



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون

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

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences Biologiques



# Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine Des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biotechnologie et protection des végétaux

## Thème

**Evaluation de l'effet insecticide de deux huiles essentielles formulées  
(*Thymus pallescens* Noé et *Artemisia herba alba* Asso) sur les adultes  
*Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) et *Rhyzopertha  
dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae).**

Présenté par : **KERMICHE Fattoum**

Devant le jury :

**Président:** M<sup>me</sup> MELOUANI.N. MAB (Univ Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A).

**Encadrant :** M<sup>f</sup> MOUTASSEM.D. MAA (Univ Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A).

**Examineur :** M<sup>me</sup> ZIOUCHE.S. MAA (Univ Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A).

Année universitaire : 2016/2017

# REMERCIEMENTS

*Je remercie tout d'abord, ALLAH le tout puissant de m'avoir donnée le courage et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*Je tiens à exprimer mes sincères remerciements et ma profonde gratitude à mon promoteur Mr. Moutassem Djamel qui m'a honorée en acceptant de diriger ce travail, je lui exprime mes sentiments de reconnaissances les plus sincères pour sa précieuse aide, ses encouragements et ses conseils.*

*Mes remerciements les plus sincères s'adressent à Mme MELOUANI Naziha d'avoir accepté de présider le jury de mon mémoire.*

*Mes vifs remerciements vont également à Mme ZIOUCHE Sihem pour l'honneur qu'il m'a accordé, d'avoir accepté d'examiner ce travail, Veuillez trouver ici le témoignage de mon respect le plus profond.*

*Une pensée toute particulière à Mlle BAALI Faiza qui n'a cessé de me guider lors de ce travail, je la remercie du fond du cœur.*

*J'exprime ma profonde gratitude et mes remerciements à toute l'équipe de la coopérative des céréales et des légumes secs (CCLs) de la wilaya de Bordj bouarreridj pour ses précieuses aides en particulier Mr Belgassem.*

*Je n'oublie pas de remercier les membres de l'équipe laborantine, Mme GUAHAFFIF Ouahiba et Mr REBAI Khalil pour leur aide, ainsi qu'à tous nos collègues de la promotion 2016-2017.*

*Je profite de l'occasion pour remercier tous mes proches et amis (es), qui m'ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire. Merci à toutes et à tous.*

# DEDICACES

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,*

*L'amour, le respect, la reconnaissance...*

*Tous simplement que je dédie ce mémoire de fin d'étude à :*

*Mes très chers parents, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Merci pour les encouragements et le soutien dont vous avez fait preuve à mon égard en tout temps et en toute circonstance.*

*Je mets entre vos mains le fruit de longues années d'études et de longs jours d'apprentissage. Chaque ligne de ce mémoire, chaque mot et chaque lettre vous exprime la reconnaissance, le respect, l'estime et le merci d'être mes parents.*

*À mes chers frères et sœurs ainsi qu'à mes beaux-frères pour leur complicité et leur présence.*

*À mes chers petits neveux et nièces : Wissem Eddine, Youssef, seif Eddine, Farah, Cherifa et Malek.*

*En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passé ensemble, je vous dédie ce travail à vous mes chéries Hanane et Imene.*

*À tous ceux qui ont su m'apporter l'aide et le soutien aux moments propices.*

*Fattoum*

## Résumé

### **Evaluation de l'effet insecticide de deux huiles essentielles formulées (*Thymus pallescens* Noé et *Artemisia herba alba* Asso) sur les adultes *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) et *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae).**

Les grains de céréales constituent la principale ressource alimentaire de l'homme. Les insectes sont les principaux agents biologiques responsables de leur détérioration dans les lieux de stockage. Notre objectif est l'étude du pouvoir insecticide par contact et par ingestion des huiles essentielles de *Thymus pallescens* Noé et d'*Artemisia herba alba* Asso sur les adultes de *Sitophilus granarius* (L.) et *Rhyzopertha dominica* (F.). Les résultats obtenus montrent que les deux huiles essentielles possèdent une remarquable propriété adulticide sur les deux insectes, cela est proportionnelle avec la dose et le temps. L'activité du thym sur *Rhyzopertha dominica* par contact, varie entre 53,33% et 66,67% et de 16,67 à 98,33% par ingestion. Par ailleurs, l'huile d'*Artemisia* a enregistré un taux de mortalité allant de 57,63% jusqu'à 96,67 par contact et de 26,67 à 63,33% par ingestion. En revanche, l'effet du thym par effet contact vis-à-vis *Sitophilus granarius* à indiqué une mortalité qui varie de 61,67% à 83,33% par contact et de 18,33% à 60% par ingestion. L'huile d'*Artemisia*, a entraînée une mortalité allant de 63,33% à 100% par contact et de 15% à 60% par ingestion, de la plus faible dose à la plus forte dose. A cet effet, la dose D3 correspond à 20000 ppm montre la plus grande efficacité et avec un temps d'exposition courts. Les huiles de thym et d'armoise montrent la plus grande efficacité par contact que par ingestion, dont le thym a indiqué une DL<sub>5</sub> de 8392,661ppm pour *Rhyzopertha dominica* et 7392,014 ppm pour *Sitophilus granarius*, concernant l'huile d'*Artemisia*, on a obtenu des DL<sub>50</sub> de 9246,012 ppm pour *Rhyzopertha dominica* et 8508,433 ppm pour *Sitophilus granarius*.

**Mots clés :** pouvoir insecticide, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica*, Huile essentielle, *Thymus pallescens* Noé, *Artemisia herba alba* Asso, DL<sub>50</sub>.

# SOMMAIRE

## RESUME

## REMERCIEMENTS

## LISTE DES ABREVIATIONS

## LISTE DES FIGURES

## LISTE DE TABLEAUX

## INTRODUCTION GENERALE..... 1

### CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Production et importance des céréales .....	3
1.1. Dans le monde.....	3
1.2. En Algérie .....	4
2. Stockage des céréales.....	5
2.1. Les différentes méthodes de stockage des céréales .....	5
2.1.1. Stockage en silos .....	5
2.1.2. Stockage en vrac .....	5
2.1.3. Le stockage en sac .....	5
2.2. Les facteurs d'altération des grains pendant le stockage des céréales .....	6
2.2.1. Facteur abiotique .....	6
a. La température.....	6
b. L'humidité.....	7
c. Durée de stockage.....	7
2.2.2. Facteur biotique.....	7
a. Altérations d'origine enzymatique.....	7
b. Altérations d'origine biologique.....	7
3. Les principaux insectes ravageurs des denrées stockées.....	7
3.1. Description et biologie de deux espèces des coleoptères des denrées stockées.....	8
3.1.1. <i>Sitophilus granarius</i> (L.).....	8
3.1.1.1. Position systématique.....	9
3.1.1.2. La biologie de <i>Sitophilus granarius</i> (L.).....	9
3.1.2. <i>Rhyzopertha dominica</i> (F.).....	9
3.1.2.1. Position systématique .....	10

3.1.2.2. La biologie de <i>Rhyzopertha dominica</i> (F.).....	10
3.2. Les dégâts causés par les ravageurs .....	11
4. Méthodes de lutte disponibles contre les ravageurs des denrées stockées.....	11
4.1. Lutte préventive.....	12
4.1.1. Nettoyage des locaux.....	12
4.1.2. Nettoyage des grains.....	12
4.2. La lutte curative.....	12
4.2.1. La lutte chimique.....	12
4.2.1.1. Traitement par contact.....	12
4.2.1.2. Traitement par fumigation .....	12
4.3. Les alternatives de la lutte chimique .....	13
4.3.1. Lutte physique.....	13
4.3.2. Lutte mécanique.....	13
4.3.3. La lutte biologique .....	13
4.3.4. Les phytopesticides .....	14

## **CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES**

1. Matériel biologique .....	15
2. Matériel végétal .....	15
2.1. Description botanique et classification de l'espèce <i>Thymus palleescens</i> Noé.....	16
2.2. Description botanique et classification de l'espèce <i>Artemisia herba-alba</i> Asso.....	16
2.3. Description botanique et classification de blé tendre <i>Triticum aestivum</i> L.....	17
3. préparation de matériel végétal.....	18
3.1. Extraction et calcul du rendement des huiles essentielles.....	18
3.2. Analyse de la composition chimique des huiles essentielles.....	19
4. Tests biologiques .....	20
4.1. Formulation des huiles essentielles.....	20
4.2. Évaluation de l'effet insecticide des huiles essentielles formulées.....	20
4.2.1. Par contact.....	20
4.2.1. Par ingestion .....	20
5. Expression des résultats .....	21
6. Analyse statistique.....	22

## CHAPITRE III : RESULTATAS ET DISCUSSIONS

1. Résultats.....	23
1.1. Rendement en huiles essentielles des plantes testées.....	23
1.2. Effet des huiles essentielles testées sur la mortalité des adultes de <i>Rhyzopertha dominica</i> et <i>Sitophilus granarius</i> .....	23
1.2.1. Effet de la toxicité de l'huile essentielle de <i>Thymus palleescens</i> vis-à-vis <i>Rhyzopertha dominica</i> .....	23
1.2.1.1. Test par contact .....	23
1.2.1.2. Test par ingestion .....	24
1.2.2. Effet de la toxicité de l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba alba</i> vis-à-vis <i>Rhyzopertha dominica</i> .....	25
1.2.2.1. Test par contact.....	25
1.2.2.2. Test par ingestion.....	26
1.2.3. Effet de la toxicité de l'huile essentielle de <i>Thymus palleescens</i> vis-à-vis <i>Sitophilus granarius</i> .....	27
1.2.3.1. Test par contact .....	27
1.2.3.2. Test par ingestion .....	29
1.2.4. Effet de la toxicité de l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba alba</i> vis-à-vis <i>Sitophilus granarius</i> .....	30
1.2.4.1. Test par contact.....	30
1.2.4.2. Test par ingestion.....	31
1.3. Détermination de la DL <sub>50</sub> par contact et par ingestion après 24h d'exposition aux huiles essentielles formulées.....	32
2. Discussion générale.....	33
2.1. Rendement et composition chimique des huiles essentielles des deux plantes étudiées.....	33
2.2. Évaluation de l'effet insecticide des huiles essentielles étudiées.....	34
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>43</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	
<b>ANNEXES</b>	

## LISTE DES ABREVIATIONS

**Mt** : Million de tonne.

**q/h** : quintaux par hectare.

**OAIC** : Office Algérien interprofessionnel des céréales.

**CCLs** : Coopération des Céréales et des Légumes secs.

**BBA**: Bordj Bou Arreridj.

**%** : Pourcentage.

**h** : Heure.

**MC** : Mortalité Corrigé.

**DL<sub>50</sub>**: Dose Létale 50% de population.

**ANOVA**: Analysis of variance.

**D** : Dose.

**ET** : Ecart- Type.

**P**: Probabilité.

**ppm** : particules par million.

**HE** : Huile Essentielle.



## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.</b> Principaux pays producteurs de céréales dans le monde .....	03
<b>Figure 2.</b> Evolution de la production céréalière nationale 2000-2014.....	04
<b>Figure 3.</b> Lieu de stockage des céréales .....	06
<b>Figure 4.</b> Œuf, larve, nymphe, adulte de <i>Sitophilus granarius</i> .....	08
<b>Figure 5.</b> Œuf, larve, nymphe, adulte de <i>Rhyzopertha dominica</i> .....	10
<b>Figure 6.</b> Dégâts causés par les insectes sur les grains de blé.....	11
<b>Figure 7.</b> Échantillonnage des insectes .....	15
<b>Figure 8.</b> Plante du thym ( <i>Thymus Pallescens</i> Noé) et <i>Artemisia herba alba</i> Asso....	16
<b>Figure 9.</b> Appareillage de l'hydrodistillation de type <i>Clevenger</i> .....	18
<b>Figure 10.</b> Application de l'huile essentielle formulée d' <i>Artemisia herba alba</i> par contact direct sur <i>Sitophilus granarius</i> .....	20
<b>Figure 11.</b> Application de l'huile essentielle formulée d' <i>Artemisia herba alba</i> Asso par ingestion .....	21
<b>Figure 12.</b> Boîte de pétri contenant des insectes morts après 24h d'exposition au traitement .....	22
<b>Figure 13.</b> Variation des taux de mortalité des adultes <i>Rhyzopertha dominica</i> exposés à différentes doses d'huile essentielle <i>Thymus pallescens</i> par contact.....	24
<b>Figure 14.</b> Variation des taux de mortalité des adultes <i>Rhyzopertha dominica</i> exposés à différentes doses d'huile essentielle <i>Thymus pallescens</i> par ingestion.....	25
<b>Figure 15.</b> Variation des taux de mortalité des adultes <i>Rhyzopertha dominica</i> exposés à différentes doses d'huile essentielle <i>Artemisia herba alba</i> Asso par contact.....	26
<b>Figure 16.</b> Variation des taux de mortalité des adultes <i>Rhyzopertha dominica</i> exposés à différentes doses d'huile essentielle <i>Artemisia herba alba</i> Asso par ingestion.....	27
<b>Figure 17.</b> Variation des taux de mortalité des adultes <i>Sitophilus granarius</i> exposés à différentes doses d'huile essentielle <i>Thymus pallescens</i> par contact.....	28
<b>Figure 18.</b> Variation des taux de mortalité des adultes <i>Sitophilus granarius</i> exposés à différentes doses d'huile essentielle <i>Thymus pallescens</i> par ingestion.....	29
<b>Figure 19.</b> Variation des taux de mortalité des adultes <i>Sitophilus granarius</i> exposés à différentes doses d'huile essentielle <i>Artemisia herba alba</i> par contact.....	30
<b>Figure 20.</b> Variation des taux de mortalité des adultes <i>Sitophilus granarius</i> exposés à différentes doses d'huile essentielle d' <i>Artemisia herba Alba</i> par ingestion.....	31

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.</b> Estimation sur la production mondiale de céréales 2014-2017.....	04
<b>Tableau 2.</b> Position systématique de <i>Sitophilus granarius</i> (L.).....	09
<b>Tableau 3.</b> Position systématique de <i>Rhyzopertha dominica</i> (F.).....	10
<b>Tableau 4.</b> Classification des plantes testées .....	17
<b>Tableau 5.</b> Classification de <i>Triticum aestivum</i> L .....	17
<b>Tableau 6.</b> Les composés majoritaires de l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba alba</i> Asso .....	19
<b>Tableau 7.</b> Les Composés majoritaires de l'huile essentielle de <i>Thymus pallescens</i> Noé.....	19
<b>Tableau 8.</b> Rendement et couleur des huiles essentielles de <i>Thymus pallescens</i> de Noé et d' <i>Artemisia herba alba</i> Asso .....	23
<b>Tableau 9.</b> Analyse de la variance à deux critères de classification au seuil 5 % pour le taux de mortalité des adultes <i>Rhyzopertha dominica</i> traités avec d'huile essentielle <i>Thymus pallescens</i> par contact.....	24
<b>Tableau 10.</b> Analyse de la variance à deux critères de classification au seuil 5 % pour le taux de mortalité des adultes <i>Rhyzopertha dominica</i> traités avec d'huile essentielle <i>Thymus pallescens</i> par ingestion.....	25
<b>Tableau 11.</b> Analyse de la variance à deux critères de classification au seuil 5 % pour le taux de mortalité des adultes <i>Rhyzopertha dominica</i> traités avec d'huile essentielle <i>Artemisia herba alba</i> Asso par contact.....	26
<b>Tableau 12.</b> Analyse de la variance à deux critères de classification au seuil 5 % pour le taux de mortalité des adultes <i>Rhyzopertha dominica</i> traités avec d'huile essentielle <i>Artemisia herba alba</i> Asso par ingestion. ....	27
<b>Tableau 13.</b> Analyse de la variance à deux critères de classification au seuil 5 % pour le taux de mortalité des adultes <i>Sitophilus granarius</i> traités avec d'huile essentielle <i>Thymus pallescens</i> par contact.....	29
<b>Tableau 14.</b> Analyse de la variance à deux critères de classification au seuil 5 % pour le taux de mortalité des adultes <i>Sitophilus granarius</i> traités avec d'huile essentielle <i>Thymus pallescens</i> par ingestion.....	30

<b>Tableau 15.</b> Analyse de la variance à deux critères de classification au seuil 5 % pour le taux de mortalité des adultes <i>Sitophilus granarius</i> traités avec d'huile essentielle <i>Artemisia herba alba</i> Asso par contact.....	31
<b>Tableau 16.</b> Analyse de la variance à deux critères de classification au seuil 5 % pour le taux de mortalité des adultes <i>Sitophilus granarius</i> traités avec d'huile essentielle <i>Artemisia herba alba</i> Asso par ingestion.....	32
<b>Tableau 17.</b> Les valeurs des DL <sub>50</sub> des huiles essentielles testées par contact et par ingestion pour chaque espèce étudiée.....	33

## Introduction générale

---

Les céréales représentent une ressource importante assurant aussi bien pour la consommation humaine et l'alimentation du bétail. Elles tiennent la première place quant à l'occupation des surfaces agricoles, dont 70 % de ces terres agricoles mondiales sont emblavées en céréales (Riley et *al.*, 2009).

En Algérie, les produits céréaliers occupent également une place stratégique dans le système alimentaire (Doukani et *al.*, 2013) et dans l'économie nationale (Djermoun, 2009). Cependant, la production de cette culture est saisonnière, n'est récoltée qu'une seule fois par an. Pour garantir la sécurité alimentaire nationale en matière de céréales, les récoltes doivent être stockées dans des entrepôts durant des périodes variables, allant de quelques jours à plus d'un an (Proctor, 1994). De ce fait, le stockage est un moyen d'assurer le lien entre la récolte intervenant une fois dans l'année et la consommation qui est permanente et obligatoire (Waongo et *al.*, 2013).

Malheureusement, au cours du stockage, les céréales subissent des altérations diverses, d'ordre abiotique, biotique, et biologique (Caid et *al.*, 2008). Les insectes sont les principaux agents biologiques responsables des pertes de ces denrées, dont les dégâts peuvent atteindre jusqu'à 10% à l'échelle mondiale (De Carvalho et *al.*, 2013), et plus de 50% dans les pays en voie de développement (Brader et *al.*, 2002). Parmi ces insectes, nous citons *Rhyzopertha dominica* Fab, (Coleoptera: Bostrichidae) (Edde, 2012), et *Sitophilus granarius* L, (Coleoptera: Curculionidae) (Reichmuth et *al.*, 2007). Les dommages causés par ces ravageurs se traduisent par la diminution du poids et de qualité des produits (Rajendran, 2002), la baisse du pouvoir germinatif (Dabiré et *al.*, 2008), la perte de leur valeur commerciale et de la viabilité des semences (Dal et *al.*, 2001).

Face à ces pertes post-récolte, différentes méthodes de lutte ont été mises au point. Il s'agit entre autres, de la lutte physique, mécanique, biologique, et de la lutte chimique. Cette dernière est la méthode la plus répandue en utilisant des insecticides chimiques, cependant les applications de ces produits posent de sérieux problèmes pour la santé humaine (Dauguet et *al.*, 2006), pour les écosystèmes, ainsi que la résistance accrue des ravageurs à ces insecticides (Benhalima et *al.*, 2004).

La résistance des insectes aux différents insecticides a été signalée par beaucoup d'insectes y compris *Rhyzopertha dominica* (F.), *Sitophilus oryzae* (F.), *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) et *Tribolium castaneum* (Herbst) contre le malathion, pirimiphos-méthyl, fenitrothion et phosphine (Pacheco et *al.*, 1990; Sartori et *al.*, 1990).

## Introduction générale

---

En raison des effets néfastes sur la santé humaine et la grande persistance des pesticides dans l'environnement associés au développement de la résistance aux insectes et à l'impact de ces produits sur les insectes utiles, il fallait rechercher des alternatives efficaces et moins coûteuses. Les biopesticides, y compris les insecticides botaniques, ont été explorés comme des agents de lutte antiparasitaire (Spit *et al.*, 2012).

Dans l'optique de réduire les pertes post-récoltes tout en préservant l'environnement, et la santé humaine, plusieurs travaux sont orientés vers la mise au point d'insecticides à base de plantes aromatiques. Les huiles essentielles ont fait l'objet de nombreuses recherches en vue de réduire les pertes occasionnées par les insectes ravageurs des graines stockés par leurs effets insecticides (Kellouche et Soltani, 2004).

L'objectif principal de ce travail consiste à évaluer *in vitro* l'efficacité insecticide par contact et ingestion de deux huiles essentielles formulées *Thymus palleescens* Noé et *Artemisia herba alba* Asso sur le stade adulte des deux insectes des denrées stockées : « *Sitophilus granarius* » et « *Ryzopertha dominica* ».

Cette étude est organisée en trois chapitres :

- ❖ Le premier chapitre comporte des données bibliographiques sur l'importance des céréales, les différentes méthodes de leur stockage, la biologie des insectes et les principales méthodes de lutte utilisées contre ces ravageurs.
- ❖ Le second chapitre présente les matériels et méthodes utilisés.
- ❖ Le troisième chapitre porte sur les résultats obtenus et discussion.

Enfin, nous terminons la présente étude par une conclusion générale et des perspectives de recherche.

## 1. Production et importance des céréales

### 1.1. Dans le monde

Les céréales comptent parmi les cultures vivrières à importance économique mondiale. Le blé, le maïs et le riz occupent la position la plus éminente avec 58 % des cultures annuelles en termes de superficie et de production (Fischer et al., 2009).

La Chine est le 1er producteur mondial des céréales (20% du total mondial) avec une production de 492 Millions de tonnes, les Etats Unis occupent la deuxième position, avec un taux de 16%, l'Union européenne (UE) vient en troisième position avec un taux de 11%, par contre l'Inde arrive en quatrième place, avec 10% du total mondial, les autres principaux pays producteurs de céréales sont les pays de la mer noire (Russie) et certains pays d'Amérique de sud (Brésil) (Barbaud et Waton, 2016).

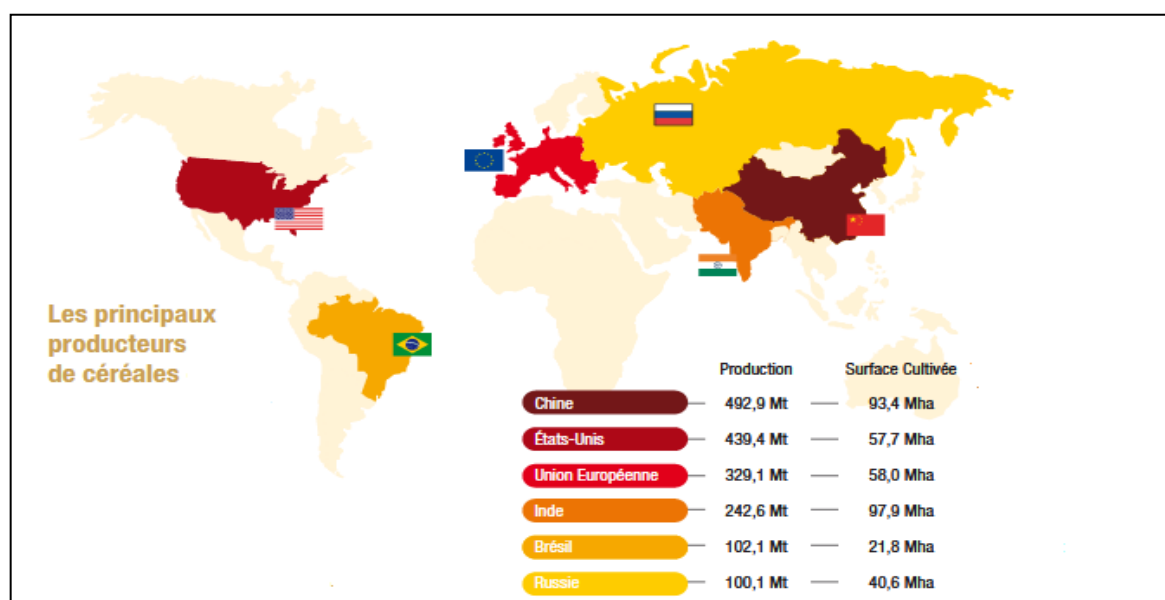


Figure 1. Principaux pays producteurs de céréales dans le monde (USDA, campagne 2014/2015 In : Gleizes, 2016).

La production céréalière mondiale de la campagne 2016/17 au cours du mois de mars est en hausse de 4 millions de tonnes par rapport au mois de février de la même année, atteignant 2.106 Mt. Quant à la consommation et aux stocks de report, ont tendance à la hausse, soit 2072 Mt et 513 Mt respectivement (igc, 2017).

Tableau 1. Estimation sur la production mondiale de céréales 2014-2017 (igc, 2017).

	14/15	15/16	16/17	23.02	23.03
<b>Production</b>	<b>2049</b>	<b>2007</b>	<b>2102</b>	<b>2106</b>	<b>2106</b>
<b>Consommation</b>	<b>2008</b>	<b>1984</b>	<b>2069</b>	<b>2069</b>	<b>2072</b>
<b>Stocks de report</b>	<b>457</b>	<b>479</b>	<b>508</b>	<b>508</b>	<b>513</b>

1.2. En Algérie

En Algérie, la filière céréalière constitue une des principales filières de la production agricole (Djermoun, 2009). La production des céréales, jachère comprise, occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays, dont le blé, occupe une place stratégique dans le système alimentaire (Doukani et al., 2013) et dans l'économie nationale (Djermoun, 2009).

En moyenne 2000-2014, la production s'est établie à 3,69 millions de tonnes. La figure (2.) montre une très forte variabilité interannuelle de celle-ci : entre un minimum de 0,93 millions de tonnes en 2000 avec un rendement de 9 q/ha moissonné et un « record » de 6,12 millions tonnes en 2009 avec un rendement de 15 q/ha. Cette production reste insuffisante et ne couvre pas les besoins qui ne cessent d'augmenter, faisant de l'Algérie un des plus importants pays importateurs de céréales (Ammar, 2014).

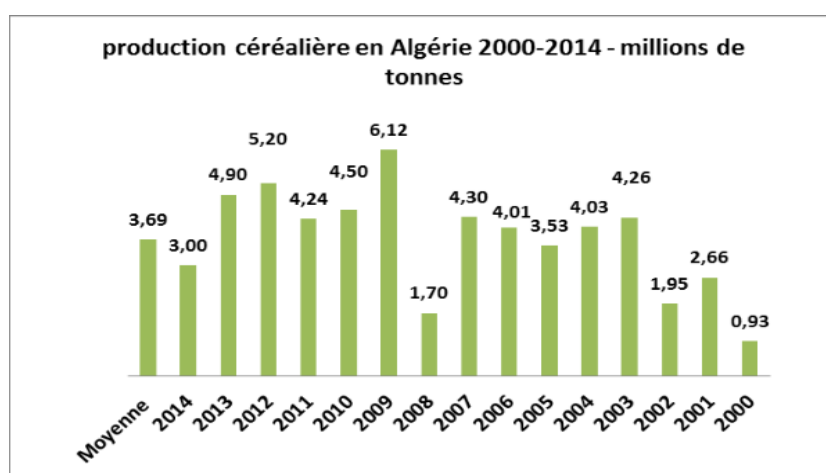


Figure 2. Evolution de la production céréalière nationale 2000-2014 (L'OAIC In : Ammar, 2014).

En plus, les céréales sont produites sur une base saisonnière et ne sont généralement récoltées qu'une seule fois par an. Pratiquement, pour garantir l'approvisionnement en matière de céréales, les récoltes doivent être stockées dans des entrepôts pour assurer le lien entre la récolte intervenant une fois dans l'année et la consommation qui est obligatoire (Waongo et *al.*, 2013).

## **2. Stockage des céréales**

Les céréales constituent depuis toujours la principale ressource alimentaire de l'homme et des animaux domestiques ; c'est pourquoi la connaissance des phénomènes relatifs à leur conservation et la maîtrise des techniques de leur stockage est déterminante pour la survie de millions de personnes (Multon, 1982). A cet effet, plusieurs pays cherchent à développer leurs capacités de stockage afin de constituer de véritables réserves en céréales, de se protéger des risques d'approvisionnement (Abis, 2012) et de s'assurer une alimentation régulière tout au long de l'année (Kheladi, 2009).

En Algérie, la collecte des céréales est assurée par l'Office Algérien Interprofessionnel des céréales OAIC, il a un rôle hautement stratégique, car de son efficacité va dépendre la constitution de stocks et donc la sécurité alimentaire nationale (Rastoin et Benabderrazik, 2014).

### **2.1. Les différentes méthodes de stockage des céréales**

#### **2.1.1. Stockage en silos**

C'est le meilleur lieu de stockage prolongé des céréales. Ce sont des enceintes cylindriques en métal inoxydable, leur emploi réduit la main d'œuvre, augmente l'air de stockage et supprime l'utilisation des sacs onéreux (Doumandji et *al.*, 2003).

#### **2.1.2. Stockage en vrac**

Dans ce cas les grains en tas sont laissés à l'air libre dans des hangars ouverts à charpente métallique. Malheureusement les contaminations sont possibles ; d'autant plus que dans ce type de construction. Ils demeurent toujours des espaces entre les murs et le toit, ainsi le libre passage des souris, des rats, des moineaux des pigeons et des insectes demeure possible (Doumaindji et *al.*, 2003).

#### **2.1.3. Le stockage en sac**

Le stockage en sac a totalement disparu dans les pays développés, par contre il est encore utilisé dans les pays en développement, cette technique est en effet adaptée au mode de commercialisation des produits qui dans ces régions s'effectue essentiellement en sacs.



Au niveau des structures elle exige un investissement plus faible que le stockage en vrac (Cruz et Diop, 1989).



Figure 3. Lieu de stockage des céréales A)- Stockage en silo B)- stockage en vrac C)-stockage en sacs (Aidani, 2015).

## 2.2. Les facteurs d'altération des grains pendant le stockage des céréales

Un stock de blé, entreposé dans un silo, vrac ou dans des sacs, est un système écologique caractérisé par sa température, son humidité, et sa teneur en oxygène, ce biotope peut être détruit par des altérations d'ordre abiotique, biotique, ainsi d'ordre biologique (Feillet, 2000).

### 2.2.1. Facteur abiotique

#### a. La température

Elle est le facteur le plus important qui affecte la qualité du grain au cours de stockage (Kusińska, 2001), elle exerce une forte influence sur le taux de respiration des grains stockés et celui des organismes parasites, de même que sur l'humidité relative de l'air, la teneur en eau des produits stockés et enfin sur le développement des ravageurs des stocks (Gwinner et *al.*, 1996).

## **b. L'humidité**

La faible teneur en humidité est le facteur le plus important pour la conservation des grains lors du stockage. Les grains stockés avec le contenu d'humidité élevé, sont soumis à des pertes élevées causées par l'attaque des insectes et les champignons (Vàsquez et *al.* , 2008). Elle favorise la respiration des grains et accentue en conséquence le dégagement de chaleur au sein des grains stockés (Cruz et *al.* , 2002).

## **c. Durée de stockage**

Il apparaît évident que plus la durée de stockage est longue, plus les pertes de matières sèches sont importantes. Les grains destinés à être conservés sur une longue période, comme c'est le cas par exemple pour un stockage de sécurité pluriannuel, doivent ainsi être dans un état de siccité important et dans un environnement favorable afin de limiter autant que possible les phénomènes de respiration des grains (Ministère des affaires étrangères, 2002).

### **2.2.2. Facteur biotique**

#### **a. Altérations d'origine enzymatique**

Elles sont essentiellement provoquées par les enzymes propres du grain. En mauvaises conditions de stockage, ces derniers entrent en activité et favorisent la dégradation de l'amidon et le rancissement des lipides (Berhaut et *al.* , 2003).

#### **b. Altérations d'origine biologique**

Les principaux agents biologiques responsables de l'altération des grains au cours du stockage sont les moisissures, les rongeurs, et les insectes.

Les insectes forment l'une des communautés les mieux adaptées à l'écosystème de l'entrepôt (Schiffers et *al.*, 1988). En plus de la destruction des grains, leur respiration augmente la teneur en humidité et la température du milieu, ceci entraîne un réchauffement qui affecte la qualité des céréales, la réduction du pouvoir germinatif des grains, et la multiplication des champignons et des bactéries (Cruz et *col.*, 1988).

### **3. Les principaux insectes ravageurs des denrées stockées**

Les coléoptères constituent le groupe le plus important au sein des insectes ravageurs des stocks, ils peuvent être répartis en deux catégories : la première catégorie, celle des ravageurs primaires, pouvant s'attaquer aux grains intacts et de se développer à l'intérieur même du grain (O'Kelly, 1983), Certains d'entre eux pondent leurs œufs à l'intérieur du grain dont les larves se nourrissent à l'intérieur de ceux-ci. Par contre, d'autres pondent leurs œufs à la surface du grain puis les larves pénètrent l'enveloppe dure du grain pour se nourrir (De Groot, 2004).

La deuxième catégorie englobe les insectes qui ne s'attaquent qu'aux grains déjà dépréciés par la première catégorie, et ils se nourrissent de grains et d'enveloppes des grains cassés (Bekon et Fleurat-Lessard, 1989).

Parmi les familles des Coléoptères considérées comme des ravageurs d'importance sont les Curculionidés et Bostrichidés (Bailey, 2007).

### 3.1. Description et biologie des deux espèces des coleoptères des denrées stockées

#### 3.1.1. *Sitophilus granarius* (L.)

Les charançons (curculionidés) sont bien connus comme d'importants ravageurs primaires (Mew et Misra, 1994) de grains entreposés, caractérisés par la présence d'un rostre prononcé (rigide), portant des antennes à sa base, ils attaquent la plus part des cultures céréalières, notamment le blé, l'orge, l'avoine et le seigle (Navarro et Noyes, 2001).

L'œuf est caractérisée par une forme opaque, avec une couleur blanche brillante, ovoïde, avec une longueur 0,6 au 0,8mm (Reichmuth et al., 2007). La larve apode et blanchâtre, mesure de 2 à 4 mm, avec une tête foncée (Gordth et Headrick, 2011), elle se nourrit à l'intérieur des grains puis s'y chrysalide (Leraut, 2015). La couleur de la nymphe se passe du blanc au brun, se caractérise par sa forme cylindrique et de 3 à 4 mm de long (Lepesme, 1944). L'adulte mesure environ 4 mm de long, de couleur brun foncé, ovale, avec des longues pattes et une tête prolongée par un long rostre (Gerozisis et al., 2008).



Figure 4. Œuf, larve, nymphe, adulte de *S. granarius* (Grainscanada, 2017).

### 3.1.1.1. Position systématique

*S.granarius* a été décrit scientifiquement par Linné en 1758 comme *Curculio granarius*, puis Schoen-herr lui a donné le terme *Sitophilus granarius* en 1838 (Plarre, 2010). D'après (Longstaff, 1981) sa classification est la suivante :

Tableau 2. Position systématique de *Sitophilus granarius* (L.)

<b>Embranchement</b>	Arthropodes
<b>Classe</b>	Insectes
<b>Ordre</b>	Coléoptères
<b>Famille</b>	Curculionidae
<b>Genre</b>	<i>Sitophilus</i>
<b>Espèce</b>	<i>Sitophilus granarius</i> (L.)

### 3.1.1.2. La biologie de *Sitophilus granarius* (L.)

*S.granarius* est un charançon aux mœurs essentiellement nocturne, se montre plus actif la nuit que le jour. Il peut vivre en permanence dans l'obscurité complète, son déplacement est relativement rapide (Steffan in Scotti, 1978).. La femelle de *S. granarius* dépose les œufs à l'intérieur des grains dans un trou qu'elle fore par son rostre, ce trou est ensuite rebouché par du mucilage (Danho et Haubruge, 2003). Une fois éclosent, la larve se développe à l'intérieur du grain qu'il va ainsi évacuer entièrement, et s'y nymphose pour n'en sortir du grain que sous forme d'adulte parfait. Le nombre d'œufs déposés par une femelle pouvant atteindre 250 œufs (Bailey, 2007).

Une température de 30 °c et une humidité relative de 70 % sont nécessaires pour son développement (Mason et McDonough , 2012). Les adultes vivent sept à huit mois dans les silos de stockage, se déplaçant autour de la masse de grains tout au long de la journée (Hagstrum et al ., 2012).

### 3.1.2. *Rhyzopertha dominica* (F.)

Le capucin des grains (*Rhyzopertha dominica*), est un insecte primaire (Mew et Misra ,1994) nuisible des grains stockés, caractérisé par un corps cylindrique et une tête cachée derrière le pronotum (Navarro et Noyes, 2001). Il s'attaque plusieurs produits entreposés, plus particulièrement au blé, à l'orge, au sorgho et au riz (Ladang et al., 2008; Mahroof et al., 2010).

D'après (Potter, 1935 ; Edde, 2012), l'œuf est généralement blanc au moment de la ponte, tournant au rose ou brun avant l'éclosion, de forme ovoïde, de 0,6 mm de longueur et 0,2 mm de diamètre. À l'éclosion la larve prend une couleur jaune, à maturité, elle est de couleur blanchâtre et avec une tête brunâtre (Delobel et Tran, 1993). La nymphe est d'environ 3,9 mm de long avec une couleur blanche à brunâtre (Potter, 1935). L'adulte est de couleur brun foncé, cylindrique, de 3 mm de longueur, avec des antennes de 3 segments dont la tête est caché par le thorax (Ripusudan et *al.* , 2002 ; Kavallieratos et *al.* , 2012 ; Cruz et *al.* , 2016).



Figure 5. Œuf, larve, nymphe, adulte de *R.dominica* (Grainscanada, 2017).

### 3.1.2.1. Position systématique

En 1792 Fabricius in Frappa (1938) a décrit *Rhyzopertha dominica*, sa classification est la suivante (Potter, 1935).

Tableau 3. Position systématique de *Rhyzopertha dominica* (F.)

<b>Embranchement</b>	Arthropodes
<b>Classe</b>	Insectes
<b>Ordre</b>	Coléoptères
<b>Famille</b>	Bostrichidae
<b>Genre</b>	Rhyzopertha
<b>Espèce</b>	<i>Rhyzopertha dominica</i> (F.)



### 3.1.2.2. La biologie de *Rhyzopertha dominica* (F.)

Au cours de sa vie, la femelle de *R.dominica* peut pondre jusqu'à 500 œufs (Majeed et al ., 2015) dans des conditions optimales, à des températures de 28 °C à 32 °C et une teneur en eau du grain de 70 % (Astuti et al ., 2013). C'est à la surface des grains que les femelles pondent les œufs, dès l'éclosion, la larve entre dans le noyau pour se nourrir du germe et de l'endosperme (Neethirajan et al ., 2007, Ozkaya et al., 2009) et reste à l'intérieur jusqu'à la maturité (Chanbang et al., 2007). Elle passe par 3 ou 5 stades larvaires avant de se nymphoser à l'intérieur du grain. Le cycle dure 27 jours dans des conditions optimales (Capinera, 2008).

### 3.2. Les dégâts causés par ces ravageurs

Les insectes occasionnent des pertes importantes en consommant soit l'albumen causant une perte de poids et une diminution de la qualité des grains (Rajendran, 2002), soit le germe des grains ce qui entraîne une perte germinative dans le produit stocké (Dabiré et al ., 2008). L'activité métabolique des insectes crée ainsi un milieu favorable au développement des micro-organismes produisant des toxines réduisent la qualité du grain et le rend impropre à la consommation (Lamboni et al ., 2009).



Figure 6. Dégâts causés par les insectes sur les grains de blé (Originale, 2017).

## 4. Méthodes de lutte disponibles contre les ravageurs des denrées stockées

La lutte contre les insectes ravageurs des denrées stockées comprend deux méthodes, l'une est préventive, se pratique avant l'installation des ravageurs et l'autre est curative, s'utilise quand les lots sont déjà infestés.

## 4.1. Lutte préventive

### 4.1.1. Nettoyage des locaux

Les bonnes pratiques de conservation des denrées stockées reposent sur la prophylaxie, c'est à dire sur le nettoyage et l'assainissement des locaux et cellules ou récipients d'entreposage avant leur remplissage, l'aménagement des structures de stockage pour empêcher l'accès des déprédateurs et le raisonnement des interventions quand elles sont indispensables (Cruz et *al.* , 2016).

### 4.1.2. Nettoyage des grains

Le séchage et la désinfection des grains avant le stockage sont indispensables pour une bonne conservation. Il s'agit de pré-nettoyer les grains lors de la mise en stockage. Le principe d'aspiration d'air au travers du flux de grains est utilisé pour éliminer les poussières et les impuretés légères (Multon, 1982 In Gacem, 2011).

## 4.2. La lutte curative

### 4.2.1. La lutte chimique

Lorsque les méthodes préventives ont échoué et ne permettent plus de maîtriser l'infestation, l'utilisation de méthodes de lutte directe s'avère nécessaire.

La lutte chimique par des insecticides est l'une des méthodes la plus efficace contre les insectes des denrées stockées (Taponjou et *al.* , 2002) dans lequel ces ravageurs sont exposés à un environnement gazeux et toxique (Upadhyay et Ahmad, 2011). Cette méthode de lutte, comprend les fumigants et les insecticides de contact.

#### 4.2.1.1. Traitement par contact

Les organochlorés, les carbamates, les organophosphorés et les pyrèthrinoïdes de synthèse sont les insecticides les plus fréquemment utilisés (Guèye, 2012).

#### 4.2.1.2. 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 (Wang et *al.* , 2006 ; Shi ,2012).

Malheureusement, les applications de ces insecticides chimiques provoquent de sérieux inconvénients notamment sur l'environnement (Fianko et *al.* , 2011), le développement de résistance aux insecticides par certains ravageurs (Schuster et Smeda, 2007), ainsi que des problèmes de santé car leurs résidus se rencontrent dans la chaîne alimentaire et causent des intoxications (Pretty et Hine, 2005).

De nos jours, la recherche de nouvelles méthodes alternatives de la lutte chimique est devenue une nécessité, d'autant plus que la recommandation de l'OMS (1995) est en faveur de l'élimination des fumigants classiques en 2005 dans les pays développés et en 2015 dans les pays en voie de développement (Ketoh et *al.*, 2004).

## **4.3. Les alternatives de la lutte chimique**

### **4.3.1. Lutte physique**

La température optimale pour le développement des insectes des denrées stockées est entre 25-33 ° C, les basses températures en dessous de 10 °C retardent le développement de ces insectes et donc réduisent leurs effectifs à un niveau où ils ne peuvent pas causer des dégâts considérables (Abdelaziz, 2011), ce qui bloque leur développement, réduit leur alimentation, fécondité et leur survie (Logstaff et Evans, 1983).

Une température des grains de 60 à 65°C, pendant 15 minutes, suivi d'un refroidissement rapide est nécessaire pour tuer tous les insectes de céréales stockées sans affecter les qualités technologiques du produit (Abdelaziz, 2011).

La rapidité d'action d'un traitement par la chaleur dépend de la durée d'exposition et du niveau de la température appliquée (plus la température est élevée, plus la mortalité survient vite), mais aussi de l'espèce considérée et de la forme des insectes, les formes adultes étant plus sensibles à la chaleur que les formes larvaires (Fleurat-Lessard Dupuis, 2010 ; Boina et Subramayan, 2004 ; Arthur, 2006).

### **4.3.2. Lutte mécanique**

Il s'agit du transilage, du secouage, de passage au tarare, ce qui permet d'éliminer une partie des insectes contenus dans les stocks et surtout les adultes libres mais ils laissent subsister une partie des larves et des œufs ; elles ne peuvent donc pas être envisagées pour un stockage de longue durée, à moins d'être fréquemment renouvelées, ce qui les rend coûteuses (Cruz et *al.*, 1988).

### **4.3.3. La lutte biologique**

Ce mode de lutte s'articule dans la majeure partie des cas sur l'utilisation des prédateurs, parasitoïdes, et parasites.

*Xylocoris flavipes* est un prédateur de différents insectes nuisibles des denrées stockées à savoir *Tribolium castaneum* (Coleoptera, Tenebrionidae), *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera, Bostrichidae) et *Trogoderma granarium* (Coleoptera, Dermestidae) (Rahman et *al.*, 2009).



Les ennemis naturels des insectes des denrées stockées comprennent aussi des guêpes parasitoïdes appartenant aux familles des Braconidae, Ichneumonidae, Pteromalidae, Bethyidae et Reduviidae (Abdelaziz, 2011). 8 semaines Après la réalisation des lâchers de l'hyménoptère parasitoïde *Theocolax elegans*, une mortalité de la population entière de *Sitophilus zeamais* a été observée dans le maïs stocké (Flinn et al ., 2005).

Plusieurs champignons et bactéries entomopathogènes sont utilisés aussi contre les insectes des denrées stockées (Diaz-Gomez et Rodriguez, 2000).

#### **4.3.4. Les phytopesticides**

Les recherches à l'heure actuelle s'orientent vers les plantes aromatiques contenant des huiles essentielles ayant prouvé leur potentiel insecticide sur les coléoptères des denrées stockées (Glitho et al ., 2008). En effet, l'usage des plantes aromatiques dans la conservation des grains entreposés a été pratiqué avant même l'apparition des insecticides de synthèse (Gueye et al ., 2011).

Plusieurs travaux ont montré que les huiles essentielles des plantes font partie des voies les plus explorées dans la régulation des ravageurs des denrées stockées (Gueye et al ., 2011). On peut dire que cette méthode alternative présente un réel avantage du fait de sa faible persistance (Enan, 2001), sa faible toxicité pour l'homme et de son mode d'action sur les ravageurs (Ngamo et Hance, 2007).

### 1. Matériel biologique

Les modèles biologiques choisis sont *Ryzopertha dominica* et *Sitophilus granarius* au stade adulte, ces derniers ont été prélevés à partir des grains de céréales déjà infestés, au niveau de la Coopération des Céréales et des Légumes secs (CCLs) de Bordj Bou Arreridj.

Les échantillons collectés ont été tamisés au laboratoire afin d'isoler et identifier les insectes adultes. L'identification des espèces a été faite par Mr Belgassem ingénieur au niveau de l'organisme de CCLs. Chaque espèce est maintenue dans des bocaux en verre, contenant des grains de blé recouverts par un tissu perforé pour permettre aux insectes de respirer. Les bocaux ont été mis dans les conditions favorables de température et d'humidité (Figure 7.2).



Figure 7. Échantillonnage des insectes (Originale, 2017).

### 2. Matériel végétal

Dans notre étude, le matériel végétal est constitué de deux espèces végétales à savoir *Thymus pallescens* Noé et *Artemisia herba alba* Asso provenant de la région de Mascara et de BBA.

La variété de blé tendre utilisée comme une source d'alimentation est la variété Hd 1220 qui nous a été aimablement fournie par CCLs de BBA.

### 2.1. Description botanique et classification de l'espèce *Thymus pallescens* Noé

C'est une espèce qui appartenant à la famille des Lamiaceae, qui comporte environ 264 genres largement distribués dans l'aire méditerranéenne (Gurchan, 2004), dont le genre *Thymus* est le plus diversifiés (Naghibi et al., 2005).

La majorité des espèces de thym ont une grande importance, vu leurs propriétés biologiques, pharmacologiques (Ebrahimi et al., 2008), ainsi que leur richesse en huiles essentielles et à ce titre font partie des plantes aromatiques (Mayet, 2013).

Le Thym, est un sous arbrisseau, pousse en touffes, pouvant atteindre 30 cm de hauteur (Chazel et Chazel, 2012), Il possède de petites feuilles de couleur verte foncée, et qui sont recouvertes de poils et de glandes (appelés trichomes) (Ait Taaduit et al., 2011), riches en huile essentielle (El Ouali Lalami et al., 2013). Ses petites fleurs sont regroupées en glomérules et leur couleur varie du blanc au violet en passant par le rose (Soto et al., 2006).

### 2.2. Description botanique et classification de l'espèce *Artemisia herba-alba* Asso

La famille des Astéracées est la famille la plus large qui comprend près de 13 000 espèces réparties en 1500 genres, le genre *Artemisia* est l'un des genres le plus répandu et le plus étudié de cette famille ; il contient un nombre variable d'espèces allant jusqu'à 400 espèces (Bencheqroun et al., 2012 ; Ribnicky et al., 2004).

*L'Artemisia herba alba* est un arbrisseau vivace (Chahma et Djebbar, 2008) de 30 à 50 cm de hauteur (El Rhaffari, 2008), avec de jeunes branches tomenteuses, les feuilles sont, courtes, sessiles, verdâtre argentées et pennatilobées, les fleurs sont jaunâtres emballées dans des petites capitules sessiles et les bractées externes de l'involucre sont orbiculaires, les fruits sont des akènes (Ghrabi et Al-Rowaily, 2005).



Figure 8. Plante du thym (*Thymus Pallescens* Noé) et d'*Artemisia herba alba* Asso (Original, 2017).

Tableau 4. Classification des plantes testées

Nom scientifique	Systématique
<i>Thymus pallescens</i> Noé	Règne : Plantae Embranchement : Magnoliophyta Classe : Magnoliopsida Ordre : Lamiales Famille : Lamiaceae Genre : Thymus Espèce : <i>Thymus pallescens</i> de Néo
<i>Artemesia herba alba</i> Asso	Règne : Plantae Embranchement : Magnoliophyta Classe : Magnoliopsida Ordre : Asterales. Famille : Asteraceae Genre : Artemesia Espèce: <i>Artemesia herba alba</i> Asso

### 2.3. Description botanique et classification du blé tendre *Triticum aestivum* L.

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des Gramineae. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscant, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments (Feillet, 2000).

La classification botanique du blé tendre a été présentée dans le tableau suivant (Briggle et Reitz, 1963) :

Tableau 5. Classification de *Triticum aestivum* L.

Nom scientifique	Systématique
<i>Triticum aestivum</i> L.	Règne : Plantae Division : spermatophyta Classe : Angiospermae Ordre : Graminales Famille : Gramineae Genre : Triticum Espèce : <i>Triticum aestivum</i> L.

### 3. Préparation du matériel végétal

La partie aérienne des plantes testées a été lavée à l'eau et séchée à l'obscurité pendant 21 jours dans un endroit bien aéré à une température ambiante. Les feuilles isolées du reste de la plante sont conservées dans des sachets kraft propres.

#### 3.1. Extraction et calcul du rendement des huiles essentielles

L'extraction des huiles essentielles a été effectuée par hydrodistillation dans un appareil de type *Clevenger* (Clevenger, 1928) (Figure 9.2). Trois distillations ont été réalisées par ébullition de 100 g de matériel végétal avec 1L d'eau dans un ballon surmonté de la colonne de distillation qui est reliée à un réfrigérant. La durée d'extraction est de l'ordre de 3 heures. L'huile essentielle obtenue est conservée au réfrigérateur dans un flacon à l'abri de la lumière fermé hermétiquement à 4 °C.

Le rendement en huile essentielle est le rapport entre le poids de l'huile extraite et le poids de la plante traitée (Mohammedi, 2006). Il est exprimé en pourcentage et calculé par la formule suivante :

$$R = \frac{P_b}{P_a} \times 100$$

Où, R : Rendement de l'huile en %,  $P_b$  : Poids de l'huile en g et  $P_a$  : Poids de la plante en g.

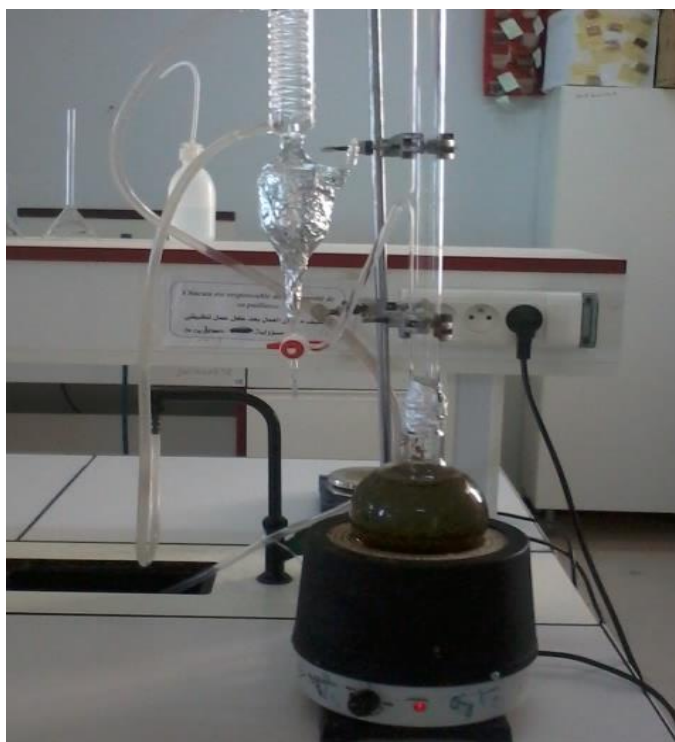


Figure 9. Appareillage de l'hydrodistillation de type *Clevenger* (Originale, 2017).

### 3.2. Analyse de la composition chimique des huiles essentielles

Pour l'identification des composés volatiles des huiles extraites, nous avons utilisé la technique de la chromatographie en phase gazeuse couplé au spectromètre de masse.

L'huile essentielle *d'Artemesia herba alba* montre une richesse en camphre et en chrysanthénone avec des pourcentages de 24.60% et 14.06% respectivement. Cependant, les résultats affichés dans le tableau (3.2) montrent également la présence avec des pourcentages plus au moins importants de composés camphène, 1,8-cineole, alpha-thuyone, isochrysanthénone et beta-thuyone, dont les taux présentés dans le tableau sont variables entre 2.70% pour le camphène et 4.99% pour le chrysanthénone isomère Mw=150 (Moutassem et Ziouche, 2017).

Tableau 6. Composés majoritaires de l'huile essentielle *d'Artemesia herba alba* Asso

Pic	Constituants	%
1	<b>CAMPHENE</b>	<b>2,70</b>
2	<b>1,8-CINEOLE</b>	<b>4,48</b>
3	<b>alpha-THUYONE</b>	<b>3,78</b>
4	<b>ISOCHRY SANTENONE</b>	<b>4,34</b>
5	<b>beta-THUYONE</b>	<b>3,98</b>
6	<b>CHRY SANTHENONE</b>	<b>14,06</b>
7	<b>CAMPHE</b>	<b>24,60</b>
8	<b>CHRY SANTHENONE ISOMERE Mw=150</b>	<b>4,99</b>

L'analyse de l'huile essentielle de *Thymus pallescens* de diverses compositions a été décrite dans le Tableau 4.2 : ainsi, le carvacrol et le thymol semblent être les composés majeurs avec des taux de 54.09% 16.24 % respectivement. Ainsi, le gamma-terpinene constitue un important pourcentage 8,47%, suivi par le p-cymène (4,23%) et le linalol (3.06%) (Moutassem et Ziouche, 2017).

Tableau 7. Composés majoritaires de l'huile essentielle de *Thymus pallescens* Noé

Pic	Constituants	%
1	<b>gamma-TERPINENE</b>	<b>8,47</b>
2	<b>p-CYMENE</b>	<b>4,23</b>
3	<b>LINALOL</b>	<b>3,06</b>
4	<b>THYMOL</b>	<b>16,24</b>
5	<b>CARVACROL</b>	<b>54,09</b>



## 4. Tests biologiques

### 4.1. Formulation des huiles essentielles

Les huiles essentielles obtenues des deux plantes étudiées, ont été formulées par le tween 80 à 3%, et les doses effectuées pour évaluer leur activité insecticide *in vitro* vis-à-vis les insectes ciblés sont, 1% ; 1,5% et 2%.

### 4.2. Évaluation de l'effet insecticide des huiles essentielles formulées

#### 4.2.1. Par contact

Pour l'étude de l'effet insecticide des huiles essentielles par contact, l'unité expérimentale est constituée par une boîte de Pétri contenant vingt (20) individus.

La technique d'application consiste à pulvériser les insectes par trois doses d'huiles essentielles formulées (1%, 1,5% et 2%) (Figure 10.2). Trois répétitions ont été effectuées pour chaque dose. Les témoins sont constitués de la même unité expérimentale traitée avec un mélange d'eau distillée et de tween 80 à 3%.

Le taux de mortalité est calculé après 24 heures, 48 heures, 72 heures et 168h.



Figure 10. Application de l'huile essentielle formulée d'*Artemisia herba alba* par contact direct sur *Sitophilus granarius* (Originale, 2017).

#### 4.2.1. Par ingestion

Nous avons pulvérisés les grains de blé tendre contenus dans des boîtes de pétri mesurant 9 cm de diamètre par les différentes doses préparées (1%, 1,5% et 2%) (Figure 11.2). Dans toutes les boîtes contenant les grains de blé déjà traités par les huiles essentielles, 20 individus ont été ajoutés dans ces boîtes. Les essais sont répétés 3 fois pour chaque dose.

Cependant, le témoin comporte des grains de blé traités avec un mélange d'eau distillée et de Tween 80 à 3%. Le taux de mortalité est calculé après 24 heures, 48 heures, 72 heures et 168h.

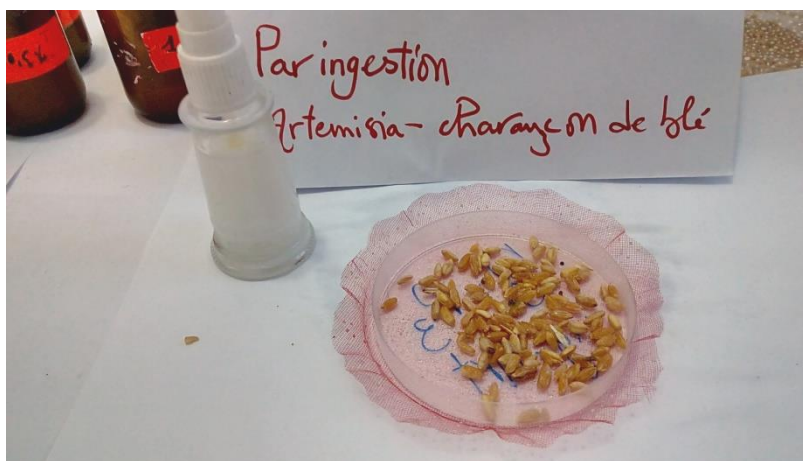


Figure 11. Application de l'huile essentielle formulée d'*Artemisia herba alba* Asso par ingestion (Originale, 2017).

### 5. Expression des résultats

L'efficacité des huiles essentielles formulées vis-à-vis les insectes ciblés a été évaluée par le taux de mortalité provoqué dans la population traitée.

Les taux de mortalité des adultes témoins et traités sont calculés par la formule suivante :

$$\text{Taux de mortalité \%} = \frac{\text{Nombre de morts}}{\text{Nombre total d'individus}} \times 100$$

Les taux de mortalité (M) ont été exprimés selon la formule d'Abbott (1925) en mortalités corrigées (Mc), tenant compte des mortalités naturelles observées dans les boîtes témoins (Mt) selon la formule suivante :

$$\text{MC\%} = (M - M_t * 100) / (100 - M_t)$$

**MC**: la mortalité corrigée.

**M**: pourcentage de morts dans la population traitée.

**Mt**: pourcentage de morts dans la population témoin.





Figure 12. Boite de pétri contenant des insectes morts après 24h d'exposition au traitement (Originale, 2017).

### 6. Analyse statistique

L'efficacité d'un toxique se mesure par sa  $DL_{50}$  qui représente la dose conduisant à la mort de 50% des individus d'un même lot. La méthode de Finney (2009) in Ndomo (1971) basée sur la régression des probits des mortalités en fonction des logarithmes des doses d'huile essentielle qui a permis de déterminer la  $DL_{50}$ , en utilisant le logiciel XLSTAT 2017.

Les taux moyens de mortalité des adultes ont été utilisés pour tracer les histogrammes. Une analyse de variance ANOVA (Analysis of Variance) avec deux critères de classification a été faite pour estimer les effets insecticides des huiles essentielles à l'aide du logiciel STATISTICA version 8.0, suivi d'un test de classification (TUKEY) qui permet de classer les taux de mortalité dans des groupes homogènes.

## 1. Résultats

### 1.1. Rendement en huile essentielle des deux plantes étudiées

Les feuilles des deux plantes aromatiques testées renferment des huiles essentielles, mais le rendement varie d'une plante à une autre, *Thymus pallescens* possède le rendement le plus élevé en huiles essentielles (2,31%) alors que l'*Artemisia herba alba* représente le rendement le plus faible (0,98%) (Tableau 5.3).

Tableau 8. Rendement en huiles essentielles des plantes testées

Espèce végétale	Couleur de l'huile	Rendement (%) $\pm$ ET*
<i>Thymus pallescens</i>	Brun	2,31 $\pm$ 0,12
<i>Artemisia herba alba</i>	Jaune foncé	0,98 $\pm$ 0,03

\* ET : écart-type calculé sur 3 répétitions pour *Thymus pallescens* et *Artemisia herba alba*

### 1.2. Effet des huiles essentielles testées sur la mortalité des adultes de *Rhyzopertha dominica* et *Sitophilus granarius*

Les huiles essentielles extraites par hydrodistillation des feuilles des plantes aromatiques, *Thymus pallescens* et *Artemisia herba-alba*, ont été testés aux différentes doses 1%, 1,5%, et 2% sur les deux insectes ravageurs des denrées stockées *Rhyzopertha dominica* et *Sitophilus granarius*, afin d'évaluer ses activités insecticides. L'évaluation de la toxicité se fait par le comptage des insectes morts et le calcul de la mortalité corrigée. Les résultats obtenus montrent que les deux huiles testées manifestent des propriétés insecticides dont la mortalité augmente avec la dose et le temps d'exposition, l'efficacité de ces huiles est basée sur la comparaison des DL<sub>50</sub>.

#### 1.2.1. Effet de la toxicité de l'huile essentielle de *Thymus pallescens* vis-à-vis *Rhyzopertha dominica*.

##### 1.2.1.1. Test par contact

L'huile essentielle de Thym a été évalué par effet contact vis-à-vis le ravageur *Rhyzopertha dominica*. Les résultats obtenus suite à ce travail montrent une activité insecticide très prononcée de l'huile essentielle à des degrés variés, selon la dose et le temps. En effet, la plus faible dose (D1) a provoquée 53,33% de mortalité après 24h de traitement, s'accroît après 48h et atteint un taux de 88,33% après 168h. A la plus forte dose (D3), on a enregistré un taux de 66,67% après 24h et de 96,67% après 168h.

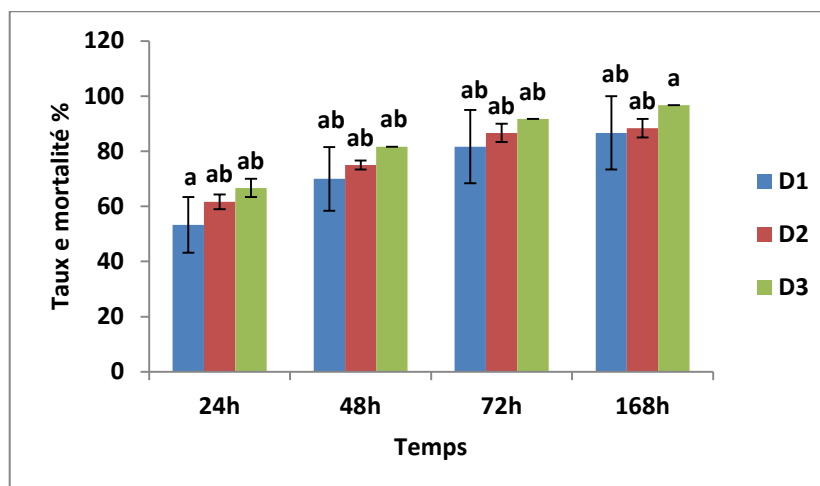


Figure 13. Variation des taux de mortalité des adultes *Rhizopertha dominica* exposés aux différentes doses d'huile essentielle *Thymus pallescens* par contact (Moyenne  $\pm$  écart type).

L'analyse de la variance ANOVA révèle une différence non significative de la dose ( $P = 0,18$ ), très hautement significative du temps ( $P = 0,0007$ ) et non significative de l'interaction dose  $\times$  temps ( $P = 0,99$ ) (Tableau 9). Le test de TUKEY, au seuil de signification 5 %, montre également la subdivision du taux de mortalité des adultes de *Rhizopertha dominica* en deux groupes homogènes sont mentionnés dans la figure (13).

Tableau 9. Analyse de la variance à deux critères de classification au seuil 5 % pour le taux de mortalité des adultes *Rhizopertha dominica* traités avec l'huile essentielle de *Thymus pallescens* par contact.

	DDL	MS	SS	F	P
Dose	2	762,5	381,3	1,842	0,180170*
Temps	3	4883,3	1627,8	7,866	0,000795****
Dose x Temps	6	37,5	6,3	0,030	0,999856*

Non significative \* : significative\*\* : Hautement significative \*\*\* : Très hautement significative\*\*\*\*

### 1.2.1.2. Test par ingestion

L'huile essentielle formulée de Thym à la dose D1 a entraîné une mortalité de 16,67% après 24h, s'accroît à 48h et atteint un taux de 57,98% après 168h. Par ailleurs, l'huile de thym a montré une efficacité totale (100%) à la plus forte dose D3 après 48h de traitement.

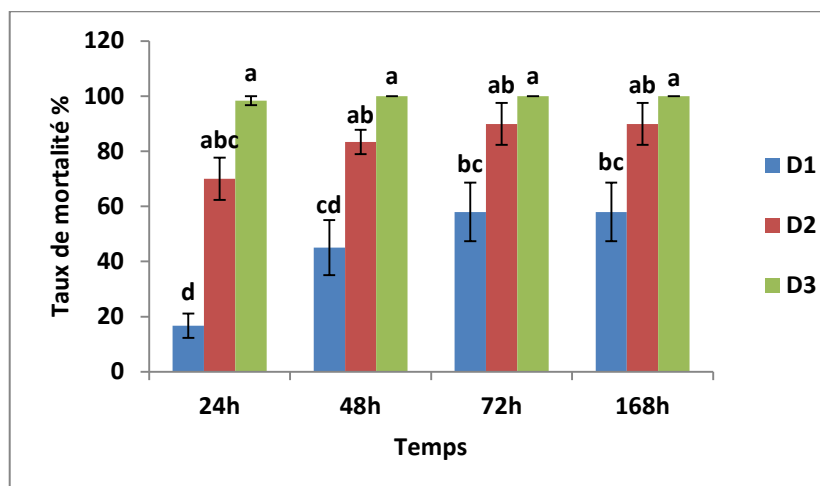


Figure 14. Variation des taux de mortalité des adultes *Rhyzopertha dominica* exposés aux différentes doses d'huile essentielle *Thymus palleescens* par ingestion (Moyenne  $\pm$  écart type).

Dans le but de tester l'effet dose et temps, ainsi que celui de l'interaction entre ces deux facteurs sur la variation du taux de mortalité, nous avons réalisé une analyse de la variance (ANOVA). Les résultats du test de probabilité sont montrés dans le tableau (10). L'analyse a révélé une variation très hautement significative de la dose ( $P = 0,000$ ), hautement significative du temps ( $P = 0,002$ ) et non significative de l'interaction dose x temps ( $P = 0,11$ ). Cependant, le test de TUKEY, au seuil de signification 5 %, a été expliqué par la séparation des taux de mortalités en quatre groupes homogènes sont illustrés dans la figure (14).

Tableau 10. Analyse de la variance à deux critères de classification au seuil 5 % pour le taux de mortalité des adultes *Rhyzopertha dominica* traités avec d'huile essentielle *Thymus palleescens* par ingestion.

	DDL	SS	MS	F	P
Dose	2	19286,4	9643,2	71,466	0,000000****
Temps	3	2638,6	879,5	6,518	0,002212***
Dose x Temps	6	1576,0	262,7	1,947	0,113992*

Non significative \* significative\*\* : Hautement significative \*\*\* : Très hautement significative\*\*\*\*

## 1.2.2. Effet de la toxicité de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* vis-à-vis *Rhyzopertha dominica*.

### 1.2.2.1. Test par contact

L'analyse des résultats affichés dans la figure (15) montre que l'effet d'*Artemisia* sur *Rhyzopertha dominica* augmente significativement avec l'augmentation de la dose

et du temps. A cet effet, le taux de mortalité est augmenté progressivement et dépasse 50% pour toutes les doses après 24h, et n'atteint 100% qu'à la dose D3 après 48h.

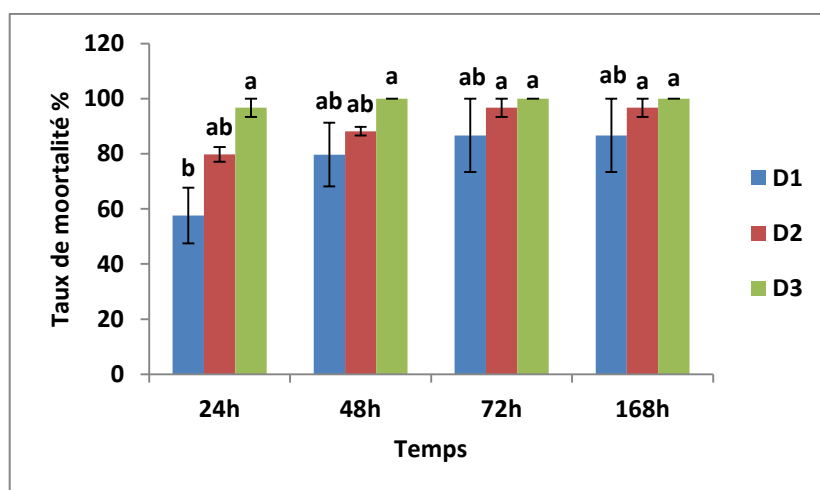


Figure 15. Variation des taux de mortalité des adultes *Rhizopertha dominica* exposés aux différentes doses d'huile essentielle *Artemisia herba alba* Asso par contact (Moyenne± écart type).

L'analyse de la variance effectuée sur le taux de mortalité corrigée révèle une différence très hautement significative de la dose ( $P = 0,001$ ), significative du temps ( $P = 0,033$ ) mais non significative de l'interaction dose x temps ( $P = 0,62$ ) (Tableau 11). Le test du TUKEY, au seuil de signification 5 %, classe l'efficacité de l'huile essentielle d'Artemesia en fonction de la dose et du temps en deux groupes homogènes (Figure 15).

Tableau 11. Analyse de la variance à deux critères de classification au seuil 5 % pour le taux de mortalité des adultes *Rhizopertha dominica* traités avec d'huile essentielle *Artemisia herba alba* Asso par contact.

	DDL	SS	MS	F	P
Dose	2	2805,7	1402,8	8,850	0,001321****
Temps	3	1620,8	540,3	3,408	0,033755**
Dose x Temps	6	697,9	116,3	0,734	0,627296*

Non significative \* : significative\*\* : Hautement significative \*\*\* : Très hautement significative\*\*\*\*

### 1.2.2.2. Test par ingestion

Les tests insecticides par ingestion ont révélé que l'huile essentielle d'Artemesia possède une activité insecticide, dont l'intensité varie en fonction de la dose et du temps d'exposition.

A cet effet, Le taux de mortalité varie entre 26,67 % à 63,33% après 24h d'exposition et 42% à 95% après 168h de traitement, et cela dès la plus faible dose à la plus forte dose.

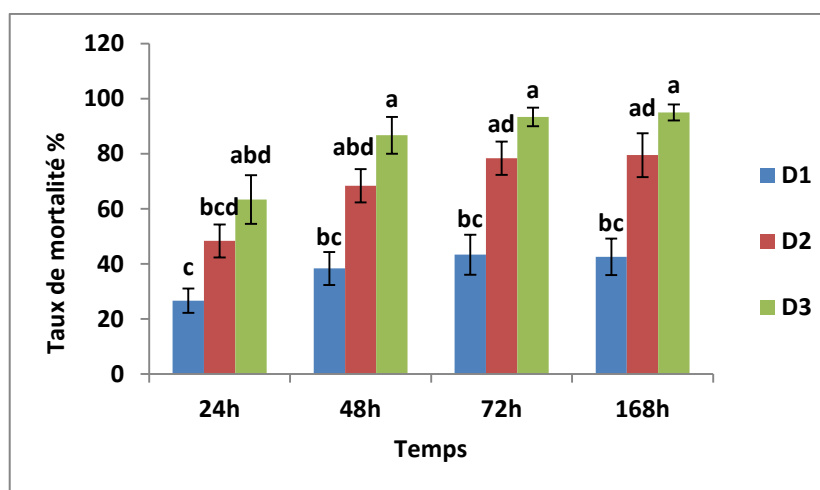


Figure 16. Variation des taux de mortalité des adultes *Rhyzopertha dominica* exposés aux différentes doses d’huile essentielle *Artemisia herba alba* Asso par ingestion (Moyenne± écart type).

L’analyse de la variance à deux facteurs de classification révèle une différence très hautement significative de la dose et du temps ( $P = 0,0000$ ). Cependant, la même analyse a montré un effet non significative de l’effet conjugué dose x temps ( $P = 0,85$ ) (Tableau 12). Par ailleurs, le test de TUKEY, au seuil de signification 5 %, classe le taux de mortalité en quatre groupes homogènes (figure 16).

Tableau 12. Analyse de la variance à deux critères de classification au seuil 5 % pour le taux de mortalité des adultes *Rhyzopertha dominica* traités avec d’huile essentielle *Artemisia herba alba* Asso par ingestion.

	DDL	SS	MS	F	P
Dose	2	13623,5	6811,7	58,420	0,000000****
Temps	3	4032,1	1344,0	11,527	0,000071****
Dose x Temps	6	294,1	49,0	0,420	0,858050*

Non significative \* : significative\*\* : Hautement significative \*\*\* : Très hautement significative\*\*\*\*

### 1.2.3. Effet de la toxicité de l'huile essentielle du *Thymus pallescens* vis-à-vis *Sitophilus granarius*

#### 1.2.3.1. Test par contact

L'huile essentielle de thym s'est montrée efficace contre le ravageur *Sitophilus granarius*. Toutes les doses employées réduisent de façon significative la population de cette espèce.

A noter que l'HE de Thym a provoqué un taux de mortalité de 61,67% à la dose D1 après 24h, en augmentant les doses et le temps, une mortalité de 83,33% a été enregistrée à la plus forte dose D3, s'accroissant après 168h de traitement pour atteindre 98,25%.

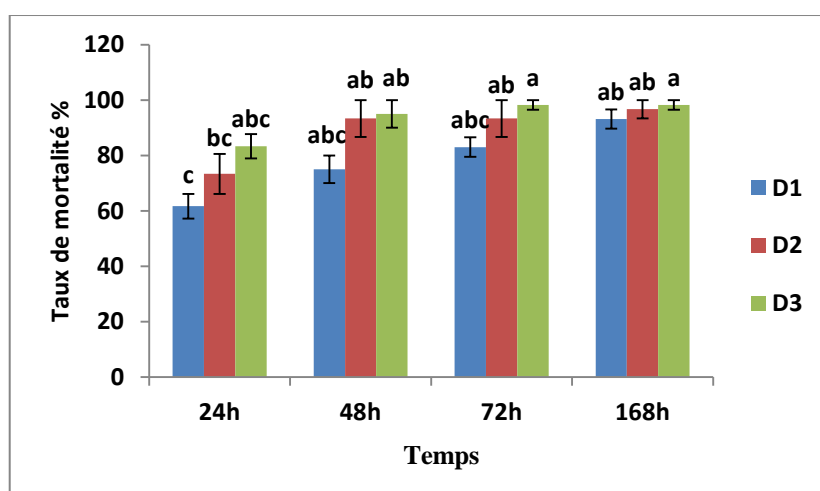


Figure 17. Variation des taux de mortalité des adultes *Sitophilus granarius* exposés aux différentes doses d'huile essentielle *Thymus pallescens* par contact (Moyenne  $\pm$  écart type).

L'analyse de la variance à deux facteurs de classification révèle une différence très hautement significative pour les facteurs dose ( $P = 0,0003$ ) et temps ( $P = 0,00002$ ) et non significative pour leur interaction dose x temps ( $P = 0,58$ ) (Tableau 13). Par ailleurs, le test du TUKEY, nous a permis de classer le taux de mortalité provoqué par l'huile essentielle de Thym contre *Sitophilus granarius* en fonction de la dose et du temps en trois groupes homogènes notés dans la figure (17).

Tableau 13. Analyse de la variance à deux critères de classification au seuil 5 % pour le taux de mortalité des adultes *Sitophilus granarius* traités avec d'huile essentielle *Thymus pallescens* par contact.

	DDL	SS	MS	F	P
Dose	2	1524,9	762,4	11,214	0,000364*****
Temps	3	2742,6	914,2	13,446	0,000024*****
Dose x Temps	6	324,5	54,1	0,795	0,582717*

Non significative \* : significative\*\* : Hautement significative \*\*\* : Très hautement significative\*\*\*\*\*

### 1.2.3.2. Test par ingestion

L'effet par ingestion de l'huile essentielle formulée de Thym après 24h d'exposition, à la dose D1 a révélé une faible efficacité (18,33%) sur *S.granarius*. Cependant, cette substance a provoqué 60% de mortalité à la dose D3. En effet, le taux de mortalité est augmenté significativement avec le temps pour atteindre 88% après 168h d'exposition.

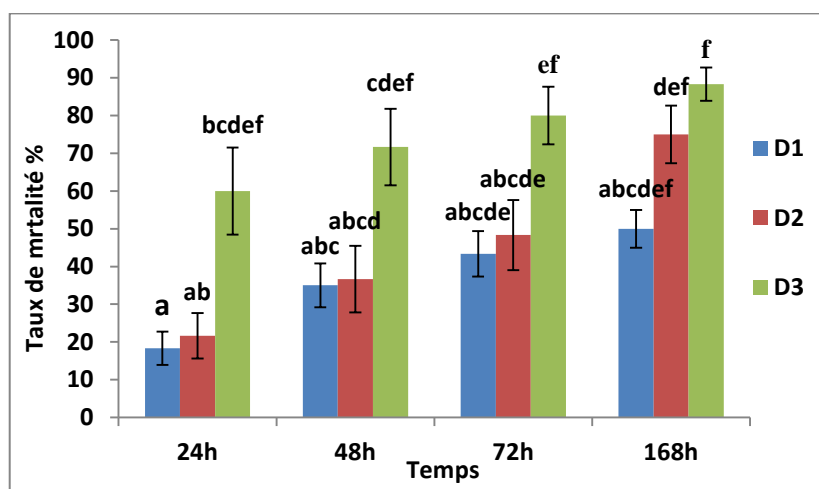


Figure 18. Variation des taux de mortalité des adultes *Sitophilus granarius* exposés aux différentes doses d'huile essentielle *Thymus pallescens* par ingestion (Moyenne± écart type).

L'analyse de la variance à deux facteurs de classification révèle une différence très hautement significative de la dose et du temps ( $P = 0,0000$ ) et non significative pour l'interaction dose x temps ( $P = 0,63$ ) (Tableau 14). Le test de TUKEY, au seuil de signification 5 %, montre une division de taux de mortalité provoqué par l'huile de thym en six groupes homogènes cités dans la figure (18).



Tableau 14. Analyse de la variance à deux critères de classification au seuil 5 % pour le taux de mortalité des adultes *Sitophilus granarius* traités avec d'huile essentielle *Thymus pallescens* par ingestion.

	DDL	SS	MS	F	P
Dose	2	9684,72	4842,36	28,2308	0,000000*****
Temps	3	6824,31	2274,77	13,2618	0,000026*****
Dose x Temps	6	748,61	124,77	0,7274	0,631999*

Non significative \* : significative\*\* : Hautement significative \*\*\* : Très hautement significative\*\*\*\*

#### 1.2.4. Effet de la toxicité de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* vis-à-vis *Sitophilus granarius*

##### 1.2.4.1. Test par contact

L'huile essentielle d'*Artemisia* se révèle fortement efficace pour contrôler le ravageur *Sitophilus granarius*. La lecture des résultats suggère l'efficacité totale (100%) de la dose D2 après 48h ainsi qu'à la dose D3 après 24h de traitement.

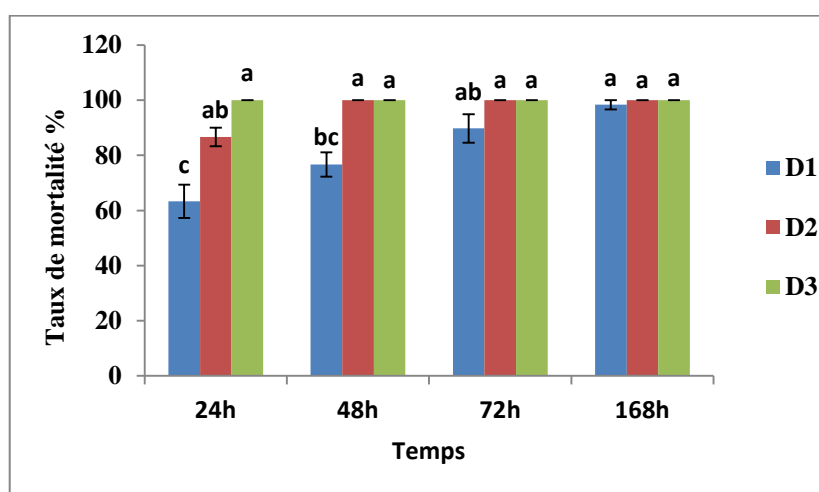


Figure 19. Variation des taux de mortalité des adultes *Sitophilus granarius* exposés aux différentes doses d'huile essentielle *Artemisia herba alba* par contact (Moyenne  $\pm$  écart type).

Les résultats du test de probabilité sont montrés dans le tableau (15). D'après l'ANOVA, la dose, le temps et l'interaction entre eux, ont montré une différence très hautement significative ( $P = 0,0000$ ), le test de TUKEY, nous a permis de classer le taux de mortalité provoqué par l'huile essentielle d'*Artemisia* contre *Sitophilus granarius* en trois groupes homogènes mentionnés dans la figure (19).

Tableau 15. Analyse de la variance à deux critères de classification au seuil 5 % pour le taux de mortalité des adultes *Sitophilus granarius* traités avec d'huile essentielle *Artemisia herba alba* Asso par contact.

	DDL	SS	MS	F	P
Dose	2	2196,3	1098,2	45,84	0,000000*****
Temps	3	1335,1	445,0	18,58	0,000002*****
Dose x Temps	6	1175,5	195,9	8,18	0,000070*****

Non significative \* : significative\*\* : Hautement significative \*\*\* : Très hautement significative\*\*\*\*\*

#### 1.2.4.2. Test par ingestion

L'effet par ingestion d'HE d'*Artemisia herba Alba* sur *Sitophilus granarius* a enregistré des mortalités inférieures à 50% à la dose D1, tandis que, la D3 s'est montré une mortalité de 60% après 24h de traitement, cette mortalité a été augmentée dans le temps pour atteindre 93% après 168h d'exposition.

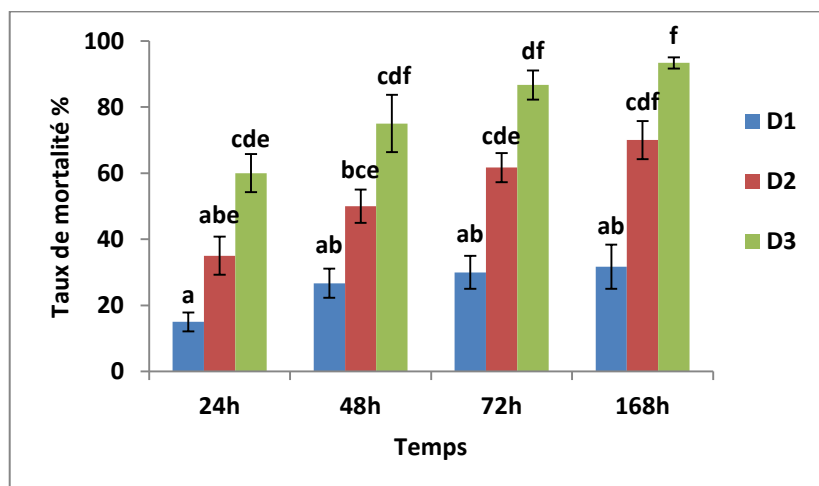


Figure 20. Variation des taux de mortalité des adultes *Sitophilus granarius* exposés aux différentes doses d'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* par ingestion (Moyenne  $\pm$  écart type).

L'analyse de la variance présente une différence très hautement significative des facteurs dose et temps ( $P=0,0000$ ). Cependant, aucune différence significative n'est observée pour l'effet conjugué dose x temps ( $P=0,61$ ) (Tableau 16). Le test de TUKEY, au seuil de signification 5 %, classe les taux de mortalité en six groupes homogènes (figure 20).

Tableau 16. Analyse de la variance à deux critères de classification au seuil 5 % pour le taux de mortalité des adultes *Sitophilus granarius* traités avec d'huile essentielle *Artemisia herba alba* Asso par ingestion.

	DDL	SS	MS	F	P
Dose	2	16829,2	8414,6	99,320	0,000000*****
Temps	3	4124,3	1374,8	16,227	0,000006*****
Dose x Temps	6	381,9	63,7	0,751	0,614440*

Non significative \* : significative\*\* : Hautement significative \*\*\* : Très hautement significative\*\*\*\*\*

### 1.3. Détermination de la DL<sub>50</sub> par contact et par ingestion après 24h d'exposition aux huiles essentielles testées

La dose létale pour 50% de la population d'insectes est calculée par la méthode des probits (Finney, 1971), pour la comparaison de la toxicité des huiles essentielles testées. Les pourcentages de mortalité sont transformés en probits, la régression du logarithme de la dose en fonction des probits des mortalités à l'aide du logiciel XLSTAT a permis de déterminer la DL<sub>50</sub> pour chaque huile essentielle à tester.

Les valeurs de DL<sub>50</sub> de l'huile essentielle de *Thymus pallescens* contre les adultes de *Rhyzopertha dominica* calculées après 24h d'exposition ont été de 8392,661 ppm pour le test par contact et de 13006,953 ppm pour le test par ingestion. Par ailleurs, la DL<sub>50</sub> estimée pour l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* est de 9246,012 ppm par contact et 15645,699 par ingestion (Tableau 17). De ce fait, les deux HE<sub>s</sub> formulées de *Thymus pallescens* et d'*Artemisia herba alba* agissent mieux par contact que par ingestion vis-à-vis *Rhyzopertha dominica* (Plus la DL<sub>50</sub> est plus faible, plus que l'HE formulée est toxique).

Pour *Sitophilus granarius*, l'examen des valeurs des DL<sub>50</sub> après 24h d'exposition au Thym par contact, montre une valeur de 7392,014 ppm, qui est inférieure par rapport à celle déterminée par ingestion 19051,288 ppm. Cependant, les résultats obtenus par l'HE d'*Artemisia herba alba* présentent une DL<sub>50</sub> de 8508,433 ppm par contact et de 17844,516 ppm par ingestion (Tableau 17). On constate que les deux HE<sub>s</sub> formulées de *Thymus pallescens* et d'*Artemisia herba alba* sont plus efficace par contact vis-à-vis *Sitophilus granarius*.

Tableau 17. Les valeurs des DL<sub>50</sub> des huiles essentielles testées par contact et par ingestion pour chaque espèce étudiée.

Espèce	Plantes aromatiques testées	DL <sub>50</sub> (ppm)	
		Contact	Ingestion
<i>Rhizopertha dominica</i>	<i>Thymus pallescens</i>	8392,661	13006,953
	<i>Artemisia herba alba</i>	9246,012	15645,699
<i>Sitophilus granarius</i>	<i>Thymus pallescens</i>	7392,014	19051,288
	<i>Artemisia herba alba</i>	8508,433	17844,516

## 2. Discussion générale

### 2.1. Rendement et composition chimique des huiles essentielles des deux plantes testées

Les deux plantes aromatiques testées renferment des huiles essentielles, mais le rendement diffère d'une plante à une autre. Par la technique d'hydrodistillation ; *Thymus pallescens* possède le rendement le plus élevé en huiles essentielles (2.32%) suivi par *l'Artemisia herba alba* Asso (0.98%).

Notons que de nombreux facteurs peuvent influencer le rendement dont essentiellement, l'espèce, la période de récolte, la durée de séchage et la technique d'extraction des huiles essentielles (Curado *et al.* , 2006).

De l'analyse de ces résultats, il ressort que le rendement en huile essentielle des feuilles de *Thymus pallescens* est inférieur à celui obtenu par Hazzit *et al.* , (2009) qui est de 6.2%. Aussi, on a pu récupérer une quantité huileuse de 0,98% d'*Artemisia herba alba* qui est supérieure à celle extraites de la même espèce récoltée dans la région de Matmata en Tunisie (0,65%) (Akrou, 2004), et ainsi inférieure à celui obtenu par Dob et Benabdelkader (2006) de M'sila (1,02%) et de Mostaganem (1%) en Algérie (Kolai, 2012). Beaucoup d'études qui ont été faites sur *l'Artemisia herba alba* par hydrodistillation ; Neffati *et al.* , (2008), ont obtenu un rendement de 1.8% et Akrou *et al.*, (2010) ont retiré un rendement de 1%.

D'après les résultats de l'analyse chromatographique, il apparaît que l'huile essentielle de *Thymus pallescens* est caractérisée par la prédominance d'un composé phénolique ; le carvacrol avec une teneur de 54,09% suivi par le thymol (16,24%). Certains hydrocarbures monoterpéniques sont présents avec des pourcentages relativement importants comme gamma-terpinene (8,47%) et p-cymene (4,23%).

Ces résultats, ont été comparés à ceux cités par Douar latreche (2012) et Chikhoun (2007) dont le pourcentage du carvacrol était inférieur à celui obtenu dans notre étude, avec une teneur de (44,1%), (46,9%) respectivement. Selon Hazzit et *al.*, (2006), le carvacrol (41,5%) et gamma-terpinène (16,6%) ont été les principaux composants trouvés dans *T. pallescens*. D'après Boukhatem et *al.*, (2014), l'essence aromatique de Thym est composée majoritairement du carvacrol (83.8%), d'autre part, la teneur des autres composés varie entre (0.01-0.28%) sauf pour para-cymène (8.15%), linalool (1.44%) et gamma-terpinène (4.96%). La composition chimique de l'huile essentielle de Thym révèle que celle-ci est caractérisée par de très fortes teneurs en monoterpènes oxygénés (85.52%) alors que les monoterpènes hydrocarbonés sont présents en faibles quantités (13.5%).

Les analyses chromatographiques des HES extraites d'*Artemisia herba alba* ont mis en évidence la prédominance des deux monoterpènes oxygénés: le camphre (24,60%) et le chrysanthène (14,06%). Des observations similaires ont été faites par Paolini et *al.*, (2010) avec 16 échantillons de l'Est Marocain, dont le camphre et le chrysanthène, sont des composés majoritaires.

Des résultats relativement différents ont été obtenus par certains auteurs, notamment Dahmani-Hamzaoui et Baaliouamer (2010) ont mis en exergue le camphre (49,3%) dans les HES du nord du Sahara Algérien, et le chrysanthène (3,2%) comme composé mineur dans ces extraits. Les travaux de Haouari et Ferchichi (2009) confirment la richesse des huiles essentielles d'*A. herba alba* de Tunisie comme l'Algérie à 10 composés (cineole, thujone, chrysanthène, camphre, borneol, chrysanthényle acetate, sabinyle acetate, davana éthers et davanone). Des études antérieures ont montré que le camphre est le principal composé de l'armoise blanche d'Algérie avec un pourcentage qui se situe entre 15 et 68% (Fleisher et *al.*, 2002). Toutefois, certains éléments chimiques secondaires dans la présente étude ont été décrits par d'autres chercheurs comme composés majoritaires des huiles essentielles d'*A. herba-alba*. C'est le cas de l' $\alpha$ -thujone, principal constituant des HES extraites par Ouyahya et *al.*, (1990) et de celles obtenues par Kadri et *al.*, (2011) à Bir Elhfay en Tunisie.

## 2.2. Évaluation de l'effet insecticide des huiles essentielles étudiées

L'utilisation accrue des insecticides synthétiques a mené à beaucoup de conséquences négatives (c.-à-d., résistance des insecticide, toxicité sur la faune auxiliaire, problèmes de résidu, pollution environnemental) ayant pour résultat l'attention croissante étant donnée

aux produits naturels (Isman, 2006). Les plantes peuvent fournir des solutions de rechange potentielles aux agents actuellement utilisés contre les insectes parce qu'elles constituent une source riche en produits chimiques bioactifs. Beaucoup d'effort ont été donc concentré sur les matériaux dérivés de plante pour les produits potentiellement utiles en tant qu'agents commerciaux de lutte contre les insectes (Kim et al ., 2003). Les plantes aromatiques sont parmi les insecticides les plus efficaces d'origine botanique et les huiles essentielles constituent souvent la fraction bioactive des extraits de plantes (Shaaya et al ., 1997).

L'effet insecticide des huiles essentielles par contact, ingestion et par fumigation a été bien démontré contre les déprédateurs des denrées entreposées, de nombreux travaux ont porté sur l'amélioration des formes d'utilisation des plantes qui permettent de renforcer et de rentabiliser leur activité insecticide (Isman, 1994). En effet, l'objectif est d'améliorer les techniques traditionnelles basées sur l'utilisation des ressources végétales renouvelables pour une meilleure gestion des déprédateurs dans les stocks. Certaines observations ont montré que l'extrait brut éthanolique (Nieber et al ., 1992), hexanique (Nuto, 1995) ou à l'éther de pétrole (Gakuru et Foua-bi, 1996) de matériel végétal possède une toxicité effective vis-à-vis des ravageurs de stocks. D'autres résultats indiquent que les huiles essentielles extraites de plantes odorantes ont une activité insecticide indéniable vis-à-vis de *Callosobruchus maculatus* F. (Glitho et al ., 1997).

Dans la présente étude, la composition chimique et l'activité insecticide de deux huiles essentielles à savoir l'huile essentielle de *Thymus pallescens* et *Artemisia herba alba* Asso contre deux ravageurs des céréales stockées ont été investiguées. Les résultats obtenus indiquent une activité insecticide remarquable contre les adultes de *Rhyzopertha dominica* et *Sitophilus granarius* qui varie selon l'espèce végétale, l'espèce animale, le mode d'application, la dose, ainsi que la durée d'exposition aux traitements.

Nos résultats sont témoignés par beaucoup de travaux de recherche qui ont démontré les activités insecticides des huiles essentielles contre différents insectes des denrées stockées (Saroukolai et al ., 2010 ; Gomah et sahar, 2011 ; Singh et al ., 2014 ; Abdelgaleil et al ., 2016). Les résultats obtenus par contact corroborent à ceux par El Guedoui (2003), qui a constaté que l'HE de Thym (*Thymus vulgaris*) est efficace par contact sur *Rhyzopertha dominica* (F) provoquant une mortalité de 100%. En outre, Shaaya et al ., (1991) ont testé les huiles essentielles de certaines espèces de Labiées comme le thym, le basilic, le romarin et la lavande, ces substances ont causé 100% de mortalité chez *Rhyzopertha dominica* (F.)

(Coleoptera : Bostrychidae ). Kechout (2001) avait testé l'efficacité de l'huile essentielle de Thym sur *Sitophilus oryzae* avec un taux de mortalité évalué à 85%.

Benazzeddine (2010) souligne que les quatre huiles essentielles (Romarin, Eucalyptus, Thym et Menthe) manifestent un taux de mortalité assez important sur *S. oryzae* par contact dont toutes les huiles ont une efficacité très forte qui dépasse 88 % de mortalité. Bittner et al ., (2008) ont testé la toxicité des huiles essentielles de cinq plantes aromatiques sur *S.zeamais*. Les résultats révèlent que les huiles extraites du *Thymus vulgaris* (Lamiacées) sont les plus toxiques sur *S.zeamais*.

Dans le même contexte, Abbad et al ., (2014) a signalé la toxicité par contacts de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* contre *Tribolium castaneum*. En outre, les huiles essentielles de diverses espèces appartenant au genre d'*Artemisia* a présenté une toxicité par contact contre *Sitophilus zeamais* principale ravageur de plusieurs produits stockés: (*Artemisia capillaris* et *Artemisia mongolica* (Liu et al ., 2010), *Artemisia frigida* (Liu et al., 2014), et *Artemisia herba-alba* (Mohamed et al., 2010).

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par Badreddine et Baouindi (2016) où ils ont montré une importance efficacité de l'huile essentielle d'*Artemisia* contre les insectes des denrées stockées ; *Tribolium castaneum* et *Trogoderma granarium*. Les huiles d'*Artemisia* exercent une toxicité répulsive. Dans Cette étude, les adultes de *Trogoderma granarium* semblent être plus sensibles à l'huile essentielle que les *Tribolium castaneum*.

L'huile essentielle d'Armoise blanche a été testée contre trois parasites suceurs de laboratoire et d'insectes sous des conditions de serre. Ces parasites inclus *Bemisia tabaci*, *Aphis gossypii* et *Thrips tabaci*. Les résultats ont montré que la CL<sub>50</sub> d'*Artemisia herba-alba* était de 0,042% pour les œufs et 0,074% pour les stades immatures de *Bemisia tabaci*. En outre, l'huile a montré une toxicité élevée sur *Aphis gossypii* avec une CL<sub>50</sub> de 0,023%. L'*Artemisia* était plus toxique sur *Thrips tabaci* et *Aphis gossypii* que *Bemisia tabaci*. Ce traitement a provoqué une réduction de 85,41% dans la population de *Bemisia tabaci*, 90,44%, pour *Aphis gossypii* et 87,45% pour *Thrips tabaci* (Solimane, 2007).

Une étude a été conçue pour évaluer l'effet des huiles essentielles extraites de *Rosmarinus officinalis* et d'Armoise blanche sur *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae) dans des conditions de laboratoire. Les doses utilisées étaient 1 à 5µl / 30 g de semences pour l'huile essentielle de chaque plante. Les résultats montrent que les deux huiles essentielles testées étaient très toxiques pour les adultes d'*Acanthoscelides obtectus*,



et elles provoquent également une réduction significative de la fertilité des bruches. La  $DL_{50}$  calculée après 48 heures d'exposition, a montré que l'huile essentielle extraite de *Rosmarinus officinalis* était le plus toxique pour les adultes avec une  $DL_{50} = 0.59\mu\text{l}/30\text{g}$ , tandis que la  $DL_{50}$  d'Armoise blanche est de  $1.69\mu\text{l}/30\text{g}$  (Tani et al., 2008).

Pour chaque huile essentielle testée, les résultats montrent qu'il existe une variation concernant le taux de mortalité des insectes qui dépend de la dose utilisée en huiles essentielles et la durée d'exposition. A cet effet, Kim et al., (2003) ont confirmé que l'activité toxique des huiles essentielles dépend de l'espèce d'insecte, de la plante et du temps d'exposition. Shakarami et al., (2005), ont étudié la toxicité et la répulsivité de l'huile essentielle d'*Artemisia aucheri* sur *Callosobruchus maculatus*, *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae* et *Sitophilus granarius*, à des concentrations de  $0,03\mu\text{l}$ ,  $0,18\mu\text{l}$ ,  $0,37\mu\text{l}$ ,  $0,55\mu\text{l}$ ,  $0,74\mu\text{l}$  et  $0,92\mu\text{l}$ , et ont déduit que *Callosobruchus maculatus* la plus sensible à l'égard de cette huile.

Tapondjou et al., (2005), ont évalué l'activité insecticide des huiles essentielles du cyprès et de l'eucalyptus vis-à-vis de *Sitophilus zeamais* et de *Tribolium confusum*, ces auteurs ont obtenus des  $DL_{50}$  différentes pour les deux insectes appliquées par contact, ils obtiennent  $0,36\mu\text{l}$  pour *Sitophilus zeamais* et  $0,48\mu\text{l}$  pour *Tribolium confusum*, démontrant ainsi l'efficacité de ces deux huiles essentielles sur ces deux insectes. Autres travaux réalisés confirment aussi l'effet insecticide des huiles essentielles de certaines plantes sur les ravageurs des denrées stockées comme *Lavandula angustifolia*, *Rosmarinus officinalis*, *Thymus vulgaris* contre : *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum*. *Sitophilus oryzae* et *Rhyzopertha dominica* présentent le maximum de sensibilité pour les huiles essentielles (Rozman et al., 2007).

L'action toxique de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* a été mise en évidence par plusieurs chercheurs, Hashemi et Safavi (2012), ont étudié l'activité insecticide d'*Artemisia haussknechtii* sur *Sitophilus oryzae*. Il est à noter aussi que cette espèce a une activité insecticide dont les feuilles exerce une toxicité sur les adultes du bruche *Acanthoscelides obtectus* et la mite *Tineola bisselliella* (Negahban et al., 2007).

Sharifian et al., (2012) ont suggéré que l'huile essentielle de l'armoise blanche pourrait avoir un effet potentiel comme agent de contrôle contre *Rhyzopertha domonica*. La toxicité des huiles essentielles d'*Artemisia Argyi* contre *O. surinamensis* est étudié par (Lu et al., 2011). Les résultats montrent que ces huiles essentielles présentent un grand effet



insecticide et que la mortalité enregistré chez les individus augmente avec l'augmentation des concentrations. Le pourcentage de mortalité dépasse 97% quand la concentration monte.

Les propriétés insecticides de nombreuses huiles essentielles est principalement attribuées aux monoterpénoïdes qui sont généralement volatiles et lipophiles qui peuvent rapidement pénétrer dans les insectes et interfèrent avec leurs fonctions physiologiques (Reis et *al.* , 2014). En effet, cette activité peut s'expliquer par les composés majoritaires des huiles essentielles (Herman et *al.* , 2016 ; Carovic-Stanko et *al.* , 2010). Toutefois, ce n'est pas uniquement les composés majoritaires des HE qui sont responsables de cette activité insecticide, mais il peut y avoir aussi d'autres composés minoritaires qui peuvent interagir d'une façon synergique (Nagmo et hance, 2007). Cependant, il serait difficile de lier les activités insecticides et répulsives des huiles uniquement à l'effet individuel des constituants de l'huile essentielle; cela pourrait être dû à l'effet synergique de plusieurs éléments de l'huile. Des interactions complexes peuvent se produire entre les constituants majeurs et mineurs d'une manière synergique qui affecte l'activité insecticide. De même, les mélanges d'HE provenant de différentes plantes peuvent avoir une activité plus élevée que les extraits individuels de manière difficile à prédire (Geden, 2012). Par exemple, l'activité insecticide des terpènes dans certains HE était inférieure à celle des HE eux-mêmes (Palacios et *al.* , 2009). En effet, Zhang et *al.* , (2014) ont signalé que les propriétés de la bioactivité de l'huile essentielle d'*Artemisia argyi* peut être attribuée à la synergie entre les composants majeurs et mineurs de l'huile essentielle.

Parmi les composés chimiques présentent dans les huiles essentielles qui ont une grande efficacité, et à plus large spectre sont : 1,8 cinéole, carvacrol,  $\alpha$ - terpineol, terpinen-4-ol, linalol, et le camphre (Herman et *al.* , 2016 ; Carovic-Stanko et *al.* , 2010 ; Dorman et Deans, 2000).

En outre, les composants chimiques présents dans les HE<sub>s</sub> tels que le thymol, le linalool, le citronellol, le limonène, le carvacrol et le  $\alpha$ - et le  $\beta$ -pinène ont été largement documentés pour être des composés qui possèdent des activités larvicides et adulticide contre différents insectes nuisibles incluant les cafards (Appel et *al.*, 2001), les moustiques (Watanabe et *al.*, 1993), les mouches domestiques (Singh et Singh, 1991), les produits stockés (Tripathi et *al.*, 2002) et les termites (Zhu et *al.*, 2001). Ce qui est probablement expliquer l'activité insecticides sur les deux insectes étudiées.

Les résultats obtenus à travers cette étude montrent une nette différence dans l'efficacité des huiles essentielles de thym et d'*Artemisia*. A cet effet, les huiles

essentielles de thym paraissent plus efficace comparées avec les huiles essentielles d'Artemisia.

Le pouvoir insecticide et les différences observées dans l'efficacité des huiles essentielles sont expliqués par la composition et la richesse des huiles testées en composés d'une part et de leurs variabilités en fonction des espèces végétales d'autre part. Il est cependant clair qu'ils interviennent directement sur la morphologie ou la physiologie de l'organisme nuisible.

Dans notre travail, les analyses des huiles essentielles par CPG ont montré la présence des composants majoritaires connus par leurs propriétés insecticides, c'est le cas de carvacrol, thymol, camphre, et le chrysanthénone. Ces composés ont été caractérisés par leur activité biocide et répulsive contre de nombreux insectes ravageurs des denrées stockées (Keita *et al.*, 2000 ; Mansour *et al.*, 2015) , ce qui explique les propriétés insecticides vis-à-vis les insectes cibles. Certains auteurs ont étudiés les activités insecticides de *Thymus pallescens* et concluent que le thymol et le carvacrol sont les composants plus responsables de cette bioactivité. En outre, le Thymol et le Carvacrol, testés individuellement, était plus actif contre les larves d'*Alphitobius diaperinus* que l'huile essentielle de thym (Szczepanik *et al.* , 2012). Cependant, le Carvacrol à une large activité insecticide et affecte les insectes des denrées stockées par inhalation (Ahn *et al.*, 1998). Le Thymol et le Carvacrol sont très efficaces en inhibant la reproduction d'*Acanthosceides Obtectus* (Say) (Regnault-Roger et Hamraoui, 1995). Ces composés sont également efficaces contre *Oryzaephilus Surinamensis* (L.) (Shaaya *et al.*, 1990). Par conséquent, l'activité insecticide de *Thymus pallescens* pourrait essentiellement être liée à ces constituants.

En effet, d'après les travaux d'Obeng-Ofori *et al.* , (1997), les propriétés insecticides de 1,8-cinéole, le linalool, l'eugénol,  $\alpha$ -terpinéol et le cymol ont été démontrées sur plusieurs insectes *Tribolium confusum*, *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), *Rhyzoperta dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) et *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae).

L'huile essentielle riche en linalol, thymol, et carvacrol montre une activité toxique vis-à-vis des insectes, ce ci est confirmé par les travaux de Traboulsi *et al.* , (2002), qui ont testé huit composés contre les moustiques et ils ont prouvé que le thymol et le carvacrol présentent une activité insecticides très élevée.

Kordali et al., (2006) ont indiqué que le terpinen-4-ol est le composant le plus toxique aux adultes de *Sitophilus granarius* exposés pendant 12 h à l'huile d'Armoise blanche. En outre, il présente une toxicité prometteuse sur *Sitophilus oryzae* (L.) de riz par inhalation et une toxicité relativement forte sur les larves et les adultes du coléoptère *Leptinotarsa decemlineata* (Say). Ce même composé a été également signalé comme un composé toxique sur *Tribolium confusum* (du Val) (Kotan et al., 2008). Le 1,8-cineol a répertorié dans plusieurs huiles essentielles de plantes aromatiques comme un toxique pour plusieurs insectes. Cavalcanti et al., (2004) a mentionné que le eugénol et 1,8-cineol ont montré une bonne activité larvicide contre *Aedes aegypti*. Prates et al., (1998) ont également prouvé que les monoterpènes possèdent une activité insecticide soit par contact (sur la cuticule d'insecte), par inhalation ou par ingestion (sur le système digestif). Kundan et Anupam, (2010) ont été rapportés que le genre *Artemisia* est riche en métabolites secondaires tels que les huiles essentielles, dont le composé du camphre possède une toxicité contre les coléoptères stockés (Kordali et al., 2006; Neghban et al., 2007). Le camphre est une substance terpénique parmi les substances biologiquement actives contre les insectes, les champignons et les bactéries (Badreddine et al., 2015). Toutes ces données peuvent expliquer l'efficacité des huiles testées sur le développement de *Ryzopertha dominica* et *Sitophilus granarius*. En outre, les résultats de cette étude ont démontré que l'huile essentielle des plantes aromatiques sélectionnées présente d'excellentes propriétés adulticide.

Dans ce sens, Sung-Eun Lee et al.,(2001) ont déclaré que la toxicité des huiles essentielles à des insectes entreposés est influencée par la composition chimique de l'huile qui à son tour dépend de la source, la saison, les conditions écologiques, la méthode d'extraction, le temps d'extraction et la partie utilisée de plante.

Nos résultats indiquent l'effet insecticide des huiles essentielles de Thym et d'*Artemisia* par contact ou par ingestion mais avec des degrés variés. Cependant, l'effet par contact s'est avéré efficace comparé avec celui par ingestion. Cet effet est traduit par le calcul de la  $DL_{50}$  pour chaque mode d'emploi.

Prates et al., (1998) ont confirmé cette activité dont le mode d'action est pratiqué essentiellement par contact percement de la cuticule, par inhalation sur les activités respiratoires des insectes ainsi que par ingestion principalement sur le système digestif.

En effet, suivant le mode d'application soit par contact ou par ingestion, l'huile essentielle peut affecter directement ou indirectement les fonctions physiologiques

de l'insecte traité. Il est probable que les huiles essentielles affectent le système nerveux et le système digestif de l'insecte.

Des études antérieures expliquant le mode d'action des huiles essentielles ont montré que ces composés naturels peuvent provoquer des symptômes qui indiquent une activité neurotoxique, tel que les tremblements suivis d'une paralysie et la mort de l'insecte qui sont très semblables aux effets produits par les insecticides de type pyréthroïdes (Kostyukovsky et al., 2002). Par ailleurs, Keane et al., (1999) ont rapporté que les huiles essentielles sont des neurotoxines puissantes et peuvent inhibées l'enzyme acétylcholinestérase dans le système nerveux central. Ces effet ont été confirmé par les travaux menés par Polatoglu et al ., (2016), dont les résultats obtenus par ces auteurs ont montré que l'huile essentielle de *Crithmum maritimum* L. (Apiaceae) a provoquée une inhibition d'AChE d'environ 50,3%, l'inhibition de cette enzyme a été causé les monoterpénoïdes incluant le  $\alpha$ -terpinène. Cependant, dans le même rapport, l'enzyme d'AChE a été signalé comme étant capable d'avoir plus d'un monoterpène comme inhibiteur (López et al., 2015). Autrement, Abdelgaleil et al ., (2016) ont rapporté des nouvelles contributions sur le mode d'action des huiles essentielles sur les insectes des denrées stockées par l'inhibition de l'activité des ATPases. Cependant, Guo et al .,(2009) ont constaté que les monoterpénoïdes, le terpinène-4-ol, ont une forte inhibition de l'activité de la Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> et l'ATPase de la mouche domestique in vivo et in vitro.

Les études menées par Park et al ., (2016) démontre que le p-cymène, le thymol et le carvacrol étant des composants des HE<sub>s</sub> qui étaient actifs dans la toxicité contre *Drosophila suzukii* par contact. En outre, les principaux composants de *Thymus zygis* étaient le thymol, le carvacrol et le p-cymène, ce dernier avait peu de toxicité de contact (mâle: 7,5 ± 3,1%, femelle 1,5 ± 0,7%) même à la plus haute concentration de 20 g / mouche. Par contre, le thymol et carvacrol ont provoqué une activité relativement plus forte.

Les différences de la réponse des deux espèces d'insectes pourraient être attribuées aux différences morphologiques et comportementales. Ces résultats se corroborent avec ceux obtenus par Gomah et sahar , (2011) après des travaux sur l'effet adulticide des huiles essentielles de *Cinnamomum camphora*, *Ocimum basilicum*, *Chenopodium ambrosioides*, et *Pimpinella anisum* contre les insectes des denrées stockées *Trogoderma granarium* (Everts) et *Tribolium castaneum* (Herbst). Ces auteurs ont montré leur efficacité sur ces espèces, dont le taux de mortalité et variable selon l'espèce végétale, le temps et l'insecte cible.

En effet, l'efficacité des huiles essentielles ne sont pas les mêmes pour tous les insectes (Bekele *et al.* , 2001), il faut noter qu'il ya une grande variation dans la sensibilité des espèces pour une même huile essentielle ou même pour un même composé. Une même molécule allélochimique n'exerce pas forcément la même activité aux différents stades du cycle biologique d'un insecte (Shaaya *et al.* , 1991). Les molécules actives des plantes insecticides peuvent varier d'une famille à une autre, ainsi qu'à l'intérieur d'une famille et la sensibilité peut différer d'une espèce à une autre (Gueye *et al.* , 2011).

## Conclusion et perspectives

---

Les dégâts causés aux denrées stockées par divers déprédateurs en particulier les insectes, sont souvent importants et contraint l'agriculteur à recourir à des mesures de protection. En effet, l'emploi des insecticides chimiques est la méthode la plus utilisée pour réduire la gravité de ces ravageurs, cependant, l'utilisation de ces produits synthétiques ne sont pas recommandable pour plusieurs raisons : leur nocivité pour l'organisme, la pollution de l'environnement, et surtout le développement des insectes résistants. La recherche de nouvelles méthodes alternatives plus efficaces et moins polluantes s'avère donc nécessaire, ainsi l'utilisation de formulations à base des plantes aromatiques peut présenter de nombreux avantages par rapport aux insecticides de synthèse.

Les démarches suivies par la présente étude avaient pour objet d'évaluer la toxicité des huiles essentielles de *Thymus pallescens* Noé et d'*Artemisia herba alba* Asso contre *Rhyzopertha dominica* et *Sitophilus granarius*, pour cela, nous avons procédé à l'extraction des huiles essentielles de plantes aromatiques par hydrodistillation afin de calculer leur rendement, analyser leur composition chimiques et d'évaluer leur activité insecticide. Au terme de ce travail, on a pu obtenir les résultats suivants :

Le *Thymus pallescens* avait donné un rendement de 2,32%, qui est plus élevé que celui obtenu par l'*Artemisia herba alba* 0,98%. L'analyse de la composition chimique de ces deux huiles essentielles a permis d'identifier leurs constituants majoritaires, l'huile de *Thymus pallescens* est composée principalement par le carvacrol (54,09%) et le thymol (16,24%), alors que l'essence d'*A. herba alba* a montré une dominance du camphre (24,60%) et de chrysanthenone (14,6%).

Les essais réalisés ont montré que les deux huiles essentielles présentent un effet insecticide sur les adultes de *Sitophilus granarius* et *Rhyzopertha dominica* dont l'efficacité varie selon l'insecte traité (*Sitophilus granarius* ou *Rhyzopertha dominica*), et le mode d'application (contact ou ingestion). Concernant l'effet contact, les deux huiles essentielles ont provoqué des taux de mortalité assez important contre les deux insectes testées, dont la mortalité a dépassé 50% après 24h dès la plus faible dose, tandis que le taux de mortalité n'atteint 100% qu'à la plus forte dose.

Cependant, l'effet d'huile essentielle de thym par ingestion, a montré une déférence très hautement significative vis-à-vis les deux insectes ciblés, avec des taux de mortalité variant 16,67 à 98,33% pour *Rhyzopertha dominica* et 18,33 à 60% pour *Sitophilus granarius*. En revanche l'effet d'huile essentielle d'*Artemisia* est augmenté significativement

## Conclusion et perspectives

---

avec l'augmentation de la dose, dont le taux de mortalité allant de 26,67 à 63,33% pour *R.dominica* et de 15% à 60% pour *Sitophilus granarius*. Ce pouvoir bioactif observé chez les deux huiles semble être le résultat de l'un ou de plusieurs éléments constitutifs de ces essences végétales.

L'examen des valeurs des DL<sub>50</sub> après 24h d'exposition des insectes aux différentes doses des huiles testés, on a constaté que les deux huiles essentielles agissent mieux par contact que par ingestion. Les valeurs des DL<sub>50</sub> des huiles essentielles testées pour chaque espèce étudiée étaient comme suit : concernant le thym, 8392,661ppm pour *Rhyzopertha dominica* et 7392,014ppm pour *Sitophilus granarius*, quant à l'Artemisia, on a obtenu des DL<sub>50</sub> de 9246,012 ppm pour *Rhyzopertha dominica* et 8508,433 ppm pour *Sitophilus granarius*.

D'après ces résultats, il serait intéressant d'évaluer les effets de ces deux huiles essentielles sur d'autres stades biologiques des insectes étudiés, sur d'autres insectes nuisibles des denrées stockées avec d'autres tests de toxicité (par inhalation par exemple) pour exploiter leurs propriétés insecticides dans le domaine de la protection des entrepôts, même que d'évaluer les effets des autres plantes aromatiques sur les insectes nuisibles de stocks . Il est important aussi d'étudier la qualité boulangère des graines traitées avec les huiles essentielles.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbad A., Kasrati A., Jamali C.A., Zeroual S., M'hamed T.B., Spooner-Hart R., Leach, D., 2014.** Insecticidal proprieties and chemical composition of essential oils of some aromatic herbs from Morroco. *Nat. Prod.Res.* **28**(24), 2338-2341.
- Abbott W.S., 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, **18**, 265-267.
- Abdelaziz S.E., 2011.**Control Strategies of Stored Product Pests. *Journal of Entomology*. **8**(2), 101-122.
- Abdelgaleil, S.A.M., Mohamed, M.I.E., Shawir, M.S., Abou-Taleb, H.K., 2016.**Chemical composition, insecticidal and biochemical effects of essential oils of different plant species from Northern Egypt on the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. *J. Pestic. Sci.* **89**, 219–229.
- Abis S., 2012.** Le blé en Méditerranée : sociétés, commerce et stratégies.. *CIHEAM*. 241-247.
- Ahn Y.J., Lee S.B., Lee H.S., Kim G.H., 1998.** Insecticidal and acaricidal activity of carvacrol and  $\beta$ -thujaplicine derived from *Thujopsis dolabrata* var. Hondai sawdust. *J. Chem. Ecol.* **24**, 81-90.
- Aidani H., (2015).** *Effet des attaques de Capucin des grains (Rhizopertha dominica) sur les céréales stockées. « Estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif Cas de blé dur dans la région de Tlemcen ».* Thèse en vue de l'obtention de diplôme en master en Agronomie. Tlemcen, Université Abu Bekr Belkaid, 104 p.
- Ait Taadaouit N., Nilahyane A., Hsaine M., Rochdi A., Hormatallah A., Bouharroud R., 2011.** L'effet des extraits végétaux sur la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae). *Actes du Premier Congrès International de l'Arganier*. **15**(17) ,411-417.
- Akrout A ., Eljami H., Amouri S ., Neffati M ., 2010.**Screening of Antiradical and antibacterial activities of essential oils of *Artemisia campestris* L ., *Artemisia herba alba* Asso and *Thymus capitatus* Hoff .et link Wild in the Southern of Tunisia .*Recent Research in Science and Technology*.**2**(1 )29-39 .
- Akrout A., 2004.** Essential oil study of some pastoral plants from Matmata (south Tunisia) (in French). *Cah. Options Med.* **62**, 289-292.
- Ammar M., 2014.** *Organisation de la chaine logistique dans la filière céréale en Algérie. Etat des lieux et perspectives.* Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme haut études du CIHEAM. *Montpellier*, 127 p.
- Appel, A.G., Gehret M.J., Tanley M. J.. 2001.** Repellency and toxicity of mint oil to American and German cockroaches (Dictyoptera: Blattidae and Blattellidae). *J. Agric. Urban Entomol.* **18**,149-156.
- Arthur F.H., 2006.** Initial and delayed mortality of late-instar larvae, pupae, and adults of *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) exposed at variable temperatures and time intervals. *Journal of Stored Products Research*, **42**, 1-7.
- Astuti L., Mudjiono G., Rasminah S., Rahardjo B., 2013.** Influence of temperature and humidity on the population growth of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera, Bostrichidae) on milled rice. *Journal Of Entomology*, **10**, 86–94.
- Badreddine B.S., Olfa E., Samir D., Hnia C., Ben Jamaa Mohamed L.B.J., 2015.** Chemical composition of *Rosmarinus officinalis* and *Lavandula stoechas* essential oils and their insecticidal effects on *Orgyia trigotephras* (Lepidoptera: Lymantriidae). *Journal of Coastal Life Medicine*; **3**(1): 64-69.



**Badreddine B.S., Baouind M., 2016.** Effects of *Artemisia herba-alba* essential oils on survival stored cereal pests: *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera, Tenebrionidae) and *Trogoderma granarium* (Everst) (Coleoptera, Dermestidae). *Journal of Coastal Life Medicine*. **4**(5), 390-394.

**Bailey P.T., 2007.** *Pests of Field Crops and Pastures: Identification and Control*. Australia, Csiro Publishing, 528 p.

**Barbaud A., Waton J., 2016.** *Actualités en Dermato-Allergologie, Nancy : 37e cours d'actualisation*. France, John Libbey Eurotext, 364 p.

**Bekele J., Hassanali A., 2001.** Blend effects in the toxicity of the essential oil constituents of *Ocimum kilimandscharicum* and *Ocimum kenyense* (Labiatae) on two post-harvest insect pests. *Phytochemistry*. **57**(3), 385-391.

**Bekon K., Fleurat-Lessard F., 1989.** « Evolution des pertes en matière sèche des grains dues à un ravageur secondaire : *Tribolium castaneum* (Herbst), coleoptère Tenebrionidae, lors de la conservation des céréales. », *Céréales en région chaudes*. 97-104.

**Benazzeddine S., 2010.** Activité insecticide de cinq huiles essentielles vis-à-vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera; Curculionidae) et *Tribolium confusum* (Coleoptera; Tenebrionidae).

**Benchagra H.K., Ghanami M., Satrani B., Aafi A., Chaouch A., 2012.** Antimicrobial activity of the essential oil of an endemic plant in Morocco, *Artemisia mesatlantica*. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, **81**, 4-21.

**Benhalima H., Chaudhry M.Q., Mills K.A., Price N.R., 2004.** Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. *J. Stored Prod. Res.*, **40**, 241-249.

**Berhaut P., Le Bras A., Niquet G., Griaud P., 2003.** *Stockage et conservation des grains à la ferme*, ARVALIS, Institut du végétal, Tec et Doc, 108 p.

**Bittner M.L., Casanueva M.E., Arbert C.C., Aguilera M.A., Hernández V.J., Becerra J.V., 2008.** Effects of essential oils from five plant species against the granary weevils *Sitophilus zeamais* and *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera). *J. Chil. Chem. Soc.*, **53** (1), 1455-1459.

**Boina D., Subramanyam B., 2004.** Relative susceptibility of *Tribolium confusum* life stages exposed to elevated temperatures. *J. Econ. Entomol.* **97**(6), 2168-2173.

**Boukhatem, M.N., Ferhat M.A., Kameli A., Saidi F., Taïbi H., Djamel, T., 2014.** Potential application of Thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil as antibacterial drug in aromatherapy. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, **8**(4), 1418-1431.

**Brader B., Lee R.C., Plarre R., Burkholder W., Kitto G.B., Kao C.H., Polston L., Dorneanu E., Szabo I., Mead B., Rouse B., Sullins D., Denning R., 2002.** A comparison of screening methods for insect contamination in wheat. *Journal of Stored Products Research*. 3875-86.

**Briggle L.W., Reitz L.W., 1963.** *Classification of Triticum species and of wheat varieties grown in the United States*. Washington, U.S. Dept. of Agriculture. 135p.

**Caid H.S., Ecchammakh T., Elamrani A., Khalid A., Boukroute A., Mhamou A., Demandre C., (2008).** Altérations accompagnant le vieillissement accéléré de blé tendre. *Cahiers Agricultures*, **17**(1), 39-44.

- Capinera J.L., 2008.** *Encyclopedia of Entomology*, (2éd).USA, Springer Science & Business,43-46 p.
- Carovic-Stanko K., Orlic S., Politeo O., Strikic F., Kolak I., Milos M., 2010.** Composition and antibacterial activities of essential oils of seven *Ocimumtaxa*.*Food Chem.* **119**(1), 196-201.
- Cavalcanti E.S., Morais S.M., Lima M.A., Santana E.W., 2004.** Larvicidal activity of essential oils from Brazilian plants against *Aedes aegypti* L. *Mem Inst Oswaldo Cruz.***99** (5).541-4.
- Chanbang Y., Arthur F.H., Wilde G.E., Throne J.E., 2007.** Efficacy of diatomaceous earth to control *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae), *Journal of Stored Products Research* **26**(7), 923–929.
- Chazel M., Chazel L., 2012.***Découverte naturaliste des garrigues : Guide pratique*.Paris, Quae, 208p.
- Chehma A., Djebbar M.R., 2008.** Les espèces médicinales spontanées du Sahara septentrional algérien : distribution spatio-temporelle et étude ethnobotanique.*Revue Synthèse*, **17**,36-45.
- Chikhoune A., 2007.***Huiles essentielles de thym et d'origan etude de la composition chimique, de l'activité antioxydante et antimicrobienne*. Thèse pour l'obtention de diplôme de Magister en agronomie, El-Harrach, Institut National Agronomique,151 p.
- Clevenger J.F., 1928.**Apparatus for the determination of volatile oil. *American Pharmaceutical association*, **17**,345-349.
- Cruz J.F, Troude F., 1988.** *Conservation des Grains en Régions Chaudes « Techniques Rurales en Afrique »*.2 éd. France, CEEMAT, 548 p.
- Cruz J.F., Dimanche P., Ducamp-Collin M.N., Fliedel G., Joas J., Marchand J.L., Mestres C. Troude F., 2002.** *La récolte, le stockage et la première transformation* In « *Mémento de l'agronome*». Paris, Quae, 717-746.
- Cruz J.F., Diop A., 1989.***Genie agricole et développement : techniques d'entreposage*. Food & Agriculture Org, 126 p.
- Cruz J.F., Hounhouigan D.J., Fleurat-Lessard F., 2016.** *La conservation des grains après récolte : Agriculture tropicales en poche*. France, Quae, 256p.
- Curado M.A., Oliveira C.B.A., Jesus J.G., Santos S.C., Seraphin J.C., Ferri P.H., 2006.** Environmental factors influence on chemical polymorphism of the essential oils of *Lychnophora ericoides*. *Phytotherapy*, **67**, 2363-2369.
- Dabrie C., Niango Ba M., Sanon A., 2008.** Effects of crushed fresh *Cleome viscosa* L. (Capparaceae) plants on the cowpea storage pest, *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera: Bruchidae). *International Journal of Pest Management*, **54** (4), 319-326.
- Dahmani-Hamzaoui N., BaaliouamerA.,2010.** Chemical composition of Algerian *Artemisia herba-alba* essential oils isolated by microwave and hydrodistillation. *J.Essential Oil Res.***22**, 6, 514-517.
- Dal B.G., Padin S., Lopez lastra C., Fabrizio M., 2001.** Laboratory evaluation of Chemical-biological control of the rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.) in stored grains. *Journal of Stored Products Research*, **37**, 77-84.
- Danho M., Haubruge E., 2003.** Comportement de ponte et stratégie reproductive de *Sitophilus zeamais* [Coleoptera : Curculionidae].*Phytoprotection*, **84**(2) ,59-67.

**Dauguet S., Lacoste F., Ticot B., Loison J-P., Evrard J., Bouchtane B., Soulet B., 2006.** La filière oléagineuse se mobilise autour de la problématique des résidus d'insecticides. *Qualité et sécurité sanitaire des aliments*.**13**(6),373-377.

**De Carvalho B.N.C.R., Negrisoli Junior A.S., Bernardi D., Silveira Garcia M., 2013.** Activity of eight strains of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae) against five stored product pests. *Experimental Parasitology*, **134**,384-388.

**De Groot I., 2004.***Protection des céréales et des légumineuses stockées*, Agromisa, 2 éd. Agromisa Foundation 74 p.

**Delobel A.,Tran M., 1993.** *Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes*, Paris, Orstom, 423p.

**Diaz-Gomez O.,Rodriguez J.C., Shelton A.M.,Lagunes-T.A.,Bujanos M.R, 2000.** Susceptibility of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) populations in Mexico to commercial formulations of *Bacillus thuringiensis*.*Journal of Economic Entomology*, **93**(3), 963-970.

**Djermoun A., 2009.** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques, *Revue Nature et Technologie*, (1), 45-53.

**Dob T., Ben Abdelkader T., 2006.** Chemical composition of the essential oil of *Artemisia herba-alba* Asso grown in Algeria. *J. Essen. Oil Res.*, **18**, 685-690.

**Dorman H.J.D.,Deans S.G., 2000.** Antimicrobial agent from plant, antibacterial activity of plant volatile oils.*Appl : Microbial*. **88**(2),308-316.

**Douar Iatreche S., 2012.** *Composition chimique et activité antioxydante d'extraits du fenouil annuel (Ammi visnaga Lamk.), du thé mexicain (Chenopodium ambrosioides L.) et d'une espèce de thym (Thymus palleescens de Noé)*. Thèse pour l'obtention de diplôme de Magister en sciences agronomiques, El-Harrach, Ecole supérieur agronomique,150 p.

**Doukani K., Tabak S., Gourchala F., Mihoub Founes M., Benbag uara M., 2013.** Caractérisation physico-chimique du blé fermenté par stockage souterrain (Matmora), *Revue Ecologie-Environnement*, (9),1-9.

**Doumandji A., Doumandji-Mitiche B., Salaheddine D., 2003.** Cours de technologie des céréales technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stockage. In : Etude des activités antioxydante et antifongique de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis* sur les moisissures des légumes secs. En vue de l'obtention du Diplôme de Magister en Sciences Alimentaires,Université Mentouri Constantine,122p.

**Ebrahimi S.N., Mirjalili J.H., Sonboli A., Yousefzadi M., 2008.**Essential oil composition and antibacterial activity of *Thymus caramanicus* at different phenological stages. *Journal Food Chemistry*,**110**(4),927-931.

**Edde P.A., 2012.** A review of the biology and control of *Rhyzopertha dominica* (F.) the lesser grain borer. *Journal Of Stored Product Research* **48**, 1-18.

**El Ouali Lalami A., EL-Akhal F., Ouedrhiri W., Ouazzani Chahdi F., Guemmouh R., Greche H., 2013.** Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de deux plantes aromatiques du centre nord marocain : *Thymus vulagris* et *Thymus satureioidis*, *Les Technologies de laboratoire* , **8**(31),27-33.

**EL Rhaffari L., 2008.** *Catalogue des plantes potentielles pour la conception de tisanes, l'organisation non gouvernementale italienne (MOVIMONDO)*, p 11.

**El-Guedoui R., 2003.** *Extraction des huiles essentielles du Romarin et du Thym. Comportement insecticide des ces deux huiles sur Rhyzopertha dominica (Fabricus) (Coleoptera, bostrychidae)*. Thèse ing., E.N.P., El-Harrach, Alger, 76 p.

**Enan E., 2001.** Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* .**130**(3),325-337.

**Feillet P., 2000.** *Le grain de blé composition et utilisation: Mieux Comprendre*. INRA, Paris, 308 p.

**Fianko J.R., Donkor A., Lowor S.T., Yeboah P.O., Glover E.T., Adom T.,Faanu A., 2011.** Health risk associated with pesticide contamination of fish from the densu river basin in Ghana. *Journal of Environmental Protection*, **2**(2), 115-123.

**Finney D.J., 1971.** *Statistical Methods in Biological Assay, 2<sup>nd</sup> edition*. London: Griffin, 333 p. In: Ndomo A.F., Tapondjou A.L., Tendonkeng F., Tchouanguép F.M., 2009. Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae). *Tropiculture*, **27**(3) ,137-143.

**Fischer R.A., Beyele D., Edmeads G.O., 2009.** *Can technology deliver on the yield challenge to 2015, paper prepared for expert meeting on "How to Feed the World in 2050"*. FAO, Roma, 24 -26.

**Fleisher Z., Fleisher A., Nachbar R.B., 2002.** Chemovariation of *Artemisia herba-alba* Asso. Aromatic plants of the Holy Land and the Sinai Part XVI. *J Ess Oils Res*. **14**,156–60.

**Fleurat-Lessard F., Dupuis S.A., 2010.** Comparative analysis of upper thermal tolerance and CO<sub>2</sub> production rate in two different European strains of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research* **46**, 20-27.

**Flinn P.W., Kramer K.J., Throne J.E., Morgan T.D., 2005.** Protection of stored maize from insect pests using a two-component biological control method consisting of a hymenopteran parasitoid, *Theocolax elegans*, and transgenic avidin maize powder. *Journal of Stored Products Research*. **42**,218-225.

**France. Ministère des affaires étrangères. 2002.** *Mémento de l'agronome*. Paris, Quae, 1691p.

**Frappa C., 1938.** Les insectes nuisibles au Manioc sur pied et aux tubercules de Manioc en magasin à Madagascar. *Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale*, **18**(198),104-109.

**Gakuru S., Foua-BI K., 1996.** *Effet d'extraits de plantes sur la bruche du niébé Coltosobructius maculatus Fab. et le charançon du riz Sitophilus oryzae L.* *Cahiers Agriculture*; **5**(1),39-42.

**Geden C.G.,(2012).** Status of biopesticides for control of house flies. *J.Biopest*. **5**,1-11.

**Gerozisis J., Hadlington P., Staunton I., (2008).** *Urban Pest Management in Australia*. (5<sup>éd</sup>), Australia, UNSW Press, 326 p.

**Ghrabi Z., Al-Rowaily S.L.R., 2005.** *A guide to medicinal plants in North Africa. Artemisia herba alba Asso*. Malaga Spain, (IUCN) , 256p.

**Gleizes J-F., 2016.** *Des chiffres et des céréales : L'essentiel de la filière*. Passion céréales, Disponible sur internet : <http://www.igc.int/downloads/gmrsummary/gmrsummf.pdf>, [consulté le 25/04/2017].

**Glitho I.A., Ketoh K.G., Nuto P.Y., Amevoin S.K., Huignard I., 2008.** Approches non toxiques et non polluantes pour le contrôle des populations d'insectes nuisibles en Afrique du Centre et de l'Ouest.Ch.9. In : Regnault Roger C, Philogène BJR, Vincent C, *Biopesticides d'Origine Végétale*. 2<sup>éd</sup>, Paris, Lavoisier, TEC & DOC, 550p.

**Glitho I.A., Ketoh K.G., Koumaglo H.K., 1997.** *Effets de quelques huiles essentielles sur l'activité reproductrice de Callosobruchus maculatus Fab. Annales de l'Université d'Ouagadougou* 5,174-185.

**Gomah E.N., Sahar I.A.I., 2011.** Chemical composition and the insecticidal activity of certain plants applied as powders and essential oils against two stored-products coleopteran beetles. *Journal of Pest Science*. 84(3), 393-402.

**Gordth G., Headrick D., 2011.** *A dictionary of entomology*.UK, CABI, 1526p.

**Grainscanada, 2017.** Protection des céréales, des oléagineux et des légumineuses à grain entreposés à la ferme contre les insectes, les acariens et les moisissures. Disponible sur internet : [https://www.grainscanada.gc.ca/storage-entrepouse/aafc-aac/pfsg-pgef-6\\_fra.htm#tphp](https://www.grainscanada.gc.ca/storage-entrepouse/aafc-aac/pfsg-pgef-6_fra.htm#tphp), [consulté le 20/03/2017].

**Guèye M.T. , 2012.** *Gestion intégrée des ravageurs de céréales et de légumineuses stockées au Sénégal par l'utilisation de substances issues de plantes*. Thèse de doctorat, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, 216 p.

**Guèye M.T., Seck D., Wathelet J-P., Lognay G., 2011.** Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale : synthèse bibliographique. *Biotechnol. Agro. Soc. Environ* .15(1): 183-194.

**Guo Z., Ma Z., Feng J., Zhang X., 2009.**Inhibition of Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-ATPase in housefly (*Musca domestica* L.) by terpinen-4ol and its ester derivatives. *Agric Sci China* 8,1492–1497.

**Gurcharan S., 2010.** *Plants Systematics: an integrated approach*.2<sup>éd</sup>.India, Taylor & Francis, 756p.

**Gwinner J., Harnisch R., Mück O., 1996.** Manuel sur la manutention et la conservation des grains après récolte, Projet de production des stocks et des récoltes, GTZ, 388 p.

**Hagstrum D.W., Phillips T.W., Cuperus G., 2012.***Stored Product Protection*, K-State Research and Extension.Kensas,358p.

**Haouari M., Ferchichi A., 2009.** Essential Oil Composition of *Artemisia herba-alba* from Southern Tunisia. *Molecules*. 14, 1585-1594.

**Hashemi S.M., Safavis A., 2012.**Chemical Constituents and Toxicity of Essential Oils of Oriental *Arborvitae*, *Platycladus orientalis* (L.) Franco, against Three Stored-Product Beetles. *Chilean J. Agric. Res.*72(2),188-194.

**Hazzit M ., Baaliouamer A., Faleiro M.L., Miguel M.G., 2006.** Composition of the Essential Oils of Thymus and Origanum Species from Algeria and Their Antioxidant and Antimicrobial Activities. *J. Agric. Food Chem.*, **54**, 6314-6321.

**Hazzit M., Baaliouamer A., 2009.** Variation of Essential Oil Yield and Composition of *Thymus palleescens* de Noé from Algeria. *Journal of Essential Oil Research*, **21**,162-165.

**Herman A., Tambor K., Herman A., 2016.** Linalool Affects the Antimicrobial Efficacy of Essential Oils. *CurrMicrobiol.* **72**, 165–172.

**igc, (2017).** *Rapport marché des céréales*. International Grains Council.

**Isman M.B., 2006.** Botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.*, **51**, 45-66.

**Isman M.B., 1994.** Botanical insecticides and antifeedants: new sources and perspectives. *Pesticide Research Journal*, **6**(1), 11–19.

**Kadri A., Zarai Z., Békir A., Gharsallah N., Damak M., Gdoura R. 2011.** Chemical constituents and antioxidant activity of the essential oil from aerial parts of *Artemisia herba-alba* grown in Tunisian semi-arid region. *Afr.J.Biotechnol.* **10**(15), 2923-2929.

**Kavallieratos N.G., Athanassiou C.G., Arthur F.H., Throne J.E. 2012.** Lesser grain borers, *Rhyzopertha dominica*, select rough rice kernels with cracked hulls for reproduction. *Journal of Insect Science* **12**(38), 1-8.

**Keane S., Ryan M.F., 1999.** Purification, characterization, and inhibition by monoterpenes of acetyl cholinesterase from the waxmoth, *Galleria mellonella* (L.). *Insect Biochemistry and Molecular Biology*.**29** (12), 1097-1104.

**Kechout F., 2001.** *Efficacité de trois extraits végétaux et de deux insecticides vis-à-vis de Sitophilus oryzae L. (Coleoptera, Curculionidae)*. Thèse ing., sci.agr., I.N.A., El Harrach, 30-35p.

**Kéïta S.M. Vincent C., Schmit J.P., Ramasway S., Belanger A., 2000.** Effect of various essential oils on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*.**36**, 335-364.

**Kellouche A., Soltani N., 2004.** Activité biologique des poudres de cinq plantes et de l'huile essentielle d'une d'entre elle sur *Callosobruchus maculatus* (F.) *International Journal of Tropical Insect Science*. **24** (1), 184-191.

**Ketoh G.K., Glitho I.A., Koumaglo H.K., 2004.** Activité insecticide comparée des huiles essentielles de trois espèces du genre *Cymbopogon* (Poaceae). *J. Soc. Ouest-Afr. Chim*, **18**, 21-34.

**Kheladi M., 2009.** L'industrie agroalimentaire : Réalité, Enjeux et problèmes. *Recherches économiques et managériales*. (6), 32-67.

**Kim S., Roh J.Y., Kim D.H., Lee H.S., Ahn Y.J., 2003.** Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. *J Stored Prod Res*.**39** (3).293–303.

**Kolai N., Saïah F., Boudia A., 2012.** Effet inhibiteur in vitro de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* sur deux souches de *fusarium oxysporum* f. Sp. *Radiciis-lycopersici*.**2**(1) ,71-76.

**Kordali S., Aslan I., Çalmaşur O., Cakir A., 2006.** Toxicity of essential oils isolated from three *Artemisia* species and some of their major components to granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Ind Crops Prod.* **23**(2), 162-70.

**Kostyukovsky M., Rafaeli A., Gileadi C., Demchenko N., Shaaya E., 2002.** Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants: possible mode of action against insect pests. *Pest Management Science.* **58** (11), 1101-1106.

**Kotan R., Kordali S., Cakir A., Kesdek M., Kaya Y., Kilic H., 2008.** Antimicrobial and insecticidal activities of essential oil isolated from Turkish *Salvia hydrangea* DC. ex Benth. *Biochem Syst Ecol.* **36**(5-6), 360-368.

**Kundan S.B., Anupam S., 2010.** The Genus *Artemisia*: A Comprehensive Review. *J. Pharm. Biol.* **49** (1), 101-109.

**Kusińska E., 2001.** Effect of the triticale grain moisture content on the spontaneous heating of grain and on the pressure against the silo wall. *Int. Agrophysic.* **15**, 247-254.

**Ladang Y.D., Ngamo L.T.S., Ngassoum M.B., Mapongmestsem P.M., Hance T., 2008.** Effect of sorghum cultivars on population growth and grain damages by the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). *African Journal of Agricultural Research.* **3**(2), 255-258.

**Lamboni Y., Hell K., 2009.** Propagation of mycotoxigenic fungi in maize stores by post-harvest insects. *International Journal of Tropical Insect Science.* **29** (1), 31-39.

**Lepesme P., 1944.** *Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés.* Ed. P. Le chevalier, Paris, pp. 61 - 67.

**Leraut P., 2015.** *Les insectes : Histoires insolites.* France, Quae, 120p (Carnets de sciences).

**Liu X.C., Li.Y., Wang T., Wang Q., Liu Z.L., 2014.** Chemical composition and insecticidal activity of essential oil of *Artemisia frigid* Willd (Compositae) against two grain storage insects. *Trop. J. Pharm. Res.* **13**(4), 587–592.

**Liu ZL, Chu SS, Liu QR., 2010.** Chemical composition and insecticidal activity against *Sitophilus zeamais* of the essential oils of *Artemisia capillaries* and *Artemisia mongolica*. *Molecules.* **15**(4), 2600-2608.

**Longstaff B.C., 1981.** (Coleoptera: Curculionidae): a critical review. *Protection ecology.* **2**, 83-130.

**López M.D., Pascual-Villalobos M.J., 2010.** Mode of inhibition of acetylcholinesterase by monoterpenoids and implications for pest control. *Industrial Crops and Products.* **31**, 284-288.

**Mahroof R.M., Edde P.A., Robertson B., Puckette J.A., Phillips T.W., 2010.** Dispersal of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in different habitats. *Environmental Entomology.* **39**(3), 930-938.

**Majeed Z.M., Mahmood T., Javad M., Sellami F., Riaz M.A., Afzal M., 2015.** Biology and management of stored products insect pest *Rhyzopertha dominica* (Fab.) (Coleoptera: Bostrichidae). *International journal of biosciences.* **7**(5), 78-93.

**Mansour S.A., El-Sharkawy A.Z., Abdel-Hamid N.A., 2015.** Toxicity of essential plant oils, in comparison with conventional insecticides, against the desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forskål). *Industrial Crops and Products.* **63**, 92-99.

- Mason L., Mc Donough M., 2012.** Biology, Behavior, and Ecology of Stored Grain and Legume Insects. *Ecology of Storage Systems*, 1-14.
- Mayet J., 2013.** *365 jours ou Les éphémérides allant du XVII<sup>e</sup> au XXI<sup>e</sup> siècle.* France, Mon petit éditeur, 716 p.
- Mohamed A.E.H., El Sayed M.A., Hegazy M.E., Helaly S.E., Esmail A.M., Mohamen N., 2010.** Chemical constituents and biological activities of *Artemisia herba-alba*. *Rec. Nat. Prod.* **4**(1),1–25.
- Mohammedi Z., 2006.** *Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelque plantes de la région de Tlemcen*. Thèse. Mag. Biologie. Univ. Tlemcen. 103P.
- Multon J.L., 1982.** *Conservation et Stockage Des Grains et Graines et Produits Derivés : Céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux.* Technique & Documentation Lavoisier, Paris, 576p. In : Gacem M.A., 2011. *Contribution à l'étude de l'activité antifongique et antimycotoxinogène des extraits méthanolique et aqueux des graines de Citrullus colocynthis sur la croissance de quelque moisissure d'altération de blé tendre stocké.* En vue de l'obtention du Diplôme de Magister en biologie. Université Kasdi Merbah- Ouargla, 149p.
- Multon J.L., 1982.** *Conservation et stockages des grains et graines et produits dérivées. Céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux.* Ed. Lavoisier, Paris, 576 p.
- Multon J.L., 1982.** Interactions entre l'eau et les constituants des grains et graines et produits dérivés ; 115-116. In Multon J.L. *Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés.* Lavoisier. Paris, 1155p.
- Naghibi F., Mosaddegh M., Mohammadi Motamed S., Ghorbani A., 2005.** Labiatae Family in folk Medicine in Iran: from Ethnobotany to Pharmacology. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, **4**(2), 63-79.
- Navarro S., Noyes R.T., 2001.** The Mechanics and Physics of Modern Grain Aeration Management. USA.CRC Press. 672 p.
- Neethirajan S., Karunakaran C., Jayas D.S., White N.D.J., 2007.** Detection techniques for stored-product insects in grain. *Food Control* **18**(2), 157-162.
- Neffati A., Skandrani I., Neffati M., Chraief I., Chekir-Ghedira L., 2008.** Chemical composition, mutagenic and antimutagenic activities of essential oils from (Tunisian) *Artemisia campestris* And *Artemisia herba alba*. *J. Essent. Oil. Res.* **20**, 471-477.
- Negahban M., Moharramipour S., Sefidkon F., 2007.** Fumigant toxicity of essential oil from *Artemisia sieberi* Besser against three stored-product insects. *J. Stored Prod. Res.* **43**,123–128.
- Nerio L.S., Olivero-Verbel J., Stashenko E., 2010.** Repellent activity of essential oils: a review. *Bioresour Technol.* **101**(1), 372-378.
- Ngamo L.S.T., Hance T., 2007.** Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. *Tropicultura* **25** (4), 215-220.
- Niber T.B., Hellenius J., Varis A.L., 1992.** *Toxicity of plant extracts to three storage beetles (Coleoptera).* *J. Appl.Ent.* **113** (1-5), 202-208.
- Nuto Y., 1995.** *Synergistic action of co-occurring toxins in the root bark of Zanthoxylum zanthoxyloides (Rutaceae) against the cowpea beetle Callosobruchus maculatus (Coleoptera: Bruchidae).* Thesis of Ph.D.S.U.N.Y. Syracuse, New York, 107p.



- Obeng-Ofori D., Reichmuth C.H., Bekele J., Hassanali A., 1997.** Biological activity of 1,8-cineole, a major component of essential oil of *Ocimum kenyense* (Ayobeingira) against stored product beetles. *J. Appl. Entomol.*, **121**, 237-243.
- O'Kelly, E., 1983.** *Traitement et stockage des céréales vivrières par les ménages ruraux*. Rome, Food & Agriculture Org, 134 p.
- Ouyahya A., Nègre R., Viano J., Lozano Y.F., Gaydou E.M., 1990.** Essential oils from Moroccan *Artemisia negrei*, *A. mesatlantica* and *A. herba-alba*. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, **23**, 528-530.
- Ozkaya H., Ozkaya B., Colakoglu A.S., 2009.** Technological properties of a variety of soft and hard bread wheat infested by *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Tribolium confusum* du Val. *Journal of Food Agriculture & Environment* **7**(3-4), 166-172.
- Pacheco I.A., Sarton M.R., Taylor R.W., 1990.** Levantamento de resistencia de insetos-pragas de graos armazenados a fosfina no Estado de sao Paulo. *Coletanea do ITAL*. **20**(2), 144-154.
- Palacios S.M., Bertoni A., Rossi Y., Santander R., Urzúa A., 2009.** Efficacy of essential oils from edible plants as insecticides against the house fly, *Musca domestica* L. *Molecules*.**14**(5),1938-47.
- Paolini J., El Ouariachi M., Bouyanzer A.H., Hammouti B., Desjobert J.M., Costa J., Muselli A., 2010.** Chemical variability of *Artemisia herba-alba* Asso essential oils from East Morocco. *Chem.and Materials Sci.*, **64**(5), 550-556.
- Park C.G., Jang M., Yoon, K.A., Kim J., 2016.** Insecticidal and acetylcholinesterase inhibitory activities of Lamiaceae plant essential oils and their major components against *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Industrial Crops and Products*.**89**, 507-513.
- Plarre R., 2010.** An attempt to reconstruct the natural and cultural history of the granary weevil, *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae). *Eur. J. Entomol.* **107**, 1–11.
- Polatoğlu K., Karakoç O.C., Yücel Y.Y., Gücel S., Demirc B., Başer K.H.C., Demirc I.F., 2016.** Insecticidal activity of edible *Crithmum maritimum* L. essential oil against Coleopteran and Lepidopteran insects. *Industrial Crops and Products*.**89**, 383–389.
- Potter C., 1935.** The biology and distribution of *Rhyzopertha dominica* (Fab.). *The Royal Entomological Society London*. **83**, 449–482.
- Prates H.T., Santos J.P., Waquil J.M., Fabris J.D., Oliveira A.B., Foster J.E., 1998.** Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst). *J Stored Prod Res*.**34** (4), 243-9.
- Pretty J., Hine R., 2005.** *The pesticide detox: Towards a More Sustainable Agriculture*. London, Earth scan, 293 p.
- Proctor D.L., 1994.** *Grain storage techniques : Evolution and trends in developing countries*. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 277p.

- Rahman M.M., Islam W., Ahmad K.N., 2009.** Functional response of the predator *Xylocoris flavipes* to three stored product insect pests. *International Journal of Agriculture and Biology*, **11**, 316-320.
- Rajendran S., 2002.** *Postharvest pest losses*. Encyclopedia of Pest Management (Print), 654–656.
- Rastoin J.L., Benabderrazik E.H., (2014).** Céréales et oléoprotéagineux au Maghreb Pour un Co-développement de filières territorialisées. *IPEMED*, **6**-134.
- Regnault-Roger C., Hamraoui A., 1995.** Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthosceides obtectus* (Say) (Coleoptera) a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Stored Prod. Res.* **31**, 291–299.
- Reichmuth C., Scholler M., Ulrichs C., 2007.** *Stored Product Pests in Grain: Morphology, Biology, Damage, and Control*. Agro Concept, 170p.
- Reis S.L., Mantello A.G., Rossete E.A.G., Cardoso A.M., Belebani R.O., 2014.** Insecticidal and repellent activity of typical monoterpenes from plant essential oils against *Callosobruchus maculatus* (Fabr. 1775). *BMC Proceedings*. **8**(4), 115.
- Ress D., 2007.** *Insects of stored grain*. 2<sup>éd</sup>. Australia, CSIRO publishing. Collingwood, 81p.
- Ribnicky D.M., Poulev A., O’Neal J., Wnorowski G., Malek D.E., Jager R., Raskin I., 2004.** Toxicological evaluation of the ethanolic extract of *Artemisia dracuncululus* L. for use as a dietary supplement and in functional foods. *Food and Chemical Toxicology*, **42**(4), 585-598.
- Riley I.T., Nicol J.M., Dababat A.A., 2009.** *Cereal cyst nematodes: status research and outlook*, Turkey, CIMMYT, 242 p.
- Ripusudan L., Paliwal., 2002.** *Le Maïs en zones tropicales : amélioration et production*. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 382 p.
- Rozman V., Kalinovic I., Korunic Z., 2007.** Toxicity of naturally occurring compounds of Lamiaceae and Lauraceae to three stored-product insects. *Journal of Stored Product Research*, **43**, 349-355.
- Saroukolai A.T., Moharrampour S., Meshkatsadat M.H., 2010.** Insecticidal properties of *Thymus persicus* essential oil against *Tribolium castaneum* and *Sitophilus oryzae*. *J Pest Sci.* **83**(1), 3-8.
- Sartori M.R., Pacheco I.A., Villar R.M.G., 1990.** Resistance to phosphine in stored grain insects in Brazil In: Proceedings of the 5<sup>th</sup>. International Working Conference on Stored-Product Protection Bordeaux, France, **2**, 1041-1104.
- Schiffers B., Verstraeten Ch., Haubruge E., 1988.** Aperçu des problèmes entomologiques dans les denrées emmagasinées en Wallonie et des moyens de lutte proposés. *Parasitica*, **44**(1) ,37-43.
- Schuster CL., Smeda R.J., 2007.** Management of *Amaranthus rudis* S. in glyphosate resistant corn (*Zea mays* L) and soybean (*Glycine max* L. Merr.). *Crop Prot*, **26**, 1436-1443.
- Shaaya E., Ravid U., Paster N., Juven B., Zisman U., Pissarev V., 1990.** Fumigant toxicity of essential oils against four major stored product insects. *J. Chem. Ecol.* **17**, 499-504.
- Shaaya E., Ravid U., Paster N., Juven B., Zisman U., Pissarev, V., 1991.** Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. *Journal of Chemical Ecology*. **17**, 499-704.

- Shakarami J., Kamali K., Moharamipour S., 2005.** Effects of three plant essential oils on biological activity of *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera Bruchidae). *Iranian. J. of agricultural Scien.* **35**(4), 965- 972.
- Sharifian I., Hashemis M., Aghael M., Alizadeh M., 2012.** Insecticidal activity of essential oil of *Artemisia herba alba* Asso against three stores product beetles. *Baharean biologist* **6**(2), 90-93.
- Shi M., 2012.** Individual-based modelling of the efficacy of fumigation tactics to control lesser grain borer (*Rhyzopertha dominica*) in stored grain, *Journal of Stored Products Research*, **51**, 23-32.
- Singh D., Singh A.K., 1991.** Repellent and insecticidal properties of essential oils against housefly, *Musca domestica* L. *International Journal of Tropical Insect Science.* **12**(4), 487-491.
- Singh P., Prakash B., Dubey N.K., 2014.** Insecticidal activity of *Ageratum conyzoides* L., *Coleus aromaticus* Benth. and *Hyptis suaveolens* (L.) Poit essential oils as fumigant against storage grain insect *Tribolium castaneum* Herbst. *J Food Sci Technol.* **51**(9), 2210–2215.
- Soliman M.M.M., 2007.** Phytochemical and toxicological studies of *Artemisia* L. (Compositae) essential oil against some insect pests. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, **40** (2), 128-138.
- Soto-Mendivil E.A., Moreno-Rodriguez J.F., Estarron-Espinosa M., Garcia-Fajardo J.A., Obledo-Vazquez E.N., 2006.** Chemical composition and fungicidal activity of the essential oil of *Thymus vulgaris* against *Alternaria citri*. *Chemical composition and fungicidal.* **4**(16),1-7.
- Spit J., Breugelmanns B., Hoef V.V., Simonet G., Zels S., Broeck J.V., 2012.** Growth-inhibition effects of pacifastin-like peptides on a pest insect: The desert locust, *Schistocerca gregaria*. *Peptides.* **34**(1), 251-257.
- Steffan J.R., 1978 .**Description et Biologie des insectes in **Scotti G., 1978.** *Les insectes et les acariens des céréales stockées.* Ed. AFNOR et I.T.F.C., Paris, pp. 1-62.
- Sung-Eun L., Byoung-Ho L., Won-Sik C., Byeoung-Soo P., Jeong-Gyu K., Bruce C.C., 2001.** Fumigant toxicity of volatile natural products from Korean spices and medicinal plants towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.), *Pest. Mang. Sci.* **57**,548-553.
- Szczepanik M., Zawitowsk B., Szumny A., 2012.** Insecticidal activities of *Thymus vulgaris* essential oil and its components (thymol and carvacrol) against larvae of lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* Panzer (Coleoptera: Tenebrionidae). *Allelopathy J.* **30**, 129-142.
- Tani Z.B., Hassani F., Khelil M.A., 2008.** Bioefficacy of essential oils extracted from the leaves of *Rosmarinus officinalis* and *Artemisia herba-alba* towards the Bruche bean *Acanthoscelides obtectus* (coleoptera: Bruchidae). *J. of Pure & Applied Microbiol.* **2** (1), 165-170.
- Tapondjou A.L., Adler C., Fontem D.A., Bouda H., Reichmuth C., 2005.** Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus Sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val. *Journal of Stored Product Research*, **41**,91–102.
- Taponjou L.A., Adler C., Bouda H., Fontem D.A., 2002.** Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. *Journal of Stored Products Research*, **38**,395-402.

**Traboulsi A.F., Taoubi K., EL-HAJ S., Bessiere J.M., Rammal S., 2002.** Insecticidal properties of essential plant oils against the mosquito *Culex pipiens molestus* (Diptera: Culicidae). *Pest Manag Sci.* **58**(5),491-5.

**Tripathi A.K., Prajapati N.V., Bahi J.R., Bansal R.P., Khanuja S.P.S., Kumar, S. 2002.** *Bioactivities* of the leaf essential oil of *Curcuma longa* (var. ch-66) on three species of stored-product beetles (Coleoptera). *J Econ Entomol.***95**, 183–9.

**Upadhyay R.K., Ahmad S., 2011.** Management Strategies for Control of Stored Grain Insect Pests in Farmer Stores and Public Ware Houses. *World Journal of Agricultural Sciences.* **7**(5), 527-549.

**Vasquez-Castro J.A., Baptista G.C., Gadanha-Junior C.D., Casimiro D., Trevizan L.R.P., 2008.** Effet du volume de pulvérisation sur l'humidité du maïs entreposé et Grains de blé. *International Journal.* **51**(3), 453-456.

**Wang D., Collins P.J. Gao X., 2006.** Optimizing indoor phosphine fumigation of paddy rice bag-stacks under sheeting for control of resistant insects, *Journal of Stored Products Research*, **42** (2), 207-217.

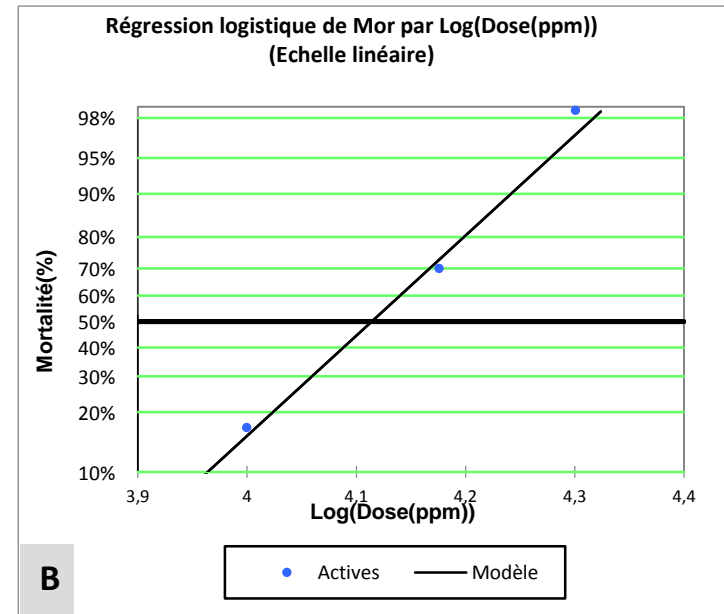
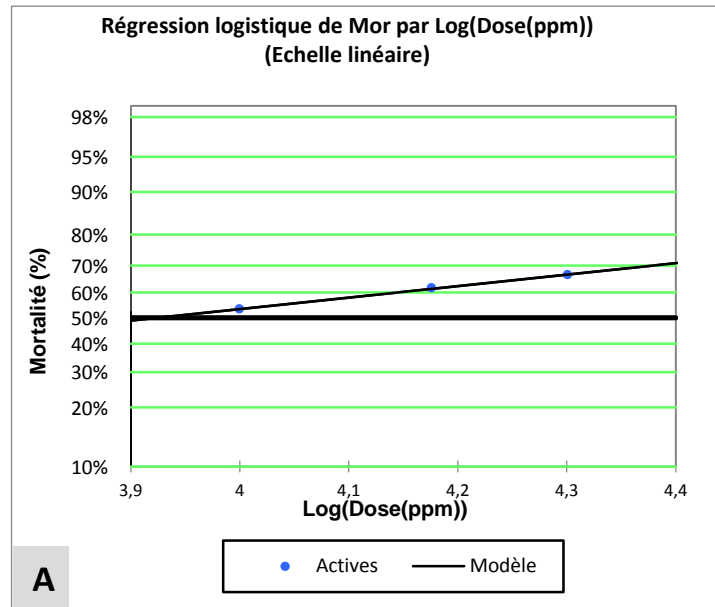
**Waongo A., Yamkoulga M., Dabir-Binso C.L., Ba M.N., Sanon A., 2013.** Conservation post-récolte des céréales en zone sud-saoudienne du Burkina Faso : Perception paysanne et évaluation des stocks, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **7**(3), 1157-1167.

**Watanabe A.K., Shono Y., Kakimizu A., Matsuo N., Saton A., Nishimura H., 1993.** New mosquito repellent from *Eucalyptus camaldulensis* .*J.Agric.Food Chem.***41**, 2164-2166.

**Zhang W.J., You C.X., Yang K., Chen R., Wang Y., Wu Y., Geng Z.F., Chen H.P., Jiang H.Y., Su Y., Lei N., Ma P., Du S.S., Deng Z.W., 2014.** Bioactivity of essential oil of *Artemisia argyi* Lévl: et Van and its main compounds against *Lasioderma serricornis* . *J. Oleo. Sci.***63**, 829–837.

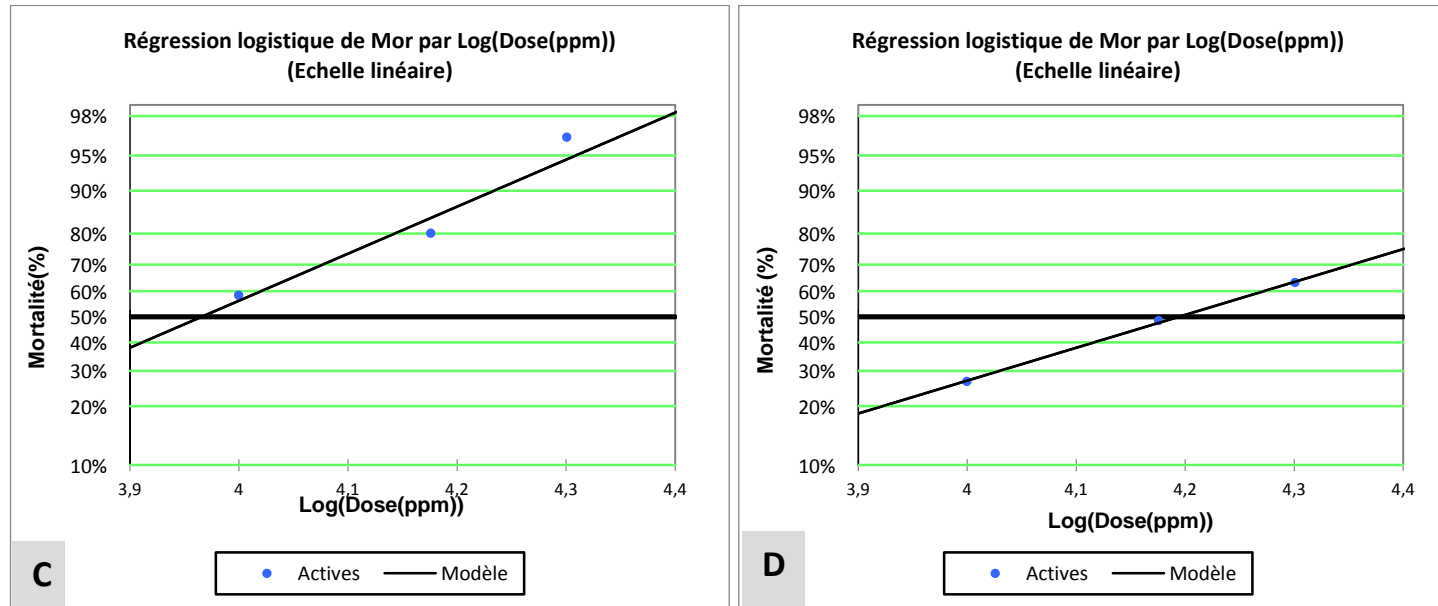
**Zhu B.C.R., Henderson G., Chen F., Maistrello. L., Laine R.A. 2001.** Nootkatone Is a Repellent for Formosan Subterranean Termite (*Coptotermes formosanus*). *Journal of Chemical Ecology.***27**(3), 523–531.

## Annexe : Régression logistique de mortalité utilisée pour déterminer la DL<sub>50</sub>.



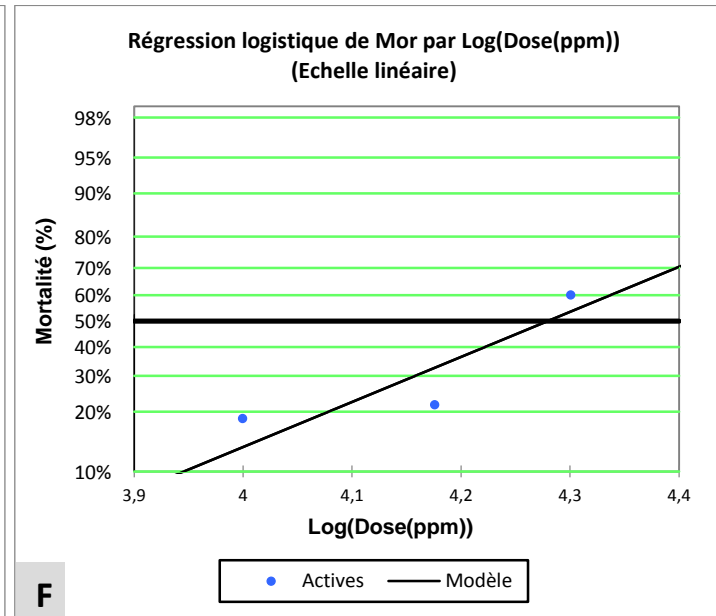
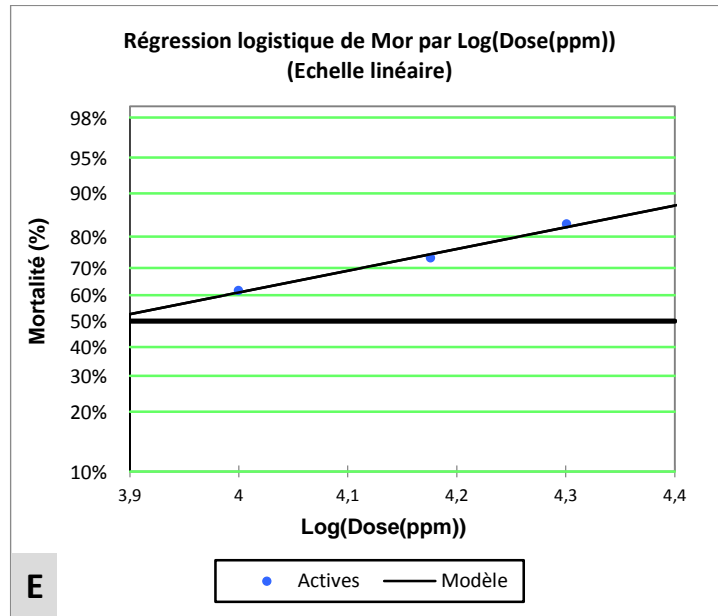
Détermination de La DL<sub>50</sub> de l'huile essentielle de *Thymus pallescens* vis -à-vis *Rhyzopertha dominica*

(A : traitement par contact ; B : traitement par ingestion).



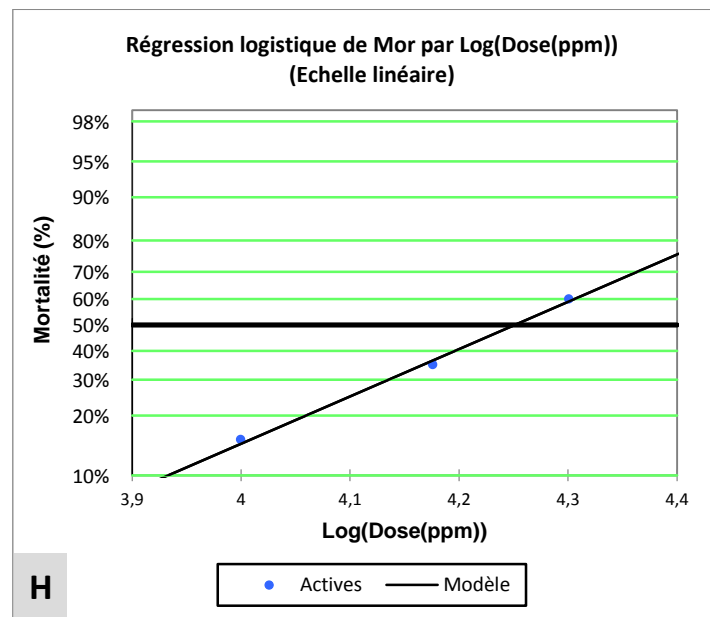
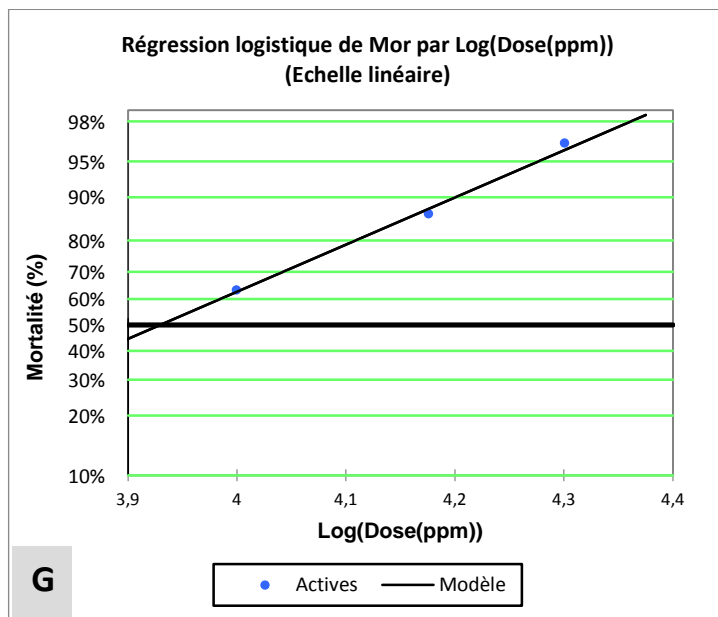
Détermination de La  $DL_{50}$  de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* Asso vis -à-vis *Rhyzopertha dominica*

(C : traitement par contact ; D: traitement par ingestion).



Détermination de La  $DL_{50}$  de l'huile essentielle de *Thymus pallescens* vis -à-vis *Sitophilus granarius*

(E : traitement par contact ; F : traitement par ingestion).



Détermination de La  $DL_{50}$  de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* Asso vis -à-vis *Sitophilus granarius*

(G : traitement par contact ; H : traitement par ingestion).



## ملخص

تقييم التأثير السمي للزيوت الأساسية ( *Thymus pallescens* Noé و *Artemisia herba alba* Asso )

على الحشرات البالغة ( *Sitophilus granarius* (L.) و *Rhyzopertha dominica* (F.) )

تمثل الحبوب المصدر الأساسي لغذاء الإنسان . تعتبر الحشرات من أهم العوامل البيولوجية المسؤولة عن تدميرها في أماكن التخزين. هدفنا من هذا العمل هو دراسة التأثير السمي للزيوت المستخلصة من الزعتر و الشيح ضد كل من الحشرات البالغة ؛ سوسة المخزن وثاقبة الحبوب الصغرى وذلك عن طريق اللمس و الهضم لهذه المواد المستخلصة. أظهرت النتائج أن كلا من الزيوت العطرية لها تأثيرا ملحوظا على كلتا الحشرتين، بحيث يختلف نشاط الزعتر عن طريق ملامسته لثاقبة الحبوب الصغرى من %53.33 إلى 66.67 و من 16.67 إلى 98.33 عن طريق الهضم . من جهة أخرى، زيت الشيح سجل نسبة وفيات من %57.63 إلى %96.97 عن طريق اللمس و من %26.67 إلى %63.33 عن طريق الهضم . بالنسبة لسوسة المخزن، كان تأثير زيت الزعتر بالملامسة كما يلي: من %61.67 إلى %83.33، أما عن طريق الهضم فالنسب تتراوح ما بين %18.33 إلى %60. أما بخصوص زيت الشيح، كان تأثيره يتراوح ما بين %63.33 إلى %100 وهذا عن طريق ملامسته للحشرة و من %15 إلى %60 عن طريق الهضم. كل هذا من أقل جرعة إلى أكبر جرعة. في حين أن الجرعة 3 الموافقة ل 20000ppm كان لها تأثير كبير وفي ظرف زمني قصير. أظهرت الزيوت المختبرة تأثيرا كبيرا عن طريق الملامسة مقارنة بالهضم، وهذا ما تؤكد قيم الجرعات  $DL_{50}$  القاتلة الموافقة لزيت الزعتر، حيث تم الحصول على 8392.661ppm لثاقبة الحبوب الصغرى و 7392.014ppm لسوسة المخزن. أما بالنسبة لزيت الشيح فالجرعات القاتلة كانت كما يلي: 9246.012ppm لثاقبة الحبوب و 8508.433ppm لسوسة المخزن.

### الكلمات المفتاحية

سوسة المخزن ، ثاقبة الحبوب الصغرى، زيت أساسي، زعتر، شيح،  $DL_{50}$ ، التأثير السمي للحشرات.

## Abstract

**Evaluation of insecticidal effect of two formulated essential oils (*Thymus pallescens* Noé and *Artemisia herba alba* Asso) on *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae).**

Cereal grains are the principal human food resource. Insects are the main biological for their deterioration in storage sites. Our objective is to study the insecticidal potency of *Thymus pallescens* Noé and *Artemisia herba alba* Asso by contact and ingestion, against *Sitophilus granarius* (L.) and *Rhyzopertha dominica* (F.). The results of this study show that the essential oils possess remarkable insecticidal effects on both species and this proportional to the dose and time. The activity of thyme on *Rhyzopertha dominica* by contact varies between 53.33% and 66.67% and from 16.67 to 98.33% by ingestion. In addition, Artemisia oil recorded a mortality rate of 57.63% to 96.67 per contact and 26.67 to 63.33% per ingestion. On the other hand, the effect of thyme by contact effect with *Sitophilus granarius* indicated mortality varies from 61.67% to 83.33% by contact and from 18.33% to 60% by ingestion. Artemisia oil caused 63.33% to 100% mortality from contact and 15% to 60% by ingestion from the lowest dose to the highest dose. For this purpose, the dose D3 corresponds to 20000ppm, shows the greatest efficiency and with a short exposure time. Thyme oils and Artemisia show greater efficacy by contact than by ingestion. Including thyme, reported an  $LD_{50}$  of 8392.661ppm for *Rhyzopertha dominica* and 7392.014ppm for *Sitophilus granarius*, for Artemisia oil,  $LD_{50}$  of 9246.012ppm were obtained for *Rhyzopertha dominica* and 8508,433ppm for *Sitophilus granarius*.

### Keywords:

Insecticidal potency, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica*, Essential oil, *Thymus pallescens* Noé, *Artemisia herba alba* Asso.  $DL_{50}$