

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABOUBAKR BELKAÏD – TLEMCEN

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de
L'Univers

Département d'Ecologie et Environnement

Laboratoire de recherche

Valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et
application en santé publique

MEMOIRE

Présenté par : BERREMILI Nahla

En vue de l'obtention du Diplôme de MASTER

Spécialité : Ecologie .

Thème

**Étude de l'action larvicide de deux huiles essentielles sur une
population expérimentale de *Tenebrio molitor*
(Coleoptera: Tenebrionidae)**

Soutenu le 16/ 06/ 2020, devant le jury composé de:

Président : HASSANI Faical M.C.A Université de TLEMCEN

Encadreur : BOUCHIKHI TANI Zoheir M.C.A Université de TLEMCEN

Examinatrice : KASSEMI Naima M.C.B Université de TLEMCEN

Année universitaire : 2019 – 2020

العنوان :

Coleoptera : Tenebrionidae دراسة تأثير زيتين أساسيين على يرقات *Tenebrio molitor* ضمن مجتمع تجريبي

ملخص:

تمثل المواد الطبيعية والزيوت العطرية بشكل خاص حاليًا حلًا بديلاً للمكافحة الكيميائية من أجل حماية المواد المخزنة في هذا السياق : يهدف هذا العمل إلى تقييم نشاط المبيدات الحشرية الزيوت الأساسية المستخرجة من أوراق إكليل الجبل و كالييتوس ضد آفة نخالة القمح *Tenebrio molitor*, تحت الظروف المخبرية (درجة حرارة 26 درجة مئوية ورطوبة نسبية 70٪) تم اختبار تأثير للزيوت الأساسية التي تم الحصول عليها عن طريق التقطير المائي لـ إكليل الجبل و كالييتوس بجرعات مختلفة (8 ، 10 ، و 12 ميكرو لتر / 10 جم من نخالة القمح) على يرقات *Tenebrio molitor* اظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن هذه الزيوت لها نشاط كبير في قتل اليرقات، وقد ثبت أن زيوت إكليل الجبل أكثر سمية مع $DL50 = 7,10$ ميكرو لتر / 10 جرام من نخالة القمح و $TL50 = 5,9$ يوما في حين ان الزيوت الاساسية للكالييتوس تحتوي على $DL50 = 21,48$ ميكرو لتر / 10 جرام من نخالة القمح و $TL50 = 6,55$ يوما
الكلمات المفتاحية : الزيوت الأساسية, إكليل الجبل, الكالييتوس, *Tenebrio molitor*, $DL50$, $TL50$.

Titre :

Étude de l'action larvicide de deux huiles essentielles sur une population expérimentale de *Tenebrio molitor* (coleoptera :tenebrionidae).

Résumé

Les substances naturelles et plus particulièrement les huiles essentielles représentent actuellement une solution alternative de lutte chimique pour la protection des denrées stockées. Dans ce contexte, ce travail a pour but d'évaluer l'activité insecticide des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* et d'*Eucalyptus globulus* vis-à-vis d'un ravageur de son de blé, il s'agit de *Tenebrio molitor*, Dans les conditions de laboratoire (Température de 26°C et humidité relative de 70 %), l'activité larvicide des huiles essentielles obtenues par hydrodistillation de *Rosmarinus officinalis* et des huiles essentielles commerciales d'*Eucalyptus globulus* a été testée à différentes doses (8, 10, et 12 µl/10g de son de blé) sur les larves de *Tenebrio molitor*.

Les résultats obtenus montrent que ces huiles présentent une activité larvicide importante, et les huiles de *R.officinalis* sont avérées être plus toxiques avec une $DL50 = 7,10$ µL/ 10g son de blé et $TL50 = 5,99$ jours, alors que les huiles essentielles d'*E. globulus* présentent une $DL50 = 21,48$ µL/ 10g son de blé et un $TL50 = 6,55$ jours.

Mots clés: Huiles essentielles, *Rosmarinus officinalis*, *Eucalyptus globulus*, *Tenebrio molitor*, $DL50$, $TL50$.

Title :

Study of the larvicidal action of two essential oils on experimental population of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae).

Abstract :

Nowadays, the natural substances, particularly the essential oils represent an alternative chemical control in order to protect stored foodstuffs. In this context, this work aims at evaluating the insecticide activity of the essential oils of *Rosmarinus officinalis* and *Eucalyptus globulus* against against a wheat bran pest which is *Tenebrio molitor*, under laboratory conditions (26°C Temperature and et relative humidity 70 %), the larvicidal activity of essential oils obtained by hydrodistillation of *Rosmarinus officinalis* and of commercial essential oils of *Eucalyptus globulus* was tested at different doses (8, 10, and 12 µl/10g of wheat bran) on *Tenebrio molitor* larvae .

The results obtained show that these oils display a significant larvicidal activity and the oils of *Rosmarinus officinalis* have proved to be more toxic, with a $DL50 = 7,10$ µL/ 10g wheat bran and a $TL50 = 5,99$ day, whereas the essential oils of *Eucalyptus globulus* display a $DL50 = 21,48$ µL/ 10g of wheat bran and a $TL50 = 6,55$ day.

Keywords: Essential oils, *Rosmarinus officinalis*, *Eucalyptus globulus*, *Tenebrio molitor*, $DL50$, $TL50$

Remerciements

En premier lieu, Je remercie Dieu le tout puissant, de m'avoir donné la chance, la patience et le courage pour achever ce travail.

*J'ai beaucoup de gratitude à adresser à mon encadreur Monsieur **BOUCHIKHI TANI Zoheir**, maitre de conférences à l'université de TLEMCEN d'avoir guidé ce travail. Ses compétences, sa disponibilité, son inestimable aide et soutient.*

*Je remercie vivement monsieur **HASSANI Faiçal** maitre de conférences à l'université de TLEMCEN d'avoir accepté de présider le jury, qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect.*

*Je tien à exprimer mes plus vifs remerciements à Mme **KACEMI Naima**, maitre de conférences à l'université de TLEMCEN d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.*

Je ne peux oublier de remercier tous les professeurs qui m'ont enseigné durant mon cursus de licence et de master.



Dédicace

Je dédie ce travail a

Mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien tout au long de mes études.

A mes chers frères Surtout le dernier Radjaà et Nadir Mohammed

A mes proches amies pour leurs encouragements permanents et leur soutien moral.

A toute ma grande famille surtout mes oncles et mon grand-père à Alger pour leurs soutiens tout au long de mon parcours universitaire malgré la distance entre nous.

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCTION..... | 01 |
| CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'INSECTE ETUDIE ET METHODES DE LUTTE | |
| 1. PRESENTATION DE L'INSECTE | |
| 1. 1 .caractère généraux de la famille des Tenebrionidae..... | 03 |
| 1. 2. Présentation de <i>Tenebrio molitor</i> | 03 |
| 1. 3. Origine du nom | 03 |
| 1. 4 .Position systématique de <i>Tenebrio molitor</i> | 03 |
| 1. 5. Origine et répartition de <i>Tenebrio molitor</i> | 04 |
| 1. 6 .Description morphologique de <i>Tenebrio molitor</i> | 04 |
| 1.7.biologie..... | 05 |
| 1.8 Régime alimentaire de <i>Tenebrio molitor</i> | 07 |
| 1.9 Importance et dégât de <i>Tenebrio molitor</i> | 07 |
| 1.9.1L'importance..... | 07 |
| 1.9.2 Dégât | 07 |
| 1.10. Les ennemies Natural..... | 08 |
| 2. METHODE DE LUTTE | |
| 2.1. La lutte préventive..... | 09 |
| 2.1.1 Protection des locaux de stockage..... | 09 |
| 2.1.2 Protection de la denrée..... | 09 |
| 2.2.La lutte curative..... | 09 |
| 2.2-1- Les méthodes traditionnelles..... | 10 |
| 2.2.1.1. L'enfumage | 10 |
| 2.2.1.2 Exposition au soleil | 10 |
| 2.2.1.3. Utilisation des plantes répulsives | 10 |
| 2.2.1.4. Utilisation de matières inertes..... | 10 |
| 2. 2 2 Méthodes de lutte modernes | 10 |
| 2.2.1.1 La lutte chimique..... | 11 |
| 2.2.1.2Lutte physique et mécanique..... | 11 |
| 2.2.1.3Lutte biologique..... | 12 |
| CHAPITRE II : Etude des plantes testées et des huiles essentielles | |
| 1. LES PLANTES AROMTIQUES TESTEES | |
| 1.1. Le Romarin (<i>Rosmarinus officinalis</i>) | 14 |
| 1.1.1. Origine du nom..... | 14 |
| 1.1.2. Origine et définition..... | 14 |
| 1. 1.3. Position systématique de <i>Rosmarinus officinalis</i> | 14 |
| 1.1.4. Description | 15 |
| 1.1.5. Répartition géographique..... | 16 |
| 1.1.6. Huiles essentielles de Romarin..... | 16 |
| 1.1.6.1. Composition chimique..... | 16 |
| 1.1.6.2. Utilisation..... | 16 |
| 1. 2. L'eucalyptus (<i>Eucalyptus globulus</i>) | 17 |
| 1.2.1 Origine du nom..... | 17 |
| 1.2.2 Origine et définition..... | 17 |
| 1.2.3 Position systématique de <i>Eucalyptus globulus</i> | 18 |
| 1.2.4 Description..... | 19 |

| | |
|--|----|
| 1.2.5 Répartition géographique des eucalyptus en Algérie..... | 19 |
| 1.2.6 Huiles essentielles d'Eucalyptus..... | 20 |
| 1.2.6.1 Composition chimique..... | 20 |
| 1.2.6.2 Utilisation..... | 21 |
| 2.LES HUILES ESSENTIELLES | |
| 2.1 Introduction..... | 21 |
| 2.2. Définition..... | 21 |
| 2.3. Répartition, localisation des huiles essentielles..... | 22 |
| 2.4 Les principales familles des plantes aromatiques..... | 22 |
| 2.5 Composition chimique..... | 23 |
| 2.5.1. Les terpenoïdes | 23 |
| 2.5.2. Les composés aromatiques..... | 23 |
| 2.5.3. Les composés d'origines diverses | 23 |
| 2.6 Rôle physiologique des huiles essentielles..... | 24 |
| 2.7 Domaines d'utilisation des huiles essentielles..... | 24 |
| 2.7.1 Activité insecticide des huiles essentielles..... | 24 |
| 2.7.2 Activité acaricide, fongicide et bactéricide..... | 25 |
| 2.8 Toxicité des huiles essentielles..... | 25 |
| 2.9 Conservation des huiles essentielles..... | 26 |
| CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES | |
| 1. Objectif..... | 28 |
| 2. Matériel et méthodes..... | 28 |
| 2.1 Matériel | 28 |
| 2.1.1 Matériel animal (élevage de masse pour les insectes)..... | 28 |
| 2.1.2 Matériel végétal (les plantes testées) | 30 |
| 2.1.3 Choix des doses | 30 |
| 2.1.4 Le dimorphisme sexuel..... | 31 |
| 2.2. Méthodes expérimentales..... | 33 |
| 2.2.1 Méthode d'extraction des huiles essentielles | 33 |
| 2.2.3 Mode opératoire..... | 34 |
| 2.2.3.1 Evaluation de la toxicité des huiles essentielles par ingestion..... | 34 |
| 2.2.3.1.1 Essais avec l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> | 35 |
| 2.2.3.1.2 Essais avec l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> (Figure 1) | 35 |
| 2.2.4 Expression des résultats | 36 |
| 2.2.4.1 Détermination des stades de développement de <i>Ténébrio molitor</i> | 36 |
| 2.2.4.2 Calcul du rendement des huiles essentielles..... | 36 |
| 2.2.4.3 Calcul la mortalité corrigée..... | 37 |
| 2.2.4.4 Calcul de la DL50..... | 37 |
| 2.2.4.5 Calcul de TL50..... | 38 |
| 2.2.4.6 Analyse statistique des données..... | 38 |
| CHAITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION | |
| 1. Les différents états et stades de développement..... | 40 |
| 2. Efficacité des trois huiles essentielles testées..... | 41 |
| 2.1 Rendement en huiles essentielles..... | 41 |
| 2.2 La mortalité en élevage témoin..... | 41 |
| 2.3 En utilisant les huiles essentielles..... | 42 |
| 2.3.1 La dose létale pour 50 % de la population (DL50) | 43 |
| 2.3.2 Le temps léthal pour 50 % de la population (TL50) | 45 |

| | |
|---|-----------|
| DISCUSSION..... | 47 |
| CONCLUSION..... | 50 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... | 51 |

Liste des figures

| | |
|---|-----------|
| Figure 01: <i>Adulte d'tenebrio molitor (web 02)</i> | 05 |
| Figure 02 : <i>Dégâts de Tenebrio molitor sur le son de blé (photo originale)</i> | 08 |
| Figure 03 : <i>Méthodes de lutte modernes contre les Bioagresseurs</i> | 10 |
| Figure 04: <i>Rosmarinus officinalis (Photo originale)</i> | 15 |
| Figure 05: <i>L'Eucalyptus globulus (OULD SI SAID, 2014)</i> | 18 |
| Figure 06 : <i>Elevage de masse de Tenebrio molitor (Photo originale)</i> | 29 |
| Figure 07 : <i>Etuve obscure (Photo originale)</i> | 29 |
| Figure 08: <i>Elevage témoin (originale)</i> | 31 |
| Figure 09 : <i>Femelle de Tenibrio molitor (grossissement : x 40)</i> | 32 |
| Figure 10: <i>Mâle de Tenibrio molitor (grossissement : x 40) (originale)</i> | 33 |
| Figure 11: <i>Dispositif l'hydrodistillation</i> | 34 |
| Figure 12 : <i>Effet des huiles essentielles de Rosmarinus officinalis sur Tenebrio molitor (Photo originale)</i> | 35 |
| Figure 13 : <i>L'huile essentielle commerciale d'eucalyptus globulus (photo originale)</i> | 36 |
| Figure 14 : <i>Les stades larvaires. (Photo originale)</i> | 40 |
| Figure 15: <i>Le stade nymphe (a : début du stade nymphe, b et c : stade avancé). (Photo originale)</i> | 40 |
| Figure 16: <i>Le développement d'un imago à un adulte (a : stade imago, b et c : stade imago avancé, d et e : stade adulte mâle et femelle respectivement). (Photo originale)</i> | 41 |
| Figure 17 : <i>Mortalité des larves de Tenebrio molitor en présence des huiles extraites de Rosmarinus officinalis</i> | 42 |
| Figure 18: <i>Mortalité des larves de Tenebrio molitor en présence des huiles extraites d'Eucalyptus globulus</i> | 43 |

| | |
|--|-----------|
| Figure 19 : Droite de régression (d'ajustement) Log doses en huiles extraites de <i>Rosmarinus officinalis</i> / mortalité (probits) des larves. | 44 |
| Figure 20: Droite de régression (d'ajustement) Log doses en huiles extraites d' <i>Eucalyptus globulus</i> / mortalité (probits) des larves. | 44 |
| Figure 21 : Droite de régression (d'ajustement) Log durée d'exposition aux huiles extraites de <i>Rosmarinus officinalis</i> / mortalité (probits) des larves. | 45 |
| Figure 22: Droite de régression (d'ajustement) Log durée d'exposition aux huiles extraites d' <i>Eucalyptus globulus</i> / mortalité (probits) des larves. | 46 |

Liste des tableaux

| | |
|---|-----------|
| Tableau 01 : Cycle de développement de <i>Tenebrio molitor</i> (web 03) | 06 |
| Tableau 02 : Composition des huiles essentielles extraites de <i>R. officinalis</i> (en %)..... | 16 |
| Tableau 03 : Distribution géographique d' <i>Eucalyptus globulus</i> en Algérie (FOUDIL- CHERIF, 1991) | 20 |
| Tableau 4 : Composition chimique (%) a des huiles essentielles obtenues des feuilles d' <i>Eucalyptus globulus</i> (DJENANE et al ., 2011). | 20 |
| Tableau 05 : Les plantes utilisées | 30 |
| Tableau 06 : Les doses utilisées..... | 31 |
| Tableau 7 : Valeurs des DL50 après deux jours d'exposition aux huiles essentielles testées | 46 |
| Tableau 8 : Valeurs des TL50 en utilisant la dose 12 µL/ 10g son de blé des deux huiles essentiels testées..... | 46 |

Introduction :

Les céréales et leurs dérivés constituant la principale source de protéines dans de nombreux pays en développement et les pertes provoquées à ce type de denrées lors de leur stockage sont estimées à 100 millions de tonnes dont 13 millions sont provoquées par les insectes ravageurs, dans les pays développés ces pertes avoisinent les 3%, alors qu'en Afrique elles atteignent les 30% (**SILVY, 1992**).

En raison de son efficacité et de son application facile et pratique, l'utilisation d'insecticides chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée pour lutter contre les insectes nuisibles. Cependant, l'emploi intensif et inconsidéré de ces insecticides a provoqué l'apparition de formes de résistances chez les insectes traités (**LEONARD et NGAMO, 2004**), une contamination de la biosphère et de la chaîne alimentaire et une éradication des espèces non ciblées telles que la faune auxiliaire (**SOEJARTO et al., 1989**)

Ces dangers ont conduit l'OMS (Organisation mondiale de la Santé) à interdire l'usage de certains insecticides chimiques, d'autres vont être interdits dans un futur proche (**BENAYAD, 2008**).

Il est important d'éviter les inconvénients de la lutte chimique, l'utilisation des huiles essentielles extraites des plantes, pouvant constituer une solution à la fois efficace et économique (**KASSEMI et al., 2013**)

Les substances d'origine naturelle et plus particulièrement les huiles essentielles représentent actuellement une solution alternative de lutte pour la protection des denrées stockées. Les recherches à l'heure actuelle s'orientent vers les plantes aromatiques contenant des huiles essentielles qui agissent comme des biopesticides, l'activité insecticide des huiles essentielles a été démontrée par les travaux de nombreux chercheurs (**TAPONDJOU et al., 2003; KELLOUCHE, 2004; BOUCHIKHI-TANI et al., 2008; NDOMO et al., 2009; HEDJAL-CHEBHEB, 2014**).

Ces biopesticides peuvent être utilisés seuls et à répétition sans potentiellement inciter le développement de la résistance chez les ravageurs. Ils peuvent également être utilisés en alternance avec les pesticides de synthèse afin de prolonger la durée de vie de ces derniers. (**ISMAN, 2000**).

Dans ce présent travail nous proposons d'évaluer l'activité larvicide des huiles essentielles

« *Rosmarinus officinalis* et *Eucalyptuse globulus* » sur une population expérimentale de *Tenebrio molitor*.

Quel est l'effet des huiles essentielles extraites de ces deux plantes aromatiques sur les larves de « *Tenebrio molitor* » ?

Dans ce contexte l'objectif de ce travail est de réduire les dégâts causés par *Tenebrio molitor*, en utilisant les huiles essentielles comme des bioinsecticides. Dans ce travail, nous avons entamé quatre chapitres :

- CHAPITRE I : Concerne une présentation de l'insecte étudié et méthodes de Lutte.
 - CHAPITRE II : Etude des plantes testées et des huiles essentielles
 - CHAPITRE III : S'intéresse au matériel et méthodes expérimentales utilisées dans ce travail.
 - CHAPITRE IV : Résultats et discussion
- Et finalement une Conclusion générale.

1 .Présentation de l'insecte

1.1 .Caractère généraux de la famille des Tenebrionidae :

Les Tenebrionidae sont des coléoptères de taille comprise entre 2 mm et 80 mm, de forme très varié, à téguments le plus souvent rigides, 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. Antennes de 11 articles et plus rarement 10, aptères ou ailées avec nervation alaire du type primitif, 5 sternites abdominaux, pattes longs ou tout au contraire, contractées, souvent fousseuses (**BALACHOWSKY, 1962**).

1.2. Présentation de *Tenebrio molitor* :

Tenebrio molitor, communément appelé le ver de farine ou encore ténébrion meunier, est un coléoptère polyphage de la famille des Tenebrionidae. La larve vermiforme d'environ 2.5 cm de long au stade le plus avancé laissera place après la nymphose à un adulte mesurant entre 1.5 et 2 cm (**CAROLINE, 2012**).

Ténébrion meunier est le plus grand coléoptère vivant dans le grain entreposé, mais il n'est pas commun en milieu agricole. D'abord attiré par les aliments pour animaux, il peut ensuite infester les grains entreposés en train de se détériorer. L'adulte est noir et mesure environ 1,5 cm de longueur, tandis que la larve est jaune et mesure de 0,2 à 2,8 cm de longueur. Le *Ténébrion meunier* préfère les endroits obscurs et humides dans les entrepôts ou les cellules d'entreposage d'aliments pour animaux. L'adulte vit plusieurs mois, tandis que la larve peut prendre un ou deux ans avant de se nymphose lorsque les conditions sont défavorables. En raison de sa grosseur, il est facile à détecter et semble souvent plus abondant qu'il ne l'est en réalité. Sa présence est un signe de mauvaises conditions d'entreposage ou de déficience sanitaire (**SECK, 2009**).

1.3. Origine du nom :

Nom français : Ténébrion meunier (ver de farine)

Nom scientifique : *Tenebrio Molitor*

Nom anglais : yellow mealworm

1.4 .Position systématique de *Tenebrio molitor* :

L'espèce *Tenebrio molitor* a été décrite par le naturaliste suédois **Carl von Linné en 1758**.

- **Selon** Carl Von Linné (1758) :

Règne : Animalia

Sous-Règne : Eumetazoa

Embranchement : Artropodes

Classe : des insectes

Ordre : Coleoptera

Sous-Ordre : Polyphaga

Super-Famille : Tenebrionoidea

Famille : Tenebrionidae

Sous-Famille : Tenebrioninae

Genre : *Tenebrio*

Espèce : *Tenebrio molitor* L .

1.5 . Origine et répartition de *Tenebrio molitor*

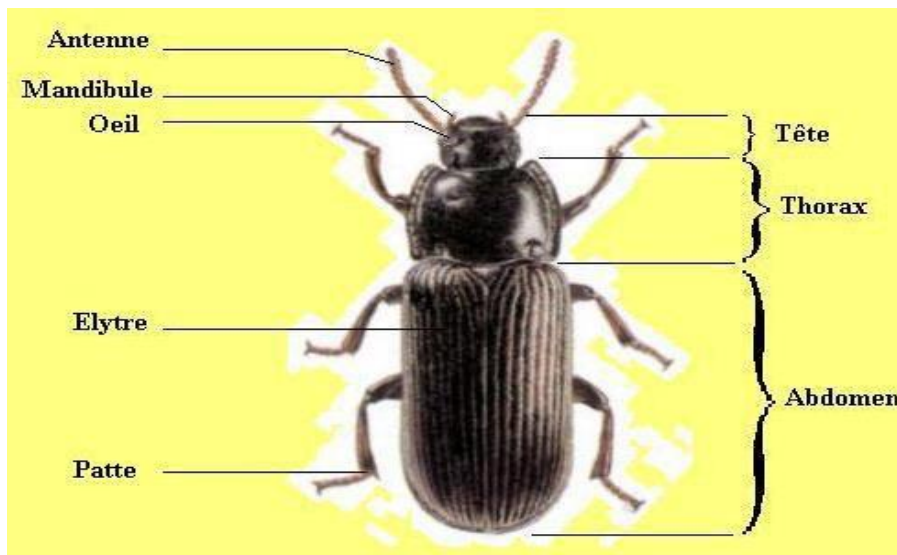
Distribution géographique

On le trouve partout dans son habitat au Québec. Il est répandu au Canada et dans le nord des États-Unis. Probablement originaire d'Europe, le ténébrion meunier est actuellement un insecte cosmopolite (**web 01**)

1.6 . Description morphologique de *Tenebrio molitor*

- ✓ *Tenebrio molitor* est un insecte holométabole de l'ordre des Coléoptères (insectes à carapace dure) et de la famille des Ténébrionidae, d'où son nom de genre : *Tenebrio*. Ici, l'espèce étudiée est le *molitor*, ce qui signifie : Tenebrion meunier.
- ✓ **L'adulte** peut atteindre une taille de 1,5 à 2 cm de long, et avant de prendre sa teinte noire luisante, il passe par un stade immature (imago) qui se distingue par une couleur blanchâtre.

- ✓ **La tête** comprend six segments qui se soudent durant le développement et sont indiscernables chez l'insecte adulte. Elle porte deux antennes, les yeux et les pièces buccales (on peut mettre en évidence les mandibules).
- ✓ **Le thorax** est la seconde partie du corps de l'insecte. On y trouve trois paires de **pattes** qui comprennent chacune, cinq éléments : le coxa (hanche), le trochanter, le fémur, le tibia et le tarse, lui-même formé de cinq articles. Comme chez tous les Coléoptères, on y observe deux paires d'ailes dont deux élytres qui jouent un rôle de protection des ailes "principales".
- ✓ **L'abdomen** est plus volumineux que la tête et le thorax. Il renferme tous les viscères (**web 02**).







*Figure 01: Adulte d'*tenebrio molitor* (web 02)*

1.7.biologie :

Cette espèce est caractérisée par un fort degré de polygamie et une haute fréquence de Ré-accouplements (**WORDEN et PARKER, 2001**).

Les femelles pondent environ 300 œufs au cours de leur vie au cours de plusieurs épisodes de reproduction (**JACOBS, 1988**).

Tableau 01 : cycle de développement de *Tenebrio molitor* (**web 03**)

| Larve | Nymph e | Imago | Ténébrion adulte |
|--|--|---|---|
|  |  |  |  |
| <p>-Les larves éclosent 10 jours après la ponte des œufs à une température de 30° C. (Cette durée s'allonge si la température est plus fraîche).</p> <p>- La durée de vie de la larve diffère aussi selon la température. Elle peut varier entre 10 et 15 semaines (si la température est très basse, son cycle peut s'étendre sur 1 an).</p> <p>-La croissance est discontinue c'est-à-dire qu'elle s'effectue uniquement au moment des mues.</p> <p>-La larve subit 10 à 16 mues (au cours desquelles elles se débarrassent de leurs carapaces)</p> <p>-Lorsque sa croissance est terminée, elle se transforme en nymphe</p> <p>-Les carapaces de mues, appelées "exuvies", se retrouvent à la surface du bac d'élevage</p> <p>-Les larves fuient la</p> | <p>-La nymphe est l'équivalent de la chrysalide chez le papillon</p> <p>-Elle est immobile et ne s'alimente pas.</p> <p>- Ce stade nymphal dure une vingtaine de jours.</p> <p>-Ce stade se termine avec une mue au cours de laquelle éclot le jeune adulte appelé "imago"</p> | <p>-Le jeune ténébrion (imago) est blanchâtre et mou..</p> <p>-Sa carapace va rapidement durcir et prendre sa couleur brune puis noire.</p> | <p>-L'adulte a une durée de vie d'environ 6 mois.</p> <p>-Il doit y avoir plusieurs adultes ensemble pour l'accouplement.</p> <p>-Les mâles sont pratiquement impossibles à distinguer des femelles</p> <p>-Les femelles peuvent pondre entre 200 et 300 œufs</p> <p>-Le cycle de vie complet dans des conditions favorables s'échelonne sur une période d'environ 2 à 4 mois</p> |

| | | | |
|--|--|--|--|
| lumière en s'enfouissant dans la farine. | | | |
|--|--|--|--|

1.8 .Régime alimentaire de *Tenebrio molitor*

Le *Tenebrio molitor* recherche surtout les denrées amylacées pulvérulentes comme la farine, le son de blé, ... etc.

Le *Tenebrio molitor* est un insecte omnivore, saprophage, à l'état larvaire, comme à l'état adulte, le ténébrion se nourrit surtout de déchets végétaux en voie de décomposition, mais il peut aussi manger des insectes morts, de la viande, des fruits séchés, etc. En élevage, on le nourrit de farine et de son. En cas de manque de nourriture, il peut devenir cannibale (DIDIER, 2006)

1.9 Importance et dégât de *Tenebrio molitor*

1.9.1 L'importance :

Tenebrio molitor sont très efficaces dans la bioconversion des déchets organiques, pour cette raison ces espèces font l'objet d'une attention croissante car ensemble elles pourraient convertir 1,3 milliard de tonnes de déchets organiques par an (VELDKAMP et al ., 2012).

1.9.2 Dégât :

Des larves de *Tenebrio molitor* (Tenebrionidés) élevées sur son de blé rouge prenaient moins de poids que celles élevées sur son de blé blanc, mais il faut préciser que cet insecte possède une longue période de différenciation et qu'il n'attaque pas normalement les grains en bon état (WHITE et al ., 2000).

Les larves et les adultes de *Tenebrio molitor* rendent les lots infectés inconsommables pour la volaille.



Figure 02 : Dégâts de *Tenebrio molitor* sur le son de blé (photo originale)

1.10 Les ennemis Naturels :

Aux Pays-Bas, les larves de coleopteres de la famille des Tenebrionidae, ou vers de farine telles que le tenebrion meunier (*Tenebrio molitor*), le petit tenebrion (*Alphitobius diaperinus*) et le tenebrion geant (*Zophobas morio*), sont eleves pour nourrir les reptiles, les poissons et les oiseaux de compagnie. Elles sont aussi considerees particulierement adaptees a la consommation humaine et sont disponibles dans des boutiques d'alimentation specialisees (VAN HUIS et al., 2014)

2. Méthode de lutte :

2.1. La lutte préventive

Selon (AIDANI, 2015) Il est couramment admis que plus de 80 % de la lutte contre les insectes repose sur l'intervention sanitaire qui repose sur

2.1.1 Protection des locaux de stockage

Avant la mise en stock des denrées, il est indispensable de nettoyer correctement les structures de stockage:

- ✓ Balayage correcte des locaux, brossage des murs et colmatage des fissures ;
- ✓ Toutes les balayures et détritrus rassemblés doivent être détruits car il pourrait Constituer un foyer d'infestation. En magasin il faudra traiter les sacs vides et Détruire le vieux sac ;
- ✓ Comme les locaux de stockage, les alentours des bâtiments, doivent être propres et Parfaitement dégagé (BELMOUZAR, 2004) ;
- ✓ La désinsectisation de l'emballage et des locaux de stockages qui doivent être Hermétiquement fermés ainsi que la denrée destinée au stockage ;
- ✓ Utiliser un emballage résistant tels que les sacs en polyéthylène doublé, coton que les insectes sont incapables de percer (AMARINADIA, 2014).

2.1.2 Protection de la denrée

Avant la mise en stock, le produit doit être correctement nettoyé, la présence de brisures et de fines constitue un élément favorable au développement des insectes. Tout nouveau lot doit être considéré à priori comme douteux est correctement inspecté car du produit attaqué introduit même en faible quantité peut infester un magasin ou un silo. La lutte contre les insectes sera souvent vaine si l'on ne considère pas que c'est l'ensemble des structures de stockage des denrées stockées qui doit être correctement tenu et si l'on n'observe pas des principes élémentaires pouvant prévenir les infestations (PHILIPPE, 2006) .

2.2 La lutte curative

La lutte curative a donc pour objet de détruire afin d'empêcher les insectes qui sont déjà présents de s'introduire dans le stock et de se multiplier (AIDANI, 2015).

2.2.1 Les méthodes traditionnelles

Selon (AIDANI, 2015), il existe 4 types de méthodes traditionnelles

2.2.1.1. L'enfumage : Les denrées les plus importantes pour le producteur sont souvent stockées au-dessus des foyers domestiques et sont ainsi enfumées presque en permanence .Cet enfumage ne tue pas les insectes mais les éloigne et empêche l'infestation.

2.2.1.2 Exposition au soleil : L'exposition des denrées au rayonnement solaire intense favorise le départ des insectes adultes qui ne supportent pas les fortes chaleurs ni la lumière intense (en stock les zones sombres sont un refuge pour les insectes). Le produit doit être déposé en couches minces.

2.2.1.3. Utilisation des plantes répulsives : Dans certaines régions on a coutume de mélanger aux grains des plantes qui agissent comme insectifuges.

2.2.1.4. Utilisation de matières inertes : On mélange aux grains de la cendre ou du sable fin, ces matériaux pulvérulents remplissent les vides entre les grains et constituent une barrière à la progression, des femelles cherchant à pondre, et entraînent leur déshydratation. Dans tous les cas le matériau soit propre et suffisamment fin.

2.2. 2 Méthodes de lutte modernes

De manière générale, il existe trois types de méthodes de lutte contre les insectes ravageurs (**figure 03**) : méthodes chimiques (pesticides chimiques), méthodes biologiques (auxiliaires naturels) et les méthodes mécaniques (LEPOIVRE, 2001).

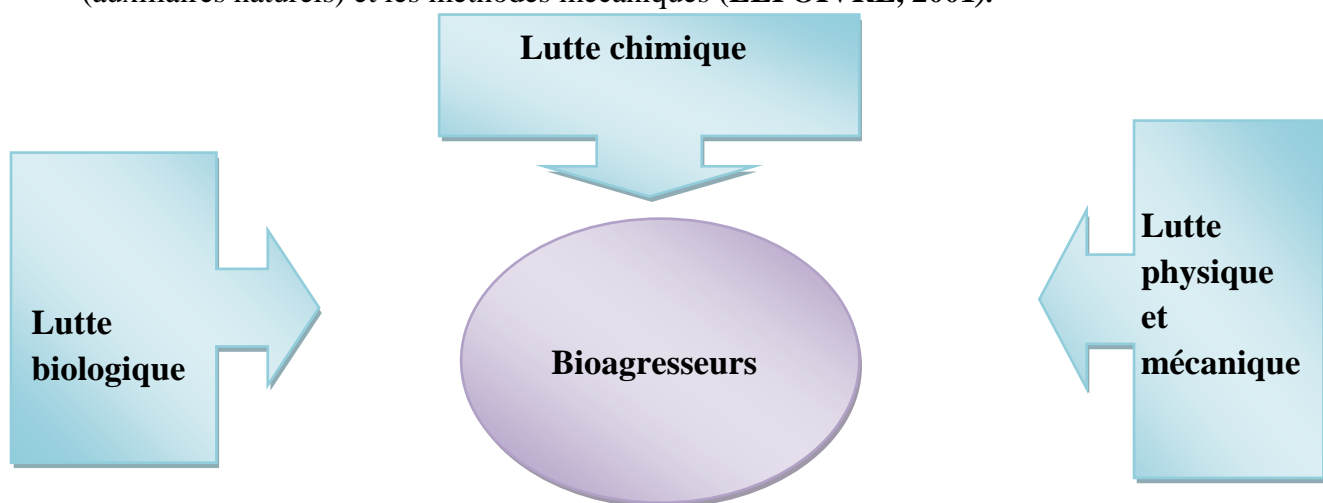


Figure 03 : Méthodes de lutte modernes contre les Bioagresseurs

2.2.1.1 La lutte chimique :

Il existe deux types de traitement :

- A. Traitement par contact** : où la graine est recouverte d'une pellicule de produits insecticide qui agit sur les insectes (CRUS et al., 1988). Ces produits peuvent être utilisés sous forme de poudre ou après la dilution (KECHROUD, 2012).
- B. Traitement par fumigation** : dont les petites molécules de gaz pénètre à l'intérieur des grains et dans les fissures, ce qui leur permet d'anéantir les insectes cachés. Il existe deux produits de fumigation qui possèdent une grande importance économique : l'hydrogène phosphoré (PH₃) et le bromure de méthyle (CH₃Br) (GWINNER et al., 1996).

2. 2.1.2 Lutte physique et mécanique

La lutte physique est la destruction des insectes par la modification des conditions environnementales (FIELDS, 1992). Ces moyens de lutte physique font appel aux modifications de la température (lutte par le froid et le chaud), aux radiations ionisantes et, aux matières (inertes) (FLEURAT et LESSARD, 1987).

- a. La lutte par le froid** : Consiste à abaisser la température de stockage, ce qui entraîne un ralentissement du développement des insectes, freiné dès que la température est inférieure à 10°C (AIDANI, 2015).
- b. La lutte par le chaud** : Les insectes sont sensibles aux températures élevées, il suffit de leur imposer une température de 55°C durant une heure pour détruire les différents stades de développement. Dans le cas du *R. dominica*, l'élimination des insectes à tous les stades est obtenue à 60° C pendant 10 minutes (STEFFAN, 1978)
- c. Radiations ionisantes** : Les mâles sont plus sensibles aux radiations gamma que les femelles, la dose létale dépend de l'insecte et la période du traitement (AHMED, 1992). La désinsectisation par les rayons gamma, à hautes doses provoque la mort de tous stades de développement de l'insecte (DIOP et al., 1997), par contre son exposition à des doses faibles entraîne sa stérilité (DONGRET et al., 1997).
- d. Radiations non ionisantes** : Tels que les infrarouges et les radiofréquences qui permettent de chauffer les produits infestés à une température létale pour tous les insectes qui s'y trouvent quelle que soit l'espèce ou le stade de développement (ZEGGA et TERCHI, 2001).

2.2.1.3 Lutte biologique

Actuellement, la lutte biologique est la méthode la plus favorisée dans les programmes de recherche vus ses intérêts économiques et agro-environnementaux qui permettent le maintien d'un équilibre bioécologique (AMARI, 2014).

Selon (TIAIBA, 2007), la raison principale pour laquelle les chercheurs sont amenés à trouver des alternatives à la lutte chimique est le développement du phénomène de résistance des insectes ravageurs vis-à-vis des pesticides chimiques.

La lutte biologique peut être pratiquée de différentes manières :

- a. **Utilisation des ennemis naturels:** C'est une méthode qui utilise des prédateurs, des parasites, des agents pathogènes pour réduire la densité de la population d'un insecte ravageur (PROCTOR, 1995).
- b. **Utilisation des huiles :** C'est une méthode qui utilise des extraits des plantes ; ces dernières ont été Connues depuis des temps immémoriaux comme sources de protection des denrées stockées beaucoup ont été utilisées par des fermiers depuis le seizième siècle (KACHEBI et KEBBI, 2003). Différentes parties (feuilles, tiges, racines, écorces) de divers espèces sont utilisées dans plusieurs pays du monde (Afrique, Chine, Inde...) (DALES, 1996).
- c. **La méthode de lutte biologique, dite par conservation ou CBC (Conservation Biological Control)**, consiste à limiter l'effet des facteurs néfastes sur les populations d'auxiliaires et de favoriser du mieux possible les actions contribuant au maintien et au développement de ces populations (JONSSON et al., 2008). La CBC consiste donc à valoriser la biodiversité fonctionnelle existante en apportant des modifications à l'habitat (à l'intérieur ou en bordure des parcelles) de ces populations d'auxiliaires, pour en augmenter, améliorer et favoriser leur présence et leur efficacité sur les ravageurs (JONSSON et al., 2008)
- d. **Les méthodes de lutte plus respectueuses de l'environnement (PBI) :** mise en œuvre dès le début des années 1980 a pris la forme de Protection Biologique Intégrée. La PBI est définie de la manière suivante par la Fédération des Groupements de Défense contre les Organismes Nuisibles : « La Protection Biologique Intégrée est une stratégie alternative à la lutte chimique conventionnelle contre les ravageurs des cultures. Elle résulte d'un mariage équilibré entre la lutte préventive et la lutte biologique. Ainsi cette stratégie privilégie les méthodes biologiques pour lutter contre

les insectes ravageurs des cultures et elle ne recourt aux traitements chimiques qu'en cas d'extrême nécessité. La PBI est particulièrement adaptée aux cultures sous serre. Respectueuse de l'environnement et de la santé des consommateurs (**COANTIC, 2007**).

1. Les plantes aromatiques testées

1.1 Le Romarin (*Rosmarinus officinalis*)

1.1.1 Origine du nom

Le mot romarin (*Rosmarinus*) dérive du latin «*Ros*» rosée «*Marinus*» : marin ou de marine

- + **Noms français:** Romarin (QUEZEL et SANTA, 1963).
- + **Noms arabe :** *Iklil Al Jabal, Klil, Hatssa louban, Hassalban, Lazir ,Azîr, Ouzbir ,Aklel, Touzala* (O.P.U.NT.WS. BENSTON).
- + **Autre nom :** herbes aux couronnes, herbes aux troubadours, encensier, arbre de marine, rose de mer, rose de marine, roumaniou, roumarine.
- + **Nom scientifique :** *Rosmarinus officinalis L.*,

1.1.2 Origine et définition

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)

1.1.3 Position systématique de *Rosmarinus officinalis*

Selon QUEZEL et SANTA (1963) :

Règne : Plantae

Embranchement : Spermaphytes

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : eudicote

Ordre : Lamiales (labiales)

Sous ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Espèce : *Rosmarinus officinalis L.*



Figure 04: *Rosmarinus officinalis* (Photo originale)

1.1.4 Description

Le *Romarin* (Figure 04) est un arbrisseau très odorant qui pousse à l'état sauvage ou cultivé. C'est une plante aromatique médicinale, condimentaire caractéristique du bassin méditerranéenne, et sans doute l'une des plantes les plus populaires en Algérie. Il recouvre plus de 70000 ha du territoire national (**BOUKHALFA, 1991**).

Les fleurs sont de couleur bleu mauve, sous forme de grappes symétriques, avec un petit calice sous forme de cloche à trois dents ; la corolle est longue, Le fruit est un akène il sent le camphre (**KOUBISSI, 1998**).

Sa tige est lignifiée. Les feuilles persistantes, enroulé vertes sur la phase supérieure et blanches sur la phase inférieure (**KOUBISSI, 1998**). Elles sont étroites, opposées et épaisses (**POLETTI, 1976**).

1.1.5 Répartition géographique

Le Romarin est une plante spontanée qui pousse sur les cotes méditerranéennes (POLETTI, 1976). On le trouve en Espagne, en Italie, en Grèce, en Asie, en Tunisie et en Algérie (PEIKAN, 1986)

1.1.6 Huiles essentielles de Romarin

1.1.6.1 Composition chimique

Tableau 02 : Composition des huiles essentielles extraites de *R. officinalis* (en %)

| Composés | SOLIMAN et al. (1994) Giza (Egypte) | KABOUCHE et al. (2005) Constantine | ATIK BEKKARA et al. (2007) Région de Honaine | BENDAHOU (2007) Région de Mechria |
|---------------------|--|---------------------------------------|---|--------------------------------------|
| α -thujène | - | 0,1 | 1,3 | 0,2 |
| α -pinène | 9,33 | 7,5 | 23,1 | 7,8 |
| Camphène | 3,65 | 5,0 | 4,6 | 2,1 |
| β -pinène | 1,80 | 3,2 | 12,2 | 7,1 |
| Myrcène | 5,39 | - | 4,5 | 1,5 |
| α -terpinène | 0,40 | - | 0,7 | - |
| <i>p</i> -cymène | 6,29 | - | 1,9 | - |
| 1,8-cineole | 8,96 | 29,5 | - | 48,8 |
| Limonène | - | Tr | 3,2 | - |
| γ -terpinène | 0,09 | 0,1 | 1,1 | 0,6 |
| Terpinolène | - | - | - | - |
| α -terpinéol | 3,27 | - | 1,1 | 3,6 |
| Linalol | 5,44 | Tr | 1,2 | 2,7 |
| Camphor | 14,91 | 11,5 | - | - |
| Camphre | - | - | 14,5 | 18,3 |
| Bornéol | 0,30 | 9,4 | 1,4 | 1,6 |
| acétate de bornyl | - | - | 3,6 | 0,7 |
| Carvacrol | 0,15 | - | - | - |

1.1.6.2 Utilisation

Il a été observé dans les pratiques empiriques que les agriculteurs introduisaient souvent dans les greniers des plantes aromatiques issue de la pharmacopée locale pour protéger les graines entreposées (SANON et al., 2002)

Les végétaux produisent des composés secondaires (terpènes, composés soufrés, alcools etc.), souvent considérés comme étant un moyen de défense de la plante contre divers organismes dépréciateurs (AAUGER et al., 1999). L'utilisation de ces substances végétales

en tant que biopesticides dans la protection des graines de légumineuses ou céréales stockées contre les insectes a fait l'objet de nombreuses études notamment en zone tropicale (ARTHUR, 1996).

1.2 L'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*)

1.2.1 Origine du nom

Le mot « *Eucalyptus* » vient du grec ;

Eu « bien » et **kaluptos** « couvert »

1.2.1.1- Noms communs : Gommier, gommier bleu, arbre au koala, arbre à la fièvre.

- **Nom botanique** : *Eucalyptus globulus* et plusieurs autres espèces du genre botanique *Eucalyptus* (*E. citriodora*, *E. dives*, *E. radiata*, *E. polybractea*...etc.)

1.2.1.2-Noms vernaculaires

- ❖ **Arabe** : كاليتوس, الكينا شجرة
- ❖ **France** : *eucalyptus*
- ❖ **Anglais**: *eucalyptus*, *oil of respiration*
- ❖ **Allemagne** :*eukalyptus*
- ❖ **Espagne** :*eucalipto*
- ❖ **Italie** : *eucalypto*
- ❖ **Algerie** :*kalytous*

1.2.2 Origine et définition

L'eucalyptus est originaire de l'Australie, son introduction en Algérie date de 1863 (ABDERAHI, 1983)

La plantation massive de ces arbres ne se fera qu'à partir de 1950. Grâce à leur capacité d'adaptation, les espèces *E. globulus*, *E. camaldulensis*, *E. gomphocephala*, sont les plus répandues dans la région méditerranéenne (METRO, 1970). Prés de 600 espèces sont connues dans le monde (FOUDIL-CHERIF, 1991).

Certains *eucalyptus* s'hybrident facilement entre elles étant donné la facilité avec laquelle les graines de pollen se transfèrent d'une espèce à une autre, ce qui complique encore plus leur identification (BENZAZZEDDINE, 2010).

1.2.3 Position systématique de *Eucalyptus globulus*

Selon METRO (1970), la systématique de l'*E. globulus* est la suivant :

Règne : Plantae

Embranchement : Spermaphyta

Sous-Embranchement : Angiospermes

Classe : Magnoliopsida /Dicotylédones

Sous /Classe : Rosidae

Ordre : Myrtalea

Famille : Myrtaceae

Espèce : *Eucalyptus globulus* L.



Figure 05: L'*Eucalyptus globulus* (OULD SI SAID, 2014).

1.2.4 Description

Les *Eucalyptus* de strate arborée dont certains peuvent dépasser 100 m de hauteur, mais la moyenne des espèces les plus courantes est de 40 à 50 m, d'autres ont des dimensions plus faibles (TRAORE et al., 2013).

- **Le tronc** : Le tronc comprend une écorce à la base foncée et rugueuse et, en hauteur, lisse, gris cendre laissant s'exfolier son épiderme en longs lambeaux souples et odorants.
- **Les feuilles** : Les *eucalyptus* portent des feuilles persistantes, coriaces, glabres mais différentes en fonction de l'âge des rameaux: les jeunes rameaux possèdent des feuilles larges, courtes, opposées, sessiles, ovales, bleu-blanc et cireuses, avec un vrai limbe nervuré. Les rameaux plus âgés possèdent des feuilles aromatiques, falciformes, longues de 12 à 30 cm, étroites, pointues, épaisses, vert foncé, courtement pétiolées, alternes et pendantes verticalement (GOETZ et GHEDIRA, 2012).
- **Les fleurs** : Les fleurs naissent à l'aisselle des feuilles et sont de couleur blanc crème (en bouton de couleur (blanc-bleu), en toupie surmontée d'une pseudo-corolle en forme de coiffe qui tombe lors de l'épanouissement, laissant apparaître un panache d'étamines (BABA AISSA, 1999).
- **Les fruits** : Le fruit ligneux est une grosse capsule glauque prenant une teinte marron à maturité, dure, anguleuse, verruqueuse, et s'ouvrant légèrement par trois, quatre ou cinq fentes (qui dessinent une étoile à son sommet) pour libérer de nombreuses graines sombres et minuscules (GOETZ et GHEDIRA, 2012).
- Les *eucalyptus* sont connus pour leur capacité à coloniser des terrains nus ou dévastés à cause de leurs graines très nombreuses (et à faibles réserves); grâce à un organe souterrain, le rhizome, même après une coupe ou un incendie; ils poussent sans marque de dormance, tant que les conditions météorologiques ne sont pas défavorables. Ces dernières propriétés, ajoutées à sa grande valeur papetière, ont assuré à l'*eucalyptus* une dispersion et un succès mondiaux (FRAVAL, 2005).

1.3.5 Répartition géographique des eucalyptus en Algérie

Les *eucalyptus* occupaient une surface de 5 855 hectares dont plus de la moitié dans la région Oranaise (BOUDY, 1955), Actuellement des plantations longent le littoral d'El-Kala et

d'Azzefoun. On retrouve cette espèce dans la région de la Mitidja et celle de Hadjout (FOUDIL-CHERIF, 1991).

La répartition géographique de *Eucalyptus globulus* en Algérie est représentée sur le Tableau 03.

Tableau 03: Distribution géographique d'*Eucalyptus globulus* en Algérie (FOUDIL-CHERIF, 1991)

| Wilaya | BLIDA | BOUMERDES | RELIZANE | SIKIDA | S.BELABAS | SETIF | EL TAREF |
|------------|--------|-------------|----------|---------|-----------------|----------|-----------|
| Nom local | Kafour | Kafour | Calatous | – | Ouerg el Kafour | Calatous | – |
| Superficie | 41Ares | 93HA 70Ares | – | 2250 HA | 342 HA | 10 Ares | 1000 Ares |

1.2.6 Huiles essentielles d'*Eucalyptus*

L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* de la famille des myrtacées a fait l'objet de diverses études surtout dans le domaine de microbiologie.

1.2.6.1 Composition chimique

Tableau 04: Composition chimique (%) a des huiles essentielles obtenues des feuilles d'*Eucalyptus globulus* (DJENANE et al ., 2011).

| Composé | <i>Eucalyptus globulus</i> (DJENANE et al ., 2011) |
|------------------------|---|
| α -pinène | 2,30 |
| p-cymène | 1,07 |
| 1 1,8-cinéole | 81,70 |
| α -phellandrène | 0,08 |
| α -terpinène | 0,02 |
| γ -terpinène | 8,50 |
| Terpinène-4-ol | 0,08 |

| | |
|----------------------------|------|
| Acétate α -terpinyl | 0,10 |
| β -caryophyllène | 0,04 |

1.2.6.2 Utilisation

- ❖ L'huile essentielle *d'eucalyptus* a des propriétés expectorantes et fluidifiantes du mucus, l'huile essentielle *d'eucalyptus* à aussi des propriétés, antimicrobiennes, antifongique et antivirales.
- ✓ Action analgésique et relaxante pour les muscles (huiles de bain et de massage)
- ✓ Action répulsive pour les insectes et calmante sur les piqûres
- ✓ l'huile essentielle *d'eucalyptus* a d'autres propriétés sur la grippe et sinusite, Rhumatisme et polyarthrite rhumatoïde. Antibactériennes, antifongiques, antivirales (**BENAZZEDDINE, 2010**)
- ✓ L'huile essentielle d'*E. globulus* est également utilisée en médecine, en soins dentaires, pour les produits désinfectants (**GARNERO, 2002**).
- ✓ L'utilisation pharmaceutique des huiles essentielles de cette plante exige une teneur approximative de 70% en 1,8 cineole (**PEREIRA et al., 2005**).

2- Les huiles essentielles

2.1 Introduction

Les huiles essentielles sont rencontrées dans diverses familles botaniques, elles sont largement répandues dans le monde végétal et se trouvent en quantité appréciable chez environ 2000 espèces réparties en 60 familles (**RICHTER, 1993**). Actuellement, on compte environ 800,000 espèces végétales et parmi elles, seulement 10% sont des plantes aromatiques capables de synthétiser une essence (**BALZ, 1986**). Ces essences se localisent dans toutes les parties vivantes de la plante, dans une même plante, ces huiles peuvent exister à la fois dans différents organes, où la composition chimique peut varier d'un organe à un autre. Ces essences aromatiques sont élaborées par des glandes sécrétrices qui se trouvent sur presque toutes les parties de la plante (**BRUNETON, 1999**).

2.2. Définition

Selon (**PADRINI et LUCHERON, 1996**) les huiles essentielles, appelées aussi essences, sont des mélanges de substances aromatiques produites par de

nombreuses plantes et présentes sous forme de minuscules gouttelettes dans les feuilles, la peau des fruits, la résine, les branches, les bois, elles sont présentes en petites quantités par rapport à la masse du végétal. Elles sont odorantes et très volatiles.

Selon (AFNOR, 2000), une huile essentielle est un produit obtenu à partir d'une matière végétale définie botaniquement, après séparation de la phase aqueuse par des procédés physiques : soit par un entrainement à la vapeur d'eau, soit par un procédé mécanique à partir de l'épicarpe pour les citrus, soit par distillation sèche.

2.3. Répartition, localisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles existent chez les végétaux supérieurs (BEKHECHI et ABDELOUAHID, 2014). Elles se retrouvent dans des glandes minuscules situées dans différentes parties de la plante aromatique : les feuilles, les fleurs, les fruits, les graines, l'écorce et rarement dans les racines (FOUZI, 1981)

Les glandes sécrétrices sont réparties sur l'ensemble de la plante, rares sur les faces supérieures des feuilles et des tiges. Elles sont un peu plus nombreuses sur le dessous des feuilles, mais elles sont abondantes surtout sur le calice des fleurs (BEKHECHI et ABDELOUAHID, 2014). D'après (DJARRI, 2011) la synthèse des huiles essentielles dans les plantes est le résultat d'un ensemble de réactions biochimiques dont certaines ne sont pas encore élucidées. Les huiles essentielles prennent naissance dans des appareils sécréteurs qui ont une forme variée.

2.4 Les principales familles des plantes aromatiques

Selon (BACHELOT et al., 2005), Parmi les principales familles des plantes aromatiques:

- ✓ **Les Lamiacées (anciennement appelées les Labiées) :** C'est une importante famille de plantes dicotylédones avec environ 6000 espèces réparties en 9 sous familles elles même réparties en 210 genres (les lavandes, les menthes, le romarin...), cette famille représente une source importante d'huiles essentielles.
- ✓ **Les Myrtacées :** Cette famille est représentée par des arbres, des arbustes ou arbrisseaux. On trouve 3000 espèces réparties en 130 genres, en zones Tempérées, Subtropicales et Tropicales (surtout en Australie et en Amérique). Dans cette famille on trouve de nombreux eucalyptus, des girofliers, et des myrtes.

2.5 Composition chimique

Sont des mélanges complexes de composants appartenant principalement à deux groupes, caractérisés par des origines biogénétiques apparentes dont les terpenoïdes et les composés aromatiques dérivés du phénylpropane (**BRUNETON, 1993**).

2.5.1. Les terpenoïdes

Les terpenoïdes retrouvés dans les huiles essentielles sont les terpènes les plus volatiles, c'est-à-dire ceux dont la masse moléculaire n'est pas trop élevée : mono et sesquiterpènes. (**BRUNETON, 1993**).

a) Les monoterpènes : Toujours présents, les carbures monoterpéniques, sont constitués de 10 molécules de carbones C₅, peuvent être acyclique myrcène, ocimène..., monocyclique α et β -terpène, para-cymène... ou bicycliques: pinènes, delta-3-caréne, camphène, sabinène. Ils constituent parfois plus de 90% de l'huile essentielle : Citrus, térébenthines (**BRUNETON, 1993**).

b) Les sesquiterpènes : Dans cette famille de composés, nous trouvons les mêmes groupements fonctionnels que dans le cas des monoterpènes, à savoir carbures, alcools, cétones étant les plus courants (**BRUNETON, 1993**).

2.5.2. Les composés aromatiques

Les composés aromatiques sont moins fréquents dans les huiles essentielles par rapport aux dérivés terpéniques. Très souvent, il s'agit d'allyle et de propénylphénol. Ces composés aromatiques constituent un ensemble important car ils sont généralement responsables des caractères organoleptiques des huiles essentielles. Nous pouvons citer l'eugénol qui est responsable de l'odeur chez les plantes, c'est l'exemple de la forte odeur de clou de girofle (**TEISSEIRE, 1991**).

2.5.3. Les composés d'origines diverses

Compte tenu de leur mode d'extraction, les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire, entraînés lors de l'hydrodistillation. Ces produits peuvent être azotés ou soufrés (**TEISSEIRE, 1991**).

2.6 Rôle physiologique des huiles essentielles

Les plantes aromatiques produisent des huiles essentielles en tant que métabolites secondaires, mais leur rôle exact dans les processus de la vie de la plante reste inconnu (**RAI et al., 2003**).

Certains auteurs pensent que la plante utilise l'huile pour repousser ou attirer les insectes, dans ce dernier cas, pour favoriser la pollinisation. D'autres considèrent l'huile comme source énergétique, facilitant certaines réactions chimiques, conservent l'humidité des plantes dans les climats désertiques (**BELAICHE, 1979**).

Certaines huiles essentielles servent à la défense des plantes contre les herbivores, insectes et micro-organismes (**CAPO et al., 1990**).

2.7 Domaines d'utilisation des huiles essentielles

L'utilisation répandue des insecticides synthétiques a mené à beaucoup de conséquences négatives (c'est-à-dire, résistance des insecticide, toxicité sur la faune auxiliaire, problèmes de résidu, pollution environnemental) ayant pour résultat l'attention croissante étant donnée aux produits naturels (**ISMAN, 2005**).

Les plantes peuvent fournir des solutions de rechange potentielles aux agents actuellement utilisés contre les insectes nuisibles parce qu'elles constituent une source riche en produits bioactifs. Beaucoup d'effort a été donc concentré sur les matériaux dérivés de plantes pour les produits potentiellement utiles en tant qu'agents commerciaux de lutte contre les insectes (**KIM et al., 2003**).

Les plantes aromatiques sont parmi les bioinsecticides les plus efficaces d'origine botanique et les huiles essentielles constituent souvent la fraction bioactive des extraits de plantes (**SHAAYA et al., 1997**).

2.7.1 Activité insecticide des huiles essentielles

L'effet insecticide des huiles essentielles par contact, ingestion et par fumigation a été bien démontré contre les insectes ravageurs des denrées entreposées, de nombreux travaux ont porté sur l'amélioration des formes d'utilisation des plantes qui permettent de renforcer et de rentabiliser leur activité insecticide (**ISMAN, 2005**). L'objectif est d'améliorer les techniques traditionnelles basées sur une valorisation des ressources végétales renouvelables pour une

meilleure gestion des insectes ravageurs dans les stocks des graines. Certaines observations ont montré que l'extrait brut éthanolique (TIERTO-NIEBER et al., 1992), hexanique (NUTO, 1995) ou à l'éther de pétrole (GAKURU et FOUA-BI, 1996) de matériel végétal possède une toxicité effective vis-à-vis des ravageurs de stocks. D'autres résultats indiquent que les huiles essentielles extraites de plantes odorantes ont une activité insecticide indéniable vis-à-vis de *Callosobruchus maculatus* F. (GLITHO et al., 1997; GAKURU et FOUA-BI, 1995).

2.7.2 Activité acaricide, fongicide et bactéricide

a) **Contre Varroa jacobsoni**, parasite des colonies d'abeilles, plusieurs travaux ont été menés sur l'effet toxique de certaines essences et de leurs composant (CALDERONE et al., 1997). Parmi ces derniers, c'est le thymol qui a engendré le meilleur résultat, en addition, il a été démontré que le traitement répétitif en dehors de la période de miellée n'augmente pas les résidus dans le miel et reste sous le seuil de détection gustative qui se situe entre 1,1 et 1,6 mg/kg. Il a été prouvé jusqu'à présent qu'un seul traitement à base d'huile essentielle ou d'un composé est généralement suffisant pour maintenir la population de l'acarien Varroa au dessous du seuil de dégât économique pendant toute la saison (IMDORF et al., 1999).

b) **Contre les champignons**, les alcools et les lactones sesquiterpéniques sont d'excellents inhibiteurs, ils peuvent émaner de la cannelle, clou de girofle, eucalyptus citronné, géranium, rosat, niaouli, plamarosa, ravensare, tagète, romarin-cinéole et calophyllum. WILSON et al., (2007) dévoilèrent l'efficacité de 49 huiles essentielles sur *Botrytis cinerea* .

c) **Contre les bactéries**, DEFOE et al., (2003) avaient étudié la composition chimique de l'huile essentielle *Thymus spinulosus* et réalisé des tests biologiques sur son activité antibactérienne contre des souches de bactérie, les résultats ont montré que les monoterpènes (thymol) a un e propriété inhibitrice de croissance bactérienne.

2.8 Toxicité des huiles essentielles

Les huiles essentielles ont une toxicité aiguë par voie orale, la majorité de celles qui sont couramment utilisées ont une DL50 comprise entre 2 et 5 g/Kg (anis, eucalyptus, girofle, etc...), ou ce qui est le plus fréquent, supérieure à 5 g/Kg (camomille, citronnelle, lavande, marjolaine, vétiver, etc...) (BRUNETON, 1999).

2.9 Conservation des huiles essentielles

L'instabilité relative des molécules constitutives des huiles essentielles rend leur conservation délicate (**BRUNETON, 1993**).

Selon (**BENAZZEDDINE, 2010**) Trois facteurs interviennent dans l'altération des huiles essentielles

- a) La température :** obligation de stockage à basse température (entre 08°C et 25°C).
- b) La lumière :** stocker dans l'obscurité et dans un récipient opaque, brun de préférence.
- c) L'oxygène :** les flacons doivent être entièrement remplis et fermés de façon étanche, il est possible de recourir à l'adjonction d'antioxydants. La durée de conservation admise est de 02 à 05 ans.

1. Objectif

Le but de l'essai est de déterminer l'efficacité de deux huiles essentielles contre un ravageur qui s'attaquant le son de blé il s'agit de *Tenebrio Molitor*

2 .Matériel et méthodes

2.1 Matériel

2.1.1 Matériel animal (élevage de masse des insectes)

La souche de *Tenebrio molitor* originaire d'un hangar d'élevage de volaille (poulailler) de la région de Sebdu Tlemcen, l'élevage est réalisé dans une étuve obscure (**figure 07**) réglée à une température de 26°C, et une humidité relative de 70 %. Les insectes (avec différents stades de développement) sont placés dans des bocaux d'une capacité de 500g du son de blé comme substrat, jamais traités par les insecticides (**figure 06**). Les couvercles des bocaux sont perforés pour permettre la respiration des insectes.

Nous avons utilisé, dans nos essais les larves de derniers stades, pour cela nous avons réalisé des tamisages réguliers pour récupérer des larves.

Cet élevage a été effectué dans le but de l'obtention d'un nombre considérable des larves de *Ténébrio molitor* a fin de les utiliser dans nos expériences.



Figure 06 : Elevage de masse de *Tenebrio molitor* (Photo originale)



Figure 07 : Etuve obscure (Photo originale)

2.1.2 Matériel végétal (les plantes testées).

Nous avons utilisé pour nos tests des plantes aromatiques appartenant aux différentes familles, récoltées de différentes régions (**Tableau 05**).

Au laboratoire, Les plantes sont nettoyées et séchées à une température ambiante de 20°C pendant une durée de dix jours.

L'identification des espèces végétales est réalisée par les botanistes du laboratoire d'écologie végétale de l'Université de Tlemcen.

Tableau 05: Les plantes utilisées

| Nom commun | Nom scientifique | Famille | Origine |
|------------|-------------------------------|-----------|---------|
| Romarin | <i>Rosmarinus officinalis</i> | Lamiacées | Tlemcen |
| Eucalyptus | <i>Eucalyptus globulus</i> | Myrtacées | Acheté |

2.1.3 Choix des doses

Pour tester l'efficacité des huiles essentielles contre les larves de *Tenebrio molitor*, nous avons utilisé trois doses en huiles essentielles différentes : 8µl, 10µl, et 12µl des 2 plantes testées « *Rosmarinus officinalis*, *Eucalyptuse globulus* ».

Dans des boîtes de Pétri en plastique nous avons mis 10g de son de blé comme substrat alimentaire.

Pour assurer une bonne propagation de l'huile essentielle testée dans la totalité de la surface de la boîte de Pétri, nous avons ajouté 1 ml d'acétone (solvant).

Après l'évaporation du solvant (environ 10 mn), Toutes les boîtes de Pétri ont été infestées par six (6) larves de *Tenebrio molitor* (**Tableau 06**).

Toute les boîtes de Pétri portent des renseignements concernant la date d'introduction des larves, la dose en huiles essentielle utilisée.

Les tests ont été répétés 3 fois pour chaque dose utilisée.

Remarque : Au départ nous avons testé trois doses en huiles essentielles pour chaque plante aromatique à savoir : 1, 3 et 5 µl / 10g de son de blé, mais ces doses n'ont donné aucun effet

larvicide sur *Tenebrio molitor* (0 mortalité), vu la grande résistance des larves, donc nous avons augmenté les doses à 8, 10 et 12 μ l / 10g de son de blé.

Tableau 06: Les doses utilisées :

| Dose en huiles | | | | |
|-----------------------|----------|-------------|-------------------|----------|
| 8 μ l des huiles | 3 boites | 1ml acétone | 10g de son de blé | 6 larves |
| 10 μ l des huiles | 3boites | 1ml acétone | 10g de son de blé | 6 larves |
| 12 μ l des huiles | 3boites | 1ml acétone | 10g de son de blé | 6 larves |

Concernant le test témoin: En trois répétitions, nous n'avons utilisé dans chaque boîte de Pétri 10 g de son de blé (substrat alimentaire) mélangé avec 1 ml d'acétone, avec l'introduction de 6 larves de *Tenebrio molitor* (absence d'huile) \longrightarrow (figure 08)

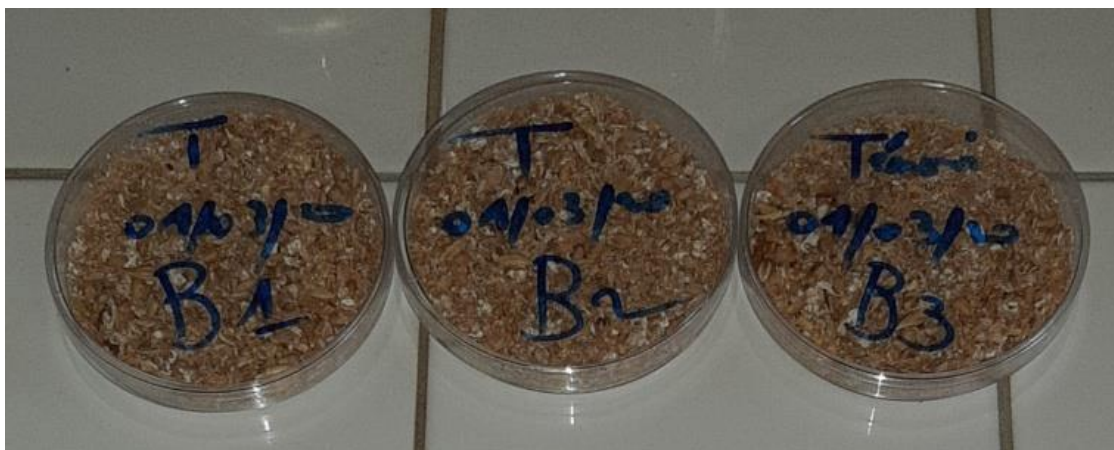


Figure 08 : Elevage témoin (originale)

2.1.4 Le dimorphisme sexuel

Chez la plupart des coléoptères, il n'existe aucune différence extérieure visible entre les deux sexes mais, dans certains cas il y a des caractères sexuels secondaires qui peuvent être différence entre mâle et femelle (GUIGNOT, 1957).

Chez *Tenebrio molitor* la femelle a une taille plus grande comparativement au mâle, et pour connaître le sexe des coléoptères avec certitude il est nécessaire d'observer les insectes sous une loupe binoculaire.

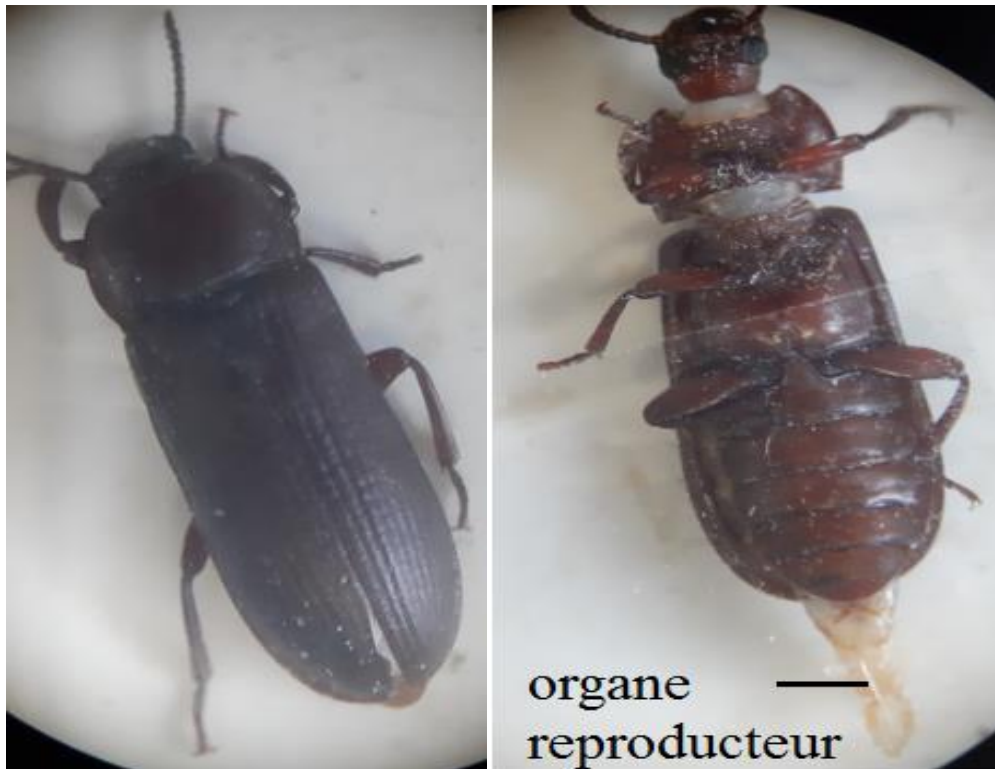
La détermination du sexe se fait selon la présence ou l'absence de l'ovipositeur, car seule la femelle qui porte un ovipositeur afin de pondre ces œufs.



Face dorsale

Face ventrale

Figure 09: Femelle de *Tenibrio molitor* (grossissement : x 40) (originale)



Face dorsal

face dorsal

Figure 10 : Mâle de *Tenibrio molitor* (grossissement : x 40) (originale)

2.2. Méthodes expérimentales

2.2.1 Méthode d'extraction des huiles essentielles

L'extraction des huiles essentielles à partir des feuilles et les fleurs des plantes aromatiques est réalisée à l'aide d'un dispositif d'hydrodistillation (**Fig 11**) au niveau de laboratoire de biochimie appliquée, Université de Tlemcen. Nous avons émergé 500 g d'échantillon dans 2L d'eau distillée, l'ensemble est porté à ébullition pendant une durée de 2 à 5 heures.



Figure 11 : Dispositif l'hydrodistillation

2.2.3 Mode opératoire

2.2.3.1 Evaluation de la toxicité des huiles essentielles par ingestion

Nous avons testé l'activité larvicide des huiles essentielles extraite de « *Rosmarinus officinalis* , et *Eucalyptuse globulus* » sur les larves de *Tenebrio molitor*.

Pour chaque dose, les comptages des larves mortes ont été réalisés chaque 24heurs pendant une période de 7 jours.

2.2.3.1.1 Essais avec l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*

- ✚ 10g de grain du son de blé + 6 larves de *tenebrio molitor* + 8 μ l de huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* +1ml d'acétones.
- ✚ 10g de grain du son de blé + 6 larve de *tenebrio molitor* +10 μ l de huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* +1ml d'acétones.
- ✚ 10g de grain du son de blé + 6 larve de *tenebrio molitor* +12 μ l de huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* +1ml d'acétones.



Figure 12 : Effet des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* sur *Tenebrio molitor*
(Photo originale).

2.2.3.1.2 Essais avec l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* (Figure 13)

- ✚ 10g de grain du son de blé + 6 larve de *tenebrio molitor* +8μl de huile essentielle de *eucalyptus globulus* +1ml d'acétone.
- ✚ 10g de grain du son de blé + 6 larve de *tenebrio molitor* +10 μl de huile essentielle de *eucalyptus globulus* +1ml d'acétone.
- ✚ 10g de grain du son de blé + 6 larve de *tenebrio molitor* +12 μl de huile essentielle de *eucalyptus globulus* +1ml d'acétone.



Figure 13 : L'huile essentielle commerciale d'*eucalyptus globulus* (photo originale)

2.2.4 Expression des résultats

2.2.4.1 Détermination des stades de développement de *Ténébrio molitor*

A partir de l'élevage de masse de *Ténébrio molitor* nous avons essayé de déterminer les différents états et stades de développement de l'insecte

2.2.4.2 Calcul du rendement des huiles essentielles

Le rendement en huiles essentielles est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue et la masse sèche du matériel végétal à traiter (**KAID SLIMANE, 2004**).

$$R = m1 / m2 \times 100$$

R : rendement en huiles essentielles exprimé en %

m 1 : masse des l'huiles essentielles en gramme

m 2 : masse d'échantillon en gramme

2.2.4.3 Calcul la mortalité corrigée

L'efficacité d'un produit est évaluée par la mortalité. Le nombre d'individus morts dénombrés dans une population traitée par un toxique n'est pas le nombre réel d'individus tué par ce toxique.

Il existe, en fait dans toute population traitée une mortalité naturelle qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par ce toxique (**BENAZZEDINE, 2010**)

Pour estimer la mortalité des larves, on dénombre des insectes mortes (les larves), le dénombrement est réalisé tous les 24 heures pendant une période de 7 jours. La mortalité observée est exprimée après correction par la formule d'Abbott (**ABBOTT, 1925**)

$$Pc\% = (Po - Pt / 100 - Pt)$$

Avec :

Pc: la mortalité corrigée en %.

Pt: mortalité observé en témoin.

Po: mortalité observé en l'essai.

2.2.4.4 Calcul de la DL50

Nous avons calculé la dose létale pour 50% de la population d'insectes « DL50 » pour comparer la toxicité des deux plantes aromatiques testées sous formes des huiles essentielles sur les larves de *tenebrio molitor*.

Les valeurs de la DL50 sont calculées par la méthode des probits (**FINNEY, 1971**).

L'efficacité d'un toxique se mesure par sa DL50 qui représente les quantités de substance toxique entraînant la mortalité de 50% d'individus d'un même lot respectivement. Elles sont déduites à partir du tracé des droites de régression. Pour cela, les pourcentages de mortalité corrigés sont transformés en probits, après à l'aide de logiciel MINITAB (version 18) la régression des logarithmes des doses en fonction des probits des mortalité a permis de déterminer la DL50 pour chaque huile essentielle après deux jours d'exposition.

2.2.4.5 Calcul de TL50

Nous avons calculé le temps létal pour 50 % de la population d'insectes « TL50 » pour confirmer la comparaison de la toxicité des huiles essentielles testées, c'est à dire en plus de la DL50 nous avons calculé le TL50.

Pour calculer le TL50 nous avons utilisé la méthode des probits (**FINNEY, 1971**).

Les pourcentage de mortalité ont été transformés en probits , la régression du logarithme de la durée d'exposition (en jours) en fonction des probits des mortalités a l'aide de logiciel MINITAB (version 18) a permis de déterminer le temps létale pour 50% de la population d'insecte en utilisant la dose moyenne soit 10µl pour chaque huile essentielle.

2.2.4.6 Analyse statistique des données

Pour savoir s'il existe ou non une différence significative concernant l'activité larvicide des huiles essentielles, les résultats obtenus a partir des essais expérimentales sont soumis a des analyses de variance.

L'analyse de variance a deux critères de classification (**ANOVA 2**), utile pour l'étude de l'action de deux facteurs (**DAGNELIE, 1975**)

Nous avons utilisé ce type d'analyse pour tester l'effet sur la mortalité des larves de deux facteurs, à savoir : la dose en huile essentielle et la durée d'exposition des huiles essentielles, l'étude statistique est réalisée sur le logiciel Microsoft Office Excel 2007.

1. Les différents états et stades de développement

La figure suivante montre la différence entre les larves de différents stades de développement, une larve de dernier stade arrive à une taille moyenne de 2,5 cm.

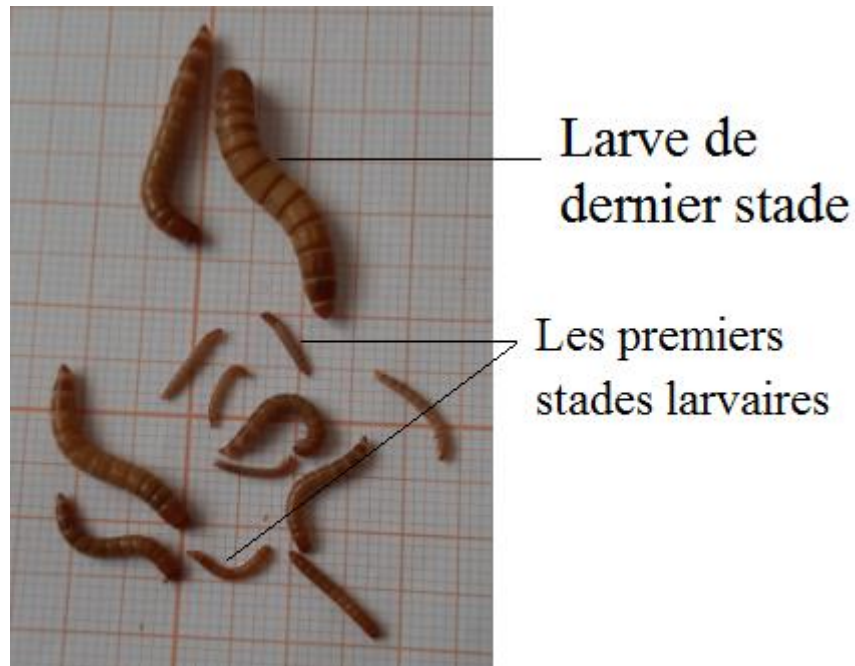


Figure 14 : Les stades larvaires. (Photo originale)

La figure 15, montre une différence entre les différents états de la nymphe selon la couleur, une nymphe au début du stade nymphe est très claire, avec le temps elle prend une couleur plus foncé.



Figure 15: Le stade nymphe (a : début du stade nymphe, b et c : stade avancé). (Photo originale)

La figure 16, montre les différents états de développement d'un imago (couleur claire) à un adulte (couleur noir foncé).



Figure 16: Le développement d'un imago à un adulte (a : stade imago, b et c : stade imago avancé, d et e : stade adulte mâle et femelle respectivement). (Photo originale)

2. Efficacité des trois huiles essentielles testées

2.1 Rendement en huiles essentielles :

Le rendement en l'huile essentielle extraite par hydrodistillation est de 1,64 % pour le Romarin « *Rosmarinus officinalis* ».

2.2 La mortalité en élevage témoin

La mortalité des larves observée au témoin après sept (7) jours d'exposition (On utilisant l'acétone uniquement) est nulle dans les trois boites de Pétri.

2.3 En utilisant les huiles essentielles

a. *Rosmarinus officinalis*

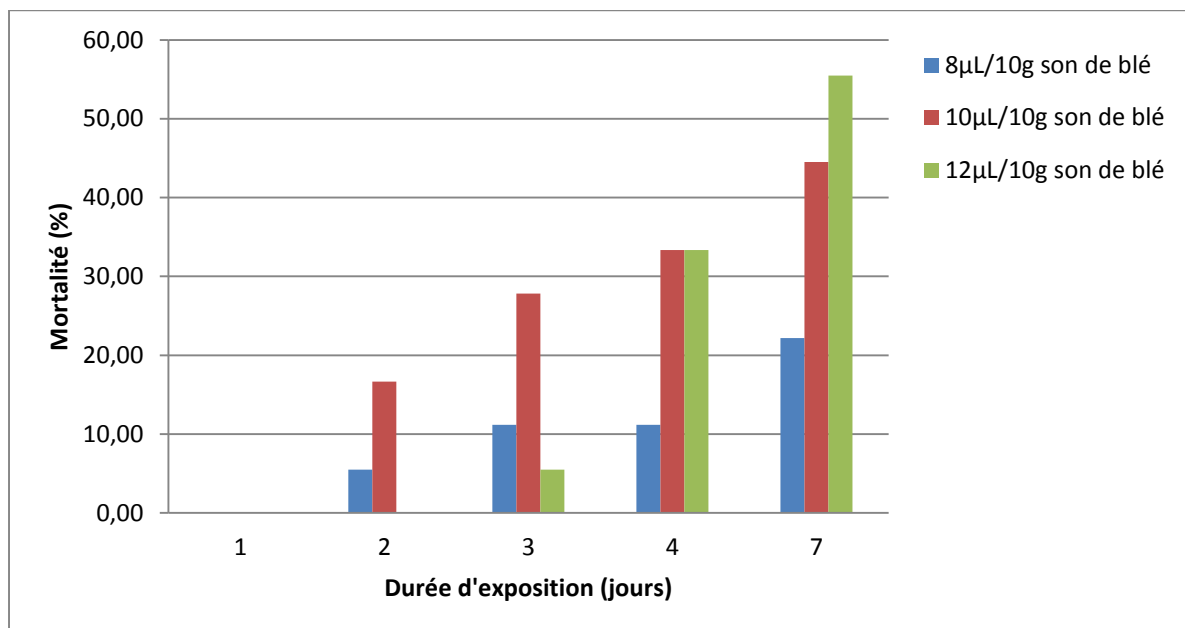


Figure 17 : Mortalité des larves de *Tenebrio molitor* en présence des huiles extraites de *Rosmarinus officinalis*.

- Selon le facteur dose en huiles essentielles extraites : il n'y a pas une variation entre les taux de mortalité avec $F = 2,70$ pour $P = 0,12$.
- Selon le facteur durée d'exposition : une différence significative entre les taux de mortalité avec $F = 7,82$ pour $P = 0,007$.

b. *Eucalyptus globulus*

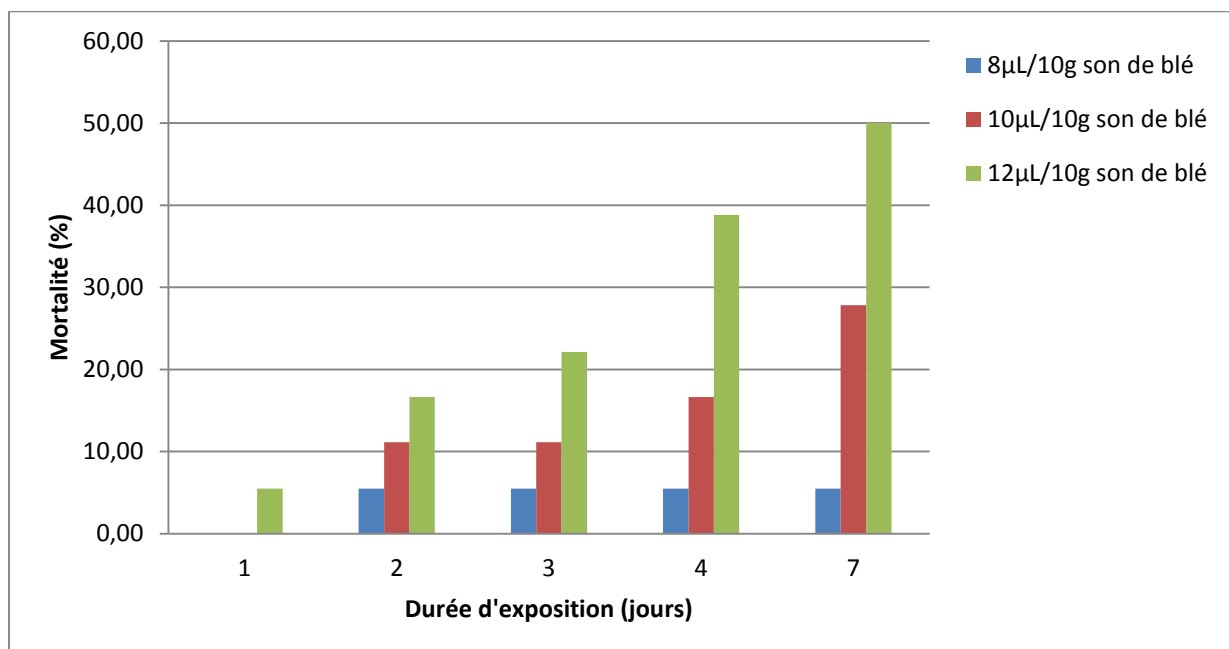


Figure 18 : Mortalité des larves de *Tenebrio molitor* en présence des huiles extraites d'*Eucalyptus globulus*.

- Selon le facteur dose en huiles essentielles extraites : une variation significative entre les taux de mortalité avec $F = 9,25$ pour $P = 0,008$.
- Selon le facteur durée d'exposition : une différence entre les taux de mortalité avec $F = 4,26$ pour $P = 0,038$.

Comparaison de la toxicité des huiles essentielles

2.3.1 La dose létale pour 50 % de la population (DL50)

La transformation des mortalités corrigées des larves après deux jours d'exposition en probits, et la régression de ces données en fonction des logarithmes des doses en huiles essentielles, a permis d'obtenir les résultats suivants :

a. *Rosmarinus officinalis*

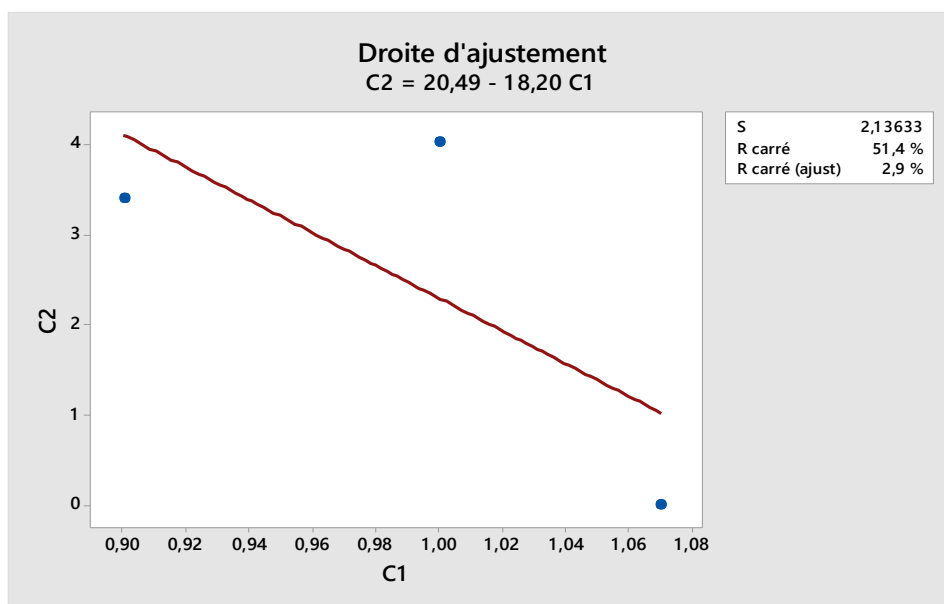


Figure 19 : Droite de régression (d'ajustement) Log doses en huiles extraites de *Rosmarinus officinalis* / mortalité (probits) des larves.

b. *Eucalyptus globulus*

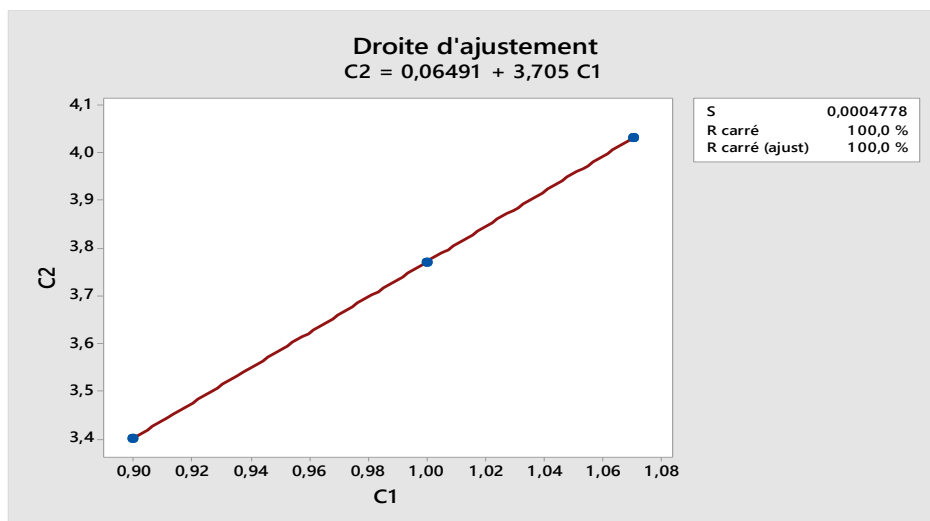


Figure 20: Droite de régression (d'ajustement) Log doses en huiles extraites d'*Eucalyptus globulus* / mortalité (probits) des larves.

2.3.2 Le temps léthal pour 50 % de la population (TL50)

La transformation des mortalités corrigées des larves en probits (en utilisant la dose 12 µL/10g son de blé), et la régression de ces données en fonction des logarithmes des durées d'exposition, a permis d'obtenir les résultats suivants :

a. *Rosmarinus officinalis*

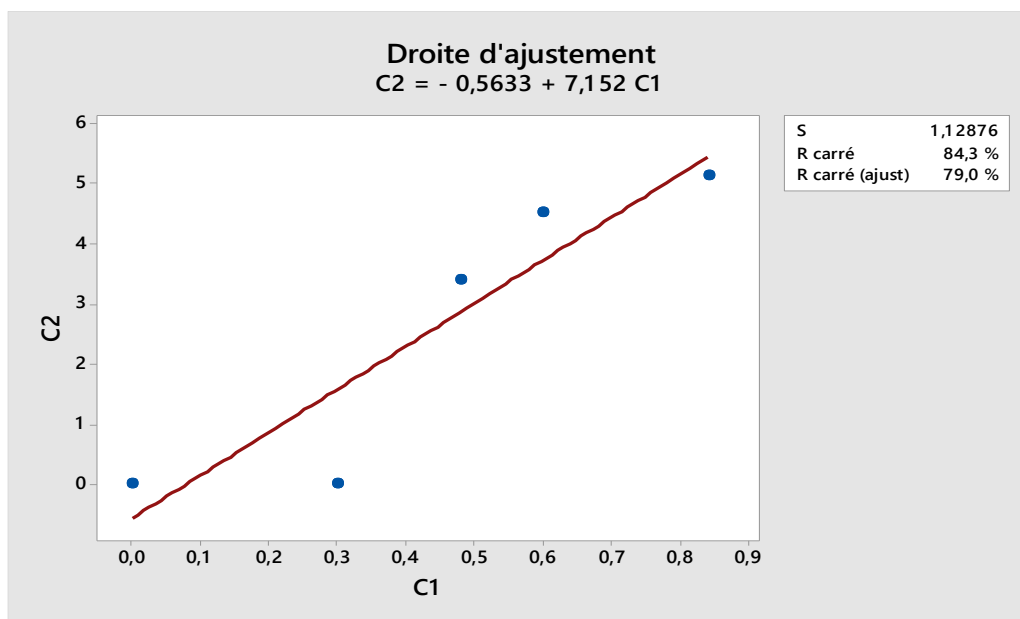


Figure 21 : Droite de régression (d'ajustement) Log durée d'exposition aux huiles extraites de *Rosmarinus officinalis* / mortalité (probits) des larves.

b. *Eucalyptus globulus*

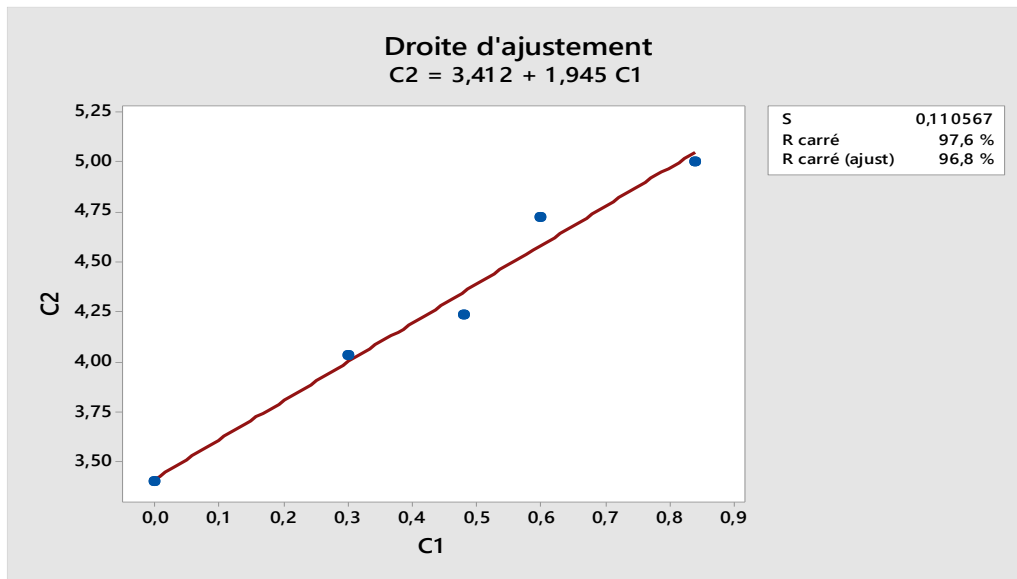


Figure 22 : Droite de régression (d'ajustement) Log durée d'exposition aux huiles extraites d'*Eucalyptus globulus* / mortalité (probits) des larves.

Les tableaux suivants (7 et 8), résument les valeurs calculés de la DL50 et le TL50 des huiles essentielles testées.

Tableau 7 : Valeurs des DL50 après deux jours d'exposition aux trois huiles essentielles testées

| Huile essentielle | Equation de régression | DL50 |
|-------------------------------|---------------------------|--|
| <i>Rosmarinus officinalis</i> | $C2 = 20,49 - 18,20 C1$ | 7,10 $\mu\text{L}/ 10\text{g}$ son de blé |
| <i>Eucalyptus globulus</i> | $C2 = 0,06491 + 3,705 C1$ | 21,48 $\mu\text{L}/ 10\text{g}$ son de blé |

Tableau 8 : Valeurs des TL50 en utilisant la dose 12 $\mu\text{L}/ 10\text{g}$ son de blé des deux huiles essentielles testées

| Huile essentielle | Equation de régression | TL50 |
|-------------------------------|----------------------------|------------|
| <i>Rosmarinus officinalis</i> | $C2 = - 0,5633 + 7,152 C1$ | 5,99 jours |
| <i>Eucalyptus globulus</i> | $C2 = 3,412 + 1,945 C1$ | 6,55 jours |

DISCUSSION

Selon nos résultats obtenus après l'évaluation de l'activité biologique des huiles essentielles extraites de *Rosmarinus officinalis* et *Eucalyptuse globulus* nous avons observé un effet larvicide sur les larves de coléoptère *Tenebrio molitor*.

Les résultats obtenus ont montré clairement que les huiles essentielles testées ont un effet larvicide (biocide) remarquable par rapport au témoin, en effet la mortalité des larves au témoin dans les conditions du laboratoire est nulle (0%) après 7 jours d'exposition, alors qu'en utilisant la dose la plus élevée soit 12µL/10g de son de blé en huiles essentielles, la mortalité des larves peut atteindre 55,50 % avec l'huile essentielle extraite de *Rosmarinus officinalis* et 50% avec *Eucalyptuse globulus* après la même durée d'exposition.

L'analyse statistique a montré que la toxicité des huiles essentielles varie selon la plante aromatique testée et la dose utilisée.

Selon **KIM et al., (2003)**, la toxicité des huiles essentielles dépendent de l'espèce d'insecte, de la plante et du temps d'exposition. Selon **NGAMO & HANCE (2007)** ; **BOUCHIKHI-TANI, (2011)**, une huile essentielle n'exerce pas forcément la même activité aux différents stades du cycle biologique d'un insecte, comme il existe une grande variation dans la sensibilité des espèces d'insectes pour une même huile essentielle.

Les valeurs des DL50 calculées après deux jours d'exposition montrent que l'huile essentielle extraite de *Rosmarinus officinalis* est plus toxique que celle extraite d'*Eucalyptus globulus* avec 7,10 µL / 10g son de blé et 21,48 µL / 10g son de blé respectivement.

Les valeurs des TL50 en utilisant une dose moyenne soit 10uL / 10g son de blé confirment que l'huile essentielle extraite de *Rosmarinus officinalis* est la plus toxique comparativement avec l'huile essentielle de *Eucalyptuse globulus* avec TL50 de 5,99 jours et 6,55 jours respectivement.

Selon **BOSTANIAN et al., (2005)**, les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des insectes et acariens à corps mou, ils sont moins efficaces avec des insectes à carapace dure tels que les coléoptères et hyménoptères adultes. D'après **ACHEUK et al., (2014)**, les fortes doses en extrait éthanolique brut des plantes entraînent un effet larvicide sur les larves de *Locusta migratoria*, alors que les doses faibles entraînent des mortalités tardives et des perturbations de mue.

SIM et al ., (2006) ont étudié la toxicité de quarante-quatre huiles essentielles extraites des plantes aromatiques sur les larves de la pyrale *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae), leurs résultats montrent que les huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* sont les plus toxiques avec une DL50 de 64,6 mg/litre d'air.

Selon **ALAOUI BOUKHRISP (2009)**, qui a étudié l'activité larvicide des extraits de plantes sur les larves des moustiques, les résultats obtenus par les huiles essentielles montrent que celle-ci possèdent un effet larvicide intéressant sur des larves au stade 3 et 4 et particulièrement les huiles essentielles de *Salvia officinalis*, *Rosmarinus officinalis* et *Origanum majorana* qui demeurent les plus efficaces, avec des valeurs de CL50 et CL95 respectives de 0,065 % et 0,49 %, 0,095 % et 0,195 %, 0,17 % et 0,37 %.

BOUCHIKHI-TANI (2011), a testé l'efficacité de dix huiles essentielles extraites des plantes aromatiques de la région de Tlemcen sur les larves de la mite *T. bisselliella*, parmi les dix huiles testées celles extraites d'*Artemisia herba-alba*, *Rosmarinus officinalis*, *Origanum glandulosum* sont les plus toxiques avec des DL50 de 5,92µL/50,24cm², 6,66µL/50,24cm², et 7,16µL/50,24cm² respectivement.

ACHEUK et al., (2014), ont testé les potentialités insecticides de l'extrait éthanolique brut de la plante *Solenostamma argel* vis-à-vis des larves du 5ème stade de *Locusta migratoria* en testant 5 doses: 300 µg, 700 µg, 1000 µg, 1500 µg et 3000 µg, les résultats ont montrés que l'extrait testé est doté de d'activité insecticide à doses élevées (100 % de mortalité avec la dose 3000 µg/L5, 24 h après traitement).

Selon **BELAROUCI (2017)**, les huiles essentielles de *Thymus ciliatus* et *Rosmarinus officinalis* présentent une propriété larvicide vis-à-vis des larves de *Tribolium castaneum* avec une DL50 =2,37% et DL50 =5,65% respectivement.

L'efficacité des huiles essentielles extraites des plantes aromatiques est due a la présence des composants majoritaires connus pour leur propriétés insecticides (**BOUCHIKHI-TANI, 2011**)

Selon **ASAWALAM et al., (2008)**, l'action toxique combinée des composants majoritaires d'une huile essentielle est plus remarquable que l'action individuelle de ces composants.

Parmi les plantes aromatiques, la famille des lamiacées reste la famille la plus insecticide, cette famille est bien connue par sa composition en huiles essentielles et substances polyphénoliques capables de protéger les plantes contre les attaques d'insectes ravageurs

(REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI , 1994)

L'analyse de l'huile essentielle brute des parties aériennes des plantes aromatiques les plus toxiques, par CPG/SM montre que les composés majoritaires de *R. officinalis* sont 1,8-cineole 48,8%, le camphre 18,3%, α -pinène 7,8%, β -pinène 7,1%.

D'après la composition chimique d'huile essentielle extraite de *R. officinalis* qui est la plus toxique sur les larves de *T. molitor*, on remarque la présence des composants majoritaires connus pour leurs propriétés insecticides, ce qui explique les résultats obtenus.

D'après ISMAN, (2000) les mécanismes d'action des propriétés pesticides des huiles essentielles sont méconnus et relativement peu d'études ont été réalisées à ce sujet.

CONCLUSION

Les plantes synthétisent plusieurs substances du métabolisme secondaire. Ces molécules peuvent avoir différents effets chez les insectes : répulsif, attractif, perturbateur du développement, inhibiteur de la reproduction, etc. Leur toxicité peut être directe ou indirecte sur les organes cibles (organes sensoriels, système nerveux, système endocrines, appareil digestif, appareil reproductif, etc.).

Dans ces dernières années, et face à une législation de plus en plus restrictive sur l'application des pesticides de synthèse, la recherche de phytoinsecticides s'inscrit dans une stratégie particulièrement adaptée aux exigences du consommateur tout en préservant l'environnement.

Ainsi, les instances internationales comme l'OMS ont interdit l'usage de certains produits insecticides synthétisés chimiquement comme les organochlorés. D'autres ont imposé l'arrêt de la production du bromure de méthyle en 2005 puisqu'il est toxique pour la santé humaine et polluante pour l'environnement. En particulier, il contribue à la destruction de la couche d'ozone.

Le travail de recherche entre dans le cadre de la valorisation et utilisation des plantes aromatiques et Médicinales comme des insecticides naturels, nous nous sommes intéressés à l'étude de l'activité larvicide des huiles essentielles extraites de *Rosmarinuse officinalis* et d'*Eucalyptus globulus* qui poussent spontanément en Algérie.

Au terme de ce travail nous pouvons conclure que ces huiles présentent une activité larvicide importante, et les huiles de *R. officinalis* sont avérées être plus toxiques avec une DL50 de 7,10 µL/ 10g son de blé et TL50 de 5,99 jours comparativement avec l'huile essentielle d'*E. globulus* qui présente une DL50 de 21,48 µL/ 10g son de blé de et un TL50 de 6,55 jours.

Rosmarinuse officinalis et *Eucalyptus globulus* contient des composants majoritaires connus dans la bibliographie par leur activité toxique sur les insectes. Ceci nous amène à dire que ces plantes étudiées sont prometteuses comme source de Bioinsecticide et se prête bien à des investigations dans le domaine de la lutte biologique.

Références bibliographiques

1. **ABDERAHIM A.(1983)** : *Comportement des trois espèces d'eucalyptus introduit à Bainem*. Thèse d'étude (D.E.S).U.S.T.H.B. Alger. 87p.
2. **ABBOTT W. S., (1925)**:A method for computing effectiveness of an insecticide.
Journal. Ecological Entomology, 18, pp: 265-267.
3. **ACHEUK F., ABDELLAOUI K., BENDIFALLAH L., HAMMICH A., & SEMMAR, E.** AFPP–dixième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture Montpellier –22 et 23 octobre 2014.
4. **AIDANI H. (2015)** : Effet des attaques de Capucin des grains (*Rhizopertha dominica*) sur les céréales stockées.. Mémoire de master 2: Agriculture, Production et Amélioration des plantes. Université Abou bekr belkaid 1 ,80p.
5. **AHMED M. S. (1992)**: Composition, nutrition and favor of peanuts. H. G. batte anal C. T. young eds peanuts science and technologie T. X. pp: 655 – 688.
6. **ALAOUI BOUKHRISP M., (2009)**:activités larvicides sur les larves de moustiques vecteurs de maladies parasitaires. Mémoire de Master 2 : master sciences et techniques : Chimie des Molécules Bio Actives . Université Sidi Mohamed Ben Abdellah Fès.60P.
7. **AMARI N. (2014)** : Etude du choix de ponte de la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* en présence de différentes variétés d'haricot et de pois chiche, et influence de quelques huiles essentielles (*Cèdre, Ciste, Eucalyptus*) sur activité biologique de l'insecte .mémoire de magistère pp23,23,25.
8. **ARTHURE F.H.(1996)** : Grain protectants: current status and prospects for the future.J.Stored prod.Res. Vol.32, pp.203-293.
9. **ASAWALAM, E., EMOSAIRUE, S., & HASSANALI, A. (2008)** : Contribution of different constituents to the toxicity of the essential oil constituents of *Vernonia amygdalina* (Compositae) and *Xylopi aetiopica* (Annonaceae) on maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *African Journal of Biotechnology*, 7(16): 2957-2962.
10. **ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION (AFNOR) .(2000)** : Recueil des Normes Françaises « huiles essentielles ». Tome 2 : Monographie relative aux huiles essentielles. Ed. AFNOR. Paris..
11. **AUGER J.C., CADOUX F. et THEBOUT E. (1999)** : *Allium* spp. Thiosulfirate as substitute fumigants for methyl bromide, *Pesti., Sci.*Vol.55, pp.200-202.

Références bibliographiques

12. **BABA AISSA F. (1999)** : Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb, Substances végétales d'Afrique, d'orient et d'occident. Edition: Librairie moderne – Rouiba: P101.
13. **BACHELOT C., BLAISE A., CORBEL T., et LE GUERNIC A. (2005)** : Les huiles Essentielles. Licence en BIOLOGIE, U.C.O Bretagne Nord, 27 p.
14. **BALACHOWSKY A. S. (1962)**: Entomologie appliquée à l'agriculture. Ed. Masson et cie, paris, Tome I, pp .378-392
15. **BALZ R. (1986)**: Les huiles essentielles et comment les utiliser. Ed. Rodolphe BALZ, 152 p.
16. **BELAICHE P. (1979)** : Traité de Phytothérapie et d'Aromathérapie. Tome I. Ed. Maloine S.A. Paris.
17. **BELAROUCI A. (2017)**: Comportement insecticide des huiles essentielles du romarin et du thym sur *tribolium castaneum (herbst)* (coleoptera :tenebrionidae). Mémoire de Master 2 : ecologie. Université de tlemcen , 1,49P.
18. **BELMOUAZ. (2004)**: Contrôle phytosanitaire et surveillance des denrées stockées. Agréage et protection phytosanitaire. Ed. O.A.I.C. (Office Intrprofétionnel des Céréales) ; pp 18-34.
19. **BEKHECHI, C. ABDELOUAHID, D. (2014)**: les huiles essentielles. Office des publications universitaires p 55
20. **BENAYAD N. (2008)**: Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Universitaire Mohammed algie, 14.
21. **BENAZZEDDIN S. (2010)** : Activité insecticide de cinq huiles essentielles vis-à -vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera ; Curculionidae) et *Tribolium confusum* (Coleoptera; Tenebrionidae). Mémoire master 2 : sciences agronomiques. Ecole nationale supérieure agronomique El Harrach Algérie p 18.
22. **BEY –OULD SI SAID Z. (2014)** : Activités biologiques des huiles essentielles des feuilles et du fruit d'une plante médicinale *Eucalyptus globulus*. Thèse de Magister. Université du Bejaia Algérie.
23. **BOSTANIAN, N.J., AKALACH M., AND CHIASSON H. (2005)** : Effects of a *Chenopodium* based botanical insecticide/acaricide on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae). *Pest Manag. Sci*, 61: 979-984.

Références bibliographiques

24. **BOUCHIKHI-TANI, Z. (2011)** *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*. Thèse de doctorat, Univ. Tlemcen, Algérie, 147 p.
25. **BOUCHIKHI-TANI, Z., KHELIL, M.A., and HSSANI, F. (2008)** : Fight against the bruche bean *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae) and the mite *Tineola bisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) by the essential oils extracted from *Rosmarinus officinalis*. *Biosciences, Biotechnology Research Asia*, 5(2): 651-656
26. **BOUDY P. (1955)** : Économie forestière nord-africaine. Ed. Masson et cie, paris, Tome IV .p826.
27. **BOUKHELFA T. (1991)** : **Apport du couplage CPG/SM ET CPG/TR. Techniques des analyses des mélanges naturels complexe exemple de l'huile essentielle de romarin**. U.S.T.B.H. Alger. 126p.
28. **BRUNETON J.(1999)** : Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème Ed. Lavoisier, Paris, pp: 370-388.
29. **BRUNETON J.(1993)** : Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Paris, Lavoisier, 623p.
30. **CALDERONE N.W., TWILSON W. and SPIVAK M. (1997)**: *Plant extracts used for control of the parasitic mites *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) and *Acarapis woodi* (Acari: Tarsonemidae) in colonies of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae)*. *J. Econ. Entomol.*, N° 90, pp. 1080-1086 .
31. **CAPO M., COURILLEEAU V., et VALETTE C. (1990)** : Chimie des couleurs et Des odeurs. Culture et techniques, 204 p.
32. **COANTIC A. (2007)**: Analyse des effets de la réglementation sur le comportement de précaution des agents dans le cadre de la lutte contre l'invasion de maladie des cultures.. Mémoire de Master 2 : économie du développement durable, de l'environnement et de l'énergie. Université de paris . 17P :
33. **CRUS J.F., TROUD F., GRIFFON D. & HEBERT J.P. (1988)** : Conservation des grains en régions chaudes. 2 Ed- « Technique rurales en Afrique ». Ed . CEEMAT ; Paris, p545.
34. **DAGNELIIE, P.(1975)** : théories et méthodes statistiques. les presses agronomiques de gembloux, Belgique, 2. pp :245-249.
35. **DALES, M .J. (1996)**: A review of plant materials used for controlling insectes pests of stored products. Ed. Crown copyright united king dom. N Ra Bulletin. 65-84p.

Références bibliographiques

36. **DEFOE., BRUNO M., TAHIRI B., NAPOLITANO F. and SENATORE F.(2003)** : *Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from Thymus spinulosis Ten (Lamiaceae). J. Agric. Chem., N° 51, pp. 3849-3853*
37. **DONGRET K., RANANAVAR H. D. et DESSAS R. P. (1997)**: Influence of gamma radiation on oviposition and egg viability of *Callosobruchus maculatus* (F.) and grain loss in mung bean storage. *J. Nuclear. Agro. Biol.* 26 (3): 161 – 165.
38. **DIDIER P. (2006)** : Didier P: Elevage du ténébrion meunier ("ver de farine"). [PDF], disponible sur : (<https://www.fondation-lamap.org/>), page consultée le (18 Septembre 2006).
39. **DIOP Y. M., MARCHOINI E. BA. D. Et HASSELMAN C. (1997)**: radiation desinfestation of cowpea seeds contaminated by *Callosobruchus maculatus*. *Journal of food processing and preservation.* 21 (1): 69 – 81.
40. **DJARRI, L.(2011)**. Contribution à l'étude des huiles essentielles et des métabolites secondaires de trois plantes Algériennes des familles des apiaceae *Daucus reboudii* Coss.
41. **DJENANE D., „LEFSIH K., YANGUELA J., RONCALES P., (2011)** : Composition chimique et activité anti-Salmonella enteritidis CECT 4300 des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*, de *Lavandula angustifolia* et de *Satureja hortensis*. Tests in vitro et efficacité sur les œufs entiers liquides conservés à 7 ± 1 °C *Journal français Phytothérapie* 9 : pp 343–353.
42. **FIELDS, P. G. (1992)**:The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures. *J. Stored Prod. Rev.* N°34. Pp 269-277.
43. **FINNEY D. J., (1971)**: Statistical method in biological assay, *2nd edition.* London:Griffin, 333p.
44. **FLEURAT - LESSARD, F. (1987)** :Evolution des méthodes de détection et deprotection des grains par des procédés physique. *Annales de L'A.N.P.P.*, 6, pp :449-458.
45. **FOUDIL-CHERIF Y. (1991)** : *Etude comparative des huiles essentielles algériennes d'Eucalyptus globulus labill. et camaldulensis.* These magister. U.S.T.H.B., Alger, 159p.
46. **FRAVAL, (2005)** : Le Longicorne de l'eucalyptus -1ère partie.*Insectes* 4 n° 139
47. **GAKURU S. et FOUA-BI K., (1995)** : *Effet comparé des huiles essentielles de quatre espèces végétales contre la bruche du niébé (Callosobruchus maculatus Fab.) et le charançon du riz (Sitophilus oryzae L.). Tropicultura vol.13, N° 4, pp. 143-146p.*
48. **GAKURU S. el FOUA-BI K., (1996)** : *Effet d'extraits de plantes sur la bruche du niébé Coltosobructius maculatus Fab. et le charançon du riz Sitophilus oryzae L. Cahiers Agriculture; vol. 5. T 1, pp.39-42.*

Références bibliographiques

49. **GARNERO J., (2002)** : Huiles essentielles. Techniques de l'Ingénieur, traité Constantes physicochimiques.P9
50. **GOETZ P.,GHEDIRA K.(2012)** :Phytothérapie infectieuse, Springer Verlag, France, Paris, P 272 .
51. **GLITHO I.A., KETOH KG. et KOUMAGLO H.K. (1997)** : *Effets de quelques huiles essentielles sur l'activité reproductrice de Callosobruchus maculatus Fab. Annales de l'Université d'Ouagadougou Série B, Vol. N° 5, pp. 174-185.*
52. **GUIGNOT,F .1957.**faune de France.coléoptère *hydrocantharés* .paris.424p.
53. **GWINNER, J., HARNISCH, R. & MUCK, O. (1996):** Manuel sur la manutention et conservation des graines après récolte. Ed. GTZ. Allemagne, 368p.
54. **HEDJAL-CHEBHEB, M. (2014).** Identification des principes actifs des huiles essentielles de quelques résineux et plantes aromatiques de provenance Algérienne et tunisienne. Etude de leurs activités biologiques à l'égard d'un insecte ravageur des graines stockées *Callosobruchus maculatus* F. 1775 (Coleoptear : Bruchidae). Thèse de doctorat, Univ. Tizi-ouzou, Algérie, 81 p.
55. **IMDORFA., BOGDANOV S., OCHOA R.I. et CALDERONE N.M. (1999).** Utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre *Varroa jacobsoni*, parasite des colonies d'abeilles. Centre Suisse de recherche apicole, Dept. Entom., Cornell University Ithaca, USA, 4p.
56. **ISMAN M.B. (2000):**Plant essential oils for pest and disease management.CropProtection., N° 19. pp 603-608
57. **JACOBS. (1988):** Jacobs, S.B. 1988 Entomological notes of the Department of Entomology of the Penn State University
58. **JONSSON, M., WRATTEN, S. D., LANDIS, D. A., & GURR, G. M. (2008):**Recent advances in conservation biological control of arthropods by arthropods. Biological control, 45(2), 172-175.
59. **KACHEBI N & KEBBI M. (2003):**Contribution à l'étude de l'efficacité de la poudre des feuilles du pécher contre *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera, Bostrichidae).Ing. Univ. A M. Bejaia.P35.
60. **KAID SLIMANE I. L., (2004):** Contribution à l'étude de la composition chimique et du pouvoir antibactérien des huiles essentielles de *Cistus ladaniferus* de la région de Tlemcen, Mémoire ing. D'état en Biologie, Option : Contrôle de Qualité et Analyse. Univ. Tlemcen, pp: 23-25.

61. **KASSEMI.,KHELIL M.A.,and BENDIMERAD N.,(2013):**évaluation of the insecticidal activity of the aerial part of *pseudocytisus integrifolius* (salisb) rehder on grain borer *ryzopertha dominica* fab .(bostrychidae) and wheat weevil *sitophilus granaries* linn.(curculionidae).journal of life sciences ,vol 7,n°7,pp :700-704 .
- A. KECHROUD M., (2012):**effet insecticide des huile essentielle de *pinus nigra* Arl Ssp mauritanica maire et peyer sur les ravageurs de denrées stockées. Mémoire de Master 2 : Environnement et Sécurité Alimentaire. Université abdrrahmane mira de bejaia pp.14 .
62. **KIM, S., C. PARK, M. OHH, H. CHO AND Y. AHN. (2003) :** *Contact and fumigant activities of aromatic plant extracts and essential oils against Lasioderma serricorne (Coleoptera: Anobiidae). J. Stored Prod. Res., N° 29, pp. 11-19.*
63. **KIM, S., ROH, J., KIM, D., LEE, H., AND AHN, Y. (2003):**Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. *Journal of Stored Products Research*, 39: 293-303.
64. **KOUBISSI H. (1998):**Encyclopidie des plantes médicinales.Ed.Dar el Beirut, pp.1-565.
65. **-LEONARD S. et NGAMO T. (2004):**Conseil phytosanitaire interafricain, bulletin d'informations phytosanitaires. ed. F.A.O Rome N :44-58 p.
66. **LEPOIVRE, P. (2001) :**"Les systèmes de production agricole et la protection des cultures à la Croisée des chemins." *Biotechnologie Agronomie Société Environnement* **5**: 195-9
67. **LINNAEUS. (1758) :** 417. [Description originale] Linnaeus, C. 1758. *Systema naturæ per regna tria naturæ, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Editio decima, reformata. Holmiæ. (Salvius). Tomus I: 1-824.* [<http://www.biodiversitylibrary.org/item/10277>]
68. **METRO, A.(1970):**Les eucalyptus dans le monde méditerranéen. Ed.masson et cie.Paris. p513.
69. **NUTO Y. (1995):** *Synergistic action of co-occurring toxins in the root bark of Zanthoxylum zanthoxyloides (Rutaceae) against the cowpea beetle Callosobruchus maculatus (Coleoptera: Bruchidae).*Thesis ofPh.D.S.U.N.Y. Syracuse, New York, 107p.
70. **NGAMO, L. S. T., AND HANCE, T. (2007):**Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical, *Tropicultura J.*, 25(4): 215-220.
71. **O.P.U. NT. WS. BENSTON,** Fleurs algériennes. P 54.
72. **PADRINI F., & LUCHERONI M. T., (1996):**Le grand livre des huiles essentielles : Guide pratique pour retrouver vitalité, bien-etre et beauté avec les essences et l'aromassage énergétique avec plus de 100 photographies. *Ed. De Vecchi*, 15 p.

Références bibliographiques

73. **PELIKAN J. (1986)**: Matières premières du règne végétale. Ed. Masson et Cie, T.2, Paris, 2343p.
74. **PEREIRA S., FREIRE S.R.C.; NETO P., SIIVESTRE J. D., AND SILVA M.S.A.(2005)** : Chemical Composition of the essential oil distilled from the fruits of *Eucalyptus globulus* grown in Portugal. *Flavour and fragrance journal* flavour fragr. J. 2005; 20: 407–409
75. **POLATTI, A.(1976)** : les fleurs et les plantes médicinales. s.l. : Ed. Delachaux et Niestle, T. pp : 1-190.
76. **PROCTOR D.L. (1995)**: Techniques d'emménagement des grains : évolution et tendances dans les pays en développement. Bull. F.A.O N°109, 246p.
77. **QUEZEL P., et SANTA S.(1963)** : Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Tome II, Ed. CNRS, Paris
78. **QUEZEL et SANTA, (1963)** : Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales Tome II. C.N.R.Sc. Paris. pp.781-783-793.
79. **REGNAULT-ROGER C., HAMRAOUI A , (1993)** : efficiency of plants from the south of used as traditional protectants of *Phaseolus vulgaris* L. against its druchid *Acanthoscelides obtectus* (say). s.l. : *J. Stored prod. Res.*, 29(3). pp : 259-264.
80. **RAI M. K., ACHARYA D. and WADEGAONKAR P.(2003)** : Plant derived antimycotics: Potential of Asteraceous plants, in: *Plant-derived antimycotics: Current Trends and Future prospects. Haworth press*, N-York, London, Oxford, pp: 165-185.
81. **RICHTER G.(1993)** : « Métabolisme des végétaux » Physiologie et biochimie, Presses Polytechniques et universitaires. *Romandes*, 292p.
82. **ROLET A. (1930)**: Les plantes à parfum et les plantes aromatiques. Ed. J.B. Baillière et fils. Paris.
83. **SANON A., GRBA M., AUGER J., HUIGNARD J.(2002)** : *Analyse of insecticidal activity of methylthiocyanate on Callosobruchus maculatus F.(Coleoptera:Bruchidae) and its parasitoid Dinarnus basaii. J. Stored prod. Res. N° 38, pp.129-138.*
84. **SECK D. (2009)** : Stockage, conservation et transformation des récoltes en zones tropicales Notes de cours.
85. **-SOEJARTO D., FARNSWORTH NR. (1989)**: Tropical rainforests: potential sources of New drugs. *Perspectives in Biology and Medicine*. 32:244-258.

Références bibliographiques

86. **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, pp 7-15.
87. **SIM, M.J., CHOI, D.R. AND AHN, Y.J. (2006)**:Vapor phase toxicity of plant essential oils to *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of economic entomology*, 99(2): 593-598.
88. **STEFFAN J R. (1978)**: Les insectes et les acariens des céréales stockées. Normes et techniques. AFNOR, 237 p.
89. **TAPONDJOU, L.A., ADLER, C., BOUDA, H., et FONTEM, D.A. (2003)**:Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et *Eucalyptus saligna* à l'égard de la bruche du niébé, *Callosobruchus maculatus* Fab (Coleoptera, Bruchidae). *Cahiers d'études et de recherches francophones, Agricultures*, 12(6): 401-407.
90. **TEISSEIRE P.J. (1991)** : Chimie des substances odorantes. Tec et Doc., Lavoisier, Paris, France.480p
91. **TIAIBA AMEL. (2007)**:Activité insecticide des huiles essentielles de *mentha spicata* L. et *Origanum glandulosum* Desf. Sur le potentiel biotique de *Callosobruchus maculatus* Fabricus. (coléoptère : Bruchidae). Ing. Institue nationale agronomique-el Harrach. Alger. P77.
92. **TIERTO-NIBER B., HELLENIUS J., VARIS A.L. (1992)**:*Toxicity of plant ex tracts tothree storage beetles (Coleoptera)*. *J. Appl. Ent.* N° 113, pp.202-208
93. **TRAORE N., SIDIBE L., BOUARE S., HARAMA D., SOMBORO A., FOFANA B., DIAZLLO D.,FIGUEREDO G., ET CHALCHAT J.C. , (2013)**:Activités antimicrobiennes des huiles essentielles de *Eucalyptus citriodora*Hook et *Eucalyptus houseana* W.Fitzg. Ex Maiden. *Int. J. Biol.Chem.Sci.* 7(2): 800-804, ISSN 1991-8631
94. **VAN HUIS A ., VAN ITTERBEECK J ., KLUNDER H ., MERTENS E .,HALLORAN A Muir G., VANTOMME P . (2014)** :Organisation des stations unies pour l'alimentation et l'agriculture Pp: 13-14
95. **VELDKAMP, T., G. VAN DUINKERKEN, A. VAN HUIS, C.M.M. LAEMOND, E. AND OTTEVANGER, E., AND M.A.J.S VAN BOEKEL. (2012)**: Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets. A feasibility study. Wageningen UR Livestock Research, Report 638.

Références bibliographiques

96. **WHITE, N. D. G., DEMIANYK, C. J. and FIELDS, P. G. (2000)**: Effects of red versus white wheat bran on rate of growth and feeding of some stored-product beetles. *canadian journal of plant science*, 80: pp. 661-663.
97. **WILSON C.L., SOLAR J.M., EL GHAOUT A. and WISNIEWSKI M.E.(2007)** : *Rapid evaluation of plant extracts and essential oil for antifungal activity against Botrytis cinerea. Plant Dis., N° 81, pp. 204-210.*
98. **WORDEN, B.D., PARKER, P.G. (2001)** : Polyandry in grain beetles, *Tenebrio molitor*, leads to greater reproductive success: material or genetic benefits? *Behavioral Ecology* 12, 761-767.
99. **ZEGGA S. & TIRCHI N. (2001)** : Activité biologique de quatre plantes sur la bruche du Pois – chiche. *C. maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae). 54 p.

LISTE DES SITES WEB

- ❖ **Web 01** : <https://espacepourelavie.ca/insectes-arthropodes/tenebrion-meunier>
- ❖ **Web 02** : <http://ekldata.com/QwmH1WtUaNMfBQhUebYciKvCEEA/Elevage-du-Ver-de-farine.pdf>
- ❖ **Web03** : <http://bortweb.net/bibliotheque/Autosuffisance/Elevage/01-%C3%89levage%20de%20vers%20%C3%A0%20farine.pdf>