

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi - Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques



En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Science de la Nature et de la Vie
Spécialité : Biologie et Contrôle des Populations d'Insectes

MEMOIRE

Thème

**Activité insecticide des huiles essentielles de la menthe poivrée et
de la sauge officinale sur la bruche chinoise (*Callasobruchus
chinensis* L.) (Coleoptera : Chrysomelidae)**

Présenté par :

Melle Habbi Katia

Melle Lounnas Liza

Devant le jury composé de :

Présidente	Mme KITOUS-BENOUFELLA K.	MCA	UMMTO
Promotrice	Mme GOUCEM-KHELFANE K.	MCA	UMMTO
Copromotrice	Mme LAKABI-AHMANACHE L.	MCA	UMMTO
Examinatrice	Mme CHOUGAR S.	MCB	UMMTO

Année universitaire 2020/2021

Remerciements

Au terme de ce travail de recherche, réalisé au laboratoire d'Entomologie de la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'Université M. Mammeri de Tizi-Ouzou, Nous nous devons de remercier toutes celles et ceux qui ont contribué, de près ou de loin, au bon déroulement de ce mémoire.

Nous tenons à remercier en tout premier lieu notre promotrice Mme KHELFANE-GOUCHEM K., Maitre de conférences Classe A à l'UMMTO de Tizi-Ouzou de nous avoir accordé l'honneur de diriger ce travail, pour son soutien sans faille et pour l'intérêt qu'elle a continuellement porté pour cette étude. Ses conseils, ses encouragements et sa disponibilité nous ont été d'une très grande aide.

Nous remercions également notre Co-promotrice Mme LAKABI AHMANACHE L., Maitre de conférences classe A à l'UMMTO de Tizi-Ouzou d'avoir accepté de codiriger ce travail.

Nos sincères remerciements vont aussi à Mme KITOUS-BENOUFELLA K., Maitre de conférences Classe A à l'UMMTO, pour l'honneur qu'elle nous fait en présidant le jury. Nous remercions Mme CHOUGAR S., Maitre de Conférences Classe B à l'UMMTO de Tizi-Ouzou de nous accorder de son temps pour participer à l'examen de ce travail.

Nous tenons également à remercier Mme MEHALLI-OULDKADI N., Doctorante à l'UMMTO de Tizi-Ouzou, pour son aide, son soutien et ses conseils. Nos remerciements également à l'équipe du laboratoire d'Entomologie, pour leur aide qui nous a permis de bien mener ce travail.

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction.....1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I. Présentation de la plante hôte *Cicer arietinum* L.

1. Origine et historique	3
2. Classification de <i>Cicer arietinum</i>	3
3. Description de la plante	4
4. Types de pois chiche	5
5. Cycle et saison de culture	6
6. Importance du pois chiche.....	7
6.1. Sur le plan nutritif	7
6.2. Sur le plan économique	7
6.2.1. Dans le monde	7
6.2.2. En Algérie	8
6.3. Importance agronomique et fertilité	9

Chapitre II. Présentation de l'insecte *Callosobruchus chinensis* L.

1. Caractères généraux des Bruchidées	10
2. Présentation de la bruche chinoise	10
2.1. Classification de l'espèce	10
2.2. Répartition géographique	11
2.3. Description de l'espèce	11
2.3.1. Œuf	11
2.3.2. Larve	11
2.3.3. Nymphe	11
2.3.4. Adule	11

2.4. Biologie de la bruche chinoise	12
2.5. Dégâts	13
3. Moyens de luttés	14
3.1. Lutte préventive	14
3.2. Lutte curative	14
3.2.1. Lutte chimique	15
3.2.2. Photothérapie	15

Chapitre III. Les huiles essentielles

1. Généralités sur les huiles essentielles	18
2. Localisation des huiles essentielles	18
3. Propriétés physique et chimique	18
4. Importance et utilisation des huiles essentielles	19
5. Rôle des huiles essentielles	19
6. Huile essentielle de la sauge officinale	20
6.1. Description de la sauge officinale	20
6.2. Position systématique	20
6.3. Composition chimique de l'huile essentielle de la sauge	21
7. Huile essentielle de la menthe poivrée	21
7.1. Description de la menthe poivrée	21
7.2. Position systématique	22
7.3. Composition chimique de l'huile essentielle de la menthe poivrée	22

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre IV. Matériel et méthodes

1. Objectif du travail	23
2. Matériels utilisés	23
2.1. Matériels du laboratoire	23
2.1.1. Graines de pois chiches	23
2.1.2. Bruches	23
2.1.3. Huiles essentielles utilisées	24

3. Méthodes	25
3.1. Elevage de masse	25
3.2. Bioactivité des huiles essentielles sur les adultes de <i>C. chinensis</i>	25
3.2.1. Test par inhalation	25
3.2.2. Test par répulsion	27
4. Analyse statistique	28

Chapitre V. Résultats et discussion

1. Résultats	29
1.1. Activité insecticide des huiles essentielles par inhalation	29
1.1.1. Huile essentielle de la sauge officinale	29
1.1.2. Huile essentielle de la menthe poivrée	31
1.2. Activité insecticides des huiles essentielles par répulsion	33
1.2.1. Huile essentielle de la sauge officinale	33
1.2.2. Huile essentielle de la menthe poivrée	35
2. Discussion	37
Conclusion	41
Références bibliographiques	42

Listes des tableaux

Listes des Figures

Listes des tableaux

Tableau 1. Pourcentage de répulsion moyen pour chaque huile est calculé et attribué à l'une des différentes classes répulsives variant de 0 à V (MC Donald et <i>al.</i> , 1970).	28
Tableau 2. Résultats de l'analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre mortalité des adultes de <i>C. Chinensis</i> traités par inhalation avec l'huile essentielle de sauge.	30
Tableau 3. Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% pour l'effet du facteur dose sur la mortalité des adultes de <i>C. Chinensis</i> traités par inhalation avec l'huile essentielle de la sauge.	30
Tableau 4. Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% pour l'effet du facteur temps sur la mortalité des adultes de <i>C. chinensis</i> traités par inhalation avec les huiles essentielles de la sauge.	30
Tableau 5. Résultats de l'analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre mortalité des adultes de <i>C. Chinensis</i> traités par inhalation avec l'huile essentielle de la menthe poivrée.	32
Tableau 6. Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% pour l'effet du facteur dose sur la mortalité des adultes de <i>C. Chinensis</i> traités par inhalation avec les huiles essentielles de menthe poivrée.	32
Tableau 7. Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% pour l'effet du facteur temps sur la mortalité des adultes de <i>C. chinensis</i> traités par inhalation avec l'huiles essentielles de la menthe poivrée.	33

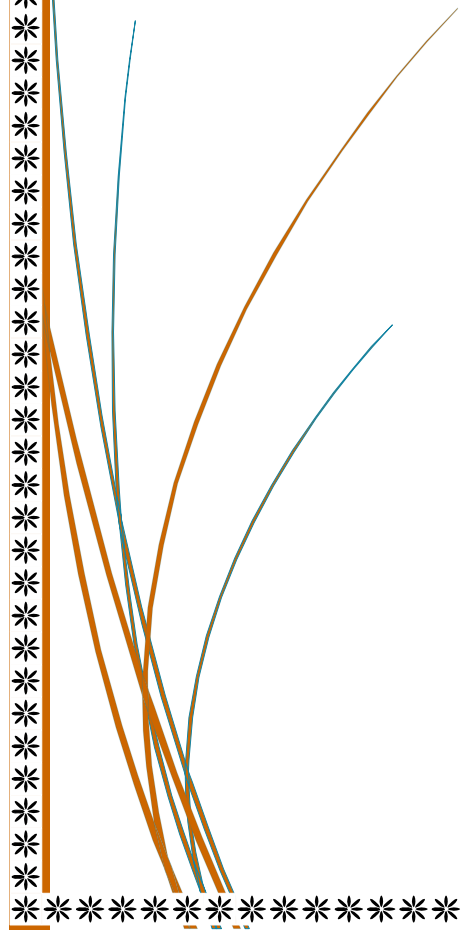
Tableau 8. Résultats de l'analyse de la variance a trois facteurs de classification au seuil de 5% pour le paramètre mortalité des adultes de <i>C. Chinensis</i> traités par inhalation avec les huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée.	33
Tableau 9. Le nombre d'individus de <i>C. Chinensis</i> présents dans la partie traitée et non traitée avec l'huile essentielle de sauge officinale par répulsion est classé selon Mc Donald et al. (1970).	34
Tableau 10. Nombre d'individus de <i>C. Chinensis</i> présents dans la partie traitée et non traitée avec l'huile essentielle de menthe poivrée par répulsion.	36
Tableau 11. Résultats de l'analyse de la variance à trois facteurs de classification au seuil de 5% pour le paramètre de répulsion des huiles essentielles de menthe poivrée et de sauge à l'égard des adultes <i>C. chinensis</i> .	37
Tableau 12. Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% pour l'effet du facteur huile sur le pouvoir répulsif des huiles essentielles de la menthe poivrée et de la sauge à l'égard des adultes de <i>C. chinensis</i> .	37
Tableau 13. Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% pour l'effet du facteur de dose sur le pouvoir répulsif des huiles essentielles de la menthe poivrée et de la sauge à l'égard des adultes de <i>C. chinensis</i> .	37
Tableau 14. Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% pour l'effet du facteur huile dose sur le pouvoir répulsif des huiles essentielles de la menthe poivrée et de la sauge à l'égard des adultes de <i>C. chinensis</i> .	38

Liste des Figures

Figure 1. Morphologie de la plante de pois chiche. (A) Vue d'ensemble d'un champ de pois chiche : (B) Feuille composées de pois chiche : (C) gousses jeunes vertes : (D) Fleur mauve de <i>C. arietinum</i> (Chibout et al., 2017).	5
Figure 2. Variétés de pois chiche (a) : Kabuli, (b) : Desi (Anonyme, 2010).	6
Figure 3. Pourcentage de production du pois chiche par continent en 2013 (FAO, 2016).	8
Figure 4. Production nationale de la culture de pois chiche de 2000 à 2014 (M.A.D.R., 2015).	9
Figure 05. Cycle biologique de la bruche chinoise <i>C. chinensis</i> (Acheraiou et Kaced, 2019).	12
Figure 6. Grains de pois-chiche infestés par <i>C. chinensis</i> (Originale, 2021).	13
Figure 07. <i>Salvia officinalis</i> L (Anonyme, 2011).	20
Figure 8. Menthe poivrée (Originale 2021).	21
Figure 9. Matériels utilisés au laboratoire (Originale 2021).	24
Figure 10. Elevage de masse de la bruche chinoise (Originale, 2021).	25
Figure 11. Dispositif expérimental du test par inhalation sur les adultes de <i>C. chinensis</i> traités à l'huile essentielle de la menthe poivrée et de la sauge officinale (Originale, 2021).	26
Figure 12. Dispositif expérimental du test de répulsion sur les adultes de <i>C. chinensis</i> traités à l'huile essentielle de la menthe poivrée et de la sauge officinale (Originale, 2021).	27
Figure 13. Taux moyens de mortalité des adultes de <i>C. chinensis</i> traités avec différentes doses de l'huile essentielle de la sauge officinale par inhalation.	29
Figure 14. Taux moyens de mortalité des adultes de <i>C. chinensis</i> traités avec différentes doses de l'huile essentielle de la menthe poivrée par inhalation.	31

<p>Figure 15. Taux moyens de répulsion (%) de l'huile essentielle de la sauge officinale à l'égard des adultes de <i>C. chinensis</i> après 30 minutes d'exposition aux différentes doses.</p>	<p>34</p>
<p>Figure 16. Taux moyens de répulsion de l'huile essentielle de menthe poivrée à l'égard des adultes <i>C. Chinensis</i> après 30 minutes d'exposition aux différentes doses (1µl, 2µl, 3µl, 4µL et 5µL).</p>	<p>35</p>

INTRODUCTION



La culture des légumineuses vivrières, source de protéines végétales est l'une des meilleures et des moins coûteuses des solutions pour l'alimentation des populations des pays en voie de développement. En effet, les protéines végétales coutent deux fois moins chères que les protéines animales. Les graines de légumineuses contiennent deux fois plus de protéines que les céréales (Soltner, 1990).

Selon Bamouh (1995), les principales légumineuses alimentaires cultivées au Maghreb (Maroc, Algérie, Tunisie) sont le pois chiche, la lentille, le haricot et la fève. Ces espèces couvrent plus de 80% des superficies destinées aux légumineuses.

En Algérie la culture des légumineuses a un intérêt national, car elle doit permettre de satisfaire les besoins alimentaires, réduire l'importation et limiter la dépendance économique vis-à-vis de l'étranger (Zaghouane, 1997).

Malheureusement, ces cultures se caractérisent très souvent par des rendements faibles et instables. Cela s'explique, en particulier, par leur sensibilité aux contraintes abiotiques (froid, chaleur et dégradation des sols) et aux contraintes biotiques (maladies et insectes ravageurs) et d'autre part par l'absence de variétés résistantes ou tolérantes à ces contraintes (Geerts et *al.*, 2011).

En effet, d'immenses quantités de légumineuse sèches sont perdues chaque année en raison des insectes phytophages (FAO, 2006). Le pois-chiche est notamment exposé aux différents ravageurs des légumineuses dont les coléoptères phytophages de la famille des Bruchidées qui occupent une place de choix parmi les insectes nuisibles de légumineuses. Les espèces de cette famille pondent leurs œufs sur les graines ou les gousses mûres de légumineuses et les larves se développent à l'intérieur des graines tandis que les adultes mènent une vie libre (Guignot, 1947).

La bruche chinoise est un insecte ravageur de la famille des Bruchidées, vit dans les zones à climat chaud et causent des dégâts considérables dans les stocks des légumineuses, elle s'attaque à plusieurs espèces comme le haricot, le niébé, le pois, la fève et le pois-chiche (*Cicer arietinum* L.). Center et Johnson (1974) et Jansen et Juster et Bell (1977) ont montré que chaque espèce de Bruchidées n'était capable de se développer que dans un nombre restreint de légumineuses. Il existe une certaine spécificité entre l'insecte et sa plante hôte. Les pertes dues aux insectes sont considérables dans les pays où les techniques modernes de stockage ne sont pas encore introduites. Dans certains pays africains, les dommages dus aux bruches peuvent détruire la totalité des stocks en 5 ou 6 mois (Labeyrie ,1981 ; Lienard et Seck, 1994).

Face à la menace que constituent les insectes ravageurs des stocks, les moyens de lutte sont essentiellement articulés autour de l'utilisation de pesticides de synthèse. Dans des conditions optimales, leur efficacité à contrôler les nuisibles des stocks est certaine. Toutefois, ils présentent beaucoup d'inconvénients, parmi lesquels l'accoutumance des insectes et la sélection de souches résistantes (Benhalima et *al.*, 2004), intoxications, pollution de l'environnement et désordres écologiques (Regnault-Roger, 2002). Toutes ces raisons militent en faveur de la recherche de méthodes alternatives de lutte en particulier l'utilisation des extraits de plantes à propriétés insecticides et/ou insectifuges, qui soient peu coûteuses, efficaces et faciles à adopter pour les producteurs du tiers monde.

Les plantes ont été longtemps utilisées par les paysans pour protéger les aliments et les produits récoltés (Jacobson, 1989 ; Keita et *al.*, 2000 ; Isman, 2000). Les huiles essentielles extraites de ces plantes sont largement utilisées dans la lutte contre les ravageurs de stocks (Regnault-Roger et Hamraoui, 1997).

Dans la recherche de méthodes alternatives de lutte, le règne végétal offre beaucoup de possibilités. De nombreuses études se développent actuellement pour isoler ou identifier des substances du métabolisme secondaire extraites de plantes qui ont une activité insecticide, répulsive ou anti-appétante vis-à-vis des insectes ravageurs (Lichtenstein, 1996).

Dans ce contexte s'inscrit notre étude qui vise comme objectif essentiel l'évaluation de l'activité insecticide de deux huiles essentielles à savoir la menthe poivrée et la sauge officinale sur les adultes de la bruche chinoise *Callosobruchus chinensis* L. par inhalation et par répulsion.

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressées à mettre en œuvre une partie bibliographique traitant de la taxonomie et la morphologie de la plante hôte *Cicer arietinum* et en deuxième chapitre l'insecte ravageur *Callosobruchus chinensis*. Le troisième chapitre exposera un aperçu sur les huiles essentielles et les plantes utilisées dans cette étude. Le matériel utilisé et la méthodologie adoptée seront présentés dans le quatrième chapitre, le dernier chapitre regroupe les résultats obtenus et la discussion relative aux différentes expériences réalisées. Ce document sera clos par une conclusion et quelques perspectives de recherches.

CHAPITRE I

Présentation de la plante hôte
Cicer arietinum L.



1. Origine et historique

Le pois chiche est parmi les premières légumineuses à graines domestiquées par l'homme depuis l'antiquité (Van Der Maesen, 1987). Il est loin d'être une plante nouvelle, des restes carbonisés découverts au Proche-Orient indiquent que cette espèce était cultivée au VII millénaire avant notre ère avec les céréales, le petit pois et la lentille (Vanier, 2005 ; Redden et Berger, 2007). Il est probablement originaire des régions de la Palestine actuelle et de la Syrie, car les données archéologiques rapportent des graines de formes cultivées de cette espèce à Ramad (près de Damas) et à Jéricho, qui sont anciennes de 9 200 et 8 500 ans A.J.

L'expansion de cette culture a été rapide dans les régions méditerranéennes, car il était cultivé en Égypte depuis au moins 6000 ans (Anonyme, 1992). Les signes de sa domestication en Turquie remontent à environ 9 400 ans.

Le Pois chiche (*Cicer arietinum*) est très apprécié en Algérie, comme c'est le cas dans tous les autres pays méditerranéens. En effet, son usage comme une nourriture humaine est assez fréquent dans les soupes (Chorba et Harira), sauces (Couscous), plats (Tadjines), et les sandwiches (Karentika) (Labdi, 1990). Sa culture a été pratiquée avant le colonialisme (Laumont et Chevassus, 1956 ; Labdi, 1990 ; Hamadach, 2001).

2. Classification

Bedard. (2005), rappelle la classification du pois chiche qui est la suivante :

Règne : Plante
Division : Mangnoliophyta
Classe : Magnoliopsida
Sous classe :..... Rosidae
Ordre : Fabales
Famille : Fabaceae
Genre : *Cicer*
Espèce : *Cicer arietinum* L.

Selon Bejiga et Van der Maesen (2006), le genre *Cicer* comprend 43 espèces, 9 annuelles et 34 vivaces. Les espèces sauvages de *Cicer* les plus étroitement apparentées à *C. arietinum* sont annuelles il s'agit de *C. reticulatum* L, et *C echinospermum* P.H. Davis. Ce sont des espèces rares originaires de Turquie et sont parfois considérées comme des sous-espèces de *Cicer arietinum*, les mêmes auteurs ajoutent que sur le plan morphologique, biochimique et caryologique, elles sont très semblables et s'hybrident facilement.

3. Description de la plante

Muehlbauer et Tullu (1998), décrivent le pois chiche *Cicer arietinum* L. comme étant une plante annuelle herbacée à l'aspect d'un petit buisson à port érigé, parfois arbustive (Fig 1). Elle est constituée de :

3.1. Racines

Le système racinaire du pois chiche est de type pivotant avec une racine principale qui ne dépasse pas les 60 cm de profondeur et des racines latérales bien développées atteignant 2 m. Les racines forment des nodosités grâce à la symbiose avec une bactérie du sol *Rhizobium ciceri*.

3.2. Tige

De 30 à 60 cm de hauteur la tige du pois chiche est habituellement quadrangulaire qui se ramifie dès la base en 2 ou 3 rameaux secondaires, elle porte des stipules incisées et dentées.

3.3. Feuilles

Les feuilles de *C. arietinum* composées imparipennées et comptent 10 à 15 folioles ovales à contour denté. (Fig 1B) Certains cultivars peuvent avoir des feuilles simples. Le feuillage est couvert de poils glandulaires excréant des exsudats acides.

3.4. Fleurs

Les fleurs du pois chiche est en forme de papillon, caractéristique de la famille des Papilionacées (Fabacées). Elles peuvent être blanches, roses et bleues violacées, (Fig 1D) elles sont isolées sur des pédoncules courts avec une corolle dépassant à peine le calice. Le pétale postérieur est très important : c'est l'étendard, il recouvre les deux pétales latéraux,

recouvrant eux même ceux de la carène donnant ainsi une forme de papillon. Le calice est composé de cinq sépales égales. Les fleurs sont hermaphrodites.

3.5. Fruits

Les fruits sont des grains de forme elliptiques de 2,43 à 4,47cm de long. Elles renferment une à deux graines, rarement plus. La gousse est d'abord verte puis devient jaune à maturité. (Fig1C).

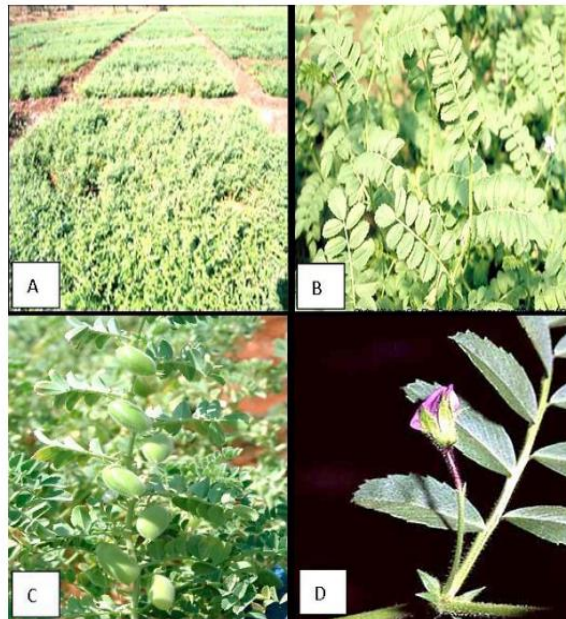


Figure 1. Morphologie de la plante de pois chiche. (A) Vue d'ensemble d'un champ de pois chiche : (B) Feuille composée de pois chiche : (C) gousses jeunes vertes : (D) Fleur mauve de *C. arietinum* (Chibout et *al.*, 2017).

4. Types de pois chiche

On distingue deux principales types de pois chiche, selon la taille et la forme de la graine :

- Le type « Kabuli », ses graines sont plus grandes de couleur blanc crème et à l'enveloppe plus lisse (Fig 2a). Ce type de pois chiche possède une croissance érigée et des fleurs blanches et tolère le froid (Bejiga et Van der Maesten, 2006 ; Chekroun, 2011).
- Le type « Desi », aux petites graines marron foncé et à l'enveloppe rugueuse (Fig 2b). Les plantes sont buissonnantes à folioles et fleurs relativement petites, à tiges contenant des pigments d'anthocyane violacés et à fleurs d'un bleu violet (Bejiga et Van der Maesten., 2006).



Figure 2. Variétés de pois chiche (a) : Kabuli, (b) : Desi (Anonyme,2010).

5. Cycle et saison de culture

Dans le bassin méditerranéen, le pois chiche est considéré comme une culture de printemps et d'hiver. En général, la plante se développe vigoureusement et complète son cycle évolutif en 4 mois. C'est une plante rustique connue pour sa résistance à la sécheresse. Grâce à son enracinement profond elle peut supporter les terrains secs et peut se développer dans les zones à faible pluviométrie (El Aoufir, 2001).

Généralement, le cycle évolutif de pois chiche comprend deux phases : la phase végétative et la phase reproductrice. La phase végétative qui commence par la germination est envisagée par le passage de la graine de la vie ralentie à la vie active, affectant ainsi la sortie des racines séminales et la coléoptile qui pousse vers la surface. La phase reproductrice débute par la floraison qui est marquée par l'apparition et le développement des ébauches florales, suivie par un effectif élevé en fleurs et un rendement en gousse appréciable (Hamadach, 2001).

Le cycle de la plante est complété par la maturation des graines. Cette phase se caractérise par un jaunissement des gousses accompagné d'une chute des folioles et d'un durcissement des graines. La durée de chaque phase et la faculté germinative diffèrent selon les variétés d'espèce et les conditions climatiques (la température, l'humidité, et la période d'éclairement) (Hamadach, 2001 ; Melakhessou, 2007).

6. Importance du pois chiche

6.1. Sur le plan nutritif

C'est une plante destinée à l'alimentation humaine. Sa valeur nutritive est importante car ses graines sont constituées majoritairement d'un sucre lent l'amidon (41%), d'un taux appréciable de protéines (23%), de sels minéraux (4%) et de vitamines (0,003%) (Rajesh, 2001).

Il est à signaler que ses protéines renferment une diversité d'acides aminés. Le plus important étant la lysine suivie de l'arginine, la cystéine et la méthionine. Ses matières grasses sont composées d'acides gras essentiels dont l'acide linoléique, oléique et palmique. La concentration en calcium est la plus importante comparée à celle du phosphore qui est supérieure à celle du fer. Il renferme des vitamines du groupe B (niacine, thiamine et riboflavine) (Aubert, 1992).

6.2. Sur le plan économique

6.2.1 Dans le monde

De nos jours, le pois chiche est cultivé sur un large éventail de zones climatiques qui vont de l'Inde subtropicale et Nord-Est de l'Australie, à des zones arides et semi-arides du bassin méditerranéen et de l'Australie du Sud (Laranjo *et al.*, 2008 ; Faostat, 2014). Les pays du sous-continent indien, ainsi que l'Australie, produisent surtout du pois chiche « Desi », alors que le Canada produit à la fois du « Desi » et du « Kabuli ». Les autres pays produisent surtout du « Kabuli ». En moyenne, la production mondiale est constituée de 75 % de « Desi » et 25 % de « Kabuli ». La production de « Kabuli » est plus dispersée (Anonyme, 2006). Jusqu'à l'année 2014, le pois chiche occupait une superficie mondiale de plus de 13 millions d'hectares (13 981 218 ha) et une production annuelle estimée à plus de 13 Millions de tonnes (13 730 998 tonnes), avec un rendement de 9821 hg/ha. L'Inde est le plus grand pays producteur du pois chiche (Faostat, 2016). La figure 03 présente le pourcentage de production du pois chiche par continent durant l'année 2013.

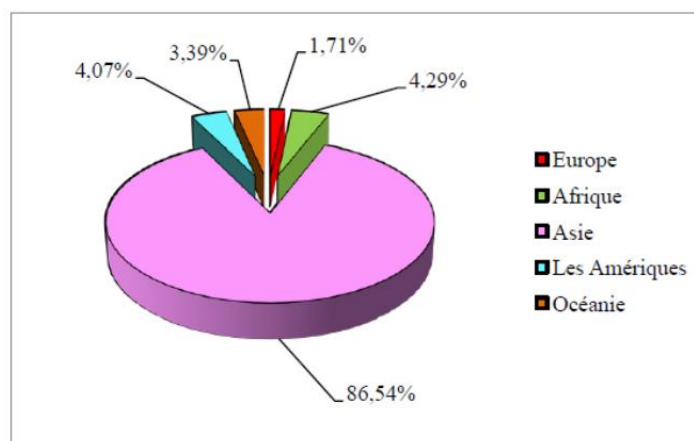


Figure 3. Pourcentage de production du pois chiche par continent en 2013 (FAO, 2016)

6.2.2 En Algérie

La culture du pois chiche occupe la troisième place dans la production mondiale des légumineuses après la fève et le petit pois, dont l'Asie est le premier producteur avec une superficie de 10 159 000 ha (Rajesh, 2001).

La superficie des terres cultivées en Algérie s'élève à 5 243 067 ha soit 2,22% de la superficie totale du pays. La culture du pois chiche occupe en Algérie seulement 0,63% de la superficie des terres cultivées soit 33 295 ha. La production nationale se situe entre 270 et 350 tonnes par an. Les principales zones de culture de pois chiche sont Sétif, Constantine, Guelma, Sidi Bel Abbès, Ti mouchent, Mascara et Tlemcen (M.A.D.R., 2015).

En Algérie, la culture des légumineuses et en particulier le pois chiche a un intérêt national, car elle doit permettre de satisfaire les besoins, réduire les importations et limiter la dépendance économique vis-à-vis de l'étranger. En effet, cette culture occupe environ 33,32% de la superficie totale des légumineuses, avec un taux de production de 31,95% de la production nationale des légumineuses alimentaires.

Le même auteur rajoute que la production nationale ne couvre en moyenne que 30% des besoins de la population. L'Algérie est contrainte d'importer entre 47 000 et 56 000 tonnes de pois chiche par an pour couvrir une demande constante de la population en croissance démographique continue (Fig 4).

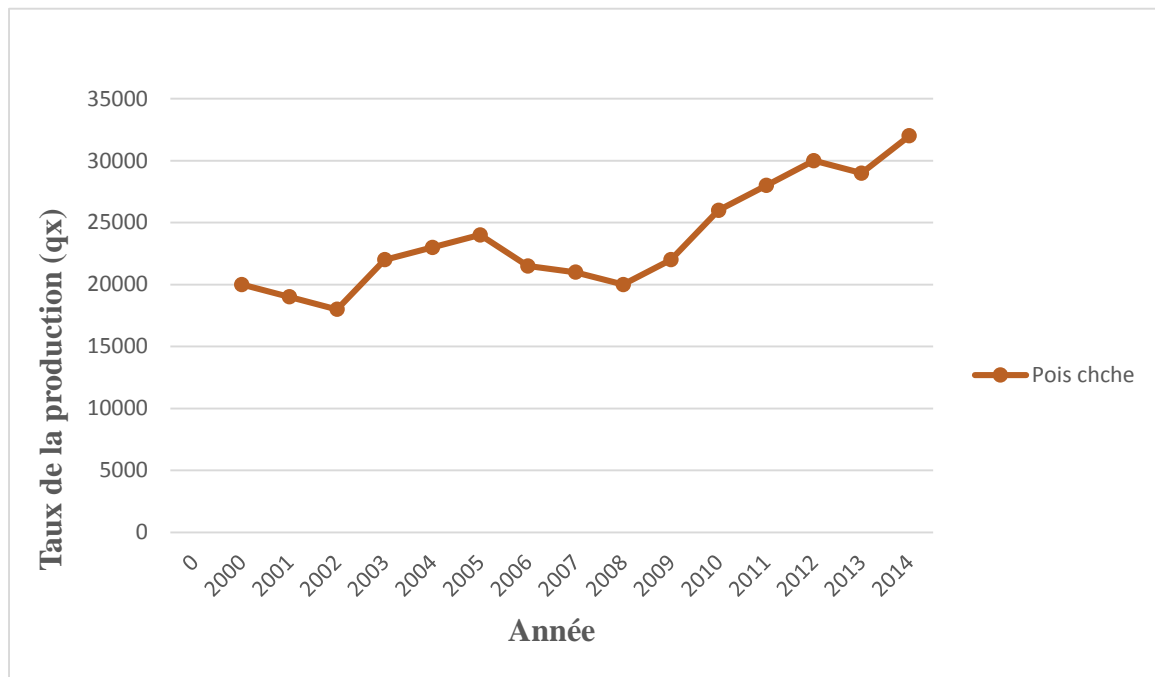


Figure 4. Production nationale de la culture de pois chiche de 2000 à 2014 (M.A.D.R., 2015).

6.3. Importance agronomique et fertilité

Le pois chiche est une légumineuse présentant des nodosités racinaires hébergeant des bactéries qui ont la capacité de fixer l'azote atmosphérique et le restituer au sol. Cette symbiose avec *Rhizobium ciceri* enrichit le sol en azote, renforçant sa fertilité et améliorant les rendements. La fertilité des sols va favoriser l'installation d'autres plantes présentant un intérêt écologique par le recouvrement des zones arides et semi arides. Cet apport d'azote limite le recours aux engrais chimiques, ce qui réduit le coût de production et la pollution de l'environnement (Zaghouane *et al.*, 1995 ; Kichou, 2003).

CHAPITRE II

Présentation de l'insecte
Callorbochus chinensis L.



1. Caractères généraux des Bruchidées

La famille des Bruchidées est assez homogène parmi les phytophages. Elle possède près d'un millier de représentants connus, répartis dans toutes les régions du globe mais surtout abondants dans les zones tropicales. Les bruches sont caractérisées par une forme courte, ramassée et globuleuse dont la taille oscille entre 1,3 et 5mm, une tête dégagée et un menton pédonculé (Balachowsky, 1962). Les antennes sont insérées près des yeux et les élytres recouverts d'une pilosité souvent très fine, qui recouvre incomplètement l'abdomen. Les pattes postérieures sont toujours plus développées que les deux autres paires avec des fémurs fréquemment dilatés ou renflés. Les ailes sont fonctionnelles chez toutes les espèces ; les larves évoluées des Bruchidae sont de type « rhyncophorien ». Elles subissent 4 à 5 mues au cours de leur évolution (Labeyrie, 1962).

Selon Delobel et Tran (1993), la famille des Bruchidae comprend deux groupes, le premier renferme les bruches se développant dans les champs, dans les graines encore vertes et qui ont une seule génération annuelle (espèces univoltines) comme *Bruchus pisorum* (la bruche de pois) et *Bruchus rufimanus* (la bruche de la fève). Le deuxième groupe renferme les bruches qui se multiplient à l'intérieur des entrepôts, dans les graines sèches. Elles ont plusieurs générations annuelles (espèces polyvoltines). C'est le cas de *Callosobruchus maculatus* (la bruche de niébé), *Acanthoscelides obtectus* (la bruche du haricot) et *Callosobruchus chinensis* (la bruche chinoise).

2. Présentation de la bruche chinoise

2.1. Classification de l'espèce

Balachowsky (1962), rappelle la position systématique de la bruche chinoise est la suivante :

Règne	Animal
Embranchement	Arthropodes
Sous embranchement	Trachéates
Classe	Insectes
Sous classe	Ptérygotes Néoptères
Ordre	Coléoptères
Sous ordre	Phytophages
Famille	Bruchidées
Genre	Callosobruchus
Espèce	<i>Callosobruchus chinensis</i> L.1758

2.2. Répartition géographique

La bruche chinoise est d'origine asiatique, elle s'est répandue dans toutes les régions à climat chaud, peu répandue en Afrique, c'est le principal ennemi du pois chiche en Asie occidentale (Delobel et Tran, 1993).

2.3. Description de l'espèce

2.3.1. Œuf

Les œufs sont semi ovoïdes, ils adhèrent solidement par leur face plane au tégument de la graine ne dépassant jamais 0,5 mm de long. Le nombre d'œufs pondus par la femelle varie suivant les facteurs climatiques, mais ne dépasse jamais 50 œufs (Fleurat Lessard, 1982).

2.3.2. Larve

La larve est de couleur blanche, mesure de 2.1 à 2.5 mm de long, il existe quatre stades larvaires. Les larves des stades L2, L3 et L4 sont très semblables mais les larves des deux derniers stades sont de taille plus importante (Delobel et Tran, 1993).

2.3.3. Nymphe

La pupa est de couleur blanche à jaunâtre. La tête, le thorax et l'abdomen sont bien visibles, elle mesure en moyenne 3,34 mm de longueur, et 1,67 mm de largeur. La période nymphale dure entre 6 et 7 jours (Kumar et *al.*, 2009).

2.3.4. Adulte

La bruche chinoise est de taille plus réduite que les autres espèces de la famille des Bruchidées, elle est de 2,2 à 2,8 mm de longueur. Elle a le corps plus ramassé et possède deux callosités nacrées à la base du prothorax, ce dernier est de forme conique et étranglée vers le tiers antérieur (Fleurat Lessard, 1982). Le pygidium est allongé, assez pointu recouvert d'une substance blanche et jaune. La face ventrale est noire avec de petites parties de poils blancs. Les fémurs postérieurs présentent une dent simple au bord infero-externe (caractère du genre *Callosobruchus*) (Delobel et Tran, 1993). Les mêmes auteurs rajoutent que l'adulte est un bon voilier.

2.4. Biologie de la bruche chinoise

Selon Bonnemaïson (1962), la bruche chinoise a la même biologie que la bruche du haricot. Les adultes hivernent à l'intérieur des graines de pois chiche et sortent de celles-ci à la fin du mois d'avril ; ils ne s'alimentent pas et s'accouplent.

La femelle se place à la hauteur de la suture dorsale de la gousse, plus rarement de la suture ventrale, elle ronge la gousse au point de contact des deux valves et creuse un trou étroit et profond, puis dépose les œufs en paquets de 2 à 20 et parfois plus sur les graines voisines ainsi que sur la paroi externe de la gousse.

Le même auteur rajoute qu'après l'éclosion de l'œuf, apparaît la larve primaire pénètre dans la graine 2 à 3 jours après sa naissance. Elle mue et se transforme en une larve L2, Puis en L3 Puis ver L4, La durée du développement larvaire est très variable, elle est de 3 semaines en moyenne. Les larves se nourrissent et se développent à l'intérieur de la graine, Avant de se nymphoser, les larves forent le trou par lequel elles émergeront de la graine une fois qu'elles auront atteint le stade adulte (Fig. 5).

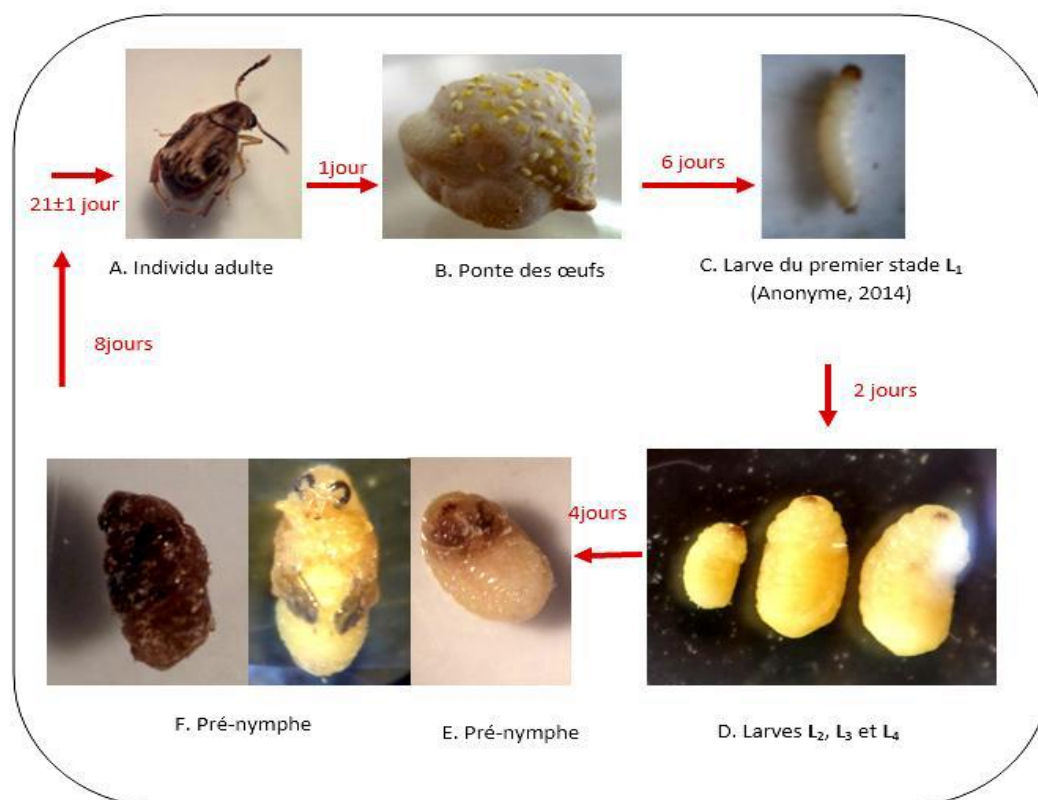


Figure 05. Cycle biologique de la bruche chinoise *C. chinensis* (Acheraiou et Kaced 2019)

2.5. Dégâts

Chaque année, les légumineuses à graines subissent des pertes considérables de l'ordre de 800g/kg de graines en quelques mois (Ouedrago et *al.*, 1996). L'ampleur des dégâts varie selon le niveau de l'infestation initial, la durée et les techniques de stockage. Les dégâts les plus importants causés par les bruches par exemple sur le niébé et le pois-chiche ont été constatés en Afrique et en Amérique (Fleurat-lessard, 1980).

Les pertes en poids peuvent atteindre plus de 80% après six ou sept mois de stockage (Idi, 1994) et les graines deviennent impropres à la consommation (Gain, 1978).

Les conséquences de la consommation par les bruches des graines entreposées peuvent être accentuées par l'apport d'acide urique et de fragments de chitine, qui rendent les lots contaminés inconsommables (Venkatrao, 1960) (Fig 6).



Figure 6. Grains de pois-chiche infestés par *C. chinensis* (Original, 2021)

3. Moyens de luttés

Face à l'ampleur des dégâts causés par les bruches, plusieurs méthodes sont utilisées pour éradiquer ce ravageur potentiel des graines de pois chiche ou au moins maintenir les populations du ravageur à un seuil de nuisibilité faible (Kasambala et Hendry, 1986 cité par Roudane, 2018).

3.1. Lutte préventive

La lutte préventive est une méthode fréquente chez les agriculteurs, car elle assure une bonne protection des denrées stockées contre les ravageurs et le maintien de la qualité des produits. Elle se base sur les différentes pratiques culturales et l'entretien des cultures (Nyabyinda, 2005). Cette lutte consiste en une hygiène rigoureuse des moyens de transports, des locaux de stockage, des installations de manutention et des machines de récolte (bien entretenues). Il est important d'isoler les nouvelles récoltes de celles qui sont anciennes dans l'entrepôt (Kellouche, 2005). Cette lutte inclut différentes précautions qui peuvent être appliquées :

Au champ, la culture en mélange est généralement pratiquée, car sur les monocultures les ravageurs et les parasites de cette espèce trouvent une facilité pour leur développement et pullulation, par contre lorsque plusieurs espèces sont associées, l'extension du parasite et ravageur devient limité. Le recours à des variétés à cycle court du pois chiche et l'utilisation des semis précoces assurent une maturation des graines avant la pullulation des adultes (Labeyrie, 1962).

Selon Hubert (1978), le séchage des graines avant le stockage est important pour diminuer le taux d'humidité, car l'humidité doit être maintenue entre 13 et 14%.

Le remplissage des vides entre les graines par la bouse de vache brûlée ou le sable fin mélangé avec des graines constitue une barrière qui réduit le développement des ravageurs et limite leur mouvement (Gwinner et *al.*, 1996).

La protection des stocks par certaines méthodes traditionnelles constitue un moyen intéressant de lutte préventive, néanmoins elle reste insuffisante, car elle ne peut pas empêcher définitivement la multiplication des ravageurs.

3.2. Lutte curative

La lutte curative est utilisée lorsque la lutte préventive ne révèle pas une efficacité pour une protection des denrées stockées contre les bruches. Elle a pour but d'empêcher le

développement des ravageurs des légumineuses en cas de l'infestation et avant d'arriver à des stades plus complexes et irréversibles. Divers moyens peuvent être utilisés :

3.2.1 Lutte chimique

La lutte chimique est la plus utilisée pour la protection des denrées stockées. Les traitements insecticides sont des produits qui agissent soit :

Par contact

Elle consiste en l'utilisation d'insecticides dans les entrepôts de stockage, qui doivent être efficaces, persistants et ne présentent aucun danger pour l'homme et les animaux domestiques. Trois groupes d'insecticides existent : les composés organochlorés comme le lindane, les composés organophosphorés comme, le pirimiphos-méthyle, enfin les carbamates et les pyréthrinoides de synthèse comme le deltaméthrine (Seck et Sidibend Habruga et Gaspar 1991).

Par fumigation

C'est la méthode la plus utilisée dans la lutte contre les ravageurs des denrées entreposées, elle consiste à traiter à l'intérieur des graines, car elle peut atteindre des formes cachées des ravageurs tels que les larves et les nymphes (Stefan, 1964 et Kellouche, 2005). Les gaz toxiques les plus employés sont : le phosphore d'hydrogène et le bromure de méthyle mais qui sont dangereux pour la santé publique.

3.2.2. Phytothérapie

L'usage des plantes indigènes dans la conservation des récoltes a été pratiqué avant même l'apparition des insecticides de synthèse (Gueye et *al.*, 2010). Il a été observé dans les pratiques empiriques que les agriculteurs introduisent souvent dans les greniers des plantes aromatiques issues de la pharmacopée locale, pour protéger les graines entreposées contre les insectes (Sanon et *al.*, 2002).

La phytothérapie joue un rôle très important dans la lutte contre les bruches des légumineuses, elle utilise les parties actives des plantes ayant des propriétés thérapeutiques, afin de limiter la toxicité des insecticides d'origine chimique et pour protéger les denrées alimentaires et préserver les qualités nutritionnelles et commerciales des graines.

Les produits extraits à partir des végétaux sont utilisés comme biopesticides contre les ravageurs pour leur effet répulsif, par contact ou par fumigation sous plusieurs formes : extraits organique ; extraits aqueux ; poudres des plantes ; huiles végétales et huiles essentielles.

Extraits aqueux

Les extraits aqueux sont traditionnellement utilisés contre les insectes, ils sont obtenus à partir d'une matière végétale (feuille, tige, et bois séché) préalablement lavée à l'eau distillée, puis séchée ensuite broyée à l'aide d'un mixeur jusqu'à sa réduction en poudre, puis diluée dans l'eau distillée (100g de poudre /L d'eau). Le mélange obtenu est filtré à l'aide de papier wattman (3mm) (Sanon et *al.*, 2002).

Ces extraits agissent plus lentement mais ils sont plus stables, ils ont par conséquent un effet plus durable dans le système de stockage (Regnault-Roger et *al.*, 2002).

Regnault-Roger et Hamraoui (1997) ont démontré que les plantes de la famille des Labiacées en solution dans l'eau, sont très efficaces à l'égard des insectes ravageurs en général.

Extraits organiques

Selon Schavemberg, 2008 et Aziri, 2015, les extraits organiques sont des macérations aqueuses ou alcooliques que l'on concentre plus en moins par évaporation.

D'après les études effectuées sur la bruche du haricot, en utilisant quelques extraits organiques de quelques plantes aromatiques, ces extraits ont un effet insecticide qui est en rapport avec la dose, le temps d'exposition et le type d'extrait.

Selon Regnault-Roger et Hamraoui (1993), les extraits organiques les plus puissants sont utilisés contre les ravageurs :

- Le menthol extrait du thym, *Thymus vulgaris* ;
- L'eugénol extraits des clous de girofle : *Eugenia caryophyllata* ;
- La pulégone extraite de la menthe pouliot : *Mentha pulegium* ;
- L'eucalyptol extraits des arbres d'Eucalyptus est très utilisé comme conservateur alimentaire.

Utilisation des produits minéraux

Pour le contrôle des infestations des grains par les bruches, on peut mélanger aux graines de la cendre de bois ou de sable qui remplissent les vides entre les grains où tous les

stades de cet insecte peuvent être tués par asphyxie lorsque la poudre utilisée est très fine (Chinwada et Giga, 1997 cité par Hamdani, 2012).

Poudres des plantes

Les plantes odorantes exercent un effet protecteur sur les graines de légumineuses soit en provoquant la mort de l'insecte, soit en inhibant sa reproduction, ces plantes appartiennent à différentes familles (Myrtaceae, Poaceae, Umbelliferae, Lauraceae). Les Lamiaceae sont les plus efficaces, tels que le thym, le serpolet (*Thymus vulgaris* L. et *Thymus serpyllum* L.) et le romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) (Regnault-Roger et Hamraoui, 1993).

De nombreuses études ont montré l'efficacité des poudres extraites des plantes dans la lutte contre les Bruchidées.

Les poudres sont obtenues par broyage des différents organes (des fleurs, des semences, des écorces, des racines et des feuilles) des plantes séchées à une température ambiante (26° à 28°C) (Gwinner et *al.*, 1996).

Huiles végétales

Les huiles végétales ont été utilisées très tôt dans la lutte contre les insectes sous forme d'émulsions. Ce sont des bioinsecticides de contact qui agissent par leurs propriétés physiques et chimiques. Selon leur origine et leur composition chimique, on distingue les huiles minérales dérivées du pétrole d'une part et les huiles végétales ou animales, extraites d'organismes biologiques (huiles d'arachide et d'olivier) d'autre part (Regnault-Roger et *al.*, 2008).

Les propriétés insecticides des huiles végétales leur procurent des effets à différents niveaux. De leurs propriétés physiques résultent plusieurs types de toxicité. Une toxicité par inhalation provoquée par leur richesse en composés volatils mais surtout une toxicité par contact par la formation d'un film imperméable isolant l'insecte de l'air et provoquant son asphyxie. Ces huiles agissent sur les larves et rendent les femelles incapables de pondre (Regnault- Roger et Hamraoui, 1997).

Les huiles végétales sont considérées comme atoxiques pour les mammifères dans le cadre d'une utilisation normale (Regnault-Roger et *al.*, 2008).

Chapitre III

Les huiles essentielles



1. Généralités sur les huiles essentielles

Les huiles essentielles, appelées aussi essences, sont des mélanges de substances aromatiques produites par de nombreuses plantes et présentes sous forme de minuscules gouttelettes dans les feuilles, la peau des fruits, la résine, les branches et les bois, Elles sont présentes en petite quantité par rapport à la masse du végétal. Ce sont des substances odorantes et très volatiles, c'est-à-dire qu'elles s'évaporent rapidement dans l'air (Bekhechi et Abdelouahid, 2014).

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

2. Localisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs (Bekhechi et Abdelouahid, 2014). Elles se retrouvent dans des glandes minuscules situées dans différentes parties de la plante aromatique : les feuilles, les fleurs, les fruits, les graines, l'écorce et pour certaines plantes dans les racines (Makhloufi, 2013). Les glandes sécrétrices sont réparties sur l'ensemble de la plante, rares sur les faces supérieures des feuilles et des tiges. Elles sont un peu plus nombreuses sur la face inférieure des feuilles, mais elles sont abondantes surtout sur le calice des fleurs. D'après Djarri (2011), la formation des huiles essentielles dans les végétaux est le résultat d'une multitude de réactions biochimiques dont certaines ne sont pas encore élucidées. Les huiles essentielles prennent naissance dans des appareils sécréteurs qui ont une forme variée.

3. Propriétés physiques et chimiques

Les huiles essentielles sont des substances liquides à température ambiante, elles sont volatiles, ce qui les différencie des huiles fixes. Elles ne sont que très rarement colorées, leur densité est généralement inférieure à celle de l'eau (les huiles essentielles de saffran, de girofle ou de cannelle sont plus denses que l'eau) (Cohen, 2013).

Selon Selles (2006), du point de vue chimique, les huiles essentielles sont des mélanges complexes pouvant contenir plus de 300 composés différents, ces composés sont des molécules volatiles appartenant pour la grande majorité à la famille des terpènes.

Les huiles essentielles sont liposolubles, solubles dans les solvants organiques usuels ainsi que dans l'alcool, mais très peu solubles dans l'eau. Il faut donc impérativement un tensioactif pour permettre leur mise en suspension dans l'eau. Elles présentent un indice de réfraction élevé (Lakhdar, 2015).

Selon la voie métabolique empruntée, les huiles essentielles sont constituées principalement de deux groupes de composés odorants, il s'agit de terpènes (mono et sesquiterpènes), et des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (Cohen, 2013). Elles peuvent également renfermer divers produits issus du processus de dégradation mettant en jeu des constituants non volatils (Bruneton, 1999).

4. Importance et utilisation des huiles essentielles

L'importance des huiles essentielles n'a pas pu être clairement démontrée. Toutefois, certains auteurs pensent que la plante utilise son huile essentielle pour repousser les insectes, ou au contraire pour les attirer et favoriser la pollinisation (Belaiche, 1979). Certaines huiles essentielles servent à la défense des plantes contre les herbivores, insectes et micro-organismes (Kim et *al.*, 2000).

Les huiles essentielles sont utilisées dans plusieurs domaines, les industries de la parfumerie, des arômes et du cosmétique sont les principales consommatrices d'huiles essentielles. Ce sont en effet les produits de base utilisés, en raison de leur forte volatilité et du fait qu'elles ne laissent pas de trace grasse. Dans l'agro-alimentaire, des huiles essentielles sont utilisées aussi pour incorporer aux aliments des saveurs. Certain nombre d'huiles essentielles possèdent des propriétés médicalement intéressantes, d'où leurs utilisations à des fins thérapeutiques. L'activité des huiles réside dans les centaines de molécules chimiques qui la constituent (Degryse et *al.*, 2008).

5. Rôle des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont responsables de l'odeur caractéristique des plantes aromatiques qui est importante pour attirer les insectes pollinisateurs de graines. En plus, les huiles essentielles jouent un rôle défensif contre les prédateurs et les maladies (De Sousa, 2015). Ce rôle est lié à leur activité antibactérienne, antifongique et antivirale assurant alors une protection des plantes (Bakkali et *al.*, 2008).

6. Huile essentielle de la Sauge officinale

6.1. Description de la Sauge officinale

Salvia officinalis est un arbuste vivace de 30 à 60 cm de hauteur, à tiges ligneuses formant des rameaux quadrangulaires dressés et velus, aux feuilles ovales et allongées, gris verdâtre en raison d'une pubescence cotonneuse sur la face inférieure (fig7). Cette plante se caractérise par une odeur aromatique et de petites fleurs bleu violettes qui s'épanouissent en Juin ou Juillet (Benkherara et *al.*, 2011).



Figure 07. *Salvia officinalis* L (Anonyme, 2011)

6.2. Position systématique

Cronquist (1981), rappelle la systématique de la sauge officinale est la suivante :

Règne	Plantes
Embranchement	Cormophytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Magnoliopsides
Sous classe	Asterides
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacées
Genre	<i>Salvia</i>
Espèce	<i>Salvia officinalis</i> L.1753

6.3. Composition chimique de l'huile essentielle de la Sauge

Plusieurs travaux récents ont étudié la composition chimique de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* dans différentes régions de part et d'autre du bassin méditerranéen tel que, l'Egypte (Karawya et El Hawary.,1981) et le Maroc (Belkamel et Drouet., 1990).

Selon Wolter (2007) les principaux composés de l'huile essentielle de la sauge officinale sont : Camphène (1,1 à 10,3 %), A pinene (1,7 à 13,1 %), Mycène (0,3 à 3 %), Athujone (1,5 à 44,2%), Acetate de Bornyl (0,1 à 3,5%), Viridiflorol (0 à 9,9%) ,1_8 Cinéole (0,7 à 20,8%).

7. Huile essentielle de la menthe poivrée

7.1. Description de la menthe poivrée

La menthe poivrée est une plante vivace à rhizome long, rampant, traçant, chevelu. La tige, de 50 à 80 centimètres, dressée ou ascendante, se divise en rameaux opposés. (Les feuilles étant la partie la plus importante à partir de laquelle l'huile est extraite) mesurent de 4 à 10 cm de long, elles sont ovales, opposées, courtement pétiolées, lancéolées, aiguës, dentées, sont d'un très beau vert et se teignent de nuances rougeâtres au soleil et de rouge cuivré à l'ombre. Elles sont recouvertes de gros poils sécréteurs arrondis dans lesquels s'accumulent les substances volatiles odorantes (Benayad, 2008 ; Idrissi, 1982).

Les fleurs, violacées, forment des épis très courts, ovoïdes, à l'extrémité des rameaux. Le fruit, divisé en quatre parties, est entouré d'un calice persistant. Son odeur est puissante, sa saveur piquante et rafraîchissante (Benayad, 2008 ; Jahandiez et Maire, 1932).



Figure 8. La menthe poivrée (Originale ,2021)

7.2. Position systématique

Cronquist (1981), rappelle la systématique de la menthe poivrée est la suivante :

Règne	Plantes
Embranchement	Cormophytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Magnoliopsidées
Sous classe	Asteridées
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacées
Genre	<i>Mentha</i>
Espèces	<i>Mentha piperita</i> . L 1753

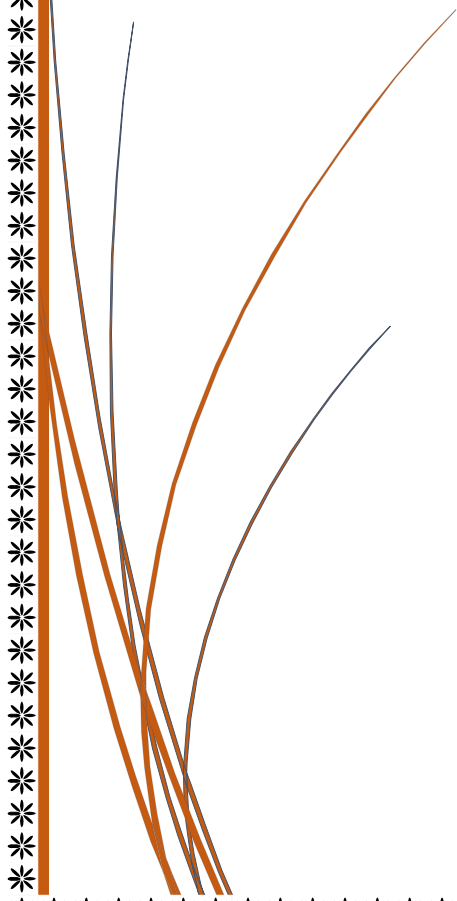
7.3. Composition chimique de l'huile essentielle de la menthe poivrée

La réalisation des extraits avec différentes parties de la menthe poivrée a montré sa diversité et sa richesse en plusieurs constituants tels que : les flavonoïdes (menthoside) les tocophérols, l'azulène, l'acide rosmarinique, des caroténoïdes, des tanins et des huiles essentielles (Iserin, 2001).

Les huiles essentielles représentent de 1 à 3% de la masse de la matière sèche de la partie aérienne de la plante. Leurs principaux constituants sont le menthol (29-50%), le menthone (16-25%), de l'acétate de menthyle (pas plus de 5%), l'isomenthone (de 10 à 15%), le menthofurane, et le pipéritone. Elles contiennent également de 1 à 5% de limonène, 3,5 à 1,8 de cinéole (Bruneton, 1999).

Chapitre IV

Matériel et méthodes



1. Objectif de travail

L'objectif de ce travail est de mettre en évidence un éventuel effet insecticide des huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée sur la bruche chinoise (*Callosobruchus chinensis* L.)

2. Matériel utilisé

2.1. Matériel de laboratoire

Pour les différentes expériences, nous avons utilisé du matériel de nature variée (Fig 9).

- Une étuve réglée à 28°C et à une humidité relative de 70±5 %, qui sont les conditions propices qui permettent d'assurer un développement rapide des bruches.
- Une loupe binoculaire pour distinguer les différents stades de développement et pour pouvoir observer aux deux grossissements×10 et × 40 les insectes.
- Des bocaux en plastique (1 litre) pour l'élevage de masse des bruches.
- Des boîtes de Pétri en verre de 9,5 de diamètre et 1,5cm de hauteur dans le but d'effectuer les différents essais (le test de répulsion).
- Des bocaux en verre de 125ml de volume pour les tests d'inhalation.
- Les disques de papier filtre de 2cm de diamètre pour le test d'inhalation et de 9,5cm de diamètre pour le test de répulsion.
- Une micropipette graduée de 1 à 10µl pour le dosage des huiles.
- Du papier filtre.
- Des étiquettes pour étiqueter les boîtes de Pétri et des bocaux en verre.

2.2. Matériel biologique

2.2.1. Graines de pois chiche

Les graines de pois chiche exploitées pour l'élevage de masse de la bruche chinoise viennent du marché local, elles sont lavées et séchées avant l'utilisation.

2.2.2. Bruches

La souche d'origine de la bruche chinoise utilisée est issue d'un entrepôt de stockage local sur des graines de pois chiche. Les bruches utilisées dans les différents tests sont au stade adulte âgées de 0 à 24h, multipliées à partir des élevages de masse effectués au niveau du laboratoire d'entomologie de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

2.2.3. Huiles essentielles utilisées

Les huiles essentielles utilisées durant cette étude proviennent du marché local. Ce sont les huiles essentielles de la menthe poivrée et de la sauge officinale récoltées en Algérie, obtenues par hydrolyse des feuilles.



Boite de Pétri en verre



Papier filtre



Bocaux en verre



Micropipette

Figure 9. Matériel utilisé au laboratoire pour les différentes expérimentations (originale 2021).

3. Méthodes

3.1. Elevage de masse

L'élevage de masse est une méthode qui consiste à mettre en contact les bruches mâles et femelles d'âges indéterminés avec des graines saines de pois chiches non traitées par les insecticides. Cet élevage est réalisé dans des bocaux en plastique (Fig 10) il est placé dans des conditions optimales de développement. Le but de cet élevage est l'obtention des adultes de la bruche chinoise en nombre suffisant pour les expériences réalisées.



Figure 10. Elevage de masse de la bruche chinoise (Originale, 2021).

3.2. Bioactivité des huiles essentielles sur les adultes de *C. chinensis*

Deux tests différents sont réalisés avec les 2 huiles essentielles sur les adultes de *C. chinensis* âgés de 0 à 24h, l'un par inhalation et l'autre par répulsion.

3.2.1. Test par inhalation sur les adultes de *callosobruchus chinensis*

Ce test consiste à étudier la longévité des adultes de *Callosobruchus chinensis* soumis à des traitements par inhalation avec les deux huiles essentielles la sauge officinale et la menthe poivrée à des doses différentes en fonction du temps.

Dans des bocaux en verre de 125 ml de volume, des disques de papier filtre rond de deux centimètres de diamètre sont fixés par un fil du côté interne du couvercle. Des doses de 1ul, 2ul, 3ul et 4ul sont injectées sur le papier filtre, parallèlement un lot est utilisé comme témoin, il ne recevra aucun traitement par l'huile essentielle.

Vingt individus adultes sont mis rapidement dans des bocaux aussi-tôt fermés. Quatre répétitions sont effectuées pour chaque dose et pour le témoin.

Le dénombrement des individus morts est effectué au bout de 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, ,24h, 48h,72h et 96h d'exposition dans chaque bocal (Fig 11).

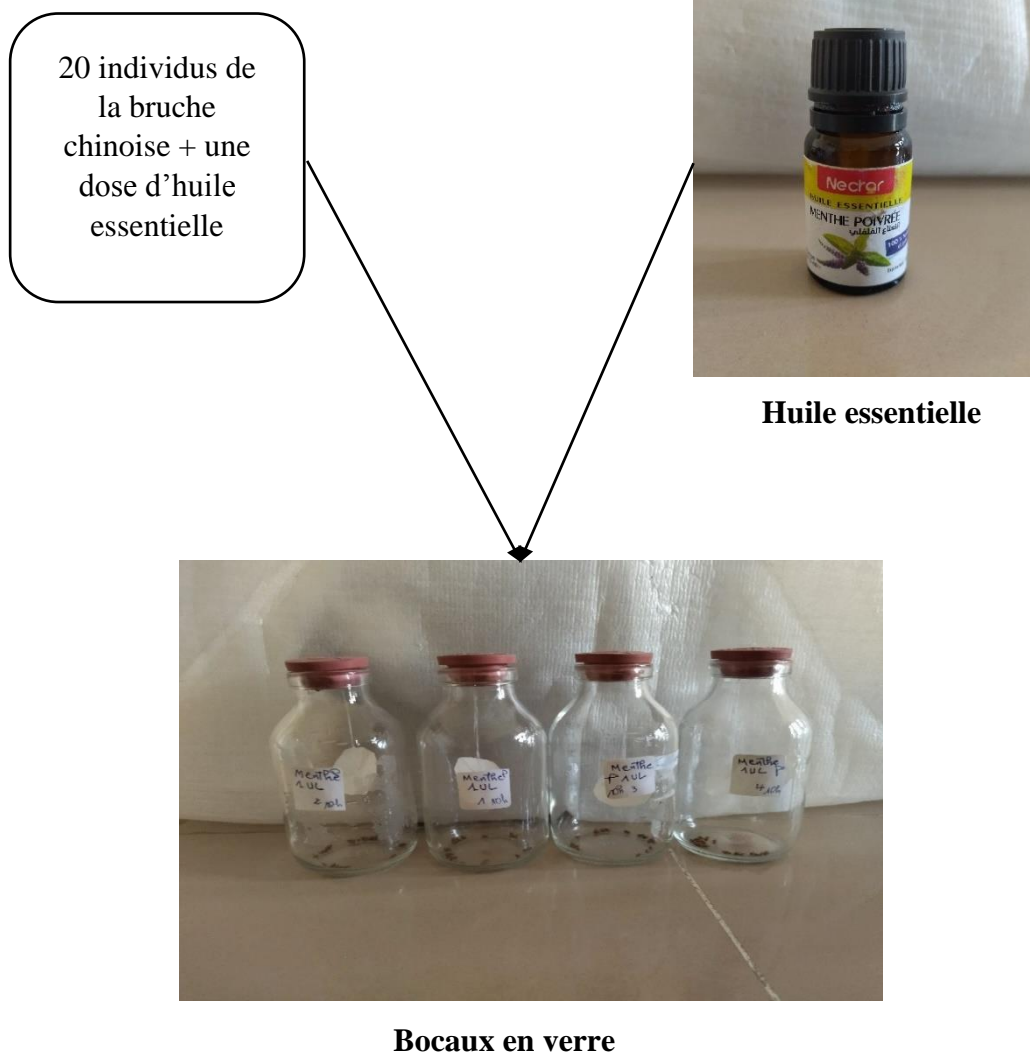


Figure 11. Dispositif expérimental du test par inhalation sur les adultes de *C. chinensis* traités à l'huile essentielle de la menthe poivrée et de la sauge officinale (Originale, 2021)

3.2.2. Test par répulsion sur les adultes de *C. chinensis*

Ce test consiste à étudier l'effet répulsif des deux huiles essentielles sur les adultes *C. chinensis* âgés de 0 à 24h, en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre. Elle consiste à découper en deux moitiés égales des disques de papier filtre de 9 cm de diamètre ; une moitié non traitée avec l'huile essentielle (témoin) et l'autre moitié reçoit des doses des huiles essentielles étudiées (1, 2, 3, 4 et 5 μ l). Les disques sont reconstitués à l'aide d'une bande adhésive puis placés dans des boîtes de Pétri en verre de 9cm de diamètre. Un total de 20 adultes de la bruche chinoise, âgés de 0 à 24h sont introduits au centre de la boîte de Pétri refermée immédiatement. Quatre répétitions sont effectuées pour chaque dose. Après 30 minutes de traitement, nous procédons au comptage des individus dans chacune des parties traitées et non traitées par l'huile essentielle.

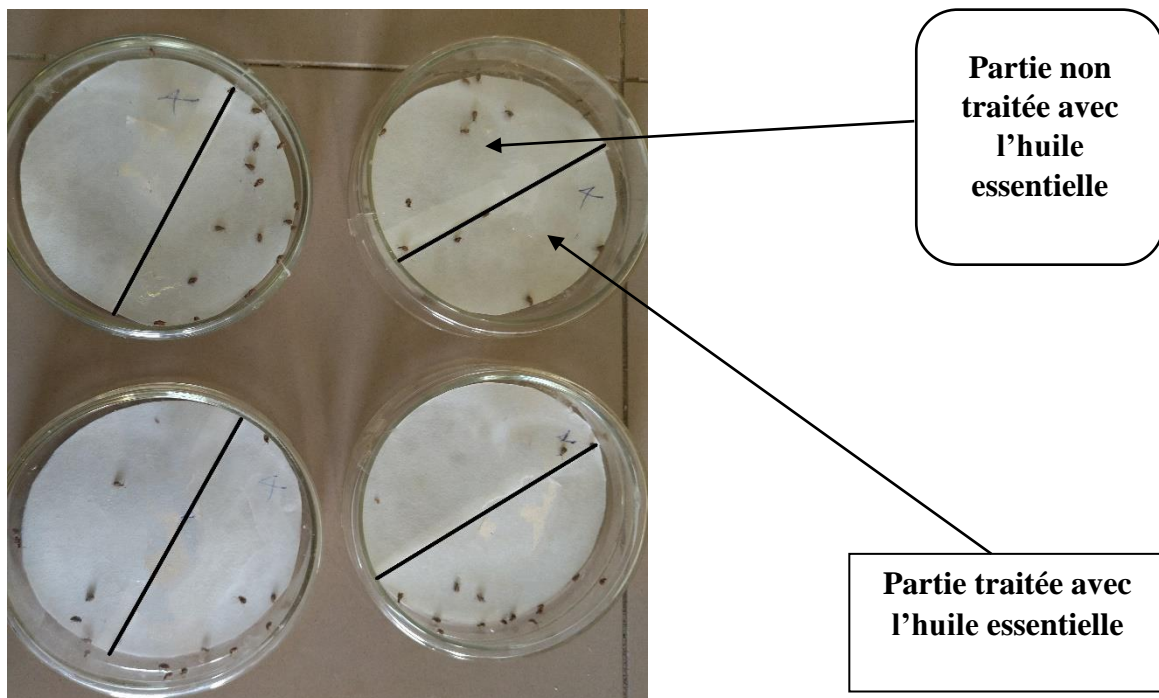


Figure 12. Dispositif expérimental du test par répulsion sur les adultes de *C. chinensis* traités à l'huile essentielle de la menthe poivrée et de la sauge officinale (Originale, 2021).

Le pourcentage de répulsion est calculé comme suit :

$$PR\% = (NT - NH)/(NT+) \times 100$$

NT : le nombre d'insectes présents sur la partie de disque non traité (témoin).

NH : représente le nombre d'insectes présents sur la partie de disque traité avec l'huile essentielle.

Le pourcentage de répulsion moyen pour chaque huile est calculé et attribué à l'une des différentes classes répulsives variant de 0 à V (Mc Donald et *al.*, 1970), qui sont présentés dans le tableau 1 suivant :

Tableau 1: Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et al. (1970).

Classe	Intervalle de répulsion	Propriété de la substance traitée
Classe0	$PR \leq 0,1 \%$	Non répulsive
Classe I	$0,1 < PR \leq 20 \%$	Très faiblement répulsive
Classe II	$20 < PR \leq 40 \%$	Faiblement répulsive
Classe III	$40 < PR \leq 60 \%$	Modérément répulsive
Classe IV	$60 < PR \leq 80 \%$	répulsive
Classe V	$80 < PR \leq 100 \%$	Très répulsive

4. Analyse statistique

Les résultats obtenus sont soumis à une analyse de la variance à deux et trois critères de classification pour le test par l'inhalation et à deux critères de classification pour le test de répulsion à l'aide du logiciel StatBox version 6.4. Si cette analyse révèle des différences significatives, elle est complétée par le test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% pour la comparaison multiple des moyennes.

Lorsque la probabilité (P) est :

$P > 0.05$, il n'y a pas de différence significative.

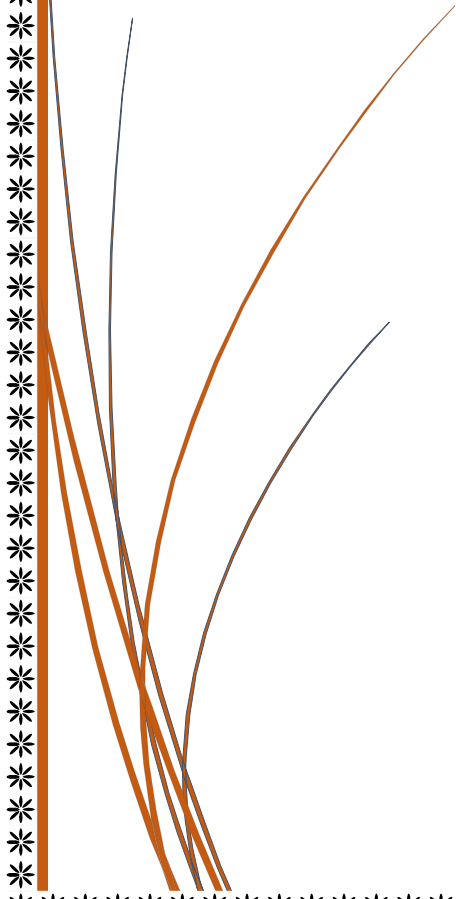
$0.01 < P \leq 0.05$, il y a une différence significative.

$0.001 < P \leq 0.01$, il y a une différence hautement significative.

$P \leq 0.001$, il y a une différence très hautement significative.

Chapitre V

Résultats et discussion



1. Résultats

1.1. Activité insecticide des huiles essentielles par inhalation

1.1.2. Huile essentielle de la sauge officinale

Les résultats de l'activité insecticide de l'huile essentielle de la sauge officinale sur les adultes de *C. chinensis* sont représentés dans la Figure 13.

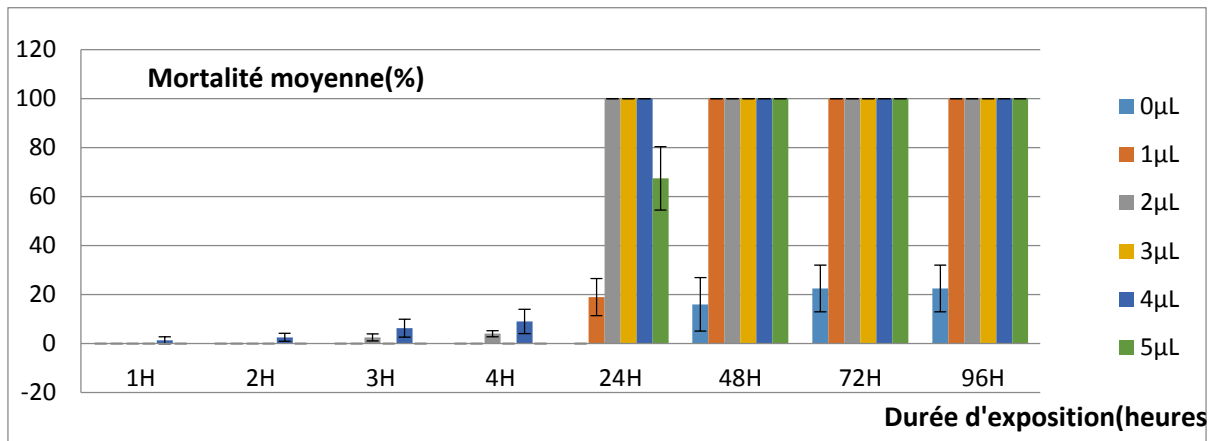


Figure 13. Taux moyens de mortalité des adultes de *C. chinensis* traités avec différentes doses de l'huile essentielle de la sauge officinale par inhalation.

La figure ci-dessus montre que la mortalité des adultes de *C. Chinensis* augmente au fur et à mesure que les doses ainsi que le temps d'exposition par inhalation à l'huile essentielle de la sauge officinale augmentent.

Durant les 4 premières heures d'exposition, l'huile essentielle de la sauge officinale a montré des taux de mortalité nuls à faibles ; ce n'est qu'à la dose de 4µL que nous avons enregistré une mortalité de 9% après 4h d'exposition.

Par contre nous avons constaté un taux de mortalité moyen maximal de 100% dès la dose de 2µL après 24h d'exposition à l'huile essentielle de *S. officinalis*.

L'analyse de la variance à deux critères de classification au seuil de signification de 5%, montre des différences très hautement significatives pour le facteur dose ($P=0,00039$) et pour le facteur durée d'exposition ($P=0,00037$) (Annexe, Tableau 2).

Le test de NEWMAN et KEULS a permis de répartir les différentes doses dans 2 groupes homogènes groupe A pour les doses 2 μ L, 4 μ L, 5 μ L, et groupe B pour les doses 0 μ L, 1 μ L et 3 μ L (Tableau 3) et la durée d'exposition dans le groupe A pour 48H, 72H et 96H et B pour 1H, 2H, 3H, 4H et 24H pour le groupe AB (Annexe, Tableau 4).

1.2. Huile essentielle de la menthe poivrée

Les résultats de l'activité insecticide de l'huile essentielle de la menthe poivrée à l'égard des adultes de *C. chinensis* sont représentés dans la figure suivante :

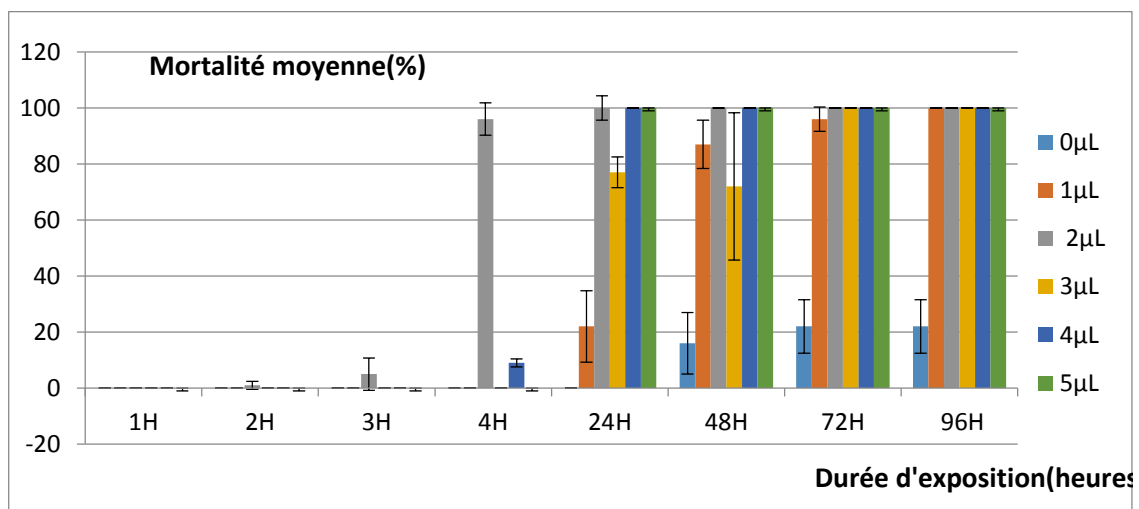


Figure 14. Taux moyens de mortalité des adultes de *C. chinensis* traités avec différentes doses de l'huile essentielle de la menthe poivrée par inhalation

D'après les résultats que nous avons obtenus, nous avons constaté que la mortalité moyenne des adultes de *C. chinensis* augmente avec l'augmentation de la dose et du temps d'exposition à l'huile essentielle de la menthe poivrée utilisée par inhalation.

Au bout de 4h d'exposition, un taux de mortalité élevée est enregistré chez les individus de *C. chinensis* traités à la dose 2 μ L, et des taux nuls chez les individus traités aux doses de 0 μ L, 1 μ L, 3 μ L et 5 μ L. Après 24h d'exposition, une mortalité maximale de 75% à la dose 3 μ L et 100% aux doses 2 μ L, 4 μ L et 5 μ L. Après 96H d'exposition les individus de *C. chinensis* sont soumis au traitement à toutes les doses respectives de l'huile essentielle de la menthe poivrée.

L'analyse de la variance à deux critères de classification au seuil de signification de 5%, montre des différences très hautement significatives pour le facteur dose ($P=0,00092$), et pour le facteur durée d'exposition ($P=0$) (Annexe, Tableau 5).

Le test de Newman et Keuls répartit les différentes doses dans 2 groupes homogènes groupe A pour les doses 1 μ L, 2 μ L, 3 μ L, 4 μ L et 5 μ L, groupe B pour la dose 0 μ L (Tableau 6) et les durées d'exposition dans le groupe A pour 24H, 48H, 72H, 96H et dans le groupe B pour 1H, 2H, 3H, 4H d'exposition (Annexe, Tableau 7).

Les résultats de l'étude que nous avons effectués nous montrent que l'huile essentielle de la menthe poivrée a un effet insecticide plus important comparé à celui de l'huile essentielle de la sauge officinale vis à vis des adultes de *C. chinensis* âgés de 0 à 24h.

Cependant, l'analyse de la variance à trois critères de classification au seuil de signification de 5%, ne montre pas des différences significatives pour le facteur huile ($P=0,13617$) (Annexe, Tableau 8).

2. Activité des huiles essentielles par répulsion

2.1. Huile essentielle de la sauge officinale

Le développement de l'effet répulsif de l'huile essentielle de la sauge sur les adultes de *C. chinensis* après 30 minutes d'exposition aux différentes doses de 1 μ L, 2 μ L, 3 μ L, 4 μ L et 5 μ L est représenté dans la(Fig 15).

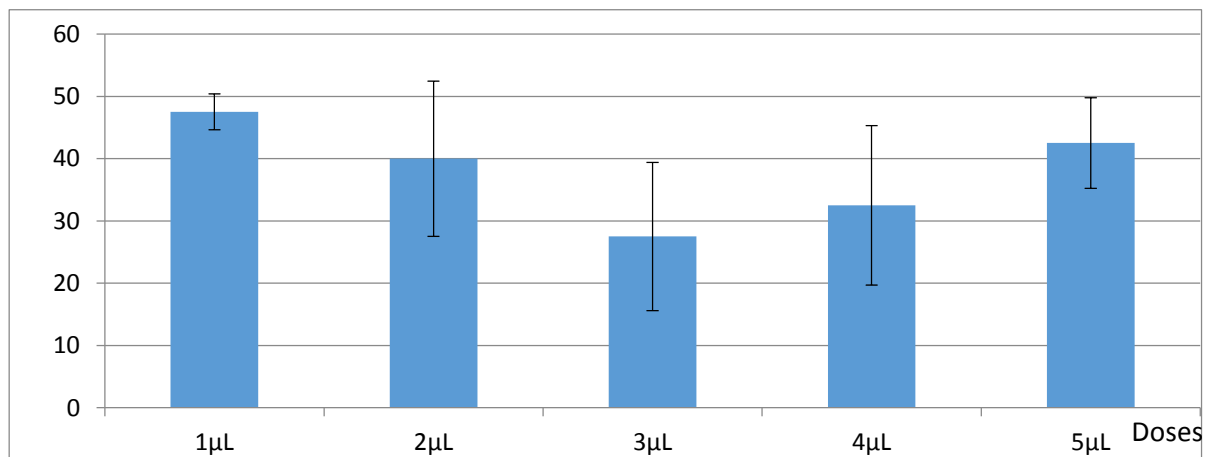


Figure 15. Taux moyens de répulsion (%) de l'huile essentielle de la sauge officinale à l'égard des adultes de *C. chinensis* après 30 minutes d'exposition aux différentes doses.

Nous avons enregistré une augmentation du taux de répulsion de l'huile essentielle de la sauge officinale à l'égard des adultes de *C. chinensis* aux différentes doses, 2 μ L, 3 μ L et 4 μ L nous avons remarqué la diminution des taux de répulsion qui dû à des erreurs de manipulation car à la dose 5 μ L le taux de répulsion augmente pour enregistrer la valeur de 42%.

Selon le classement de Mc Donald et *al.* (1970), l'huile essentielle de la sauge officinale est faiblement répulsive et appartient à la Classe II avec un taux de répulsion moyen de 38% (Annexe, Tableau 9).

2.2. Huile essentielle de la menthe poivrée

Le développement de l'effet répulsif de l'huile essentielle de la menthe poivrée à l'égard des adultes de *C. chinensis* après 30 minutes d'exposition aux différentes doses de 1 μ l, 2 μ l, 3 μ l, 4 μ l et 5 μ L est représenté dans la (Fig16).

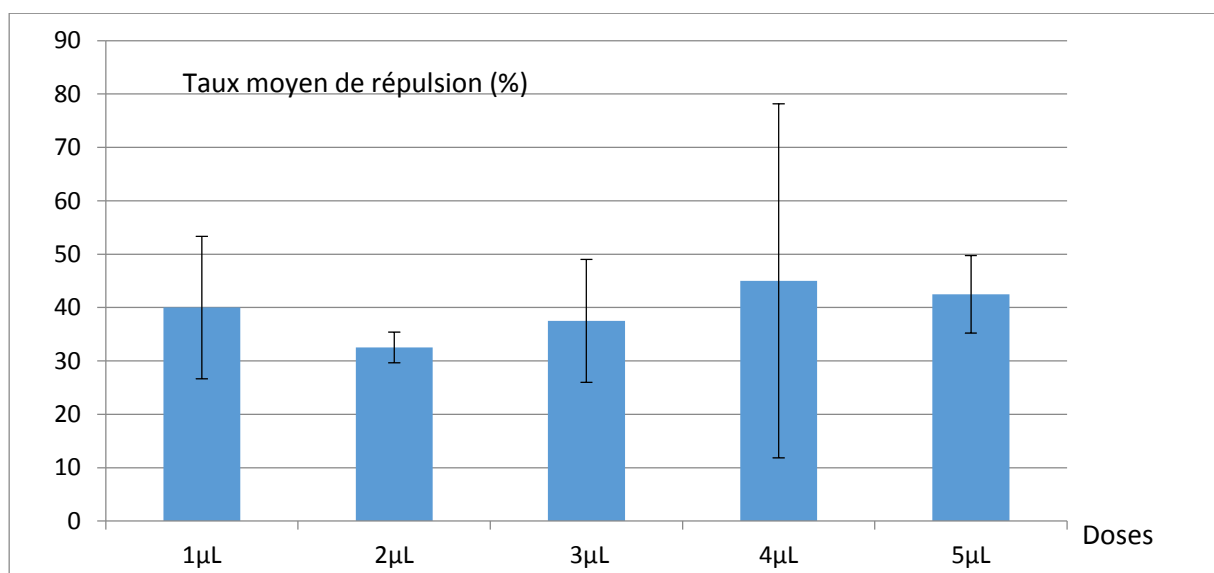


Figure 16. Taux moyens de répulsion de l'huile essentielle de menthe poivrée à l'égard des adultes *C. Chinensis* après 30 minutes d'exposition aux différentes doses (1 μ l, 2 μ l, 3 μ l, 4 μ L et 5 μ L).

Nous avons constaté que les taux de répulsion de l'huile essentielle de la menthe poivrée à l'égard des adultes de *C. chinensis* varient selon les doses ; car nous avons enregistré un taux de répulsion élevé à la dose 1 μ L puis une diminution de valeur aux doses 2 μ l et 3 μ L qui

augmentent à partir de la dose 4 μ L. Ceci pourrait être expliqué par des erreurs de manipulation au laboratoire.

Selon le classement de Mc Donald et *al.* (1970), l'huile essentielle de la menthe poivrée est faiblement répulsive et appartient à la Classe II avec un taux de répulsion moyen de 39,5% (Annexe, Tableau 10).

D'après les résultats que nous avons obtenus, nous avons remarqué que l'huile essentielle de la sauge officinale présente un effet répulsif comparable à celui de l'huile essentielle de la menthe poivrée. D'ailleurs, l'analyse de la variance à deux critères de classification au seuil de signification de 5%, montre qu'il n'y a pas de différences significatives entre les deux huiles essentielles la menthe poivrée et la sauge (P=0,09) (Annexe, Tableau 11).

2. Discussion

L'objectif principal de notre travail étant de lutter contre la bruche chinoise (*C. chinensis*) qui est un ravageur potentiel des légumineuses dans les stocks à l'aide de moyens naturels de protection en utilisant les huiles essentielles des plantes aromatiques locales. Deux huiles essentielles ont été testées sur les adultes de *C. chinensis* : l'huile essentielle de la sauge officinale et l'huile essentielle de la menthe poivrée.

Cette étude est réalisée à travers deux tests en utilisant différentes doses pour les deux huiles essentielles 0 μ l, 1 μ l, 2 μ l, 3 μ l, 4 μ L et 5 μ l ; un test par inhalation pour évaluer la mortalité des adultes de *C. chinensis* et l'autre par répulsion afin de constater l'effet répulsif des deux huiles.

Les résultats obtenus montrent nettement que les deux huiles essentielles présentent un effet insecticide par inhalation significatif sur les adultes de *C. chinensis* au fur et à mesure que la dose et la durée d'exposition augmentent.

Nos résultats s'accordent avec ceux obtenus par Raja et *al.* (2001) qui ont observé une réduction significative de la longévité des adultes de *C. Maculatus* avec les huiles volatiles de *Mentha arvensis*, *M. piperita*, *M. Spicata* (Lamiacées) et de *Cymbopogon nardus* (Rutaceae). De même, les résultats de l'étude réalisée par Seri-Kouassi et *al.* (2004), ont montré que les huiles essentielles extraites de deux plantes aromatiques de Côte d'Ivoire, *Melaleuca quinquenervia* (Myrtacées) et *Ocimum gratissimum* (Lamiacées), ont exhibé une action certaine dans le contrôle de *C. Maculatus* après 24heures d'exposition aux doses de 3,09 μ l/l,

et 6,99 $\mu\text{l/l}$ respectivement. Des observations similaires ont été notées et démontrées pour la toxicité des huiles essentielles extraites de la plante aromatique *Cymbopogon schoenanthus* (Poacées) sur *C. Maculatus* par Ketoh et al. (2005).

Des études similaires ont été réalisées par El Idrissi et al. (2014) sur une autre bruche monovoltine, ils ont mis en évidence l'effet toxique de deux huiles essentielles de deux Lamiacées (*Origanum majorana* L. et la sauge officinale L.) à l'égard des adultes de *Bruchus lentis*. Ces auteurs ont constaté que la mortalité des adultes diminue au fur et à mesure que la concentration (5, 10, 15, 20, 25 et 30 $\mu\text{l/l}$ d'air) des huiles essentielles augmente. Les temps de survie de 50% des adultes exposés aux différentes concentrations des huiles essentielles varient de 1 à 4 jours.

Pour sa part, Ouchekdhidh-Ourlissene (2014) a mis en évidence l'action des huiles essentielles de trois Lamiacées à l'égard de la bruche du haricot *A. obtectus* (polyvoltine). L'huile essentielle du thym s'est révélée la plus efficace en enregistrant une mortalité moyenne de 70.62 % pour toutes les doses et durées d'exposition, suivie de celle de la menthe avec une moyenne de 59.68%, puis le romarin avec un taux moyen de mortalité de 57.18%.

Goucem-Khelfane (2014) a montré que les huiles essentielles de citronnier, mandarinier (Rutacées), bergamotier, laurier noble (Lauracée), eucalyptus (Myrtacée), cèdre (Pinacée), lavande (Lamiacée), menthe poivrée et thym ont une toxicité inhalatrice sur les adultes d'*A. obtectus*. Aussi, sur la bruche de la fève (bruche monovoltine), Aissat et Berkane (2014) ont montré que l'huile essentielle de la menthe poivrée présente un effet insecticide par inhalation considérable. En effet dans les lots traités à la plus faible dose (40 μl), la mortalité des adultes de *B. rufimanus* augmente au fur et à mesure que les doses et le temps d'exposition augmentent jusqu'à atteindre une mortalité totale (100%) à la plus forte dose (100 μl) après 96h d'exposition.

La toxicité des huiles essentielles sur les insectes est induite par l'action de leurs composés majoritaires (Seri-Kouassi et al., 2004). D'après Abadlia et Chebbour (2014), l'huile essentielle de la menthe poivrée est majoritairement composée de menthol (38,51%) et de menthone (23,01%) et du 1,8 cinéole (3,65%) qui pourraient être à l'origine de l'effet létal élevé qu'exerce cette huile sur la bruche chinoise. En effet, de nombreux travaux ont mis en évidence l'action des huiles essentielles sur les adultes d'espèces différentes de ravageurs des grains stockés. A cause de leur volatilité importante, les huiles essentielles et leurs constituants, essentiellement des mono terpènes, exercent des effets insecticides et réduisent

ou perturbent la croissance de l'insecte à différents stades de leur vie (Weaver et Dunkel et Ntezurubanza et Jackson, 1991 ; Regnault-Roger et Hamraoui, 1993). Leurs efficacités varient en fonction du profil phytochimique des extraits des plantes et de la cible entomologique (Regnault-Roger et *al.*, 2012).

L'activité répulsive des deux huiles essentielles testées à l'égard des adultes de *C. chinensis* augmente au fur et à mesure que les concentrations de l'huile essentielle augmentent variant de 32% à 46% pour l'huile essentielle de la menthe poivrée dont le taux moyen de répulsion est de 39,5 % et de 28% à 48% pour l'huile essentielle de la sauge officinale avec un taux moyen de répulsion de 38%, ces huiles sont ainsi classées dans la classe faiblement répulsives (Mc Donald et *al.*, 1970).

L'effet répulsif des huiles essentielles vis-à-vis des ravageurs des grains stockés a été démontré par de nombreux travaux de recherches. En effet, Acheraïou et Kaced (2019) ont observé un taux de répulsion de l'huile essentielle de la menthe poivrée de 65% et un taux de répulsion de l'huile essentielle de la sauge officinale de 42,5 % contre les adultes de la bruche chinoise (*C. chinensis*). Ces auteurs ont obtenu un effet répulsif nettement supérieur à celui que nous avons obtenu dans notre cas, notamment pour l'huile essentielle de la menthe poivrée sur les adultes de *C. chinensis* ; ce qui pourrait être expliqué, par les doses élevées testées par les mêmes auteurs (2µl, 4µl, 6µl et 8µl).

Ouchekdhidh-Ourlissene (2014) a montré l'activité répulsive des huiles essentielles extraites de la menthe poivrée, du thym et du romarin à l'égard de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus*. L'auteur a enregistré les taux de répulsion les plus élevés pour le thym et la menthe poivrée qui sont de 71.25% et 68.75% respectivement. Le taux de répulsion obtenu pour la menthe poivrée est nettement supérieur à celui que nous avons obtenu sur *C. chinensis* ce qui pourrait être expliqué, par les doses plus élevées testées par cet auteur (10µl, 20µl, 30µl et 40µl).

Nos résultats ont exprimé des valeurs des taux de répulsion inférieures à celles obtenues par Kumar et *al.* (2009), soit la moitié. Ces auteurs ont observé un taux de répulsion de l'huile essentielle d'une autre espèce de menthe *Mentha longifolia* (Lamiacées) qui est de 85% contre les adultes de la bruche chinoise (*C. chinensis*).

Notre étude fait ressortir que l'huile essentielle de la menthe poivrée (*M. piperita*) est la plus toxique par inhalation, comparée à l'huile essentielle de la sauge officinale (*S. officinalis*) et exhibe au même temps des effets répulsifs notoires vis-à-vis de la bruche chinoise.

Conclusion



Au cours de notre travail, nous avons tenté d'évaluer la bio efficacité des deux huiles essentielles la *Sauge officinal* et la *Menthe poivrée* à l'égard des adultes de la bruche chinoise *C chinensis*.

Les résultats obtenus au laboratoire ont permis de révéler l'effet insecticide de deux huiles essentielles appartenant à la famille des Lamiacées, la menthe poivrée et la sauge officinale sur les adultes de cet insecte. En effet, deux tests ont été réalisés sur des individus adultes, un premier test par inhalation et un autre par répulsion, révélant chacun les propriétés insecticides exercées de ces deux huiles sur la bruche chinoise.

Nous avons enregistré des moyennes de mortalité qui augmentent avec l'augmentation de la dose et de la durée d'exposition pour les deux huiles. Une mortalité maximale de 100% des individus de *C. chinensis* soumis au traitement avec l'huile essentielle de la menthe poivrée par inhalation, est enregistrée à la dose de 5 μ l et au bout de 96h d'exposition alors que nous avons constaté un taux de mortalité moyen maximal de 100% dès la dose de 2 μ L après 24h d'exposition à l'huile essentielle de *S. officinalis*. D'après les résultats obtenus, l'huile essentielle de la menthe poivrée est plus toxique par inhalation par rapport à l'huile essentielle de la sauge officinale ; cependant, l'analyse de la variance n'a pas révélé de différence significatives entre les deux huiles.

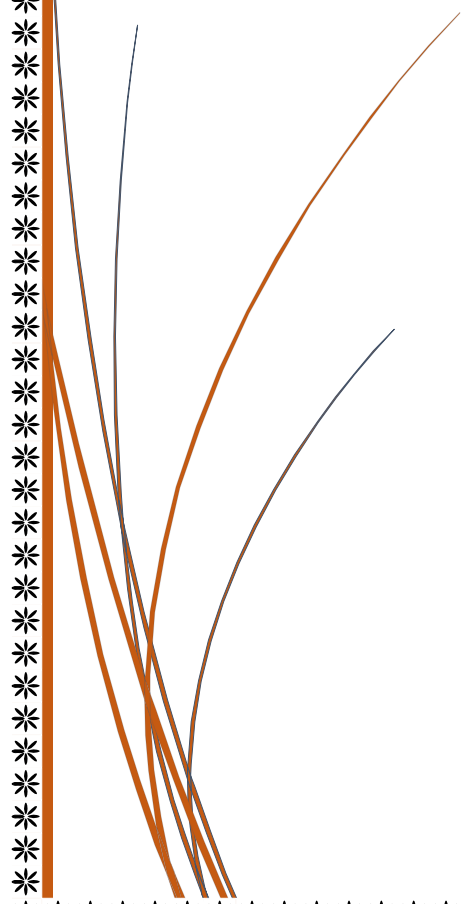
Selon le classement de Mc Donald et *al.* (1970), les deux huiles essentielles sont faiblement répulsives avec un taux de répulsion moyen de 38 % pour la sauge officinale et un taux de répulsion moyen de 39,5% pour la menthe poivrée.

Globalement, nous pouvons dire que l'huile essentielle de la menthe poivrée s'est révélée avoir un effet insecticide plus rapide et un effet répulsif plus important que la sauge officinale à l'égard des adultes de la bruche chinoise.

L'ensemble des résultats obtenus lors de ce travail pourrait constituer des solutions alternatives ou complémentaires à l'utilisation des pesticides d'origine chimique pour la protection des grains stockés de pois chiche.

Plusieurs perspectives de recherche peuvent être dégagées de notre travail, telles que l'extraction des huiles essentielles à partir de plantes aromatiques locales, l'étude et l'identification de leurs principes actifs. Il serait également intéressant d'évaluer l'activité insecticide des composés majeurs des huiles essentielles sur la bruche chinoise et leurs effets antagonistes. Le développement de bioinsecticides extraits de plantes locales est nécessaire afin de fournir de nouvelles solutions pour la protection des ressources alimentaires contre les ravageurs dans les entrepôts.

Références Bibliographiques



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

{A}

Abadlia M et Chebbour A. H. (2014). Etude des huiles essentielles de la plante *Mentha piperita* et tester leurs effets sur un modèle biologique des infusoires. Master en Biologie Végétale spécialité Métabolisme Secondaire. Université de Constantine. 90p.

Anonyme. (1992). Termes de référence d'un plan d'action foncier pour la gestion durable des ressources naturelles. UPA/MDRH, Rép du Sénégal, (s.d),4p.

Anonyme. (2006). Pois chiche. Bulletin bimensuel. 19(13), 2-4p.

Anonyme. (2010). www.aqmrc.org , consulté le 01-11-2010.

Anonyme (2011). REME, Réseau des entreprises Maghrébine pour l'environnement gestion de déchets organiques : Valorisation des déchets dans le secteur Agroalimentaire au Maghreb.

Association Française De Normalisation (Afnor). (2000). Recueil des Normes Françaises « huiles essentielles ». Tome 2 : Monographie relative aux huiles essentielles. Ed. AFNOR. Paris.

Aubert C. (1992). Fabuleuses légumineuses avec 140 recettes traditionnelles. Edition Terre vivante. Paris. N p 251. P 104-105.

Aziri F. (2015). Activité biologique des poudres des feuilles de deux plantes le myrte (*Myrtus commanis*) et de laurier rose (*Nerium oleander*) sur la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* say. (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire de master en biologie, UMMTO, 39p.

{B}

Bakkali F., Averbek S., Averbek D et Idaomar M. (2008). Biological effects of essential oils- a review. *Food and Chemical Toxicology*. 46 :446-475p.

Balachowsky A.S. (1962). Entomologie appliquée l'agriculture. Ed. Masson, Paris, 448-449p.

Bamouh. (1995). Plantes hôtes et organisation de la diversité des insectes phytophages, des radiations évolutives aux processus populationnels : le cas des bruches du genre *Acanthoscelides Schilsky* (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de doctorat, Univ. Neuchâtel et Univ. Montpellier II, 54p.

Bedard A. (2005). Les fonctionnels et les nutraceutiques :les connaissances et les attitudes des diététistes du Québec ;Département des sciences des aliments et de nutrition faculté des sciences de L'agriculture et de L'alimentation université Laval Québec,151p.

Bejiga G. et Van der Maesen L. J. G. (2006). *Cicer arietinum* L. PROTA
<https://www.prota4u.org/database/protav8.asp?g=pe&p=Cicer+arietinum+L>.

Bekhechi C et Abdelouahid D. (2014). Les huiles essentielles. Office des publications universitaires 55p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Belaiche P. (1979). Traité de phytothérapie et d'aromathérapie. Tome 1 : l'aromatogramme. Ed. Maloine, Paris.

Belkamel S et Drouet M. (1990). Revu. Mar. Pharmacol. 4, 7p.

Benayad.(2008). Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines, moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées stockées. Rapport de projet d'étude. Université Mohammed V agdal, Rabat, Maroc.61p.

Benhalima H., Chaudhary M.Q., Mills K.A et Price N.R. (2004). Phosphine résistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. J. Stored Prod. Res., 40 : 241-249p.

Benkherara S., Bordjiba O et Ali Boutlelis D. (2011). Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de la Sauge officinale : *Salvia officinalis L.* sur quelques entérobactéries pathogènes. Rue synthèse N°23 Université Badji MokhtarAnnaba Algérie. 72-80p.

Bonnemaison L. (1962). Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forêts. Ed.SEP, Paris. 503 p.

Bruneton, J. (1999). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 3ème éd. Ed. Tec et Doc, Lavoisier, Paris.101-120p.

{C}

Chekroun C. (2011). Etude des effets des filtrats de culture d'*Ascochyta rabiei (Pass) Lab.*, agent de l'antracnose sur des cals de *Cicer arietinum*. Thèse de magister, Université d'Oron. 4p.

Chinwada P., Gigad D. (1997). Traditional seed protectants for the control of bean bruchids. *Trop. Sci*, 80-84p.

Cohen D. (2013). Les huiles essentielles à l'officine : dangers pour la femme enceinte et le nouveau-né. Thèse de doctorat en Pharmacie. Université Joseph Fourier de Grenoble. 6-7p.

Cronquist. (1981). The évolution and classification of flow ring plants, 396p.

{D}

Degryse A. C, Delpla I et Voinier M.A. (2008). Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles atelier santé et environnement-IGS-EHESP 9p.

Delobel A et Tran M. (1993). Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, Faune tropicale, 23-311p.

De Sousa D.P. (2015). Bioactive essential oils and cancer. 1st Ed. New York, USA : Springer International Publishing. 292p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Djarri, L. (2011). Contribution à l'étude des huiles essentielles et des métabolites secondaires de trois plantes Algériennes des familles des apiaceae *Daucus reboudii* Coss. Ex Batt. Et Trab., *Kundmannia sicula* (L.) DC., et *Elaeoselinum thapsioides* Maire. Thèse de doctorat en Phytochimie : Université Mentouri de Constantine, 65p.

{E}

El Aoufir A. (2001). Étude du flétrissement vasculaire du pois chiche (*Cicer arietinum*) causé par le *Fusarium oxysporum f.sp. Ciceri*. Evaluation de la fiabilité de l'analyse iso enzymatique et de la compatibilité végétative pour la caractérisation des races physiologiques. Thèse de doctorat, Université Laval, 161p.

El idrissi M., Harmouch G et Amechrouq A. (2014). Chemical composition and biological activity of essential oils of *Origanum majorana* (L). (Lamiaceae) and *Salvia officinalis* (L.) (Lamiaceae) under *Bruchus lentis* (Coleoptera, Chrysomelidae). Global Journal of Pure and Applied Chemistry Research. Vol.2, No.2 : 15-25p.

{F}

Faostat. (2014). Food and agriculture organization :

<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> ou

http://faostat3.fao.org/faostatgateway/go/to/browse/G1/*E

Faostat. (2016) Food and agriculture organization: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

F.A.O. Stat. (2016). Statistical database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/fr/#data>

Fleurat Lessard F. (1980). Enquête sur l'état sanitaire des stocks de grains en France. Deuxième partie : Les résultats. Bulletin technique d'information du ministère de l'agriculture, N° 349, 271-280p.

{G}

Gain E. (1978). Note sur la germination des grains de légumineuses habitée par les bruches ; CR. 1897, 2ème semestre Mergeai, T-CXXV, 195-197p

Geerts P., Toussaint A et Baudoin G J. P. (2011). *Phaseolus* immature embryo rescue technology. Methods In Molecular biology clifton, 710 : 117-129p.

Goucem khelfene K. (2014). Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles et des poudres de quelques plantes à l'égard de la bruche du haricot *A. obtectus* say (Coléoptère,

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Chrysomelidae, Bruchidae) et comportement de ravageur vis-à-vis des composés volatils de différents variété de la plante hôte (*phaseolus vulgaris* L.) 79-81p.

Gueye M., Seck D., Wathelet J et Lognay G. (2010). Lutte contre les ravageurs des stockées de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 183-194p.

Guignot F. (1957). Faune de France 48 les Coléoptères Hydrocanthares. Edition LECHEVALIER Paris.

Gwinner J., Harmisch R et Mure. (1996). Manuel sur manutention et la conservation des graines après récolte. Ed. GT2. Esehborn. 368p.

{H}

Hamadach. (2001). La plantation de la culture de pois chiche dans les régions tropical et semi tropical. Rapport technique ITGC. 8p.

Hamdani Dj. (2012). Action des poudres et des huiles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de magister en biologie, UMMTO, 126p.

Hubert P. (1978). Recueil de fiches technique d'agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles à Madagascar Antananarivo, BDPA, 1-6p.

{I}

Idi A. (1994). Suivi de l'évolution de la population des bruches (*Bruchidus atrolineatus* F., Coléoptère : Bruchidae) et de leurs parasitoïdes (*Dinarmus basalis* Rond, Hymenoptera : Pteromalidae ; *Eupelmus vUILLETI* CRW, Hymenoptera : *Eupelmidae* ; *Uscana lariophaga*, Hymenoptera : Tricogrammatidae) dans les systèmes de stockage traditionnel de niébé (*Vigna unguiculata* Walp.) au Niger. Thèse Doc. Univ. Niamey, Niger. 100p.

Idrissi A. (1982). Etude des huiles essentielles de quelques Espèces *Salivia*, *Lavandula* et *Mentha* du Maroc, Thèse de troisième cycle, Université Mohammed V, Faculté des Sciences de Rabat.

Iserin P. (2001) : Encyclopédie des plantes médicinales. *London, ypogly Edith Ybert, Tatiana Delasalle- Feat.01 . 335p.*

Isman M. B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop protection*.19 : 603-608p.

{J}

Jacobson M. (1989). Botanical pesticides : past, present and future. Arnason J.T., Philogene

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

B. J. R., Morand P., eds. *Insecticides of plant origin*. ACS Symposium Séries, 384, 1-10p
Washington DC USA.

Jahandiez E et Maire R. (1932). Catalogue des plantes du Maroc (Spermatophytes et Ptéridophytes). Minerva, Alger. 2 (*Dicotylédones Archichlamydées*), 489-496p.

Jansen D. H., Juster H. B., Bell E. A. (1977). Toxicity of secondary compounds to the seed-eating larvae of the bruchidae beetle *Callosobruchus maculatus*. *Phytochemistry*. 16 : 223-227p.

{K}

Karawya S et El Hawary. (1981). *J. Pharm. Sci.* 19, 301p.

Keita M.S., Charles V., Schmidt J. P., Rammaswany S et Belanger A. (2000). Effect of various essential oils on *Callosobruchus maculatus* (F.) (*Coleoptera : Bruchidae*). *Journal of stored products Research*. 36, 355-364p

Kellouche A. (2005) : Etude de la bruche du pois chiche *C. maculatus* (*Coleoptera : Bruchidae*) ; biologie, physiologie, reproduction et lutte. Thèse de doctorat d'Etat en sciences naturelles, UMMTO, 155p.

Ketoh G, K., Koumaglo H, K., Glitho I, A. (2005). Inhibition of *Callosobruchus maculatus* (F), (*Coméoptera : Bruchidae*) développement with essential oil extracted from *Cymbopogon schoenanthus* L, Spreng (*Poaceae*), and the wasp *Dinarmus basalis* (Rondani) (*Hymenoptera : Pteromalidae*), *Journal of stored products research* 41 : 363-371p.

Kichou, T. SH. (2003). Effet de la température sur la fixation et l'assimilation de l'azote chez le pois chiche. *Céréaliculture revue technique et scientifique de ITGCn* 40.

KIM KS., CHUNG BJ., KIM HK. 2000. DBI-3204 : A new benzoylphenyl urea insecticide with particular activity against whitefly. *Proceedings of the British Crop Protection Council Conference, Pests and Diseases*, (1) : 41-46p.

Kumar P., Shukla R., Singh P., Singh A.K et Dubey N.K. (2009). Use of essential oil from *Mentha arvensis* L. to control storage moulds and insects in stored chickpea. *J. Sci. Food Agric.* 89 : 2643-2649p.

{L}

Labdi M. (1990). Chickpea in Algeria. 137-140p, in Saxina, N. P. ; Saxina, M C. ; Jouhansen, C. ; Virmani, S M. ; and Harris, H. *Adaptation of chickpea in West Asia and North Africa region*. ICARDA- ICRISAT. 262p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Labeyrie V. (1962).** Les *Acantoscelides obtectus*. In : Entomologie Appliquée à l'Agriculture. Ed. A.S. BALACHOWSKY. T1, Masson. Paris, 469-484p
- Labeyrie V. (1981).** Rencontre des sexes d'*A. obtectus* Say insecte Coléoptères : Bruchidae Le romarin se cultive dans un endroit ensoleillé, dans un sol calcaire et bien drainé⁷. Bien que ce soit une plante aimant les climats chauds, il supporte les gelées si le sol ne conserve pas l'humidité. Idéalement, ce dernier doit avoir un pH compris entre 7 et 7 Lomé. Togo. 8072p.
- Lakhdar L. (2015).** Evaluation de L'activité Antibactérienne d'huiles essentielles Marocaines Sur *Aggregatibacter Actinomycetemcomitans* : Etude in vitro. Thèse de Doctorat. Université de Rabat. Maroc
- Laranjo M., Alexandre A., Rivas R., Velázquez E., Young JPW et Oliveira S. (2008).** Chickpea rhizobia symbiosis genes are highly conserved across multiple *Mesorhizobium* species FEMS Microbiology Ecology. 66 (2) : 391-400p.
- Laumont P et Chevassus A. (1956).** Note sur l'amélioration du pois chiche en Algérie. Institut agricole d'Algérie. Maison-carree Alger.24p.
- Lichtenstein E. P. (1996).** Insecticides occurring naturally in crops. Adv. Chem. Ser. 53 : 34,38p.
- Lienard., Seck. (1994).** La lutte contre les insectes ravageurs, 305p.

{M}

- M.A.D.R. (2015).** Ministère de l'agriculture et du développement rural. Direction des zones arides et semi-aride ; Services statistiques agricoles.
- Makhloufi, A. (2013).** Etude des activités antimicrobienne et antioxydant de deux plantes médicinales poussant à l'état spontané dans la région de Bechar (*Matricaria pubescens* (Desf.) Et *Rosmarinus officinalis* L) et leur impact sur la conservation des dattes et du beurre cru. Thèse de doctorat en Microbiologie et sécurité sanitaire des aliments. Université de Tlemcen. 64, 65, 66, 67,74p.
- Melakhessou Z. (2007).** Étude de la nuisibilité directe des adventices sur la culture de pois-chiche d'hiver (*cicer arietinum* L.) variété ILC 3279, cas *Sinapis arvensis*. Université El Hadj Lakhdar- Batna. Faculté des sciences ; Département d'Agronomie. Mémoire de Magister en sciences agronomiques.
- Muehlbauer, F.J., Tullu, A. (1998).** *Cicer arietinum* L. In : J. Janick and J.E. Simon (eds.), New crops. Wiley, New York.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

{N}

Nyabyenda Pierre, 2005. Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitudes d'Afrique. 225p.

{O}

Ouchekdhidh Ourlissene W. (2014). Effets biocides des poudres et des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques de la bruche.

Ouedraogo A.P., Sou S., Sanon A., Monge J.P., Huignard J., Tran M.D et Credland P.F. (1996). Influence of the temperature and humidity on population of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae) and its parasitoid *Dinarmus basalis* (Pteromalidae) in two zones of Burkinafasso. Bullt. Entomol. Research. Vol.86 : 695-702p.

{R}

Raja N., Albert S., Ignacimuthu S et Dorn S. (2001). Effet of plant volatile oils in protecting stored *Vigna unguiculata* (L), walpers against *Callosobruchus maculatus* (F), (Coléoptera : Bruchidae) infestation, J stored prod, Res 37 : 127-132p.

Rajesh P. N. (2001). Chickpea genomics : BAC library construction, Resistance gene analog (RGA) mapping and tagging double-podded trait. A thesis submitted to the University of Pune for the Degree of doctor of philosophy. Plant Molecular Biology Division of Biochemical Sciences National Chemical Laboratory Pune 411 008 (India). 144p

Redden R. J et Berger J.D. (2007). History and origin of chickpea. Chickpea breeding and management. ISBN-13 : 978 1 846932145.

Regnault Roger C. (2002). De nouveaux phyto-insecticides pour le troisième illénaire ? In Biopesticides d'origine végétal, Ed. REGNAULT-ROGER C., B.J.R Philogéne, C. Vincent Paris : Lavoisier Tech et Doc, 19-40p.

Regnault Roger C., Bernard J.R et Philogene C. V. (2002). Biopesticides d'origine végétale. Ed. Tec. Et Doc. Lavoisier, Paris.20-37p

Regnault Roger C et Hamraoui A. (1993). Efficiency of plants from the south of France used as tradition protectants of *Phaseolus vulgaris* L. against its bruchid *Acanthoscelides obtectus* Say. J. stored Prod. Res,29 : 259-264p.

Regnault Roger C et Hamraoui A. (1997). Lutte contre les insectes phytophages par les plantes aromatiques et leurs molécules allélochimique, Ed Acta bot. Gallique, 401-412p

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Regnault Roger C., Philogene B.J.R et Charles V. (2008). Biopesticide d'origine végétale. Ed Lavoisier, Paris, 550p.

Regnault Roger C., Vincent C et Arnason J.T. (2012). Essential oils in insect control : lowrisk products in a high-stakes world. *Annual Review of Entomology* 57 : 405-424p.

Roudane W. (2018). Activité insecticide de l'huile essentielle du Bigaradier (*Citrus aurantium* L.) à l'égard de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera : Bruchinae). Mémoire de master en biologie, UMMTO, 51p.

{S}

Sanon A., Garba M., Auger J et Huignard J. (2002). Activity of methylisothiocyanate on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae) and its parasitoid *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hymenoptera : Pteromalidae). *J. Stor. Prod. Res.*,38 :129-138p.

Saxena, M. S. (1996). Chickpea in the WANA region : an overview. 3 - 11 p, in Saxina, N. P. ; Saxina, M C. ; Jouhansen, C. ; Virmani, S M. ; and Harris, H. Adaptation of chickpea in West Asia and North Africa region. ICARDA- ICRISAT. 262p.

Seck D., Sidibend Habruge E. et Gaspar C.H. (1991) : La protection chimique des stocks de niébé et de maïs contre les insectes au Sénégal. *Med. Fac. Université LHNDBOWW. RIJIK Université. Gent.* 56 /3, 1225-1233p.

Selles J-L. (2006). Les huiles essentielles, synthèse d'aromathérapie. Editions FrisonRoche, 2ème édition. 220 p.

Seri Kouassi B, P., Kanko C., Aboua I, R, N., Bekon K, A., Glitho A, I., Koukoua G et N'Guessan Y, T. (2004). Action des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Cote d'ivoire sur *Callosobruchus maculatus* F, du niébé. *C.R.Chimie* vol 7 :1043-1046p.

Soltner D. (1990). Les bases de la reproduction végétale. Sol, climat, plante. Ed. Lavoisier, 464p.

{V}

Van Der Maesen L.J.G. (1987). Origin, history and taxonomy of chickpea. *In* : The chickpea (Eds: M.C. Saxena and K.B. Singh). CAB International, London, UK.

Vanier P. (2005). Le pois chiche au fil du temps, Usages culinaires, Conservation, Jardinage biologique et Écologie et environnement. Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels (INAF), Université Laval.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Venkatrao S. (1960). Effect of insect infestation on stored field bean (*Dolchos lablab*) and black gram *Phaseolus mungo*. The United Nations University Press, Food and Nutrition Bulletin, Volume 3, Num 1. 98P. Lien. <http://archive.unu.edu/unupress/food/8F031e/8F031E00.htm#Contents>. *Vigna unguiculata* Walp.) au Niger. Thèse Doc. Univ. Niamey, Niger. 100p.

{W}

Weaver D. K., Dunkel F. V., Ntezurubanza L et Jackson L. L (1991). (Submitted) The efficacy of linalool, a major component of freshly-milled *Ocimum canum* Sims (Lamiaceae), for protection against post-harvest damage by certain stored products Coleoptera. J. Stored Prod. Res.

Wolter. (2007). Botanique pharmacognosie phytothérapie. 1, par Eugène et Armand Peugeot. 92500 Rueil-Malmaison Cedex.

{Z}

Zaghouane O., Kada M. A. M et Sidennas R. (1995). Les légumineuses alimentaires en Algérie ; situation actuelle et perspectives. ITGC Editions El-Harrach – Alger. 136p.

Zaghouane O. (1997). La situation actuelle et les perspectives de développement des légumineuses en Algérie ; Revue Céréaliculture, 34 : 27-30p.

Annexes

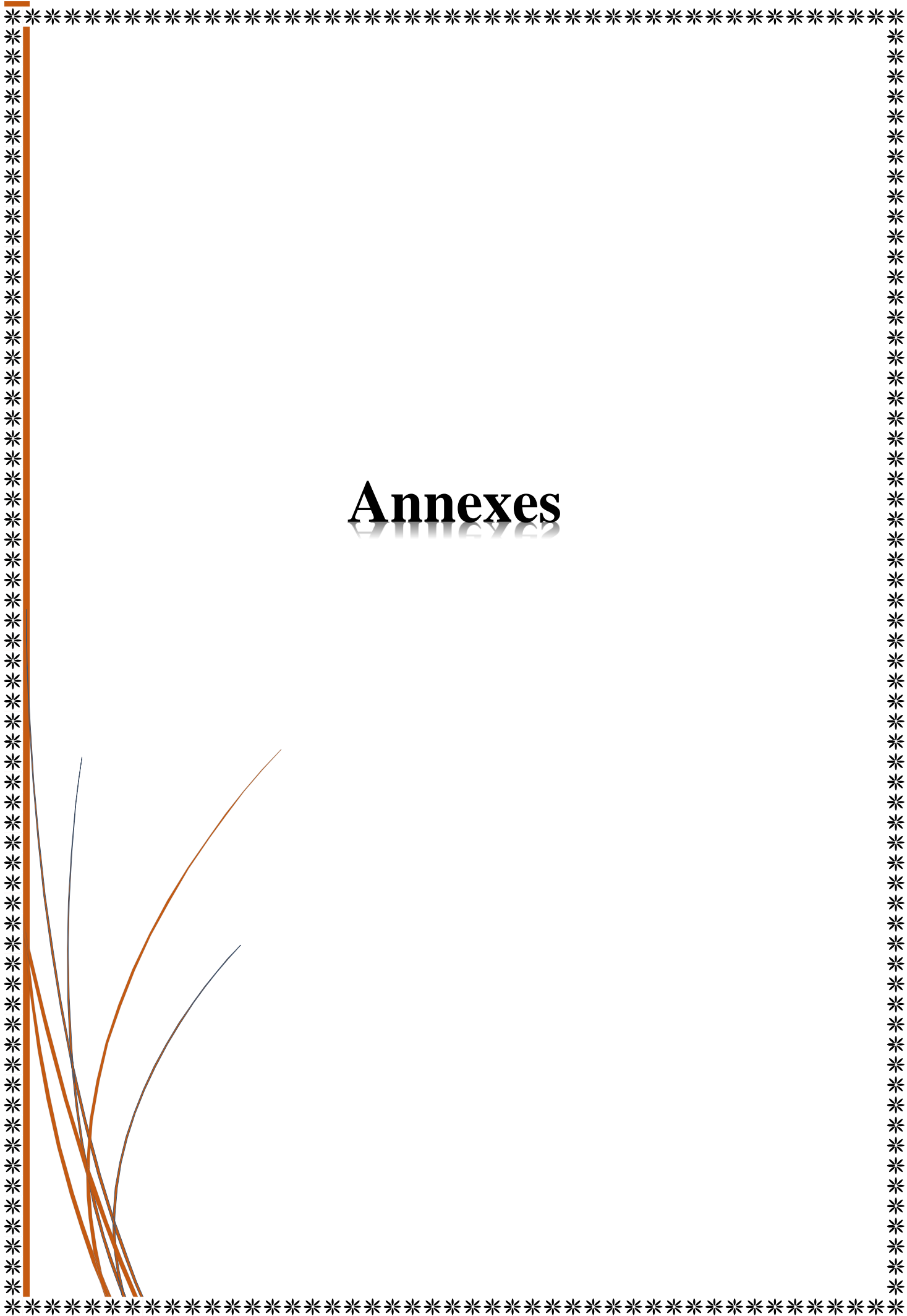


Tableau 2. Résultats de l'analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre mortalité des adultes de *C. chinensis* traités par inhalation avec l'huile essentielle de sauge.

	S.C.E	Ddl	C.M.	Test F	Proba	E.T.	C.V.
Var.Totale	81227,06	47	1728,235				
Var.Facteur dose	24233,29	5	4846,658	6,117	0,00039		
Var.Facteur temps	29262,53	7	4180,362	5,276	0,00037		
Var.Residuelle	27731,24	35	792,321			28,148	111,5%

Tableau 3. Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% pour l'effet du facteur dose sur la mortalité des adultes de *C. chinensis* traités par inhalation avec l'huile essentielle de la sauge.

F1 =dose	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes	
5.0	4 μ L	52,344	A	
3.0	2 μ L	50,781	A	
6.0	5 μ L	38,344	A	
1.0	0 μ L	7,656		B
2.0	1 μ L	2,344		B
4.0	3 μ L	0		B

Tableau 4. Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% pour l'effet du facteur temps sur la mortalité des adultes de *C. chinensis* traités par inhalation avec les huiles essentielles de la sauge.

F2=durée	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes	
7.0	96H	53,75	A	
8.0	72H	53,75	A	
6.0	48H	52,708	A	
5.0	24H	37,583	A	B
4.0	4H	2,083		B
3.0	3H	1,458		B
2.0	2H	0,417		B
1.0	1H	0,208		B

Tableau 5. Résultats de l'analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre mortalité des adultes de *C. chinensis* traités par inhalation avec la huile essentielle de la menthe poivrée.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var.Totale	103549,4	47	2203,179				
Var.Facteur dose	14227,12	5	2845,423	5,398	0,00092		
Var.Facteur temps	70874,45	7	10124,92	19,209	0		
Var.Residuelle 1	18447,84	35	527,081			22,958	54,31%

Tableau 6. Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% pour l'effet du facteur dose sur la mortalité des adultes de *C. chinensis* traités par inhalation avec les huiles essentielles de menthe poivrée.

F1 =dose	Libelles	Moyennes	Groupes Homogenes	
3.0	D2	62,875	A	
5.0	D4	51,094	A	
6.0	D5	50	A	
4.0	D3	43,75	A	
2.0	D1	38,281	A	
1.0	D0	7,656		B

Tableau 7. Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% pour l'effet du facteur temps sur la mortalité des adultes de *C. chinensis* traités par inhalation avec l'huiles essentielles de la menthe poivrée.

F2 = temps	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes	
8.0	96H	87,083	A	
7.0	72H	86,458	A	
6.0	48H	79,375	A	
5.0	24H	66,667	A	
4.0	4H	17,5		B
3.0	3H	0,917		B
2.0	2H	0,208		B
1.0	1H	0		B

Tableau 8. Résultats de l'analyse de la variance a trois facteurs de classification au seuil de 5% pour le paramètre mortalité des adultes de *C. chinensis* traités par inhalation avec les huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée.

	S.C.E	Ddl	C.M.	Test F	Proba	E.T.	C.V.
Var.Totale	177079,7	95	1863,996				
Var.Facteur huile	1815,688	1	1815,688	2,28	0,13617		
Var.Facteur dose	31469,06	5	6293,813	7,905	0,00005		
Var.Facteur temps	72108,16	7	10301,17	12,938	0		
Var.Inter F1*2	17478,84	5	3495,769	4,391	0,00338		
Var.Inter F1*3	1266,32	7	180,903	0,227	0,97498		
Var.Inter F2*3	25074,37	35	716,411	0,9	0,62184		
Var.Residuelle 1	27867,21	35	796,206			28,217	95,35%

Tableau 9. Le nombre d'individus de *C. chinensis* présents dans la partie traitée et non traitée avec l'huile essentielle de sauge officinale par répulsion est classé selon Mc Donald et al. (1970).

Huile essentielle	Dose (µL)	Nombre d'individus présents		Pourcentage de répulsion (%)
		Partie traitée	Partie non traitée	
Sauge officinale	1	26	74	47,5
	2	30	70	40
	3	32	67	27,5
	4	39	61	32,5
	5	29	71	42,5
Taux moyen de répulsion	38%			
Classe	Classe II			
Effet	Faiblement répulsive			

Tableau 10. Le nombre d'individus de *C. chinensis* présents dans la partie traitée et non traitée avec l'huile essentielle de menthe poivrée par répulsion.

Huile essentielle	Doses (μL)	Nombre d'individus présents		Pourcentage de répulsion(%)
		Partie traitée	Partie non traitée	
Menthe poivrée	1	30	70	40
	2	34	66	32,5
	3	31	69	37,5
	4	72,5	27,5	45
	5	63,75	36,25	42,5
Taux moyen de répulsion	39,5%			
Classe	Classe II			
Effet	Faiblement répulsive			

Tableau 11. Résultats de l'analyse de la variance à trois facteurs de classification au seuil de 5% pour le paramètre de répulsion des huiles essentielles de menthe poivrée et de sauge à l'égard des adultes *C. chinensis*.

	S.C.E	Ddl	C.M.	Test F	Proba	E.T.	C.V.
Var.Totale	12110	39	310,513				
Var.Facteur 1	810	1	810	2,91	0,09469		
Var.Facteur 2	1510	4	377,5	1,356	0,27197		
Var.Inter F1*2	1440	4	360	1,293	0,29453		
Var.Residuelle	8350	30	278,333			16,683	49,80%

Résumé

La bruche chinoise (*Callosobruchus chinensis* L.) est un insecte phytophage de la famille des Chrysomelidae originaire d'Asie et vit dans les zones à climat chaud où elle provoque des dégâts des grains stockés. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet insecticide de deux huiles essentielles : la sauge officinale (*Salvia officinalis*) et de la menthe poivrée (*Mentha piperita*) sur la bruche chinoise par inhalation et par répulsion. Cinq doses 1µl, 2µl, 3µl, 4µl et 5µl sont testées pour chaque huile, vis à vis des individus adultes de *C. chinensis* âgés de 0 à 24h. Le suivi de la mortalité des individus sur plusieurs heures a permis de constater une mortalité croissante pour les deux huiles testées par inhalation en fonction des doses et du temps d'exposition. La plus forte dose utilisée (5µl) s'est révélée létale pour 100% des individus et ce après 96h d'exposition aux deux huiles essentielles utilisées avec un effet insecticide plus rapide pour la menthe poivrée comparée à la sauge officinale. L'huile essentielle de la menthe poivrée est répulsive, avec un taux de répulsion moyen de 39,5%, tandis que l'huile essentielle de la sauge est faiblement répulsive (38%). Il ressort de notre étude que les deux huiles essentielles présentent des propriétés insecticides par inhalation notables associées à un effet répulsif significatif sur la bruche chinoise et peuvent par conséquent constituer des moyens de lutte alternatifs dans les lieux de stockage des grains de légumineuses.

Mots-clés : *Callosobruchus chinensis*, *Cicer arietinum*, Huile essentielle, Insecticides, Lamiacées.

Abstract

Callosobruchus chinensis L. is a phytophagous insect belonging to Chrysomelidae family, it's of Asian origin and lives in zones with hot climate. The main objective of this study is to evaluate the biocide effect of two essential oils: Sage (*Salvia officinalis*) and Peppermint (*Mentha piperita*) towards *C. chinensis* adults by inhalation and repulsion. Five doses (1µl, 2µl, 3µl, 4µl and 5µl) were tested for each oil upon *C. chinensis* adults of 0 to 24hours old. Monitoring mortality for many hours, allowed us to note an increasing mortality for both oils tested by inhalation as doses and exposition time increased. The highest dose tested 5µl, revealed to be lethal for 100% of the individuals after 96 hours exposition for the essential oils used a faster biocide effect for peppermint essential oil. Peppermint essential oil was repulsive, with a repulsion rate of 39,5% while sage was moderately repulsive with a rate of 38%. It results from our study that both oils have remarkable insecticide properties by inhalation associated to significant repellent activity towards *C. chinensis* and could therefore be an alternative mean to control grain legumes in storage.

Keywords : *Callosobruchus chinensis*, *Cicer arietinum*, Essential oil, Insecticides, Lamiaceae.