

République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة أبو بكر بلقايد- تلمسان  
Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEM  
كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون  
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



## MÉMOIRE

Présenté par

***MECELLEM Amira***

*En vue de l'obtention du*

**Diplôme de MASTER**

En Ecologie Animale

### Thème

**Etude de l'activité larvicide des huiles essentielles de *Pinus halepensis* et *Lavandula stoechas* sur *Tenebrio molitor* (L.)(Coleoptera : Tenebrionidae).**

Soutenu le 04/07/2021 devant le jury composé de :

|              |                       |            |                       |
|--------------|-----------------------|------------|-----------------------|
| Président    | GAOUAR Nassira        | Professeur | Université de Tlemcen |
| Encadrant    | BOUCHIKHI TANI Zoheir | M.C.A      | Université de Tlemcen |
| Examinatrice | KASSEMI Naima         | M.C.B      | Université de Tlemcen |

Année universitaire 2020/2021

## Titre et résumé en arabe

دراسة لنشاط زيتين أساسيين *Pinus halepensis* و *Lavandula stoechas* على يرقات *Tenebrio molitor* (L.) ضمن مجمع تجريبي (Coleoptera : Tenebrionidae).  
تسبب الآفات الحشرية حالياً مشاكل في الأغذية المخزنة.  
تهدف هذه الدراسة إلى دراسة تأثير إثنين من الزيوت الأساسية المستخرجة من *Lavandula stoechas* و *Pinus halepensis* على نشاط يرقات *Tenebrio molitor*.  
تربية *Tenebrio molitor* والإختبارات أجريت تحت الظروف العملية تحت درجة حرارة 25 درجة مئوية و رطوبة 70%.  
قد تم إختيار الزيوت الأساسية التجارية المستخدمة في تجاربنا بثلاث جرعات مختلفة (10,8 و 12 ميكرو لتر/10 غرام من نخالة القمح).  
تبين النتائج المتحصل عليها أن الزيتين الأساسيين لهما تأثير على يرقات *Tenebrio molitor* وأن الزيت الأساسي *Lavandula stoechas* أكثر سمية مع  $DL_{50}=11,22$  ميكرو لتر / 10 غرام من نخالة القمح و  $TL_{50}=2,49$  يوم مقارنة بالزيت الأساسي ل *Pinus halepensis* مع  $DL_{50}=12,44$  ميكرو لتر / 10 غرام من نخالة القمح و  $TL_{50}=3,08$  يوم.  
تؤكد الدراسة الإحصائية وجود تباين في وفيات اليرقات وفقاً لعاملين : الجرعة المستخدمة في الزيوت الأساسية و مدة التعرض.

## Mots clés :

زيت أساسي، *Lavandula stoechas*, *Pinus halepensis*,  $DL_{50}$ ,  $TL_{50}$ .

## Titre et résumé en français

### Etude de l'activité larvicide des huiles essentielles de *Pinus halepensis* et *Lavandula stoechas* sur *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera : Tenebrionidae).

Les insectes ravageurs présentent actuellement des problèmes sur les denrées stockées.

La présente étude a pour objet l'étude de l'effet larvicide de deux huiles essentielles extraites de *Lavandula stoechas* et *Pinus halepensis* sur une population expérimentale il s'agit de *Tenebrio molitor* (L).

L'élevage de *Tenebrio molitor* (L) et les testes de toxicité ont été réalisés dans les conditions de laboratoire à une température de 25° C et une humidité de 70%.

Les huiles essentielles commerciales utilisées dans nos expériences, ont été testées à trois doses différentes (8, 10 et 12µL/10g son de blé).

Les résultats obtenus montrent que ces deux huiles essentielles possèdent un effet larvicide sur les larves de *Tenebrio molitor* et l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* est plus toxique avec  $DL_{50}=11,22\mu\text{L}/10\text{g}$  son de blé et  $TL_{50}=2,49$  jours, comparativement avec l'huile essentielle de *Pinus halepensis*  $DL_{50}=12,44\mu\text{L}/10\text{g}$  son de blé et  $TL_{50}=3,08$  jours.

L'étude statistique confirme une variation de la mortalité larvaire selon deux facteurs : la dose utilisée en huiles essentielles et la durée d'exposition.

Mots clé : *Lavandula stoechas*, *Pinus halepensis*, *Tenebrio molitor*, Huiles essentielles,  $DL_{50}$ ,  $TL_{50}$ .

## Titre et résumé en anglais

### Study of the larvicidal activity of essential oils of *Pinus halepensis* and *Lavandula stoechas* on *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae).

Insect pests are currently causing problems on stored foods.

The present study aims to investigate the larvicidal effect of two essential oils extracted from *Lavandula stoechas* and *Pinus halepensis* on an experimental population of *Tenebrio molitor* (L). The rearing of *Tenebrio molitor* (L) and the toxicity tests were carried out under laboratory conditions at a temperature of 25° C and a humidity of 70%.

The commercial essential oils used in our experiments were tested at three different doses (8, 10 and 12µL/10g wheat bran).

The results obtained show that both essential oils have a larvicidal effect on *Tenebrio molitor* larvae and *Lavandula stoechas* essential oil is more toxic with  $DL_{50}=11.22\mu\text{L}/10\text{g}$  wheat bran and  $TL_{50}=2.49$  days, compared with *Pinus halepensis* essential oil  $DL_{50}=12.44\mu\text{L}/10\text{g}$  wheat bran and  $TL_{50}=3.08$  days.

The statistical study confirms a variation in larval mortality according to two factors: the dose of essential oils used and the duration of exposure.

Mots clés : *Lavandula stoechas*, *Pinus halepensis*, *Tenebrio molitor*, Essential oils,  $DL_{50}$ ,  $TL_{50}$ .

# Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Allah le grand dieu puissant qui m'a accordé la volonté de finir ce travail.

Je tiens à remercier mon encadreur Monsieur BOUCHIKHI TANI Zoheir, Maître de Conférences classe « A » au département d'Ecologie et Environnement, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, des Sciences de la Terre et de l'Univers, de l'Université de Tlemcen ; pour ses précieux conseils, son encadrement, ses critiques constructives, ses qualités humaines et scientifiques et son aide durant toute la période de travail.

A M<sup>me</sup> GAOUAR Nassira, Professeur à l'Université de Tlemcen pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider ce jury.

A M<sup>me</sup> KASSEMI Naima, Maître de Conférences classe « B » à l'Université de Tlemcen pour avoir accepté d'examiner mon travail.

A tous les assistants du laboratoire de recherche « Valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique » pour leur aide pendant la période de mon travail au laboratoire.

Mes remerciements aussi à tous mes professeurs pour leur générosité et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

# Dédicaces

*Je Dédie ce mémoire à mes chers parents Mohammed et Kheira pour leur patience, leur amour, leur soutien et leur encouragement.*

*A mes sœurs : Fatima, Leila, Hassiba, Meriem et Ikrame.*

*A mes chers Nièces : Salsabil, Hadil, Soudjoud et Inès.*

*A mes frères : kadiro, Nabil et Mohammed*

*A tous les membres de la famille Hadjaj et la famille Mecellem.*

*A tous les membres de Club Athar.*

*A tous ceux qui m'ont aidée et encouragée pour l'élaboration de ce mémoire.*

*Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur.*

# Sommaire

|   |    |
|---|----|
| <b>INTRODUCTION</b> .....   | 1  |
| <b>CHAPITRE I : ETUDE DES PLANTES ET DES HUILES ESSENTIELLES TESTEES</b> .....                      | 4  |
| <b>I-Etudes des plantes testées</b> .....   | 4  |
| <b>I.1. <i>Pinus halepensis</i></b> .....   | 4  |
| I.1.1. Nomenclature .....   | 4  |
| I.1.2. Systématique .....   | 4  |
| I.1.3. Description botanique .....  | 4  |
| I.1.4. Répartition géographique .....   | 7  |
| I.1.4.1. Dans le monde .....  | 7  |
| I.1.4.2 En Algérie .....  | 8  |
| I.5 Composition chimique des huiles essentielles extraites de <i>Pinus halepensis</i> : .....       | 9  |
| <b>I.2 <i>Lavandula Stoecha</i></b> .....   | 11 |
| I.2.2. Systématique .....   | 11 |
| I.2.3. Description botanique .....  | 12 |
| I.2.4. Répartition géographique .....   | 13 |
| I.2.4.1. Dans le monde .....  | 13 |
| I.2.4.2. En Algérie .....   | 14 |
| I.2.5. La composition chimique des huiles essentielles extraites de <i>Lavandula stoechas</i> ..... | 14 |
| <b>II-Huiles essentielles</b> .....   | 15 |
| II.1. Définition .....  | 15 |
| II.2. Localisation au niveau de la plante .....   | 15 |
| II.4. Rôles physiologique : .....   | 16 |
| II.5. Rôles écologiques .....   | 16 |
| II.6. Les principales familles des plantes aromatiques .....  | 16 |
| II.7. Domaine d'utilisation des huiles essentielles .....   | 17 |
| II.7.1. Pharmacie .....   | 17 |
| II.7.2. Parfums et cosmétiques .....  | 17 |
| II.7.3. L'industrie agroalimentaire .....   | 18 |
| II.8. Composition chimique .....  | 18 |
| II.9. Toxicité des huiles essentielles .....  | 18 |
| <b>CHAPITRE II : ETUDES DE L'INSECTE ET LES METHODES DE LUTTE</b> .....                             | 21 |
| <b>I.Présentation de l'insecte</b> .....  | 21 |
| I.1 Famille des Tenebrionidae .....   | 21 |
| I.2. Généralités .....  | 21 |

|  |           |
|--|-----------|
| I.3. Nomenclature .....  | 21        |
| I.4. Systématique .....  | 21        |
| I.5 Morphologie de l'insecte .....   | 22        |
| I.6 Cycle de développement .....   | 22        |
| I.7. Reproduction et développement.....  | 23        |
| I.8. Origine et Répartition.....   | 24        |
| I.9. Habitat.....  | 24        |
| I.10. Période d'observation .....  | 24        |
| I.11. Alimentation .....   | 24        |
| I.12. Valeurs nutritionnelles .....  | 24        |
| I.13. Importance .....   | 24        |
| I.14. Dégât.....   | 25        |
| <b>II. Méthodes de lutte .....</b>   | <b>26</b> |
| <b>II.1. Méthodes de lutte traditionnelle .....</b>  | <b>26</b> |
| <b>II.2. Méthodes de lutte moderne .....</b>   | <b>26</b> |
| <b>II.2.1. Lutte physique .....</b>  | <b>26</b> |
| II.2.1.1. Température.....   | 26        |
| II.2.1.2. Radiation ionisantes.....  | 26        |
| II.2.1.3. Radiation non ionisation .....   | 27        |
| II.2.1.4. Gaz inerte.....  | 27        |
| <b>II.2.2. Lutte chimique.....</b>   | <b>27</b> |
| II.2.2.1. Traitement par fumigation .....  | 27        |
| II.2.2.2. Le traitement par contact .....  | 27        |
| <b>II.2.3. Lutte biotechnique.....</b>   | <b>27</b> |
| <b>II.2.4. Lutte Biologique .....</b>  | <b>27</b> |
| <b>CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES .....</b>   | <b>30</b> |
| <b>1. Objectif.....</b>  | <b>30</b> |
| <b>2. Matériel et méthodes .....</b>   | <b>30</b> |
| 2.1. Matériel de Laboratoire .....   | 30        |
| 2.2. Matériel Animal (élevage de masse) .....  | 30        |
| 2.3. Matériel végétal (les huiles essentielles testées).....   | 32        |
| 2.4. Choix des doses.....  | 33        |
| <b>3. Bioefficacité des huiles essentielles sur la mortalité des larves de <i>Tenebrio molitor</i> .....</b> | <b>35</b> |
| 3.1. bioefficacité de l'huile essentielle de <i>Pinus halepensis</i> .....                                   | 35        |
| 3.2. Bioefficacité de <i>Lavandula stoeachas</i> .....   | 36        |
| <b>4. Expression des résultats.....</b>  | <b>38</b> |
| 4.1. La mortalité corrigée .....   | 38        |

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| 4.2.   | Détermination de la $DL_{50}$ .....  | 39        |
| 4.3.   | Calcul de $TL_{50}$ .....  | 39        |
| 4.4.   | Analyse statistique des données .....  | 40        |
| <b>CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION.....</b>  |  | <b>42</b> |
| <b>1.Efficacité des huiles essentielles.....</b>   |  | <b>42</b> |
| 1.1  | Mortalité en élevage témoin .....  | 42        |
| 1.2.   | Mortalité avec les huiles essentielles.....                                      | 42        |
| 1.2.1.   | <i>Lavandula stoechas</i> .....  | 42        |
| 1.2.2.   | <i>Pinus halepensis</i> .....  | 43        |
| <b>2. Comparaison de la toxicité des huiles essentielles sur les larves de <i>Tenebrio molitor</i> .....</b> |  | <b>43</b> |
| 2.1.   | La dose létale pour 50% des larves de <i>Tenebrio molitor</i> ( $DL_{50}$ )..... | 43        |
| 2.1.1.   | <i>Lavandula stoechas</i> .....  | 44        |
| 2.1.2.   | <i>Pinus halepensis</i> .....  | 45        |
| 2.2.   | Le temps létal pour 50% des larves de <i>Tenebrio molitor</i> ( $TL_{50}$ )..... | 45        |
| 2.2.1.   | <i>Lavandula stoechas</i> .....  | 46        |
| 2.2.2.   | <i>Pinus halepensis</i> .....  | 47        |
| <b>DISCUSSION .....</b>  |  | <b>48</b> |
| <b>CONCLUSION.....</b>   |  | <b>52</b> |
| <b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>   |  | <b>54</b> |

## Liste des figures

|  |    |
|--|----|
| Figure 1 : L'arbre de pin d'Alep <i>Pinus halepensis</i> (Seladji, 2014).  | 5  |
| Figure 2 : Aiguille de <i>Pinus halepensis</i> (photo originale).  | 5  |
| Figure 3 : Aiguille de <i>Pinus halepensis</i> (Photo originale).  | 5  |
| Figure 4 : cônes femelles du pin d'Alep (Ali-Delille; 2010)  | 6  |
| Figure 5 : Cône mâles du pin d'Alep (Ali -Delille, 2010).  | 6  |
| Figure 6 : Les graines de <i>Pinus halepensis</i> ( photo originale).  | 6  |
| Figure 7 : cone de <i>Pinus halepensis</i> (photo originale).  | 6  |
| Figure 8 : Aire de répartition de <i>Pinus halepensis</i> (Quzel, 1986).   | 7  |
| Figure 9 : Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie ( Bentouati,2006).   | 8  |
| Figure 10 : <i>Lavandula stoechas</i> (photo originale).   | 13 |
| Figure 11 : Distribution géographique de <i>L.stoechas</i> (d'après Upson et Andrew, 2004)   | 14 |
| Figure 12: Les différents stades de vie de <i>Tenebrio molitor</i> (web 01).   | 23 |
| Figure 13 : Dégâts de <i>Tenebrio molitor</i> sur son de blé (photo originale).  | 25 |
| Figure 15 : Etuve obscure (photo originale).   | 31 |
| Figure 14 : L'élevage de masse (photo originale).  | 31 |
| Figure 16 Larve de <i>Tenebrio molitor</i> de premiers stades de vie ( photos originales )   | 32 |
| Figure 17 : Les huiles essentielles testées (photos originales )   | 32 |
| Figure 18 : Les doses utilisées dans notre essai (phots originales).   | 33 |
| Figure 19 : 10g de son de blé comme substrat alimentaire (photos originales).  | 34 |
| Figure 20 : Préparation des essais (photos originales)   | 34 |
| Figure 21 : Boîte de Pétri infestée par les larves de <i>Tenebrio molitor</i> (photo originale).   | 35 |
| Figure 22 : Essai avec l'huile essentielle de <i>Pinus halepensis</i> (photo originale).   | 36 |
| Figure 23 : Essai avec l'huile essentielle de <i>Lavandula stoechas</i> (photo originale).   | 37 |
| Figure 24 : placement des échantillons dans une Etuve Obscure (photo originale)  | 38 |
| Figure 25 : Evolution de la mortalité des larves de <i>Tenebrio molitor</i>  | 42 |
| Figure 26 : Evolution de mortalité des larves de <i>Tenebrio molitor</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de <i>Pinus halepensis</i> . | 43 |
| Figure 27 : Droite de régression (d'justement) Log doses en huiles essentielles de <i>Lavandula stoechas</i> / mortalité (probits) des larves.                 | 44 |
| Figure 28 : Droite de régression (d'ajustement) Log doses en huiles essentielles de <i>Pinus halepensis</i> /mortalité (probits) des larves                    | 45 |
| Figure 29 : Droite de régression (d'ajustement) Log durée d'exposition aux huiles extraites de <i>Lavandula stoechas</i> / mortalité (probits) des larves.     | 46 |
| Figure 30 : Droite de régression (d'ajustement) Log durée d'exposition aux huiles extraites de <i>Pinus halepensis</i> / mortalité (probits) des larves.       | 47 |



# Liste des Tableaux

|   |    |
|---|----|
| Tableau 1 : La composition chimique de l'huile essentielle dans les branches de <i>Pinus halepensis</i> en %.....   | 9  |
| Tableau 2 : La composition chimique de l'huile essentielle dans les cônes de <i>Pinus halepensis</i> en %.....  | 9  |
| Tableau 3 : La composition chimique de l'huile essentielle dans les aiguilles de <i>Pinus halepensis</i> en %.....  | 10 |
| Tableau 4 : L'huile essentielle des parties aériennes (aiguilles, branches et bourgeons) de <i>Pinus halepensis</i> (région de Tlemcen) en %.....         | 11 |
| Tableau 5: Composition des huiles essentielles extraites de <i>Lavandula stoechas</i> en %.....   | 14 |
| Tableau 6: Les huiles essentielles utilisées dans nos expériences.....  | 33 |
| Tableau 7 : Les doses utilisées dans nos expériences.....   | 35 |
| Tableau 8 : L'examen pour l'efficacité de l'huile essentielle de <i>Pinus halepensis</i> sur <i>Tenebrio molitor</i> .....                                | 36 |
| Tableau 9 : le test de l'efficacité de l'huile essentielle de <i>Lavandula stoechas</i> sur une population expérimentale de <i>Tenebrio molitor</i> ..... | 37 |



# ***Introduction***

# INTRODUCTION

Face aux problèmes liés aux insectes ravageurs qui détruisent les denrées stockées et les problèmes sur la santé humaine liés aux pesticides, l'homme a toujours essayé de trouver des solutions efficaces et sans inconvénients, pour la protection des denrées stockées.

Les céréales et les légumineuses (fabacées) contribuent de manière complémentaire à la valeur nutritive du régime alimentaire des peuples de plusieurs régions du monde (**Vandeborgh et Baudoin, 1998**).

Les coléoptères Bruchidae, dont les larves ne consomment et ne se développent que dans les graines, ont été l'une des très rares familles à avoir colonisé les graines mures des légumineuses (**Caswell, 1961**).

Deux ordres principaux comprennent la majorité des Coléoptères et des Lépidoptères, dont la propagation a été favorisée par les échanges internationaux (**Fleurat-Lessart, 1982**).

Les denrées stockées peuvent être attaquées par plusieurs espèces d'insectes, des champignons et des rongeurs. Parmi les dégâts les plus importants sont ceux causés par les insectes (**Silué et al., 2010**).

L'utilisation des pesticides ou fumigènes de synthèse est l'une des méthodes de lutte efficace contre les ravageurs (**Relinger, 1988 ; Haubrung et al., 1998**). Malheureusement, cette méthode dégage des inconvénients qui limitent son emploi. Il s'agit notamment de la présence dans les denrées de résidus du développement de souches d'insectes résistants à ces insecticides, de la pollution de l'environnement, de nombreux cas d'intoxication et d'empoisonnement signalés dans certains pays, ainsi que du prix relativement élevé et la rareté des produits de bonne qualité sur les marchés internationaux et locaux (**Kumar, 1991**).

Depuis longtemps les paysans ont largement utilisé les plantes pour la saveur des aliments ou pour protéger les produits récoltés (**Jacobson, 1989 ; Isman, 2000 ; Keita et al., 2000** ).

Les huiles essentielles extraites des plantes sont largement utilisées dans la lutte contre les ravageurs de stocks (**Hamraoui et Regnault-Roger, 1997 ; Dunkel et Sears, 1998 ; Prates et al., 1998 ; Liu et Ho, 1999 ; Isman, 2000 ; turç et al., 2000**).

Les propriétés insecticide, larvicide et ovicide, stérilisante, anti-appétente et répulsive des huiles essentielles ont fait l'objet de plusieurs études (**Ketoh et al., 1998 ; Djossou, 2006 ; Kouninki et al., 2007 ; Ngamo et al., 2007 ; Ndomo et al., 2009**).

Puisque ces travaux de recherche antérieurs confirment que les huiles essentielles sont des produits naturels qui jouent un rôle important dans la protection des denrées stockées, on peut dire que notre étude a un intérêt écologique et économique à la fois.

## Introduction

---

Notre étude a été faite au niveau de laboratoire de recherche valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique.

Beaucoup de chercheurs ont travaillé sur ce concept en Algérie, nous citons : Kechroud Meriem en 2012, Université Abderrahmane Mira De Bejaia ; Boukhalfa Hanane et Rouabah Ilhem en 2013, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A ; Bousnane Nourdine et Ghani Amina en 2017, Université Abdlhamid Ibn Badis-Mostaganem ... etc, dans la wilaya de Tlemcen Tabaa Zineb en 2010 ; Bermili Nahla en 2020... etc.

L'objectif principal de cette recherche est l'étude de l'activité larvicide des huiles essentielles de *Pinus halepensis* et *Lavandulastoechas* sur une population expérimentale de *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera : Tenebrionidae). Dans ce travail nous nous sommes intéressés à évaluer l'effet de ces deux huiles essentielles vis-à-vis des larves de *Tenebrio molitor* selon la dose utilisée et la durée d'exposition.

Dans ce cadre nous avons organisé notre travail en quatre chapitres :

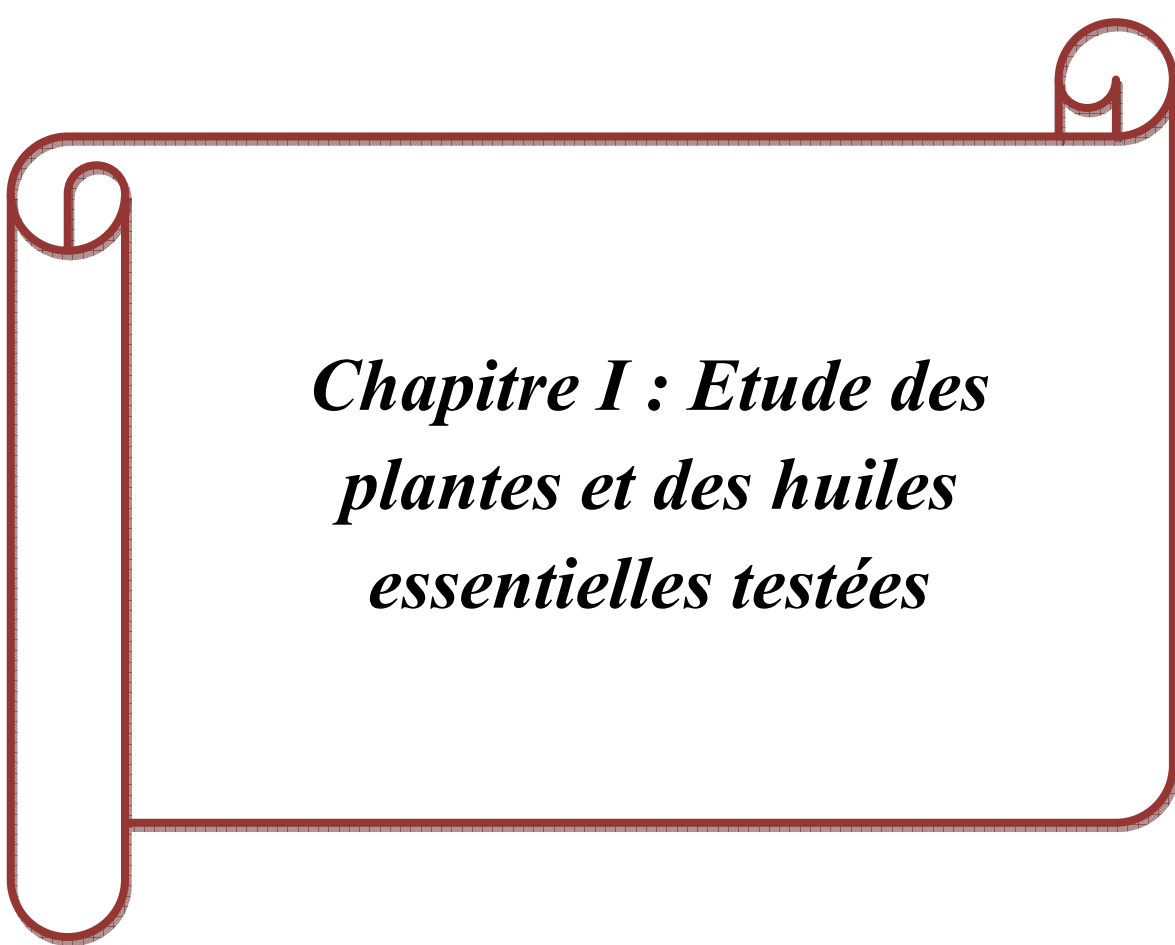
Chapitre I : Etude bibliographique sur les plantes et des huiles essentielles testées.

Chapitre II : Etude bibliographique sur l'insecte étudié et les méthodes de lutte.

Chapitre III : Matériel et méthodes utilisés dans notre expérimentation.

Chapitre IV : Résultats et Discussion.

Et on termine avec une conclusion générale.



***Chapitre I : Etude des  
plantes et des huiles  
essentielles testées***

## CHAPITRE I : ETUDE DES PLANTES ET DES HUILES ESSENTIELLES TESTEES

### I-Etude des plantes testées

#### I.1. *Pinus halepensis*

##### I.1.1. Nomenclature

Noms usuels : Pin d'Alep, pin de Jérusalem, pin blanc (France), Sanaouber halabi dans les pays arabes (**Hedjal-Chebheb, 2014**).

Noms vernaculaires : Azoumbei, Tayada en Berbère (**Guit, 2015**).

L'appellation de *Pinus halepensis* Mill donné par Philip MILLER au pin d'Alep en 1768 (**Nahal, 1962**).

##### I.1.2. Systématique

Au plan taxonomique, l'espèce *Pinus halepensis* a la systématique suivante selon (**Nahal, 1962**).

**Règne** : plante

**Embranchement** : Gymnospermes

**Classe** : Conifères.

**Ordre** : Coniférales.

**Sous ordre** : Abiétales.

**Famille** : Pinacées.

**Genre** : *Pinus*.

**Espèce** : *Pinus halepensis* Mill ,1767.

##### I.1.3. Description botanique

C'est un arbre circumméditerranéen qui se rencontre spontanément sur le pourtour méditerranéen (**Nahal, 1962 ; Cheikh-Rouhouet al, 2006**).

*Pinus halepensis* ou pin d'Alep est une espèce forestière rustique (**Hamrouni et al., 2011**), qui survit jusqu'à 250 ans selon (**Rathgeber 2002**).

L'arbre toujours vert peut atteindre 30 m de hauteur en 150 ans (**Froux, 2002**). Le tronc est souvent sinueux (**Figure 1**), le feuillage est relativement clair et léger, la longévité maximal peut atteindre 300 ans, mais l'arbre vit jusqu'à 120-130 ans en moyenne (**Seigue, 1985 ; Rameau et al., 2008 ; Ali-Delille, 2010**).



**Figure 1** : L'arbre de pin d'Alep *Pinus halepensis*(Seladji,2014).

L'écorce des jeunes sujets est lisse, de couleur grise argentée (**Figure 2**),celle des arbres adultes est épaisse, de couleur noirâtre à rougeâtre. Les aiguilles ont de 6 à 10 cm de long pour un millimètre de large (**Figure 3**). Elles sont fines, lisses avec des aiguilles groupées par deux sous forme de pinceaux aux extrémités des rameaux, et peuvent persister jusqu'a 3 ans. Dans de bonnes conditions la croissance de pin d'Alep est polycyclique (**Froux, 2002**).



**Figure 2** : Ecorce du *Pinus halepensis* jeune (Ali-Delille, 2010)



**Figure 3** : Aiguille de *Pinus halepensis*(photo originale).

*Pinus halepensis* est une espèce monoïque, portant deux types d'inflorescence : des cônes mâles de couleurs jaune teintée de rouge et des cônes femelles pédonculés roses et violacés (**Seigue, 1985 ; Rameau et al, 2008**).



**Figure 5** : Cône mâles du pin d'Alep (Ali -Delille, 2010).



**Figure 4** : cônes femelles du pin d'Alep (Ali-Delille; 2010)

Le cône est long de 8 à 12 cm (**Figure 6**), large allant de 3,5 à 4,5 cm, La maturité des cônes estimée par le changement de couleur de vert à rouge violacée, et à maturité deviennent brun rougeâtre à jaunâtre (**Fekih, 2015**).

Les graines, comestibles, sont de petite taille, grises mouchetées sur une des faces, de 5 à 7 mm de longueur avec des ailes 4 fois plus longue que la graine (**Seigue, 1985**)(**Figure 7**).



**Figure 6** : cône de *Pinus halepensis* (photo originale).



**Figure 7** : les graines de *Pinus halepensis* (photo originale).

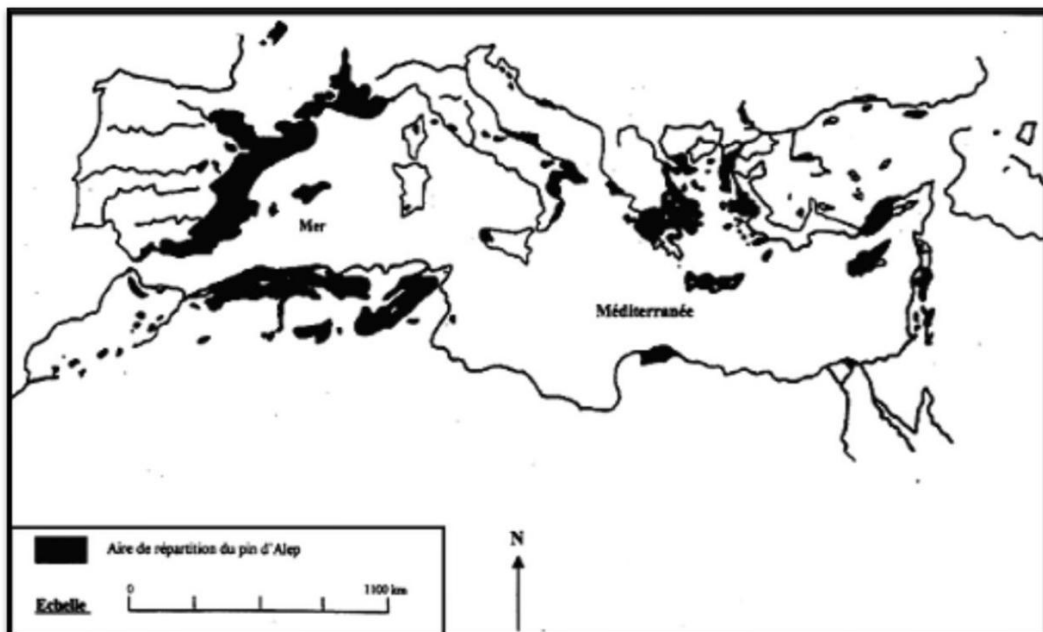


### I.1.4. Répartition géographique

#### I.1.4.1. Dans le monde

L'aire de répartition géographique du *Pinus halepensis* se limite au bassin méditerranéen (**Figure 8**) et occupe plus de 3,5 millions d'hectares (**Quézel, 1986**). En plus de son aire de répartition naturelle, cette espèce a été largement utilisée dans les projets et les programmes de reboisements au cours du XX<sup>ème</sup> siècle (**Maestre et al., 2003**).

Elle est surtout cantonnée dans les pays du Maghreb et en Espagne où elle trouve son optimum de croissance et de développement (**Pardé, 1957 ; Quézel et al., 1987**).



**Figure 8 :** Aire de répartition de *Pinus halepensis* (**Quézel, 1986**).

Au Maroc, le pin d'Alep est peu fréquent à l'état spontané. Il occupe une superficie de 65.000 hectares répartis en peuplements disloqués occupant la façade littorale méditerranéenne au niveau du Rif, du moyen et du haut Atlas (**Quézel, 1986**). En Tunisie, les forêts naturelles de pin d'Alep couvrent 170.000 hectares, occupant ainsi tous les étages bioclimatiques depuis la mer jusqu'à l'étage méditerranéen semi-aride (**Souleres, 1969 ; Chakroun, 1986**). Cependant (**Ammari et al., 2001**) indiquent une superficie de 370.000 hectares occupée par les forêts naturelles et les reboisements de pin d'Alep.

En Europe, Le pin d'Alep est surtout présent sur le littoral espagnol où il couvre une superficie de 1.046.978 hectares en peuplements purs et 497.709 hectares en peuplements mixtes ou mélangés avec d'autres espèces, soit 15% de la surface boisée de la région (**Montero, 2001**).

En France, il est beaucoup plus fréquent en Provence prolongeant, dans le Nord, la vallée du Rhône où il occupe une aire de 202.000 hectares (Couhert et Duplat, 1993).

En Méditerranée orientale, il est assez rare et remplacé par *Pinus brutia*. Il existe à l'état spontané mais d'une façon très restreinte en Turquie, en Albanie et en Yougoslavie et très peu au Proche Orient (Palestine, Jordanie, Syrie et Liban) (Seigue, 1985).

### I.1.4.2 En Algérie

Avec 35% de couverture, le pin d'Alep occupe la première place de la surface forestière de l'Algérie. Il existe dans toutes les variantes bioclimatiques avec une prédominance dans l'étage semi-aride. Il est présent partout, d'Est en Ouest, allant du niveau de la mer aux grands massifs montagneux du Tell littoral et de l'Atlas saharien (Figure 9). Sa plasticité et sa rusticité lui ont conféré un tempérament d'essence possédant un grand pouvoir d'expansion formant ainsi de vastes massifs forestiers (Bentouati *et al.*, 2005).

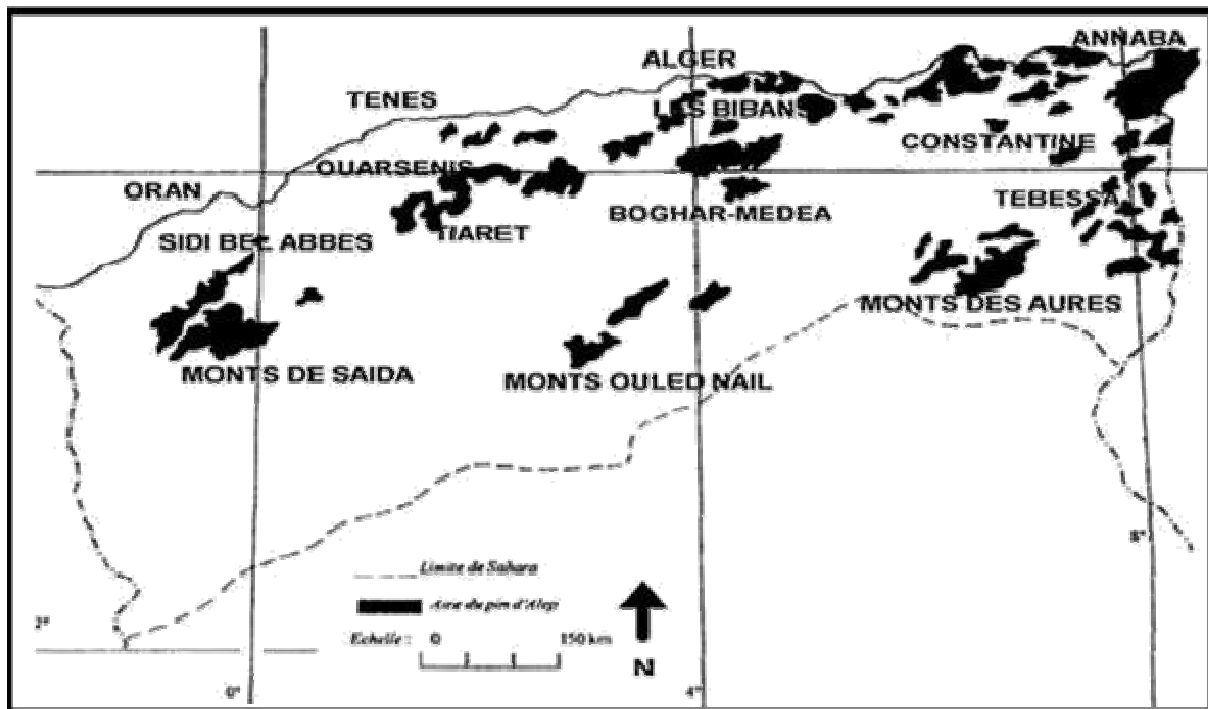


Figure 9 : Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie (Bentouati,2006).

## Chapitre I Etudes des plantes et des huiles essentielles testées

### I.1.5. Composition chimique des huiles essentielles extraites de *Pinus halepensis*

Tableau 1 : La composition chimique de l'huile essentielle dans les branches de *Pinus halepensis* en %.

| Composé chimique    | Zafra et Garcia, (1976) Espagne | Macchioni <i>et al.</i> , (2002, 2003) Italie | Ustun <i>et al.</i> , (2012) Turquie |
|---------------------|---------------------------------|---|--------------------------------------|
| Sabinène            | 57,7-69,4%                      | -   | -                                    |
| l' $\alpha$ -pinène | 24,7-31,8%                      | 61,8%   | 16,4%                                |
| Myrcène             | -                               | 20,1%   | -                                    |
| $\beta$ -pinène     | -                               | -   | 18,7%                                |
| Limonène            | -                               | -   | 18,7%                                |
| $\delta$ -3-carène  | -                               | -   | 16,3%                                |

Tableau 2 : La composition chimique de l'huile essentielle dans les cônes de *Pinus halepensis* en %.

| Composition chimique                 | Macchioni <i>et al.</i> , (2003); Tumen <i>et al.</i> , (2010). Italie | Macchioni <i>et al.</i> , (2003) ; Tumen <i>et al.</i> , (2010). Turquie | Tumen <i>et al.</i> , (2010) Turquie |
|--------------------------------------|--|--|--------------------------------------|
| l' $\alpha$ -pinène                  | 53,6%  | 47,1%  | -                                    |
| Myrcène                              | 13,7%  | 6,2%   | -                                    |
| ( <i>E</i> )- $\beta$ -caryophyllène | 6,7%   | 11,2%  | -                                    |
| Caryophyllène                        | -  | -  | 7,5 %                                |

## Chapitre I Etudes des plantes et des huiles essentielles testées

Tableau 3 : La composition chimique de l'huile essentielle dans les aiguilles de *Pinus halepensis* en %.

| Composition chimique        | Dob <i>et al.</i> (2005)<br>Sidi Feradj<br>(Nord de l'Algérie) | Abi-Ayad <i>et al.</i> (2011)<br>Ghazaouet | Ustun <i>et al.</i> (2012)<br>Turquie | Zafra <i>et al.</i> , (1976).<br>Espagne | Tazerouti <i>et al.</i> (1993).<br>Djelfa |
|-----------------------------|--|--|---------------------------------------|--|---|
| (E)- $\beta$ -caryophyllène | 40,3 %   | 2,9 %                                      | -                                     | -  |   |
| $\alpha$ -humulène          | 7,9 %  | -  | -                                     | -  |   |
| $\alpha$ -pinène            | -  | -  | 18,4 %                                | 28,9-36,2 %                              | 17,6 %                                    |
| $\beta$ -pinène             | -  | -  | 46,8 %                                | -  |   |
| Sabinène                    | -  | -  | -                                     | 33,5-38,4 %                              | -   |
| Thumbergol                  |  | 8,3 %                                      | -                                     | -  | -   |
| L'oxyde d'humulène II       | -  | 6,7 %                                      | -                                     | -  | -   |
| oxyde de caryophyllène      | -  | 48,1 %                                     | -                                     | -  | -   |
| 2- phényléthyle             | -  | 5,8 %                                      | -                                     | -  | 8,4 %                                     |

Récemment, une étude a été réalisée sur l'huile essentielle extraite des parties aériennes de *Pinus halepensis* provenant de la région de Tlemcen (Mont de Tlemcen)(Fekih *et al.*,2014)

Tableau 4 : L'huile essentielle des parties aériennes (aiguilles, branches et bourgeons) de *Pinus halepensis* (région de Tlemcen) en %.

| Composition chimique         | Fekih <i>et al.</i> , (2014).<br>Tlemcen |
|------------------------------|--|
| Myrcène                      | 27,15 %                                  |
| $\alpha$ -pinène             | 21,8 %                                   |
| Terpinolène                  | 11,5 %                                   |
| sovalérate de 2-phényléthyle | 10,1%                                    |
| (E)- $\beta$ -caryophyllène  | 14,15 %                                  |

### I.2 *Lavandula Stoecha*

#### I.2.1. Nomenclature

Selon (Bellakhdar *et al.*, 1997) :

Arabe : Halhal, astuhudus, meharga

Berbère : Amezzir, timerza, imezzir.

Anglais : Spanish lavender (in America), lavender (in Europe), Italian lavender, top

lavender Français : lavande stoechade, lavande papillon, lavande stéchas, lavande à toupet.

En Algérie, *Lavandula stoechas* est très connue sous le nom local "Helhal"

#### I.2.2. Systématique

D'après Quézel et Santa (1963), la position systématique de *Lavandula stoechas* est la suivante :

**Règne :** *Plantae*

**Division :** *Magnoliophyta*

**Classe :** *Magnoliopsida*

**Ordre :** *Lamiales*

**Famille :** *Lamiaceae*

**Sous-famille :** *Nepetoideae*

**Genre :** *Lavandula*

**Espèce :** *Lavandula Stoechase* L

### I.2.3. Description botanique

*Lavandula stoechas*, lavande de papillon présente sous la forme d'un arbrisseau et pouvant atteindre un mètre de haut (**Benabdelkader, 2012**), blanchâtre, tétragones (**Jullien, 2016**), très ramifié et très aromatique avec une lourde odeur semblable à celle du pin (**Benabdelkader, 2012**), l'essence qu'on peut en extraire a une odeur très forte et désagréable (**Barbier, 1963**). Elle supporte la mi-ombre, tolère le froid et préfère les endroits ensoleillés et les sols riches (**Chu et Kemper, 2001**).

**Fleurs** : de couleur mauve foncé, en épis courtement pédonculés, ovales ou oblongues, compactes, quadrangulaires, surmontées d'une houppe de grandes bractées stériles violettes (**Figure 10**). Bractées fertiles larges, obovales-subtrilobées, membraneuses, veinées, plus courtes que le calice très velu. Carpelles ovales à 3 angles (**Jullien, 2016**).

**Feuilles** : sont petites, grisâtres, tomenteuses (**Besombes, 2008**), sont opposées de 2- 4 cm de long, sessiles, oblongues, lancéolées, linéaires, étroites et recourbées sur les bords (**Benabdelkader, 2012**), mais sans dents ni lobes, appariées ou groupées à des nœuds, parfumés lorsqu'elles sont écrasées, stipules-aucune, pétiole-aucune (**Siddiqui et al., 2016**).

**Tiges** : Nombre-plusieurs, longueur de 20- 40 cm (**Besombes, 2008**) de couleur grisâtre, ramifiées, carrés quand jeunes, poussent souvent le long du sol, puis pliées vers le haut, densément poilues avec étoile type poils, parties inférieures boisées et rugueuses, taillis lors de la coupe (**Siddiqui et al., 2016**).

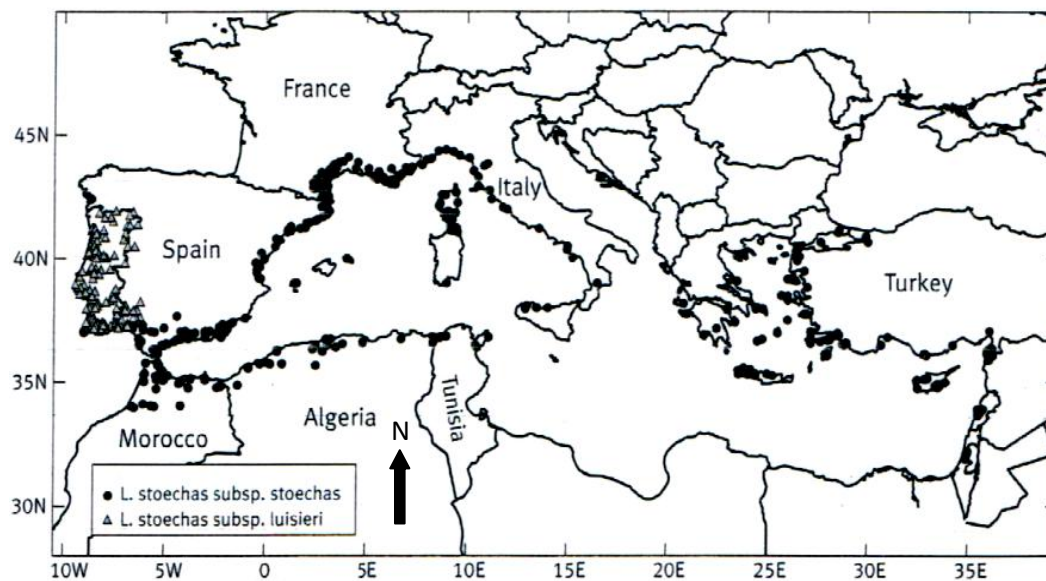


**Figure 10** : *Lavandula stoechas* (photo originale).

### I.2.4. Répartition géographique

#### I.2.4.1. Dans le monde

Elle est répandue dans tout le bassin méditerranéen (Europe méridionale, l'Afrique du Nord et le Moyen Orient) avec une petite disjonction sur la frontière Lybie-Egypte (**Figure 11**). Actuellement, elle a été introduite et cultivée en Bretagne, Nouvelle Zélande et en Australie (**Upson et Andrews, 2004**). Largement distribuée dans les Iles canaries, Islande et à travers tout le tell méditerranéen, Sud-ouest de l'Asie, Afrique tropicale avec une disjonction vers l'Inde (**Quezel et Santa, 1963 ; Upson *et al.*, 2000**).



**Figure 11** : Distribution géographique de *L.stoechas*(d'après Upson et Andrew, 2004)

### I.2.4.2. En Algérie

Avec une aire de répartition très vaste, dans tout le Tell (Quezel & Santa, 1963).

### I.2.5. La composition chimique des huiles essentielles extraites de *Lavandula stoechas*

**Tableau 5**: Composition des huiles essentielles extraites de *Lavandula stoechas* en %.

| Composés              | Wiesenfeld<br>(1999) Bulgarie | Mohammedi<br>(2006) Oum el Alou | Mohammedi<br>(2006) Ain fezza |
|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| $\alpha$ -pinène      | 2,1                           | 0,5                             | 0,6                           |
| $\beta$ -pinène       | 0,4                           | -                               | -                             |
| Sabinene              | 0,7                           | -                               | -                             |
| <i>p</i> -cymène      | -                             | 0,8                             | 1,0                           |
| $\alpha$ -terpinolene | 0,8                           | -                               | -                             |
| bornyl acetate        | -                             | 3,2                             | 3,0                           |
| Linalol               | 0,6                           | -                               | -                             |
| Camphre               | 26,2                          | 18,1                            | 17,7                          |
| Camphène              | -                             | 1,3                             | 1,0                           |
| Cineole               | -                             | 18,9                            | 24,2                          |



## II-Huiles essentielles

### II.1. Définition

Ce sont des mélanges complexes de substances volatiles obtenues à partir des végétaux (**Catier et Roux, 2007 ; Milpied, 2009**). Elles se forment dans un grand nombre de plantes comme produits du métabolisme secondaire et sont responsables de leurs odeurs caractéristiques (**Bruneton, 1993 ; Sanon *et al.*, 2002**).

Le terme « huile » souligne le caractère visqueux et hydrophobe de ces substances et le terme « essentielle » fait référence au parfum, à l'odeur plus ou moins forte dégagée par la plante (**Bernard *et al.*, 1988 ; Anton et Lobstein, 2005**).

### II.2. Localisation au niveau de la plante

La synthèse et l'accumulation d'une huile essentielle sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées, le plus souvent situées sur ou à proximité de la surface du végétal (**Bruneton, 1987 in Benazzeddine, 2010**). Il existe en fait quatre structures sécrétrices :

- Les cellules sécrétrices chez les Lauracées, Zingibéracées.
- Les poils glandulaires épidermiques chez les Lamiacées, Géraniacées.
- Les poches sphériques schizogènes chez les Astéracées, Rosacées, Rutacées Myrtacées.
- Les canaux glandulaires lysigènes : On les retrouve chez les Conifères, Ombellifères.

Sur le site de stockage, les gouttelettes d'huile essentielle sont entourées de membranes spéciales constituées d'esters, d'acides gras hydroxylés hautement polymérisés, associés à des groupements peroxydes. En raison de leur caractère lipophile et donc de leur perméabilité extrêmement réduite vis-à-vis des gaz, ces membranes limitent fortement l'évaporation des huiles essentielles ainsi que leur oxydation à l'air (**Bruneton, 1993 ; Teuscher *et al.*, 2005 in Benazzeddine, 2010**).

### II.3. Classification des huiles essentielles

Selon **Chakou et Bassou(2007)**, la classification des huiles essentielles se fait selon le pouvoir spécifique sur les germes microbiens, et grâce à l'indice aromatique obtenu par des chromatogrammes. (**Chakou et Bassou 2007**) classent les huiles essentielles comme suit:

\*Les huiles majeures

\* Les huiles médiums

\* Les huiles terrains.

### II.4. Rôles physiologiques :

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, conservant 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**).

### II.5. Rôles écologiques

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

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

### II.6. Les principales familles des plantes aromatiques

Selon **Bachelot *et al* (2005)**, Parmi les principales familles des plantes aromatiques:

**Les Abiétacées (anciennement appelées Pinacées) :** 200 espèces réparties en 10 genres, représentées par les conifères (les sapins, les cèdres, les mélèzes, les épicéas, et les pins).

**Les Cupressacées :** C'est une famille comprenant des arbres et arbrisseaux à feuilles écaillées en général. On y trouve les cyprès, les thuyas et les genévriers.

**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 est une grande source 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

## Chapitre I Etudes des plantes et des huiles essentielles testées

---

(surtout en Australie et en Amérique). Dans cette famille on trouve de nombreux eucalyptus, des girofliers, et des myrtes.

**Les Lauracées :** 2000 à 2500 espèces. Ce sont des arbres verts et sauvages, que l'on trouve surtout au Brésil. On y trouve les cannelles (de Chine), le laurier noble, le sassafras...etc.

**Les Rutacées :** On y trouve 900 espèces réparties en 50 genres, qui sont en zones tropicales ou subtropicales. Ce sont des arbres, arbustes ou plus rarement des plantes herbacées, grands producteurs d'huiles essentielles (le citron, le citron vert, la mandarine).

**Les Ericacées :** Famille des plantes ligneuses, que l'on trouve en régions tempérées et tropicales. On trouve 3500 espèces. Ce sont des plantes très précieuses en thérapeutique (la gaulthérie, le lédon).

**Les Astéracées anciennement appelées Composées :** Ils forment la plus grande famille du règne végétal. On trouve plus de 20,000 espèces, surtout en zones sèches et arides (la camomille, l'estragon, et la santoline).

### II.7. Domaine d'utilisation des huiles essentielles

Actuellement, près de 3000 huiles essentielles sont décrites, parmi lesquelles environ 300 présentent une importance commerciale dans le cadre d'applications pharmaceutiques, cosmétiques, agro-alimentaires ou dans le domaine de la parfumerie (**Bakkali et al., 2008 ; Tajkarimi et al., 2010**).

#### II.7.1. Pharmacie

En pharmacie, les huiles essentielles sont majoritairement destinées à l'aromatisation des formes médicamenteuses administrées par voie orale (**Bruneton, 1999**). De même, elles peuvent être utilisées pour leur activité antiseptique, en particulier dans le milieu hospitalier (**Edris, 2007**).

#### II.7.2. Parfums et cosmétiques

Avec leur propriété odoriférante les huiles essentielles sont rentrées dans la composition de plusieurs parfums et les produits cosmétiques. L'industrie de la parfumerie consomme d'importants tonnages d'essences (60%) en particulier celles de rose, de jasmin, de violette, de verveine,...Les huiles essentielles sont aussi consommées en cosmétologie pour parfumer les produits cosmétiques: les dentifrices, les shampoings, les crèmes solaires, les rouges à lèvres, les savons,etc...( **Seu-Saberno et Blakeway,1954**).

### II.7.3. L'industrie agroalimentaire

Les huiles essentielles entrent pour leurs diverses propriétés, dans la composition des arômes employés de manière fréquente dans tous les produits alimentaires comme les plats cuisinés ou prêts à l'emploi (**Porter, 2001**).

### II.8. Composition chimique

Selon **Bardeau (2009)** et **Mohammedi(2006)**, la composition chimique et le rendement en huiles essentielles varient suivant plusieurs conditions: l'environnement, le génotype, origine géographique, la période de récolte, le séchage, l'état sanitaire et la flore adventice.

D'après **Couderc (2001)** et **Desmares *et al.*, (2008)**, les constituants des huiles essentielles appartiennent de façon quasi-exclusive à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpénoïdes d'une part et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane beaucoup moins fréquent d'autre part.

Selon **Isman (2000)**, la composition chimique des huiles essentielles est différente selon leur appartenance à l'une des familles suivantes : les esters, les aldéhydes, les cétones, les sesquiterpènes, les acétones et coumarines, les oxydes, les acides, les aldéhydes aromatiques, les monoterpènes, les alcools et les phénols.

D'après **Huete (2012)**, les huiles essentielles pures et naturelles sont les seules à posséder la bonne concentration de composés chimiques et donc les propriétés adéquates.

Selon **El Kalamouni (2010)**, la composition chimique d'une huile essentielle peut varier considérablement :

- Dans une même plante selon les organes (feuille, fleur, fruit, bois) ;
- Dans l'année selon la saison pour une même plante ;
- Selon les conditions de culture pour une même espèce végétale ;
- Selon les races chimiques (ou chémotypes) pour une même espèce.

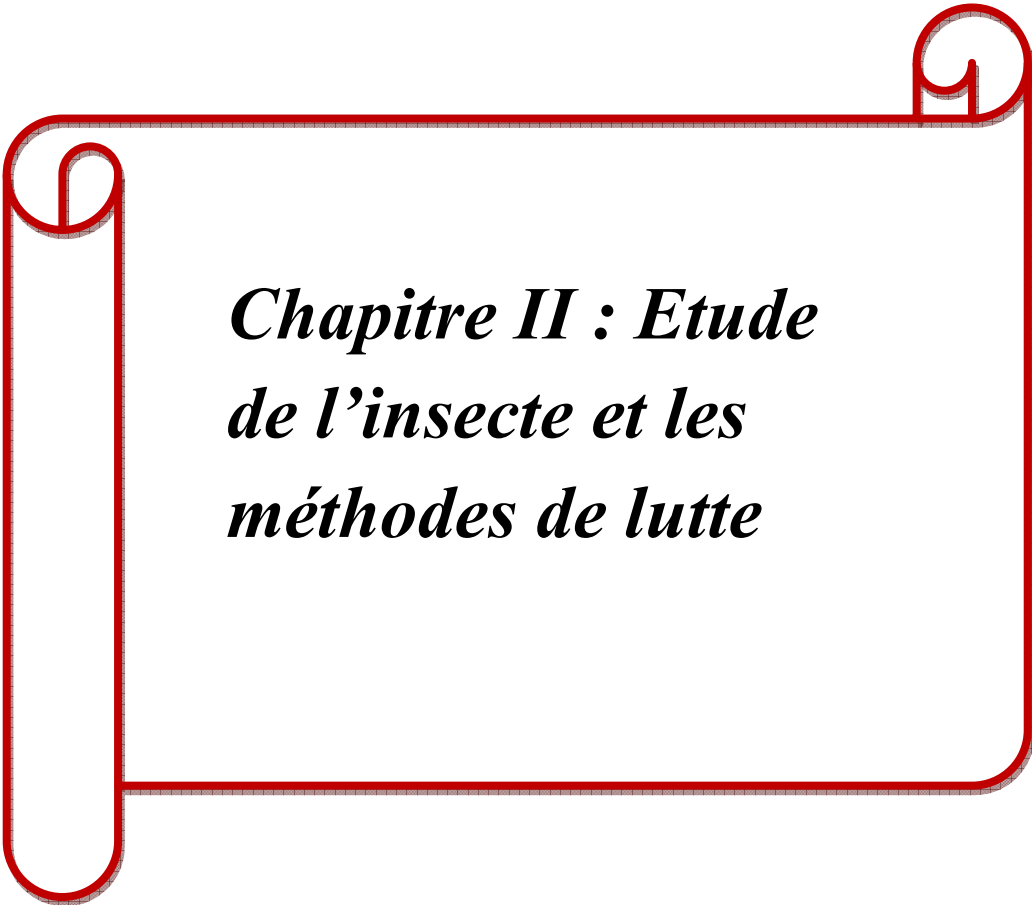
### II.9. Toxicité des huiles essentielles

Certaines huiles essentielles utilisées en dose élevée peuvent présenter un risque de toxicité. Les huiles essentielles chez les plantes sont très concentrées en éléments chimiques actifs alors cette propriété peut présenter certains dangers (**Naganuma *etal.*, 1985**).

## Chapitre I Etudes des plantes et des huiles essentielles testées

---

Certaines huiles essentielles sont dangereuses lorsqu'elles sont appliquées sur la peau en raison de leur pouvoir irritant (huiles riches en thymol ou en carvacrol), allergène comme les huiles riches en cinnamaldéhyde ou phototoxiques(Naganuma *et al.*, 1985).

A decorative red border that forms a scroll shape, with the top edge curving upwards and the bottom edge curving downwards, framing the central text.

***Chapitre II : Etude  
de l'insecte et les  
méthodes de lutte***

### CHAPITRE II : ETUDES DE L'INSECTE ET LES METHODES DE LUTTE

#### I. Présentation de l'insecte

##### I.1 Famille des Ténébrionidés

Les ténébrionidés sont des coléoptères de taille comprise entre 2 mm et 80 mm, de forme très variée, 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, plus rarement 10(**Balachowsky, 1962**). Aptères ou ailées, avec nervation alaire du type primitif, 5 sternites abdominaux, pattes longues ou tout au contraire, contractées, souvent fouisseuses (**Balachowsky, 1962**).

La plupart des Ténébrionidés sont nocturnes, se cachent sous les pierres ou les feuilles. Presque toutes sont saprophages, cependant certaines sont psammophiles(effectuent leur cycle de vie dans un substrat sableux), répandus surtout dans les régions chaudes et arides du globe, on les rencontre cependant sous toutes les latitudes (**Aubert, 1971**). Quelques formes néanmoins affectionnent la lumière et vivent activement sur le sable en plein soleil (**Perrier, 1961**).

##### I.2. Généralités

*Tenebrio molitor* est une espèce cosmopolite, qu'on croise facilement dans les lieux communs domestiques des activités humaines, maisons, jardins et surtout les dépôts des céréales. Cet insecte est omnivore c'est-à-dire que son appareil digestif lui permet d'absorber des aliments d'origines végétale et animale et, selon des publications récentes, cette capacité digestive exceptionnelle lui vient de sa flore microbienne colonisatrice de son propre tube digestif. En addition, ce ver de farine est considéré chez les céréaliers comme une espèce ravageuse vu qu'elle s'attaque au stockage de céréales (**Brandon et al., 2018 ; Yang et al., 2018**).

##### I.3. Nomenclature

Selon (**Brandon et al., 2018 ; Yang et al., 2018**) *Tenebrio molitor* est l'appellation scientifique de l'insecte ver de farine.

##### I.4. Systématique

La classification de *Tenebrio molitor* a été donnée par **Linnaeus** en 1758

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Ordre : Coleoptera

Famille : Tenebrionidae

Sous-famille : Tenebrionidae

Genre : *Tenebrio*

Espèce : *Tenebrio molitor*

### I.5 Morphologie de l'insecte

Comme la majorité des insectes, *Tenebrio molitor* a 3 paires de pattes et son corps est segmenté en 3 parties : la tête, le thorax et l'abdomen.

La couleur de l'insecte est de marron pour les jeunes adultes (imagos), à noir pour les adultes en fin de stade.

Les petites larve de couleur blanchâtre, deviennent jaunâtres pour les larves en fin de stade.

L'adulte est noir et mesure environ 1,5 cm de long, tandis que la larve est jaune et mesure de 0,2 à 2,8 cm de long (**Seck, 2009**).

Les antennes sont courtes, renflées au bout. Le thorax est quadrangulaire, ponctué, il est plus large que long, et ses cotés sont arrondies. Les tibias des pattes sont nettement incurvés, et d'un brun plus clair comme les antennes. Les élytres ont des cotés presque parallèles, ornés de stries et les interstries sont finement ponctuées (**Albouy et Richard, 2017**).

### I.6 Cycle de développement

Le cycle de développement passe par plusieurs stades de transformation qu'on peut aisément observer à l'œil nu, sauf le stade œufs. Les femelles pondent des œufs qui donnent naissance à des larves. La larve mue et se débarrasse de sa cuticule qui l'empêche de grandir. Ainsi, son cycle de vie varie en fonction de la température, le stade larvaire compte entre 8 à 20 mues qui durent quatre semaines à plusieurs mois, selon l'humidité et la température ambiantes (**Figure12**) (**Badi et Saadallah, 2019**).





**Figure 12:** Les différents stades de vie de *Tenebrio molitor* (web01).

*Tenebrio molitor* est un insecte holométabole à métamorphose complète: son stade larvaire ne ressemble pas à son stade adulte.

À un moment donné, la larve ne bouge plus, elle se prépare pour devenir un adulte, en passant par le stade nymphal qui précède le stade adulte. Le stade nymphal dure autour de 7 jours avant l'émergence des ténébrions (Lavalette, 2013 ; Cloutier, 2015).

### **I.7. Reproduction et développement**

Les adulte sémergent au début de l'été, les femelles pondent 300 à 500 œufs directement dans les denrées ou à proximité (web2). L'incubation dure une dizaine de jours (web3, web 4)

Les larves est de 30 mm à maturité. Elles sont blanches à l'éclosion et prennent une coloration jaune caractéristique en se développant (web 2).

Le corps est allongé, cylindrique, fortement sclérifié. La tête est large, avec des mandibules robustes, 3 paires de pattes thoraciques et le corps est garni de soies fines (Dierl et Ring, 2014).

Les larves peuvent résister au froid et à la sécheresse et survivre jusqu'à 3 semaines lorsqu'elles sont exposées à une température de - 15°C (elles préfèrent toutefois des conditions humides et une température de 25°C) (web2). Le stade larvaire dure entre 2 et 4 mois suivant la température (web 3, web4).

La nymphose à lieu dans les aliments (Dierl et Ring, 2014). Elle dure 2 à 3 semaines (web3, web4).

### I.8. Origine et Répartition

*Tenebrio molitor* est un insecte cosmopolite, probablement d'origine européenne, mais disséminé aux quatre coins du monde à cause des échanges commerciaux de denrées alimentaires (**web5**).

### I.9. Habitat

Dans la nature, on le retrouve dans les nids d'oiseaux (**Dierl et Ring,2014**). Il fréquente les endroits sombres et humides : sacs d'aliments pour animaux, minoteries, lieux d'entreposage des denrées, les greniers à céréales, les boulangeries et les litières de poulailler. Il peut s'introduire parfois dans les habitations (**Dierl et Ring,2014**).

### I.10. Période d'observation

Ce sont des insectes actifs jour et nuit, car leur activité dure même dans l'obscurité, comme il est à noter que ce ravageur présente une activité annuelle, il est souvent présent toute l'année (**Dierl et Ring,2014**).

### I.11. Alimentation

*Tenebrio molitor* est un insecte granivore et détritivore (**web2**).

Produits infestés :

\*Il préfère les grains en décomposition ou les produits de meuneries humides et dégradés (**Dierlet Ring,2014**).

\*Il se nourrit aussi de produits sains : moulée, farine, son, grain, céréales brutes, pain, craquelins, balayures de minoterie, restes de viandes, plumes et insectes morts (**Dierl et Ring,2014**).

\*A l'occasion, on le retrouve dans des sacs d'engrais, des ballots de tabac et du poivre noir (**web2**)

### I.12. Valeur nutritionnelle

Actuellement, les insectes sont considérés comme une nouvelle source de protéines dans l'alimentation animale (**Grau et al., 2017**).

Ainsi, les farines d'insectes présentent un grand potentiel pour devenir un ingrédient standard dans l'alimentation animale, en raison de la qualité et de la quantité élevées de protéines (**Grau et al., 2017**).

Le pourcentage de protéines dans les larves de *Tenebrio molitor* est compris entre 18,0% et 27,6% ; dans les larves séchées ce pourcentage double (**Debode et al., 2017**).

### I.13. Importance

D'un point de vue écologique, les insectes sont prometteurs grâce à la réduction de l'impact environnemental en termes de coût énergétique, d'utilisation des terres et d'empreintes (**Biasato *et al.*, 2016**).

Ils sont très efficaces pour la bioconversion des déchets organiques, pour cette raison, ces espèces suscitent une attention croissante, car elles pourraient convertir 1,3 milliard de tonnes de biodéchets par an (**Veldkamp, 2012**).

### I.14. Dégâts

Les espèces appartenant au groupe des Coléoptères constituent le groupe le plus important au sein des insectes ravageurs des denrées stockées (**O'Kelly, 1983**).

Les larves de *Tenebrio molitor* (Tenebrionidés), élevées sur son de blé rouge, ont pris 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 que normalement, il n'attaque pas les grains en bon état (**White *et al.*, 2000**) (**Figure13**).

*Tenebrio molitor* sont des insectes généraliste, mais il n'est pas facile de les attribuer à ce ravageur (**web2**). Sa présence indique souvent de mauvaises conditions de conservation.



**Figure 13** : Dégâts de *Tenebrio molitor* sur son de blé (photo originale).

### II. Méthodes de lutte

#### II.1. Méthodes de lutte traditionnelle

D'après (Aidani, 2015), les méthodes traditionnelles reposent sur :

- **l'enfumage** des 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.

- **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 insectes se cantonnent souvent dans les zones sombres).

Le produit doit être déposé en couches minces et malheureusement les formes cachées dans le grain ne sont pas atteintes.

- **Utilisation des plantes répulsives**

Dans certaines régions on a coutume de mélanger aux grains des plantes qui agissent comme insectifuges, qui sont généralement des plantes aromatiques.

- **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 doit être propre et suffisamment fin.

#### II.2. Méthodes de lutte moderne

##### II.2.1. Lutte physique

La lutte physique est basée sur la destruction des insectes par la modification des conditions environnementales (Fields, 1992). Ces moyens de lutte physique font appel au froid, à la chaleur, aux radiations ionisantes et aux matières inertes (Fleurat - Lessard, 1987).

##### II.2.1.1. Température

La méthode de shahein (1991), consiste à faire passer un courant d'air chaud dans la masse des graines, la mortalité absolue des individus est obtenue pendant 3 minutes de temps d'exposition à 50° C. Par contre, l'exposition du capucin des grains à 9 °C pendant 3 à 10 semaines produit l'élimination de tous les stades larvaires dans les stocks (Fields, 1992).

##### II.2.1.2. Radiations ionisantes

Les mâles sont plus sensibles aux radiations gamma que les femelles, la dose létale dépend de l'insecte et de la période du traitement (Ahmed, 1992).

La désinsectisation par les rayons gamma, à hautes doses, provoque la mort de tous les 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**).

### II.2.1.3. Radiation non ionisation

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 (**Singh et Agarwals, 1988 ; Zegga et Terchi, 2001**).

### II.2.1.4. Gaz inerte

L'utilisation du dioxyde de carbone ou de nitrogène à une concentration supérieur à 60% de l'atmosphère régnant à l'intérieur des stocks, est très efficace pour éliminer la plupart des ravageurs des grains (**While et Jayas, 1996**).

## II.2.2. Lutte chimique

La lutte chimique consiste en l'utilisation des pesticides chimiques de synthèse pour la protection des denrées stockées. Ces produits qui sont toxiques pour la santé des êtres vivants et pour l'environnement s'avèrent très efficaces car ils produisent des résultats intéressants (**Seck, 1994**). Parmi ces produits chimiques, nous avons :

### II.2.2.1. Traitement par fumigation

La fumigation consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique, qu'on appelle fumigant. L'intérêt majeur de la fumigation est de faciliter la pénétration des gaz à l'intérieur du grain et donc de détruire les œufs, larves et nymphes qui s'y développent (**Cruz & Troude, 1988**).

### II.2.2.2. Le traitement par contact

Le traitement par contact où le grain est recouvert d'une pellicule de produit insecticide qui agit sur les insectes (**Crus *et al.*, 1988**), ces produits peuvent être utilisés sous forme de poudre ou après la dilution.

## II.2.3. Lutte biotechnique

Cette technique consiste à multiplier le nombre de points d'émission du bouquet de phéromones sexuelles de telle sorte que les mâles attirés, soient dans l'incapacité d'identifier et localiser la femelle de la même espèce (**Fargo *et al.*, 1994**), cela engendre une diminution du taux de la copulation et par conséquent le déclin de la génération suivante.

## II.2.4. Lutte Biologique

Ce mode de lutte dépend principalement de l'utilisation des ennemis naturels de l'insecte ravageur comme l'utilisation de parasites, des parasitoïdes et des prédateurs commeagent de régulation. Des efforts ont été fournis pour développer de nouveaux composés pour substituerà ceux couramment utilisés. L'exploitation de matières premières renouvelables d'origine végétale pour la

## Chapitre II Etudes de l'insecte et les méthodes de lutte

---

fabrication de bioinsecticides (biocides) correspond à la nécessité de répondre aux réalités environnementales (**Messaoudene et Mouhou, 2017**).

De nombreux parasites et prédateurs ont été identifiés, tels que les Hyménoptères parasitoïdes qui se développent dans les greniers au détriment des œufs, des larves et des nymphes de bruches, les plus efficaces sont : *Dinarmus basalis* et *Eupelmus vuilleti*, *Teretriosoma nigrescens* (Coléoptère), prédateur naturel du grand capucin (**Sanon et al., 1999 ; Aidani, 2015**).

Depuis longtemps, les plantes aromatiques ont été utilisées pour des fins médicaux ; elles sont traditionnellement utilisées pour protéger les graines entreposées (**Sanon et al., 2002**).

D'après **Kéita et al., (1999)** et **Isman (2000)**, plus de 1000 plantes recensées ont des propriétés variant de la dissuasion à la répulsion avec association de l'anti-appétence ou la létalité contre les ennemis des cultures et des stocks.

Plusieurs études différentes indiquent l'utilisation des huiles essentielles pour protéger des denrées stockées contre les insectes et les ravageurs (**Ibrahim et al., 2001**).

Les huiles essentielles de plantes sont l'une des voies les plus importantes explorées dans la régulation des ravageurs, en particulier ces dernières années, car elles ont fait l'objet de nombreuses études. Sa toxicité s'exprime de différentes manières : activités ovicide, larvicide, antinutritionnelle et inhalatoire (**Aouina et Khelifi, 2018**).

Dans la plante, les huiles essentielles peuvent être stockées dans divers organes : fleurs (origan), feuilles (citronnelle, eucalyptus), écorces (canneliers), bois (bois de rose, santal), racine (vétiver), rhizomes (acore), fruits (badiane) ou graines (carvi) (**Bruneton, 1987 ; Messaoudene et Mouhou, 2017**).

A decorative red border that resembles a scroll, with rounded corners and small loops at the top and bottom edges.

***Chapitre III : Matériel  
et méthodes***

## CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES

### 1. Objectif

Le but de ce travail est de déterminer l'efficacité des huiles essentielles de *Pinus halepensis* et de *Lavandulastoechas* contre un ravageur qui s'attaque au son de blé, il s'agit de *Tenebrio molitor*.

### 2. Matériel et méthodes

#### 2.1. Matériel de Laboratoire

- \*Etuve obscure
- \*Micro Pipette
- \*Boîtes de Pétri
- \*Seringue
- \* Pince
- \*Des récipients
- \*Balance analytique

#### 2.2. Matériel Animal (élevage de masse)

L'élevage de masse a été effectué pour l'obtention d'un nombre considérable de larves de *Tenebrio molitor* dans le but de leurs utilisations dans notre expérimentation.

L'élevage de masse de *Tenebrio molitor* a été concrétisé dans des boîtes en plastique ayant une longueur de 20cm, une largeur de 11cm et une profondeur de 13cm, contenant le son de blé et du blé comme substrat alimentaire (**Figure14**).

Les boîtes étaient à l'obscurité dans une étuve (**Figure15**) réglée à une température de 25 °C et une humidité relative de 70%.

Nous avons adopté dans nos essais les larves des premiers stades (**Figure16**).





**Figure 14** : L'élevage de masse (photo originale).



**Figure 15** : Etuve obscure (photo originale).



**Figure 16** : Larves de *Tenebrio molitor* des premiers stades de vie (photos originales).

### 2.3. Matériel végétal (les huiles essentielles testées)

Nous avons utilisé pour nos expériences deux huiles essentielles : *Pinus halepensis* et *Lavandula stoechas* (Figure 17) achetés en pharmacie.

*Pinus halepensis* de strate arborée

*Lavandula stoechas* de strate herbacée



**Figure 17** : Les huiles essentielles testées (photos originales).

Les huiles essentielles que nous allons prendre sont huiles essentielles appartenant à des familles différentes (Tableau 06).

**Tableau 6: Les huiles essentielles utilisées dans nos expériences.**

| Nom commun       | Nom scientifique          | Famille             | Origine |
|------------------|---------------------------|---------------------|---------|
| Lavande papillon | <i>Lavandula stoechas</i> | Lamiacéesou Labiées | Acheté  |
| Pin d'Alep       | <i>Pinus halepensis</i>   | Pinacées            | Acheté  |

#### 2.4.Choix des doses

Nous avons choisi trois doses pour chaque huile essentielle pour tester l'efficacité larvicide contre les larves de *Tenebrio molitor*, les doses sont : 8 $\mu$ L/10g son de blé, 10 $\mu$ L/10g son de blé, et12 $\mu$ L/10g son de blé.

Pour assurer une dispersion assez homogène de l'huile essentielle dans la totalité de la boîte de Pétri, nous avons ajouté 1ml d'acétone pour chaque dose (**figure18**).



**Figure18** : Les doses utilisées dans notre essai (photos originales).

Dans les boîtes de Pétri nous avons mis 10g de son de blé comme source alimentaire pour les larves de *Tenebrio molitor*.



**Figure19** : 10 g de son de blé comme substrat alimentaire

(Photos originales)

A l'aide d'une micropipette on obtient la dose demandée en huile essentielle, on ajoute la solution (dose de l'huile essentielle + 1ml de l'acétone) dans la boîte qui contient déjà 10g de son de blé et on mélange le tous (**Figure20**).



**Figure 20** : Préparation des essais (photos originales)

Il est important de laisser la boîte de Pétri ouverte pendant quelques minutes, jusqu'à l'évaporation totale du solvant, après on infeste chaque boîte par 6 larves de *Tenebrio molitor* (**Figure21**).



**Figure 21** : Boite de Pétri infestée par les larves de *Tenebrio molitor* (photo originale).

Toutes les boîtes de Pétri portent des renseignements concernant la date d'introduction des larves, la dose utilisée et le nom de l'huile essentielle testée.

Pour chaque dose et pour chaque huile essentielle nous avons répétées expériences trois fois.

**Tableau 7 : Les doses utilisées dans nos expériences.**

| Les boîtes | La dose en huile essentiel | L'acétone | Poids de son de blé | Nombre de répétitions |
|------------|----------------------------|-----------|---------------------|-----------------------|
| 1          | 8µL                        | 1ml       | 10g                 | 3fois                 |
| 2          | 10µL                       | 1ml       | 10g                 | 3fois                 |
| 3          | 12µL                       | 1ml       | 10g                 | 3fois                 |

**Concernant le test témoin** : nous avons mis 10g de son de blé (source alimentaire) dans trois boîtes de Pétri, avec 1ml de l'acétone en présence de six larves de *Tenebrio molitor*.

### 3. Bio-efficacité des huiles essentielles sur la mortalité des larves de *Tenebrio molitor*

#### 3.1. Bio-efficacité de l'huile essentielle de *Pinus halepensis*

Pour l'huile essentielle de *Pinus halepensis*, nous avons répété l'expérimentation trois fois pour chaque dose (**figure22**).



Figure 22 : Essai avec l'huile essentielle de *Pinus halepensis* (photo originale).

Tableau 8 : L'examen pour l'efficacité de l'huile essentielle de *Pinus halepensis* sur *Tenebrio molitor*.

| boites | La dose en huile essentielle de <i>Pinus halepensis</i> | L'acétone | Poids de son de blé | Nombre des larves de <i>Tenebrio molitor</i> |
|--------|---|-----------|---------------------|--|
| 1      | 8µL   | 1ml       | 10g                 | 6  |
| 2      | 10µL  | 1ml       | 10g                 | 6  |
| 3      | 12µL  | 1ml       | 10g                 | 6  |

### 3.2. Bio-efficacité de *Lavandula stoechas*

Pour l'huile essentielle de *Lavandula stoechas*, nous avons répété l'expérimentation trois fois pour chaque dose (Figure 23).



**Figure 23** : Essai avec l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* (photo originale).

**Tableau 9** : le test de l'efficacité de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* sur une population expérimentale de *Tenebrio molitor*.

| Boîtes | Dose de <i>Lavandulastoechas</i> | L'acétone | Poids de son de blé | Nombre des larves |
|--------|----------------------------------|-----------|---------------------|-------------------|
| 1      | 8µL                              | 1ml       | 10mg                | 6                 |
| 2      | 10µL                             | 1ml       | 10mg                | 6                 |
| 3      | 12µL                             | 1ml       | 10mg                | 6                 |

Nous avons mis les boîtes de Pétri dans un Etuve obscure à une température de 25°C et une humidité de 70% (figure24).

Le dénombrement des larves mortes a été réalisé pendant 7 jours, pour les 4 premiers jours le dénombrement après toutes les 24h pour le dernier jour le dénombrement est réalisé après 48h.



**Figure 24** : placement des échantillons dans une Etuve Obscure (photo originale)

#### 4. Expression des résultats

##### 4.1. La mortalité corrigée

L'effet larvicide d'un produit est déterminé par la mortalité des larves. Mais la mortalité réelle n'est pas toujours due à ce produit, il existe aussi la mortalité naturelle, c'est pour cette raison qu'on calcule la mortalité corrigée pour l'élimination par exemple de l'effet de l'acétone sur les larves de *Tenebrio molitor*.

Le nombre d'individus dénombrés morts dans une population traitée par un toxique n'est pas le nombre réel d'individus tués par ce toxique. Il existe, en fait dans toute population traitée, une mortalité naturelle qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par ce toxique, les pourcentages de mortalité doivent être corrigés par la formule d'**Abbott (1925)**.

$$M0 = \frac{M1 - M2}{100 - M2} \times 100$$

Avec :

**M0** : mortalité corrigée en %.



**M1** : mortalité observée dans l'essai.

**M2** : mortalité observée en témoin.

Si la mortalité du témoin dépasse 20% le test est annulé.

#### 4.2. Détermination de la $DL_{50}$

Afin de tester la toxicité de deux huiles essentielles *Lavandula stoechas* et *Pinus halepensis* sur une population expérimentale de *Tenebrio molitor* nous avons calculé la dose létale pour 50% d'individus de la population ( $DL_{50}$ ).

L'un des moyens d'estimer l'efficacité d'un produit est le calcul de la  $DL_{50}$  qui correspond à la quantité de substance toxique entraînant la mort de 50% d'individus d'un même lot. Elle est déduite par le tracé de la droite de régression mortalité / dose. De ce fait, les pourcentages de mortalité corrigée sont transformés en probit selon la méthode de **Finney (1952)**.

Nous avons calculé la  $DL_{50}$  après deux jours d'exposition.

Après la transformation des pourcentages de mortalité corrigée en probits, nous avons utilisé le logiciel MINITAB (version 18) pour la régression des probits des mortalités en fonction des logarithmes des doses.

#### 4.3. Calcul de $TL_{50}$

Nous avons calculé le temps léthal moyen nécessaire pour éliminer 50% des larves de *Tenebrio molitor*, pour comparer la toxicité des huiles essentielles *Lavandula stoechas* et *Pinus halepensis*, en plus de la  $DL_{50}$  pour confirmer les résultats.

Pour estimer le  $TL_{50}$  (temps léthal permettant de tuer 50 % de l'effectif de la population traitée) dans l'utilisation des extraits des végétaux, des droites de régression ont été construites en dressant le taux de mortalité corrigée (en Probits) en fonction du temps de traitement (en Logarithme) (**Finney, 1971**).

Dans notre travail nous avons calculé le  $TL_{50}$  avec l'utilisation de la dose moyenne 10  $\mu$ l/10g son de blé.

Pour calculer le  $TL_{50}$  nous avons utilisé le logiciel MINITAB (version 18).

#### 4.4. Analyse statistique des données

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

Les résultats obtenus sont donc soumis à des analyses de variance à deux critères de classification (**ANOVA2**), utile pour l'étude de l'action de deux facteurs (**Dagnelie, 1970**).

Nous avons utilisé ce type d'analyse afin de tester l'effet de facteur : dose en huile essentielle et l'effet de deuxième facteur : durée d'exposition sur la mortalité des larves de *Tenebrio molitor*.

Nous avons utilisé pour l'analyse statistique, le logiciel Microsoft Office Excel 2007.

A decorative red border that resembles a scroll, with rounded corners and small loops at the top and bottom edges.

***Chapitre IV : Résultats  
et discussion***

## CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

Le présent chapitre porte sur les résultats et discussion concernant l'étude de l'activité larvicide des huiles essentielles de *Pinus halepensis* (Pinacées) et *Lavandulastoechas* (Lamiacées) sur une population expérimentale de *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera : Tenebrionidae).

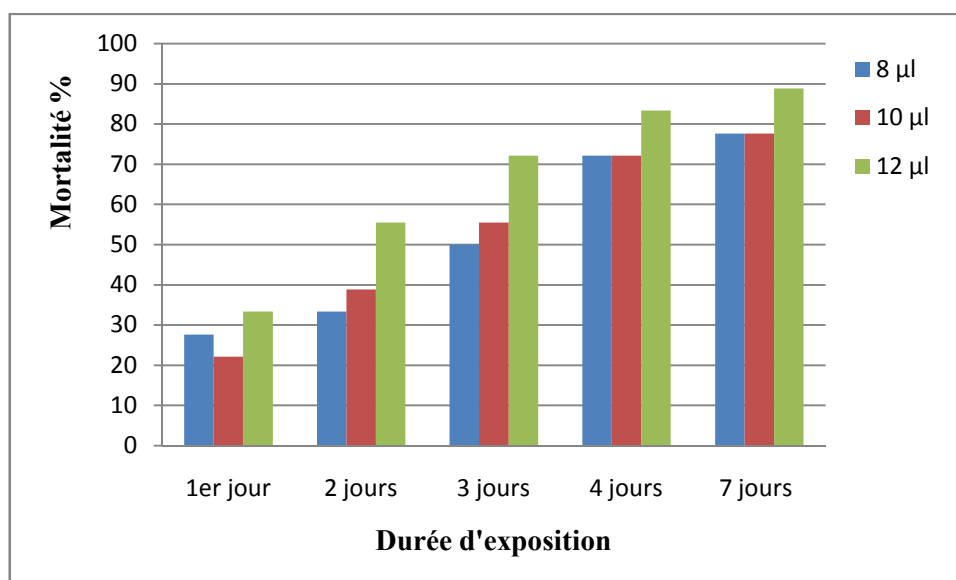
### 1. Efficacité des huiles essentielles

#### 1.1 Mortalité en élevage témoin

La mortalité observée des larves dans l'élevage témoin (avec utilisation de l'acétone uniquement) après 7 jours d'exposition est nulle dans les trois boîtes de Pétri.

#### 1.2. Mortalité avec les huiles essentielles

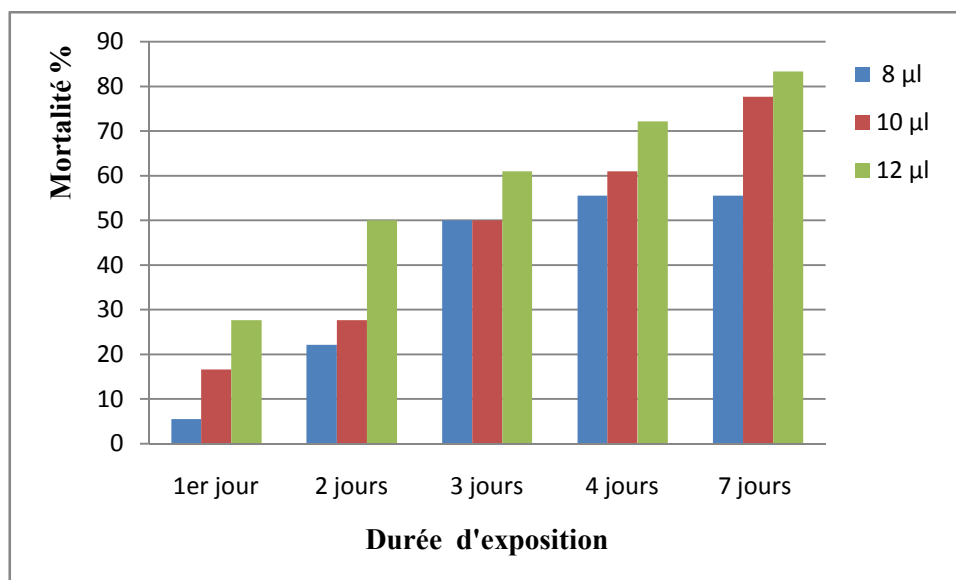
##### 1.2.1. *Lavandula stoechas*



**Figure 25** : Evolution de la mortalité des larves de *Tenebrio molitor* en fonction de temps et des doses en huiles essentielles de *Lavandulastoechas*

Selon le facteur dose en huiles essentielles : il ya une différence significative entre les taux de mortalité avec  $F=22.99$  pour  $P= 0,00048$ .

Selon le facteur durée d'exposition : il y'a une différence hautement significative entre les taux de mortalité  $F=107,47$  pour  $P=5,48.10^{-07}$ .

1.2.2. *Pinus halepensis*

**Figure 26** : Evolution de la mortalité des larves de *Tenebrio molitor* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Pinus halepensis*.

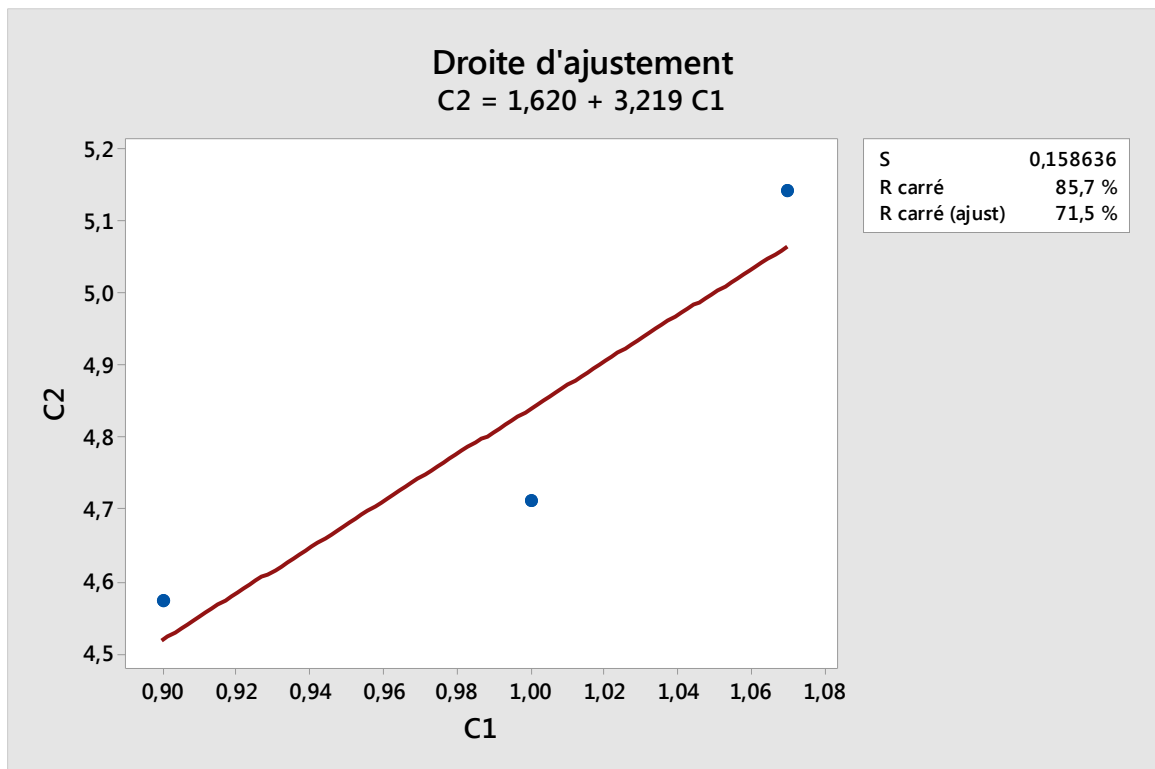
Selon le facteur dose en huiles essentielles : il y'a une différence significative entre les taux de mortalité avec  $F=20,83$  pour  $P=0,00067$ .

Selon le facteur durée d'exposition : il y'a une différence hautement significative entre les taux de mortalité avec  $F =56,80$  pour  $P= 6,50.10^{-06}$ .

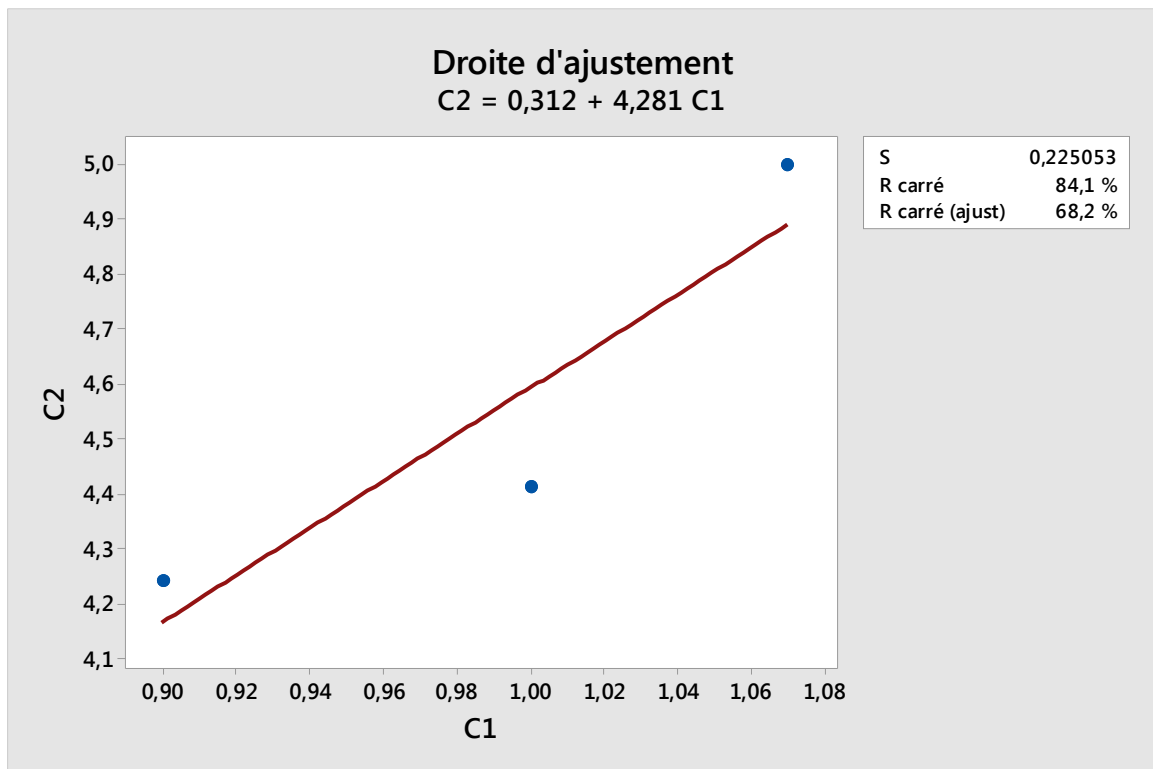
## 2. Comparaison de la toxicité des huiles essentielles sur les larves de *Tenebrio molitor*

### 2.1.La dose létale pour 50% des larves de *Tenebrio molitor* (DL<sub>50</sub>)

La transformation de la mortalité corrigée après deux jours d'exposition en probits, et la régression de ces données en fonction du logarithme de la dose en huiles essentielles, a permis d'obtenir les résultats suivants :

2.1.1. *Lavandula stoechas*

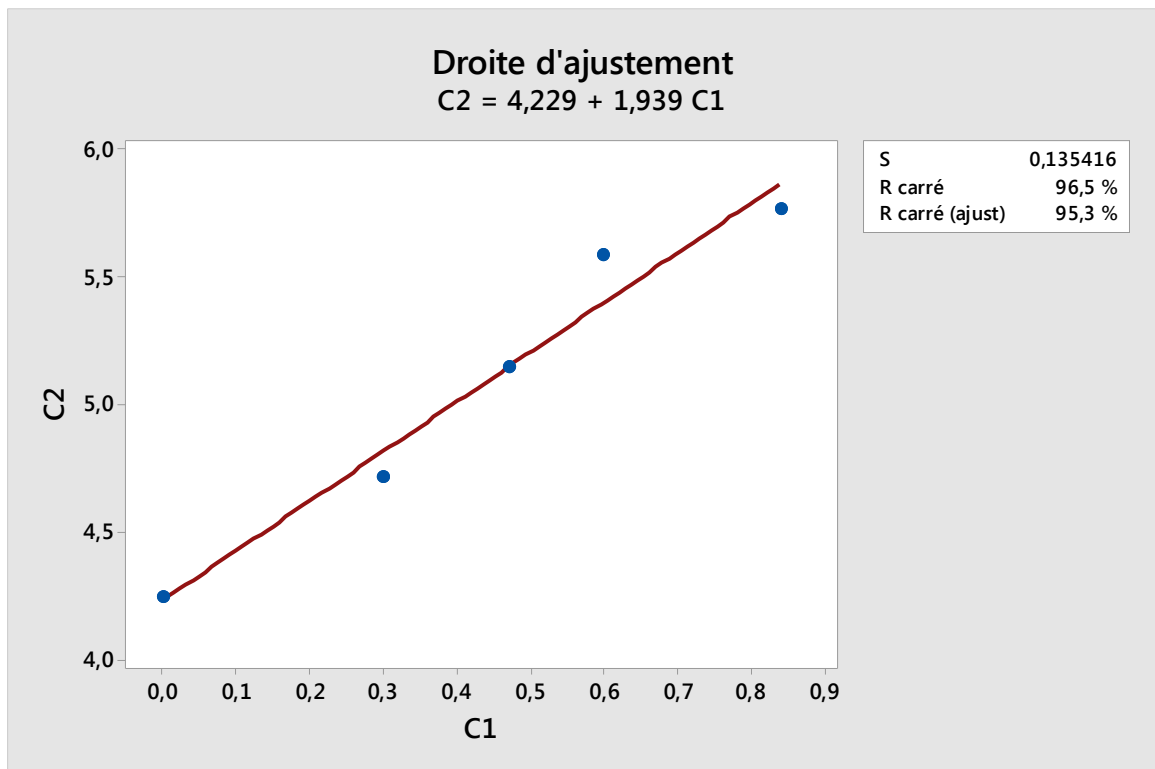
**Figure 27** : Droite de régression (d'ajustement) Log doses en huiles essentielles de *Lavandula stoechas*/ mortalité (probits) des larves.

2.1.1.1. *Pinus halepensis*

**Figure 28** : Droite de régression (d'ajustement) Log doses en huiles essentielles de *Pinus halepensis*/mortalité (probits) des larves.

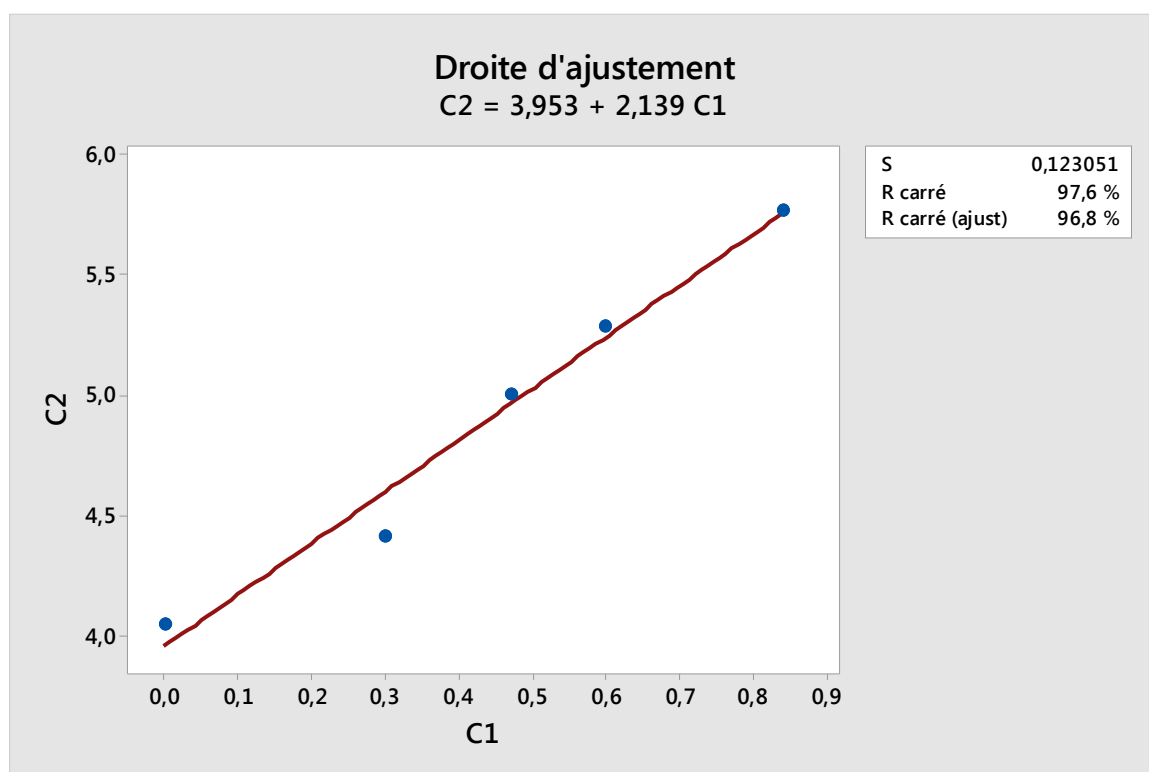
**2.2. Le temps létal pour 50% des larves de *Tenebrio molitor* (TL<sub>50</sub>)**

La transformation de la mortalité corrigée des larves en probits (en utilisant la dose 10 $\mu$ L/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 :

2.2.1. *Lavandula stoechas*

**Figure 29** : Droite de régression (d'ajustement) Log durée d'expositionaux huiles extraites de *Lavandula stoechas* / mortalité (probits) des larves.



2.1.1. *Pinus halepensis*

**Figure 30** : Droite de régression (d'ajustement) Log durée d'exposition aux huiles extraites de *Pinus halepensis* / mortalité (probits) des larves.

On résume les valeurs calculées de  $DL_{50}$  et  $TL_{50}$  des huiles essentielles testées dans le tableau 10 et 11.

**Tableau 10** : Valeurs de  $DL_{50}$  après deux jours d'exposition aux huiles essentielles testées.

| Huiles essentielles       | Equation de régression | $DL_{50}$     |
|---------------------------|------------------------|---------------|
| <i>Lavandula stoechas</i> | $C2=1,620+3,219C1$     | 11,22 $\mu$ L |
| <i>Pinus halepensis</i>   | $C2=0,312+4,281C1$     | 12,44 $\mu$ L |

D'après les valeurs de la  $DL_{50}$  obtenus, on peut déduire que les huiles essentielles extraites de *Lavandula stoechas* sont légèrement plus toxiques vis-à-vis des larves de *Tenebrio molitor* comparativement aux huiles essentielles de *Pinus halepensis*.

**Tableau 11 : Valeurs de TL<sub>50</sub> en utilisant la dose 10 µL/10g son de blé de deux huiles essentielles.**

| Huiles essentielles       | Equation de régression | TL <sub>50</sub> |
|---------------------------|------------------------|------------------|
| <i>Lavandula stoechas</i> | $C2=4,229+1,939C1$     | 2 ,49 jours      |
| <i>Pinus halepensis</i>   | $C2=3,953+2,139C1$     | 3,08 jours       |

Ces valeurs de TL<sub>50</sub>, confirment le classement des deux huiles essentielles testées selon leurs toxicités, donc les huiles essentielles de *Lavandula stoechas* sont considérées plus toxiques « larvicides » par rapport aux huiles de *Pinus halepensis*.

## Discussion

Selon les résultats obtenus, après avoir testé l'efficacité des huiles essentielles de *Lavandulas stoechas* et *Pinus halepensis* nous avons montré que ces produits naturels ont un effet larvicide sur les larves de *Tenebrio molitor*.

Nous avons montré que les huiles essentielles de *Lavandula stoechas* et *Pinus halepensis* ont une activité biocide sur les larves de *Tenebrio molitor*, puisque pour les témoins, dans les mêmes conditions de laboratoire, nous avons remarqué que la mortalité est nulle après sept jours d'exposition.

Selon les résultats obtenus, nous avons montré que la mortalité des larves dépasse 88,50% en utilisant la dose la plus élevée, soit 12µL/10gson de blé, des huiles essentielles de *Lavandula stoechas*, après la même durée d'exposition et avec la même dose, la mortalité des larves dépasse 88,30% en utilisant les huiles essentielles de *Pinus halepensis*.

Selon les valeurs de la DL<sub>50</sub>, le TL<sub>50</sub> et les tests statistiques, nous avons montré que l'activité larvicide des huiles essentielles varie selon la plante aromatique testée, la durée d'exposition et la dose utilisée.

D'après **Bruneton (1987)**,les huiles essentielles peuvent varier quantitativement ou qualitativement selon l'espèce et à l'intérieur de la même espèce. Plusieurs facteurs peuvent influencer le rendement et la teneur de ces différents constituants (l'origine géographique, les conditions climatiques, la nature de sol.....etc).

D'après **Shaaya *etal.* (1997)**, les plantes aromatiques sont parmi les insecticides les plus efficaces d'origine botanique et les huiles essentielles constituent souvent la fraction bioactive des extraits de plantes.

Selon **Kim *etal.* (2003)**, les effets toxiques des huiles essentielles dépendent du ravageur, de l'essence testée et de la durée d'exposition.

Les valeurs de  $DL_{50}$  calculées après deux jours d'exposition montrent que l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* a un effet plus toxique comparativement à l'huile essentielle de *Pinus halepensis* sur les larves de *Tenebrio molitor* avec les doses 11,22  $\mu\text{L}/10\text{mg}$  son de blé et 12,44  $\mu\text{L}/10\text{ mg}$  son de blé respectivement.

Les valeurs de  $TL_{50}$  calculées avec l'utilisation de la dose moyenne 10  $\mu\text{L}/10\text{mg}$  son de blé confirment que l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* a un effet plus toxique que l'huile essentielle de *Pinus halepensis* sur les larves de *Tenebrio molitor* avec 2,49 jours et 3,08 jours respectivement.

Les travaux de **Hamai *etal.* (2006)**, montrent que l'huile essentielle de la lavande, à une dose de 0.025  $\mu\text{l}$  après 48h d'exposition, provoque une mortalité totale des adultes de la bruche du niébé.

Les huiles essentielles de citron et de citronnelle à la dose de 0,005  $\mu\text{L}$  ont un taux de mortalité de 100% et de 66,25% respectivement, après 24h d'exposition (**Hamai *etal.*, 2006**).

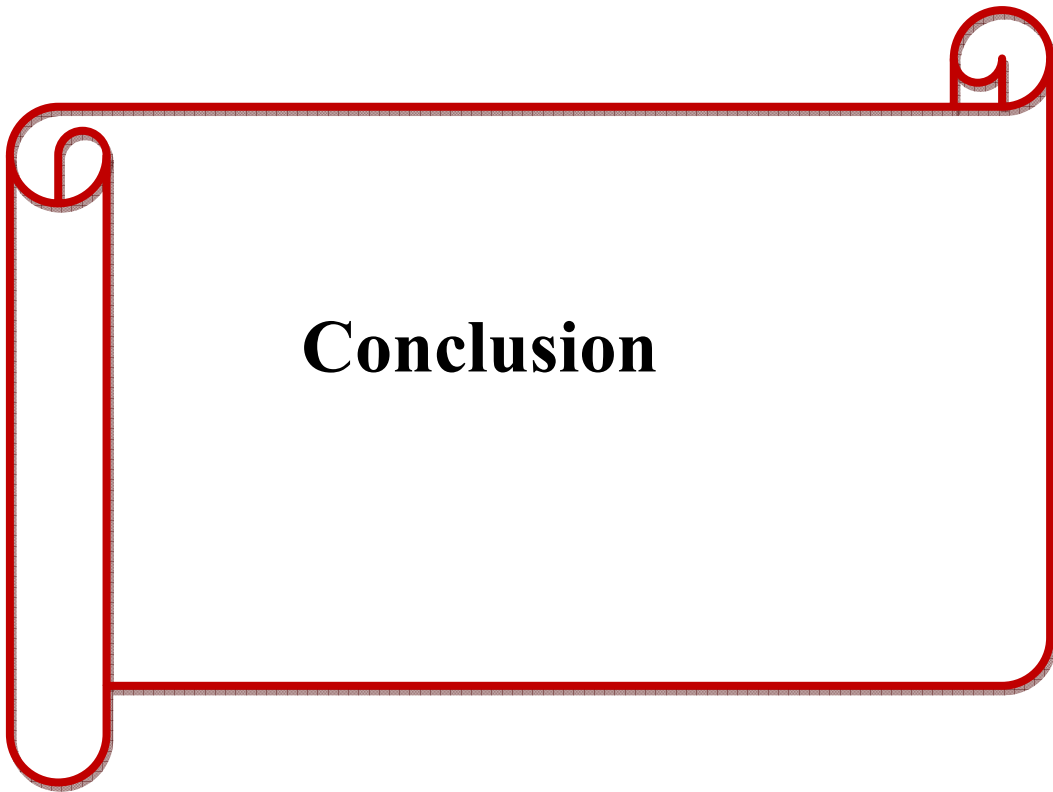
**Sahaf *etal.*, (2007)** ont constaté une forte activité insecticide de l'huile essentielle de *Carum copticum* (Apiaceae) sur *Sitophilus oryzae* et *Triblium castaneum* (Tenebrionidae) avec un taux de mortalité de 100% à une forte dose qui est de 185,2  $\mu\text{L}/\text{L}$ , pendant 12h d'exposition.

**Ndomo *etal.*, (2009)**, ont révélé l'activité insecticide de l'huile essentielle de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus*. Ces auteurs ont observé une augmentation du pourcentage de mortalité des adultes d'*Acanthoscelide obtectus* en fonction du temps et de la dose de l'huile essentielle. La plus forte dose (0,40  $\mu\text{L}/\text{g}$ ) occasionne une mortalité de 97,5% des bruches au quatrième jour d'exposition. La faible valeur de la  $DL_{50}$  (0,152  $\mu\text{L}/\text{g}$ ), calculée après deux jours d'exposition, confirme le degré élevé de toxicité de cette huile essentielle vis-à-vis de ce bio-agresseur.

Selon **Cosimi *etal.* (2009)**, les huiles essentielles de *Laurus nobilis* (Lauracées), *Citrus bergamia* (Rutacées) et *Lavandula hybrida* (Lamiacées) ont une efficacité biologique sur les adultes des charançons du maïs *Sitophilus zeamais* (Coléoptera : Curculionidae), les charançons du blé *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera : curcujidae) et sur les larves de *Tenebrio molitor* (Coleoptera : Tenebrionidae).

Les huiles essentielles d'*Ageratum conyzoides*, de *Citrus aurantifolia* et de *Melaleuca quenrvia* ont un effet insecticide vis-à-vis de *Callosobruchus maculatus*, alors quela plus forte dose 33,3 $\mu$ L/mL provoque 100% de mortalité pour *Ageratum conyzoides* et *Citrus aurantifolia* (**Nondenot et al., 2010**).

Selon **Bouchikhi Tani (2011)**, les huiles essentielles de *Lavandula stoechas*, *Mentha pulegium* et *Ammoïdes verticillata* présentent une toxicité vis à vis de la mite *Tineolabisselliella*(Tineidae), avec des DL<sub>50</sub> de 7,68 $\mu$ L/50,24cm<sup>2</sup>, 7,89/50,24cm<sup>2</sup> et 7,95 /50,24cm<sup>2</sup> respectivement.



**Conclusion**

# CONCLUSION

Le travail entre dans cadre de l'utilisation des huiles essentielles comme des bioinsecticides pour la protection des denrées stockées.

Après l'observation des résultats obtenus, concernant l'étude de l'activité insecticide des huiles essentielles de *Pinus halepensis* et *Lavandula stoechas* sur les larves de *Tenebrio molitor*, nous pouvons dire que les huiles essentielles de *Pinus halepensis* et *Lavandula stoechas* provoquent une diminution de la population expérimentale de *Tenebrio molitor*.

Les deux facteurs les plus importants qui agissent d'une manière directe sur la mortalité des larves de *Tenebrio molitor* sont la dose utilisée et la durée d'exposition, cependant la mortalité augmente de façon proportionnelle à la dose utilisée en huiles essentielles ainsi que le prolongement de la durée d'exposition. La dose en huiles essentielles la plus grande, à savoir 12 $\mu$ L/10g son de blé pour *Pinus halepensis* et *Lavandula stoechas*, provoque une mortalité des larves jusqu'à 88,33%.

Les valeurs calculées de la DL<sub>50</sub> après deux jours d'exposition et le TL<sub>50</sub> avec la dose moyenne 10 $\mu$ L/10g son de blé montrent que les huiles essentielles de *Lavandula stoechas* sont les plus efficaces avec (DL<sub>50</sub>=11,22 $\mu$ L/10g son de blé ; TL<sub>50</sub>=2,49 jours), par rapport aux huiles essentielles de *Pinus halepensis* avec (DL<sub>50</sub>= 12,44 $\mu$ L/10g son de blé TL<sub>50</sub>=3,08jours).

Les produits naturels extraits des plantes, spécialement les huiles essentielles, jouent un rôle très important dans la lutte biologique pour minimiser l'usage des pesticides de synthèse afin de protéger les denrées stockées contre les insectes ravageurs, afin d'assurer une protection de l'environnement et la santé publique.

Enfin, on peut dire que les huiles essentielles de *Lavandula stoechas* et *Pinus halepensis* contiennent des composés chimiques majoritaires, connus par leur activité toxique sur les insectes, ce qui explique les résultats obtenus concernant leur activité larvicide vis-à-vis de *Tenebrio molitor*.



**Références  
bibliographiques**

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Abbou H., et Hbenabida W., 2017 :** activite antioxydante et antimicrobienne des huiles essentielles de *lavandula stoechas* l p5.

**abi-ayad M., Abi-Ayad F. Z., Lazzouni Ha., Rebiahi Sa., Ziani-Cherif C., Bessiere 2011 :** Chemical composition and antifungal activity of aleppo pine essential oil. *Journal of medicinal plants research*. 5: 5433–36.

**Abbott W, S., 1925:** A method for computing effectiveness of an insecticide. *Journal. Ecological entomology*, 18(2), pp :265-267.

**Ahmed M S., 1992:** Composition, nutrition and favor of peanuts. H. G. batte anal C. T. young eds peanuts science and technology T. X. pp : 655–688.

**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 Tlemcen, 80 p.

**Albouy V., Richard D., 2017 :** Coléoptère d'Europe. Delachaux et Niestlé. Paris : Delachaux et Niestlé(Guide Delachaux), 399 p.

**Ali-delille I, 2010 :** « les plantes médicinales d'Algérie », 2eme ed. Berti, alger, pp : 200-201.

**Ammari Y., Sghaier T., Khaldi A., et Garchi, S., 2001 :** Productivité du pin d'Alep en Tunisie : table de production. Annales de l'INGREF, pp : 239-246.

**Anton R., Lobstein A., 2005 :** « plantes aromatiques: epices, aromates, condiments et huiles essentielles ». Ed. Tec & doc. Paris, 522p.

**Aouina A., khelifi N., 2018 :** Evaluation de l 'effet répulsif de *Cuminum cyminum L.* et *Foeniculum vulgare Mill*, sur l'insecte des céréales stockées *Tribolium castaneum (Herbst)*, Mémoire de Master, Univ: M'Sila, p 41.

**Aubert L, 1971 :** Atlas des Coléoptères de France. Belgique, Suisse. Tome II, 3eme Ed. Ed Boubée et Cie. Paris VI. p 28.

**Bachelot C., blaise A., corbel T., et Le guernic A., 2005 :** Les huiles essentielles. Licence en biologie, u.c.o bretagne nord, p 27.

**Badi A., Saadallah B.,2019 :** Étude d'un nouvel aliment à base d'insecte dans l'engraissement des poules de chair, P 5.

**Bakkali F., Averbek D., Idaomar M.,2008 :**Biological effects oils. A review science directe.*Food and chemical toxicology*.Vol 46 pp : 446-475.



- Balachowsky A. S., 1962:** Entomologie appliquée à l'agriculture. Ed. Masson etcie, paris, Tome I, p 378-392.
- Barbier E., 1963 :** les lavandes et l'apiculture dans le sud-est de la France. Les annales de l'abeille. Inra Editions, 6(2) pp : 85-159.
- Bardeau f., 2009 :** decouvrir les bienfaits et les vertus d'une medecine ancestrale. Edit. Fermand lanore, 315 p.
- Benazzeddine S., 2010 :** effet insecticide de cinq huiles essentielles vis-a -vis de *Sitophilus Oryzae* (coleoptera, curculionidae ) et *Tribolium confusum* (coleoptera, tenebrionidae ), memoire d'ingeniorat en agronomie , alger : ecole nationale superieure agronomique .
- Bentouati A., 2006 :** croissance, productivité et aménagement des forets de pin d'Alep (*Pinus halepensis mill.*) Du massif de ouled Yagoub (khenchela – Aurès). Thèse de Doctorat. Inst. D'agronomie. Université de Batna 107p.
- Benabdelkader T., 2012 :** Biodiversité, bioactivité et biosynthèse des composés terpéniques volatils des lavandes ailées, *Lavandula stoechas* sensu lato, un complexe d'espèces méditerranéennes d'intérêt pharmacologique (Doctoral dissertation, Université Jean Monnet-Saint-Etienne; Ecole normale supérieure de Kouba (Alger)).
- Bellakhder J., 1997 :** la pharmacopee marocaine traditionnelle medecine arabe ancienne et savoirs populaires. ibis pess.318p.
- Bernard T., Perinau F., Brav O., Delmas M., et Gaset A.,1988 :** « extraction des huiles essentielles, chimie et technologie, information chimie » pp :179-184.
- Besombes C., 2008 :** contribution a l'étude des phénomènes d'extraction hydro-thermo-mecanique d'herbes aromatiques. Application généralisées. Thèse de doctorat université de Rochelle.
- Biasato I., De marco M., Rotolo I., Renna M., Lussiana C., Dabbou S., Pozzo L.,2016 :** Effects of dietary *Tenebrio molitor* meal inclusion in free-range chickens. *Journal of animal physiology and animal nutrition* 100(6) pp : 1104-1112.
- 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, Université Tlemcen, Algérie, p 123.
- Brandon A, M., gao S, H., Tian R., Ning D., Yang S, S., Zhou J., et Criddle C, S., 2018 :** Biodegradation of polyethylene and plastic mixtures in mealworms (larvae of *Tenebrio molitor*) and effects on the gut microbiome. *Environmental science & technology* 52(11) pp : 6526-6533.

## Références bibliographiques

---

- Bruneton J., 1987** : Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3eme édition, Paris : tec et doc.
- Bruneton J., 1987** : Eléments de phytochimie et de pharmacognosie. Ed. Lavoisier, 585 p.
- Bruneton j, 1993** « pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales », 2eme ed. Lavoisier, paris, 915 p.
- Bruneton J., 1999** : pharmacognosie. Phytochimie, plantes médicinales. 3eme édition, tec & doc. Lavoisier, paris, pp : 1120-138.
- Caswell G, H., 1961**: The infestation of cowpea the western region of Nigeria. Tropical sciences 3: pp : 154-158.
- Capo M., Courilleau V., et Valette C., 1990** : Chimie des couleurs et des odeurs. Culture et techniques, 204 p.
- Chakou M, et Bassou K., 2007** : efficacité antibactérienne et antifongique des huiles essentielles obtenues par extraction de la menthe verte *mentha spicata* de la région de Ouargla sur quelques germes pathogènes : *e.coli*, *pseudomonas aeruginosa*, *staphylococcus aureus*, *bacillus subtilis* et *candida albicans*. Mémoire de microbiologie. Université de Kasdi Ouargla, pp : 14-27.
- Chakroun M, L., 1986** : Le pin d'Alep en Tunisie. *Options méditerranéennes*. Série Etude CIHEAM 86(1) pp : 25-27.
- Cheikh-Rouhoun S., Hentati B., Besbes S., Blecker C., Deroanne C., et Attia H., 2006** Chemical composition and lipid fraction characteristics of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) seeds cultivated in Tunisia, *Revista de Agaroquímica y Tecnología de Alimentos*, 12 pp : 407-415.
- Chu C.J., et Kemper K.J., 2001** : *lavender (lavandula spp.)*. Longwood Herbal Task. Force p32.
- Cloutier J., 2015** : Insectes comestibles en Afrique: introduction à la collecte, au mode de préparation et à la consommation des insectes. 1ère édition, agro dok, Pays-Bas, p 79.
- Couderc V. L., 2001** : La toxicité des huiles essentielles. Thèse de doctorat en sciences vétérinaires à l'université de Paul Sabatier de Toulouse, p 89.
- Couhert B, et Duplat P., 1993** : Le pin d'Alep dans la région Provence Alpes Côte d'Azur. Propositions pour une sylviculture et un modèle de production. *Bull. Tech. Onf*, 25: pp : 3-22.
- Cosimi s., Rossi E., Cioni P. L., and Canale A., 2009** : Bioactivity and qualitative analysis of some essential oils from Mediterranean plants against stored-product pests: Evaluation of

## Références bibliographiques

---

repellency against *Sitophilus zeamais* Motschulsky, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) and *Tenebrio molitor* (L.), *Journal of Stored Products Research*, 45, pp : 125–132.

**Cruz Jf., Troude F., Griffon D., Hebert Jp., 1988** : Conservation des grains en région chaudes ; 2ème édition ; « Technique rurale en Afrique ».Ed. Paris, France. • **DUPIN H., 1989.** Les aliments. Ed. Maloine, France ; p 109.

**Dagnelie P., 1970** : Théories et méthodes statistiques. Vol 2, Les presses agronomiques de Gembloux, A.S.B.L.

**Debode f., Marien A., Gerard A., Francis F., Fumiere O., and Berben G.,2017** : Development of real-time PCR tests for the detection of *Tenebrio molitor* in food and feed. *Food Additives &Contaminants: Part A* 34(8) pp : 1421-1426.

**Desmares C., Laurent A., Et Delerme C., 2008** : Recommandations relatives aux Criteres de qualite des huiles essentielles- contribution pour l'évaluation de la securite des Produits cosmetiques contenant des huiles essentielles- ed. Afssaps agence française de Securite sanitaire des produits de sante. P 18.

**DierlW.,etRing W., 2014** :InsectesdFranceetd'Europe.DelachauxetNiestlé.Paris:Delachauxet Niestlé, p 237.

**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) pp : 69 – 81.

**Djossou J, 2006** : Etude des possibilités d'utilisations des formulations à base de fruits secs de *Xylopiya aethiopica* Dunal (*Annonaceae*) pour la protection des stocks de niébé contre *Callosobruchus maculatus* Fabricius (*Coléoptera : Bruchidae*). Mémoire d'ingénieur agronome à la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux Belgique, p 27.

**Dob T., Berramdane T., et Chelgoum C., 2005** : Chemical composition of essential oil of *pinus halepensis* miller growing in algeria. *Comptes rendus chimie*. 8 pp : 1939–1945.

**Dunkel F.V., et Sears L.J., 1998** :Fumigant properties of physical preparations from mountain big sagebrush *Artemisia tridentate* Nutt. *Ssp.*-*Journal of Stored Product Research*, 34,pp :304-321.

**Edris A.E., 2007** :pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: a review. *Phytother. Res*, 21, pp : 308-323.

**El kalamouni C., 2010** : Caracterisations chimiques et biologiques d'extraits de plantes Aromatiques oubliees de midi- pyrenees. These de doctorat de l'institut national

Polytechnique de toulouse p 283.

**Fargo W. S., Cuperus G. W., Bonjour E. L., Bucholder W. E., Clary B. L., et Payton M. E., 1994:** Influence of probe trap type and attractant on the capture of four stored grain Coleoptera. J. Stored Prod. Res, P 58.

**Fekih N., 2015 :** Propriétés chimiques et biologiques des huiles essentielles de trois espèces du genre *pinus poussant* en algerie. 2015. Thèse de doctorat.

**Finney, D. J., Ed. 1952 :** probit analysis. Cambridge, england, cambridge university press.

**Finney D.J., 1971.** *Probit analysis*. 3th ed. Cambridge university press. Ibsn 0521080421 x, p 333.

**Fields, P. G., 1992 :** The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures. J. Stored Prod. Rev. N°34. Pp : 269-277.

**Fleurat- Lessard F., 1982 :** Les insectes et les acariens .Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés, vol.1, Ed. Lavoisier et APARIA., Paris, p 396.

**Fleurat - Lessard, F., 1987 :** Evolution des méthodes de détection et de protection des grains par des procédés physique. Annales de L'A.N.P.P., 6, pp 449-458.

**Froux F., 2002 :** Caractéristiques hydrauliques, régulation stomatique et efficacité d'utilisation de l'eau de quatre espèces de conifères méditerranéens (*Cedrus atlantica*, *Cupressus sempervirens*, *Pinus halepensis* et *Pinus nigra*). Diss. Université Henri Poincaré-Nancy 1.

**Giles P. H, Ashman F., 1971 :** A study of pre-harvest infestation of maize by *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera, Curculionidae) in the Kenya highlands. J Stored Prod Res (7) pp : 69-83.

**Grau T., Vilcinskas A., et Joop G., 2017 :** Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed. *Zeitschrift für Naturforschung C* 72(9-10) pp : 337-349.

**Guit B., 2015 :** Croissance et état sanitaire des peuplements de pin d'alep (*pinus halepensis mill.*) Dans le massif forestier de senalba (region de djelfa). Ecole nationale supérieure d'agronomie el-harache alger, p. 108. Thèse de doctorat.

**Hamai K., Harma K, et Kacimi F., 2006 :** Effet de cinq huiles végétales sur l'activité biologique de la bruche de niébé *Callosobruchus maculatus* (F) (Coleoptera : Bruchidae), Mémoire d'Ingénieur en Biologie. U.M.M.T.O. p 67.

**Hamraoui A., et Regnault-Roger C., 1997 :** Comparaison des activités insecticides des monoterpènes sur deux espèces d'insectes ravageurs des cultures *Ceratitis capitata* et *Rhopalosiphum padi*. Acta Bot. Gallica, 144 : pp 413-417.

## Références bibliographiques

---

- Hamrouni L., Hanana M., Ghazi G., Aini R., Khouja M.L., 2011** : Essais de multiplication du pin d'Alep. Forêt méditerranéen pp : 271-276.
- Haubruge E., Shiffers B., Gabriel E. & Verstraeten C., 1988** : Etude de la relation dose-efficacité de six insecticides à l'égard de *Sitophilus granarius* L., *S. oryzae* L., *S. zeamais* Mots. (Col., Curculionidae). Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent 53/2b, pp : 719 -726.
- Hedjal-Chebheb M., 2014** : Identification des principes actifs des huiles essentielles de quelques résineux 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 (Coleoptera: Bruchidae) p 107, Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri.
- Huete A., 2012** : Huiles essentielles pour tous les jours- le bon réflexe-. Ed artemis, Losange, Chamalieres, France, p 223.
- Isman B., 2000** : Plant essential oils for pest and disease management. Crop protection. 19, pp : 603-608.
- Ibrahim M.A., Kainulainen P., Aflatuni A., Tilikkala K., Holopainen J.K., 2001** : Insecticidal, repellent antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: with special reference to limolene and its suitability for control of insect pests. Agricultural and Food Science in Finland, vol 10 , pp 243-259.
- Jacobson M., 1989** : Botanical pesticides: past, present and future. Arnason J.T., Philogene B. J. R., & Morand P., eds. *Insecticides of plant origin*. ACS Symposium Series, 384, pp : 1-10, Washington DC USA.
- Jullien J – Dgal., 2016** : guide de reconnaissance plantes hôtes potentielles de *Xylella fastidiosa* subsp. *Multiplex* en France, surveillance biologique du territoire (SBT) dans le domaine végétal, symptôme d'une infection de *Xylella fastidiosa* subsp. *Multiplex* sur *Polygala myrtifolia* – 1ère édition.
- Keita, S.M., Amason, J.T., Baum, B.R., Marles, R., Camara, F., Traore, A.K., 1999** : étude ethnopharmacologique traditionnelle de quelques plantes médicinales anthelminthiques de la Haute-Guinée (République de Guinée). Rev. Med. Pharm. Afr. 13, pp :49–64.
- Keita M.S., Vincent C., Schmidt J. P., Rammaswany S., Belanger A., 2000** : Effect of various essential oils on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of stored products Research*. 36, pp 355-364.

- Ketoh G.K., Glitho I.A., Nuto Y., Koumaglo H.K., 1998** : Effets de six huiles essentielles sur les oeufs et les larves de *Callosobruchus maculatus* F. (Coléoptera : bruchidae). *Sciences et médecine* Revue Cames, Vol. 00 , pp : 16-20.
- Kim S. I., Park, C., Ohh M. H., Cho H. C., & Ahn Y. J., 2003** : Contact and fumigant activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae). *Journal of Stored Products Research*, 39(1), pp :11-19.
- Kouninki H., Hance T., Noudjou F.E., Lognay G., Malaisse F., Ngassoum M.B., Mapongmetsem P.M., Ngamo L.S.T. and Haubruge E., 2007** : Toxicity of some *terpenoids* of essential oils of *Xylopiya aethiopica* from Cameroon against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Journal of Applied Entomology*, document online, p 8.
- Kumar R., 1991** : La lutte contre les insectes ravageurs. La situation de l'agriculture africaine. Editions Karthala et CTA, Pays-Bas, Paris, 310 P.
- Lavalette M., 2013.** Les insectes: une nouvelle ressource en protéines pour l'alimentation humaine. Thèse de doctorat d'état, Université de Lorraine, France, p 95.
- 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: pp : 1-824. [<http://www.biodiversitylibrary.org/item/10277>].
- Liu Z.L., et Ho, S, H.,1999** : Bioactivity of the essential oil extracted from *Evodia rutaecarpa* Hook f. et Thomas against the grain storage insects, *Sitophilus zeamais* Motsch. and *Tribolium castaneum* (Herbst). *J. Stored Prod. Res.* 35,pp : 317-328.
- Macchioni F., Cioni PL., Flamini G., Morelli I., Perrucci S., Franceschi A., Macchioni G., Ceccarini L., 2002** : Acaricidal activity of pine essential oils and their main components against *tyrophagus putrescentiae*, a stored food mite. *J. Agric. Food chem.* 50(16) pp : 4586–88.
- Macchioni F., Cioni PL., Flamini G., Morelli I., Maccioni S., et Ansaldi M., 2003** : Chemical composition of essential oils from needles, branches and cones of *pinus pinea*, *p. Halepensis*, *p. Pinaster* and *p. Nigra* from central Italy. *Flavour and fragrance journal.* 18(2) pp : 139–143
- Maestre F., Cortina J., Bautista S., et Bellot J., 2003** : Does *pinus halepensis* facilitate the establishment of shrubs in mediterranean semi-arid Afforestations? *Forest ecology and management*, 176, pp : 147-160.
- Messaoudene h., Mouhou N., 2017** : Etude de la toxicité des huiles essentielles contre les ravageurs des denrées stockées, Mémoire de Master, Univ: Abderrahmane MIR-Bejaia, p 35.
- Milpied H., 2009** : *Progrès en dermato-allergologie: Bordeaux* John Libbey Eurotext , France p 391.

## Références bibliographiques

---

- Mohammedi Z., 2006.** Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles Essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen. Mémoire Mag. En biologie option: produits naturels, activités biologiques et synthèse, université Tlemcen, Algérie p 105.
- Montero G., Canellas I, et Ruis-Peinado R., 2001 :** Growth and yield models for *pinus halepensis* mill. *Invesigation Agraria : Sistemas y Recursos Forestales*, 10 (1) p 24.
- Nahal I., 1962 :** "Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill). Etude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole." *Annales de l'Ecole nationale des eaux et forêts et de la Station de recherches et expériences* 19.4 pp : 208,533,627.
- Naganuma M., Hirose S., Nakayama Y., Nakajima K. et Someya T.,1985 :**A study of the phototoxicity of lemon oil. *arch. dermatol. res.* 278, 31-36.
- Ndomo A. F., Tapondjou A.L., Tendonkeng F., et Tchouanguép F. M., 2009 :** Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae). *Tropicultura*, 2009, 27, 3, 137-143.68 p.
- Ngamo T.L., Goudoum A., ngassoum m.b., Ngassoum M., Lognay G., malaisse f., etHance T., 2007 :** Chronic toxicity of essential oils of 3 local aromatic plants towards *Sitophilus zeamais*. *Motsch. (Coléoptera: Curculionidae)*. *African Journal of Agricultural Research*. 2(4), pp :164-167.
- Nondenot A L R., Seri-Kouassi B PH., etKoua HK., 2010 :** Insecticidal Activity of Essential Oils from Three Aromatic Plants on *Callosobruchus Maculatus* F. in Cote d'ivoire. *European journal of scientific research* ISSN 1450- 216X. vol.39 No.2.243.INC.
- O'Kelly E., 1983 :** Traitement et stockage des céréales vivrières par les ménages ruraux. Rome, Food et Agriculture Org p 134.
- Ozenda P., 2006** « les vegetaux ; organisation et diversite biologique », ed. Dunod, 2<sup>eme</sup> ed, paris, p 516.
- Pardé J., 1957 :** La productivité des forets de pin d'Alep en France. *Annales de L'école nationale des eaux et forets*, t. Xv, fasc. 2 pp : 365-414.
- Perrier R., 1961 :** Faune de France. fasc. 6. Coléoptères, deuxième partie. 2<sup>e</sup>me Librairie Delagrave, 224 p.
- Porter N., 2001** Essential oils and their production. *Crop et food research*. Number p 39.
- Prates H.T., Santos J.P., Waquil J. M.,Fabris, J. D., Oliveira A. B., etFoster J., 1998 :** Insecticidal activity of *monoterpenes* against *Rhyzopertha dominica* (F) and *Tribolium castaneum* (H). *The Journal of Stored Products Research*, (34) pp : 243-249.

## Références bibliographiques

---

- Quezel P., et Santa S., 1963** : nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome ii. Préface du pr l. Embeger. Edition du centre national de la recherche scientifique. 15, quai anatole- france- paris 7.
- Quézel P., 1986** : Les pins du groupe «Halepensis»: écologie, végétation, écophysologie. *Options méditerranéennes*, pp : 11-24.
- Quezel P., Barbero M., et Benabid A., 1987** : Contribution a l'étude des Groupements forestiers et pré-forestiers du haut atlas oriental (Maroc). *EcologiaMediterranea*. Tome 13(1-2) pp : 107-113.
- Rai M.K., Acharya D., et Wadegaonkar P., 2003** :Plant derivedantimycotics: potential of asteraceous plants, in: plant-derived antimycotics: current trends and future prospects. Haworth press, n-york, london, oxford, pp : 165- 185.
- Rajashekar Y., Gunasekaran N., Shivanandappa T., 2010** :Insecticidal activity of the root extract of Decalepis hamiltoniagainst stored product insect pests and its application in grain protection. *J Food Sci Technol* 47 : pp : 310–314.
- Rameau J.C., Mansion D., Dume G., Gauberville C., Bardat J., Bruno E., et KellerR., 2008** : « flore forestiere française. Guide écologique illustre, region mediterraneenne ». Ed. Foret privee française, tom 3, paris 2426 p.
- Rathgeber C., 2006** : Impact des changements climatiques et de l'augmentation du taux de CO2 atmosphérique sur la productivité des écosystèmes forestiers: exemple du pin d'Alep (*Pinus halepensis Mill.*) en Provence calcaire (France) (Doctoral dissertation, Atelier national de reproduction des thèses) 312p.
- Relinger L.M., Zettler J.L., Davis R. &Simonaitis R.A., 1988** :Evaluation of pirimiphos methyl as a protectant for export grain. *Journal of Economic Entomology*, 81, pp : 718-721.
- Richter G., 1993** : Metabolisme des vegetaux. Physiologie et biochimie. Ed. P.p.u.r P 526.
- Roux D., et Catier O., 2007** : « botanique pharmacognosie phytothérapie », ed.Walters kluwer, 3eme édition, France 141 p.
- Sahaf B. Z., Moharramipour S.,Meshkatalasadat M.H., 2007** : Chemical constituents and fumigant toxicity of essential oil from *Carum copticum* against two stored product beetles. *Insect Science*, 14(3) pp :213-218.
- Sanon A., Garba M., Auger J. E., et Huignard J.,2002** :Analysis of the insecticidal activity of methylisothiocyanate on *Callosobruchus maculatus* (F.)(Coleoptera: Bruchidae) and its parasitoid



## Références bibliographiques

---

Dinarmus basalis (Rondani)(Hymenoptera: Pteromalidae). *Journal of Stored Products Research*, 38(2), pp :129-138.

**Sanon A., Ouedraogo A., Tricault Y., Credland P. F., etHuignard J., 1999:** Biological control of bruchids in cowpea stores by release of *Dinarmus basalis* (Hymenoptera :Pteromalidae) adults. *Environ. Entomol.* 27, pp : 717 – 725.

**SeckD., 2009 :** stockage, conservation et transformation des récoltes en zones tropicales. Notes de cours.

**Seigue A, 1985 :** La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes Techniques agricoles et production méditerranéennes. Maison neuve et Larose Edition, Paris 502 p.

**Seladji D., 2014:** compositions chimiques, propriétés antimicrobiennes et antioxydantes des huiles essentielles des racines de trois pinaceae d'Algérie, université abou bekr belkaïd de Tlemcen, p 33.

**Seu-Saberno, M et Blakeway J., 1984 :** «*la mouse de chene, une base de la parfumerie* », pour la science, edition française de scientific american.

**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.

**Shahein a., 1991 :**Suscebility of some stored product insects to high and two temperatures. *Zagazig. J. Agri. Res. Egypt.* Vol 18(2) pp : 77- 584.

**Siddiqui m.a., Khalid M., Akhtar J., Siddiqui H.H., Baadruddeen., Usma A., Farah A.H., Khan M M., Mohammed Aet Asad A., 2016:** *lavandula stoechas* (ustukhuddus): une plante miracle. Faculte de pharmacie. Universite integrale. Dasauli. Kursi road. Lucknow (up) 226026.

**Silue S., Jacquemin J. M. et Baudoin J. P., 2010 :** Utilisation des mutations induites pour l'étude de l'embryogenèse chez le haricot *Phaseolus vulgaris* L. et deux plantes modèles, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. et *Zea mays* L. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2011.15(1), p 195-205.

**SINGH D., et Agarwals S.K, 1988 :**Himachalal and B. himachalene insecticidal principals of Himalaya cedar wood oil. *Journal of Chimical Ecologie*.14, pp : 1145 – 1151.

**Souleres G, 1969 :** Le pin d'Alep en Tunisie : annales de l'Inst. Nat. Rech. Forest.Tunisie.Vol 2.Fasc.1 p 126.

**Tajkarimi M., Ibrahim S., et Cliver D., 2010 :**Antimicrobial herb & spice compounds in food. *Food control.* Vol 21: 1199-1218.

- Tazerouti F., Badjah-Hadj-Ahmed A.Y., Meklati B.Y., Favre-Bonvin J., Bobenrieth M.J., 1993** : Analyse des huiles essentielles des aiguilles de *pinus halepensis* mill. Par c.g.-s.m. *Plantes medicinales et phytothérapie*. 26(3) pp : 161–176
- Teuscher E., Anton R., Lobstein A., 2005** : Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Paris, lavoisier, 522 p.
- Tumen I., Hafizoglu H., Kilic A., Dönmez I.E., Sivrikaya H., Reunanen M., 2010** : Yields and constituents of essential oil from cones of *pinaceae* spp. Natively grown in turkey. *Molecules*. 15 pp : 5797–5806.
- Tunç I., Berger B. M., Erler F., et Dagli F., 2000** : Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored-product insects. *J. Stored Prod.Res*, 36 : pp 161-168.
- Upton T, et Andrews S., 2004** : *The genus lavandula*. Portland and oregon, Usa: timber press. 442p.
- Upton T. M., Grayer R. J., Greenham J. R., Williams C. A., Al-Ghamdi F., et Chen F.H., 2000**: leaf favonoids as systematic characters in the genera *lavandula* and *sabaudia*. *Biochemicals systematics and ecology*. N. 28, pp : 991-1007.
- Ustun, O., Senol, F. S., Kurkcuoglu, M., Orhan, I. E., Kartal, M., & Baser, K. H. C., 2012** : Investigation on chemical composition, anticholinesterase and antioxidant activities of extracts and essential oils of Turkish *Pinus* species and pycnogenol. *Industrial crops and products*, 38, pp :115-123.
- Vandeborghet T. et Baudoin J. P., 1998** : La collection de base des espèces sauvages de *Phaseolus* et *Vigna* : historique, gestion et conservation. *Biotechnol.Agron. Soc. Environ.* 1998 2 (1),pp :27-35.
- Veldkamp T, 2012** :Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study. 2012.
- While et Jayas., 1996**: La lute physique en phytoprotection.
- 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.
- Wiesenfeld E., 1999** :Aroma profiles of various *lavandula* species. *ScientificInstrument services*, pp : 7-12.
- Yang S. S., Brandon A. M., Flanagan J. C. A., Yang J., Ning D., Cai S. Y., Ren N. Q., 2018** :Biodegradation of polystyrene wastes in yellow mealworms (larvae of *Tenebrio molitor Linnaeus*): Factors affecting biodegradation rates and the ability of polystyrene-fed larvae to complete their life cycle. *Chemosphere* 191pp : 979-989.

## Références bibliographiques

---

**Zafra M., et Garcia-Peregrin E., 1976** : Seasonal variations in the composition of *pinus halepensis* and *pinus sylvestris* twigs and needles essential oil. *The journal of agricultural science*. 86: p 16.

**Zegga S, et Tirchi N, 2001** : Activité biologique de quatre plantes sur la bruche du pois – chiche. *C. maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae), 54 p.

### Site web

#### **Web1**

<http://www.freenatureimages.eu/animals/Coleoptera%2C%20Kevers%2C%20Beetles/Tenebrio%20molitor%2C%20Yellow%20Mealworm/Tenebrio%20molitor%201%2C%20Meeltor%2C%20also%20larva%20and%20pupa%2C%20Saxifraga-Frits%20Bink.jpg>

#### **Web2**

Gouvernement du Canada C canadienne des grains. Ténébrion meunier - *Tenebrio molitor*L.- Insecte ravageur secondaire [Internet]. 2013 [cité 28 janv 2019]. Disponible sur: <https://www.grainscanada.gc.ca/storage-entrepote/sip-irs/ymw-tm-fra.htm>

#### **Web 3**

Thomas.Fiched'élevageduTenebriomolitor,leverdefarine[Internet].Arthropodus.2015 [cité 1 avr 2019]. Disponible sur: <https://arthropodus.com/2015/04/11/fiche-d-elevage-du-tenebrio-molitor-le-ver-de-farine/>

#### **Web4**

Elevage Vers de Farine Ténébrions [Internet]. [cité 1 avr 2019]. Disponible sur: <http://www.insectes.org/elevage/vers-de-farine-tenebrions.html>

#### **Web 05**

CONNAISSEZ-VOUS VRAIMENT LE TENEBRIO MOLITOR

<https://www.nirleem.com/fr/blog/post/connaissez-vous-vraiment-le-tenebrio-molitor-.html>