



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DE BLIDA 1

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DÉPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention

Du diplôme de Master Académique en Sciences de la Nature et de la Vie

Spécialité : Phytopharmacie et protection des végétaux

Essai insecticide de l'huile essentielle formulée de *Rosmarinus officinalis* (Linné, 1753) sur le *Tribolium sp* dans les conditions de laboratoire.

Soutenue en Juillet 2019

Présenté par Mlle MATARI Amina Malak

Devant le jury composé de :

Mme BABA-AISSA Karima	M.A.A	U. Blida 1	Présidente
Mme BENRIMA Atika	Professeur	U. Blida 1	promotrice
M ^r MOUSSAOUI Kamal	M.A	U. Blida 1	Examineur

ANNEE UNIVERSITAIRE 2018/2019

REMERCIEMENTS

A Madame BENRIMA Atika, Professeur, à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, pour vos qualités pédagogiques, scientifiques, humaines et pour son encadrement, sa confiance, son soutien, son suivi et son aide tout au long de l'année. Je tiens à lui présenter mes respectueux hommages et toute ma sincère reconnaissance.

A Madame BABA-AISSA Karima, enseignante à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence du jury de ma thèse.

A Monsieur MOUSSAOUI Kamal, enseignant à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, pour avoir accepté de siéger avec une sympathie dans le jury de cette thèse et de juger ce travail en tant qu'examineur.

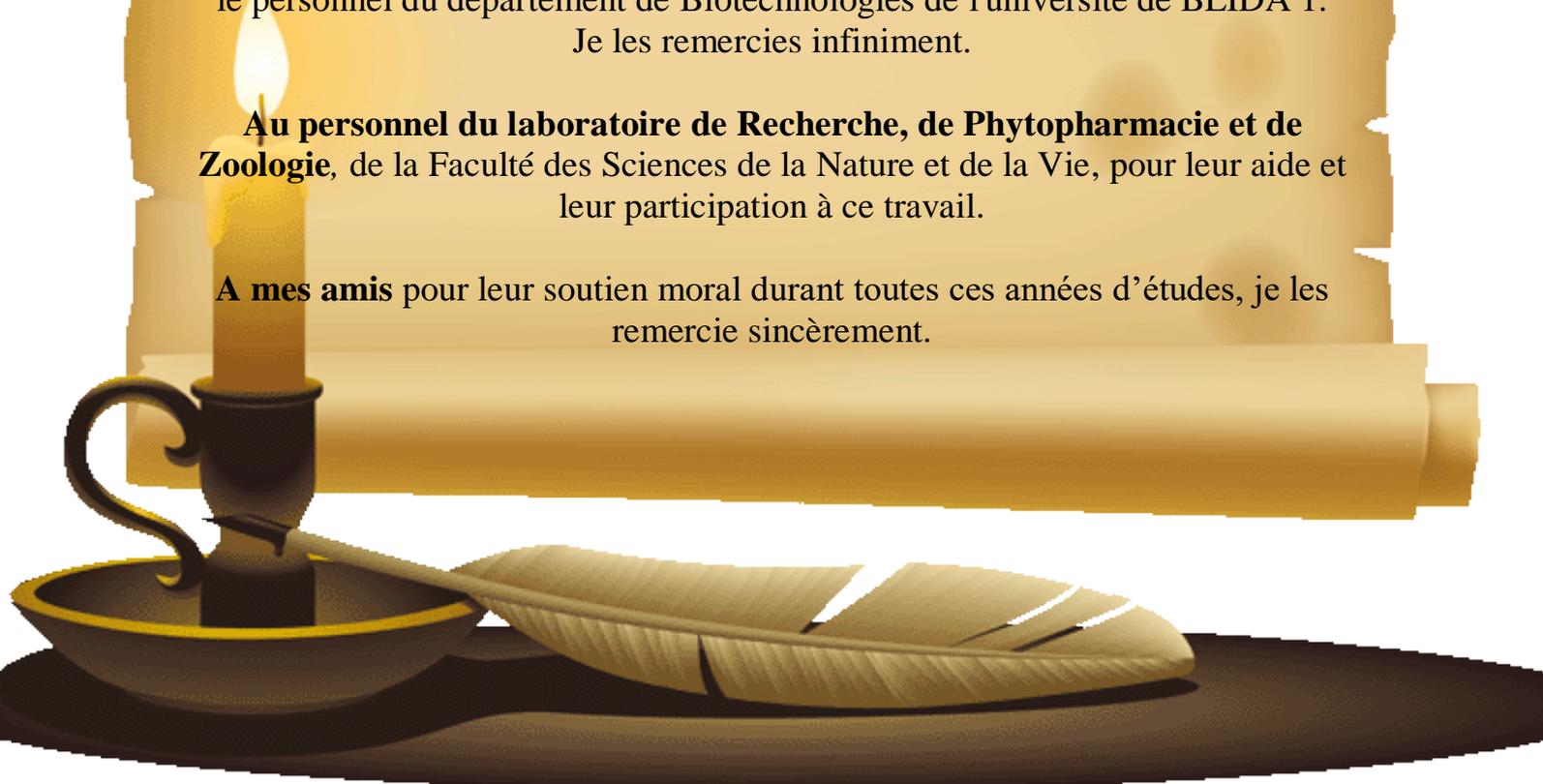
A Monsieur DJAZOULI Zahr- Eddine, Professeur, à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, pour sa disponibilité, son aide, ses conseils et ses encouragements malgré sa charge pédagogique.

Au regretté mon Grand-père, pour m'avoir encouragé et soutenu durant tout mon parcours universitaire avec dévouement, patience et sincérité. Pour avoir témoigné son grande sollicitude pour ma formation universitaire. Que ce modeste travail soit le témoignage de ma profonde gratitude.

A tous les enseignants et professeurs qui ont assuré ma formation sans oublier le personnel du département de Biotechnologies de l'université de BLIDA 1.
Je les remercie infiniment.

Au personnel du laboratoire de Recherche, de Phytopharmacie et de Zoologie, de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, pour leur aide et leur participation à ce travail.

A mes amis pour leur soutien moral durant toutes ces années d'études, je les remercie sincèrement.



A decorative border of pearls and roses surrounds the text. The top and bottom borders consist of a row of large pearls, with a row of smaller pearls in between. The left and right borders are vertical lines of pearls. Pink roses with green leaves and water droplets are placed at the corners and along the sides.

DEDICACES

Je dédie ce travail :

A la mémoire de mes très chers grands-pères et grands-mères,

J'exprime mon éternelle reconnaissance pour avoir donné en héritage des valeurs d'amour, de générosité, de liberté, de justice, de passion et d'excellence pour pouvoir persévérer et prospérer dans la vie en toute sérénité. Puisse Dieu Tout Puissant et Miséricordieux vous Accueillir en son Vaste Paradis.

A mes très chers parents,

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour perpétuel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être depuis ma naissance. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez.

A mes très chères sœurs Nabila et Rym,

Votre aide et votre générosité ont été pour moi une source de courage et de confiance. Qu'il me soit permis aujourd'hui de vous assurer de mon profond amour et de toute ma reconnaissance.

A mes très chers frères Zakaria, Lakhdar et Ilyas,

En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite un avenir plein de bonheur, de réussite et de santé.

A mes très chères tantes,

Pour m'avoir toujours su m'écouter, me conseiller, et la fierté que vous portez à ma réussite, veuillez trouver dans ce modeste travail toute mon affection et toute ma reconnaissance pour tous vos efforts.

A mes très chers amis,

Pour ces formidables années au cours desquelles nous partageons nos moments de détente et nos souvenirs. En témoignage de l'amitié qui nous uni, je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

Essai insecticide de l'huile essentielle formulée de *Rosmarinus officinalis* (Linné, 1753) sur le *Tribolium sp* dans les conditions de laboratoire.

RESUME

Cette étude a visé l'évaluation du pouvoir insecticide dans les conditions de laboratoire, d'une l'huile essentielle formulée du Romarin vis-à-vis d'un insecte ravageur des denrées stockées *Tribolium sp*, en utilisant le mode de traitement par contact, afin d'évaluer quelques paramètres biologiques des ravageurs de stocks, à savoir la mortalité des adultes.

L'huile essentielle est obtenue à partir des tiges et des feuilles sur un appareil de type clevenger pour le calcul du rendement.

Les résultats de l'extraction révèlent, que le rendement de Romarin est assez important (1,16%).

Il a été montré que l'huile essentielle du Romarin est très efficace, et que la toxicité de traitement évolue avec l'augmentation de la concentration, qui se traduit par une meilleure efficacité par rapport à la durée du traitement.

Les résultats relatifs à l'estimation temporelle de l'activité insecticide du bioproduit formulé de la région d'alger au niveau du **Jardin d'essai** (Hamma) est très efficace, en termes de réduction des taux des populations résiduelles (PR%) de *Tribolium sp*. Ces mêmes résultats ont permis de mettre en évidence l'effet dose. En effet, plus la concentration est élevée, plus l'efficacité est avérée dans le temps.

L'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* appliqué sur les adultes de *Tribolium sp* à la dose D1 (1g/9ml) après 1h30min de traitement, s'est avéré plus toxique avec un taux de mortalité de 100% que la dose D2 (2g/8ml), à la même période d'exposition au traitement, mais moins efficace que la dose D3 (3g/7ml), qui enregistre un taux de population résiduelle nul (PR=0%), après seulement une heure d'exposition au traitement à la température ambiante.

Mots clés : Huile essentielle; *Rosmarinus officinalis*; activité insecticide; *Tribolium sp*; denrées stockées; populations résiduelles; formulation.

Insecticidal trial of formulated essential oil of *Rosmarinus officinalis* (Linné, 1753) on *Tribolium sp* under laboratory conditions.

ABSTRACT

This study aimed at the evaluation of the insecticidal power in controlled conditions, of an essential oil formulated Rosemary towards an insect pest of stored commodities *Tribolium sp*, using the method of treatment by contact, to evaluate some biological settings of stock pests depend on adult mortality.

The essential oil is obtained by hydrodistillation for the calculation of the yield.

The results of the extraction reveal that the yield of rosemary is very important (1.16%).

It has been shown that the essential oil of Rosemary is very effective, and the treatment toxicity of evolves with the increase of the concentration, which results in a better efficiency compared to the duration of the treatment.

The results for the temporal estimation of the insecticidal activity of the bioproduct formulated from the region of Algiers at the level of Garden of trial (Hamma) is very effective, in terms of reducing the levels of the residual populations (PR%) of *Tribolium sp*. These same results made it possible to highlight the dose effect. Indeed, the higher the concentration, the more the effectiveness is proven over time.

The essential oil of *Rosmarinus officinalis* applied on adults of *Tribolium sp* at the dose D1 (1g / 9ml) after 1h30min of treatment, proved to be more toxic with a mortality rate of 100% than the dose D2 (2g / 8ml), at the same period exposure of treatment, but less effective than the D3 dose (3g / 7ml), which records a residual population rate is zero (PR = 0%) after only one hour of exposure to treatment in the room's temperature.

Key words: *Rosmarinus officinalis*, essential oil, insecticidal activity, *Tribolium sp*, stored commodities, residual populations, formulation.

اختبار مبيد حشري للزيت العطري المركب من إكليل الجبل *Rosmarinus officinalis* (linné, 1753) على خنفساء الدقيق *Tribolium sp* تحت ظروف المختبر.

ملخص

كان الغرض من هذه الدراسة هو تقييم قدرة المبيدات الحشرية في ظل ظروف خاضعة للرقابة لزيت أساسي مصنوع من إكليل الجبل ضد آفة حشرية مدمرة للسلع المخزنة *Tribolium sp* ، باستخدام طريقة علاج التلامس ، من أجل تقييم بعض العوامل البيولوجية لمدمرات المخازن، ولمعرفة وفيات البالغين.

يتم الحصول على الزيت الأساسي عن طريق التقطير المائي لحساب الغلة. تكشف نتائج الاستخراج أن غلة إكليل الجبل مهمة جداً (1.16%).

ثبت أن زيت إكليل الجبل الأساسي فعال للغاية ، وتتطور سمية العلاج مع زيادة التركيز مما يؤدي إلى كفاءة أفضل مقارنة بفترة العلاج.

إن نتائج التقدير الزمني لنشاط المبيدات الحشرية للمنتج الحيوي المصنوع من منطقة الجزائر تحديداً من حديقة التجارب (الحامة) فعالة جداً من حيث خفض معدل الحشرات المتبقية (%PR) من *Tribolium sp*. هذه النتائج نفسها جعلت من الممكن تسليط الضوء على تأثير الجرعة. في الواقع، كلما زاد التركيز ، زادت الفعالية بمرور الوقت.

إن زيت *Rosmarinus officinalis* الأساسي المستخدم على البالغين من *Tribolium sp* بجرعة D1 (1 غ / 9 مل) بعد العلاج لمدة ساعة و 30 دقيقة ، أثبت أنه أكثر سمية مع معدل الوفيات 100 % من الجرعة D2 (2 غ / 8 مل)، في الوقت نفسه من التعرض للعلاج ، ولكن أقل فعالية من الجرعة D3 (3 غ / 7 مل) التي تسجل معدل الأفراد المتبقية صفر (PR = 0) بعد ساعة واحدة فقط من التعرض للعلاج في درجة حرارة محيطية .

الكلمات الرئيسية: *Rosmarinus officinalis* ، الزيت الأساسي، نشاط مبيدات الحشرات، *Tribolium sp* ، السلع المخزنة، الأفراد المتبقية، صياغة.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	
DEDICACES.....	
RESUME.....	
ABSTRACT.....	
ملخص.....	
SOMMAIRE.....	
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES.....	
LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX.....	
INTRODUCTION GENERAL.....	01
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	03
Chapitre I : Données bibliographiques sur les insectes ravageurs des denrées stockées: Cas du Tribolium et les moyens de lutte.....	03
I.1. Les principaux insectes ravageurs des denrées stockées	03
I.2. Présentation de l'insecte ravageur <i>Tribolium sp</i>	03
I.2.1. Les caractères généraux des Tenebrionidae.....	03
1.2.2. Position systématique	04
1.2.3. Etude du genre <i>Tribolium</i>	04
I.2.4. Origine et répartition géographique	05
I.2.5. Morphologie de <i>Tribolium</i> (exemple de <i>Tribolium confusum</i> (Duv.).....	05
I.2.5.1. Description des différents états de <i>Tribolium confusum</i> (Duv.).....	05
I.2.6. Biologie.....	07
I.2.7. Régime alimentaire et dégâts.....	08
1.2.8. Les ennemis naturels.....	08
I.3. La lutte contre Les insectes des denrées stockées	08
I.3.1. Dépistage	09

I.3.1.1. Dépistage par surveillance de la température	09
I.3.1.2 Dépistage électroacoustique	09
I.3.1.3. Dépistage par infrarouge	10
I.3.2. Méthode immuno-enzymatique	10
I.3.3. La lutte génétique	11
I.3.4. Lutte physique	11
I.3.4.1. Stockage sous atmosphère contrôlée	11
I.3.4.2. Froid et chaleur	12
I.3.4.3. Radiations ionisantes	13
I.3.5. Lutte chimique	13
I.3.6. La lutte biologique	14
I.3.6.1. Parasites et prédateurs	14
I.3.6.2. Les entomopathogènes.....	14
I.3.7. Lutte par les produits minéraux et extraits de végétaux.....	15
Chapitre II : Données bibliographique sur l'espèce végétale et les huiles essentielles.....	16
II.1. Le Romarin : <i>Rosmarinus officinalis</i> (Linné, 1757).....	16
II.1.1. Généralité.....	16
II.1.2. Taxonomie.....	16
II.1.3. Description.....	16
II.1.4. Origine et répartition.....	18
II.1.5. Huiles essentielles de Romarin.....	18
II.1.5.1. Composition chimique.....	18
II.1.6. Domaine d'utilisation.....	18
II.1.6.1. Industrie agro-alimentaire.....	18
II.1.6.2. Industrie cosmétique et parfumerie.....	19
II.1.6.3. La thérapie.....	19

II.2. Huiles essentielles.....	19
II.2.1. Généralités.....	19
II.2.2. C'est quoi une huile essentielle ?.....	20
II.2.3. Composition des huiles essentielles.....	20
II.2.4. Les facteurs influençant la composition des huiles essentielles.....	21
II.2.5. Classification des huiles essentielles.....	21
II.2.6. Extraction des huiles essentielles.....	22
II.2.7. La conservation des huiles essentielles.....	22
Chapitre III: Matériel et Méthodes.....	23
Objectif.....	23
III.1.Situation géographique de région de prélèvement.....	23
III.1.1.Situation et présentation générale du jardin d'essai (Jardin Botanique du Hamma).....	23
III.2.Matériel végétal.....	24
III.3.Matériel entomologique.....	25
III.4.Matériels et appareillage de laboratoire.....	26
III.5.Méthode d'extraction de L'huile essentielle.....	27
III.6.Tests de l'activité insecticide.....	28
III.7.Exploitation des données.....	29
III.8.Analyses statistiques des données.....	31
III.8.1. Analyses de variance (SPSS 18.0.0).....	31
Chapitre IV : Résultats.....	32
IV.1.Evaluation du rendement de l'huile essentielle.....	32
IV.2. Effet de <i>Rosmarinus officinalis</i> sur la mortalité des adultes du <i>Tribolium sp</i>	32
IV.3.Détermination des DL50 et des TL50.....	34
IV.4.L'efficacité de l'huile essentielle <i>Rosmarinus officinalis</i>	34

IV.5.Effet des doses de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> sur la population résiduelle de <i>Tribolium sp</i> dans le temps.....	37
IV.5.1.Analyse de la variance.....	38
IV.5.2.Population résiduelle pour la Dose 1.....	38
IV.5.3.Population résiduelle pour la Dose 2.....	40
IV.5.4.Population résiduelle pour la Dose 3.....	41
Chapitre v : Discussion.....	43
CONCLUSION ET PERSPECTIVE.....	45
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	47
ANNEXE.....	53

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES

ANOVA : analyse of variance.

D : Dose.

Fig : figure.

g : gramme.

H : heure.

HE : huiles essentielles.

MC : mortalité corrigée.

Min : minute.

ml : millilitre.

P : probabilité.

PR : Populations résiduelles.

% : pourcentage.

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

Figure 01 Adulte de <i>Tribolium confusum</i> (originale, 2019)	03
Figure 02 Adulte de <i>Tribolium castaneum</i> (originale, 2019).....	04
Figure 03 Distinction des deux espèces de <i>Tribolium</i> : tagme antérieur (LEPESME, 1944).....	05
Figure 04 Différents états de <i>T confusum</i> (Duval.) A : l'oeuf (Rebecca et al, 2003) ; B: larve ; C: nymphe ; D: adulte (Walter, 2002).....	07
Figure 05 Dégâts de <i>Tribolium sp</i> sur la farine commerciale (Original, 2019).....	08
Figure 06 Arbuste de Romarin (Google, 2019).....	17
Figure 07 Feuilles de Romarin (Google, 2019).....	17
Figure 08 Inflorescence de <i>Rosmarinus officinalis</i> L. (Google, 2019).....	17
Figure 09 Région de récolte de <i>Rosmarinus officinalis</i> (anonyme).....	23
Figure 10 <i>Rosmarinus officinalis</i> (Originale, 2019).....	24
Figure 11 Tamisage de la farine (Originale, 2019).....	26
Figure 12 Dispositif d'extraction de huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> (Hydro-distillation) (Original, 2019).....	27
Figure 13 Préparation des dilutions pour l'activité insecticide.....	28
Figure 14 Tests de l'activité insecticide sur <i>Tribolium sp</i> (Original, 2019).....	29
Figure 15 Evolution temporelle des mortalités du <i>Tribolium sp</i> traités par l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> en fonction des trois doses.....	33
Figure 16 Taux moyen des mortalités des adultes de <i>Tribolium sp</i> traités par l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> en fonction des trois doses.....	33

Figure 17 Effet de traitement par l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> sur les adultes du <i>Tribolium sp</i> au temps $t=3/4$	34
Figure 18 Efficacité de la dose D1 de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> dans le temps vis-à-vis les adultes du <i>Tribolium sp</i>	35
Figure 19 Efficacité de la dose D2 de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> dans le temps vis-à-vis les adultes du <i>Tribolium sp</i>	35
Figure 20 Efficacité de la dose D3 de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> dans le temps vis-à-vis les adultes du <i>Tribolium sp</i>	36
Figure 21 Evolution temporelle de la population résiduelle de <i>Tribolium sp</i> par contact sous l'effet des différentes doses.....	37
Figure 22 Histogramme relatif à l'évolution temporelle de la population résiduelle de <i>Tribolium sp</i> par contact sous l'effet de la dose D1.....	38
Figure 23 Histogramme relatif à l'évolution temporelle de la population résiduelle de <i>Tribolium sp</i> par contact sous l'effet de la dose D2.....	40
Figure 24 Histogramme relatif à l'évolution temporelle de la population résiduelle de <i>Tribolium sp</i> par contact sous l'effet de la dose D3.....	41

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 Rendements d'extraction en huile essentielle de la région du jardin Botanique du Hamma.....	32
Tableau 02 Effet de traitement par l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> sur les adultes du <i>Tribolium sp</i>	38
Tableau 03 Effet de traitement par la dose D1 de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> sur les adultes du <i>Tribolium sp</i>	39
Tableau 04 Effet de traitement par la dose D2 de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> sur les adultes du <i>Tribolium sp</i>	40
Tableau 05 Effet de traitement par la dose D3 de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> sur les adultes du <i>Tribolium sp</i>	41

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION

Les céréales et leurs dérivés constituent la principale source de protéines dans de nombreux pays en voie de développement et les pertes causés à ce type de denrées lors de leur stockage sont estimés à 100 millions de tonnes dont 13 millions sont provoqués par les insectes. Dans les pays développés ces pertes avoisinent les 3 %, alors qu'en Afrique elles atteignent les 30 % (Smith et Whitman, 1992).

De plus, l'usage très répandu de ces pesticides a entraîné l'apparition de formes de résistances chez les insectes traités (Leonard et Ngamo, 2004).

Les recherches de moyens de limitation de l'utilisation de ces insecticides dangereux prennent de plus en plus d'importance. A cet effet, de nombreux travaux récents se sont penchés sur la recherche de substances ayant des pouvoirs insecticides et respectueux de la santé humaine et de l'environnement.

Que se 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 (Lahlou, 2004).

En effet, les substances d'origine naturelle et plus particulièrement les huiles essentielles représentent actuellement une solution alternative de lutte pour la protection des denrées stockées.

Leur utilisation a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche cette dernière décennie et a suscité un vif intérêt scientifique traduit par le nombre de travaux traitant de l'efficacité des huiles essentielles dans la protection des grains et des denrées stockées (Shaaya *et al.*, 1997 ; Tunc *et al.*, 2000 ; Isman, 2000 ; Hummelbrunner et Isman, 2001 ; Huang *et al.*, 2002 ; Tapondjou *et al.*, 2003; Tripathi *et al.*, 2003; Koonan et Njoya, 2004 ; Kellouche et Soltani, 2004 ; Tapondjo *et al.*, 2005 ;Tiaiba, 2006; Owabali *et al.*, 2009 ; Camara, 2009).

Dans ce travail nous nous proposons d'évaluer l'activité insecticide de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* sur un ravageur des denrées stockées *Tribolium sp.*

Dans la partie bibliographique: un premier chapitre relatif aux aspects bibliographiques, nous rappelons les connaissances portant sur *Tribolium sp.*, le deuxième chapitre présente l'espèce végétale utilisée: *Rosmarinus officinalis*, et les huiles essentielles.

Une partie expérimentale qui traite des matériels et méthodes de travail utilisés dans le cadre de cette étude sont portés dans le troisième chapitre. Et qui étudie l'évaluation du caractère insecticide de l'huile essentielle, les résultats relatifs à l'évaluation de l'effet insecticide de d'huile essentielle sont consignés dans le quatrième chapitre.

Dans ce dernier chapitre, nous avons regroupé aussi l'ensemble des discussions et des interprétations des résultats expérimentaux.

Enfin, nous concluons par un résumé de l'essentiel des résultats de la présente étude.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Données bibliographiques sur les insectes ravageurs des denrées stockées : Cas du Tribolium et les moyens de lutte

I.1. Les principaux insectes ravageurs des denrées stockées

Les insectes sont les principaux ravageurs des denrées stockées. Ils peuvent causer des dégâts considérables au niveau des stocks. La connaissance de ces ravageurs et leur biologie est le premier élément pour diminuer les dégâts. Ces insectes nuisibles peuvent être répartis en deux principaux groupes. Ces derniers renferment plusieurs ordres d'insectes mais les plus fréquents sont les coléoptères et les lépidoptères (DELOBEL&TRANC, 1993).

1. Les ravageurs primaires s'attaquent à des grains intacts dont *Sitophilus oryzae* (L.)
2. Les ravageurs secondaires capables de s'attaquer aux grains qu'à partir des ouvertures causés par les ravageurs primaires servant de voies d'accès. Dans ce cas de ravageurs secondaires on retrouve le *Tribolium confusum* (Duv) et le *Tribolium castaneum* (Herbst).

I.2. Présentation de l'insecte ravageur *Tribolium sp*

I.2.1. Les caractères généraux des Tenebrionidae

Les tenebrionidae sont des coléoptères de taille comprise entre 2 et 80 mm, de forme très variée, à tégument le plus souvent rigide, épais, noir mat ou luisant, de teinte sombre, coloré ou «métallique» par interférence, avec des yeux généralement grands, ovales ou ronds chez certaines sous-familles, avec antennes de 11 articles, plus rarement 10. Aptères ou ailées, ils ont une nervation alaire du type primitif, 5 sternites abdominaux, pattes longs ou tout au contraire, contractées, souvent fousseuses (BALACHOWSKY, 1962).

Un certain nombre de tenebrionidae ont été signalés comme nuisibles sur les plantes cultivées et autres et s'attaquent aux denrées alimentaires stockées ou emmagasinées. Parmi ces dernières, le genre *Tribolium* comprend deux espèces principales cosmopolites et nuisibles: *T. confusum* Duv(fig.01), et *T. castaneum* Herbst(fig.02) .



Figure 01 : Adulte de *Tribolium confusum* (originale, 2019)



Figure 02 : Adulte de *Tribolium castaneum* (originale, 2019)

1.2.2. Position systématique

- Règne : Animal.
- Sous règne : Métazoaires.
- Embranchement: Arthropoda.
- Classe: Insecta.
- Ordre: Coleoptera.
- Sous Ordre: Polyphaga.
- Famille: Tenebrionidae.
- Sous Famille: Ulominae.
- Genre: Tribolium.

1.2.3. Etude du genre Tribolium

Ce sont des coléoptères de 3 à 4mm de long, étroits et parallèles et de forme plus ou moins foncée (BALACHOWSKY et MENSIL, 1936).

Selon LEPIGER (1966), ces insectes sont peu actifs et se dissimulent de préférence dans les recoins obscurs. A l'approche du soir, après les chaudes journées du printemps, ils volent et s'accouplent. (BALACHOWSKY et MENSIL, 1936).

Cependant, il existe plusieurs espèces de Tribolium dont deux qui sont également connues comme nuisibles *T. confusum* D et *T. castaneum* H. Ces deux espèces semblables d'aspect et de taille identique se distinguent par la forme de leurs antennes. Chez *T. castaneum* les antennes des 3 derniers articles sont très brusquement élargis, tandis que pour les *T. confusum* les antennes sont avec ses articles progressivement élargis (LEPESME, 1944) (Fig.03).

Chapitre I : Données bibliographiques sur les insectes ravageurs des denrées stockées: Cas du Tribolium et les moyens de lutte.

Dans le monde entier, le *Tribolium confusum* est le plus commun des insectes des denrées entreposés, c'est essentiellement une espèce des pays chauds, il ne peut vivre dans ces pays que dans les locaux chauffés.

Selon BALACHOWSKY et MENSIL (1936) *Tribolium castaneum* Herbst ne remonte pas plus au nord que le 40ème degré de latitude, sauf dans les entrepôts chauffés. Le *Tribolium confusum* Duval, très voisin, tend à le remplacer dans les pays tels que la Scandinavie.

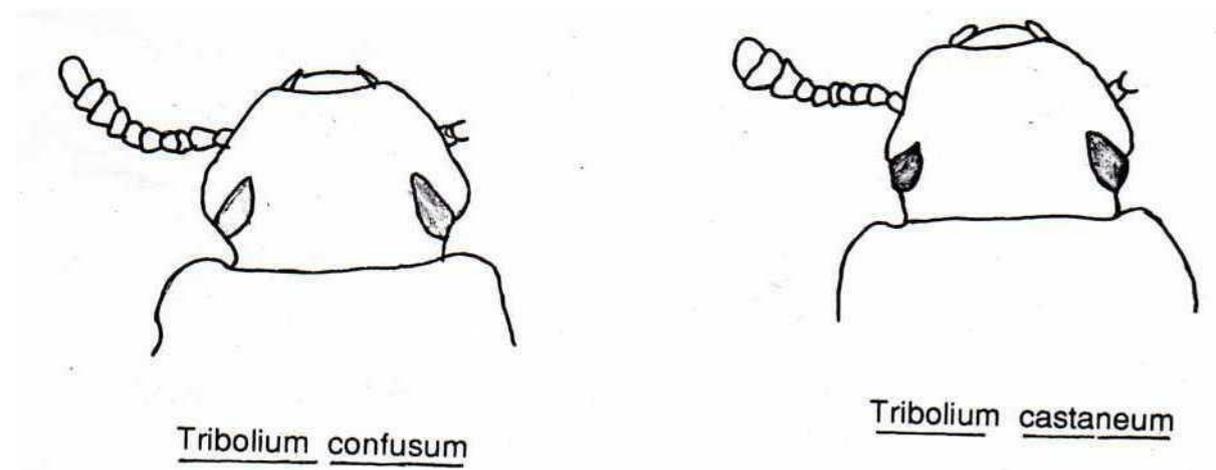


Figure 03: Distinction des deux espèces de Tribolium : tagme antérieure (LEPESME, 1944)

I.2.4. Origine et répartition géographique

Le *Tribolium sp* est une espèce cosmopolite (BALACHOWSKY et MENSIL, 1936).

Selon JURGEN et al, (1981), bien que d'origine strictement africaine, cette espèce a été transportée par l'homme avec des produits nourriciers et se rencontre maintenant dans le monde entier par suite de sa résistance plus grande aux baisses températures. Cette espèce se rencontre à des latitudes plus septentrionales que d'autres espèces du même genre.

I.2.5. Morphologie de Tribolium (exemple de *Tribolium confusum* (Duv.)

I.2.5.1. Description des différents états de *Tribolium confusum* (Duv.)

a) L'œuf

L'œuf est oblong et blanchâtre, presque transparent avec une surface lisse recouverte d'une substance visqueuse qui lui permet d'adhérer à la denrée infestée ; il mesure en moyenne 0.6 x 0.3 mm (LEPESME, 1944) (fig.04).

Chapitre I : Données bibliographiques sur les insectes ravageurs des denrées stockées: Cas du Tribolium et les moyens de lutte.

b) La larve

L'éclosion de l'œuf donne naissance à une larve neonate et de couleur blanche, de petite taille ne dépassant pas 1.4 mm. Elle passe par plusieurs stades dont le nombre varie de 5 à 12 selon la température, l'humidité relative et la qualité de l'alimentation.

La larve de dernier stade est cylindrique, mesure environ 7 mm de long et 0,8 mm de large, sa couleur est d'une jaune pâle. Son corps presque glabre, se termine par deux paires urogomphes. (fig.04).

c) La nymphe

Est blanche et nue, les segments de son abdomen sont explantés latéralement en lames rectangulaires à bords crénelés (BALACHOWSKY, 1936). La nymphe reste sans protection et est incapable de se déplacer (fig.04).

d) L'imago

L'imago est d'un blanc jaunâtre, son tégument se sclérotinise et se pigmente 2 à 3 jours après son émergence. La couleur devient brun rouge, sa taille atteint 3 à 4 mm. Ces élytres allongés, parallèles et arrondis à l'extrémité postérieure, portent des lignes régulières de ponctuation séparées par des cotés très fins (LEPESME, 1944). Les pattes sont courbées, les tarses postérieurs sont formés de quatre articles (fig.04).

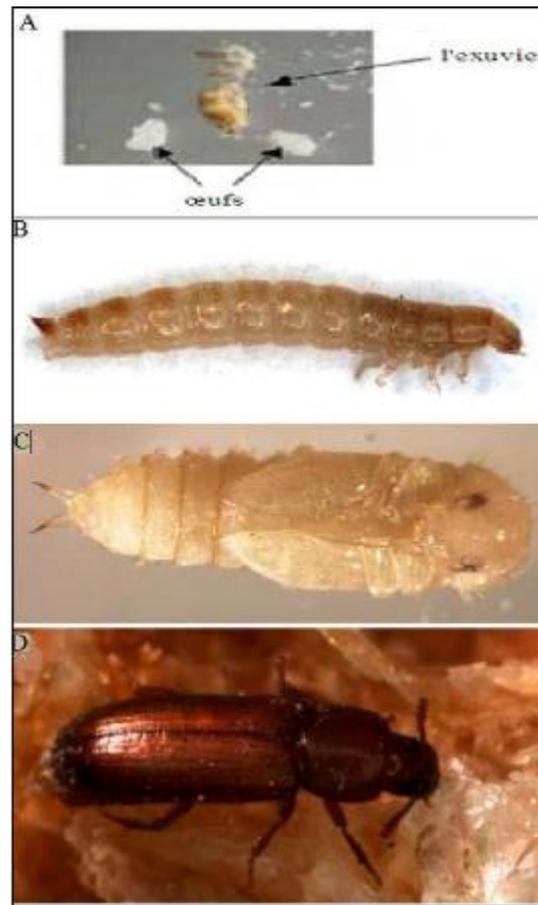


Figure 04: différents états de *T. confusum* (Duval.) A : l'œuf (Rebecca et al, 2003) ; B: larve ; C: nymphe ; D: adulte (Walter, 2002)

I.2.6. Biologie

Le premier accouplement a lieu environ 2 jours après l'émergence des imagos et dure de 3 à 15 minutes. Chez le *Tribolium confusum* (Duv.) l'échelonnement des pontes est conditionné par plusieurs copulations. Les œufs sont pondus en vrac sur les marchandises et ils sont difficiles à déceler. Au cours de sa vie, la femelle pond entre 500 et 1000 œufs.

Les jeunes larves, passent par 5 à 12 stades larvaires selon des conditions de température et d'humidité. La larve, circule librement dans la denrée infestée ou elle nymphose. L'émergence de l'adulte a lieu six jours après la nymphose à 32,5°C et une humidité relative de 70 %, la durée du cycle est de 24 à 26 jours. Le *Tribolium confusum* (Duval.) est une espèce dont l'optimum thermique se situe entre 32°C et 35 ° C, son développement s'arrête au-dessous de 22°C. Il résiste aux basses hygrométries.

En absence d'alimentation, le *Tribolium confusum* exerce le cannibalisme, il dévore les œufs et les larves de ses congénères (STEFFAN IN SCOTTI, 1978).

I.2.7. Régime alimentaire et dégâts

Le Tribolium recherche surtout les denrées amylacées pulvérulentes comme la farine, le son etc... (LEPESME, 1944). Les adultes sécrètent une substance nauséabonde, riche en quinones qui communique au lot infesté une odeur particulièrement désagréable.

D'après STEFFAN in SCOTTI (1978), ils sont très polyphages, ce sont des cléthrophages secondaires, car les larves et les adultes se nourrissent surtout de brisures, elles attaquent les grains endommagés, escortent souvent les charançons ou parachèvent leurs dégâts (Fig 05).



Figure 05 : Dégâts de *Tribolium sp* sur la farine commerciale (original, 2019)

1.2.8. Les ennemis naturels

Certains arthropodes particulièrement les acariens, tels que : *Pediculoides ventricosus* Nemp. *Acarophenax tribolu* selon Nemp et Duval. Tendent à limiter l'activité du Tribolium. Les deux hyménoptère de la famille des bethylides parasitant les larves sont: *Rhabdepyriszea* Turu et Waterst. *Sleroderma immigrans* Bridw.

I.3. La lutte contre les insectes des denrées stockées

On peut considérer le grain en stock comme étant un organisme vivant, Il lui faut par conséquent les soins indispensables à tout organisme qui respire, se nourrit et possède des potentialités de croissance, de développement et de mortalité. Les conditions de l'environnement de stockage doivent viser à amoindrir les activités des facteurs de détérioration (température, humidité, moisissures, insectes, rongeurs, etc.) à travers des actions préventives ou et curatives.

Chapitre I : Données bibliographiques sur les insectes ravageurs des denrées stockées: Cas du Tribolium et les moyens de lutte.

Diverses techniques existantes permettent de protéger les grains entreposés contre les ravageurs, d'en préserver la quantité et la qualité. Elles vont des technologies traditionnelles (exposition au soleil, fumage) à celles plus élaborées et modernes (dépistage électroacoustique, lutte biologique et génétique).

Cependant aucune méthode, à elle seule n'est efficace dans le cadre de la conservation rationnelle des grains en stock.

Les différentes méthodes doivent se compléter et les choix doivent tenir compte du contexte socio-économique local, des problèmes des ravageurs et des spécifications techniques.

I.3.1. Dépistage

I.3.1.1. Dépistage par surveillance de la température

La méthode la plus répandue et la plus facile de surveillance est de mesurer la température du grain, dans la masse, au moyen de détecteurs électriques installés (MILLIS, 1990).

La silothermométrie est très intéressante pour détecter des échauffements dus à une teneur en eau trop forte, à la mise en cellule, mais que lorsqu'il y a 30 insectes libres et 300 formes cachées de charançons par kilogramme de blé, l'échauffement n'est alors que de 1 à 2°C, c'est à dire à la limite du détectable (FLEURAT-LESSARD, 1988). Cette méthode reste insuffisante pour déceler la présence de ravageurs et surtout les formes cachées qui vont engendrer des pertes considérables au cours de leur développement.

I.3.1.2 Dépistage électroacoustique

Ce procédé est utilisé afin de réduire les chances d'infestations des insectes nuisibles (HAGSTRUM et FLINN, 1994). Le son peut être décelé par méthode de simulation par ordinateur sans pour cela réaliser des prélèvements au niveau du stock. (JILANI. G. et Su H.C.F, 1983), ont enregistré les sons produits par *Rhyzoperiha dominica* (F.), *Sitophilus oryzae* (L) et *Sitotroga cerealella* (oliver), lors de leur alimentation des grains de blé qui étaient de 61 à 90%.

Cette méthode a permis d'estimer la densité de *Rhyzoperta dominica* (F) à 80 % pour une température de 27°C, ceci en 40 semaines de stockage HAGSTRUM et THRONE, 1989. Elle permet de détecter les deux stades, larvaires et adultes, généralement les bruits d'un adulte sont égaux à ceux de plus de 37 larves (HAGSTRUM et al, 1990).

Chapitre I : Données bibliographiques sur les insectes ravageurs des denrées stockées: Cas du Tribolium et les moyens de lutte.

Le SGA (Stored Grain Advisor), est un guide qui aide l'opérateur à identifier les insectes ou autres problèmes, prévient la probabilité d'infestation et aide à sélectionner la plupart des actions prophylactiques appropriées ou curatives (FLINN et HAGSTRUM, 1996).

Par le réseau des ordinateurs, les lots de grains individuels peuvent être suivis lorsqu'ils sont orientés vers le système de Marketing et les mesures de contrôle d'insectes peuvent être appliquées au moment le plus approprié (HAGSTRUM et SHUMAN, 1995).

Cette méthode informatisée est utilisée aux Etats Unis d'Amérique et reste intéressante pour prévenir l'infestation car il existe un logiciel pour déterminer l'espèce d'insecte avec toutes ses caractéristiques et l'estimation de la densité des insectes avec les solutions les plus appropriées et nécessaires afin de lutter contre ces ravageurs.

I.3.1.3. Dépistage par infrarouge

Ce procédé consiste à détecter les protéines animales des insectes et même les formes cachées. La résonance magnétique nucléaire (RMN), est réalisée afin de détecter les insectes entiers ou la réflectance dans le proche infrarouge (RPIR) pour déceler les acariens et éventuellement les fragments d'insectes, (PROTZA, 1997).

I.3.2. Méthode immuno-enzymatique

Une nouvelle méthode immuno-enzymatique destinée à estimer la contamination des grains par les insectes et des farines par leurs débris a été développée aux USA. Le dosage est réalisé par le test ELISA de type sandwich.

Les anticorps préparés contre les antigènes d'insectes sont greffés aux parois intérieures de puits transparents d'une contenance maximale d'environ 0,3 ml.

Lorsque l'extrait de blé broyé ou de farine est placé dans un puits, les protéines d'insectes se fixent aux anticorps greffés. Un rinçage emporte ensuite toutes les molécules restées en solution. L'addition d'une solution des mêmes anticorps mais greffés cette fois avec une enzyme capable de catalyser une réaction colorée conduit à la fixation sur les protéines d'insectes qui se trouvent alors prises en sandwich entre les anticorps greffés aux puits et ceux portant l'enzyme. Après un nouveau rinçage et addition du substrat de l'enzyme, l'intensité de la coloration est mesurée par spectrophotométrie. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration en protéines d'insectes de l'extrait et donc à la contamination. Ce test ne détecte ni les poils de rongeurs, ni les acariens, ni les œufs d'insectes, ni les écailles d'ailes de papillon (QUINN et al, 1992).

Les répulsifs peuvent être utilisés dans l'atmosphère de l'entrepôt pour perturber les rapports normaux entre les insectes et réduire de façon significative les accouplements. Les attractifs sexuels sont associés à des entomophages pour la destruction des insectes mâles ou femelles au sein de la population.

Chapitre I : Données bibliographiques sur les insectes ravageurs des denrées stockées: Cas du *Tribolium* et les moyens de lutte.

Les phéromones sont aussi utilisables pour engendrer la confusion sexuelle. Ils peuvent servir à identifier ou détecter la présence d'un insecte ou repérer sa période optimale d'activité en vue de mesures efficaces de lutte (KOUSSOUD et AHO, 1993).

Plusieurs auteurs montrent que pour chaque espèce d'insecte lui correspond une substance semi synthétique :

- *Tenebrio molitor* (L): 4-méthyl- t -nonanol (BALACHWSKY, 1962).
- *Tribolium confusum* (D) : 4-8- diméthyl-décanol (FOURAR, 1987).
- *Rhyzopertha dominica* *Sitophilus oryzae* (L) : Sitophinone (FARJAN, 1983).
- (F): Dominicalure (FOURAR, 1987).

Une étude a été réalisée afin de valoriser l'efficacité de plusieurs types de trapèzes à phéromones utilisés, a révélé que les captures des adultes de *Rhyzopertha doininica* (F) et de *Sitophilus. ssp* sont respectivement de 54,9% et 48% (SUZUKI et SUGAWARA, 1979).

I.3.3. La lutte génétique

La plupart des travaux menés en génétique et amélioration végétale ont été consacrés aux problèmes culturaux et aux caractéristiques agronomiques des grains. Peu de travaux ont été faits afin de trouver les variétés résistantes aux maladies et aux insectes (SALEM et Al, 1989).

FOURAR, 1987, 1994 et MEBARKIA et Al., 2008 ont étudié la sélection variétale des grains de blé du point de vue technologique afin de révéler les variétés sensibles aux attaques des prédateurs au cours du stockage ; ceci dans l'objectif de mener une lutte intégrée vers la création de nouvelles variétés résistantes.

Toutes ces différentes techniques de contrôle, déjà citées, peuvent nous renseigner sur la présence d'insectes et leur infestation afin de minimiser les pertes par une lutte curative dite efficace contre des déprédateurs en fonction du seuil d'infestation.

I.3.4. Lutte physique

Le transilage du contenu des cellules et le tamisage du grain qui ne peut être réalisable pour de grandes quantités, permettent d'éliminer partiellement les infestations, car les insectes sont en mouvement et les larves sont tuées par l'action mécanique. Il y'a d'autres procédés physiques comprennent l'aération, l'entreposage en atmosphère contrôlée, le froid et la chaleur et enfin les radiations ionisantes.

I.3.4.1. Stockage sous atmosphère contrôlée

L'entreposage en atmosphère contrôlée est une façon de lutter contre les insectes. Les taux d'oxygène sont réduits, produisant des conditions où il est impossible pour les insectes et les moisissures de survivre.

Les méthodes suivantes de création d'atmosphères, encore l'objet d'études, sont néanmoins déjà en usage (PIERRAD, 1984):

- On introduit de l'azote pur dans la cellule, jusqu'à ce que le taux d'oxygène soit réduit à moins de 2%.
- On introduit du gaz carbonique dont on augmente le taux jusqu'à 60% environ, ce qui fait baisser le taux d'oxygène à environ 8%.
- On introduit des gaz d'échappement à faible teneur en oxygène, provenant de la combustion d'hydrocarbures, ce qui laisse une atmosphère contenant à peu près 13 % de gaz carbonique et moins de 1% d'oxygène.

D'après FOURAR (1994), l'exposition des insectes ravageurs des grains stockés pendant 7 jours sous atmosphère contrôlée (2000 g de nitrogène et 1% d'oxygène), provoque 100% de mortalité chez les adultes de *Sitophilus oryzae* (L.), *Tribolium confusum* (Herbst), *Rhyzopertha dominica* (F) et les larves de *Trogoderma granarium* (Everts). Plusieurs auteurs cités par cet auteur, ont évoqué l'importance de l'utilisation du nitrogène et du dioxyde de carbone pour le contrôle des insectes.

I.3.4.2. Froid et chaleur

Des expériences ont montré que les insectes et les acariens, ainsi que leurs œufs, ne survivent pas à des expositions soudaines et prolongées à des températures froides. Il a été prouvé que lorsqu'on refroidit le grain jusqu'à ce que sa température atteigne -7°C et qu'on maintient cette température pendant six semaines, aucun insecte ne survit (FOURAR, 1987).

Les insectes ne se développent pas et ne se nourrissent pas aux températures inférieures à 10°C . Sous 0°C , ils finissent par mourir. Le *Cryptolestes ferrugineus* (STEFFAN, 1987) est ainsi éliminé:

- après 2 semaines à la température du cœur de la masse à -15°C
- après 6 semaines à la température du cœur de la masse à -10°C
- après 8 semaines à la température du cœur de la masse à -5°C

Comme le cucujide roux est l'espèce la plus résistante au froid, la plupart des autres insectes peuvent aussi être efficacement combattus par ces combinaisons de température et de durée d'exposition. Cependant, le froid ne tue pas les champignons microscopiques ni tous les acariens (MILLIS, 1990).

Chapitre I : Données bibliographiques sur les insectes ravageurs des denrées stockées: Cas du *Tribolium* et les moyens de lutte.

Cependant, le traitement par la chaleur, consiste à faire passer un courant d'air chaud dans la masse de grain. Ainsi, les adultes de *S. granarius* (L), *R. dominica* (F) et *tribolium confusum* (Duval) ; sont tués à 50°C pendant 3 minutes d'exposition.

Plusieurs travaux de recherche ont été menés dans ce sens afin de contrôler l'activité de ces insectes (FIELDS, 1992 ; HAGSTRUM et FLINN, 1994).

I.3.4.3. Radiations ionisantes

On utilise, à l'heure actuelle, deux sortes de radiations ionisantes pour lutter contre les insectes présents dans le grain et les produits céréaliers. Dans un cas, il s'agit de rayons gamma émis par les isotopes radioactifs du cobalt (cobalt 60); dans le second cas, il s'agit d'électrons rapides produits par un accélérateur d'électrons Van de Graaf. Les rayons gamma pénètrent mieux dans la masse des grains et sont plus efficaces à des doses faibles de 7 à 15 Krad que les électrons accélérés. A 25 Krad, les deux sortes de radiations sont également efficaces six semaines après l'application. Les radiations ionisantes sont efficaces et sûres lorsqu'elles sont utilisées à des fins précises ; cependant, la sensibilité des insectes des produits entreposés à cette mesure de lutte varie beaucoup d'une espèce à l'autre.

Une dose de 16 Krad peut détruire *S. granarius* (L), mais il faut 50 Krad pour se débarrasser de certaines chenilles, d'acariens des grains ou de *Oryzaephilus surinamensis* (L). On doit considérer chaque infestation séparément, en tenant compte de l'espèce en cause (FLEURAT-LESSARD et al, 1987).

L'efficacité de ces radiations ionisantes demande une augmentation des doses et une durée très longue (6 semaines). En outre, les insectes prolifèrent et augmentent la densité de leur population. (BOUNACEUR, 1992) a obtenu des mortalités de l'ordre de 72.% chez *Tribolium castaneum* irradié à 800 rad, il a démontré ainsi que des irradiations des DL50 de l'ordre de 4447,60 rad ont montré une réduction de la ponte, du pourcentage d'éclosion et du pourcentage d'émergence.

I.3.5. Lutte chimique

Dans la lutte chimique, deux groupes de produits sont essentiellement utilisés : les insecticides de contact pénétrant dans les tissus de l'insecte après avoir traversé la cuticule, et les fumigants qui agissent sur le système respiratoire (CHAMP et DYTE, 1978).

Les fumigants sont très toxiques pour l'homme, la contrainte de sécurité est donc très forte, surtout pour l'environnement.

La Deltamétrine est particulièrement efficace contre *Ryzopertha dominica* (F.), dès 0,25 g de matière active par tonne. Cependant, elle est faible pour les *Sitophilus ssp* (DUCOMP, 1982).

Chapitre I : Données bibliographiques sur les insectes ravageurs des denrées stockées: Cas du Tribolium et les moyens de lutte.

NICOLAS et Al(1989) ont montré l'intérêt de l'utilisation d'insecticides de contact pour protéger efficacement les denrées stockées contre *Sitophilus granarius* (L), *S. zeamais* (L).

L'utilisation de régulateurs de croissance (IORs : Insect Growth Regulators), BAY SIR 85145, Diflubenzuron et le Methoprene, appliqués à 5ppm dans la farine ou grain de blé, ont été très efficaces contre les œufs, les larves et adultes de *Oryzaephilus surinarnensis* (L), *T. castaneum* (Herbst), *R. dominica* (F) et *S. oryzae* (L). En effet, le Triflunuron et le Flucycloxuron, ont été notamment efficaces contre les nymphes de *Tenebriomollior* (L,) (FLURAT LASSARD & al, 1987).

En plus de la résistance, il y a la persistance des résidus de ces produits dans les denrées. Il a été signalé que les résidus superficiels du malathion appliqué à 37,8 % sur grains de blé, ont diminué à 5,8 % après 6 mois de stockage sous conditions locales en Algérie. Les résidus extraits des grains, représentent les deux tiers de la dose initiale et ceux associés aux grains sont de 8,6 % après stockage. Et enfin, 10,8% du total des résidus dans les grains, disparaissait pendant la cuisson (FLEURAT-LESSARD et al, 1987).

I.3.6. La lutte biologique

La nécessité de disposer de moyens de lutte différents de ceux du contrôle chimique conventionnel des ravageurs des denrées stockées se fait de plus en plus urgente devant les problèmes de résistance aux insecticides de contact et aux fumigants posés par certaines espèces d'insectes (CHAMP et DYTE, 1978).

Des résultats intéressants ont été enregistrés ou sont attendus dans les domaines des entomophage et des entomopathogènes.

I.3.6.1. Parasites et prédateurs

L'utilisation des entomophages est la méthode la plus connue en matière de lutte biologique. Les entomophages comprennent des prédateurs et les parasites. Un contrôle biologique est un élément important dans l'intégration dirigée des insectes des grains stockés (Integrated Pest Management). La plupart des parasites qui attaquent les ravageurs primaires appartiennent aux familles des Pteromalidae et Bethyridae (HAGSTRUM et FLINN, 1994). *Chaetospila elegans* (Westw) était très efficace pour la répression de la population de *R. dominica* (F).

Les densités de cette espèce dans les boîtes traitées par ce parasitoïde, restent bien au-dessus du seuil économique durant la période de stockage. Après 198 jours de stockage, le contrôle moyen des boîtes était de 2,06 de *R. dominica* (F) par kilogramme (FLINN et al, 1996).

Il existe des acariens prédateurs des œufs, larves et même les adultes d'insectes ravageurs des grains stockés, c'est le phénomène de cannibalisme *Cheyletus eruditus*

Chapitre I : Données bibliographiques sur les insectes ravageurs des denrées stockées: Cas du Tribolium et les moyens de lutte.

(Schränk.); il n'est pas très utile à la lutte biologique mais il peut réduire la population de ces prédateurs (MILLS, 1990).

I.3.6.2. Les entomopathogènes

Ce sont des bactéries, des virus ou des protozoaires pathogènes. Ils peuvent être élevés sur milieu artificiel semi industriellement. Les entomopathogènes n'affectent pas l'homme et semblent ne pas avoir des conséquences néfastes sur la plupart des insectes utiles du milieu de stockage, en l'occurrence les Hémiptères prédateurs et les Hyménoptères parasites (KOUSSOUD et AHO, 1993).

L'agent pathogène *Bacillus thuringiensis* est un produit commercialisé depuis 1960 à des fins de lutte contre diverses espèces nuisibles. Après avoir ingéré la bactérie, le ravageur cesse de se nourrir, et la mort survient dans les 12 à 72 h qui suivent.

I.3.7. Lutte par les produits minéraux et extraits de végétaux

L'utilisation des matières et des plantes pulvérisées est un moyen de lutte qui fait l'objet de recherches de plus en plus poussées (HUANG et AL, 1999).

Le sable siliceux peut être mortel pour les Bruches, la poussière de diatomite permet de protéger le maïs stocké en sacs. Le kaolin, le phosphate tricalcique, les carbonates de calcium ou le magnésium, sont aussi mélangés aux graines alimentaires en raison de leur effet protecteur. Ces matériaux entraînent une déshydratation qui provoque la mort de l'insecte (KOUSSOUD et AHO, 1993).

Parmi les produits végétaux, on distingue les dissuasifs, les répulsifs et les anti appétants. De nombreux organes végétaux manifestent des effets répulsifs sous plusieurs formes (solides, liquides et aérosols). Il s'agit, des écorces, des feuilles ou des fleurs d'espèces des familles des Méliacées, Euphorbiacées, Anacardiées, Moracées, Solanacées, etc. La peau d'orange et certaines graines de Pipéracées sont connues comme de bons répulsifs. L'huile de ricin *Ricinus communis* (L) et l'huile d'arachide *Arachis hypogea* (L) ont souvent donné de bons résultats. Outre les résidus de récolte (spathe et rafle de maïs, tige de mil, etc.) sont brûlés pour la production de fumée (KOUSSOUD et AHO, 1993).

Vingt-deux plantes médicinales originaires de l'Inde, ont été révélées comme protectrices du grain contre *R. dominica* (F.).

Rauwolfia serpentina a aussi inhibé complètement l'alimentation et la production de la progéniture.

Enfin, alors que l'acide sorbique a inhibé l'infestation par plus de 85 % et de 93 % de la production de la progéniture F1, même à une faible concentration de 0,25 % *Messua ferrea* et

Acorus calamus ont accompli plus de 80 % de suppression à 0,50 % et enfin Albizialebeck exerce un contrôle appréciable à 1 %, (KOUSSOUD et AHO, 1993).

Enfin, certains produits animaux sont utilisés broyés ou réduits en cendres, mais ici les résultats de recherche restent encore peu exploités (KOUSSOUD et AHO, 1993).

Chapitre II : Données bibliographiques sur l'espèce végétale et les huiles essentielles.

II.1. Le Romarin : *Rosmarinus officinalis* (Linné, 1757).

II.1.1. Généralités

Le Romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) est une plante des coteaux arides garrigues et lieux rocheux de la région méditerranéenne et même un peu plus au Sud jusqu'aux confins sahariens. Depuis l'antiquité, il est employé pour améliorer et stimuler la mémoire encore aujourd'hui en Grèce (DJELLOULI, 2016).

LES Noms vernaculaires :

- En français : Romarin (QUEZEL et SANTA, 1963).
- En arabe : Azir, Iklil el-Djabel.

II.1.2. Taxonomie

D'après QUEZEL et SANTA (1963), la systématique de *Rosmarinus officinalis* est la suivante :

Règne.....Planteae.
Embranchement..... Phanérogames ou Spermaphytes.
Classe.....Eudicots.
Ordre.....Lamiales.
Famille.....Lamiacées.
Genre.....Rosmarinus.
Espèce.....*Rosmarinus officinalis* (L.).

II.1.3. Description

Le romarin est un arbrisseau de la famille des lamiacée qui peut atteindre jusqu'à 1,5 mètre de hauteur (Fig.06). Il est facilement reconnaissable en toute saison à ses feuilles persistantes sans pétiole, coriaces beaucoup plus longues que larges, aux bords légèrement enroulés, vert sombre luisant sur le dessus, blanchâtres en dessous (fig.07).



Figure 06: Arbuste de Romarin
(Google, 2019)



Figure 07: Feuilles de Romarin

La floraison commence dès le mois de février (ou janvier parfois) et se poursuit jusqu'au mois d'avril – mai. La couleur des fleurs varie du bleu pâle au violet (on trouve plus rarement la variété à fleurs blanches *Rosmarinus officinalis* L. *albiflorus*). Le calice velu à dents bordées de blanc (fig.08), elles portent deux étamines ayant une petite dent vers leur base. Comme pour la plupart des Lamiacées, le fruit est un tetrakène (de couleur brune) (DJELLOULI, 2016).



Figure 08 : Inflorescence de *Rosmarinus officinalis* L. (Google, 2019)

II.1.4. Origine et répartition

Le nom de la plante provient du latin (*Rosmaris*) qui signifie rosée de la mer, cette appellation pourrait s'appliquer au parfum de la plante, à la couleur de sa fleur on même à sa prédilection pour le littoral ; *Officinalis* rappelle les propriétés médicinales de la plante' (ROLET, 1930).

Leur origine le sud de l'Europe, notamment les régions côtières de la mer Méditerranée: l'Espagne, le sud de la France, l'Italie, la Grèce, la Turquie, le Maghreb (du Maroc à la Tunisie), ainsi la région du Caucase (POLETTI, 1976).

II.1.5. Huiles essentielles de Romarin

II.1.5.1. Composition chimique

L'huile essentielle du romarin (1 à 2% dans la plante) contient : de l' α -pinène (7 à 80%), de la verbénone (1 à 37%), du camphre (1 à 38%), de l'eucalyptol (1 à 35%), du bornéol (4 à 19%), de l'acétate de bornyle (jusqu'à 10%) et du camphène. En plus de l'huile essentielle on trouve dans le romarin : 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 ethanologique 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 kaemphérol (BOUCHIKHI, 2014).

II.1.6. Domaine d'utilisation

Depuis longtemps, le Romarin est utilisé à des fins très diverses. Il est cultivé comme plante condimentaire et ornementale. Ses feuilles riches en huile essentielle à la saveur un peu amère, dégagent une odeur qui rappelle l'encens et le camphre. Il éloigne les mites et les papillons autant au jardin que dans la lingerie.

II.1.6.1. Industrie agro-alimentaire

Les extraits végétaux de Romarin présentent un pouvoir antioxydant important et peuvent être appliqués à la conservation des aliments et des huiles lipidiques. Ces propriétés sont dues aux acides polyphénoliques (rosmarinique et caféique)(ALBERT et *al*, 1996).

L'épice est utilisée dans les boissons, les aliments cuits, viandes et produits de viande, condiment et assaisonnement ainsi que les aliments industriels.

L'huile est utilisée dans les boissons, les desserts glacés, confiseries, aliments cuits, gélatines et pouding, viande et produits de viande, condiments et assaisonnement, entre autres (ALBERT et *al*, 1996).

II.1.6.2. Industrie cosmétique et parfumerie

Il est à noter qu'au 19^{ème} siècle, l'essence de Romarin servait à la préparation de la très célèbre eau de Cologne de la reine de Hongrie. Aujourd'hui elle rentre dans la composition, de savons, détergents, crèmes et la plupart des eaux de Cologne. (ALBERT et *al*, 1996).

II.1.6.3. La thérapie

Le romarin était déjà cité en médecine arabe classique pour ses propriétés hépatotrope, diurique et emménagogue qui sont dues aux présences des flavonoïdes tels que : les glucosides et la lutoline (LECLERE, 1877 et PIOZZI, 1996).

Les feuilles de Romarin sont utilisées dans la phytomédecine pour brûlures d'estomac et thérapie d'appui, des maladies rhumatismales ; en usage externe pour les problèmes de circulation ; en bain, l'herbe est utilisé comme stimulant externe pour l'accroissement sanguin fourni à la peau. C'est aussi un bon stimulant du cuir chevelu (PIOZZI, 1996).

On sait depuis longtemps que le Romarin est cholagogue et cholérétique, ces effets semblent en relation avec la présence de nombreux acides phénoliques signalés dans beaucoup de labiées (ALBERT et *al*, 1996).

Les diterpènes phénoliques présentant dans le Romarin tel que l'acide carnosique et le carnosol ont des effets d'inhibition contre des virus de HIV-1 et certains cancers et d'autres entrants dans cette fraction ont un effet carcinologique. (ALBERT et *al*, 1996).

II.2. Huiles essentielles

II.2.1. Généralités

Les métabolites secondaires sont importants pour la survie et la propagation des plantes qui les produisent. Beaucoup fonctionnent comme signaux chimiques qui permettent à la plante de répondre aux contraintes de l'environnement, d'autres interviennent pour défendre leur producteur contre les herbivores, les pathogènes ou les compétiteurs. Il y a trois classes de métabolites secondaires chez les plantes : les alcaloïdes, les terpénoïdes (huile essentielle) et les substances phénoliques (PETER et Al, 2011). Les huiles essentielles constituent une source intéressante de nouveaux composés dans la recherche de molécules bioactives (SELL, 2006) et font l'objet d'études pour prendre la place des insecticides chimiques dans le domaine de la phytoprotection (AMIRATA, 2011).

II.2.2. C'est quoi une huile essentielle ?

Les huiles essentielles sont par définition, des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages (CSEKE et KAUFMAN, 1999). Ce sont des extraits végétaux volatiles et odorants, appelées également substances organiques aromatiques liquides, qu'on trouve naturellement dans diverses parties des arbres, des plantes et des épices. Elles sont sensibles à l'effet de la chaleur (EVANS, 1998). Ces extraits contiennent en moyenne 20 à 60 composés qui sont pour la plupart des molécules peu complexes, soit des monoterpènes avec leurs phénols reliés, ou des terpènes plus complexes, dont les Sesquiterpènes (CHIASSON et BELOIN, 2007). Chacune possède ses caractéristiques, son parfum et ses propriétés. Certaines sont plus épaisses et visqueuses, d'autres plus foncées (NELLY et GROSJEAN, 2011). La composition chimique, les métabolites secondaires, les éléments majeurs ainsi que leur degré de concentration dépendent de la plante, des variétés et des saisons (DANIELE, 2009), du sol et du climat (Fluck, 1963) et du mode de culture.

La plupart des plantes renferment des essences, qui sont plus particulièrement abondantes dans les végétaux aromatiques des familles suivantes : Labiées, Ombellifères, Myrtacées, Rutacées, Lauracées, Térébinthacées et Conifères (FABRICE, 2009). Selon les cas, les huiles essentielles sont extraites des sommités fleuries, des fleurs, des feuilles, des aiguilles, des semences, des fruits, des racines, des écorces ou du bois. La synthèse et l'accumulation des huiles essentielles sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées, souvent localisées sur les tissus superficiels des différents organes de la plante telle que la cellule à huiles essentielles des Lauraceae et des Zingiberaceae ; poils sécréteurs des Lamiaceae ; poches sécrétrices des Myrtaceae ; canaux sécréteurs des Apiaceae ou des Asteraceae (BRUNETON, 2009)

II.2.3. Composition des huiles essentielles

La composition des huiles essentielles 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 les composés d'origines diverses :

- Les terpènes de formules (C_5H_6) : il s'agit des terpènes les plus volatiles :

monoterpènes et terpènes sesquiterpéniques porteurs de fonctions dont le degré d'oxydation est variable, les substances possibles sont nombreuses.

- Les composés aromatiques biosynthétisés : les composés aromatiques biosynthétisés à partir de l'acide shikimique (isolé la première fois du shikimi ou *Elliciumanisatum* ou badiane japonaise) qui donnent des dérivés du phénylpropane (C_6-C_3) sont moins fréquents : un noyau aromatique est couplé à une chaîne de trois carbones, les terpènes agissent aussi sur la pénétration percutanée des phénylpropanoïdes.

- Les composés divers : Lors de la distillation, certains composés aliphatiques (carbures, acides, alcools, aldéhydes, esters) sont entraînés. Des composés non souhaitables, pesticides, ou autres ayant été utilisés lors de la culture, peuvent également se trouver dans l'huile essentielle (MILPIED-HOMSI, 2009).

II.2.4. Les facteurs influençant la composition des huiles essentielles

L'huile essentielle est constituée de plusieurs molécules chimiques de synthèse naturelle. Ces molécules sont différentes selon la nature de la plante et le sol (AZFALI *et al.*, 2009), le temps de récolte (CELIK TAS *et al.*, 2007), la partie de la plante (FLAMINI *et al.*, 2002), la préparation de l'échantillon (MCCORMICK *et al.*, 2006), la méthode d'extraction (BOUTEKEDJIRET *et al.*, 2003) ainsi que l'origine de la plante (sauvage ou cultivé), (BEKKARA *et al.*, 2007).

II.2.5. Classification des huiles essentielles

D'après BAKKALI *et al.* (2008) les huiles essentielles sont composées d'un mélange de monoterpènes et de sesquiterpènes. Les monoterpènes sont formés de l'accouplement de deux unités d'isoprène (C₁₀). Ils sont les molécules les plus représentatives constituant 90 % des huiles essentielles et permettent une grande variété de structures. Ils consistent en plusieurs fonctions :

- Carbures: acyclique: myrcène, ocimène, etc. monocyclique: terpinènes, p-cimène, phellandrenes, etc. bicyclique: pinènes, -3-carene, camphène, sabinène, etc.
- Alcools: acyclique: geraniol, linalol, citronellol, lavandulol, nerol, etc. monocyclique: menthol, α-terpéniol, carveol bicyclique: borneol, fenchol, chrysanthénol, thuyane-3-ol, etc.
- Aldéhydes: acyclique: geranial, neral, citronellal, etc.
- Cétones: acyclique: tétonone, etc. monocyclique: menthones, carvone, pulegone, pipéritone, etc. bicyclique: camphor, fenchone, thuyone, ombellulone, pinocamphène, etc.
- Esters: acyclique: linalylacétate ou propionate, citronellylacétate, etc. monocyclique: menthyl ou α-terpinylacétate, etc. bicyclique: isobornylacétate, etc.
- Éthers: 1,8-cinéole, menthofurane, etc.
- Peroxydes: ascaridole, etc.
- Phénols: thymol, carvacrol, etc.

Les sesquiterpènes sont formés de l'assemblage de trois unités d'isoprène (C₁₅). L'extension de la chaîne augmente le nombre de cyclisations qui permet une grande variété de structures. La structure et la fonction des sesquiterpènes sont semblables à ceux des monoterpènes :

- Carbures: azulène, β-bisabolène, cadinènes, β-caryophyllène, logifolène, curcumènes, élémènes, farnésènes, zingibérène, etc.
- Alcools: bisabol, cedrol, β-nerolidol, farnésol, carotol.
- β-santalol, patchoulol, viridiflorol, etc.

- Ketones:germacrone, nootkatone, cis-longipinan-2,7-dione, b-vétinone,turmerones, etc.
- Epoxide:caryophylleneoxide, humuleneepoxides, etc.

II.2.6. Extraction des huiles essentielles

Les principaux paramètres à prendre en compte dans les opérations fondamentales d'extraction de matières premières naturelles aromatiques sont :

- La volatilité.
- La solubilité.
- La taille et la forme des molécules constitutives.
- L'adsorption.

De nombreuses techniques permettent d'extraire l'huile essentielle des plantes et de préserver leurs composés volatiles. Ces techniques d'extraction évoluent dans le but d'améliorer le rendement d'extraction ainsi que la qualité de l'huile essentielle obtenue. Cette diversité est due à la variété des matières premières et à la sensibilité considérable de certains de leurs constituants (SALLY, 1991). Parmi les méthodes d'extraction :

- Extraction par l'entraînement à la vapeur d'eau et l'hydrodistillation.
- Extraction par solvant.
- Extraction par ultrasons.
- Extraction par soxhlet.
- Extraction par micro-onde.
- L'extraction au CO₂ supercritique.

II.2.7. La conservation des huiles essentielles

La conservation des huiles essentielles exige certaines précautions indispensables si l'on veut éviter leur oxydation et leur dépolymérisation. Aussi il est intéressant d'utiliser des flacons de verre colorés ou opaques, bien bouchés, pour les préserver de l'air, de la lumière et des principaux agents de leur dégradation (ZHIRI et BAUDOUX, 2005).

MATERIEL ET METHODES

Chapitre III: Matériel et Méthodes

Objectif

Le but de l'essai est d'évaluer respectivement, dans les conditions de laboratoire, l'activité insecticide de l'huile essentielle formulée de Romarin (*Rosmarinus officinalis*) collectée du Jardin d'Essai du Hamma, sur les adultes de *Tribolium sp.*

Ce présent travail comprend deux parties essentielles :

- La première partie :
 - Extraction de l'huile essentielle de Romarin.
 - Elevage du *Tribolium sp.*
- La deuxième partie :
 - Tester l'activité biocide de l'HE de Romarin sur le *Tribolium sp.*, par effet de contact à différentes concentrations.

III.1.Situation géographique de la région de prélèvement

III.1.1. Situation et présentation générale du jardin d'essai (Jardin Botanique du Hamma)

La région de collecte de la plante *Rosmarinus officinalis* est le Jardin d'Essai du Hamma, situé au fond de la baie d'Alger dans la partie Nord-Est, dans le quartier du Hamma à Alger. Il s'étend en amphithéâtre, au pied du Musée National des beaux-arts d'Alger, de la rue Mohammed Belouizdad à la rue Hassiba Ben Bouali, et à l'Ouest par l'esplanade du Hamma avec l'hôtel Sofitel et la bibliothèque nationale sur une superficie de 32 hectares. Il est localisé à la latitude 36°43'Nord et à la longitude 03°05'Est, à une altitude qui varie de 10 à 100 mètres (Fig.09).



Figure 09 : Région de récolte de *Rosmarinus officinalis* (anonyme).

III.2. Matériel végétal

Au cours de nos essais, nous avons utilisé la plante de romarin, le choix de cette plante est justifié par plusieurs critères à savoir :

- sa disponibilité sur le territoire algérien.
- son utilisation en pharmacologie.
- son activité insecticide relatée par la bibliographie.

Le matériel végétal est constitué des parties aériennes (feuilles et tiges), le Romarin a été cueilli en mars 2019 au niveau du Jardin d'Essai du Hamma de la wilaya d'Alger (fig.10).

Afin d'extraire l'huile essentielle, les plantes ont subi un séchage pendant 15 à 20 jours à une température ambiante et à l'abri de la lumière solaire, afin de préserver au maximum l'intégrité des molécules. Le matériel végétal séché est ensuite broyé grossièrement puis conservé dans des sacs en carton jusqu'au moment de son utilisation.



Figure10: *Rosmarinus officinalis* (originale, 2019).

III.3. Matériel entomologique

La souche de *Tribolium sp* est originaire des stocks de farine des maisons. Pour obtenir les individus en adultes de *Tribolium sp* nécessaire à notre expérimentation, nous avons réalisé l'élevage au niveau de la maison.

L'élevage a été effectué dans une armoire aménagée en chambre d'élevage à une température de $25^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ et une humidité relative variant de 65 à 70%.

30 adultes sont placés dans chaque bocal en verre d'une capacité de 500 grammes contenant 100g de farine commerciale, dont l'ouverture est fermée à l'aide d'un couvercle perforé permettant l'aération des adultes de *Tribolium sp*.

Afin d'éviter le phénomène de surpopulation dans des bocaux et avoir suffisamment, d'individus de *Tribolium sp*, nous avons procédé à un transfert régulier des adultes dans des nouveaux bocaux. Cette procédure nous a permis d'assurer en permanence l'élevage et l'approvisionnement en individus nécessaires aux traitements.



Figure 11: Tamisage de la farine (Originale, 2019).

III.4. Matériels et appareillage de laboratoire

- Un extracteur de l'HE par hydrodistillation de type Clevenger (Fig.12).
- Balance de précision.
- un ballon (2L).
- Chauffe-ballon électrique.
- Erlenmeyer.
- Bouteilles en verre.
- Entonnoir.
- eau distillée.
- papier aluminium.
- Pipette pour le dosage des produits.
- un tamis.
- Une pince pour le prélèvement de Tribolium.
- Boîtes de pétri en plastique de 11cm de diamètre.
- Papier whatman N1.
- Pulvérisateurs.

III.5.Méthode d'extraction de l'huile essentielle

L'extraction de l'huile essentielle a été effectuée au niveau du laboratoire de phytopharmacie (lab.09), dans la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'Université de Blida1.

La méthode utilisée est l'hydro-distillation à l'aide de l'appareil de Clevenger (Fig.12). On introduit 140 grammes de matière séchée de *Rosmarinus officinalis* dans un ballon d'une capacité de 2000 ml. La matière végétale est ensuite immergée d'eau distillée au deux tiers du ballon (soit 1400 à 1500 ml d'eau distillée). L'ensemble est porté à ébullition pendant 2h. Le chauffage est assuré par un Chauffe-ballon électrique avec réglage. Les vapeurs chargées d'huiles essentielles se condensent à leur arrivée au niveau du réfrigérant et elles retombent sous forme de gouttelettes dans l'essencier en formant avec l'eau un mélange d'eau et d'huile.

L'huile essentielle (phase surnageante) est séparée de l'eau par décantation (différence de densités), et est conditionnée dans des flacons en verre enfumé, hermétiquement fermés pour éviter tout risque d'altération. Les flacons remplis d'huiles essentielles sont conservés à une température de 4°C jusqu'à l'utilisation dans l'expérimentation.

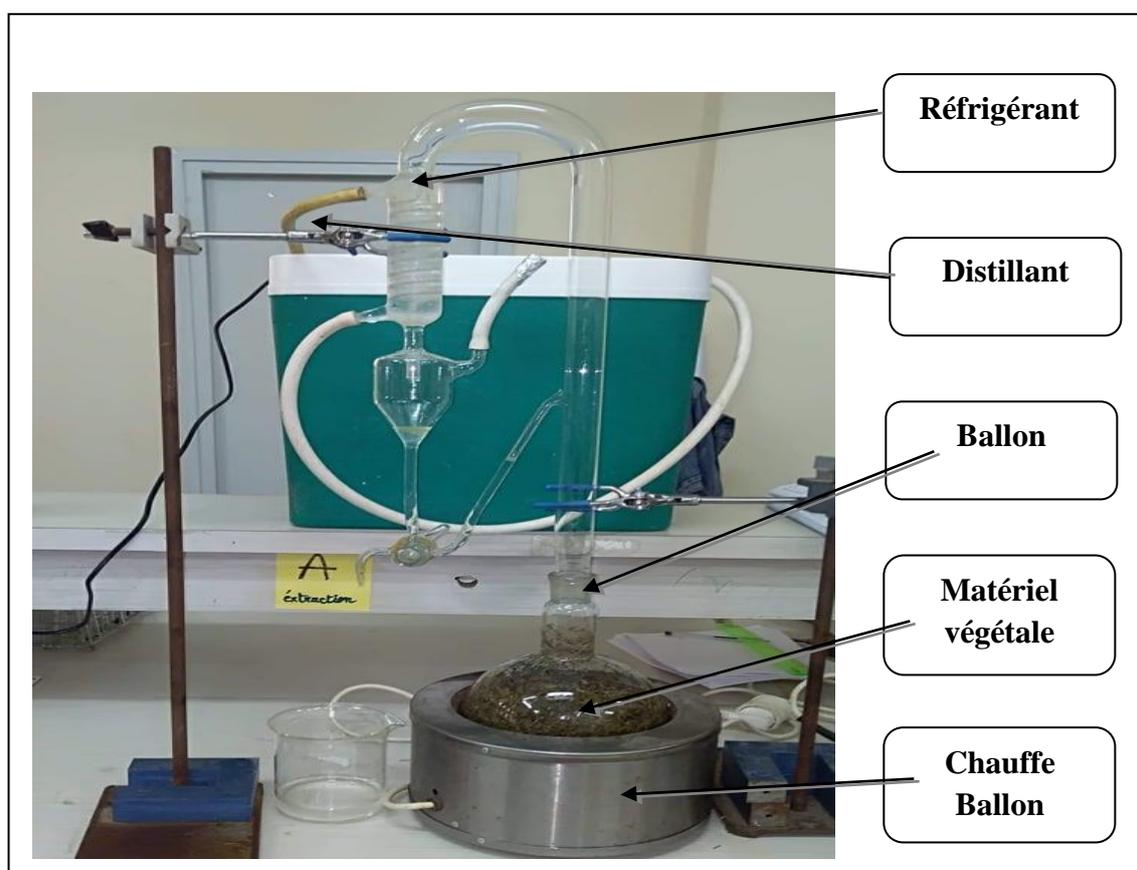


Figure 12: Dispositif d'extraction de huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* (Hydro-distillation) (original, 2019).

III.6. Tests de l'activité insecticide

Pour l'évaluation de l'activité insecticide de l'extrait végétal de *Rosmarinus officinalis* nous avons effectué un test biologique in-vitro qui consiste à pulvériser le traitement sur des individus de *Tribolium* par mode contact.

Des dilutions de 1, 2 et 3 grammes de l'huile essentielle formulée de romarin sous forme de gel, ont été préparées avec un ajout successivement de 9, 8 et 7 millilitres d'eau distillée dans chaque tube (Fig.13). Des dilutions ont été effectuées pour le témoin.

Ces formulations ont été préparées au laboratoire de phytopharmacie du département de biotechnologie de l'université de Blida1 selon le protocole établie par (MOUSSAOUI, 2019).

- D1 (1g Formulation Mère/9ml d'eau distillée).
- D2 (2g Formulation Mère/8ml d'eau distillée).
- D3 (3g Formulation Mère/7ml d'eau distillée).

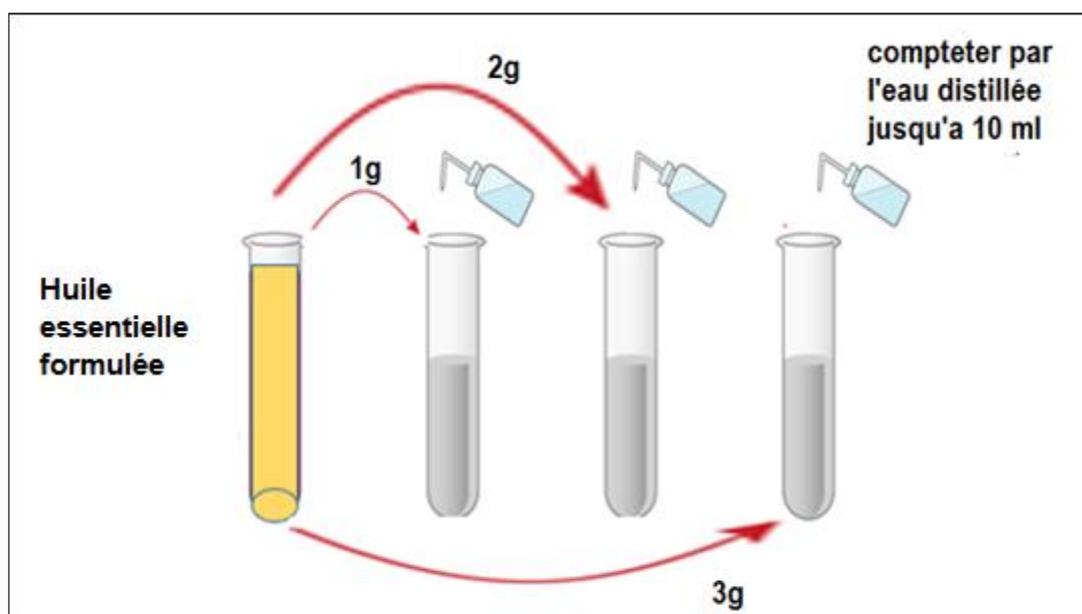


Figure 13: Préparation des dilutions pour l'activité insecticide

Nous avons déposé dans chaque boîte de pétri de 11cm de diamètre du papier whatman N1 imbibé de différentes doses (D1= 1g/9ml, D2=2g/8ml, D3=3g/7ml) d'huiles essentielles formulées de *Rosmarinus officinalis*. Dans chaque boîte de Pétri a été déposé, à l'aide d'un pinceau, 10 individus de *Tribolium sp.*

Des boîtes de Pétri contenant respectivement de l'eau distillée (témoins) ont été retenues pour les tests de contrôle de l'activité insecticide. Puis, les boîtes de Pétri ont été recouvertes d'un parafilm pour empêcher la fuite des individus adultes. Les traitements ont été répétés cinq fois sur l'ensemble des boîtes de Pétri (Fig. 14).

Le dénombrement des adultes mortes a été effectué à différents temps d'exposition aux traitements, à savoir, 15minutes, 30minutes, 45minutes, 1heure, 1heure30 minutes, 2heures, 4heures, 24heures. Les adultes immobiles au contact d'une aiguille ont été considérées comme mortes.



Figure 14 : Tests de l'activité insecticide sur *Tribolium sp* (Original, 2019).

III.7.Exploitation des données

Les méthodes d'estimation de certains paramètres sont les suivantes :

a/ Calcul de rendement

Le rendement en huile essentielle (R) est le rapport entre le poids de l'huile essentielle (P') et le poids de la plante traitée (P) (Carré, 1953) il est exprimé en pourcentage et calculé par la formule suivante :

$$R\% = (P'/P) \times 100$$

R% : Rendement de l'huile.

P' : Poids de l'huile en (g).

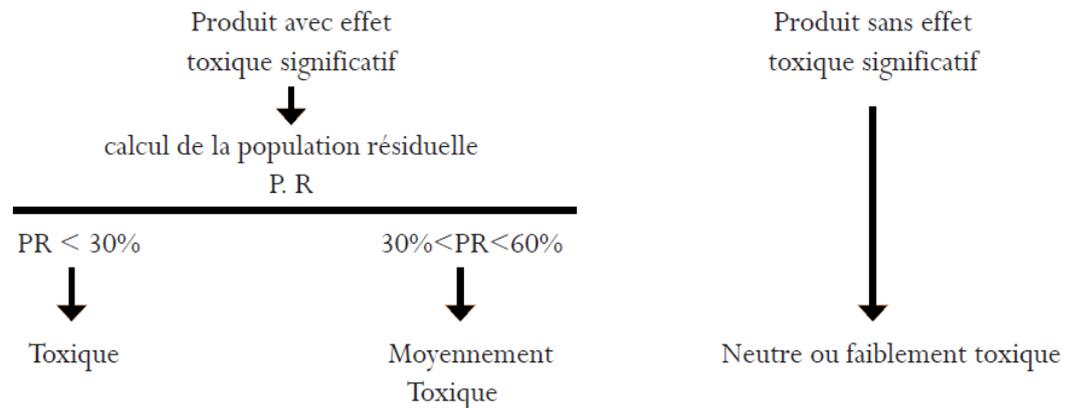
P : Poids de la plante en (g).

b/ Calcul de la DL₅₀ et DL₉₀

Les doses létales 50 et 90 ont été déterminées selon la méthode de Finney (1952). Les doses létales correspondent à la mortalité de 50 et 90% des insectes testés et elles sont évaluées à partir de l'équation de la droite de régression obtenue en transformant le pourcentage des mortalités corrigées en probits en fonction du logarithme des doses.

c/ Calcul de la population résiduelle

L'effet biocide de l'huile essentielle de romarin a été quantifié sur les individus de *Tribolium*. Pour cette finalité nous avons calculé le taux des populations résiduelles selon le Test de DUNNETT.



$$PR = \frac{\text{Nb de formes mobiles (NFM) par traitement} \times 100}{\text{Nb de formes mobiles par témoin (eau)}}$$

PR <30% Molécule toxique, 30% > PR < 60% Molécule moyennement toxique, PR > 60% Molécule neutre ou faiblement toxique

d/ Calcul du pourcentage de mortalité

Le pourcentage de mortalité est calculé chez les adultes de Tribolium témoin et traité par la formule suivante :

$$\text{Mortalité observée} = \frac{\text{Nombre d'individus morts}}{\text{Nombre total des individus}} \times 100$$

e/ Calcul de la mortalité corrigée

Le nombre d'individus démontré dans une population traité par un produit toxique n'est pas le nombre réel d'individus tués par ce toxique. La formule permet de corriger la mortalité D'ABBOT (1925) selon la formule suivante :

$$MC (\%) = \frac{(M - Mt) \times 100}{(100 - Mt)}$$

MC (%) : pourcentage de mortalité corrigée.

M : pourcentage de mortalité observée dans la population traitée.

Mt : pourcentage de mortalité observée dans la population témoin .

III.8. Analyses statistiques des données

L'activité insecticide de l'huile essentielle de Romarin, a été évaluée par la population résiduelle des individus de *Tribolium*. Cinq répétitions ont été réalisées afin de déterminer l'effet insecticide, ces répétitions ont été résumées par le calcul de la moyenne.

III.8.1. Analyses de variance (SPSS 18.0.0)

Lorsque le problème consiste à savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (période, dose, populations résiduelles), nous avons eu recours à une analyse de variance (ANOVA pour *Analysis Of Variance*) qui permet de vérifier la signification de la variable d'intérêt entre toutes les combinaisons des modalités, dans les conditions paramétriques si la distribution de la variable quantitative est normale.

La signification des différences entre les traitements est exprimée en fonction de la probabilité P erreur 5%. Le seuil de 5% a été retenu pour tous les tests.

$P > 0,05$: Différence non significative. $P < 0,05$: Différence significative.

RESULTATS ET DISCUSSION

Chapitre IV : Résultats

Les résultats relatifs à l'effet biocide et l'efficacité de traitement de l'huile essentielle formulée de *Rosmarinus officinalis*, extraite par hydrodistillation, sous l'effet des différentes doses sur le taux des populations résiduelles de *Tribolium sp* menés en conditions de laboratoiresont présentés dans ce chapitre.

IV.1.Evaluation du rendement de l'huile essentielle

Le rendement moyen en l'huile essentielle a été calculé en fonction de la matière végétale sèche des feuilles et des tiges de *Rosmarinus officinalis* de la région du **jardin Botanique du Hamma**. Le pourcentage obtenu en rendement de *Rosmarinus officinalis* est assez important, avec un taux 1,16 % (soit 1.8 ml pour 140g de matière sèche), (Tab.01).

Tableau 01: Rendements d'extraction enhuile essentielle de la région du jardin Botanique du Hamma

Origine	Dates de récolte	Organe	Méthode d'extraction	Durée d'extraction	Matière végétale	Rendement
jardin Botanique du Hamma	Mars 2019	Feuilles et tiges	Hydrodistillation type Clevenger	2 heures	140g	1,16%

IV.2.Effet de *Rosmarinus officinalis* sur la mortalité des adultes du *Tribolium sp*

Les résultats des mortalités des adultes du *Tribolium sp*, traités par *Rosmarinus officinalis* sont portés sur les tableaux 6 et 7(Annexe) et illustrés par les figures 15 et 16.

Une projection a été réalisée en faisant ressortir la mortalité en fonction des trois doses (Fig.15). L'évolution temporelle de la mortalité du *Tribolium sp* montre d'après le graphe un effet progressif sur une période s'étalant de 1/4h à 24h après traitement sous l'effet des trois doses.

Dans le premier 1/4h après traitement la dose D1 a tué 10% des adultes de *Tribolium*, La dose D1 agir faiblement par rapport à la dose D2 et D3 dans la période de 1/4h à 1h dont la mortalité est de 75%, mais agir fortement par rapport à la dose D2 dans la période de 1h à 1h30 dont la mortalité atteint 100%.

Dans le premier 1/4h après traitement la dose D2 a tué 20% des adultes de *Tribolium*, la dose D2 agir fortement par rapport à la dose D1 et faiblement par rapport à la dose D3 dans

la période de 1/4h à 1h dont la mortalité est de 92%. Mais agir plus lent que la dose D1 dans la période de 1h à 1h30 dont la mortalité atteint 100%.

Dans le premier 1/4h après traitement la dose D3 a tué 63% des adultes de *Tribolium*, La dose D3 a un effet choc dès la première 1h d'exposition, dont la mortalité atteint 100%.

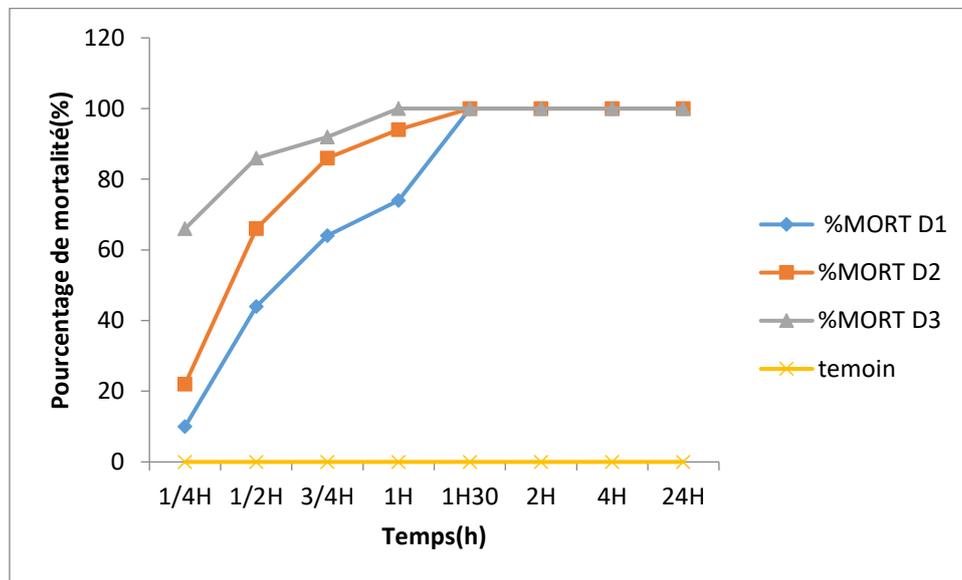


Figure 15: Evolution temporelle des mortalités du *Tribolium sp* traités par l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* en fonction des trois doses.

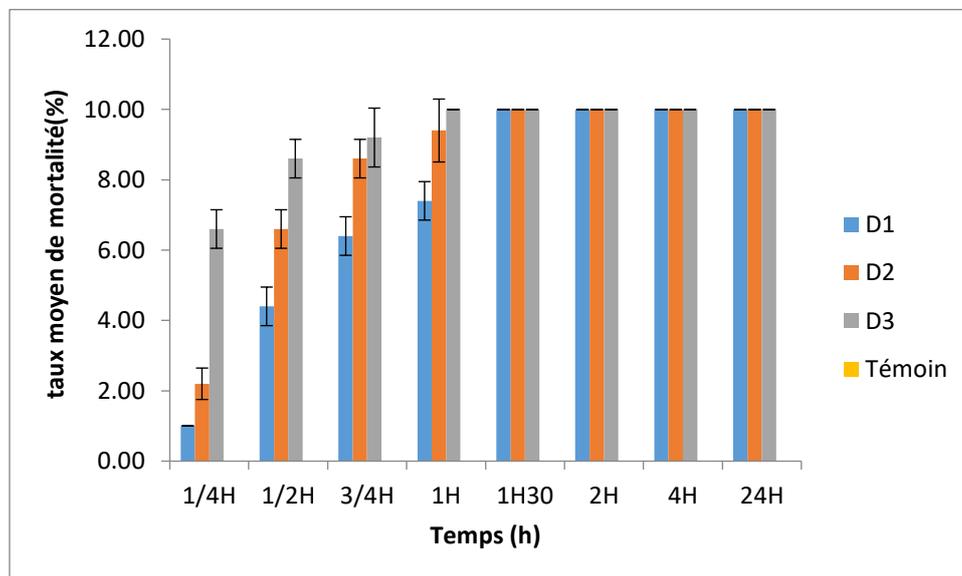


Figure 16: Taux moyen des mortalités des adultes de *Tribolium sp* traités par l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* en fonction des trois doses.

D'après la figure (17), on constate que l'huiles essentielle testée a montré une efficacité insecticide sur les adultes de *Tribolium*, cette efficacité se traduit par

- 1- Une efficacité presque similaire est enregistrée dans D1 et D2.

- 2- Cette efficacité augmente en fonction de l'augmentation des doses surtout chez la dose D3.

Ce qui concerne l'évaluation temporelle, nous constatons d'après la figure (16) que le taux de mortalité des adultes de *Tribolium* traité par mode contact avec l'huile essentielle de romarin, s'élève probablement aux concentrations testées les premières 24h. Ce taux augmente en fonction des périodes d'exposition.

IV.3.Détermination des DL50 et des TL50

Après les transformations faites sur les temps et les doses en logarithmes décimaux, et les valeurs de pourcentages des mortalités corrigées en Probits, nous avons tracé les droites de régression avec ses équations. Ceci nous permet de déterminer les DL50 et les TL50 pour les adultes de *Tribolium sp* traités par *Rosmarinus officinalis*.

IV.4.L'efficacité de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*

Les résultats de l'efficacité de traitement par l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* sur les adultes du *Tribolium sp* sont portés sur les tableaux 8,9,10 et 11 (Annexe) et illustrés par les figures 17,18,19 et 20.

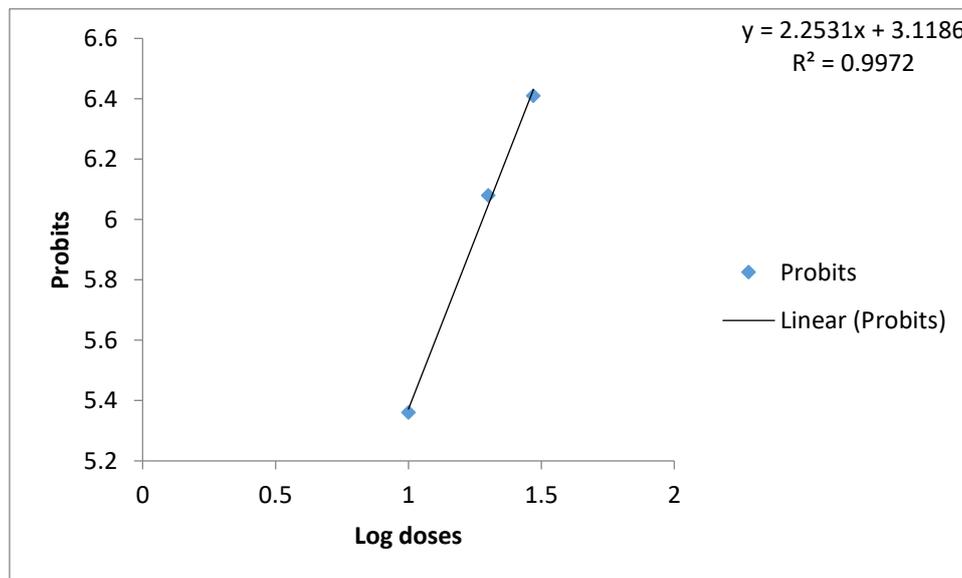


Figure 17: Effet de traitement par l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* sur les adultes du *Tribolium sp* au temps $t=3/4$.

La DL50 de traitement par *Rosmarinus officinalis* sur les adultes du *Tribolium sp* au temps $t=3/4$ h est égale à 6.83%.

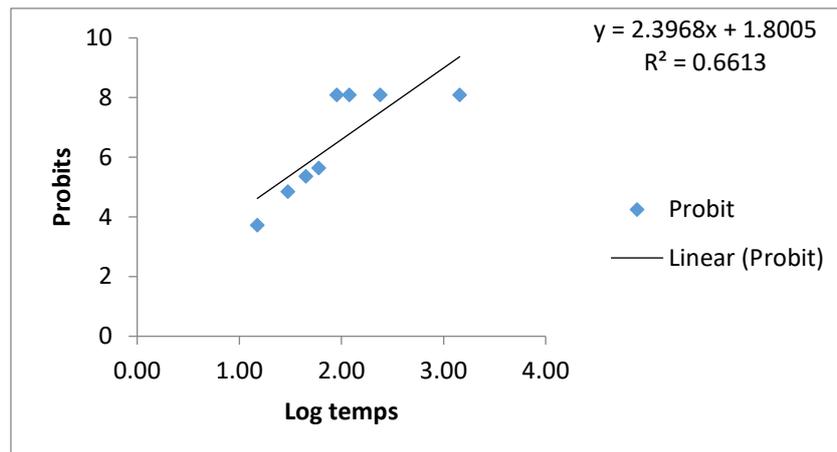


Figure 18: Efficacité de la dose D1 de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* dans le temps vis-à-vis les adultes du *Tribolium sp.*

La courbe exprime une droite de régression représentant la mortalité par contact transformée en probit en fonction du logarithme décimal de la concentration de l'huile essentielle formulée de *Rosmarinus officinalis*.

a. D1=10%

La TL50 de traitement par *Rosmarinus officinalis* sur les adultes du *Tribolium sp* à la dose D1 est égale à 21.38 mn.

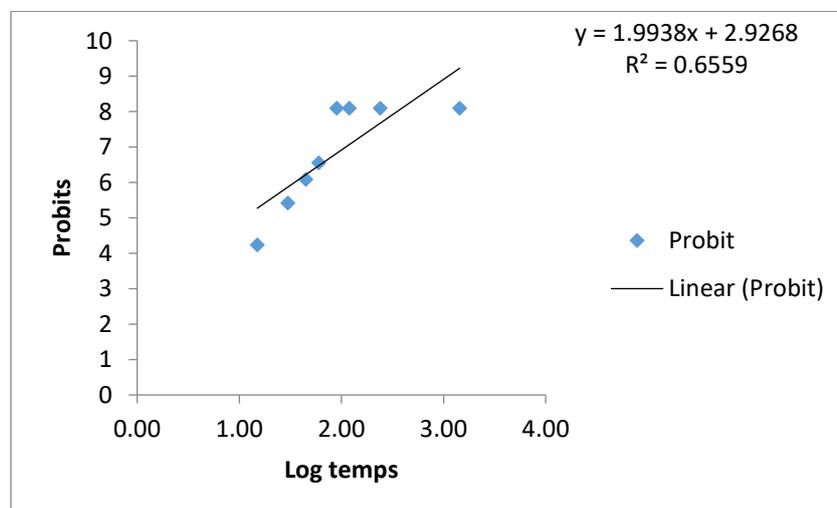


Figure 19: Efficacité de la dose D2 de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* dans le temps vis-à-vis les adultes du *Tribolium sp.*

La courbe exprime une Droite de régression représentant la mortalité par contact transformée en probit en fonction du logarithme décimal de la concentration de l'huile essentielle formulée de *Rosmarinus officinalis*.

b. D2=20%

La TL50 de traitement par *Rosmarinus officinalis* sur les adultes du *Tribolium sp* à la dose D2 est égale à 10.96 mn.

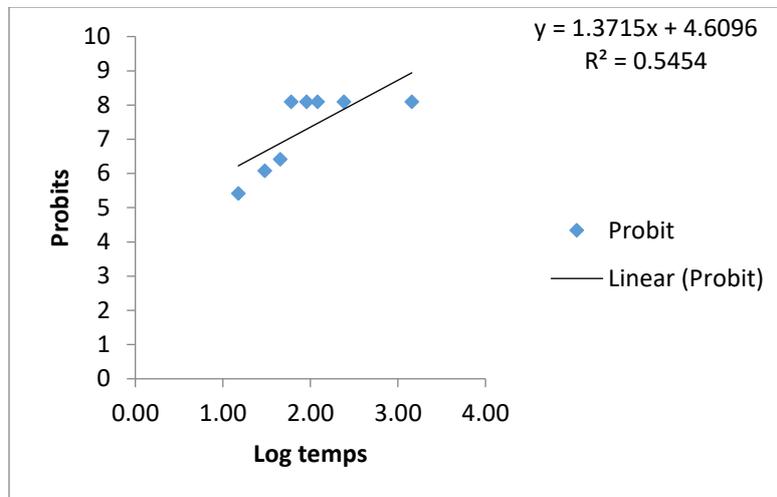


Figure 20: Efficacité de la dose D3 de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* dans le temps vis-à-vis les adultes du *Tribolium sp*.

La courbe exprime une Droite de régression représentant la mortalité par contact transformée en probit en fonction du logarithme décimal de la concentration de l'huile essentielle formulée de *Rosmarinus officinalis*.

c. D3=30%

La TL50 de traitement par l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* sur les adultes du *Tribolium sp* à la dose D3 est égale à 1.93 mn.

IV.5.Effet des doses de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* sur la population résiduelle de *Tribolium sp* dans le temps

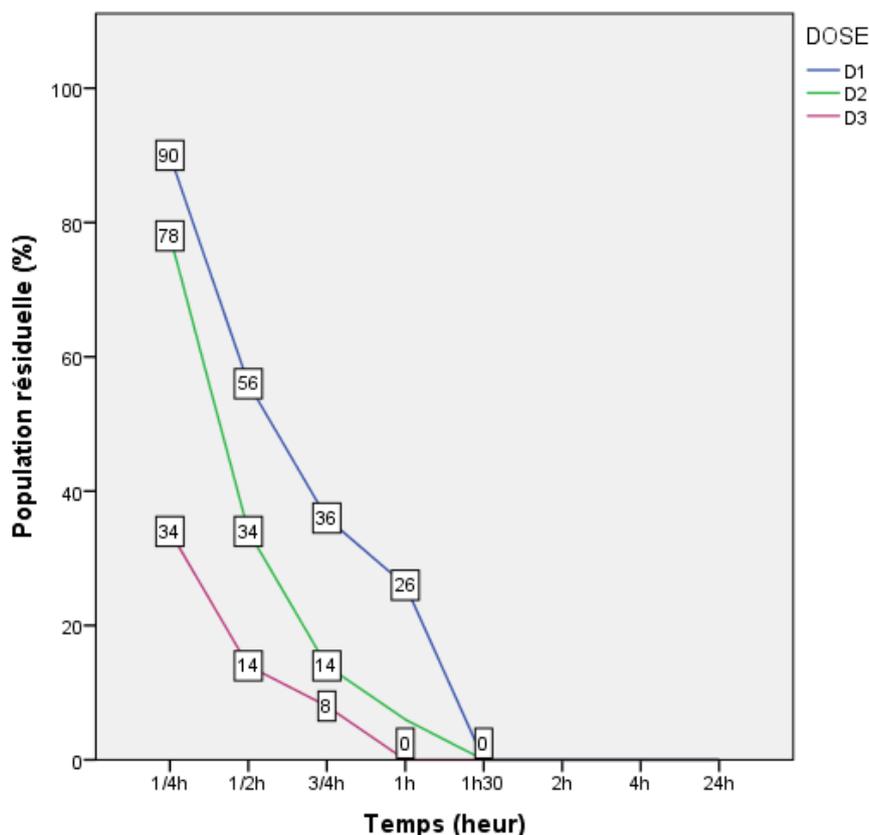


Figure 21: Evolution temporelle de la population résiduelle de *Tribolium sp* par contact sous l'effet des différentes doses.

La figure (21) montre que les trois doses appliquées ont un effet notable sur la population résiduelle de *Tribolium sp* dans le temps.

Dans l'ensemble nous remarquons que la Dose D3 engendre le pourcentage le plus bas de population résiduelle. En effet, après 15 min de traitement on note que la population résiduelle à la Dose D3 est de 34%, ce qui est inférieur à celle de la dose D1 (90%) et la dose D2 (78%).

Le pourcentage continue à chuter avec le temps dont l'intervalle est de 15 minutes pour atteindre 8% après 45min pour la Dose D3 et 36% pour la dose D1 et 14% pour D2.

Après une heure de traitement, on note la mort totale de *Tribolium sp* à la dose D3 (0%) tandis que le pourcentage de population résiduelle atteint le 0% seulement après 1h30 pour la Dose D1 et D2.

IV.5.1. Analyse de la variance

Tableau 02 : Effet de traitement par l’huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* sur les adultes du *Tribolium sp.*

ANOVA pour Population résiduelle
Test de Tukey

DOSE	N	Sous-ensemble		
		1	2	3
D3	40	7,00		
D2	40		16,50	
D1	40			26,00
Sig.		1,000	1,000	1,000

L’analyse de la variance ANOVA suivie du test post hoc de Tukey au seuil de 5% permet de classer les doses en 3 groupes distincts. Ce qui signifie que les doses ont un effet statistiquement significatif sur le pourcentage de la population résiduelle.

IV.5.2. Population résiduelle pour la Dose 1

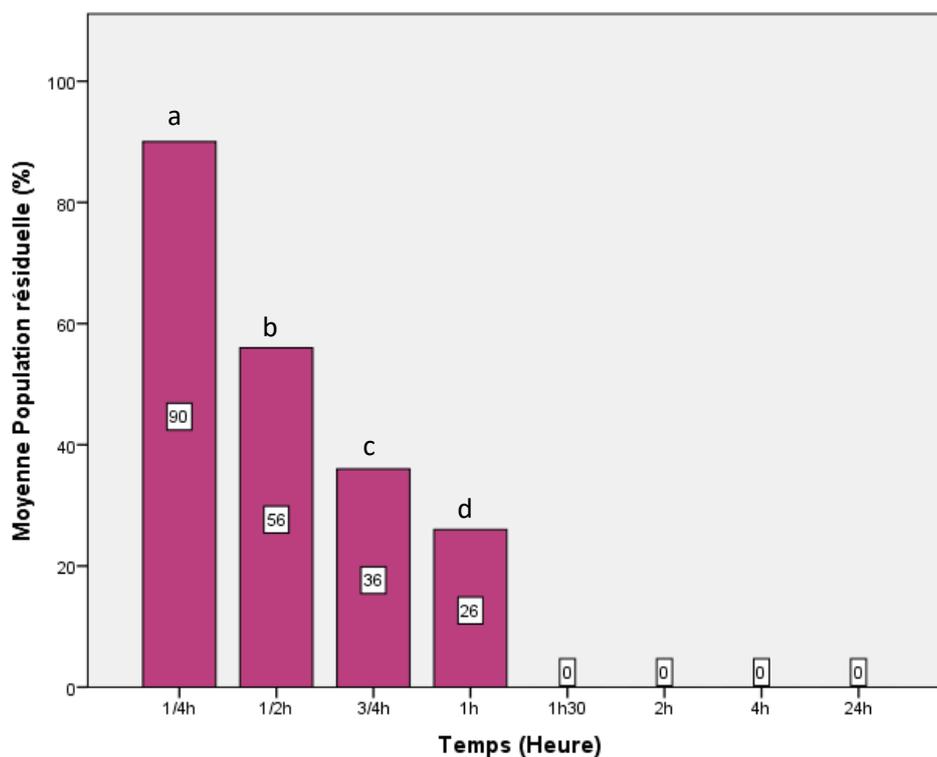


Figure 22: Histogramme relatif à l’évolution temporelle de la population résiduelle de *Tribolium sp.* par contact sous l’effet de la dose D1.

- PR DOSE1

Tableau 03 : Effet detraitement par la dose D1 de l'huile essentielle de *Rosmarinusofficinalis* sur les adultes du *Triboliumsp.*

ANOVA pour Population résiduelle

Test de Tukey

TEMPS	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
2h	5,00	0,00				
4h	5,00	0,00				
24h	5,00	0,00				
1h30	5,00	0,00				
1h	5,00		26,00			
3/4h	5,00			36,00		
1/2h	5,00				56,00	
1/4h	5,00					90,00
Signification		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

En comparant le temps de traitement pour la dose D1, on note que l'analyse statistique fait ressortir 5 groupes homogènes. Le Premier englobe la population résiduelle de 1h30 jusqu'à 24h où PR= 0%.

Le pourcentage de la population résiduelle estimé à différents temps 1h, 3/4h, 1/2h et 1/4h faire ressortir dans 4 groupes différents, ce qui signifie que le facteur Temps a un effet notable sur le paramètre étudié.

IV.5.3. Population résiduelle pour la Dose 2

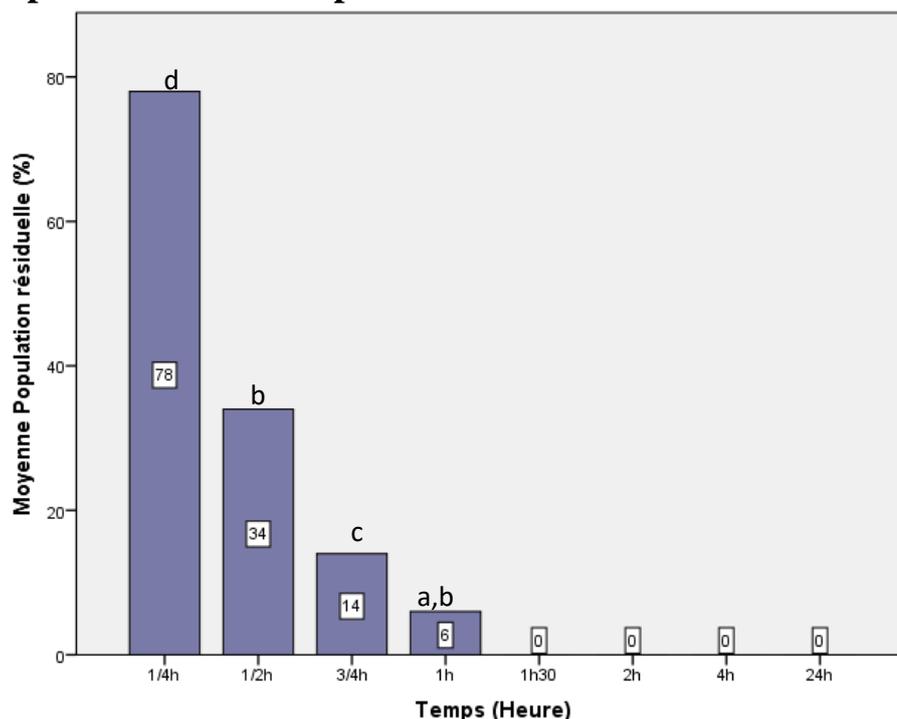


Figure 23: Histogramme relatif à l'évolution temporelle de la population résiduelle de *Tribolium sp* par contact sous l'effet de la dose D2.

• PR DOSE2

Tableau 04 : Effet de traitement par la dose D2 de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* sur les adultes du *Tribolium sp*.

ANOVA pour Population résiduelle

Test de Tukey

TEMPS	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05			
		1	2	3	4
2h	5,00	0,00			
4h	5,00	0,00			
24h	5,00	0,00			
1h30	5,00	0,00			
1h	5,00	6,00	6,00		
3/4h	5,00		14,00		
1/2h	5,00			34,00	
1/4h	5,00				78,00
Signification		0,42	0,12	1,00	1,00

En comparant le temps de traitement pour la dose D2, on remarque que l'analyse statistique fait ressortir 4 groupes homogènes. Le Premier englobe la population résiduelle de 1h jusqu'à 24h où PR= 6 à 0%.

Le pourcentage de la population résiduelle du temps 3/4h, 1/2h et 1/4h est séparé dans 3 groupes différents.

IV.5.4. Population résiduelle pour la Dose 03

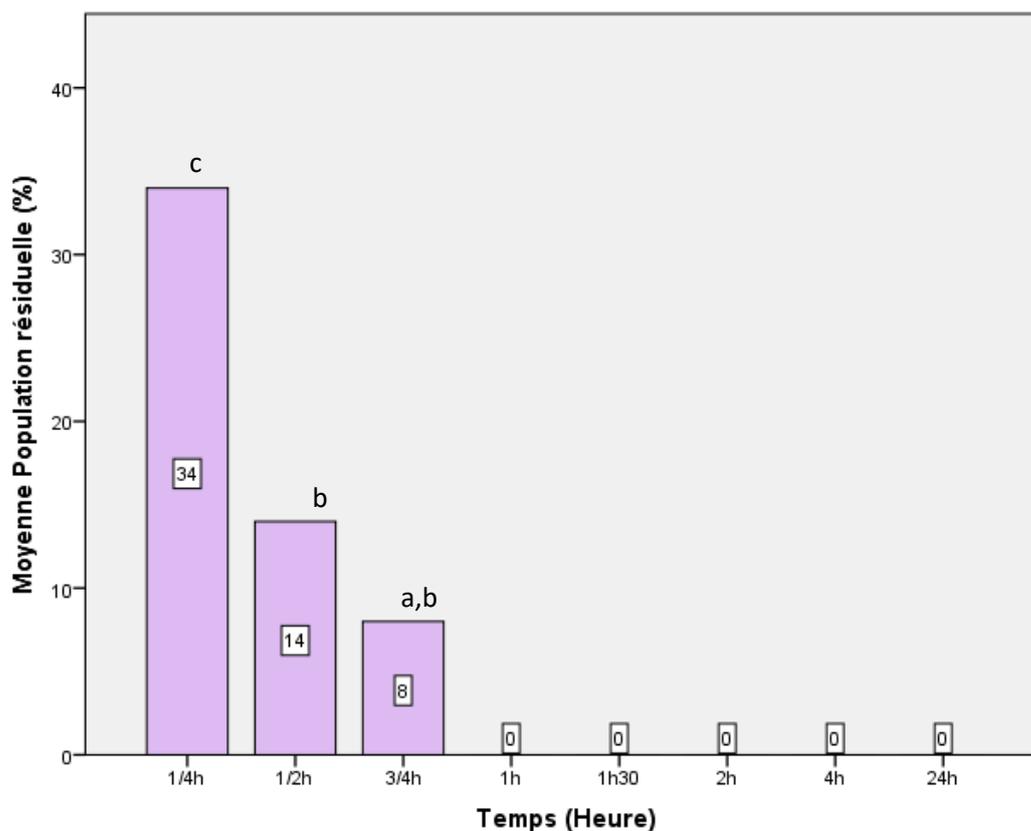


Figure 24: Histogramme relatif à l'évolution temporelle de la Population résiduelle de *Tribolium sp* par contact sous l'effet de la dose D3.

• PR DOSE 3

Tableau 05 : Effet de traitement par la dose D3 de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* sur les adultes du *Tribolium sp*.

Test de Tukey

TEMPS	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05		
		1	2	3
1h	5,00	0,00		
2h	5,00	0,00		
4h	5,00	0,00		
24h	5,00	0,00		
1h30	5,00	0,00		
3/4h	5,00	8,00	8,00	
1/2h	5,00		14,00	
1/4h	5,00			34,00
Signification		0,06	0,30	1,00

En comparant le temps de traitement pour la dose D3, on remarque que l'analyse statistique fait ressortir 3 groupes homogènes. Le Premier englobe la population résiduelle de 3/4h jusqu'à 24h où PR= 6 à 0%.

Le pourcentage de la population résiduelle du temps 1/2h et 1/4h est séparé dans 2 groupes différents.

Le test statistique ANOVA indique que la Dose D3 est celle qui engendre le pourcentage le plus faible de la population résiduelle dans un temps réduit (45min).

Chapitre V : Discussion

En comparant le temps de traitement pour la dose D3, on remarque que l'analyse statistique (Test de Tukey) fait ressortir 3 groupes homogènes. Le Premier englobe la population résiduelle de 3/4h jusqu'à 24h où PR= 6 à 0%.

Le pourcentage de la population résiduelle du temps 1/2h et 1/4h est séparé dans 2 groupes différents.

Le test statistique ANOVA indique que la Dose D3 engendre le pourcentage le plus faible de la population résiduelle dans un temps réduit (45min). P erreur 5%. Le seuil de 5% a été retenu pour tous les tests.

P > 0,05 : Différence non significative. P < 0,05 : Différence significative.

Selon nos résultats, il ressort qu'après une heure trente minute d'exposition aux différentes doses D1, D2 et D3 ; nous constatons que l'application par contact des huiles essentielles du Romarin, a enregistré des taux de mortalité élevés, le produit manifeste un effet insecticide sur les adultes de *Tribolium sp* et une mortalité supérieure à 50%. Ces résultats rejoignent d'une manière plusieurs travaux:

En effet selon ELGUEDOU (2003), l'efficacité des huiles essentielles de romarin et de thym sur *Rhyzopertha dominica*; testé par contact et par inhalation, a montré l'effet insecticide de ces deux huiles, avec plus d'efficacité pour le romarin à la dose 1,384mg / cm² qui correspond à 89,72% de mortalité contrairement au thym à cette même dose le taux observé est de 100%.

HASNI (2017) note qu'une durée de deux heures d'exposition aux doses avec les valeurs suivantes (1, 2, 3 et 4 µL) de l'huile essentielle de la plante d'*E.globulus* ont occasionné respectivement 56.67%, 56.67%, 76.68%, 83.39 %.de répulsion vis-à-vis des adultes de *Rhyzopertha dominica*. Ce qui a montré l'augmentation du pourcentage de répulsion en fonction de la dose. Le même auteur signale l'huile essentielle de la plante *R.officinalisa* également une activité insecticide à l'égard des adultes de cet insecte avec un taux de répulsion moyen de 62.51 %.

HELENE *ET AL.* (2007) notent que les méthodes d'analyse de ces extraits ont beaucoup évolué depuis 10 ans, donc il est possible d'isoler et d'identifier des composés auparavant inconnus ; ce qui permet de développer de nouveaux mélanges pouvant avoir un effet additif ou synergique. L'auteur ajoute qu' il est intéressant de déterminer le mécanisme par lequel les huiles essentielles dégradent l'enveloppe externe de certains insectes et acariens. Le rôle de la cuticule est de prévenir les pertes hydriques. Elle est sécrétée par l'épiderme et comporte plusieurs couches dont la couche externe, composée de cires donnant les propriétés hydrofuges à la cuticule. Les molécules de cette couche cireuse présentent une rangée de groupes aliphatiques vers l'extérieur créant ainsi une couche hydrofuge et imperméable.

L'efficacité des huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* L. et *Ocimum gratissimum* et de *Cymbopogon citratus* par fumigation et contact sur grains sur *S.oryzae* L. et *T.castaneum* Herbst, montre que l'huile de *Cymbopogon citratus* ne provoque aucune mortalité durant 6 jours d'exposition par inhalation (CAMARA, 2009).

EL GUEDOUI (2003) déclare que des essais sur l'efficacité des huiles essentielles du romarin et de thym, par contact et par inhalation, ont encore prouvé l'effet insecticide de ces deux huiles. En effet, le romarin est efficace par contact à la dose de 1,384 mg/cm² en provoquant 89,72% de mortalité alors que le thym à la même dose donna un taux de 100%.

L'activité insecticide des huiles essentielles du cyprès et de l'eucalyptus vis-à-vis de *Sitophilus zeamais* et de *Tribolium confusum*, a obtenu des DL₅₀ différentes pour les deux insectes appliqués par contact ; ils obtiennent 0,36 ul/cm² pour *Sitophilus zeamais* et 0,48 ul/cm² pour *Tribolium confusum*, démontrant ainsi l'efficacité de ces deux huiles essentielles sur ces deux insectes (TAPONDJOU ET AL., 2005).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Conclusion et perspectives

Au terme de ce travail consacré essentiellement à l'étude de l'effet insecticide de l'huile essentielle formulée de *Rosmarinus officinalis*, sur les adultes de *Tribolium sp*, soumise à des doses variées, il nous a paru essentiel de dégager les principaux résultats auxquels nous avons abouti.

Les résultats de cette étude semblent être intéressants et confirment que les huiles essentielles formulées de *Rosmarinus officinalis* ont un pouvoir insecticide important.

Les résultats relatifs aux rendements de l'huile essentielle des feuilles et tiges séchées, ont montré que le Romarin présente un rendement assez important de 1,16%.

Ainsi le traitement biologique de l'huile essentielle formulée de Romarin, sur l'espèce testée, a enregistré une forte toxicité vis-à-vis du *Tribolium sp*, d'où une meilleure efficacité en fonction des doses et une progression rapide durant toute la période du suivi.

Les résultats montrent que le bioproduit appliqué en faible (D1), moyenne (D2) et forte (D3) doses ont enregistré une efficacité sur les adultes de *Tribolium sp* par comparaison au témoin. La répercussion des huiles essentielles des feuilles de romarin est certaine.

Ainsi, le traitement biologique de l'huile essentielle formulée de Romarin sur l'espèce testée a enregistré une forte toxicité vis-à-vis les adultes de *Tribolium sp* en fonction des différentes doses par contact. D'où une meilleure efficacité qui atteint 100% de mortalité sur les individus de *Tribolium sp* à la fin de suivi, avec un effet choc des trois doses manifestées dès la première heure après traitement pour la dose D3 mais pour la dose D2 et la dose D1 manifestées après 1h30d'exposition au traitement.

Les résultats dénotent encore que la plus forte dose D3 (3g/7ml) a un effet très important sur la mortalité des adultes du *Tribolium sp* comparée à la dose D2 (2g/8ml) et la dose D1(1g/9ml) qui ont un effet modéré et une progression rapide durant la période du suivi.

Le facteur période est plus significatif que le facteur dose testés au cours de notre expérimentation.

Grace à ces résultats qui semblent intéressants, on peut conclure que l'huile essentielle de Romarin possède un effet insecticide certain se manifestant par une diminution de la population résiduelle de *Tribolium sp*.

Ce travail basé sur l'utilisation des plantes aromatiques comme insecticide naturel nous ouvre de larges perspectives d'une part dans le domaine des connaissances fondamentales et d'autres part dans le domaine appliqué, pour cela il serait intéressant d'évaluer dans de possibles études ultérieures :

- Elargir les effets des autres plantes aromatiques locales sur d'autres insectes des denrées stockées.
- Evaluer l'efficacité de romarin en prenant en compte la région, le stade phénologique et les compartiments des plantes.
- Etudier de la composition chimique de cette plante.
- Réaliser des tests in vivo sur les lieux de stockage.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie et références

1. **ABBOTT W. S., (1925)**-*A method for computing effectiveness of an insecticide.* Journal. Ecological Entomology, 18, pp: 265-267.
2. **ALBERT Y., LEUNG et STEVEN, F. 1996**-*Encyclopedia of common Naturel ingradients used in foods, Drugs, And cosmetics,* 2ème Edition: Awrley. Interscience publication, 445 p.
3. **AMIRAT N., TEBBOUB S. et SEBTI M., 2011**- *Effet insecticides des huiles essentielles chémotypées de deux plantes aromatiques lavandula stoechas et origanum glandulosum de la région de djijel .*Ed. R.K.L.M, Maroc, 133p.
4. **AZFALI D., JAMSHIDI R. and AZFALI Z., 2009**- *Chemical composition of Hydro-distillation Essential Oil of Rosemary in Different Origins in Iran and comparison with other countries,* American-Eurasian. *J. Agric. And Environ. Sci,* 5, pp: 78-83.
5. **BAKKALI F., AVERBECK S., AVERBECK D. ET IDAOMAR M., 2008**- *Biological effects of essential oils – A review.* Food and Chemical Toxicology 46,pp 446–475
6. **BALACHOWSKY A. et MENSIL L., 1936** - *Les insectes nuisibles azux plantes cultivées leurs destruction.* Ed. Etablissement Busson, Paris, T.II, III, Pp : 1722-1724.
7. **BALACHWSKY A., 1962** - *Entomologie appliquée à l'agriculture.* Ed
8. **BOUCHIKHI et TANI Z., 2014**- *Lutte contre la bruche du haricot Acanthoscelides obtectus (Coleoptera, Bruchidae) Et la mite Tineola bisselliella (Lepidoptera, Tineidae) par des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles (Doctoral dissertation).*
9. **BRUNETON JEAN, 2009.** *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (4^e ed.)* Lavoisier, 2 oct. 2009 - 1292 p.
10. **BOUTEKEDJIRET C., BENTAHAR F., BELABBES R. et BESSIERE J.M., 2003**- *Extraction of rosemary essential oil by steam distillation and hydro distillation Flavour Fragr. J.;* 18, PP: 481–484.
11. **CAMARA A., 2009** - *Lutte contre Sitophilusoryzae L. (coleoptera: curculionidae) et Tribolium castaneum herbst (coleoptera: tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en basse-guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales.* Thèse, doctorat, U.N.I.V. Québec, Montréal.154 p.
12. **CARRE P., 1953** - *Précis de technologie et de chimie industrielle.* Ed. Ballière JB. et fils, 238p.
13. **CELIKTAS O.Y., KOCABAS E.E.H., BEDIR E., SUKAN F.V., OZEK T. et BASER K.H.C., 2007**- *Antimicrobial activities of methanol extracts and essential oils of*

Rosmarinus officinalis depending on location and seasonal variations. Food Chem. 100, pp: 553–559.

14. CHAMP B.R. et DYTE C.E., 1978 - SUBRAMANYAM B.h. and HAGSTRUM D.W., 1995 - *Resistance Measurement and Management* , chapter 8. In *Integrate and Mangement of insects in stored products*.

15. CHIASSON H. et BELOIN N., 2007- *Les huiles essentielles, des biopesticides « Nouveau genre »* 2007, vol. 14, no 1 Bulletin de la Société d'entomologie du Québec.

16. CSEKE L.J ET KAUFMAN P.B., 1999- *Natural Products from Plants*. Boca Raton, FL: CRC Rress.

17. DANIELE F., 2009- *Nous avons tous besoin de probiotiques et de prébiotiques: Vous ne regarderez plus jamais votre ventre comme avant !*. Leduc.s Éditions, 288 p.

18. DELOBEL A. ET TRANM., 1993 - *Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes*. Paris, p 424.

19. DJELLOULI A., 2016- *Contribution à la régénération in vitro d'une plante médicinale sauvage d'Algérie «Carthamuscaeruleus L»*, (Doctoral dissertation, Saadi Abdelkader).

20. DUCOMP., 1987 - *dernières tendances dans la protection des stocks*. phytomaDéf. Des cultures., N° 385., Pp : 38-39. Ed.A.P.R.I.A., Paris, 76p.

21. EVANS W.C., 1998 - *Trease and Evan's Pharmacognosy*, 14th edition SANDERS, pp. 48- 65, 612 p.

22. FABRICE B., 2009- *La pharmacie du Bon Dieu*. Fernand Lanore, 333 p.

23. FARJAN M.E., 1983 - *Biodynamique en laboratoire de deux insectes ravageurs du blé dur : le charançon du riz :S.oryzae L. (coleopteracurculionidae) et le capucin des grains :Rhysoptera Dominica (coleoptera : Bostrichidae) avec application aux condition de conservations an Afrique du nord*. Mem. Ing.Agr.,inst.Agro. et Vêto, HASSAN II de RABAT, 98p.

24. FIELDS P.G., 1992 - *the control of stored product insects and mites with extreme temperature*. I. stroed prod .Res., N°34, pp: 269-277.

25. FLAMINI G., CIONI P.L., MORELLI I., MACCHIA M., et CECCARINI L., 2002 - *Main Agronomic – Productive characteristics of two ecotypes of Rosmarinus officinalis L. and chemical composition of their essential oils*. J. Agric. Food Chem., Vol. 50, pp: 3512–3517.

26. FLEURAT-LESSARD F., 1988 -*la détection des insectes et des acariens dans les grains, les dérivés et dans les usines et entrepôts*. Industries des céréales, 54p.

- 27. FLINN P.W., HAGSTRUM D.W., and SHUMAN D., 1996-** *Automated monitoring for insects in farm-stored wheat using acoustical sensors.* J Econ Entomol 89, pp: 211-217.
- 28. FLUCK H., (1963)** - *Chemical plant taxonomy*, London T. Swain Academic.
- 29. FOURAR R., 1987** - *Inventaire des insectes du blé tendre, Estimation des dégâts et préservation de la qualité industrielle par l'emploi d'insecticides dans la région de blida.* Mem.Ing.Agr.,I.N.A d'EL Harrach, 169p.
- 30. FOURAR R., 1994** - *Variabilité de la sensibilité variétale du blé tender à S.oryzaeL .(coléoptera : Curculionidae) dans la farine, analyse des relation éco physiologique insect-grain.* Mem.Mag.Agr.I.N.A.El Harrach, 220p.
- 31. HAGSTRUM D. W., VICK K. W. et WEBB J.C., 1990** - *Acoustical monitoring of Rhyzopertha dominica (Coleoptera :Bostrychidae),* 628p.
- 32. HAGSTRUM D.W, and FLINN P.W., 1994** - *Survival of Rhyzopertha dominica Fab . (coleopteran :Bostrychidae) in stored wheat under fall and winter temperature conditions.*J.Environ .Entomol, 23(2), 390p.
- 33. HAGSTRUM D.W, and SHUMAN D., 1995** - *Automatic sample inspection and in-bin monitoring of stored-grain insects using acoustical sensors.* Chapter 28. In: *Stored Prod Management* (Krischik V, Cuperus G, and Galliat D, eds). Oklahoma Coop Ext Serv, Circ E-912. Pp: 207-209.
- 34. HUANG Y., HO S., LEE H. C. et YAP Y.L.,2002** - *Insecticidal properties of eugenol, isoeugenol and methyleugenol and their effect on nutrition of Sitophilus zeamais (Motsh) .(Coleoptera: curculionidae) and Tribolium castaneum (Coleoptera:Tenebrionidae),* Journal of Stored Products Research N° 38, pp. 403-412.
- 35. HUANG YAN H.O., SHUIT H., and KINI R.M., 1999** - *Bioactivity of safrol and isosafrol on Sitophilus zeamais(Coleoptera: Curculionidae) and Tribolium confusum (Coleoptera : Tenebrionidae).* Journal of economie entomology, Vol.92, N°3, pp: 676-683.
- 36. HUMMELBRUNNER L.A. et ISMAN M.B., 2001** - *Acute, sublethal, antifeedant and synergistic effect of monoterpenoid essential oil compounds on the tobacco cutworm, Sodopterafinira (Lep.,Noctuidae),* J. Agri. Food Chem. N°49, pp. 715-720.
- 37. ISMAN M.B., 2000** - *Plant essential oils for pest and disease management,* Crop Protection., N° 19, pp. 603-608.
- 38. JILANI G. et H.C.F., 1983** - *Laboratory studies on sereralpalntmaterils as insect repellents for protection of cereal grain.* J.Enronogour society of Amercia. 76(1), pp: 154-157.

39. JONATHAN B L., 2011- *Biologie De Boeck Supérieur*, 15 sept. 1406 p.
40. JURGEN K., HEINA S. et WERNER K., 1981 –*Maladies, Ravageurs et Mauvaises herbes des cultures Tropicales*. Vol 23(1), Pp : 1-13.
41. KELLOUCHE A. et SOLTANI N., 2004 - *Activité biologique des poudres de cinq plantes et de l'huile essentielle d'une d'entre elles sur Collosobruchus maculatus (F.)*, International Journal of Tropical Insect Science vol.24, N°1, pp. 184-191.
42. KOONA P. et NJOYA J., 2004 - *effectiveness of soybean oil and powder from leaves of Lantana camara L.(Verbenaceae) as protectant of stored maize against infestation by Sitophilus zeamais Motsch. (Coleoptera- curculionidae)*, Pakistan Journal of Biological Sciences Vol.7, N°12 pp. 2125-2129.
43. KOUSSOUD K. et AHO N., 1993-*Stockage et conservation des grains alimentaires tropicaux : principes et pratiques*. Ed. FLAMBOYANT ,COTONOU,Benin,125P. Mémoire ing.agro.ins.Nat.agro.,El Harrach, 57p.
44. LAHLOU M., 2004 - *Methods to study the phytochemistry and bioactivity of essential oils*, Phytother.Res. N°18, 435 p.
45. LECLERE ., H. 1877. *Précis de la photothérapie*. Paris . Ed : Masson. P :264, pp :275-277.
46. LEONARD S. et NGAMO T., 2004 - *Conseil phytosanitaire interafricain, bulletin d'informations phytosanitaires*. Ed. F.A.O Rome, N°44, 58 p.
47. Lepesme P., 1944 -*Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés*. Encyclopédie entomologique. Ed. Le chevalier, Paris, Série A, Xxii, 257p.
48. LEPIGER A.L., 1966 - *La Désinfection des stocks de céréales* Ed.Offinterprof des céréales. Paris, 406 p.
49. MASSON ET CIE., Paris, TI ,Vol.1 ,564p.
50. MCCORMICK C. M., MERRICK A., SECEN J., AND HELMREICH D. L. ,2006-*Social instability in adolescence alters the central and peripheral hypothalamic-pituitary-adrenal responses to a repeated homotypic stressor in male and female rats*. J. Neuroendocrinol. 19, pp: 116–126.
51. MILLIS J., 1990 - *Protection des graines et des graines protéagineuses stockées à la ferme contre les insectes,les acariens et les moisissures*. Ministère. Approt.Canada.Agri. Can.Publi n°185, 49 p.
52. MILPIED-HOMSI B. 2009- *Progrès en Dermato-Allergologie*. LAVOISIER, p 390.

- 53. MOUSSAOUI K., 2019**, Université Blida1, faculté des sciences de la nature et de la vie, département de Biotechnologie, Algerie.
- 54. NELLY G., 2011-** *L'aromathérapie*. Eyrolles. 362 p.
- 55. OWOLABI M. S., OLADIMEJI M. O., LAJIDE L., SINGH G., MARIMUTHU P. ET ISIDOROV V.A., 2009 -** *Bioefficacité de trois huiles essentielles contresitophilus zeamais (Motschulsky) et callosobruchus maculatus (Fabricius)*.E.J.E.A.F.Che N° 14, pp: 828-835.
- 56. PAUL G. et KAMEL G., 2012-** *Phytothérapie anti-infectieuse* Springer Science & Business Media, 394 pages101
- 57. PIERRAD G., 1984 -** *Management and control of insect pests of stored grain legumes*. n.Porc.Int. Workshop on IPC for grain legumes .Goinai, Goias (Brésil),Pp :276-286.
- 58. PIOZZI F., 1996, J.** Phytochemistry. Vol n° 6,146 p.
- 59. POLETTI A., 1976 -***Les fleurs et les plantes médicinales* .Ed.Delachaux et Niestle, Lausanne, T.1, pp.1-190.
- 60. PROTZ A., 1977 -** *Transformation et manutention des provendes à la ferme*. Minist. Approv. Serv, Canada, Agric, Can.Publi N°19572, 47p.
- 61. QUEZEL P. et SANTA S., 1963-** *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Tome 11, Ed. CNRS, Paris.
- 62. QUINN F.A., BURKHOLDER W. et KITTO G.B., 1992 -** *Immunological technique for measuring insect contamination of grain*. J. Econ. Entomol. 85: 1463, 70p.
- 63. SALEM H., GHAREEB O., MARI Y.F, and HEGAZY G., 1989 –** *Ultrastructural studieies of radiation inducted abnormalities in the testes of kharpabeetle, Trogoderma granarium Everts .(Coleoptera :Dermastidae)*. Med .Fac. Landbouww. RIJKS UNIV Grent .Vol 54(1), Pp: 33-5.
- 64. SALLY J.L., 1991.-***Les huiles essentielles, synthèse d'aromathérapie et introduction à la sympathicothérapie*, édition Frison-Roche, Paris, 167 p15-48.
- 65. SCHIFFERS B ET WAINWRIGHT, H., 2011-***lutte biologique et protection intégrée*. P : 37.
- 66. SELL C.S., 2006. -***The chemistry of fragrance.Frompefumer to consumer*.2nd edition. The royal society of chemistry.cambridge.329p98
- 67. SHAAYA E., KOSTJUKOVSKI M., EILBERG J. et SUKPRAKARN C., 1997 -** *Plant oils as fumigants and contact insecticides for control of stored product insects*, Journal Stored Product Research.N° 33, 7p.

- 68. SMITH E.H. ET WHITMAN R.C., 1992** - *Field Guide to Structural Pests*. National Pest Management Association, Dunn Loring, VA. New York, pp 59-62.
- 69. STEFFAN J.R., 1987** - *Description et biologie.les insectes et les acariens des céréales stockées*. Ed. A.F., N.O.R, Paris, 238p.
- 70. SUZUKI T. and SUGAWARA R., 1979** - *Isolation of an aggregation pheromone from the red flour beetles, Tribolium .confusum and Rhyzopertha doininica (F) (Coleoptera)*. Appl. Entomol. Zool. 14, pp: 228-230.
- 71. TAPONDJOU A.L., ADLER C., FONTEMC D.A., BOUDA H. et REICHMUTH C., 2005** - *Bioactivities of cymol and essential oils of Cupressus sempervirens and Eucalyptus saligna against Sitophilus zeamais Motschulsky and Tribolium confusum duval*, Journal of Stored Products Research, N°41, pp. 91-102.
- 72. TAPONDJOU A.L., ADLER C., FONTEMC D.A., et BOUDA H., 2003** - *Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de chenopodium ambrosioides et Eucalyptus saligna à l'égard de la bruche du niébé, Collosobruchus maculatus Fab. (Coleoptera, Bruchidae)*, cahier d'étude et de recherches francophones/ agriculture, Vol. 12, N°6, pp. 401-407.
- 73. TIAIBA A., 2006** - *Activité insecticide des huiles essentielles de Mentha specata L. et de origanum glandulosum Desf. Sur le potentiel biologique Callosobruchus maculatus (fabicus). (Coleoptere: Bruchidae)*.thèse d'ingénieur. I.N.A., Alger.70p.
- 74. TRIPATHI A.K., PRAJAPATI V. et KUMAR S., 2003** - *Bioactivities of I-Carvone and Dihydrocarvonetword three stored product beetles*, Journal of Economic Entomology, Vol.96 N°5, pp. 1594-1601.
- 75. TUNC I., BERGER B.M., ERER F. et DAGH F., 2000** - *Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored product insects*. J.of Stored Product Research.; N° 36,pp.161-168.
- 76. ZHIRI,A.ET BAUDOUX,D.,2005**-*Huiles essentielles chemotypées et leurs synergies* . inspire développement .S.A.1.P 11

ANNEXE

Tableau 06 : Evolution temporelle des mortalités en % des adultes de *Tribolium sp* traités par l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*

Temps	1/4H	1/2H	3/4H	1H	1H30	2H	4H	24H
%MORT D1	10	44	64	74	100	100	100	100
%MORT D2	22	66	86	94	100	100	100	100
%MORT D3	66	86	92	100	100	100	100	100
temoin	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 07 : Moyennes des mortalités en % des adultes de *Tribolium sp* traités par l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*

TEMPS	D1	D2	D3	Témoin
1/4H	1,00	2,20	6,60	0,00
1/2H	4,40	6,60	8,60	0,00
3/4H	6,40	8,60	9,20	0,00
1H	7,40	9,40	10,00	0,00
1H30	10,00	10,00	10,00	0,00
2H	10,00	10,00	10,00	0,00
4H	10,00	10,00	10,00	0,00
24H	10,00	10,00	10,00	0,00

Tableau 08 : L'efficacité de traitement par l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* sur les adultes du *Tribolium sp* au temps $t=3/4$

Doses		% de mortalité	
Doses (%)	Log doses	MC%	Probits
D1=10%	1	64	5,36
D2=20%	1,3	86	6,08
D3=30%	1,47	92	6,41

ANNEXE

Tableau 09: Efficacité de la dose D1 de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* dans le temps vis-à-vis les adultes du *Tribolium* sp.

Temps	Log temps	% mort	Probit
15	1,18	10	3,72
30	1,48	44	4,85
45	1,65	64	5,36
60	1,78	74	5,64
90	1,95	100	8,09
120	2,08	100	8,09
240	2,38	100	8,09
1440	3,16	100	8,09

Tableau 10 : Efficacité de la dose D2 de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* dans le temps vis-à-vis les adultes du *Tribolium* sp.

Temps	Log temps	% mort	Probit
15	1,18	22	4,23
30	1,48	66	5,41
45	1,65	86	6,08
60	1,78	94	6,55
90	1,95	100	8,09
120	2,08	100	8,09
240	2,38	100	8,09
1440	3,16	100	8,09

Tableau 11 : Efficacité de la dose D3 de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* dans le temps vis-à-vis les adultes du *Tribolium* sp.

Temps	Log temps	% mort	Probit
15	1,18	66	5,41
30	1,48	86	6,08
45	1,65	92	6,41
60	1,78	100	8,09
90	1,95	100	8,09
120	2,08	100	8,09
240	2,38	100	8,09
1440	3,16	100	8,09