElwain, 2014). Certaines interactions peuvent être bénéfiques pour la plante, comme dans le cas de la pollinisation par les

insectes ou de la dispersion des graines (Klein et *al.*, 2007) et d'autres sont délétères, comme dans le cas d'attaques par des insectes herbivores (Schoonhoven et *al.*, 2005; Zhang et *al.*, 2013*). 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 (Rani et Jyothisna, 2010; War et *al.*, 2011a, 2011b). 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 des insectes .

2.10.2 Manipulation des plantes implique une modification des niveaux de phytohormones

Les plantes se défendent en influençant la préférence des insectes, l'efficacité alimentaire, la survie et/ou la reproduction (défense directe) mais aussi en attirant d'autres espèces comme les ennemis naturels des insectes (défense indirecte) (Tooker et Helms, 2014). Les insectes herbivores peuvent manipuler la biosynthèse hormonale des plantes et les voies de signalisation dépendantes des hormones pour réguler la croissance, la défense et/ou le statut nutritionnel des plantes et de nombreux organismes sont maintenant connus pour être capables de produire des phytohormones (Giron et *al.*, 2013; Guiguet et *al.*, 2016). Des niveaux élevés de phytohormones ont également été détectés dans le corps, la salive ou des glandes accessoires d'insectes gallifants et d'insectes miniers suggérant leur capacité à produire et à délivrer ces effecteurs à la plante (Giron et *al.*, 2013; Bartlett et Connor, 2014; Tooker et Helms, 2014) . En tant que régulateurs importants de la croissance, de la défense et du métabolisme des plantes, il n'est pas surprenant que les phytohormones aient été la cible des insectes phytophages au cours de l'évolution (Schultz et Happel, 2004; Erb et *al.* 2012, Giron et *al.*, 2013).

2.10.3. Les phytohormones dans les interactions plantes-insectes

Les hormones végétales sont un ensemble de petites molécules structurellement indépendantes dérivées de diverses voies métaboliques essentielles (Santner et *al.*, 2009). Les phytohormones interviennent essentiellement dans tous les processus physiologiques des plantes liés à la croissance et au développement, y compris la régulation de la quiescence et de la germination des graines, la formation des racines, la

floraison, la ramification et le tallage, et la maturation des fruits (Tsavkelova et *al.*, 2006). Ils jouent également un rôle particulièrement important dans la médiation des réponses des plantes au stress biotique et abiotique de l'environnement et induisent ou suppriment l'expression des gènes impliqués dans la synthèse des enzymes, des pigments et des métabolites (Tsavkelova et *al.*, 2006; Wasternack et Kombrink, 2009). Les hormones végétales "classiques" que sont l'acide jasmonique (JA), l'acide salicylique (SA) et l'éthylène (ET) sont rapidement devenues des régulateurs clés de la défense, de la physiologie et de l'écologie des plantes (Kessler et Baldwin 2002; Pieterse et Dicke 2007; Erb et *al.* 2008; Schwachtje et Baldwin 2008; Pieterse et *al.* 2012). Le rôle de ces trois principales phytohormones est parfaitement compris et elles ont été bien étudiées aux niveaux moléculaire et écologique (Yang et *al.*, 1980; Raskin, 1992; Santner et *al.*, 2009, Dicke et Baldwin 2010, Erb et *al.* 2012). bien que de nombreux autres acteurs soient également impliqués dans ces interactions intimes, comme l'acide abscissique (ABA), les gibbérellines (GB), les auxines (AUX) et les cytokinines (CK), qui plus récemment ont (re)émergé comme d'importants régulateurs également (Robert-Seilaniantz et *al.*, 2011, Giron et *al.* 2013). En produisant potentiellement ces hormones végétales, les insectes pourraient supprimer les défenses des plantes et assurer un apport actif de nutriments pour leur propre bénéfice, mais cela pourrait aussi potentiellement activer les plantes pour qu'elles se défendent mieux (Van Staden et Davey, 1978). Outre la synthèse de phytohormones, les insectes pourraient également agir directement sur la plante et influencer l'équilibre hormonal de la plante par

- 1) La mobilisation de précurseurs de phytohormones ou de formes de stockage,
- 2) La stimulation de la biosynthèse des phytohormones,
- 3) La stimulation de la perception et/ou de la signalisation des phytohormones

2.10.4. Résistance aux bio agresseurs chez les végétaux

Dans leur environnement naturel, les plantes sont confrontées aux attaques de nombreux agents pathogènes. Pour s'opposer à ces agresseurs, les plantes possèdent et/ou développent plusieurs stratégies de défense. On distingue les résistances constitutives qui sont déterminées par des facteurs préexistants avant tout contact avec l'agent pathogène et les résistances induites qui se mettent en place à la suite de la rencontre des deux protagonistes. Toutes ces résistances sont contrôlées au niveau génétique, par un seul gène (résistance monogénique) ou par plusieurs gènes (résistance polygénique) (Biffen, 1905).

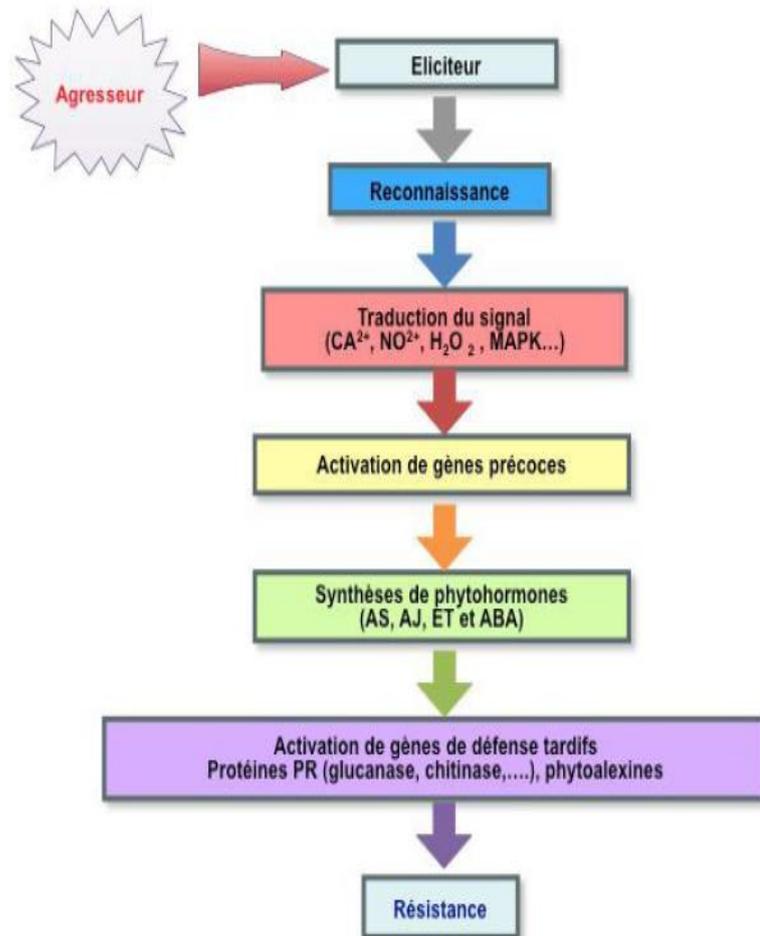


Figure 11:Schéma simplifié des réactions de défense induites dans les interactions plantes/agents pathogènes.(Vasquez, H. 2017)

Bien que dépourvue d'un système immunitaire évolué, chaque plante n'est sensible qu'à quelques bioagresseurs: "la maladie est plutôt l'exception". Les plantes possèdent des barrières mécaniques préformées, la cuticule et la paroi pectocellulosique qui leur confèrent une **résistance constitutive passive**. Dans le cas où l'agent pathogène est capable de franchir ces barrières, la plante peut induire des systèmes de défense, il s'agit d'une **résistance active**. Les mécanismes de défense active peuvent débuter par la réaction d'hypersensibilité (HR)(Vasquez, H. 2017).

2.10.4.1.La réaction d'hypersensibilité

La réaction d'hypersensibilité est un mécanisme naturel de défense induite chez les plantes contre les pathogènes. Elle est le résultat d'un processus actif contrôlé génétiquement entraînant la mort programmée d'un nombre limité de cellules hôtes entourant le site d'infection et permet de circonscrire le pathogène et d'empêcher sa multiplication et sa migration Cette réaction est le résultat d'une forte augmentation de la consommation d'oxygène et d'une production importante d'espèces réactives de

l'oxygène (ROS: H₂O₂, HO·, O₂⁻). Ce burst oxydatif permet de catalyser le renforcement des barrières physiques mais il est aussi impliqué dans le signal des mécanismes de défense plus tardifs (activation des gènes codant pour les protéines liées à la pathogénie PR, inhibition de protéase) (Vasquez, H. 2017)

2.10.4.2. Les messagers de la défense

Les mécanismes de défense mis en place ne se limitent pas à la proximité du site d'infection. La plante développe une réponse systémique, état de résistance généralisé, qui permet de la protéger contre des attaques ultérieures de bioagresseurs. Cet état, proche de l'immunité animale, apparaît quelques heures après la reconnaissance plante-pathogène et implique la diffusion du signal aux cellules saines à l'aide de messagers secondaires (Benhamou, 2009). Les messagers secondaires, alertent les cellules entourant la zone d'attaque et l'ensemble de la plante, et dévient leur métabolisme vers la lutte contre l'agression. Ces messagers sont de nature polysaccharidique et proviennent de la dégradation des parois du pathogène sous l'action des hydrolases de l'hôte ou de la dégradation des parois des cellules végétales hydrolysées par les enzymes du pathogène (Turelli et al., 1982). Le rôle des messagers secondaires est aussi attribué à des phytohormones comme l'éthylène, l'acide salicylique, l'acide jasmonique ou encore l'acide abscissique. Ces composés, qui sont le résultat de l'activation des gènes précoces, jouent un rôle dans l'induction de la résistance systémique acquise en activant à leur tour des gènes de défense tardifs et la production d'une diversité de composés issus du métabolisme secondaire, comme des protéines de défense et diverses phytoalexines (Ryals et al., 1996; Benhamou, 2009). Ces molécules et particulièrement les molécules phénoliques de petite taille ont aussi un rôle antimicrobien direct.

2.10.4.3. Les réponses défensives à l'infection

Lorsqu'une plante est attaquée, de multiples enzymes sont activées, comme les polyphénol-oxydases et les peroxydases. En conséquence, des composés sont néoformés et d'autres sont synthétisés en plus forte concentration. Ces composés permettent le renforcement des parois cellulaires de l'hôte, le blocage du développement et la neutralisation du parasite (Vasquez, H. 2017)

2.10.4.3.1.Renforcement des parois cellulaires

La paroi étant le premier obstacle que rencontrent les parasites, les plantes ont mis en place des mécanismes de défense par incorporation réactionnelle de lignine, subérine, callose ou glycoprotéines. Ces dépôts contribuent à la rigidifiassions de la paroi que de nombreux micro-organismes sont alors incapables de dégrader et de franchir (Duhoux et Nicole, 2004). Ces mécanismes physiques, ralentissant la pénétration du pathogène, permettent à la plante d'activer les autres voies de biosynthèse de molécules à action antimicrobienne directe (protéines PR, phytoalexines...) (Benhamou,1996). Des glycoprotéines structurales riches en hydroxyproline (HRGP)s'accumulent aussi dans les parois et participent à la défense mécanique de la plante contre les bioagresseurs (Lepoivre, 2003).

2.10.4.3.2.Les protéines Pathogenesis-Related (protéines PR)

Il s'agit de 14 classes de protéines induites lors d'un stress biotique ou abiotique (Van Loon et *al.*, 1994). Leur fonction biologique n'est définie que pour certaines : Glucanase (PR2), Chitinase (PR 3, PR8, PR11), Peroxydase (PR9), Inhibiteur de protéases (PR6, PR7), Ribonucléase (PR10) de nombreuse autres PR ont été découvertes ces dernières années.

2.10.4.3.3.Les phytoalexines

les phytoalexines sont des molécules dont la synthèse est induite chez les végétaux en réponse a différents facteurs de stress biotiques et abiotiques et qui possèdent un pouvoir inhibiteur a l'égard d'un large éventail de microorganismes. elles présentent des structures chimiques variées mais caractéristiques de la famille végétale : isoflavonoïdes chez les légumineuses , sesquiterpenoïdes chez les solanacées, polyacétylènes chez les composées, diterpenes chez les graminées, toxiques pour les parasites, les phytoalexines le sont aussi, a forte concentration, pour les plantes hôtes (Kobayashi et *al.*, 1995). Leur accumulation au cours de la réaction d'hypersensibilité est en grande partie responsable de la mort des cellules qui constitue la nécrose bloquante .

Chapitre 2 : matériel et méthodes

1.Objectif

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'activité biocide de différentes phytopréparations à base d'huiles essentielles de deux espèces de Romarin (*Rosmarinus officinalis* et *Rosmarinus tournefortii*) soumis à différents modes de stimulation sur les adultes de *Tribolium castaneum*.

2.Matériel d'étude

2.1. Matériels biologique

2.1.1. Origine du matériel végétal

Le matériel végétal, *Rosmarinus officinalis* et *Rosmarinus tournefortii* pour l'extraction des huiles essentielles et l'étude de leurs effets insecticide .Ce matériel a été récolté au niveau de deux sites différents, Jardin d'Essais d'El Hamma et Mausolée royal de Maurétanie.



Figure 12:Peuplement de deux romarins du site d'étude B :*Rosmarinus officinalis*
A :*Rosmarinus tournefortii*

(Originale)

2.1.1.1.Site d'étude de jardin d'essai d'EL Hamma

La conduite des différents régimes de nutrition organique et la cueillette du matériel végétal (*Rosmarinus officinalis*) a été réalisée au niveau du carré botanique de jardin d'essai, situé dans le quartier d'EL Hamma à Alger ,est un jardin luxuriant ,qui s'étend en amphithéâtre ,au pied du musée national des Beaux -Arts ,de la rue Mohamed –Belouizdad à la rue Hassiba –Beb –Bouali sur une superficie de 32 hectares (Anonyme ,2020) .

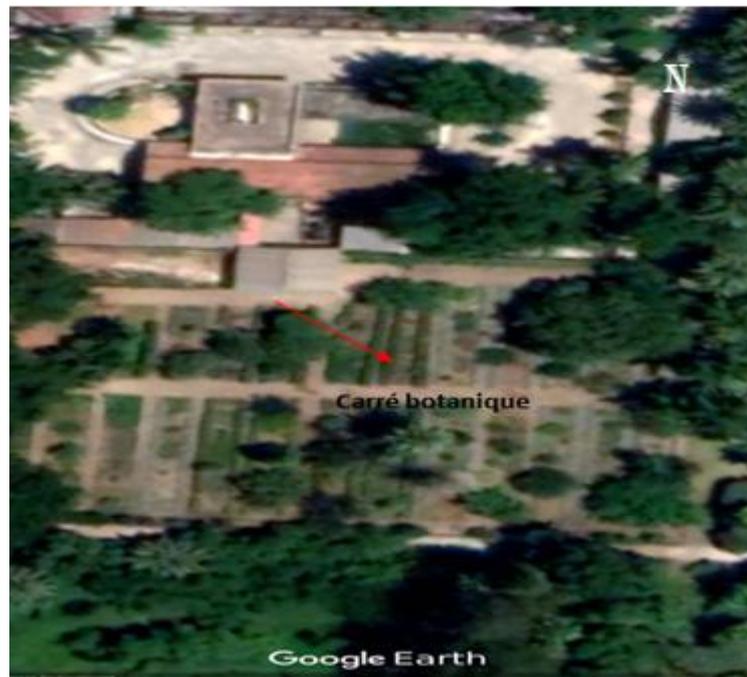


Figure 13:Image satellite du carré botanique de jardin d'essai (Google –Earth,2020)

2.1.1.2.Site d'étude Mausolée royal de Maurétanie

La conduite des différents régimes de nutrition organique et la cueillette du matériel végétal (*Rosmarinus tournefortii*) a été réalisée au niveau de Mausolée royal de Maurétanie situé sur l'actuelle commune de Sidi Rachad à une soixantaine de kilomètre à l'ouest d'Alger (Anonyme ,2020).



Figure 14:Image satellite de zone d'étude au niveau de Mausolée royal Mauritanie (Google –Earth,2020)

2.1.2.Origine du matériel animal

Le matériel animal destiné à l'évaluation du potentiel insecticide des phytopréparations à base d'huiles essentielles de deux espèces du Romarin (*Rosmarinus officinalis* et *Rosmarinus tournefortii*) est limité aux individus du Tribolium de la semoule *Tribolium castaneum* (Coleoptera; Insecta) (Fig. 11) Ils sont placés dans des bocaux en verre d'une capacité variable. Afin d'éviter le phénomène de surpopulation, nous avons procédé à un transfert régulier des adultes dans de nouveaux bocaux, permettant ainsi d'assurer de nouvelles infestations.



Figure 15:adulte de *Tribolium castaneum* observé sous loupe binoculaire
Gr:(3X100) (Originale)

3. Méthodes d'étude

3.1. Elevage en masse de *Tribolium castaneum*

Selon la méthode décrite par Laviolette et Nardon(1963), la production de masse de *Tribolium castaneum* a été réalisée dans des bocaux en verre (30x15) 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%.

3.2. Phytopréparations à base d'huiles essentielles

3.2.1. Extraction des huiles essentielles

L'extraction de l'huile essentielle de la partie aérienne de *Rosmarinus officinalis* et *Rosmarinus tournefortii* a été réalisée par hydrodistillation de type Clevenger (Fig. 5). Il est constitué d'un chauffe ballon, un ballon de 1L, une colonne de condensation de la vapeur (réfrigérant) et un collecteur en verre qui reçoit les extraits de la distillation. L'huile essentielle obtenue est conservée au réfrigérateur dans un flacon en verre brun fermé hermétiquement à 4°C et à l'ombre. Le principe de cette méthode est basé sur un entraînement des constituants volatiles de l'huile essentielle par la vapeur d'eau.

Cette dernière chargée des produits volatils est condensée dans un réfrigérant pour donner de l'huile essentielles après décantation

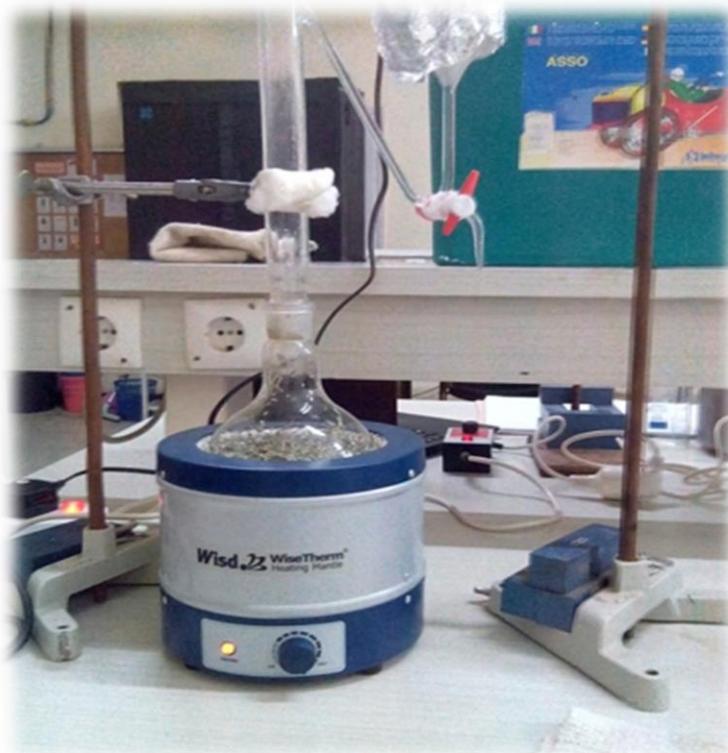


Figure 16:Dispositif d'hydrodistillation type Clevenger (Originale)

70 g des échantillons séchés de *Rosmarinus officinalis* et de *Rosmarinus tournefortii* sont mises dans un ballon, additionné de 700 ml d'eau distillée. L'ensemble est porté à ébullition, après l'apparition de la première goutte de distillat à la sortie du tube de condensation de la vapeur, l'huile essentielle est alors entraînée par la vapeur d'eau. Elle est ensuite condensée en passant par un condensateur, fixé par un support approprié en position verticale pour faciliter l'écoulement du distillat. Le temps de cette extraction est d'environ deux heures et demi. Le distillat obtenu est récupéré dans une ampoule à décanter. Le mélange est laissé au repos quelques minutes, ce qui résulte l'apparition de deux phases, l'une est organique (huile essentielle) et l'autre est aqueuse. En fin, le distillat est recueilli dans un tube à essai et l'huile essentielle des fleurs de *Rosmarinus officinalis* sera par la suite récupérée dans un flacon approprié.

3.2.2. Calcul du rendement en huiles essentielles

Le rendement en huiles essentielles (RHE) est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue après l'extraction (M') et la masse de la matière végétale utilisée (M). Le rendement est exprimé en pourcentage, il est exprimé par la formule suivante :

$$\text{RHE}\% = (\text{mh} / \text{mv}) \times 100$$

Avec :

RHE : Rendement en huile essentielle en %.

M' : Masse d'huile essentielle en gramme.

M : Masse de la matière végétale sèche utilisée en gramme

3.2.3. Application des bioproduits

- **Préparation des dilutions**

Les tests d'efficacité sur les adultes de *Tribolium castaneum* ont été réalisés à quatre doses , à partir de différentes phytopréparations à base d'huiles essentielles de deux espèces de Romarin (*Rosmarinus officinalis* et *Rosmarinus tournefortii*) . Les doses d'huile essentielle ont été utilisées est préparées en diluant chaque fois dans 1g de tween ; 2g de DMSO dans 100ml d' eau distillé les volumes successifs de 100, 150,200 et 250 µl de l'huile essentielle.

Tableau 3:Différentes doses appliquées

Doses	D1	D2	D3	D4
µl/ml	100	150	200	250

- **Application des traitements**

Les traitements sont réalisés au niveau de laboratoire de Phytopharmacie appliquée, dans des conditions ambiantes (25 - 28°C et 60-80H%). Dans les boites de pétri, 5,5 cm de diamètre, nous avons introduit 10 individus de *Tribolium castaneum* dans chaque boite. L'effet par contact direct des phytopréparations a été conduit par pulvérisation des individus adulte de *T. castaneum* après leur introduction dans les boites de pétri . L'effet résiduel des phytopréparations a été conduit par pulvérisation du papier

filtre disposé au fond des boîtes de pétri, puis nous avons introduit les individus de *T. castaneum* après 15 min d'apport des traitements. L'essai est réalisé en 5 répartitions étalées sur une période de 6 h .

3.4. Estimation de la mortalité observée

A l'aide d'une pince, nous avons estimé la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum*. Ces observations ont été effectuées après 15 min, 30 min, 1 h, 1 h 30 min, 2 h, 2 h 30 min, 3 h, 3 h 30 min, 4 h, 4 h 30 min, 5 h, 5 h 30 min, 6 h de traitement. L'efficacité de l'huile essentielle est évaluée par la mortalité. Les résultats des tests effectués ne représentent pas uniquement la mortalité causée par l'huile ; mais il y a aussi la mortalité naturelle. Le taux de mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* est estimé en fonction du temps d'exposition et différentes doses appliquées D₁ (100 µl/ml), D₂ (150 µl/ml) et D₃ (200 µl/ml) et D₄ (250 µl/ml) avec les dilutions.

4. Analyse statistique des données

L'analyse statistique a concerné l'évaluation de l'activité insecticide des phytopréparations à base d'huiles essentielles de *Rosmarinus* sur la disponibilité numérique des individus adultes de *Tribolium castaneum*. 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).

CHAPITRE 3 : résultats et discussion

Les résultats relatifs à l'évaluation de l'activité bioinsecticide des huiles essentielles de deux espèces du Romarin, (*Rosmarinus officinalis* et *Rosmarinus tournefortii* sur les adultes du Tribolium rouge de la farine, *Tribolium castaneum* sont exposés dans ce chapitre. Les huiles essentielles testées sont obtenues suite à l'apport de différents stimulateurs (lombricompost liquide, lombricompost solide, eau courante et eau saline)

1. Estimation du rendement de l'huile essentielle du romarin sous l'effet des différents stimulateurs.

1.1. Le rendement de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* sous l'effet des différents stimulateurs

- Rendement de l'huile essentielle sous l'effet du sel (NaCl) est 1%
- Rendement de l'huile essentielle sous l'effet du vermicompost solide est 0,812%
- Rendement de l'huile essentielle sous l'effet du vermicompost liquide est 0,762 %
- Rendement de l'huile essentielle sous l'effet de l'eau est 0,725%
- Rendement de l'huile essentielle du témoin est 0,712 %

1.2. Le rendement de l'huile essentielle de *Rosmarinus tournefortii* sous l'effet des différents stimulateurs

- Rendement de l'huile essentielle sous l'effet du sel (NaCl) est 0,5%
- Rendement de l'huile essentielle sous l'effet du vermicompost solide est 0,301%
- Rendement de l'huile essentielle sous l'effet du vermicompost liquide est 0,291 %
- Rendement de l'huile essentielle sous l'effet de l'eau est 0,282%
- Rendement de l'huile essentielle du témoin est 0,201 %

2. Estimation de la mortalité observée des différentes phytopréparations de *Rosmarinus officinalis*

L'étude du pouvoir biocide par contact direct des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* a été testée sur *Tribolium castaneum* dans le but d'estimer la variation temporelle des taux de mortalité des adultes.

D'après les résultats obtenus (le graphe et le teste ANOVA).l'huile essentielle de **Rosmarinus officinalis** traité par le **lombricopost liquide** est révélée toxique contre le **Tribolium castaneum** à la dose D2 (150ul/ml), en effet le taux de mortalité est de 20.62% après 3 heures d'exposition au traitement il a augmenté pour atteindre 23,69% à la dose D4 (250ul/ml) avec la même durée d'exposition .La dose D1 (100ul/ml) (Fig ;18 a)et le témoin ne provoquent qu'un taux de mortalité très faible 13.54% et 0 respectivement.

Le teste Tukey désigne pour le facteur doses l'existence de trois groupes homogènes par contact la dose D1 et le témoin sont les plus faibles désignées par deux groupes homogènes (c) et (b). Au-delà des doses D2, D3 et la fort dose D4, le teste signale le présence d'un groupe homogène (a) désignant ainsi une gradation positive de la mortalité observée. (Fig :18 b).

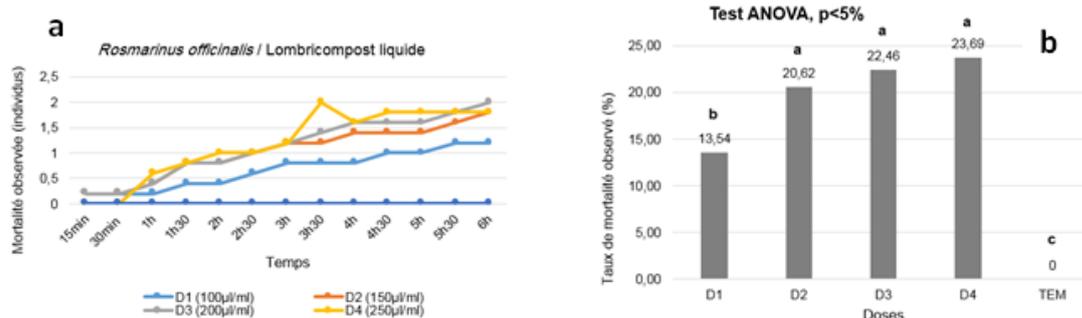


Figure 17:Evaluation temporelle de la mortalité observée de *Tribolium castaneum* par effet contact des différentes doses de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* traité par le lombricopost liquide

D'après les résultats obtenus (le graphe et le teste ANOVA).l'huile essentielle de **Rosmarinus officinalis** traité par le **lombricopost solide** est révélée toxique contre le **Tribolium castaneum** à la dose D2 (150ul/ml), en effet le taux de mortalité est de 21.54% après 3 heures d'exposition au traitement il a augmenté pour atteindre 59.38% à la dose D4 (250ul/ml) avec la même durée d'exposition. La dose D1 (100ul/ml) et le témoin ne provoquent qu'un taux de mortalité très faible 12,00% et 0 respectivement (Fig :19 a).

Le teste Tukey désigne pour le facteur doses l'existence de quatre groupes homogènes par contact, la dose D1 et le témoin sont les plus faibles désignées par deux groupes homogènes (c) et (d). Au-delà de doses D2, le teste signale la présence d'un

groupe homogène **(b)**, et la dose D3 et la plus forte dose D4, sont représentées par un groupe homogène **(a)** désignant ainsi une gradation positive de la mortalité observée (Fig :19 b) .

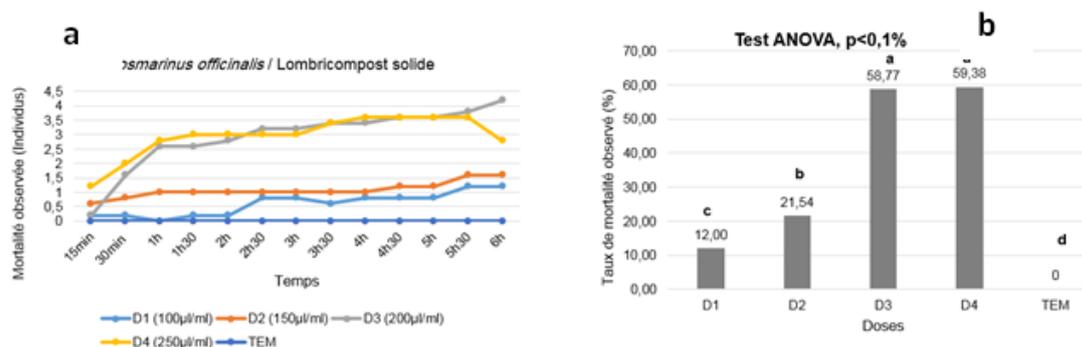


Figure 18: Evaluation temporelle de la mortalité observée de *Tribolium castaneum* par effet contact des différentes doses de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* traité par le lombricompost solide

D'après les résultats obtenus (le graphique et le test ANOVA), l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* irriguée par l'eau courante est révélée toxique contre *Tribolium castaneum* à la dose D2 (150µl/ml), en effet le taux de mortalité est de 15,69% après 3 heures d'exposition au traitement il a augmenté pour atteindre 37,23% à la dose D4 (250µl/ml) avec la même durée d'exposition. La dose D1 (100µl/ml), le témoin ne provoquent qu'un taux de mortalité très faible 10,77 et 0 respectivement (Fig :20 a).

Le test de Tukey désigne pour le facteur doses l'existence de cinq groupes homogènes par contact. La dose D1 et le témoin sont les plus faibles désignées par deux groupes homogènes **(c)** et **(d)**, au-delà des doses D2 et D3, le test signale la présence de deux groupes homogènes **(b)** et **(ab)**, et la plus forte dose D4, est représentée par un groupe homogène **(a)** désignant ainsi une gradation positive de la mortalité observée (Fig :20 b).

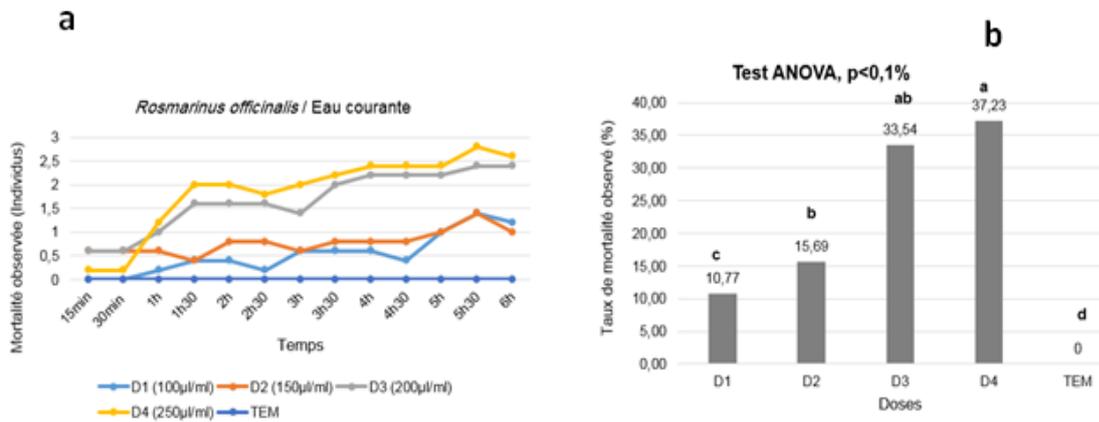


Figure 19: Evaluation temporelle de la mortalité observée de *Tribolium castaneum* par effet contact des différentes doses de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* irrigué par l'eau courante

D'après les résultats obtenus (le graphe et le test ANOVA), l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* traité par l'eau saline est révélée toxique contre *Tribolium castaneum* à la dose D1 (100µl/ml), en effet le taux de mortalité est 61.85% après 3 heures d'exposition au traitement il a augmenté pour atteindre 72.62% à la dose D4 (250 UI/ml) avec la même durée d'exposition. Le témoin ne provoque pas une mortalité (Fig : 21 a ,b)

Le teste Tukey désigne pour le facteur doses l'existence de quatre groupes homogènes par contact. la dose D1 et Le témoin sont les plus faibles désigné par deux groupes homogènes (c) et (d) .Au delà des doses D2 et D3, le test signale la présence d'un groupe homogène (b), et la plus forte dose D4, est représentée par un groupe homogène (a) désignant ainsi une gradation positive de la mortalité observée (Fig :21, b)

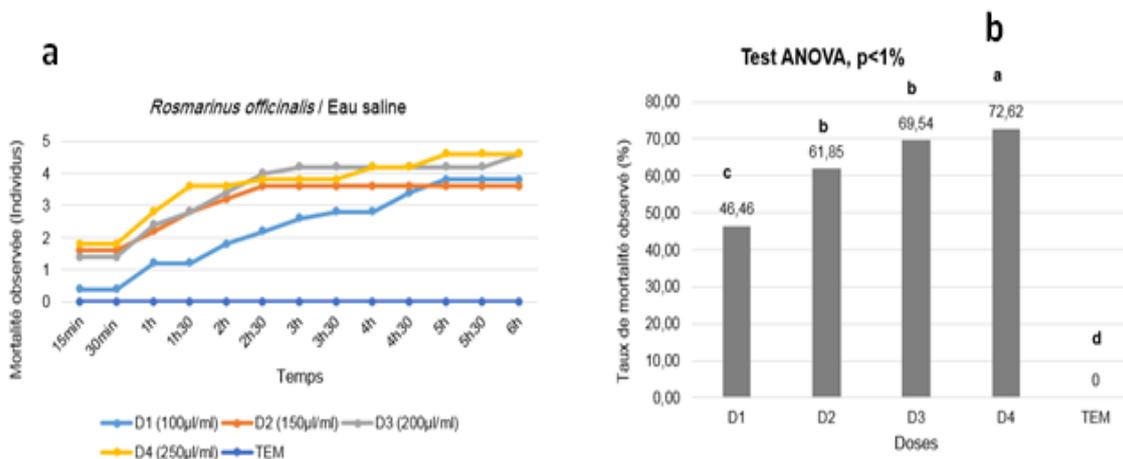


Figure 20: Evaluation temporelle de la mortalité observée de *Tribolium castaneum* par effet contact des différentes doses de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* irrigué par l'eau saline

2. Estimation de la mortalité observée des différentes phytopréparations de *Rosmarinus tournefortii*

D'après les résultats obtenus (le graphe et le test ANOVA), l'huile essentielle de *Rosmarinus tournefortii* traité par le **lombricompost liquide** s'est révélée toxique contre *Tribolium castaneum* à la dose D2 (150 ul/ml) en effet le taux de mortalité est de 31,08% après 3 heures d'exposition au traitement il a augmenté pour atteindre 46,46% à la dose D4 (250 ul/ml) avec la même durée d'exposition. La dose D1 (100 ul/ml) et le témoin ne provoquent qu'un taux de mortalité très faible 14,15% et 0 respectivement. (Fig :22,a,b)

Le test de Tukey désigne pour le facteur doses l'existence de quatre groupes homogènes par contact. La dose D1 et le témoin sont les plus faibles désignées par deux groupes homogènes (**c**) et (**d**). Au-delà des doses D2 et D3, le test signale la présence d'un groupe homogène (**b**), et la plus forte dose D4, est représentée par un groupe homogène (**a**) désignant ainsi une gradation positive de la mortalité observée (Fig :22,b).

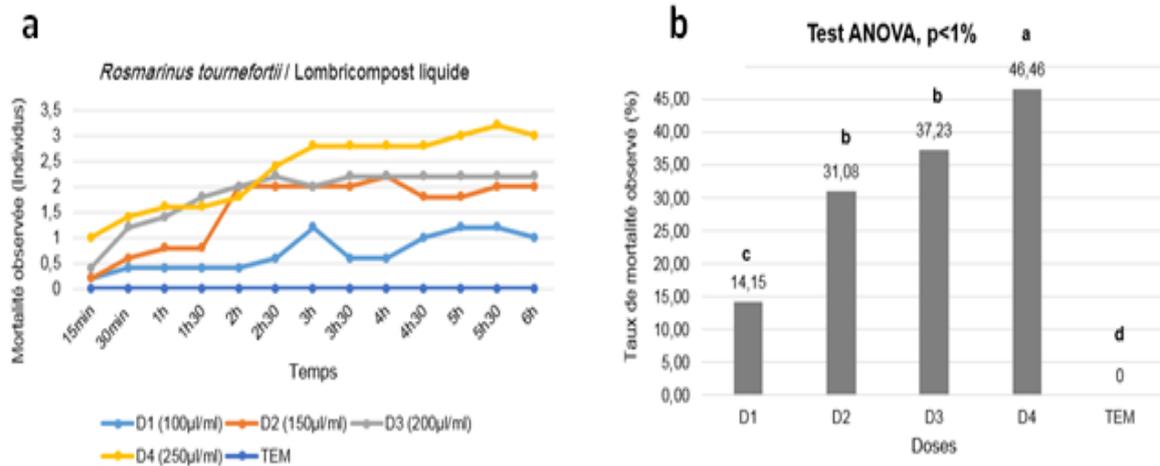


Figure 21: Evaluation temporelle de la mortalité observée de *Tribolium castaneum* par effet contact des différentes doses de l'huile essentielle de *Rosmarinus tournefortii* traité par le lombricompost liquide

Les résultats dans (le graphe et le test ANOVA), montrent que l'huile essentielle de *Rosmarinus tournefortii* traité par le lombricompost solide a provoqué un pourcentage de mortalité allant de 17,23% à 49,23% au bout de 6 heures d'exposition et ce la, de la plus faible à la plus forte dose. Ces mortalités se sont échelonnées dans le temps. En effet au bout de 6 heures elles passent de D1 (17,23 %), à D2 avec 35,69 % et D3 (46,77 %), à D4 (49,23 %) respectivement pour les quatre doses 50% de mortalité ont été engendrées par la D4 (250ul/ml) et la D3 (200 ul/ml). Le témoin reste toujours 0 taux de mortalité (Fig :23,a,b).

Le test de Tukey désigne pour le facteur doses l'existence de cinq groupes homogènes par contact. La dose D1 et le témoin sont les plus faibles désignées par deux groupes homogènes (c) et (d). Au-delà des doses D2 et D3, le test signale la présence de deux groupes homogènes (b) et (ab), et la plus forte dose D4, est représentée par un groupe homogène (a) désignant ainsi une gradation positive de la mortalité observée (Fig :23,b).

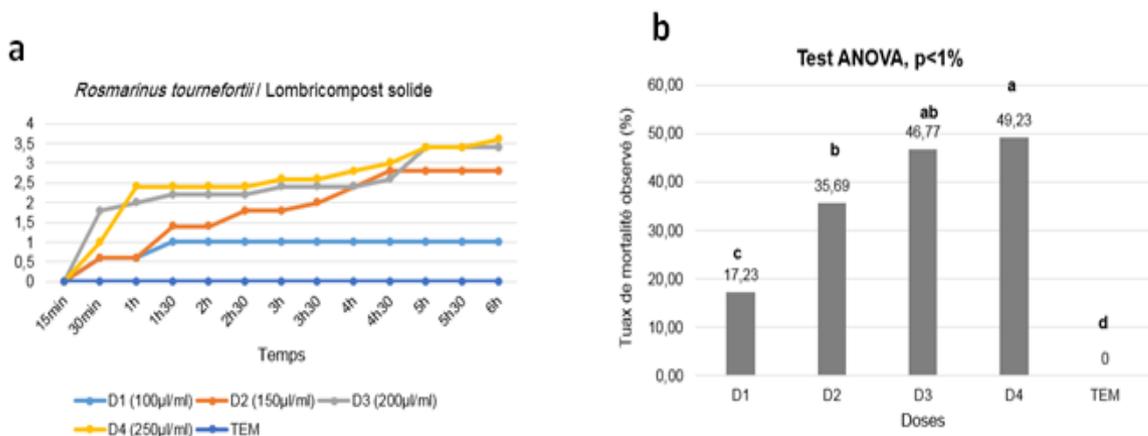


Figure 22: Evaluation temporelle de la mortalité observée de *Tribolium castaneum* par effet contact des différentes doses de l'huile essentielle de traité par le lombricompost solide

Les résultats de l'effet par contact de l'huile essentielle de *Rosmarinus tournefortii* irrigué par l'eau courante, le bioproduit testés sur les adultes de *Tribolium castaneum* sont reportés graphiquement sur la figure (Fig :24,a,b). Les profils des taux temporel de mortalité augmentent que quelque soient les doses par rapport aux témoins (Fig :24,a,b).

Cependant, nous constatons que l'effet létal par contact de D3(200ul/ml) et D4(250ul/ml) avec taux de mortalité de 36,00% et 64,31% respectivement est supérieur à celui des doses D1 (100ul/ml) et D2(150ul/ml) dont l'efficacité est très faible avec un taux de mortalité de 1,54%et 6,77%respectivement après 3heures jusqu'a 6heures du traitement .

Le test de Tukey désigne pour le facteur doses l'existence de cinq groupes homogènes par contact. La dose D1, D2 et le témoin sont les plus faibles désignées par trois groupes homogènes (e) ,(c) et (d). Au-delà de dose D3, le test signale la présence d'un groupe homogène (b), et la plus forte dose D4, est représentée par un groupe homogène (a) désignant ainsi une gradation positive de la mortalité observée (Fig :24,b).

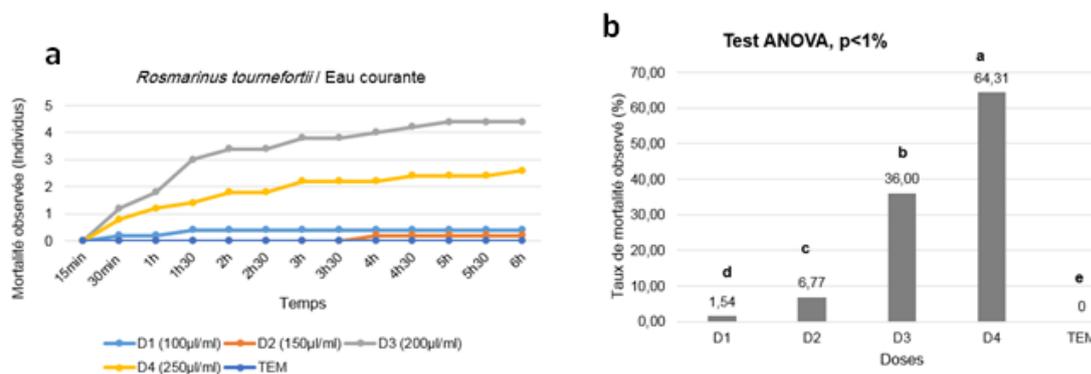


Figure 23: Evaluation temporelle de la mortalité observée de *Tribolium castaneum* par effet contact des différentes doses de l'huile essentielle de *Rosmarinus tournefortii* irrigué par l'eau courante

Les résultats de l'effet par contact de l'huile essentielle de *Rosmarinus tournefortii* irrigué par l'eau saline s'est montrée efficace sur *Tribolium castaneum*, à la troisième (200ul/ml) et la quatrième dose (250 ul/ml) provoquant 57,54% et 84,00% de mortalité après 3heures jusqu'à 6 heures de traitement, les doses D1 (100ul/ml) et D2 (150 ul/ml) ont donné 16,92%, 39,38% respectivement de mortalité à la même durée quand au témoin (Fig :25,a,b).

Le test de Tukey désigne pour le facteur doses l'existence de cinq groupes homogènes par contact. La dose D1 et le témoin sont les plus faibles désignées par deux groupes homogènes (e) et (d). Au-delà de dose D2 et D3, le test signale la présence de deux groupes homogènes (b) et (c), et la plus forte dose D4, est représentée par un groupe homogène (a) désignant ainsi une gradation positive de la mortalité observée (Fig :25,b).

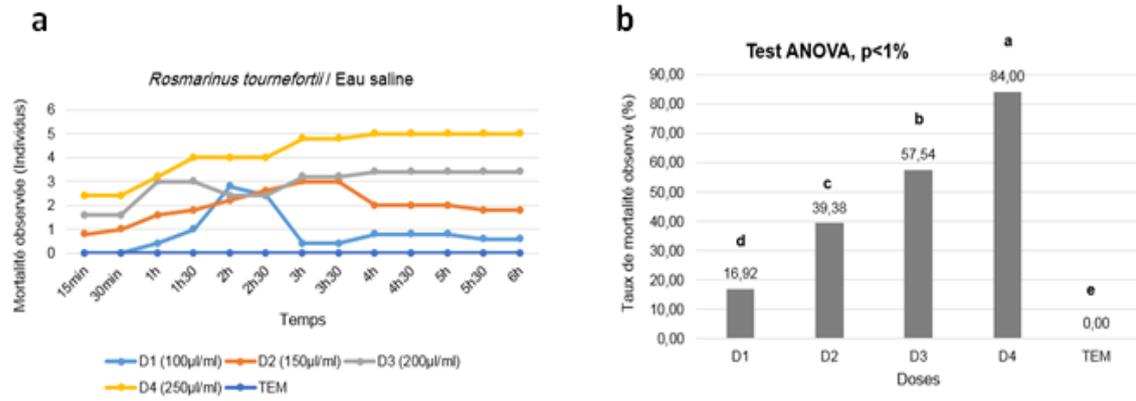


Figure 24: Evaluation temporelle de la mortalité observée de *Tribolium castaneum* par effet contact des différentes doses de l'huile essentielle de *Rosmarinus tournefortii* irrigué par l'eau saline

Discussion

Le *Tribolium castaneum*, est responsable de nombreux dégâts affectant les denrées stockées. L'utilisation des pesticides chimiques efficace contre les organismes entraînés de multiples conséquences sur l'environnement. Il devient par conséquent, indispensable de contrôler biologiquement ces organismes. Des études récentes ont montré que les produits naturels issus des plantes et les métabolites secondaires représentent une importante source de molécules pouvant être exploitées dans différents domaines entre autres la protection des denrées stockées.

L'objectif de notre travail est l'évaluation de la toxicité des huiles essentielles issues d'une nutrition organique et un stress salin de deux plantes médicinales et aromatiques spontanées *Rosmarinus officinalis* et *Rosmarinus tournefortii* sur le *Tribolium castaneum*. Les résultats de cette étude semblent être intéressants et confirment leur pouvoir protecteur vis-à-vis du bioagresseur ciblé. Toutefois, ils dénotent les aspects suivants :

Evaluation de la toxicité des huiles essentielles sous l'effet stimulateur par lombricompost liquide ,lombricompost solide ,le sel (NaCl) et l'eau courante du ville)sur le *Tribolium castaneum* .

Cette étude a montré que le rendement le plus élevé est enregistrée chez *Rosmarinus officinalis* issue d'un stress salin. avec un taux de 1 % comparé à celui de *Rosmarinus tournefortii* sous l'effet du sel (NaCl)qui est de 0,5% ,Bekkara et al (2007) signalent que dans la région de Tlemcen, la teneur en huile essentielle, obtenue à partir des parties aériennes (feuilles + fleurs) du Romarin sauvage de la station de Honaine près de Tlemcen est de 0.8% et de 0.6% pour le Romarin cultivé de la station de Tlemcen.

Il a été prouvé par (Menaceur, 2016), le travail étudie la composition chimique et l'activité insecticide in vitro des huiles essentielles des feuilles de *Rosmarinus tounefortii* De Noé et *Lavandula stoechas* L. cultivées en Algérie et pour évaluer leur bioactivité sur *Callosobruchus maculatus* (F.) Les huiles essentielles de ces plantes ont été obtenues par hydrodistillation (rendement = 1,6 et 0,16 ml/100 g de poids frais pour R. tounefortii et L. stoechas, respectivement). L'évaluation de l'activité insecticide a montré qu'elles avaient un fort effet toxique sur *Callosobruchus maculatus* F. par des tests de fumigation

avec une réduction significative de la fécondité de la femelle et de l'éclosabilité des œufs pondus.

Les travaux de Atik Bekkara et al. (2007) et ceux de Rouabeh (2010), confirment les résultats obtenus concernant la quantité des huiles essentielles chez le *Rosmarinus officinalis*, durant ce travail. Les quantités obtenues par ces deux travaux sont respectivement 0.8% et 0.9 %. Pour le *Rosmarinus tournefortii*, (Fadel et al.,2011) ont obtenu une teneur en huile essentielle plus importante que celle obtenue au cours de ce travail (1.21%).

D'après l'étude de Neffar et Benabdrrahmene,(2013) la constatation qui a été faite a montré que ces deux plantes présentent des rendements différents où le *Rosmarinus officinalis* présentait un rendement plus important que le *Rosmarinus tournefortii*. Cette étude a montré aussi que l'exposition géographique agit sur le rendement des H.E; les espèces des expositions Nord présentent une richesse beaucoup plus importante que celles exposées au Sud. L'analyse effectuée la chromatographie sur couche mince a montré la présence des composés polaire, intermédiaires, et apolaire. Elle a démontré aussi l'existence de six éléments chimiques qui compose HE de *Rosmarinus officinalis* et cinq pour le *Rosmarinus tournefortii*. Il faut signaler que la variation des teneurs en huiles essentielles n'est pas seulement due aux expositions géographiques mais à d'autres facteurs écologiques (altitude, sol, etc.), c'est pour cela qu'il faut mener une étude détaillée sur l'effet des facteurs écologiques sur le rendement et la composition de ces huiles. Comme perspectives, nous proposons que cette étude soit poursuivie mais aussi que les rapports frontaux obtenus soient mis en valeur par l'identification des substances ou des produits correspondants.

Cette hypothèse est renforcée par une littérature assez conséquente qui stipule quelles substances naturelles défensives des plantes ont servi d'insecticide longtemps avant l'avènement des substances chimiques de synthèse. C'est ainsi qu'avec plus de 400.000 substances chimiques (terpènes, alcaloïdes, phénols, tannins) le règne végétal constitue la plus grande source de produits insecticides naturels du monde (anonyme, 2020) .

Les résultats de la présente étude montrent que la plus forte toxicité a été marquée par les huiles essentielles de *Rosmarinus tournefortii* L sous l'effet stimulateur par le NaCl qui se révèle plus toxique que l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* L sous l'effet de différents stimulateurs .

Kaufman et al (1999), *Rosmarinus officinalis* L., est considéré comme l'une des plantes aux terpènes les plus volatils à très faible masse moléculaire. Il est riche en eucalyptol, α et β pinène, limonène et camphre. Les sommités fleuries du Romarin, ont des propriétés cholagogues et cholérétiques. L'huile essentielle du Romarin est spasmolytique et un stimulant général.

Shaaya et al in Chiasson et Beloin (2007), ont testé des huiles essentielles de plusieurs plantes comme le Basilic, la Marjolaine, l'Anis, la Menthe ainsi que le Romarin et la Sauge. La majorité de ces plantes ont révélé jusqu'à une mortalité de 100% sur *Rhyzoperta dominica*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum* et *Sitophilus oryzae* ; et que le composé essentiel de cette mortalité serait l'alpha-terpineol.

Lee et al. (2002) notent que l'huile essentielle du romarin est sélectionnée pour sa toxicité potentielle et il est noté comme étant le fumigeant le plus puissant contre *T. castaneum* avec une DL50 de 7,8 μ l/Lair et une DL90 de 13,5 μ l/Lair.

Relativement à d'autres plantes comme l'anis, le cumin, l'eucalyptus et l'origan, le romarin est moins actif sur *T. castaneum*, où seulement 65% de mortalité a été enregistrée avec une dose de 98,5 μ l/Lair (Tunc et al., 1999).

Ojimelukwe et alder (1999), signalent que β -pinène, composant chimique principal d'une Lamiaceae du genre *Artemisia* a révélé un effet insecticide intéressant contre *T. castaneum*.

Selon Prates et al (1998), les composants responsables de l'effet insecticide seraient le α - terpinéol, le cinéol et le limonène.

Keto et al (2004), affirment que les produits toxiques sont ceux qui provoquent une forte mortalité dans la population à faible concentration. Chez les larves, la DL50 et la DL90 sont respectivement 29,90 μ l et 61,775 μ l.

Les huiles essentielles de *R. officinalis* et d'*E. globulus* ont causé 100 % de mortalité par inhalation (seul traitement appliqué) sur les adultes de *T. castaneum*. Elles sont les plus toxiques, au bout du 3^{ème} jour pour *E. globulus* et au bout de 12 heures seulement pour *R. officinalis* à des DL50 = 57,02 μ l et DL90 = 96,56 μ l et DL50 = 11,167 μ l et DL90 = 32,49 μ l.

L'activité insecticide de *R. officinalis* a été étudiée par plusieurs auteurs. En effet, l'eugénol, principal composant de l'huile essentielle, cause jusqu'à 100 % de mortalité chez *T. castaneum*, *R. dominica* et *Oryzaephilus surinamensis* par fumigation à la dose de 10 à 15 µl/l air (Shaaya et al. 1991).

En général, les huiles essentielles sont connues comme des neurotoxiques à effets aigus interférant avec les transmetteurs octopaminergiques des Arthropodes. D'après (Isman, 2000 In Regnault-Roger, 2002).

Selon (Jun-Hyung Tak, 2015) les huiles essentielles de plantes sont généralement des mélanges complexes, et de nombreux facteurs peuvent affecter leur composition chimique. Pour identifier les relations entre la composition et la bioactivité des composants, des interactions comparatives et synergiques des principaux composants de l'huile essentielle de romarin ont été évaluées par rapport à des larves de troisième stade et à une lignée cellulaire ovarienne de la fausse-arpenteuse du chou, *Trichoplusia ni*, par le biais de différentes méthodes d'application, les principaux composants de l'huile de romarin que nous avons utilisée étaient le 1,8-cinéole, le (±)-camphre, le (+)-α-pinène et le camphène. Par application topique sur les larves, le 1,8-cinéol a été identifié comme le principal principe actif, tandis que par fumigation, le 1,8-cinéol et le (±)-camphre, et dans un essai de cytotoxicité, le (+)-α-pinène, ont été déterminés comme étant les principaux principes actifs. Plusieurs combinaisons de ces constituants ont présenté des activités insecticides synergiques lorsqu'ils étaient appliqués par voie topique, en particulier parmi les combinaisons de trois constituants majeurs, le (±)-camphre, le (+)-α-pinène et le camphène. Un mélange binaire de 1,8-cinéole et de (±)-camphre a montré une activité accrue, avec un rapport de synergie de 1,72.

D'après les résultats de Jun-Hyung Tak ; Eduardo Jovel ; Murray Isman en (2015), l'activité insecticide de l'huile de romarin semble être une conséquence de l'interaction synergique entre le 1,8-cinéol et le (±)-camphre, et le (±)-camphre devrait être considéré comme un agent synergique prometteur. (2015 Société de l'industrie chimique).

D'après Sikber (2006), Les huiles essentielles de romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) et de laurier (*Laurus nobilis* L.) obtenues dans la province de Mersin en Turquie, ont été testées pour leur toxicité fumigante contre tous les stades de vie du *Tribolium confusum* du Val. L'analyse par GC-MS a montré que le 1,8-cinéol est le principal composant des huiles essentielles de romarin et de laurier. Les vapeurs d'huiles

essentielles de romarin et de laurier étaient toxiques pour tous les stades de vie du *T. confusum*. Seulement 65% de la mortalité des oeufs a été atteinte lors de l'exposition à une dose de 172,6 mg l⁻¹ air d'huile essentielle de romarin à la période d'exposition la plus longue (144 h) ; à la même dose, les nymphes étaient le stade le plus résistant, avec une valeur LT90 (temps léthal) de 120,2 h. Les adultes étaient le stade le plus résistant à l'huile essentielle de laurier, avec une valeur de LT90 de 77,2 h. Sur la base des valeurs de LT90, la tolérance des stades de vie de *T. confusum* aux huiles essentielles de romarin et de laurier était, par ordre décroissant : nymphe < larve < adulte, et larve < adulte < oeuf < nymphe, respectivement. Sur la base de la concentration x temps (Ct) des produits (g hl⁻¹), l'huile essentielle de romarin était plus toxique que le laurier pour les adultes et les larves de *T. confusum*. Cependant, l'huile essentielle de laurier était plus toxique que le romarin pour les oeufs et les nymphes. Comme ces huiles essentielles ont besoin de produits à forte teneur en Ct pour obtenir une mortalité complète de *T. confusum* par rapport aux fumigants commerciaux les plus couramment utilisés, il serait impossible de les utiliser seules comme fumigants commerciaux contre les insectes des produits stockés.

Saber Miresmailli et al. (2006), ont montré que, des essais biologiques sur l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* L. et des mélanges de ses principaux constituants ont été réalisés en utilisant des souches spécifiques de l'acarien à deux points, *Tetranychus urticae* Koch, sur des plants de haricot et de tomate. Deux constituants testés individuellement contre une souche hôte de haricot et cinq constituants testés individuellement contre une souche hôte de tomate ont représenté la majeure partie de la toxicité de l'huile naturelle. Les autres composants étaient relativement inactifs lorsqu'ils étaient testés individuellement. La toxicité des mélanges de constituants sélectionnés a révélé un effet synergique entre les constituants actifs et inactifs, avec la présence de tous les constituants nécessaires pour égaler la toxicité de l'huile naturelle.

Les résultats obtenus par (Saber Miresmailli et al. 2006), indiquent clairement que l'huile de romarin peut être considérée comme un acaricide contre le tétranyque à deux points, provoquant une mortalité complète en laboratoire à des concentrations qui n'entraînent aucune phytotoxicité pour les plantes hôtes (données non publiées). L'huile de romarin et la plupart des autres huiles essentielles végétales sont non persistantes dans l'environnement, car elles se volatilisent facilement à partir des plantes et d'autres surfaces. Certaines huiles essentielles ne sont pas toxiques pour les organismes non ciblés et peuvent être utilisées en conjonction avec la lutte biologique.

D'après Ranil Waliwitiya et al (2005) l'huile essentielle de romarin ont été testées

sur des stades tardifs d'*Agriotes obscurus* (L.) (Coleoptera : Elateridae). Les toxicités de contact et les toxicités volatiles du thymol, du citronellal, de l'eugénol et de l'huile de romarin ont été déterminées. De plus, la phytotoxicité de ces composés a été évaluée sur la germination du maïs et le développement des semis. Le thymol présentait la plus grande toxicité de contact (DL50 = 196,0 µg/larva), tandis que le citronellal et l'eugénol étaient moins toxiques (DL50 = 404,9 et 516,5 µg/larva, respectivement). L'huile de romarin n'a pas montré de toxicité de contact significative, même à 1 600 µg/larva. En termes de toxicité volatile, le citronellal était le plus toxique pour les larves de taupin (CL50 = 6,3 µg/cm³), suivi par l'huile de romarin (CL50 = 15,9 µg/cm³), le thymol (CL50 = 17,1 µg/cm³) et l'eugénol (CL50 = 20,9 µg/cm³). Le thymol, l'eugénol et le citronellal ont considérablement inhibé la germination et le développement des graines de maïs, tandis que l'huile de romarin n'a eu que des effets phytotoxiques minimes.

Selon Kellouche (2005), les grains de pois chiches et des feuilles en poudre de plantes riches en huiles essentielles (Figuier, olivier, citronnier, eucalyptus) réduire la fertilité des femelles *Callosobruchus maculatus*. Alors que l'huile essentielle extraite de clous de girofle inhibe complètement la ponte. Cependant, les huiles essentielles de *Romarinus officinalis* et le *Thymus vulgaris* perturbent la reproduction de l'*Acous celides obtectus* et *Teneola bisselliella* en inhibant complètement leur fertilité (Bouchikhi et al.,2008).

Conclusion

L'étude menée dans ce mémoire avait pour objectif d'analyser l'effet insecticide apporté sur l'action de l'huile essentielle des deux espèces de romarin (*Rosmarinus officinalis* et *Rosmarinus tournefortii*) sur l'insecte des denrées stockées *Tribolium castaneum* réalisés aux différentes doses sur les adultes bio-agresseurs .

Les résultats de mortalité liés au traitement par contact suivant les doses de 100µl, 150µl, 200µl et 250µl de l'huile essentielles des deux espèces , montrent que les mortalités des adultes de *Tribolium castaneum* étaient en fonction des doses utilisées et du temps d'exposition.

Les résultats obtenus montrent que les huiles essentielles testées peuvent être utilisées à des fins de biopesticides comme produit de remplacement dans le cadre d'une lutte alternative pour la protection des denrées stockées . Cette essence peut être utilisée comme matière première active dans la formulation de biopesticides .

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANAÇ, O. (1984). Gas chromatographic analysis on Turkish rose oil. *Perfum. Flavor* 9, 1-14.

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, 4364-4370.

Anonyme Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles [Intern et]. 2008 [cited 2020 sep 10]. Available from:http://ansm.sante.fr/var/ansm_site/storage/original/application/657257784ff10b16

ANONYME, 2020 - Doc. Off. Nat. Mét., Dar – El- Beida, Alger. 1p.

ANTON, R. et LOBSTEN, A., 2005. Plantes aromatiques (épices, aromates, condiments et huiles essentielles). Ed. Lavoisier ISBN. 522 P.

ATIK BEKKARA F.; BOUSMAHA L.; BENDIAB S.; BOTI J. & CASANOVA J. –

2007- Composition chimique d'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* poussant à l'état spontané et cultivé de la région de Telemcen. Univ. Telemcen. Pp: 6-10.

AVILA, Sosa., ADDI RHODE NAVARRO, Cruz., OBDULIA VERA, López., et al.

AZALENKO, K. Contribution à la détermination des chémotypes d'une plante à huile

BAKKALI, F., AVERBECK, S., AVERBECK, C., REVIEU, MI. Biological effects of

BARTLETT, L. AND CONNOR, E.F. Les phytohormones exogènes et l'induction de galles végétales par les insectes. *Arthropod-Plant Interactions*, 2014, 8, 339-348.

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.

BELOUED, Abdelkader. *Plantes médicinales d'Algérie* .6ème édition .Alger : office

BENAYAD, 2008: Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines: moyen efficaces de lutte contre les ravageurs Des denrées alimentaires stockées. Projet de recherche .Université Mohamed V – Agdel. Laboratoire des substances naturelles et Thermolyse Éclair. Département de Chimie. Faculté des sciences de Rabat. P 61.

BENEDICTE, Boudassou. *Plantes aromatiques*. Anne le Meur avec Anne

BENHAMOU, N. (1996). Elicitor-induced plant defence pathways. Trends in **BENHAMOU, N.**

(2009). La résistance chez les plantes. Principes de la

BIFFEN, R.H. (1905). Mendel's Laws of Inheritance and Wheat Breeding. The *Biochemistry & Molecular Biology of Plants*. American Society of Plant biology of early events in the plant resistance response to infection by pathogenic

BÖHME, K., BARROS-VELÁZQUEZ, J., CALO-MATA, P. AND AUBOURG, S.P.

(2014). Antibacterial, Antiviral and antifungal activity of essential oils: mechanisms and applications, Ch.3, *In*: T. G. Villa and P. Veiga-Crespo (eds.), *Antimicrobial Compounds*, DOI: 10.1007/978-3-642-40444-3_3, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014.

BOUCHIKHI TANI, Z. (2014). Lutte contre la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera, Bruchidae) et la mite *Tineolabisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) par des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles (Doctoral dissertation).

BOUCHIKHITANI Z, KHELIL MA, HASSANI F. 2008. Fight against the bruche bean *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae) and the mite *Tineola bisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) by the essential oils extracted from *Rosmarinus officinalis*.

Biosciences Biotechnology Research Asia 5(2), 651-656

BOUCHIKHITANI Z, KHELIL MA, HASSANI F. 2008. Lutte contre la fève bruche *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera : Bruchidae) et l'acarien *Tineola bisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) par les huiles essentielles extraites de *Rosmarinus officinalis*.

Biosciences Biotechnologie Recherche Asie 5(2), 651-656

BOUKHARI FAYCAL , 2017-Extraction et analyse De L huile Essentielle et des Métabolites Secondaires lourds de *Jung land regia* . ; Etude pharmacologique , Thèse de Doctorat . ; Univ Des Sciences et de la Technologie Houari Boumedianne , p 210. **BOURRAIN, J.-L. (2013).**

Allergies aux huiles essentielles: aspects pratiques. *Rev. Fr. Allergol.*, 53 S30-S32.

BRUNETON J.. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (4e ed.).

BUCHANAN, BB, W. GRUISSEM, AND RL JONES.(Eds) 2000.

BURT, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods – A review. *Int. J. Food Microbiol.*, 94: 223-53.

CASTELLANA, R et JAMA, S. Floriculture et parfumerie: les origines de

CHAKOU ET BASSOU K.(2007) : Efficacité antibactériennes et antifongiques des huiles essentielles obtenues par extraction de la menthe verte *mentha spicatalis* due

de la région de ouregla sur quelques germes pathogènes : *E coli pseudomonasaeruginosa* *staphylococcus aureus* , *bacillus subtilis* et *candida albicans* . Mémoire de des microbiologie . Université kasdi merbah ouregla , p.14-27.

CHIASSON, H. ET BELOIN, N. (2007). Les huiles essentielles, des biopesticides « nouveau genre ». *Antennae*, 14(1):3-6.

CHIASSON, H., & BELOIN, N. (2007). Les huiles essentielles, des biopesticides" Nouveau genre. *Bulletin de la Société d'Entomologie du Québec*, 14(1), 3-6.

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.

D.G. CROSBY. 1966. Natural pest control agents. In Gould, R.F. (Ed.). *Natural Pest Control Agents. Advances in Chemistry Series*. (53): 1-16.

d'Ammoides verticillata de la région d'Adrar. Mémoire de magister université d'Oran **DA SILVA FREDERIC, 2010-** Utilisation des Huiles Essentielles en infectiologie ORL ,thèse de Doctorat ,Université Henri Poincare NANCY 1, p 161.

DE BOREE. *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, 85 p. des publications universitaire, 2012,284p (I.S.B.N :978 .9961.0.0304.6).

DESCHEPPER.R,2017-variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie., thèse de doctorat ; univ d aix- marseille- Faculté de pharmacie ,p172

DICKE, M. AND BALDWIN, I.T. Le contexte de l'évolution des plantes volatiles induites par les herbivores : au-delà de l'appel au secours. *Trends in Plant Science*, 2010, 15, 167-175

DJELLOULI M ,2008 - Composition chimique des huiles essentielles et quantification des flavonoïdes de trois plantes de sud-ouest algérien. Mémoire de magister.

Université de Béchar.

doctorat Université de Toulouse, France 2013.

DUHOUX, É. AND NICOLE, M. (2004). Biologie végétale: associations et **DUVAL L. Les huiles essentielles à l'officine**. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en Pharmacie. Université de Rouen, 2012.

DUVAL L. Les huiles essentielles à l'officine. Thèse pour le diplôme d'état

de docteur en Pharmacie. Université de Rouen, 2012. Editionnes S.A ,2012 ,285P (I.S.B.N :978-2-8129-0590-2).

ELHAIB A. Valorisation de terpènes naturels issus de plantes marocaines par **ERB, M., MELDAU, S., AND HOWE, G.A.** Rôle des phytohormones dans les réactions spécifiques des plantes aux insectes. *Tendances dans la science des plantes*, 2012, 17, 250-259.

ERB, M., TON, J., DEGENHARDT, J. AND TURLINGS, T.C. Interactions entre les défenses aériennes et souterraines induites par les arthropodes dans les plantes. *Physiologie végétale*, 2008, 146, 867-874.

essential oils. A review food and chiminal Toxicology, 2008, Vol. 46, p. 446-475.
essentielle du Togo Lippiamutiflora. Mémoire d'ingénieur de travaux, ESTBA, Univ FADEL O.; CHAZI Z.; MOUNI L.; BENCHAT N.; RAMDANI M.; AMHAMDI H.;

CHAROF R. & ASEHRAOU A. -2011- Comparaison des assistées par micro-onde et l'hydrodistillation de *Rosmarinus eriocalyx*, huiles essentielles du Maroc oriental. *J. Mater. Environ. Sci. Rabat. Maroc*. Pp: 112-117.

FARHAT A. *Vapo-Diffusion assistée par Micro-ondes : Conception, Optimisation et Application*. Thèse pour le diplôme de docteur en sciences (sciences des procédés, sciences des aliments). Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse & L'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Gabès, 2010.

FAUCON M. Traité d'aromathérapie scientifique et médicale : fondements et aide à **FAUCON M.**Traité d'aromathérapie scientifique et médicale : fondements et aide à **FERNANDEZ X, CHEMAT F, DO T.** Les huiles essentielles: Vertus et applications. **FERNANDEZ X, CHEMAT, FARID.** La chimie des huiles essentielles : tradition et **FILLATRE, Y.(2011).**Produits phytosanitaires: Développement d'une méthode d'analyse multirésidus dans les huiles essentielles par couplage de la chromatographie liquide avec la spectrométrie de masse en mode tandem. Thèse d'Université d'Angers

FILLY A., FERNANDEZ X., MINUTTI M., VISINONI F., CRAVOTTO G.

Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs- From laboratory to pilot and industrial scale. *Food chemistry*, 150 : 193-198, 2014.

fr/pastel-00530997/document.

Fragouard.le Guen. Paris : Hachette livre Jardin ,2014 ,95p (I.S.B.N :978-2-01- 238510-8).

fungi. *Canadian journal of botany*, 73(S1), 418-425.

GAVAHIAN M., FARAHNAKY A., JAVIDNIA K., MAJZOABI M.

Comparison of ohmic-assisted hydrodistillation with traditional hydrodistillation for the extraction of essential oils from Thymus vulgaris L. Innovative food science and emerging technologies, 14 : 85-91, 2012.

Gembloux. Editeur, de Boeck Supérieur 426 p.

GIRON, D., FRAGO, E., GLEVAREC, G., PIETERSE, C.M. AND DICKE, M. Les cytokinines comme régulateurs clés des interactions plantes-microbes-insectes : relier la croissance et la défense des plantes. Functional Ecology, 2013, 27, 599-609.

GOETZ, P. ET GHEDIRA K. (2012). Phytothérapie anti-infectieuse. Springer ed. 382

p. ISBN: 978-2-8178-0057-8 Springer Paris Berlin Heidelberg New York. Springer- Verlag France, Paris, 2012.

GOLMAKANI M.T., REZAEI K. *Comparison of microwave-assisted hydrodistillation with the traditional hydrodistillation method in the extraction of essential oils from Thymus vulgaris L.* Food chemistry, 109 : 925–930, 2008.

GTZ-DFPV: Rapport atelier à Niamey/Niger 28/10 au 08/11/1996 sur l'utilisation des plantes et extraits de plantes dans la protection des cultures et des récoltes. **1996.** 21.

GUIGUET, A., DUBREUIL, G., HARRIS, M.O., APPEL, H.M., SCHULTZ, J.C., PEREIRA, M.H. AND GIRON, D. Partage des armes de sang et des insectes qui se nourrissent de plantes : Des points communs surprenants pour la manipulation des hôtes. Journal of Insect Physiology, 2016, 84, 4-21.

H. CHIASSON, N. BELOIN. 2007. Les huiles essentielles, des biopesticides nouveaux. Revue de littérature. Bulletin de la société d'entomologie du Québec. Antennae. 14 (1):3-6.

A. KELLOUCHE, F. AIT AIDER, K. LABDAOUI, D. MOULA, K. OUENDI, N. HAMADI, A.OURAMDANE, B. FREROT, M. MELLOUK. 2010. Biological activity of ten essential oils against cowpea beetle *Callosobruchus maculatus Fabricius* (Coleoptera: Bruchidae). *International Journal of Integrative Biology.* 10. (2): 86- 89.

HENG R. Application de la chimie radicalaire des xanthates à la synthèse et

HERZI NADJIA. Extraction et purification de substances naturelles : comparaison de

HOFFMANN L., BESSEAU S., GEOFFROY P., RITZENTHALER C., MEYER D., LAPIERRE C., POLLET B. ET LEGRAND M. 2004. Silencing of hydroxycinnamoyl coenzyme A shikimate / quinate hydroxycinnamoyltransferase affects phenylpropanoid biosynthesis. *Plant cell.*, 16 (6) :1446-1465.

I.J. CSEKE, C.R. LU, A. KORNFELD, P.B. KAUFMAN, A. KIRAKOSYAN, S.L. WARBER, J.A. DUKE, H.L. BRIELMANN. 1999. Natural product from plants, How and why these compound are synthesized by plants, *edition taylor et francis, 2eme edition.* 611.

innovation. Vuibert; 274 p. 2012

Inspir development, Luxembourg, 2006, 72 p.

interactions chez les plantes. Éditeur, Dunod-IRD, Paris, 166 p.

ISIKBER, A. A., ALMA, M. H., KANAT, M., & KARCI, A. (2006). Toxicité fumigatoire

des huiles essentielles de *Laurus nobilis* et de *Rosmarinus officinalis* contre tous les stades de vie du *Tribolium confusum*. *Phytoparasitica*, 34(2), 167.

ISMAN M.B., 2000 - *Plant essential oils for pest and disease management*, Crop

J. MANN : *Secondary Metabolism*. Clarendon Press, 2 édition, 1987.

J.M. MEYNADIER, N. RAISON-PEYRON. Allergie aux parfums. *Revue Française d'Allergologie*, 1997; 3(5): 641-650.

JEAN BRUNETON : Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Tec & Doc Paris, 4 édition, 1999.

Journal Comptes rendus de l'Académie des sciences, 294(3), 897-900. *Journal of Agricultural Science*, 1(1), 4-48.

KASALI, A. A., ESHILOKUN, A. O., ADEOLA, S., WINTERHALTER, P., KNAPP, H., BONNLANDER, B., & KOENIG, W. A. (2005). Volatile oil composition of new chemotype of *Ocimum basilicum* L. from Nigeria. *Flavour and Fragrance Journal*, 20, 45-47.

KELLOUCHE A, AIT-AIDER F, LABDAOUI K, MOULA D, OUENDI K, HAMADI N, OURAMDANE A, FREROT B, MELLOUK M. 2010. Activité biologique de dix huiles essentielles contre le coléoptère du niébé, *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera : Bruchidae). *Journal of Integrative Biology* (10)2, 86- 89.

KELLOUCHE A, AIT-AIDER F, LABDAOUI K, MOULA D, OUENDI K, HAMADI N, OURAMDANE A, FREROT B, MELLOUK M. 2010. Biological activity of ten essential oils against cowpea beetle, *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera:

Bruchidae). *Journal of Integrative Biology* (10)2, 86- 89.

KESSLER, A. AND BALDWIN, I. T. Réponses des plantes à l'herbivorie des insectes

: l'analyse moléculaire émergente. *Revue annuelle de biologie végétale*, 2002, 53, 299-328.

KLEIN, A.M., VAISSIERE, B.E., CANE, J.H., STEFFAN-DEWENTER CUNNINGHAM, S.A., KREMEN, C. ET TSCHARNTKE, T. Importance des

pollinisateurs dans les paysages changeants pour les cultures mondiales. *Proceedings of the Royal Society of London B : Biological Sciences*, 2007, 274, 303- 313.

KOBAYASHI, I., MURDOCH, L.J., HARDHAM, A.R. AND KUNOH, H. (1995). *Cell*

kooub el Elmia Bierut ,2002. KONE, S. Contribution à la formulation de pommades

KOSAR M., OZEK T., KURKCUOGLU M., BASER K.H.C. *Comparison of*

Microwave-Assisted hydrodistillation and hydrodistillation methods for the fruit essential oils on Foeniculum vulgare. *Journal of essential oil research*, 19 : 426-429, 2007.

KOUBISSI, H. *Dictionnaire des herbes et des plantes médicinales.* Édition Daar el **KOVATS,**

E. (1987). Composition of essential oils. Part 7. Bulgarian oil of rose (*Rosa damascena* Mill.).

Journal of Chromatography, 406, 185–222.

l'extraction au CO₂-supercritique et des techniques conventionnelles. Thèse de *l'acclimatation végétale sur la cote d'azur*. Issued by the phoenix project, 2012, 17p. la prescription. Sang de la Terre. Vol. 879. 2015.

la prescription. Sang de la Terre. Vol. 879. 2015.

LAHLOU, M. (2004). Essential oils and fragrance compounds: bioactivity and **LAKHDAR L, 2015:** Evaluation de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles marocaines sur *aggregatibacter actinomycetemcomitans*. Thèse de doctorat. P :163.

LARDRY, J.-M. ET HABERKORN, V. (2007). L'aromathérapie et les huiles essentielles. *Kinesither Rev.*, 61:14-17.

Lavoisier; 2009. 1289 p.

le *Phytophthora capsici*, responsable du mildiou du piment (*Capsicum annum*).

LEE, B. H., LEE, S. E., ANNIS, P. C., PRATT, S. J., PARK, B. S., & TUMAALII, F.

(2002). Toxicité fumigante des huiles essentielles et des monoterpènes contre le tribolium rouge de la farine, *Tribolium castaneum* Herbst. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 5(2), 237-240.

LEPAGE, V. *Rosmarinus officinalis 'pointe du raz'*.2016.disponiblesur : (www.lepage-vivaces.com).

LEPOITTEVIN JP. Aspects chimiques des allergies aux parfums .In Progrés en Dermato-Allergologie Dijon 2002. Paris : éditions John Libbey Eurotext,2002 :23-28. **LEPOIVRE, P. (2003).** **Phytopathologie. Bases moléculaires et biologiques des** **LUCCHESI M.E.** *Extraction sans solvant assistée par les micro-ondes.*

Thèse pour le diplôme de docteur en sciences (chimie). Université de la Réunion, 2005.

LUCCHESI M.E., CHEMAT F., SMADJA J. *Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs : comparison with conventional hydro-distillation. Journal of chromatography A*, 1043 : 323- 327, 2004.

LUCCHESI M.E., Thèse de Doctorat : Extraction Sans Solvant Assistée par Micro- ondes Conception et Application à l'extraction des Huiles Essentielles, Université de la Réunion-France, 2006; p.11, 16-18, 22, 23, 59.

MANN J. (1987), Secondary metabolism. Second edition, Clarendon press, Oxford, p.374.

MANSARD M, 2016-Le camphrier :étude botanique , chimique et biologique de ses huiles essentielles , thèse de doctorat en pharmacie ,Université de lorraine , p134. Mar 2011, Edificio 105E Ciudad Univers, Vol 72420, p24-25.

MARCELLO IRITI ET FRANCO FAORO : Chemical diversity and defence metabolism : Hopplants cope with pathogens and ozone pollution. *International Journal of Molecular*

MARZOUK Z., NEFFATI A., MARZOUK B., CHRAIEF I., KHEMISS F., CHEKIR GHEDIRA L., BOUKEF K., 2006 : Chemical composition and antibacterial and antimutagenic activity of Tunisian *Rosmarinus officinalis* L. oil from Kasrine- *Journal of Food Agriculture & Environment*; Vol.4; N°3-4; pp 61-65.

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, 7115-7121.

MATTHEWS, R.W. ET MATTHEWS, J.R. (2009). L'histoire et la portée du comportement des insectes (pp. 1-44). Springer Pays-Bas

mechanisms of action. *Flavour Fragr. J.*, 19: 159–165.

MENACEUR, F., HAZZIT, M., MOUHOUCHE, F., MOHAMMEDI, H.,

BAALIOUAMER, A. ET BENCHABANE, A. (2016). Criblage phytochimique et activités biologiques des huiles essentielles des feuilles de deux plantes Lamiaceae algériennes sur *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 19(4), 806-819.

MILPIED-HOMSI B., 2009- progrès en dermato-allergologie [en ligne]. Disponible sur https://books.google.dz/books?hl=fr&lr=&id=87IN9CAJPUsC&oi=fnd&pg=PR7&dq=progr%C3%A9s+en+dermato+allergologie+baurdeaux+2009&ots=JxU05blk_B&sig=lgkbbUsS_GrsV1ev6IGgMUEkfYI&redir_esc=y#v=onepage&q=composition%20des%20huiles%20&f=false (consulté en juillet 2020)

MIRESMAILLI, S., BRADBURY, R., & ISMAN, M. B. (2006). Toxicité comparative de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* L. et des mélanges de ses principaux constituants contre *Tetranychus urticae* Koch (Acari : Tetranychidae) sur deux plantes hôtes différentes. *Pest Management Science : anciennement Pesticide Science*, 62(4), 366-371. *Molecular Biology Reporter*, 12(3), 245-264.

MORO BURONZO A., Grand guide des Huiles Essentielles, Santé Beauté Bien être, Hachette Pratique, 2008; p. 22, 33-38,41-43.

N. BARBOUCHE, B. HAJJEM, G. LOGNAY, M. AMMAR. 2001. Contribution à l'étude de l'activité biologique d'extraits de feuilles de *Cestrum parqui* L'Hérit. (Solanaceae) sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk.). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 5 (2): 85-90.

NEFFAR, F., & BENABDRRAHMENE, Z. (2013). Quantification des Huiles Essentielles dans deux Espèces de Romarin (*Rosmarinus officinalis* et *Rosmarinus tournefortii*) au niveau de Djebel Metlili (Batna).

O. Khalfi-habes, s. Sellami. 2010. Activité biologique de trois huiles essentielles extraites de plantes algérienne sur *Rhyzopertha dominica* (F) (Coleoptera: Bostrychidae). Congrès de l'association marocaine protection des plants (Amp), 26-, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, 6.

OJIMELUKWE, P. C., & ADLER, C. (1999). Potentiel du zimtaldéhyde, du 4-allyl- anisol, du linalol, du terpinéol et d'autres produits phytochimiques pour la lutte contre

le tribolium confus (*Tribolium confusum* J. d. V.) (Col., Tenebrionidae). Anzeiger für Schädlingskunde= Journal of pest science, 72(4), 81-86.

OUIBRAHIM, A., (2015). Evaluation de l'effet ant-microbien et antioxydant de trois plantes aromatiques (*Laurusnobilis* L., *Ocimumbasilicum* L. et *Rosmarinus officinalis* L.) de l'Est Algérien. Thèse Doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba, 95p.

Paris. 376 p.

pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte. Presses agronomiques de Physiologists, Rockville, Maryland, USA.

PIETERSE, C.M. AND DICKE, M. Interactions des plantes avec les microbes et les insectes : des mécanismes moléculaires à l'écologie. Tendances en sciences végétales, 2007, 12, 564-569

PIETERSE, C.M., VAN DER DOES, D., ZAMIOUDIS, C., LEON-REYES, A. AND VAN WEES, S.C. Modulation hormonale de l'immunité des plantes. Annual Review of Cell and Developmental Biology, 2012, 28, 489-521.

PIOCHON M. *Étude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne : composition chimique, activités pharmacologiques et hémisynthèse.* Mémoire pour la maîtrise en ressources renouvelables. Université du Québec à Chicoutimi, 2008.

Plant Science, 1(7), 233-240.

PRATES, H. T., SANTOS, J. P., WAQUIL, J. M., FABRIS, J. D., OLIVEIRA, A. B., & FOSTER, J. E. (1998). Activité insecticide des monoterpènes contre *Rhyzopertha dominica* (F.) et *Tribolium castaneum* (Herbst). Journal of Stored Products Research, 34(4), 243-249.

Protection., n° 19: 603-608.

RANI, P.U. AND JYOTHSNA, Y. Changements biochimiques et enzymatiques dans les plantes de riz comme mécanisme de défense. Acta Physiologiae Plantarum, 2010, 32, 695-701.

RASKIN, I. Le salicylate, une nouvelle hormone végétale. Physiologie végétale, 1992, 99, 799.

Recommendations for naming plant pathogenesis-related proteins. Plant

RICHTER, G., 1993. Métabolisme des végétaux. Physiologie et biochimie. Ed. P.P.U.R .526P.

ROBERT-SEILANIANTZ, A., GRANT, M. AND JONES, J.D. La diaphonie hormonale dans les maladies et les défenses des plantes : plus qu'un simple antagonisme jasmonate-salicylate. Revue annuelle de phytopathologie, 2011, 49, 317-343.

Romero (*Rosmarinus officinalis L.*): una revisión de sus usos no culinarios. Ciencia y ROUABAH Y. -2010- Contribution à une étude quantitative des huiles essentielles dans deux espèces végétales: *Globularia alypum L.* et *Rosmarinus officinalis L.* dans le P.N.B. Mém. Ing. Univ. Batna. 68 P.

RYALS, J.A., NEUENSCHWANDER, U.H., WILLITS, M.G., MOLINA, A., STEINER, H.Y. AND HUNT, M.D. (1996). Systemic Acquired Resistance. The Plant Cell, 8, 1809- Sabatier, 2011.

SANGWAN, N. S., FAROOQI, A. H. A., SHABIH, F., & SANGWAN, R. S. (2001). Regulation of essential oil production in plants. Plant Growth Regulation 34, 3-21.

SANTNER, A. AND ESTELLE, M. Avancées récentes et nouvelles tendances en matière de signalisation des hormones végétales. Nature, 2009, 459, 1071-1078 **SANTNER, A. AND ESTELLE, M. Les progrès récents et les nouvelles tendances en matière de signalisation des hormones végétales. Nature, 2009, 459, 1071-1078.**

TSAVKELOVA, E.A., KLIMOVA, S.Y., CHERDYNTSEVA, T.A. AND NETRUSOV, Les producteurs microbiens de stimulateurs de croissance des plantes et leur utilisation pratique : un bilan. Applied Biochemistry and Microbiology, 2006, 42, 117- 126.

SAUVION, N., CALATAYUD, P.A., THIERY, D. AND MARION-POLL, F. (2013). Interactions insectes-plantes. Editions Quae.

SCHMITT S, SCHAEFER UF , DOEBLER L, REICHLING J. Cooperative interaction of monoterpenes and phenylpropanoids on the in vitro human skin permeation of Complex Composed essential Oils .Planta Med 2009 Jun 8.

SCHOONHOVEN, L.M., VAN LOON, J.J., ET DICKE, M. (2005). Biologie des insectes et des plantes. Oxford University Press on Demand

SCHULTZ, J.C. AND APPEL, H.M. Cross-kingdom cross-talk : hormones partagées par les plantes et leurs insectes herbivores. Ecologie, 2004, 85, 70-77.

SC

HWACHTJE, J. AND BALDWIN, I.T. Pourquoi l'attaque d'un herbivore reconfigure-t-elle le métabolisme primaire ? *Physiologie végétale*, 2008, 146, 845-851 *Sciences*, 10(8):3371–3399, 2009.

SEDIK M. Analyse physico-chimique et spectroscopique de l'huile essentielle

SHAAYA, E., & RAFAELI, A. (2007). Les huiles essentielles comme insecticides biorationnels - puissance et mode d'action. Dans *Insecticides design using advanced technologies* (pp. 249-261). Springer, Berlin, Heidelberg.

SHAAYA, E., RAVID, U., PASTER, N., JUVEN, B., ZISMAN, U., & PISSAREV, V.

(1991). Toxicité fumigante des huiles essentielles contre quatre grands insectes des produits stockés. *Journal de l'écologie chimique*, 17(3), 499-504.

SOPHIE COURTIAL : Précis d'aromathérapie vétérinaire à l'usage des pharmaciens d'officine. Thèse d'exercice, Université de Nantes. UFR de Sciences Pharmaceutiques et Biologiques., 2005.

stratégie défensive et applications agronomiques. Éditions Tec & Doc - Lavoisier, **TAK, J. H., & ISMAN, M. B.** (2015). Amélioration de la pénétration cuticulaire comme mécanisme de synergie des constituants insecticides de l'huile essentielle de romarin dans *Trichoplusia ni*. *Rapports scientifiques*, 5, 12690.

TAK, J. H., JOVEL, E., & ISMAN, M. B. (2016). Activité comparative et synergique des constituants de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* L. contre les larves et une lignée cellulaire ovarienne de la fausse-arpenreuse du chou, *Trichoplusia ni* (Lépidoptères : Noctuidés). *Pest management science*, 72(3), 474-480.

TOOKER, J.F. AND HELMS, A.M. La dynamique des phytohormones associées aux insectes biliaire et leur rôle potentiel dans l'évolution de l'habitude de production de galle. *Journal of Chemical Ecology*, 2014, 40, 742-753.

transformations catalytiques. Thèse de doctorat. Université Toulouse III - Paul

TUNC, M., CHAR, D. H., CRAWFORD, B., & MILLER, T. (1999). Carcinome

épidermoïde intraépithélial et invasif de la conjonctive : analyse de 60 cas. *British Journal of Ophthalmology*, 83(1), 98-103.

TURELLI, M., COULOMB, C., ROGGERO, J.P. AND COULOMB, P.J. (1982). Etude de la composition lipidique de la fraction membranaire d'un champignon pathogène,

VAN LOON, L.C., PIERPOINT, W.S., BOLLER, T.H. AND CONEJERO, V. (1994).

VAN STADEN, J. AND DAVEY, J. E. Cytokinines endogènes dans les lamelles et les galles des feuilles d'*Erythrina latissima*. Gazette botanique, 1978, 139, 36-41.

Vuibert; 2014. 309 p.

WALIWIYA, R., ISMAN, M. B., VERNON, R. S., & RISEMAN, A. (2005). Activité

insecticide de certains monoterpénoïdes et de l'huile de romarin sur *Agriotes obscurus* (Coleoptera : Elateridae). Journal of economic entomology, 98(5), 1560-1565.

WAR, A.R., PAULRAJ, M.G., WAR, M.Y. et Ignacimuthu, S. (2011b). Herbivore et résistance induite par l'éliciteur chez l'arachide à la légionnaire asiatique, **Spodoptera**

litura (Fab.) (Lepidoptera : Noctuidae). Signalisation et comportement des plantes, 2011b, 6, 1769-1777.

WAR, A.R., PAULRAJ, M.G., WAR, M.Y. et Ignacimuthu, S. Résistance induite par l'acide jasmonique chez l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) contre *Helicoverpa armigera* (Hubner)(Lépidoptères : Noctuidés). Journal of Plant Growth Regulation, 2011a, 30, 512-523.

WASTERNAK, C. AND KOMBRINK, E. Jasmonates : exigences structurelles pour les signaux dérivés des lipides actifs dans les réponses au stress et le développement des plantes. ACS Chemical Biology, 2009, 5, 63-77.

WERNER M., Les Huiles Essentielles. Réveil du corps et de l'esprit, Ed Vioget, Collection Santé bien-être, 2002, p.14

WEYERSTAHL, P., CHRISTIANSEN, C., GUNDIDZA, M., & MAVI, S. (1992).

Constituents of the essential oil of *Heteropyxis natalensis*. Journal of Essential Oil Research, 4, 439–445.

WILLIS, K. AND MCELWAIN, J. (2014). L'évolution des plantes. Oxford University Press

YANG, S.F., ADAMS, D.O., LIZADA, C., YU, Y., BRADFORD, K. J., CAMERON, A.

C. AND HOFFMAN, N. E. (1980). Mécanisme et régulation de la biosynthèse de l'éthylène. Dans Plant Growth Substances 1979 (pp. 219-229). Springer Berlin Heidelberg.

ZERMANE.A ; « Etude de l'extraction supercritique Application aux systèmes

ZHANG, H., ZONG, S., LUO, Y., WANG, T., WANG, J. AND CAO, C. Étude comparative de la composition des volatiles d'*Artemisia ordosica* saine et infestée de

larves. Zeitschrift für Naturforschung C, 2013, 68, 8-12.

ZHIRI A., BAUDOUX D. *Huiles essentielles chémotypées et leurs synergies*. Edition