

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



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



Département des Sciences Agronomiques

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Agronomiques

Spécialité : Protection des végétaux

Sujet :

Etude de l'activité insecticide de l'huile essentielle de la menthe pouliot (*Mentha pulegium* L.) sur la bruche chinoise *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera : Chrysomelidae)

Présenté par :

ALIANE Tassadit

IMRAZENE Ouahiba

Soutenu devant le jury :

Présidente	Mme MEDJDOUB- BENZAAD F.	Professeur	UMMTO
Promotrice	Mme GOUCEM-KHELFANE K.	MCCA	UMMTO
Co-promotrice	Mme MEHALLI N.	Doctorante	UMMTO
Examinatrice	Mme BENOUFELLA-KITOUS K.	MCCA	UMMTO

2019-2020

REMERCEMENTS

En premier lieu, nous remercions DIEU, Le Tout-Puissant, de nous avoir aidé à arriver au terme de ce travail et grâce à Qui toutes bonnes choses arrivent.

Il nous est bien agréable d'adresser nos sincères remerciements en premier lieu à notre promotrice **Mme GOUCEM-KHEFANE K.** Maitre de conférences A à l'UMMTO. Pour ses encouragements, orientations, sa patience et aussi essentiellement pour son travail qui est très bien fini, qui nous a permis de réaliser aujourd'hui ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent aussi à **Mme MEDJEDOUB-BENSAAD F.** Professeur à l'UMMTO pour son sens d'engagement et son travail au sein de l'université et pour avoir accepté de présider ce jury.

Nous sincères remerciements vont à l'ensemble des membres de jury. **Mme BENOUFELLA-KITOUS K.** Maitre de conférences catégorie A à l'UMMTO, et pour avoir bien voulu examiner ce travail.

Nous adressons aussi nos remerciements à **Mme LAOUDI T.,** pour sa disponibilité et son aide.

Nous remercions aussi tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.

DEDICACES

Dieu Merci

Je dédie ce modeste travail

*A la personne la plus chère dans ma vie, son soutien et sa
patience face aux moments difficiles traversés au cours de ma
vie : Mon Père, que Dieu le protège*

A mes Frères et ma Sœur

A ma Tante, et mon oncle Ahmed et sa femme et ses filles

A ma précieuse amie Ouerdia

Et à ma chère binome Fassadit

Et tous la famille et mes proches

Ouahiba

DEDICACES

Dieu Merci

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.

Je dédie ce travail à mes chers parents, en témoignage de l'amour, du respect et de ma profonde et éternelle gratitude que je leurs porte en ma reconnaissance pour leur sacrifices et leur soutien, je ne les remercierai jamais assez, pour tout ce qu'ils ont fait pour moi.

A mes chères frères et sœurs et tous les membres de ma famille.

A ma chère amie Ouerdia

A ma chère binôme Ouahiba.

Tassadit

SOMMAIRE

	Pages
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

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

1. Classification botanique du pois chiche	3
2. Origine et répartition du pois chiche	3
3. Description	3
4. Importance du pois chiche	6
4.1. Importance agronomique	6
4.2. Importance nutritive	6
4.3. Importance économique	7

Chapitre II. Présentation de l'insecte *Callosobruchus chinensis* et de l'huile essentielle *Mentha pulegium*

1. Caractères généraux des Bruchidées	11
2. Bruche chinoise	11
2.1. Position taxonomique	11
2.2. Origine et répartition	12
2.3. Description de l'insecte	12
2.4. Cycle biologique	15
2.5. Dégâts causées par la bruche chinoise	16
2.6. Lutte contre <i>C. chinensis</i>	17
3. Huile essentielle de la menthe pouliot (<i>Mentha pulegium</i> L)	21
3.1. Description des menthes	21
3.2. Menthe pouliot	21
3.2.1. Systématique de <i>M.pulegium</i>	21
3.2.2. Aire de répartition	21
3.2.3. Description	22
3.2.4. Composition chimique de l'huile essentielle de <i>M. pulegium</i>	23
3.2.5. Effet de quelques huiles essentielles sur <i>C. chinensis</i>	22

PARTIE EXPERIMENTALE**Chapitre III. Matériel et méthodes**

1. Matériel	24
1.1. Matériel de laboratoire	24
1.2. Matériel biologique	24
2. Méthodes	25
2.1. Elevage en masse	25
2.2. Effet de l'huile essentielle <i>M. pulegium</i> sur <i>C. chinensis</i>	26
2.2.1. Test par inhalation	26
2.2.2. Test par répulsion	27
2.2.3. Test par contact	30
3. Analyse des données ou statistiques	31

Chapitre IV. Résultats et discussion

1. Activité insecticide de l'huile essentielle par inhalation	32
Discussion	33
2. Activité insecticide de l'huile essentielle par répulsion	34
Discussion	37
3. Activité insecticide de l'huile essentielle par contact	38
3.1. Action sur la longévité des adultes de <i>C. chinensis</i>	38
Discussion	39
3.2. Action sur la fécondité des femelles de <i>C. chinensis</i>	40
Discussion	41
3.3. Action sur l'éclosion des œufs	43
Discussion	44
3.4. Action sur l'émergence des adultes	45
Discussion	46
Conclusion	47
Références bibliographique	

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau 1 : Composition biochimique du pois chiche (pour 100 g de poids frais) (Desaulnier et Dubost, 2003).	6
Tableau 2 : Principaux pays producteurs du pois chiche durant l'année 2014 (FAOSTAT, 2017).	8
Tableau 03 : Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et al. (1970).	27
Tableau 04 : Résultats de l'analyse de la variance à deux facteurs de classification au seuil de 5% pour le paramètre de mortalité des adultes de <i>Callosobruchus chinensis</i> traités avec l'huile essentielle de la menthe pouliot par inhalation	32
Tableau 05 : 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>Callosobruchus chinensis</i> traités avec l'huile essentielle de la menthe pouliot par inhalation.	32
Tableau 06 : 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>Callosobruchus chinensis</i> traités avec l'huile essentielle de la menthe pouliot par inhalation.	32
Tableau 07 : Résultats de l'analyse de la variance à un seul facteur de classification au seuil de 5% pour le paramètre de répulsion de l'huile essentielle de la menthe pouliot à l'égard des adultes de <i>Callosobruchus chinensis</i>	35
Tableau 08 : Résultats du test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification de 5% pour l'effet du facteur dose sur le pouvoir répulsif de l'huile essentielle de la menthe pouliot à l'égard des adultes de <i>Callosobruchus chinensis</i>	35
Tableau 09 : Nombre d'individus de <i>C. chinensis</i> présents dans la partie traitée et non traitée et le pourcentage de répulsion de l'huile essentielle de la menthe pouliot	36
Tableau 10 : Résultats de l'analyse de la variance à un seul facteur de classification au seuil de 5% pour le paramètre longévité de l'huile essentielle de la menthe pouliot à l'égard des adultes de <i>Callosobruchus chinensis</i> .	38
Tableau 11 : Résultats de test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification de 5% concernant l'effet de facteur dose de l'huile essentielle de la menthe pouliot traité par contact sur la longévité de <i>C. chinensis</i>	39
Tableau 12 : Résultats de l'analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre fécondité des femelles de <i>C. chinensis</i> traités avec l'huile essentielle de la menthe pouliot	41

Tableau 13. Résultats de test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification de 5% concernant l'effet de facteur dose de l'huile essentielle de la menthe pouliot traité par contact sur la fécondité des femelles de <i>C. chinensis</i> .	41
Tableau 14 : Résultats de l'analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre l'éclosion des œufs de <i>C. chinensis</i> traités avec l'huile essentielle de la menthe pouliot.	43
Tableau 15 : Résultats de test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification de 5% concernant l'effet de facteur dose de l'huile essentielle de la menthe pouliot traité par contact sur l'éclosion des œufs de <i>C. chinensis</i> .	44
Tableau 16 : Résultats de l'analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre émergence des adultes de <i>C. chinensis</i> traités avec l'huile essentielle de la menthe pouliot par contact.	45
Tableau 17 : Résultats de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de facteur dose de l'huile essentielle de la menthe pouliot traité par contact sur l'émergence des adultes de <i>C. chinensis</i> .	46

LISTE DES FIGURES

	Pages
Figure 1. Le système racinaire de pois chiche (Anonyme 1, 2016).	3
Figure 2. Tige et feuilles de pois chiche (Anonyme 2, 2020).	4
Figure 3. (a) Fleur (Anonyme 4, 2020) et (b) fruits à grains de pois chiche (Anonyme 3, 2020).	5
Figure 4. Pourcentages de production du pois chiche par continent en 2013 (FAO, 2016).	7
Figure 5. Evolution de la production mondiale et de la superficie en pois chiche cultivées dans le monde durant la période 1994-2016 (FAOSTAT, 2016).	8
Figure 6. Evolution des superficies emblavées, de la production et du rendement du pois chiche entre 2000 et 2014 (FAO, 2015).	9
Figure 7. Zones d'aptitudes de la culture du pois chiche en Algérie (ITGC, 2018).	10
Figure 8. (a) Œufs de la bruche chinoise vus sous une loupe binoculaire : G X20 et (b) : G X40 (Originale, 2020).	11
Figure 9. Les différents stades larvaires de <i>Callosobruchus chinensis</i> (Goutam et al., 2018)	12
Figure 10. Nymphe de <i>Callosobruchus chinensis</i> sous une loupe binoculaire G X40 (Originale, 2020)	12
Figure 11. Adultes de <i>Callosobruchus chinensis</i> (a) vue dorsale grossissement G×20, (b) vue ventrale sous une loupe binoculaire G × 40 (Originale, 2020)	13
Figure 12. Dimorphisme sexuel chez <i>Callosobruchus chinensis</i> : (a) Mâle G ×40 et (b) femelle G×40 sous une loupe binoculaire (Originale, 2020)	13
Figure 13. Cycle biologique de la bruche chinoise (Acheraïou et Kaced, 2019)	15
Figure 14. Dégâts occasionnés par la bruche chinoise sur les graines de pois chiche (Originale, 2020)	16
Figure 15. Morphologie générale de la menthe pouliot (Bencheikh, 2012; Gerenutti et al., 2014).	20
Figure 16. Matériel utilisé au laboratoire pour les différents tests (Originale, 2020)	24
Figure 17. Elevage de masse de <i>Callosobruchus chinensis</i> (Originale, 2020)	25
Figure 18. Dispositif expérimental du test par inhalation sur les adultes de <i>C. chinensis</i> traités à l'huile essentielle de la menthe pouliot (Originale, 2020).	26

Figure 19. Dispositif expérimental du test de répulsion sur les adultes de <i>Callosobruchus chinensis</i> traités à l'huile essentielle de la menthe pouliot (Originale, 2020).	28
Figure 20. Dispositif expérimental du test de contact sur les adultes de <i>Callosobruchus chinensis</i> traités à l'huile essentielle de la menthe pouliot (Originale, 2020).	30
Figure 21. Taux moyens de mortalité des adultes <i>Callosobruchus chinensis</i> traités par l'huile essentielle de la menthe pouliot en fonction des doses et de la durée de traitement par inhalation.	31
Figure 22. Taux moyens de répulsion de l'huile essentielle à l'égard des adultes <i>Callosobruchus chinensis</i> après 30minutes d'exposition aux différentes doses (0.5µl, 0.75µl, 1µl, et 1.5µl).	34
Figure 23. Longévité moyenne en jours des adultes de <i>Callosobruchus chinensis</i> selon les différentes doses de l'huile essentielle de la menthe pouliot utilisée par contact.	38
Figure 24. Fécondité moyenne des femelles de <i>Callosobruchus chinensis</i> selon les différentes doses de l'huile essentielle de la menthe pouliot utilisée par contact.	40
Figure 25. Taux moyen d'éclosion des œufs de <i>Callosobruchus chinensis</i> selon les différentes doses de l'huile essentielle de la menthe pouliot utilisées par contact.	43
Figure 26. Taux moyen d'émergence des adultes de <i>Callosobruchus chinensis</i> selon les différentes doses de l'huile essentielle de la menthe pouliot utilisées par contact	45

INTRODUCTION

Les légumineuses alimentaires telles que les lentilles, les haricots secs, le pois et le pois chiche font partie de la tradition culinaire de nombreux pays dans le monde, notamment l'Inde, le Pakistan, le pourtour méditerranéen et le Proche-Orient. Elles sont parfois perçues dans certaines cultures comme « la nourriture du pauvre » ; leurs valeurs nutritives riches en protéines deux fois plus que dans le blé et trois fois plus que le riz leur permet de servir d'alternative à la viande (FAO, 2016).

Le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) occupe la troisième position mondiale après le haricot et le petit pois en tant qu'une légumineuse alimentaire cultivée ; il est considéré comme une source essentielle d'hydrates, de carbone, de sels minéraux et de protéines (Abdelguerfi-Laouar et al., 2001).

Originaire du Moyen-Orient, le pois chiche est cultivé dans les 5 continents et dans plus de 50 pays (FAO, 2015). Plus de 90% des superficies sont situées dans les pays développés (Gaur et al., 2012 ; Millán et al., 2015).

L'Algérie est un pays considéré un grand consommateur de pois chiche, soit 2.2 kg par personne et par an (kali, 2006). Selon Madrid et al. (2015) au cours des 30 dernières années, le rendement est passé de 262 kg/ha à 936 kg/ha, mais cela reste trop faible par rapport aux besoins de la population. L'Algérie importe plus de 200% de sa production soit 66 000 tonnes.

La culture de *C. arietinum*, comme toutes les autres espèces des grandes cultures, se trouve en général exposée aux différents bio-agresseurs des légumineuses qui causent des dégâts soit en plein champ (comme les pucerons et les maladies fongiques) ou d'autres qui s'installent dans les lieux de stockages ; c'est le cas de plusieurs espèces de Coléoptères comme les bruches de la superfamille Chrysomeloidea comme *Callosobruchus annalis* F., *Callosobruchus maculatus* F. et *Callosobruchus chinensis* L. (Hossain and Haque, 2010; Hossain et al., 2014).

La bruche chinoise *C. chinensis* est l'un des insectes les plus importants qui provoque des dommages en plein champ et pendant le stockage de *C. arietinum* dans plusieurs continents du monde, Amérique, Afrique et Asie (Atwal, 1976). Les femelles déposent leurs œufs directement sur la surface des graines qui vont éclore et donner des larves qui se développent à l'intérieur des graines et se nourrissent du contenu cotylédonaire ce qui provoque des pertes quantitatives et qualitatives ainsi qu'une détérioration de leur faculté germinative (Delobel, 2008).

Les pertes dans les lieux de stockage peuvent atteindre 32 à 64% durant la période allant du mois d'Avril jusqu'au mois d'Octobre (**Weaver et al., 1995**).

Pour faire face à ces ravageurs, des contrôles chimiques sont appliqués et bien qu'ils soient rapides et efficaces, leur utilisation induit des effets indésirables sur l'Homme, l'environnement et la faune auxiliaire (**Erlor et al., 2009**).

Les inconvénients des insecticides ont conduit à la recherche de nouvelles stratégies de lutte alternative pour réduire l'application des produits phytosanitaires. L'application des huiles essentielles, qui sont des produits d'origine naturelle, ont un effet moins toxique sur les organismes vivants et empêche le déséquilibre de la chaîne alimentaire ainsi que les milieux naturels (**Emana, 1999; Adedire et al., 2011**).

De nombreux travaux ont montré l'efficacité des huiles essentielles soit par inhalation, répulsion ou par contact sur plusieurs ravageurs des stocks comme *C. maculatus* (**Kellouche, 2005; Taleb-Toudert, 2015**), *Acanthocelides obtectus* (**Hamdani, 2012; Goucem-Khelfane, 2014**) et *C. chinensis* (**Righi-Assia et al., 2010**). Dans ce contexte, nous nous proposons d'évaluer l'activité insecticide de l'huile essentielle de la menthe pouliot *Mentha pulegium* L. récoltée en Algérie à l'égard des adultes de la bruche chinoise *C. chinensis* par contact, inhalation et répulsion.

Notre travail est scindé en deux parties, une partie bibliographique comprend deux chapitres traitant de la plante hôte : le pois-chiche (*C. arietinum* L.) et de l'insecte ravageur : la bruche chinoise (*C. chinensis*) et de l'huile essentielle *M. pulegium*. La deuxième partie expérimentale, présente le matériel et les méthodes utilisés lors de cette étude ainsi que les résultats et discussion relatifs à l'évaluation de l'effet insecticide de l'huile essentielle. Ce travail est terminé par une conclusion et quelques perspectives de recherche pour les travaux futurs.

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I :
PRESENTATION DE
LA PLANTE HOTE
Cicer arietinum L.

1. Classification botanique du pois chiche

Selon **Spichiger et al. (2002)**, la position systématique du pois chiche est la suivante :

Règne	Végétal
Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Dialypétales
Ordre	Fabales
Famille	Fabacées
Sous-famille	Papilionacées
Genre	<i>Cicer</i>
Espèce	<i>Cicer arietinum</i> L.

2. Origine et répartition du pois chiche

Le pois chiche est originaire du Moyen-Orient, plus précisément du Sud-Est de la Turquie et de la Syrie (**Saxena et Singh, 1984; Smithson et al., 1985 in Summerifeld et Roberts, 1985 ; Singh, 1997**). Il arriva sur les côtes du bassin méditerranéen après avoir traversé de nombreux pays et les Phéniciens pourraient être à l'origine de cette diffusion. Il aurait été cultivé pour la première fois dans la région méditerranéenne par les Phéniciens (**Baumgartner, 1998**).

Cette culture a réussi à conquérir plusieurs régions du monde dont la partie septentrionale de l'Afrique. Ainsi, l'Afrique du Nord constitue un centre de diversité important pour cette espèce (**Zine-Zikara et al., 2015**). Cette plante est bien adaptée aux régions semi arides (**Guignard et Dupont, 2005**).

3. Description

Le pois chiche est une légumineuse annuelle, autogame et herbacée (**Summerfield et Robert, 1985**). Sur le plan botanique, il est décrit comme une plante herbacée dressée ou rampante couverte de poils glanduleux. Sa germination est du type hypogé (les cotylédons restent souterrains).

3.1. Appareil végétatif

3.1.1. Système racinaire

Le système racinaire du pois chiche est composé d'une racine principale pivotante qui peut atteindre 1 m de profondeur et de racines secondaires traçantes (Figure 1). La profondeur de l'enracinement dépend des techniques culturales, de l'état et de la nature du sol (Slama, 1998).



Figure 1. Le système racinaire de pois chiche (Anonyme 1, 2016).

Les nodules développés sur les racines permettent la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique pour satisfaire 80% des besoins de la plante en azote assimilable. Cette fixation symbiotique est à son optimum à la floraison et chute très rapidement par la suite (Slama, 1998).

3.1.2. Tige et feuilles

Après émergence, la tige de pois chiche est herbacée et devient lignifiée avec l'âge. Selon les génotypes du pois chiche, et à une certaine hauteur, la tige se ramifie en deux ou trois branches pour donner des ramifications secondaires et par la suite des ramifications tertiaires (Slama, 1990) (Figure 2).

Les feuilles ont la forme imparipennée et sont composées de 7 à 17 folioles ovales et dentelées, sans vrilles, en position alternée sur un rachis. Les faces inférieures des feuilles sont recouvertes par un duvet formé de poils, uni et pluricellulaires. Ces poils renferment des glandes qui synthétisent des acides organiques tels que l'acide oxalique (Slama, 1990).



Figure 2. Tige et feuilles de pois chiche (Anonyme 2, 2020).

3.2. Appareil reproducteur

3.2.1. Fleurs

Les fleurs sont zygomorphes, articulées, solitaires ou en grappes de deux fleurs insérées sur des pédoncules axillaires à l'aisselle des feuilles et au niveau des bifurcations (Figure 3a). Le pois chiche est une espèce autogame caractérisée par une floraison massive, mais son taux de nouaison est faible, il varie de 28 à 37% chez les types Kabuli et Desi (**Khanna-Chopra et Sinha, 1987**).

L'apparition des premières fleurs dépend de plusieurs facteurs tels que la précocité de la variété, la date et la densité du semis et des techniques culturales. La floraison est rapide durant les jours longs, elle est lente durant les jours courts. Elle dure selon les génotypes de 30 à 45 jours. Toutefois, comme le pois chiche est une espèce à croissance indéterminée, sous des conditions hydriques favorables et des températures clémentes, les branches continuent à se développer, à fleurir et à produire des gousses et des graines (**Leport et al., 2006**).

Les premières fleurs, dites pseudo-fleurs ou fausses fleurs, sont imparfaites et ne donnent pas de gousses (**Robert et al., 1980**). L'apparition des fleurs imparfaites est liée aux variations des conditions climatiques, leur nombre augmente, surtout sous les conditions d'humidité élevée et de températures basses, inférieures ou égales à 15 °C (**Slama, 1998**). En cas de précipitations faibles ou rares et de températures élevées, supérieure à 15°C, avec un optimum entre 20 et 24°C, toutes les fleurs sont fertiles et les fausses fleurs sont presque inexistantes (**Khanna-Chopra et Sinha, 1987**).

1.2.1. Fruits

Les fruits sont des gousses globuleuses, renflées, ovales, velues, pendantes et portant un bec (**Ladizensky, 1987**). Elles peuvent comporter de 1 à 2 graines qui peuvent être lisses ou ridées, arrondies ou irrégulières (**Slama, 1990**) (Figure 3b).



(a)



(b)

Figure 3. Fleur (a) (**Anonyme 4, 2020**) et fruits à grains (b) de pois chiche (**Anonyme 3, 2020**).

4. Importance du pois chiche

4.1. Importance agronomique

Le pois chiche est une légumineuse alimentaire présentant des nodosités racinaires hébergeant des bactéries qui ont la capacité de fixer l'azote atmosphérique et de le restituer au sol. Cette symbiose avec le *Rhizobium ciceri* enrichit le sol en azote, renforce sa fertilité et améliore ainsi les rendements (Saxena, 1990 ; ITGC, 2018).

Il permet en conséquence de réduire l'utilisation des engrais chimiques onéreux et néfastes pour l'environnement (David et Khan, 2001). Le pois chiche est une culture améliorante pratiquée en rotation avec le maïs ou le blé surtout dans les zones arides et semi-arides et les terres sablonneuses non irriguées (Winch, 2006).

4.2. Importance nutritive

Le pois chiche est constitué majoritairement d'un sucre lent (l'amidon: 41%), d'un taux appréciable de protéines (23%), de sels minéraux (4%) et de vitamines (0,003%) (Muehlbauer et Tullu, 1997). Il est à signaler que ses protéines renferment une diversité d'acides aminés et ses matières grasses sont composées d'acides gras essentiels (Ramalho et Portugal, 1990 ; Muehlbauer et Tullu, 1997) (Tableau 1).

Tableau 1 : Composition biochimique du pois chiche (pour 100 g de poids frais) (Desaulnier et Dubost, 2003).

Elément	Quantité
Eau	60 g
Lipides	2.6 g
Fibres	8.6 g
Protéines	8.9 g
Glucides	27.4 g
Magnésium	53 mg
Phosphore	132 mg
Potassium	335 mg
Calcium	56 mg
Vitamine B1	0.1 mg
Vitamine E	1.2 mg

4.3. Importance économique

- Dans le monde

Le pois chiche est cultivé dans les 5 continents et dans plus de 50 pays (FAO, 2015). L'Asie détient à elle seule 86.54 % de la production mondiale pour l'année 2013, et pour la même année la plus faible production est enregistrée dans le continent Européen soit 1.71% (Figure 4).

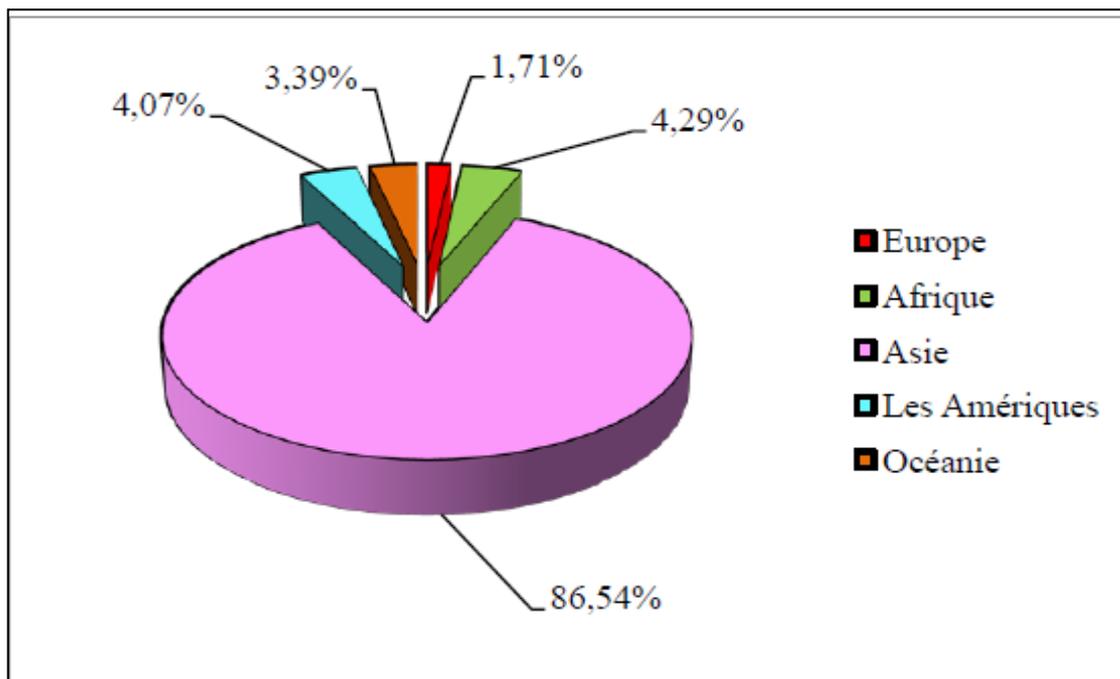


Figure 4. Pourcentages de production du pois chiche par continent en 2013 (FAO, 2016).

La production mondiale de pois chiche a connu beaucoup de fluctuations au cours des dernières années. Des productions faibles de l'ordre de 6.9 millions de tonnes ont été enregistrés en 2000-2001 et les plus élevées soit 13,39 millions de tonnes en 2013-2014 (FAO, 2016).

L'évolution de la production du pois chiche dans le monde (en tonnes) durant la période 1994-2016 est représentée dans la figure 5. Des fluctuations de la superficie cultivée en pois chiches ont également été observées ces dernières décennies au cours des quelles le rendement moyen des pois chiches a augmenté de 716,5 kg/ha en 1994 à 956 kg/ha en 2016 (FAOSTAT, 2016).

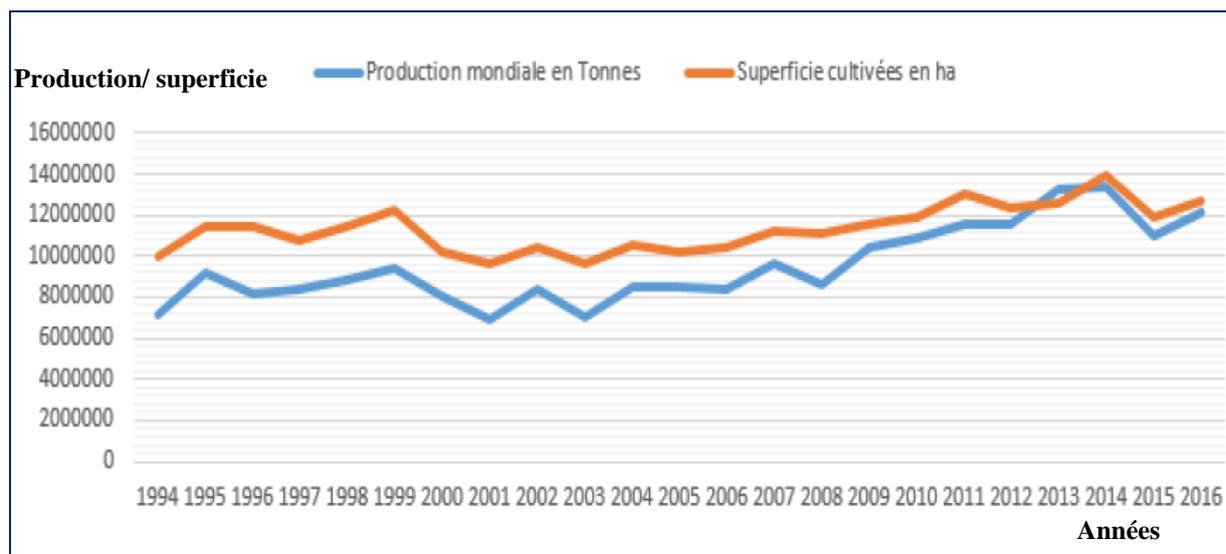


Figure 5. Evolution de la production mondiale et de la superficie en pois chiche cultivé dans le monde durant la période 1994-2016 (FAOSTAT, 2016).

L'Asie est le continent le plus important du point de vue de la production du pois chiche avec plus 90% de la surface totale et de la production mondiale (Babar *et al.*, 2009). L'Inde représente le plus grand pays producteur avec une production estimée à 6 millions de tonnes par an et recouvre plus de la moitié de la production mondiale (Muehlbauer et Rajesh, 2008). Les principaux pays producteurs dans le monde pour l'année 2014 sont mentionnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Principaux pays producteurs du pois chiche durant l'année 2014 (FAOSTAT, 2017).

Classement des pays	Production de pois chiche (tonnes)
Inde	9880000
Australie	629400
Myanmar	562163
Ethiopie	458682
Turquie	450000
Pakistan	399030
Iran	261616
Mexique	171665
USA	127363
Canada	123000

- En Algérie

En Algérie, le pois chiche constitue la seconde légumineuse cultivée après la fève (*Vicia faba* L.), dont la variété est « Kabuli » (Abdelguerfi et al., 2000 ; Abdelguerfi et al., 2001). La superficie du pois chiche a augmenté durant la période 1961- 1990. Par la suite, elle a présenté une régression constante passant de 47061 ha durant la période 1981-1990 à 21 799 ha durant la période 2001-2010. Les productions les plus importantes ont été observées durant la décennie 1991-2000, avec 261 320 qx en 1992 et 234 737 qx en 2010. Les rendements sont très variables d'une décennie à l'autre, ils passent en moyenne de 3 à 7 qx/ ha (Zine-Zikara et al., 2015).

La figure 6 montre que la production de pois chiche en Algérie a commencé à présenter une hausse importante après 2008 ; l'année 2013 enregistre une légère baisse des superficies emblavées, donc de la production. En 2014, les superficies consacrées au pois chiche sont plus importantes, ce qui donne lieu à une meilleure production (35 118 tonnes en 2014 contre 34 980 tonnes en 2013), cependant le rendement à l'hectare est plus faible (10, 54q/ha contre 11, 93q/ha).

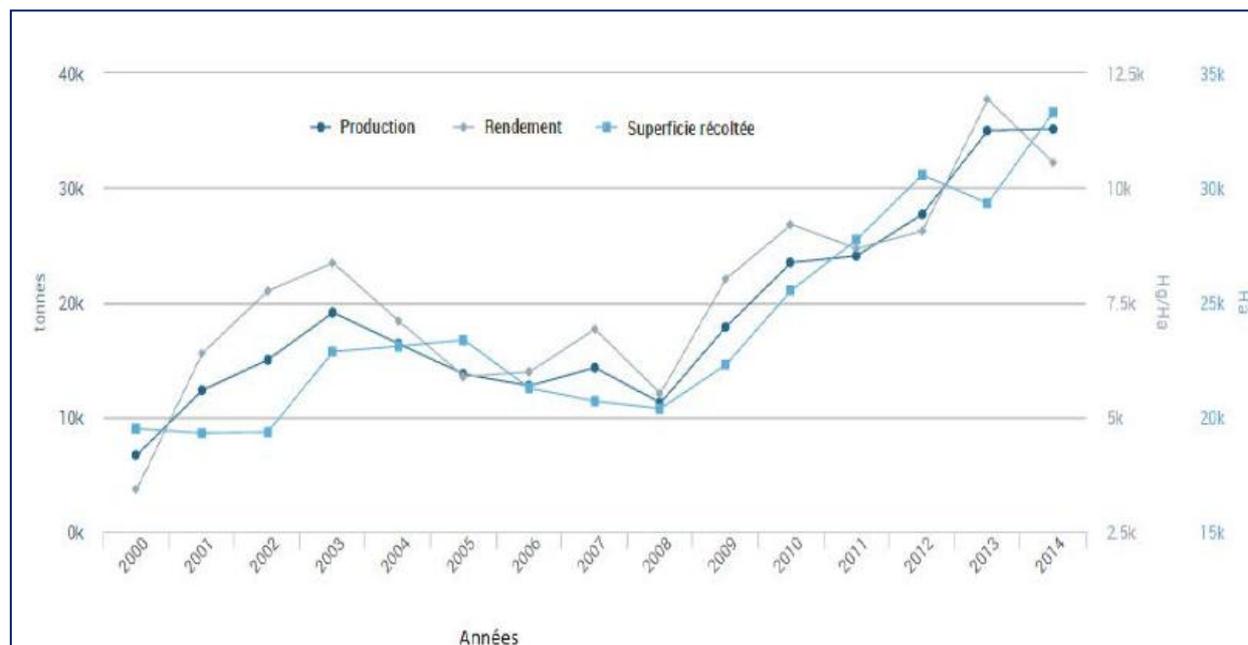


Figure 6. Evolution des superficies emblavées, de la production et du rendement du pois chiche entre 2000 et 2014 (FAO, 2015).

En Algérie, les zones favorables à la culture du pois chiche se situent essentiellement à l'Ouest au niveau des plaines de Maghnia, Ain Témouchent, Sidi Bel Abbès, la plaine de Ghris et le bas Chlef, ainsi qu'au niveau des Hauts Plateaux de Saida et de Tiaret. A l'Est, il se cultive au niveau des Hauts Plateaux de Bordj Bou Arreridj et Oum El Bouaghi (Plateaux

Ain M'Lila, Ain Fekroun, Oum El Bouaghi et Ain El Beida), ainsi qu'au Nord de Tébessa. Le pois chiche de printemps est cultivé dans le Nord-Ouest, le Centre et le Nord-Est du pays, alors que le pois chiche d'hiver est cultivé dans les Hauts Plateaux de l'Est, Centre et Ouest (Figure 7) (ITGC, 2018).

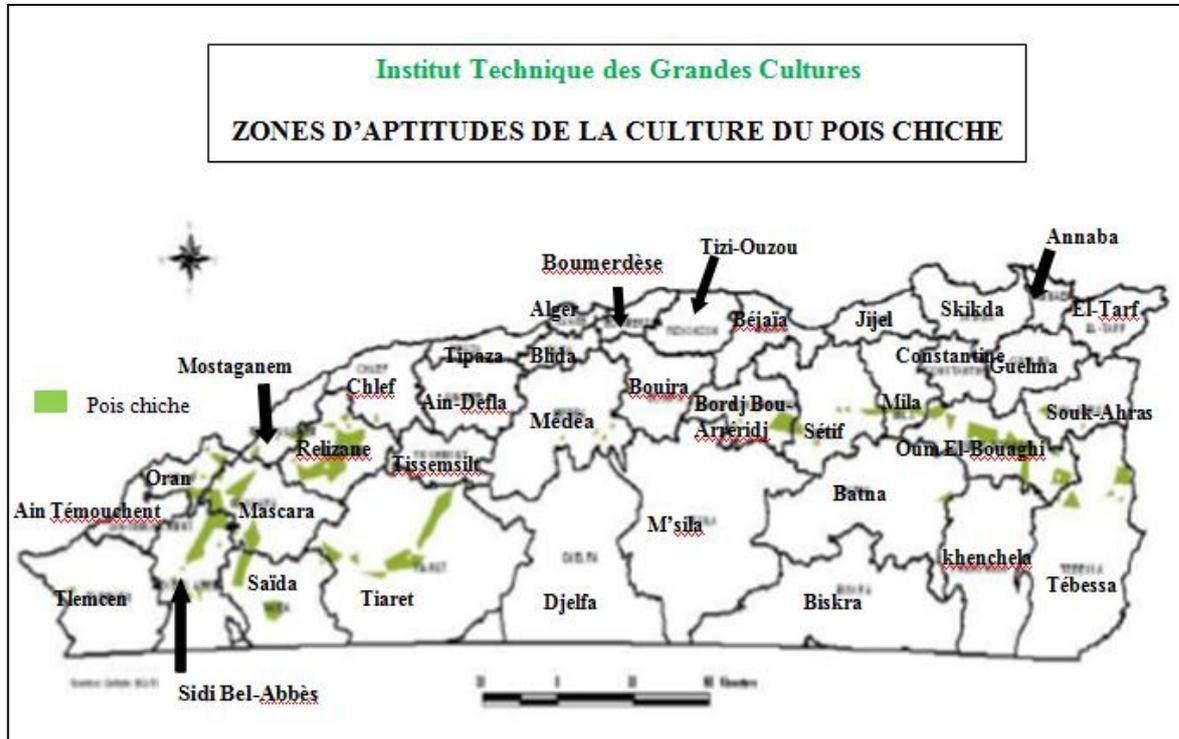


Figure 7. Zones d'aptitudes de la culture du pois chiche en Algérie (ITGC, 2018).

L'Algérie est contrainte d'importer annuellement des quantités importantes de pois chiche pour faire face aux besoins sans cesse croissants. L'accroissement des superficies et l'amélioration des rendements permettront une diminution de ces importations (ITGC, 2018).

Dans la wilaya de Tizi-Ouzou, plusieurs espèces annuelles de légumineuses sont cultivées sur de petites surfaces dont la production est généralement destinée à la consommation familiale, c'est le cas du pois chiche qui entre fréquemment dans les habitudes alimentaires de la population de la région (Abdelguerfi Laouar et al., 2000).

Les résultats de la prospection dans la wilaya de Tizi-Ouzou, font ressortir que les superficies destinées à la culture de pois chiche sont limitées, elles varient de 0.5 à 5 ha et cela quelque soit la superficie de la surface agricole utile (6 à 500 ha) que possède l'agriculteur. La plupart des agriculteurs cultive le pois chiche en culture pluviale surtout au printemps (Mars-Avril- Mai) par crainte de maladies fongiques (Abdelguerfi Laouar et al., 2000).

CHAPITRE II : PRESENTATION
DE L'INSECTE *Callosobruchus*
chinensis
ET DE L'HUILE ESSENTIELLE
Mentha pulegium

1. Caractères généraux des Bruchidées

La famille des Bruchidae comprend deux groupes, le premier renferme les bruches qui se développent dans les champs (**Delobel et Tran, 1993**) et ne se reproduisent que sur les gousses vertes (**Huignard et al., 2011**) et qui ont une seule génération annuelle (espèces univoltines) comme *Bruchus pisorum* (la bruche du pois), *Bruchus rufimanus* (la bruche de la fève) ou *Bruchus lentis* (la bruche des lentilles). 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 chinensis* (la bruche chinoise), *Callosobruchus maculatus* (la bruche du niébé), *Acanthoscelides obtectus* (la bruche du haricot), *Caryedon serratus* (la bruche de l'arachide) et *Bruchidus atrolineatus* (la bruche africaine du niébé) (**Delobel et Tran, 1993**).

Certaines espèces polyvoltines peuvent causer des dégâts très importants sur leur plantes hôtes, car elles sont capables de s'y reproduire de façon continue (**Singh et Singh, 1990**).

2. Bruche chinoise

2.1. Position taxonomique

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

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Insecta
Sous-classe	Pterygota Neoptera
Ordre	Coleoptera
Sous-ordre	Polyphaga
Famille	Bruchidae (Chrysomelidae)
Genre	<i>Callosobruchus</i>
Espèce	<i>Callosobruchus chinensis</i> (Linnaeus, 1758)

2.2. Origine et répartition

C. chinensis est une bruche d'origine asiatique, peu répandue en Afrique, c'est le principal ennemi du pois chiche en Asie occidentale (Delobel et Tran, 1993).

C. chinensis affiche une répartition cosmopolite et a été repéré dans la plupart des pays en raison de l'exportation commerciale de haricots. L'aire de répartition naturelle du coléoptère est dans les régions tropicales et subtropicales de l'Asie, et la population a connu une croissance considérable depuis la culture et la distribution des légumineuses.

Leur distribution est fortement influencée par la production humaine et ils ne vivent que par les légumineuses qui conviennent pour l'accouplement des adultes et sert de nourriture pour les larves (Varma & Anandhi, 2010).

Certaines de leurs plantes hôtes communes sont les lentilles, niébé, pois de pigeon, pois chiches et d'autres espèces de pois (Neog, 2012).

2.3. Description de l'insecte

Comme la plupart des insectes holométaboles, le cycle de développement de la bruche chinoise passe par quatre stades différents à savoir l'œuf, la larve, la nymphe et l'adulte.

2.3.1. Œuf

Les œufs sont semi ovoïdes ne dépassant jamais 0,5 mm de long, ils adhèrent solidement par leur face plane au tégument de la graine (Figure 8). Le nombre d'œufs pondus par la femelle varie suivant les facteurs climatiques, mais ne dépasse jamais 50 œufs (Fleurat Lessard, 1982).

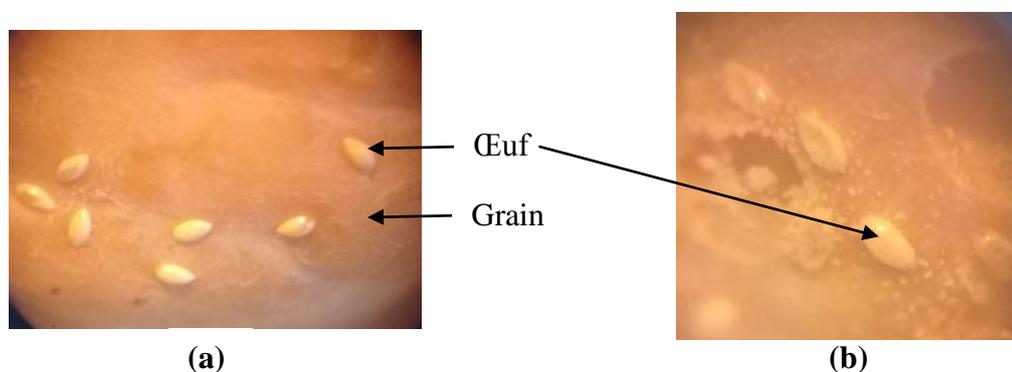


Figure 8. Œufs de la bruche chinoise vus sous une loupe binoculaire (a) : GX20 et (b) :G X40 (Originale, 2020).

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 ; la première larve L₁ est mobile, les autres larves des stades L₂, L₃ et L₄ sont immobiles, très semblables mais les larves des deux derniers stades sont de taille plus importante (**Delobel et Tran, 1993**). Le développement du stade larvaire est illustré dans la figure ci-dessous



Figure 9. Les différents stades larvaires de *Callosobruchus chinensis* (**Goutam et al., 2018**)

2.3.3. Nymphe

La pupa est de couleur blanche à jaunâtre (Figure 10). 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**).



Figure 10. Nymphe de *Callosobruchus chinensis* sous une loupe binoculaire G X40 (**Originale, 2020**)

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 un 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**) (Figure 11). Le pygidium est allongé, assez pointu recouvert d'une substance blanche et jaune.

La face ventrale est noire avec de petites parties couvertes de poils blancs. Les fémurs postérieurs se terminent avec une dent simple au bord inféro-externe (caractère du genre *Callosobruchus*) (**Delobel et Tran, 1993**).

Les même auteurs rajoutent que l'adulte est un bon volier. Deux phéromones sexuelles sont sécrétées par la femelle : l'une est attractive, l'autre induit la copulation, elle est également secrétée par le mâle, mais sans action sur la femelle (**Delobel et Tran, 1993**).



(a)



(b)

Figure 11. Adultes de *Callosobruchus chinensis* (a) vue dorsale grossissement G×20, (b) vue ventrale sous une loupe binoculaire G × 40 (**Originale, 2020**)

2.3.5. Dimorphisme sexuel

Chez la plupart des Coléoptères, il n'existe aucune différence extérieure visible entre les deux sexes, mais dans certains cas il y a des caractères sexuels secondaires qui peuvent être le propre soit du mâle, soit de la femelle (**Guignot, 1957**).

Les femelles émettent lors de la ponte une phéromone de marquage qui permet une bonne répartition des œufs sur les différentes graines disponibles (**Huignard et al., 2011**).

La femelle à un abdomen complet avec tous les segments, alors que le mâle à un abdomen échancré (Figure 12a).



(a)



(b)

Figure 12. Dimorphisme sexuel chez *C. chinensis* : (a) Mâle et (b) femelle sous une loupe binoculaire G ×40 (**Originale, 2020**)

Un dimorphisme sexuel est également observé au niveau des antennes qui sont fortes et nettement plus longues et pectiformes chez le mâle (**Fleurat Lessard, 1982**). Elles sont dentées et assez courtes chez la femelle (**Bonnemaison, 1962**) ou épaissie selon **Balachowsky (1962)**.

La coloration dorsale du corps est brun-noir avec des zones noires beaucoup plus étendues chez le mâle que chez la femelle (**Delobel et Tran, 1993**).

2.4. Le cycle biologique

Selon **Bonnemaison (1962)** et **Aguilard (1964)**, la bruche chinoise a la même biologie que la bruche du haricot. Les femelles pondent sur les gousses ou directement sur les graines, exceptionnellement sur la surface environnante et toujours isolement. Après incubation de l'œuf pendant 4 à 5 jours, il éclore pour donner naissance à la larve L₁ (**Goutam et al., 2018**).

Au cours de sa période de développement, les larves de *C. chinensis* mue trois fois donnant ainsi naissance à 4 stades larvaires qui ont été identifiés en fonction de la taille des larves et des pièces moulées de capsule céphalique. La L₁ perce la graine verticalement sur une courte distance, immédiatement après la deuxième mue, il a pris un virage horizontale, sa durée est de 3 à 5 jours. La L₂ similaire à L₁ sauf pour sa taille avec un corps gros et incurvé, sa durée de vie est de 3 à 6 jours. La L₃ est plus gros que les deux premiers stades et prend 4 à 6 jours pour accomplir son développement. La L₄ s'alimente plus profondément dans la grains s'étendant jusqu'au tégument, puis elle forme une chambre nymphale, sa durée est de 4 à 7 jours (**Neenu et Balikai, 2019**).

Le stade nymphal de cet insecte est inactive, prend 7 à 8 jours pour donner un imago (l'adulte) qui peut vivre 8 à 16 jours, donc le cycle prend environ 32 à 35 jours (**Goutam et al., 2018**).

Fleurat-Lessard (1982) note que cette espèce peut avoir 5 à 6 générations par an, alors que **Bonnemaison (1962)** a observé 3 à 4 générations par an. Le cycle biologique est illustré dans la figure 13.

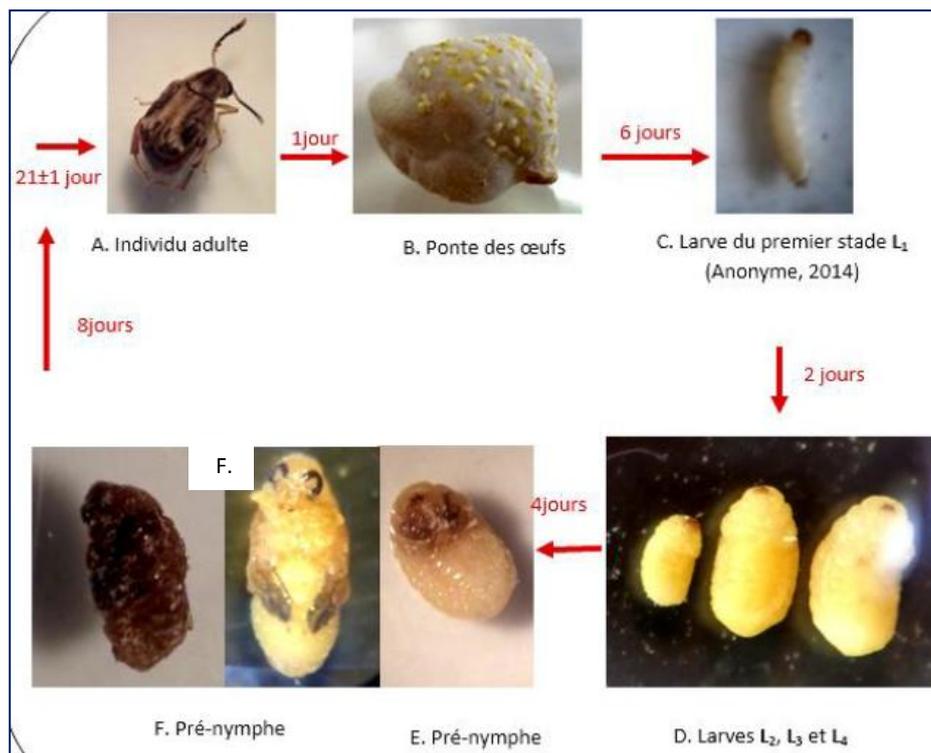


Figure 13. Cycle biologique de la bruche chinoise (Acheraiou et Kaced, 2018)

2.5. Dégâts causés par la bruche chinoise

Les ravageurs associés aux légumineuses alimentaires pendant le stockage causent d'importants dégâts et induisent des pertes en qualité et en quantité des grains stockés et surtout une détérioration de leur faculté germinative (El-Miziani *et al.*, 2016) (Figure 14).



Figure 14. Dégâts occasionnés par la bruche chinoise sur les grains de pois chiche (Originale, 2020)

C. chinensis est l'un des insectes qui causent d'importantes pertes quantitatives dans les denrées stockées et diminue la valeur nutritive des grains de pois chiche (Ahmed et al., 2018).

2.6. Lutte contre *C. chinensis*

La lutte contre la bruche chinoise à l'aide des produits chimiques influe sur la qualité du produit alimentaire par la présence des résidus chimiques qui ont des effets cancérigènes sur les êtres vivants particulièrement l'Homme. Aussi, en plus de l'éradication totale du ravageur, ils exterminent même la faune et la flore auxiliaires, ce qui a conduit les chercheurs du domaine à développer d'autres moyens de lutte alternative pour minimiser l'utilisation des insecticides (produits chimiques) qui sont indispensables dans une stratégie de lutte ; elle consiste à la combinaison de deux types de luttes : préventive et curative.

2.6.1. Lutte préventive

La lutte préventive fait appel à l'utilisation de plusieurs moyens afin d'éviter l'apparition du ravageur ; parmi ceux-ci :

- **Lutte génétique** qui fait appel à :
 - L'utilisation des variétés résistantes ;
 - L'amélioration de la résistance des graines de légumineuses en combinant dans un même cultivar la résistance de la gousse et celle de la graine ce qui permet d'assurer une protection efficace sur le champ et lors des entreposages (Karbache, 2009).
- **Lutte par dépistage** qui peut se faire soit par :
 - Dépistage ordinaire : c'est une méthode très utilisée qui consiste à surveiller l'état du grain par la mesure de la température et d'humidité du grain dans la masse, au moyen de détecteurs électriques installés à demeure (Mills, 1990). Cependant cette méthode aléatoire reste insuffisante pour déceler les formes cachées qui provoquent des dégâts considérables au cours de leur développement (Karbache, 2009) ;
 - Dépistage par infrarouge : ce procédé permet de détecter les protéines animales des insectes et mêmes les formes cachées (Karbache, 2009) ;

- Dépistage électro-acoustique : permet de pouvoir détecter l'activité des insectes et de surveiller le niveau de population présente dans la denrée, par des microphones sensibles. Cette technique permet de réduire le coût de l'inspection et les traitements (**Mankin et al., 1998**). Le son des insectes, peut être décelé par la méthode de simulation par ordinateur sans pour cela réaliser des prélèvements au niveau du stock. Un logiciel informatique permet la détermination de la présence de l'insecte et son niveau d'infestation (**Karbache, 2009**).

2.6.2. Lutte curative

Les moyens préventifs sont obligatoires mais restent insuffisants, dans ce cas le recours aux procédés curatifs est indispensable (**Karbache, 2009**). La lutte curative intervient directement contre les insectes en place. Parmi les moyens utilisés nous citons les moyens physiques, biologiques et chimiques.

- **Physiques**

La lutte physique est un autre moyen pour lutter contre les ravageurs des denrées stockées. Elle comprend l'emploi du froid, de la chaleur, de la radiation, les ultraviolets et les rayons gamma (**Southgate, 1978**).

- Chaleur :

D'après **Scotti (1978)** toutes les formes de ravageurs des denrées stockées, se trouvant dans une masse de grains, sont éliminés après 10 minutes d'exposition à une température de 60°C, sans aucune conséquence sur le pouvoir germinatif ni sur la qualité des grains. Le choc thermique doit se faire le plus rapidement possible et être suivi impérativement d'un refroidissement jusqu'à la température normale de conservation (**Karbache, 2009**).

- Froid :

Il consiste à faire passer un courant d'air frais dans la masse des grains. D'après **Sinha et Watters (1985)**, les denrées ne sont généralement pas infestées si la température de conservation est inférieure à 12°C. Ainsi, exposés à une température de 5°C, les insectes présentent des perturbation physiologiques suivies d'une mort certaine (**Lee et al., 1993**).

- Radiations ionisantes (rayons gamma)

L'irradiation des denrées par des rayons gamma est une technique utilisée dans de nombreux pays pour lutter contre plusieurs insectes ravageurs ; les doses élevées éliminent les insectes alors que les faibles doses les stérilisent (**Dongre et al.**, 1997).

Selon **Highland (1991)**, l'exposition à de faibles doses allant de 4,8 à 7,2 kGy (Kilogray) pendant 10 à 15 minutes, inactive les œufs et les adultes de *Callosobruchus chinensis*.

- **Biologiques**

Cette méthode entre dans le cadre du développement durable et de la sauvegarde des écosystèmes et vise à réduire les populations des insectes ravageurs.

Tout organisme vivant possède des ennemis naturels ou maladies qui régulent ses populations. Ce sont ces antagonistes naturels des ravageurs, que les méthodes biologiques de lutte mettent à contribution. Les avantages offerts par ces procédés biologiques résident surtout dans l'absence presque totale de risques toxicologiques (**Karbache, 2009**).

- Utilisation des parasitoïdes : les parasitoïdes sont des insectes qui se développent au dépend des insectes nuisibles, se sont exclusivement les larves qui parasitent l'hôte (**Karbache, 2009**).

Ainsi **Huignard et al. (2011)** montrent que *Dinarmus basalis* (Pteromalidae) et *Eupelmus vuilleti* (Eupelmidae) sont des parasitoïdes capables de se reproduire et de se développer dans les stocks de graines. Ainsi *D. basalis* se développe aux dépens des larves et nymphes de plusieurs espèces de Bruchinae appartenant aux genres *Bruchidius*, *Callosobruchus*, *Acanthoscelides* et *Zabrotes*.

- Utilisation des prédateurs : les prédateurs sont des organismes vivants qui tuent d'autres êtres vivants pour s'en nourrir, contrairement aux parasitoïdes, les prédateurs dévorent plusieurs proies au cours de leur vie (**Karbache, 2009**).

Aslam et al. (2006) ont démontré que trois espèces de fourmis (*Monomorium minimum*, *Dorylus labiatus* et *Camponotus rufipes*) sont de redoutables prédateurs de *Callosobruchus chinensis*, où cette dernière est attaquée par ces fourmis dans différents stades de son développement.

- Utilisation des huiles essentielles :

Les huiles essentielles (= essences = huiles volatiles) sont «des produits de composition généralement assez complexe renfermant les principes volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifiés au cours de la préparation» (**Bruneton, 1993**).

Les huiles essentielles proviennent d'espèces végétales très variées, elles sont extraites à partir d'écorces de plantes, de fruits, de racines, de tubercules, de tiges, de feuilles et de fleurs (**Karbache, 2009**).

Elles sont avérées efficaces contre les ravageurs des denrées stockées et contiennent des composés terpéniques (**Kellouche et al., 2004**). Elles sont souvent préconisées pour contrôler les populations de bruches dans les systèmes de stockage (**Karbache, 2009**).

Soon-II Kim et al. (2003) montrent qu'une puissante activité insecticide contre la bruche chinoise est produite par l'extrait de l'écorce de la cannelle *Cinnamomum cassia*, et application de plusieurs huiles essentielles comme, l'huile de cannelle (*C. cassia*) l'huile de raifort (*Cochleria aroracia*) et l'huile de moutarde (*Brassica juncea*) avec une méthode de diffusion sur papier filtre à 3,5 mg/cm².

Les mêmes auteurs ajoutent que les extraits de certaines plantes comme *Acorus gramineus* (drapeau doux japonais), *Schizonepeta tenuifolia* (Herbe à chat du japon) (Lamiaceae) ont donné 83% et 87% de mortalité des individus de *C. chinensis* après 2 jours de traitement, respectivement.

Les travaux de **Righi et al. (2010)**, réalisés en Algérie, ont montré que l'utilisation de trois huiles essentielles extraites à partir de trois plantes locales (Thym, Santoline et Anagyre) sur *C. chinensis*, réduit significativement la fertilité des œufs et la durée du cycle de développement de cet insecte après traitement par contact.

De même, l'application par contact de deux huiles essentielles d'*Ocimum sanctum* et *Ocimum basilicum* (Lamiacées) sur la bruche chinoise ont causée la réduction du nombre d'œufs pondus par l'insecte (**Kiradoo et Srivastavar, 2010**).

3. Huile essentielle de la menthe pouliot (*Mentha pulegium* L.)

3.3. Description des menthes

Les Menthes, du nom latin *Mentha*, sont des plantes vivaces, herbacées indigènes et très odorantes appartenant à la famille des Lamiacées (**Benayad, 2008**). Autant les Menthes sont faciles à reconnaître à leur odeur tout à fait caractéristique, autant elles sont difficiles à distinguer les unes des autres, en raison des formes intermédiaires, d'origine hybride.

Ce sont des plantes peu exigeantes et se répandent rapidement quand elles sont dans un sol sableux, humifère et frais, et peuvent former des tapis aromatiques très décoratifs. Au soleil, elle attire également tous les insectes butineurs (**Benbouali, 2006**).

Il existe de nombreuses espèces de menthe sauvage dont certaines, telles *M. pulegium* et *M. rotundifolia*, poussent spontanément en Algérie. Ce sont des plantes aromatiques très utilisées en médecine traditionnelle, dans les préparations culinaires, les confiseries, en cosmétique et parfumerie (**Brada et al., 2007**).

3.4. Menthe pouliot

3.4.1. Systématique de *M. pulegium*

Selon **Quezel et Santa (1963)** et **Guignard et Dupont (2004)**, la position qu'occupe *Mentha pulegium* dans la systématique est la suivante :

Embranchement	Phanérogames
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Eudicots
Sous-classe	Astéridées
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacées
Genre	<i>Mentha</i>
Espèce	<i>Mentha pulegium</i> L.

3.4.2. Aire de répartition

M. pulegium est très répandue dans le Nord de l'Afrique, dans la région méditerranéenne et dans l'Asie (**Quézel et Santa, 1963 ; Chalchat et al., 2000**). Elle se rencontre dans les zones humides et généralement marécageuses, près des routes, et elle est

plus abondante dans les pâturages de montagnes (**Chalchat et al., 2000**). En Algérie, *M. pulegium* est très abondante et pousse spontanément (**Quezel et Santa, 1963**).

3.4.3. Description

Le nom de *pulegium* vient de latin «*pulex*», qui signifie puce car la plante a la propriété d'éloigner les puces (**Bekhichi, 2008**).

M. pulegium est une plante odorante qui appartient à la famille des Lamiacées (Figure 15). C'est une plante de 10 -30 cm, inflorescence formée de nombreux verticillés denses, feuillés et distants (**Quezel et Santa, 1963**). Sa saveur est fortement aromatique et son odeur est intense. La menthe est considérée bénéfique pour la santé (**Padrini et Lucheroni, 1996**).



Figure 15. Morphologie générale de la menthe pouliot
(**Bencheikh, 2012;Gerenutti, 2014**).

M. pelugium a aussi la particularité d'être insectifuge puisqu'elle a été déjà utilisée pour faire éloigner les insectes, donc a un effet répulsif (**Lahrech, 2010**).

Elle a un effet toxique sur la bruche chinoise qui apparait dans les premières 24h d'exposition par contact à l'huile essentielle de la menthe pouliot (**Benayad et al., 2012**).

3.4.4. Composition chimique de l'huile essentielle de *M. pulegium*

La composition chimique de l'huile essentielle de *M. pulegium* a fait l'objet de nombreuses publications. Elle est caractérisée par la présence de menthol de limonène lévogyre de dipentène ; la menthe pouliot contient également des tanins, des matières cellulosique et pectique et du sucre (**Beloued, 1998**).

En effet, et à titre d'exemple, les compositions décrites sont dominées soit par le pulégone (70-90%) c'est le cas des études réalisées en Algérie (**Lahrech, 2010**), au Maroc (**Bouchra et al., 2003 ; Ait ouazzou et al., 2012 ; Benayad et al., 2012 ; Zantar et al., 2015**), en Inde (**Chopra et al., 1964**), en Uruguay (**Lorenzo et al., 2002**), au Portugal (**Costa et fernandes, 1952**) ou en Turquie (**Sarikurkcü et al., 2012**) ; soit par la pipéritone (83,7-97,2%) observée en Grèce (**Kokkini et al., 2002**) ou encore la pipéritone (70,0%) en Autriche (**Zwaving et Smith, 1971**).

PARTIE
EXPERIMENTALE

CHAPITRE III :
MATERIEL
ET
METHODES

1. Matériel

1.1. Matériel de laboratoire

Pour réaliser notre expérience, nous avons utilisé le matériel suivant (Figure 16) :

- Une loupe binoculaire pour pouvoir observer aux deux grossissements $\times 10$ et $\times 40$ les insectes pour reconnaître les deux sexes et observer les différents stades de développement ;
- Des boîtes en plastiques de 1L de capacité pour les élevages de masse de l'insecte ;
- Des boîtes de Pétri en verre (9cm) pour réaliser les tests de répulsion et de contact de l'huile essentielle (menthe pouliot) ;
- Des bocaux en verre (125ml de capacité) et du fil pour réaliser les tests de toxicité par inhalation de l'huile essentielle ;
- Une balance de précision pour peser les graines de pois chiche pour le test de contact ;
- Une pipette graduée (1ml de volume) ;
- Une micropipette pour évaluer les différentes doses de l'huile essentielle (0,5-10 μ l de volume) ;
- Du papier filtre.

1.2. Matériel biologique

1.2.1. Graines de pois chiche

Les graines de pois chiche utilisées pour l'élevage de masse des bruches proviennent du marché local, elles sont lavées et séchées avant l'utilisation.

1.2.2. Bruche chinoise

L'insecte utilisé est la bruche chinoise issue d'un élevage de masse réalisé dans des pots remplis à 3/4 de graines de pois chiche au laboratoire de recherche « Ecologie des invertébrés terrestres » à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Les individus utilisés dans les différents tests de toxicité sont des bruches adultes âgées de 0 à 24h.

1.2.3. Huile essentielle

L'huile essentielle testée durant cette étude est celle de la menthe pouliot *Mentha pulegium*. Elle est obtenue par hydrodistillation des feuilles et provient du marché local.



Figure 16. Matériel utilisé au laboratoire pour les différents tests (Originale, 2020).

2. Méthodes

2.1. Elevage en masse

L'élevage de masse de *C. chinensis* est réalisé dans des boîtes en plastiques. Chaque boîte contient une quantité de grains de pois chiche infestés et d'autres qui sont sains et bien séchés et des individus de l'insecte ravageur. Ces derniers sont obtenus à partir d'un élevage de base réalisé au laboratoire (Figure 17).

Les boîtes d'élevage sont maintenues dans des conditions de température de 27°C à 28°C et une humidité relative d'environ 70%, dans un délai de temps de 30 jours.

L'objectif de cet élevage est de produire un nombre suffisant d'individus adultes âgés de 0 à 24h, nécessaires pour conduire les tests de toxicité de l'huile essentielle de la menthe pouliot.



Figure 17. Elevage de masse de *C. chinensis* (Originale, 2020)

2.2. Effet de l'huile essentielle *M. pulegium* sur *C. chinensis*

Pour tester l'activité insecticide de l'huile essentielle de la menthe pouliot sur la bruche chinoise, nous avons réalisé trois tests de toxicité par inhalation, répulsion et contact.

2.2.1. Test par inhalation

Ce test consiste à évaluer l'effet insecticide de l'huile essentielle de la menthe pouliot par inhalation en utilisant différentes doses de l'huile essentielle sur les adultes de *C. chinensis* âgées de 0 à 24h (Figure 18).

Des disques de papier filtre de 2cm de diamètre sont suspendus à la face interne du couvercle des bocaux en verre de 125ml de volume. Les disques sont imprégnés avec une dose d'acétone (0,1ml) suivie d'une dose d'huile essentielle soit 0.5µl, 0.75µl, 1µl, 1.5µl et 2µl. L'acétone est laissé s'évaporer pendant dix minutes avant d'introduire ces disques dans les bocaux. Dans chaque bocal, dix (10) adultes de *C. chinensis* sont introduits. Parallèlement un témoin (non traité) n'ayant reçu qu'une dose d'acétone (0,1ml) sur le disque est réalisé. Quatre répétitions sont réalisées pour chaque dose et pour le témoin.

Nous avons procédé au comptage des insectes morts soumis à l'expérimentation et ce après les temps d'exposition de 1h, 2h, 3h, 4h, 6h, 24h, 48h, 72h et 96h.



Figure 18. Dispositif expérimental du test par inhalation sur les adultes de *C. chinensis* traités à l'huile essentielle de la menthe pouliot (**Originale, 2020**).

2.2.2. Test par répulsion

Ce test permet de savoir si l'huile essentielle est répulsive ou attractive pour les adultes de *C. chinensis* en utilisant la méthode de la zone préférentielle.

La technique consiste à découper en deux moitiés égales des disques de papier filtre ayant un diamètre égal au diamètre de la boîte de Pétri ; une moitié reçoit uniquement 0,25ml d'acétone (témoin) et l'autre moitié reçoit au même temps 0,25ml d'acétone additionné d'une des doses de l'huile essentielle de la menthe pouliot soit 0.5 μ l, 0.75 μ l, 1 μ l et 1.5 μ l (Figure 19).

Après évaporation de l'acétone (après 10 à 15 minutes), les disques sont reconstitués à l'aide d'une bande adhésive puis placés dans des boîtes de Pétri en verre.

Un total de 10 adultes de *C. chinensis*, âgés de 0 à 24h est introduit au centre de la boîte de Pétri refermée aussitôt. Quatre répétitions sont réalisées pour chaque dose.

Après 30 minutes de traitement, nous procédons au dénombrement des individus dans chacune des parties traitées et non traitées par l'huile essentielle. Le pourcentage de répulsion est ainsi calculé selon la règle suivante : $PR\% = ((NC - NT) / (NC + NT)) \times 100$. Où :

NC : le nombre d'insectes présents sur la partie de disque traité uniquement avec de l'acétone.

NT : représente le nombre d'insectes présents sur la partie de disque traité avec la solution (huile essentielle- acétone)

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 suivant :

Tableau 03 : Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et al. (1970).

Classe	Intervalle de répulsion	Propriété de la substance traitée
Classe 0	$PR \leq 0.1\%$	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

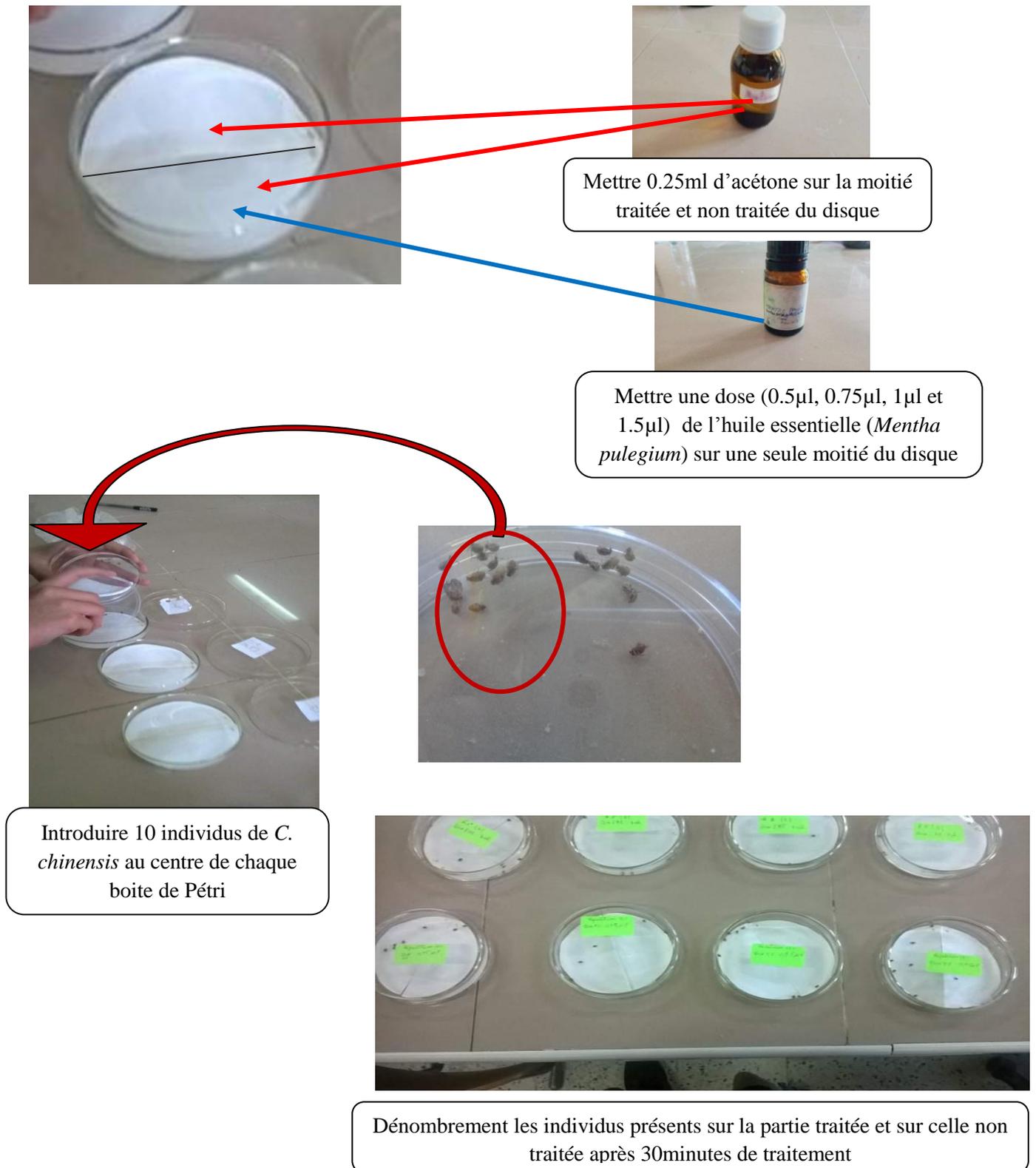


Figure 19. Dispositif expérimental du test de répulsion sur les adultes de *C. chinensis* traités à l'huile essentielle de la menthe pouliot (Originale, 2020).

2.2.3. Test par contact

Le test par contact est réalisé dans des boîtes de Pétri en verre de 9cm de diamètre ; chaque boîte porte 25g de graines saines de pois chiche, traitées avec l'huile essentielle de la menthe pouliot à différentes doses: 0.5µl, 0.75µl, 1µl et 1.5µl prélevées à l'aide d'une micropipette. Cinq couples de *C. chinensis* âgés de 0 à 24h sont introduits dans chaque boîte de Pétri. Parallèlement, un témoin non traité avec l'huile essentielle de la menthe pouliot est réalisé. Quatre répétitions sont effectuées pour chaque dose et pour le témoin.

L'ensemble des boîtes de Pétri sont maintenues dans des conditions de température de 27°C à 28°C et une humidité relative d'environ 70% (Figure 20).

Paramètres étudiés

- **Longévité des adultes**

Elle consiste à dénombrer tous les adultes morts après le lancement des tests pour toutes les doses jusqu' à la mort totale des individus.

- **La fécondité des femelles**

Elle est déterminée après dénombrement de tous les œufs pondus sur les graines et sur les boîtes de Pétri (éclos et non éclos), à l'aide d'une loupe binoculaire, après 5 à 7 jours de traitement.

- **Le taux d'éclosion des œufs**

Après comptage des œufs pondus (éclos et non éclos), le taux d'éclosion des œufs est calculé par la formule suivante :

$$\text{Taux d'éclosion des œufs}\% = (\text{nombre d'œufs éclos} / \text{nombre d'œufs pondus}) \times 100$$

- **Le taux d'émergence**

L'émergence des individus de *C. chinensis* débute 35 jours après le lancement des tests. Les observations quotidiennes sont réalisées afin de dénombrer tous les individus émergés dans chaque boîte jusqu'aux dernières émergences. Ainsi le taux de viabilité qui est le rapport entre le nombre d'adultes émergés et le nombre d'œufs pondus, est calculé par la formule suivante :

$$\text{Taux de viabilité}\% = (\text{nombre d'adulte émergés} / \text{nombre d'œufs pondus}) \times 100.$$

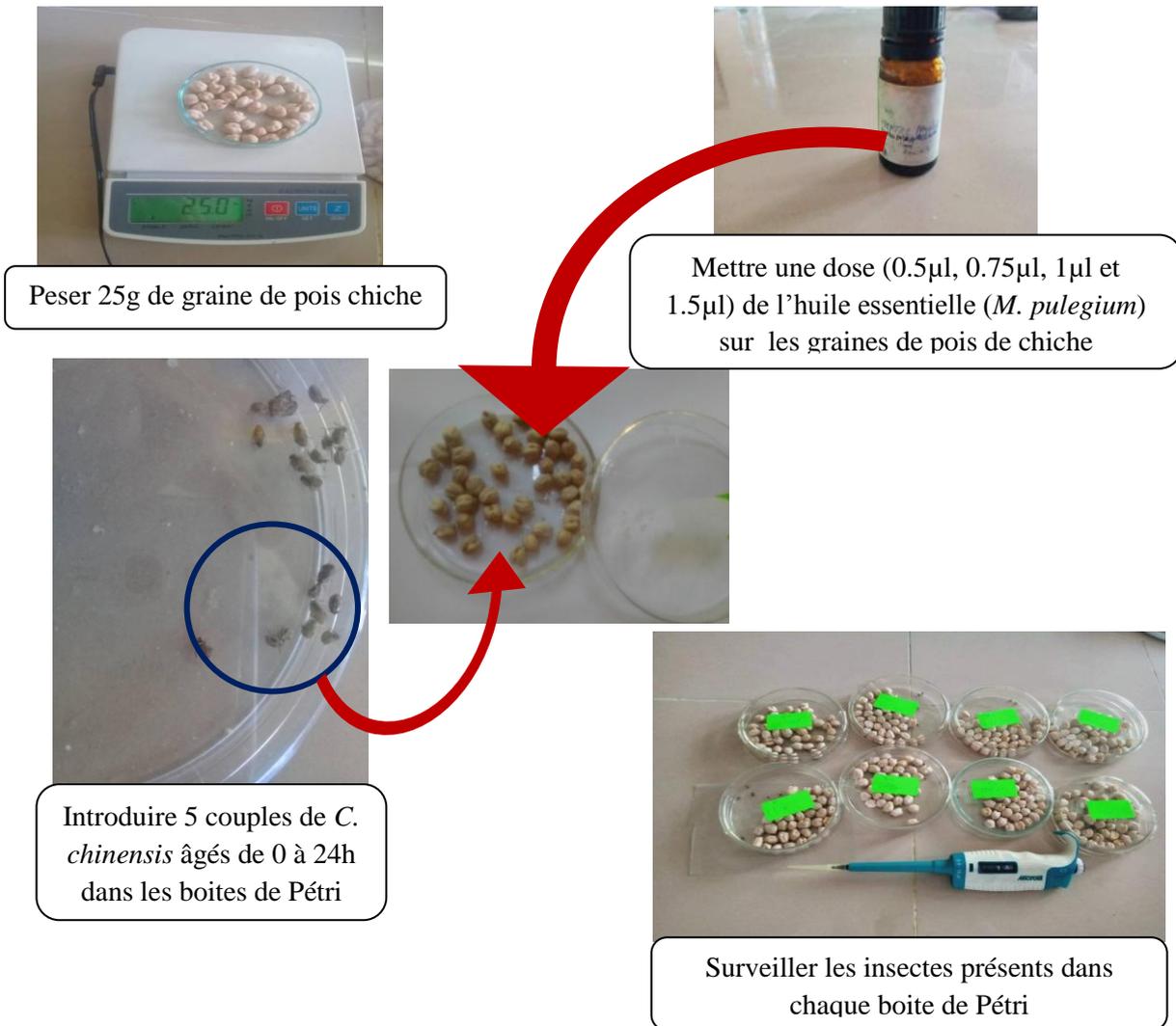


Figure 20. Dispositif expérimental du test de contact sur les adultes de *C. chinensis* traités à l'huile essentielle de la menthe pouliot (**Originale, 2020**).

3. Analyse des données ou statistiques

Les résultats obtenus pour les différents paramètres étudiés pour l'activité insecticide de l'huile essentielle de la menthe pouliot sont soumis à une analyse de la variance ANOVA à un ou plusieurs critères de classification en utilisant le logiciel STAT BOX, version 6.4. Si cette analyse révèle des différences significatives, elle est complétée par le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% (**Dagnelie, 1975**) pour déterminer les groupes homogènes.

Si 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 IV : RESULTATS ET DISCUSSION

1. Activité insecticide de l'huile essentielle par inhalation

Les résultats de l'activité insecticide de l'huile essentielle de la menthe pouliot à l'égard des adultes de *C. chinensis* sont représentés dans la figure 23.

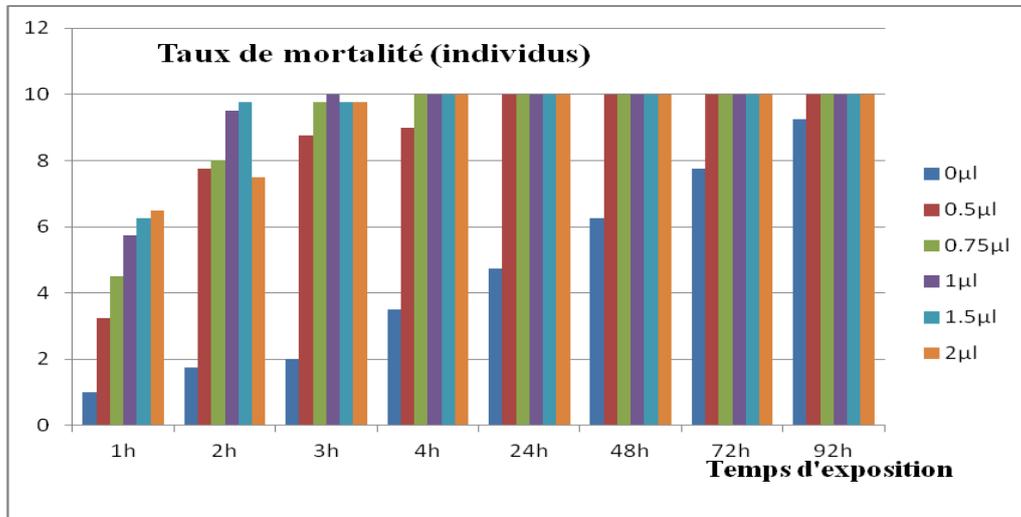


Figure 21. Taux moyens de mortalité des adultes *Callosobruchus chinensis* traités par l'huile essentielle de la menthe pouliot en fonction des doses et de la durée de traitement par inhalation.

D'après ces résultats, nous observons que la mortalité moyenne des adultes de *C. chinensis* augmente en fonction de la dose et de la durée d'exposition à l'huile essentielle utilisée par inhalation.

Le taux de mortalité dans les lots témoins (0µl), est de 4,75% enregistré après 24h d'exposition, par contre à la dose 1µl une mortalité de 100% est enregistrée après 3h. Aux doses de 1,5µl et 2µl, nous avons constaté une mortalité de 100% après 4h d'exposition. L'huile essentielle de la menthe pouliot à un effet insecticide important par inhalation sur la bruche chinoise.

D'ailleurs, l'analyse de la variance à deux critères de classification, révèle qu'il y a des différences très hautement significatives pour le facteur dose (P=0) et pour le facteur temps (P=0) (Tableau 4).

Tableau 04 : Résultats de l'analyse de la variance à deux facteurs de classification au seuil de 5% pour le paramètre de mortalité des adultes de *C. chinensis* traités avec l'huile essentielle de la menthe pouliot par inhalation

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	252.219	29	8.697				
Var. Facteur1 Dose	157.844	5	31.569	49.118	0		
Var. Facteur 2 Temps	81.521	4	20.38	31.71	0		
Var. Résiduelle 1	12.854	20	0.643			0.802	10.51%

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification de 5%, classe le facteur dose dans 2 groupes homogènes A et B : les différentes doses (0,5 μ l, 0,75 μ l, 1 μ l, 1,5 μ l et 2 μ l) sont classées dans le groupe A, et le témoin (0 μ l) dans le groupes homogènes B (Tableau 5), et classe le facteur temps dans 3 groupes homogènes A, B et C. Les temps T5 et T4 sont représentés dans le groupe homogène A, le T3 est classée dans les deux groupes AB, le temps T2 dans le groupe B et le T1 dans le groupe homogène C (Tableau 6).

Tableau 05 : 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 avec l'huile essentielle de la menthe pouliot par inhalation.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes	
5.0	D4	9,15	A	
4.0	D3	9,05	A	
6.0	D5	8,75	A	
3.0	D2	8,45	A	
2.0	D1	7,75	A	
1.0	D0	2,6		B

Tableau 06 : 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 avec l'huile essentielle de la menthe pouliot par inhalation.

F2	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes		
5.0	T5	9,125	A		
4.0	T4	8,75	A		
3.0	T3	8,333	A	B	
2.0	T2	7,375		B	
1.0	T1	4,542			C

Discussion

Nos résultats montrent que l'huile essentielle de la menthe pouliot a un effet insecticide important par inhalation sur *C. chinensis* ; en effet, elle réduit la durée de vie des adultes d'une manière très hautement significative au fur à mesure que la dose augmente ainsi que la durée d'exposition.

Dès la plus faible dose (0,5 μ l), l'huile essentielle de *Mentha pulegium* provoque une mortalité totale des adultes de *C. chinensis* après 24h d'exposition.

Nos résultats s'accordent avec ceux obtenus par d'autres auteurs qui ont étudié l'effet des huiles essentielles sur les adultes de la bruche chinoise ou d'autres ravageur des stocks.

Righi (2010) a montré que l'huile essentielle du Thym provoque une mortalité de 100% des adultes de *C. chinensis* après une heure d'exposition uniquement à une dose de 10 μ l. Par comparaison à nos résultats, il ressort que l'huile essentielle de Thym est moins toxique que l'huile essentielle de *M. pulegium* que nous avons appliqué sur le même ravageur.

Pour leur part, **Abdelli et al. (2016)** ont étudié l'effet insecticide de l'huile essentielle de la menthe pouliot par inhalation sur le charançon du blé *Sitophilus granarium* L. (Coleoptera : Curculionidae) ; ils ont montré qu'elle provoque une mortalité de 97,44 \pm 0,59% après 7 jours d'exposition à la dose 2,5 μ l, et une mortalité de 100% après 24h aux doses 5, 10, 20 et 40 μ l.

La différence entre nos résultats et ceux obtenus par **Abdelli et al. (2016)** peut-être due à la forte résistance de *S. granarium* par rapport à celle de *C. chinensis* surtout qu'ils ont utilisé des doses d'huiles essentielles beaucoup plus élevées que celles que nous avons utilisées.

Acheraïou et Kaced (2019) ont étudié l'effet insecticide de deux huiles essentielles de la menthe poivrée (*Mentha x piperita*) et de la sauge officinale (*Salvia officinalis*) par inhalation sur la *C. chinensis*, elles ont montré que les deux huiles essentielles provoquent une mortalité de 95% à la dose de 8 μ l après 96h d'exposition.

Taleb-Toudert (2015) a enregistré 100% de mortalité des adultes de *C. maculatus* après 96h d'exposition dans les lots traités avec les huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et *Eucalyptus radiata* à la dose de 4 μ l.

Saeidi et Pezhman (2018) ont montré que l'huile essentielle de la menthe poivrée (*M. piperita*) provoque une mortalité de 100% des adultes de *C. maculatus* après 72h d'exposition à une dose de 14 μ l/ l air.

2. Activité insecticide de l'huile essentielle par répulsion

L'évaluation de l'effet répulsif de l'huile essentielle de la menthe pouliot à l'égard des adultes de *C. chinensis* après 30 minutes d'exposition aux différentes doses (0.5 μ l, 0.75 μ l, 1 μ l, et 1.5 μ l) est représentée dans la figure 22.

Nous avons constaté que le taux de répulsion augmente au fur à mesure que les doses de l'huile essentielle utilisée augmentent. Nous avons enregistré un taux moyen de répulsion

de 35% à la dose 0.5 μ l, il augmente graduellement pour atteindre une valeur maximale de 85% à la dose 1.5 μ l.

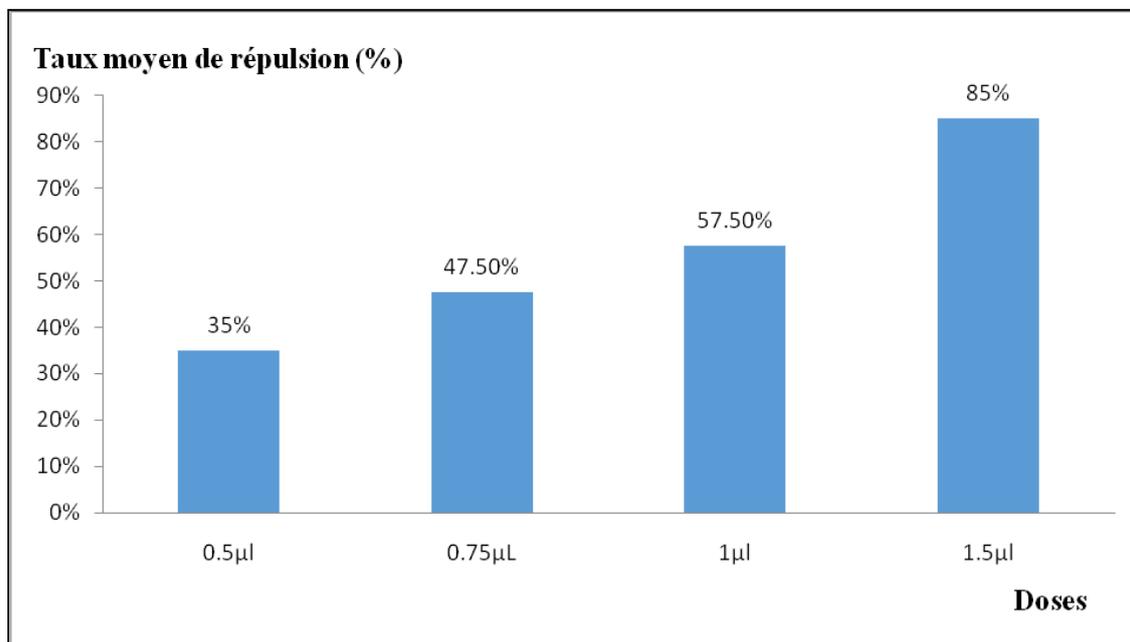


Figure 22. Taux moyens de répulsion de l'huile essentielle à l'égard des adultes *C. chinensis* après 30 minutes d'exposition aux différentes doses (0.5 μ l, 0.75 μ l, 1 μ l, et 1.5 μ l).

L'analyse de la variance à un seul critère de classification révèle qu'il y a une différence significative ($P= 0,04042$) entre les différentes doses testées (Tableau 7).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5% classe les différentes doses d'huile essentielle de la menthe pouliot dans 2 groupes homogènes : la dose 1,5 μ l dans le groupe homogène A, la dose 0,5 μ l dans le groupe homogène B et les doses 0,75 μ l et 1 μ l sont classées dans les deux groupes homogènes A et B (Tableau 8).

Tableau 07 : Résultats de l'analyse de la variance à un seul facteur de classification au seuil de 5% pour le paramètre de répulsion de l'huile essentielle de la menthe pouliot à l'égard des adultes de *C. chinensis*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	
Var. Totale	11175	15	745				
Var. Facteur 1dose	5425.001	3	1808.334	3.774	0.04042		
Var. Résiduelle 1	5750	12	479.167			21.89	38.92%

Tableau 08 : Résultats du test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification de 5% pour l'effet du facteur dose sur le pouvoir répulsif de l'huile essentielle de la menthe pouliot à l'égard des adultes de *C. chinensis*.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes	
4.0	D4	85	A	
3.0	D3	57,5	A	B
2.0	D2	47,5	A	B
1.0	D1	35		B

D'après le tableau 09, le nombre d'individus de *C. chinensis* augmente dans les parties traitées uniquement avec l'acétone est cela au fur et à mesure que la dose de l'huile essentielle utilisée augmente dans l'autre partie.

Selon le classement de **Mc Donald et al. (1970)**, le taux moyen de répulsion de l'huile essentielle de la menthe pouliot est de 56.25% ce qui nous permet de noter qu'elle appartient à la classe III par conséquent son effet est modérément répulsive.

Tableau 09 : Nombre d'individus de *C. chinensis* présents dans la partie traitée et non traitée et le pourcentage de répulsion de l'huile essentielle de la menthe pouliot

Huile essentielle	Doses (µl)	Nombre d'individus présents dans la		Pourcentage de répulsion
		Partie non traitée	Partie traitée	
	0,5	27	13	35%
	0,75	27	13	47,5%
	1	29	11	57,5%
	1,5	37	3	85%
Taux moyen de répulsion	56,25%			
Classe	III			
Effet	Modérément répulsif			

Le traitement par répulsion montre que l'huile essentielle de *M. pulegium* est modérément répulsive vis-à-vis de *C. chinensis*.

Discussion

L'effet répulsif de certaines huiles essentielles a été mis en évidence par de nombreuses études sur les bruches des stocks.

Ainsi, **Kumar et al. (2009)** ont conclu que le taux de répulsion de l'huile essentielle de *Mentha longifolia* est de 85% contre les adultes de *C. chinensis*.

Les résultats de **Kumar et al. (2009)** dévoilent que l'huile essentielle de *M. longifolia* est très répulsive selon tableau de **Mc Donald et al. (1970)**, alors que nos résultats montrent que notre huile essentielle est modérément répulsive sur la même bruche, cette différence serait due à la présence de molécules répulsives avec des pourcentages plus élevés dans l'huile de *M. longifolia*.

Roy et al. (2005) ont montré que l'huile essentielle extraite de Lastron bâtard (*Blumea lacera*) est modérément répulsive vis-à-vis de *Rhyzopertha dominica*, avec une répulsion moyenne de 55,7%. Cet effet est proche de celui exercé par l'huile essentielle de *M. pulegium* sur *C. chinensis* (56,25%).

Kumar (2014) a testé l'effet répulsif de l'huile essentielle d'*Allium sativum* aux doses de 0.056, 0.085, 0.113 et 0.169 $\mu\text{l}/\text{cm}^{-3}$ sur les adultes de *C. chinensis*, et a montré que le taux de répulsion est de 31.84%, 42.5%, 52.23% et 70.74% respectivement.

Aussi, **Hamai et al. (2006)** ont conclu que les huiles essentielles de citronnier et de lavande ont un effet répulsif sur les adultes de *C. maculatus* avec un taux de répulsion de 63,75% et de 69,77% respectivement.

Ayant travaillé sur une autre bruche polyvoltine *Acanthoscelides obtectus*, **Hamdani (2012)** a enregistré un taux de répulsion le plus faible avec l'huile essentielle de l'Orange douce avec une moyenne de 17,5% et le plus élevé avec l'huile essentielle de Bigaradier avec une moyenne de 70% (très répulsive). Des taux de répulsion moyens de 50% et 42,5% ont été obtenus respectivement pour les huiles essentielles de Citronnier et de Pamplemoussier.

Goucem-Khelfane (2014) a testé l'effet répulsif des huiles essentielles de neuf plantes aromatiques contre *A. obtectus* et les résultats ont révélé que les huiles essentielles de *M. piperita*, *Laurus nobilis*, *Lavandula angustifolia*, *Citrus reticulata* et *Citrus aurantium ssp. bergamia* sont répulsives avec des taux de 73.75%, 71.25%, 63.75%, 63.75% et 61.78% respectivement et les huiles essentielles de *Thymus saturioides*, *Eucalyptus globulus* et *Citrus limonum* sont moyennement répulsives avec des taux respectifs de 53.75%, 51.25% et 43.75%.

3. Activité insecticide de l'huile essentielle par contact

3.1. Action sur la longévité des adultes de *C. chinensis*

Les résultats obtenus pour l'action de l'huile essentielle sur la longévité des adultes de *C. chinensis*, sont présentés dans la figure 23.

Les résultats obtenus montrent que la longévité des adultes de *C. chinensis* diminue avec l'augmentation des doses de l'huile essentielle utilisée. La longévité moyenne des insectes dans les lots témoin est de $18,75 \pm 5,90$ jours, alors que de faibles valeurs sont observées dans les lots traités à l'huile essentielle ; à la dose $0,5 \mu\text{l}$, elle est de $2,25 \pm 0,5$ jours et aux doses $1 \mu\text{l}$ et $1,5 \mu\text{l}$ la durée de vie des bruches est réduite à $1,25 \pm 0,5$ jours.

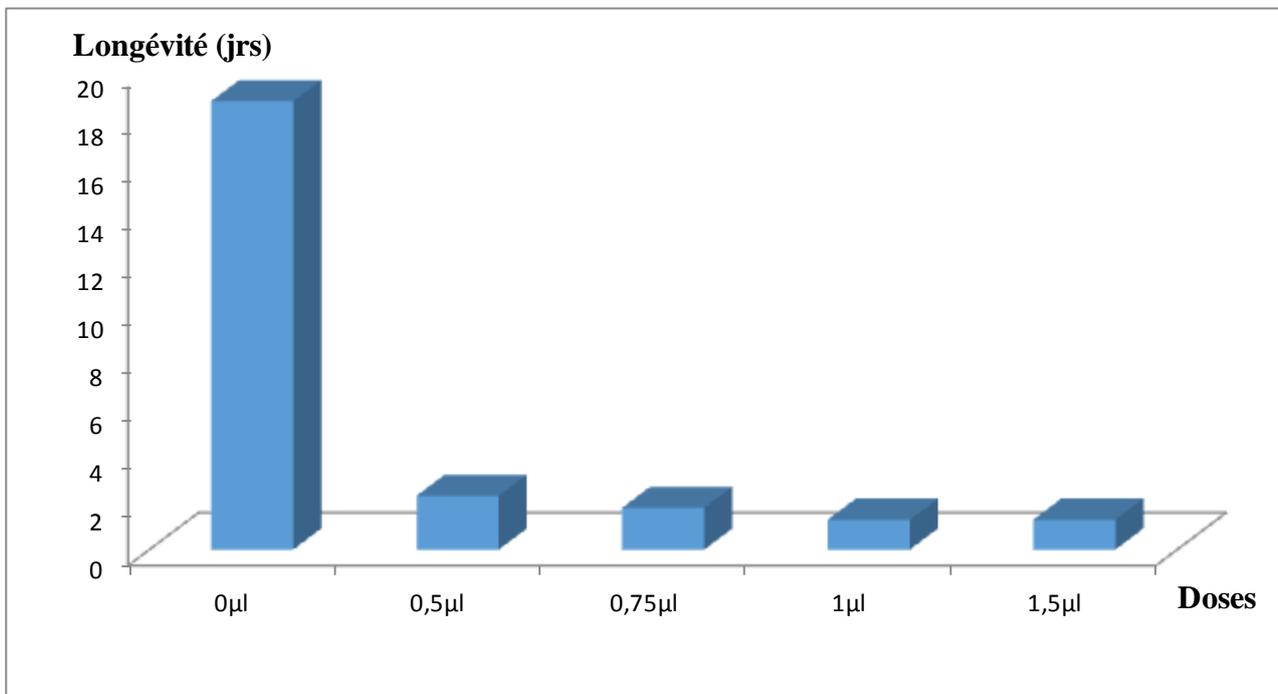


Figure 23. Longévité moyenne en jours des adultes de *C. chinensis* selon les différentes doses de l'huile essentielle de la menthe pouliot utilisée par contact.

D'ailleurs, l'analyse de la variance à un seul critère de classification, montre qu'il y a une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P = 0$) (Tableau 10).

Tableau 10 : Résultats de l'analyse de la variance à un seul facteur de classification au seuil de 5% pour le paramètre longévité de l'huile essentielle de la menthe pouliot à l'égard des adultes de *C. chinensis*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	1048,95	19	55,208				
Var. Facteur dose	941,2	4	235,3	32,756	0		
Var. Résiduelle 1	107,75	15	7,183			2,68	53,07%

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification de 5%, classe les 5 doses d'huile essentielle de la menthe pouliot dans 2 groupes homogènes A et B où les doses 0,5 μ l, 0,75 μ l, 1 μ l, et 1,5 μ l (D1, D2, D3 et D4) sont placées dans le groupe homogène A et le témoin (0 μ l) dans le groupe B (Tableau 11).

Tableau 11 : Résultats du test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification de 5% concernant l'effet de facteur dose de l'huile essentielle de la menthe pouliot traité par contact sur la longévité de *C. chinensis*.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes	
1.0	D0	18,75	A	
2.0	D1	2,25		B
3.0	D2	1,75		B
5.0	D4	1,25		B
4.0	D3	1,25		B

Discussion

L'huile essentielle que nous avons testée semble avoir un effet insecticide sur la longévité des adultes de *C. chinensis*. Ces résultats concordent avec les travaux de nombreux chercheurs qui ont mis en évidence l'action des huiles essentielles sur la longévité des ravageurs des denrées stockées.

Les travaux de **Righi et al. (2010)** ont évalué l'efficacité des poudres de thym, santoline et l'anagyre, riches en huiles essentielles, sur la longévité des adultes de la bruche de pois-chiche *C. chinensis*, et les résultats ont montré que la poudre de thym a une grande efficacité dans la réduction de la longévité des adultes *C. chinensis*, comparée à la poudre de

santoline qui marque une efficacité moins importante. Alors que la poudre de l'anagyre n'a aucun effet sur cet insecte.

Taleb-Toudert (2015) a montré qu'à la dose de 8 μ l de l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum*, les adultes de *C. maculatus* vivent en moyenne 5h, au-delà de cette dose (12 et 16 μ l), tous les individus adultes meurent en moins d'une heure.

Goucem-Khelfane (2014) a montré que les huiles essentielles des plantes aromatiques comme le laurier noble, le mandarinier et la lavande ont un effet sur la longévité des adultes d'*A. obtectus* en réduisant leur durée de vie à $0,19 \pm 0,011$; 1 ± 0 et $1,75 \pm 0,95$ jours respectivement à la plus forte dose (8 μ l). Les huiles essentielles d'Eucalyptus, cèdre et citronnier réduisent aussi la longévité des adultes mais avec un effet moindre ; elle est respectivement de $2 \pm 0,81$; $5,75 \pm 0,5$ et $2,07 \pm 0,35$ jours à la même dose.

Hamdani (2012) a observé que l'huile essentielle extraite du Bigaradier provoque une diminution importante de la longévité (3,5 jours) des adultes d'*A. obtectus* dès la plus faible dose (2 μ l) et s'annule à la dose 6 μ l.

3.2. Action sur la fécondité des femelles de *C. chinensis*

Les résultats de l'effet de l'huile essentielle de la menthe pouliot sur la fécondité des femelles de *C. chinensis* sont illustrés dans la figure 24.

D'après ces résultats, nous avons enregistré une fécondité moyenne dans les lots témoins qui est de $112 \pm 44,279$ œufs /5femelles et une fécondité complètement inhibée dans les lots traitées avec l'huile essentielle de la menthe pouliot et cela quel que soit la dose utilisée.

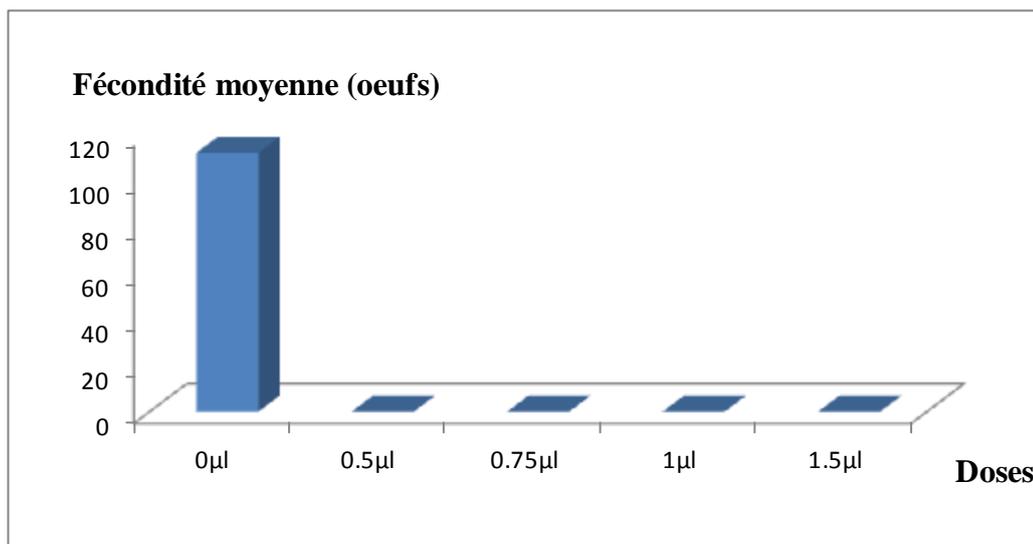


Figure 24. Fécondité moyenne des femelles de *C. chinensis* selon les différentes doses de l'huile essentielle de la menthe pouliot utilisée par contact.

D'ailleurs, l'analyse de la variance à un seul critère de classification, montre qu'il y a une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P = 0$) (Tableau 12).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, à réparti les différentes doses dans deux groupes homogènes A et B comme suit : le témoin ($0\mu\text{l}$) est classée dans le groupe homogène A et les dose $0.5\mu\text{l}$, $0.75\mu\text{l}$, $1\mu\text{l}$, et $1.5\mu\text{l}$ dans le groupe B (Tableau 13).

Tableau 12 : Résultats de l'analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre fécondité des femelles de *C. chinensis* après traitement avec l'huile essentielle de la menthe pouliot.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	46022,8	19	2422,252				
Var. Facteur Idose	40140,8	4	10035,2	25,591	0		
Var. Résiduelle	5882	15	392,133			19,802	88,40%

Tableau 13. Résultats du test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification de 5% concernant l'effet du facteur dose de l'huile essentielle de la menthe pouliot après traitement par contact sur la fécondité des femelles de *C. chinensis*.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes	
1.0	D0	112	A	
5.0	D4	0	B	
4.0	D3	0	B	
3.0	D2	0	B	
2.0	D1	0	B	

Discussion

De nombreux auteurs ont étudié l'effet insecticide des huiles essentielles sur la fécondité des femelles de la bruche chinoise ou d'autres ravageurs des stocks.

Selon **Righi et al. (2010)**, les huiles essentielles de *Thymus vulgaris* et *Santolina chamaecyparissus* aux différentes doses (0.5 , 10 et $20\mu\text{l}$) agissent sur la fécondité de *C. chinensis* ; les résultats ont montré que le nombre d'œufs pondus diminue au fur et à mesure que la dose augmente et cela pour les deux huiles essentielles, alors que la fécondité s'annule

à partir de la dose 10 μ l pour l'huile de *Thymus vulgaris* et à la dose 20 μ l pour l'huile de *S. chamaecyparissus*.

Kellouche et Soltani (2004) ont montré que l'eugénol inhibe complètement la ponte à la dose 6 μ l, ainsi l'huile essentielle de clou de girofle affectant de façon très hautement significative la fécondité des femelles de *C. maculatus*.

Les mêmes auteurs ajoutent que les poudres des feuilles de quatre plantes riches en huiles essentielles (le figuier, l'olivier, le citronnier et l'eucalyptus) réduisent la fécondité des femelles de *C. maculatus* sur les graines du pois chiche de façon significative.

Egalement, **Taleb-Toudert (2015)** a montré que les huiles essentielles d'*E. globulus* et *E. radiata* inhibent complètement la ponte des femelles de *C. maculatus* à partir de la dose de 8 μ l.

Nait-Djoudi et Mansour (2016) ont montré que l'huile essentielle d'*Artemisia absinthium* annule la fécondité des adultes de *C. maculatus* à la dose de 1 μ l.

D'autre part, **Bouchikhi Tani et al. (2009)** constatent aussi que la ponte est inhibée complètement dans les graines traitées par les huiles essentielles extraites de *Rosmarinus officinalis* et *Artemisia herba alba* à une dose de 5 μ l chez les femelles d'*A. obtectus*.

Aussi, **Goucem-Khelfane (2014)** a montré que les huiles essentielles d'eucalyptus et de mandarinier annulent la ponte des femelles d'*A. obtectus* à la plus forte dose (8 μ l) et celles de citronnier et de laurier affectent notablement la fécondité qui est réduite à 1,25 \pm 2,5 et 1,6 \pm 1,91 œufs /5femelles.

Regnaut-Roger et Hamraoui (1994) ont exposé les adultes d'*A. obtectus* à des huiles extraites de 24 plantes aromatiques et ce à des doses de 10⁻² μ l/cm³ et 5.10⁻² μ l/cm³ afin d'étudier l'action de ces produit sur la fécondité des femelles. Les résultats indiquent que les huiles extraites de *Thymus vulgaris* (Lamiacées) et *Cinnamomum verum* (Lauracées) diminuent considérablement la ponte des femelles à partir de la dose 10⁻² μ l/cm³.

De même, ils ont noté que les huiles extraites de *Rosmarinus officinalis* et *Thymus serpyllum* (Lamiacées) inhibent complètement la ponte des femelles dès la plus faible dose 10

$2 \mu\text{l}/\text{cm}^3$, tandis que les huiles extraites de *Satureja hortensis*, *Lavandula angustifolia*, *Origanum majorana* et *Ocimum basilicum* (lamiacées) inhibent la ponte des femelles à partir de la dose $5 \cdot 10^{-2} \mu\text{l}/\text{cm}^3$.

3.3. Action sur l'éclosion des œufs

Les résultats présentés dans la figure 25 montrent que le taux moyen d'œufs éclos diminue au fur et à mesure que la dose d'huile essentielle utilisée augmente.

Nous avons constaté que le taux d'éclosion des œufs est de 21% dans les lots témoin, alors qu'il s'annule aux doses de $0.5 \mu\text{l}$, $0.75 \mu\text{l}$, $1 \mu\text{l}$, et $1.5 \mu\text{l}$ (0%) pour l'huile essentielle de la menthe pouliot puisque la ponte s'annule déjà à partir de la plus faible dose ($0.5 \mu\text{l}$).

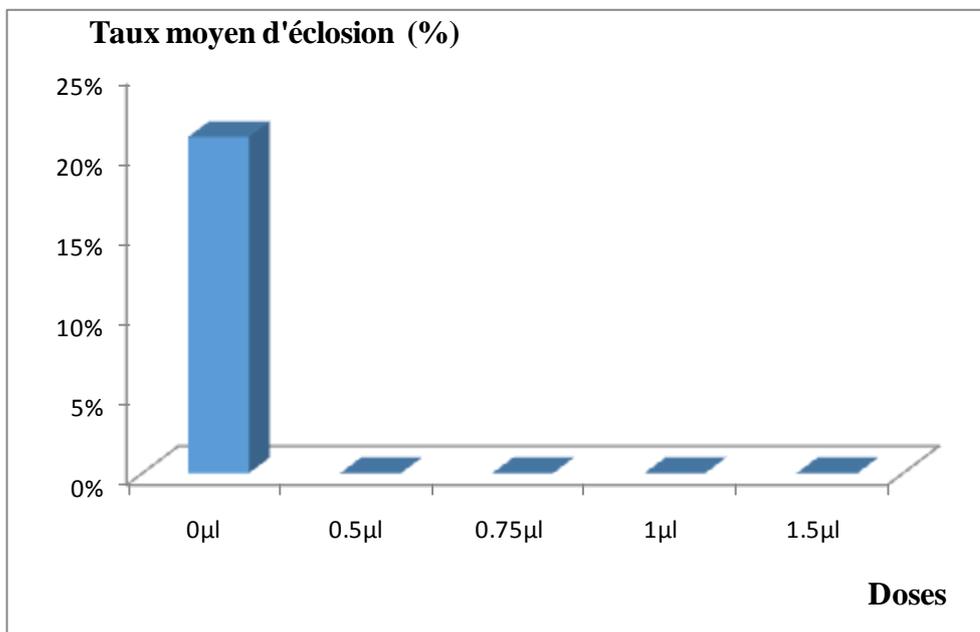


Figure 25. Taux moyen d'éclosion des œufs de *Callosobruchus chinensis* selon les différentes doses de l'huile essentielle de la menthe pouliot utilisées par contact.

L'analyse de la variance à un seul critère de classification marque une différence significative pour le facteur dose ($P = 0,02149$) (Tableau 14).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe les 5 doses dans 2 groupes homogènes A et B, plaçant le témoin ($0 \mu\text{l}$) dans le groupe A, et les doses $0.5 \mu\text{l}$, $0.75 \mu\text{l}$, $1 \mu\text{l}$, et $1.5 \mu\text{l}$ dans le groupe B (Tableau 15).

Tableau 14 : Résultats de l'analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre éclosion des œufs de *C. chinensis* traités avec l'huile essentielle de la menthe pouliot.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	0,284	19	0,015				
Var. Facteur dose	0,146	4	0,037	3,976	0,02149		
Var. Résiduelle	0,138	15	0,009			0,096	224,27%

Tableau 15 : Résultats de test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification de 5% concernant l'effet du facteur dose de l'huile essentielle de la menthe pouliot sur l'éclosion des œufs de *C. chinensis* traité par contact.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes	
1.0	D0	0,214	A	
5.0	D4	0		B
4.0	D3	0		B
3.0	D2	0		B
2.0	D1	0		B

Discussion

L'huile essentielle de la menthe pouliot a un effet notoire sur l'éclosion des œufs des adultes de *C. chinensis*.

Selon **Hamdani (2012)**, les quatre huiles d'Oranger, Citronnier, Pamplemoussier et Bigaradier affectent l'éclosion des œufs d'*A. obtectus*, notamment avec l'huile essentielle de Bigaradier qui réduit à moins de 5 œufs éclos/5femelles à partir de la dose de 4 μ l.

Goucem-Khelfane (2014) a testé l'effet des huiles essentielles de bergamote, thym et menthe poivrée aux différentes doses (0, 0.5, 1 et 2 μ l) sur les adultes d'*A. obtectus* ; l'auteur a constaté qu'à la dose de 1 μ l, le taux d'éclosion s'annule pour l'huile essentielle de bergamote, alors qu'il est réduit à 20,83 \pm 24,99 et 43,77 \pm 4,01% respectivement pour le thym et la menthe poivrée à la dose 2 μ l.

Taleb-Toudert (2015) a montré que les huiles essentielles d'*E. radiata* et *E. globulus* inhibent l'éclosion des œufs de *C. maculatus* pondus sur les graines traitées à la dose de 4 μ l.

Nait-Djoudi et Mansour (2016) ont montré que l'huile essentielle d'*A. absinthium* inhibe l'éclosion des œufs de *C. maculatus*.

3.4. Action sur l'émergence des adultes

Les résultats de l'action de l'huile essentielle de la menthe pouliot sur l'émergence des adultes de *C. chinensis* sont représentés dans la figure 26.

D'après ces résultats, nous remarquons que le traitement par l'huile essentielle de la menthe pouliot présente un effet sur le taux de viabilité des adultes de *C. chinensis* et qu'il diminue avec l'augmentation de la dose de l'huile essentielle utilisée.

Pour les lots témoins, nous avons constaté un taux d'émergence qui est de $3 \pm 2\%$ individus et s'annule à partir de la dose $0.5 \mu\text{l}$.

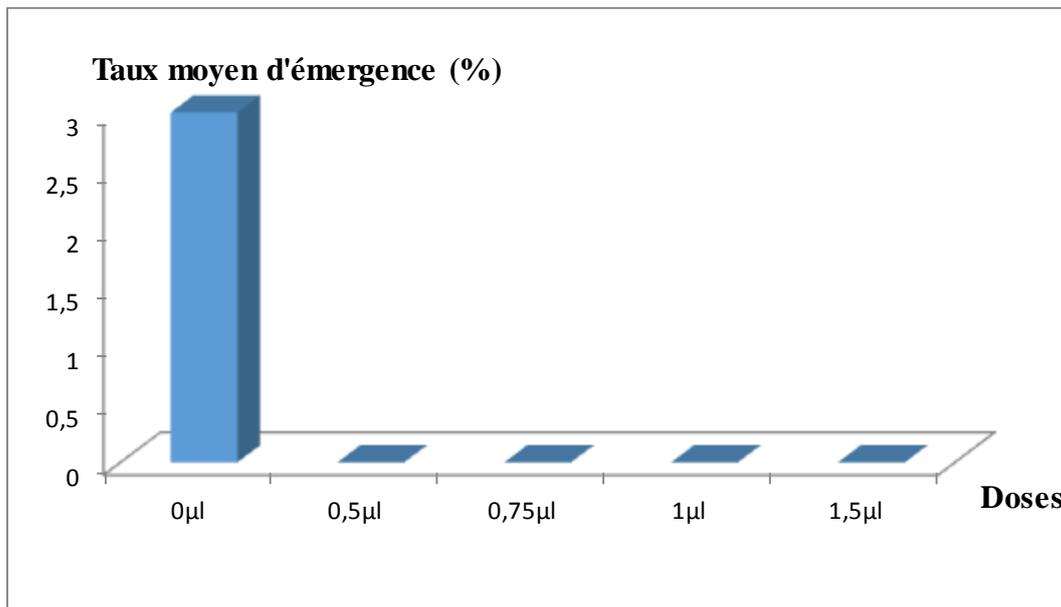


Figure 26. Taux moyen d'émergence des adultes de *Callosobruchus chinensis* selon les différentes doses de l'huile essentielle de la menthe pouliot utilisées par contact.

L'analyse de la variance à un seul critère de classification montre une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P = 0,00168$) (Tableau 16).

Tableau 16 : Résultats de l'analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre émergence des adultes de *C. chinensis* traités avec l'huile essentielle de la menthe pouliot par contact.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	0,004	19	0				
Var. Facteur dose	0,003	4	0,001	7,484	0,00168		
Var. Résiduelle	0,001	15	0			0,009	163,48%

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification de 5%, classe les 5 doses utilisées (D0, D1, D2, D3 et D4) pour le paramètre émergence des adultes de *C. chinensis* dans 2 groupes homogènes A et B plaçant le témoin (0 μ l) dans le groupe A et le reste des doses dans le groupe B (Tableau 17).

Tableau 17 : Résultats de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de l'huile essentielle de la menthe pouliot sur l'émergence des adultes de *C. chinensis* traités par contact.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes	
1.0	D0	0,029	A	
5.0	D4	0		B
4.0	D3	0		B
3.0	D2	0		B
2.0	D1	0		B

Discussion

Nos résultats montrent que l'huile essentielle de la menthe pouliot testée exerce un effet insecticide très important sur le taux de viabilité des adultes de *C. chinensis* ; des résultats qui s'accordent avec ceux obtenus par **Taleb-Toudert (2015)** qui a enregistré un taux de viabilité des œufs de *C. maculatus* de 0% dans les lots traitées par les huiles d'*E. radiata* et *E. globulus* dès la plus faible dose (4 μ l).

Kumar et al. (2017) ont appliqués 2,5 ml/ kg des huiles essentielles de Neem et Lavande sur les adultes de *C. chinensis* et ont enregistré un taux d'éclosion de 2,95 adultes /100 grains et 3,85 adultes / 100grains respectivement.

Goucem-Khelfane (2014) a montré que les huiles essentielles des plantes aromatiques comme le citronnier, le mandarinier, la lavande, l'Eucalyptus, le laurier noble et le cèdre inhibent l'émergence des adultes d'*A. obtectus* à la dose 8 μ l.

Hamdani (2012) a noté que le taux d'émergence des adultes d'*A. obtectus* s'annulent pour les huiles du citron, de l'orange et du pamplemousse aux doses 8 et 10 μ l et s'annulent à partir de la dose 4 μ l pour l'huile du bigaradier.

CONCLUSION

Ce travail de recherche a permis d'apporter un ensemble d'éléments qui pourraient servir d'appui pour trouver des alternatives qui réduisent l'application des produits chimiques contre le ravageur potentiel des grains de pois chiche dans les stocks.

Le travail présenté dans ce mémoire met en évidence l'activité insecticide de l'huile essentielle de la menthe pouliot *M. pulegium* sur la bruche chinoise *C. chinensis*, à travers trois tests réalisés par inhalation, répulsion et contact.

Il ressort des résultats obtenus que l'huile essentielle de la menthe pouliot a une toxicité importante vis-à-vis des adultes de *C. chinensis*.

Elle présente un effet insecticide important par inhalation sur les adultes de *C. chinensis* en fonction de la dose et de la durée d'exposition, puisque dès la plus faible dose (0,5µl), une mortalité de 100% est enregistrée après 24h d'exposition.

Le calcul du pourcentage de répulsion par la méthode de Mc Donald et *al.* (1970) a permis de constater que l'huile essentielle de la menthe pouliot est modérément répulsive avec un taux moyen de répulsion de 56,25%.

De même, l'huile essentielle testée présente un effet insecticide important par contact qui se manifeste à travers différents paramètres biologiques de *C. chinensis* à savoir la longévité des adultes, la fécondité des femelles, le taux d'éclosion et l'émergence des adultes.

Il ressort de nos résultats que la longévité des adultes de *C. chinensis* diminue avec l'augmentation des doses de l'huile *M. pulegium*, une longévité de 2,25 jours enregistrée à la plus faible dose (0.5µl), est réduite à 1,25 jours à la plus forte dose (1,5µl).

La fécondité des femelles de *C. chinensis* s'annule complètement dès la plus faible dose (0.5µl) de l'huile essentielle de la menthe pouliot et inhibe par conséquent le taux d'éclosion des œufs ainsi que le taux d'émergence des adultes.

L'ensemble des résultats obtenus lors de ce travail pourrait constituer des solutions alternatives ou complémentaires à l'utilisation des pesticides organiques de synthèse pour la protection des grains stockés de pois chiche. Le développement de bio insecticides extraits de plantes et la sélection de cultivars résistants à ce ravageur s'inscrit dans le cadre de l'agriculture et du développement durable. L'Algérie recèle une flore abondante et diversifiée susceptible de fournir de nouvelles sources de composés d'origine végétale à propriétés phytopharmaceutiques.

De nombreuses perspectives de recherche peuvent être dégagées de cette étude notamment, il serait intéressant d'étudier l'effet insecticide des huiles essentielles extraites à partir de plantes aromatiques locales sur *C. Chinensis* et sur d'autres ravageurs qui se trouvent dans les lieux de stockage de pois chiche et leurs effets synergiques ou antagonistes.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Abdelguerfi-Laouar M., Zine F., Bouzid L., Laib M., Kadri A. 2000. Caractérisation préliminaire de quelques cultivars de *Cicer arietinum* L. collecté dans la région de Tizi-Ouzou. *Revue INRA n°7*: 51- 65.

Abdelguerfi-Laouar M., Hamdi N., Bouzid H., Zidouni F., Laib M., Bouzid L., Zine F. 2001. Les légumineuses alimentaires en Algérie : situation, état des ressources phylogénétiques et cas du pois chiche a Béjaia. *3ème journées scientifiques de l'INRAA, Béjaia, 11-12 Fév. 2001''* : 171-189.

Abdelli M., Moghrani H., Aboun A., Maachi R. 2016. Algerian *Mentha pulegium* L. leaves essential oil: Chemical composition, antimicrobial, insecticidal and antioxidant activities. *Industrial Crops and Products* 94: 197-205.

Adedire C.O., Obembe O.O., Akinkurolele R.O., Oduleye O. 2011. Response of products of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chysomelidae:Bruchidae) to extracts of cashew kernels. *J. Plant Dis. Prot.*, 118(2): 75-79.

Acheraïou L., Kaced S. 2018. Activité insecticide des huiles essentielles de la menthe poivrée et de la sauge officinale sur la bruche chinoise (*Callosobruchus chinensis* L.) (Coleoptera : Chrysomelidae). Mémoire de Master. Université Mouloud Mammeri UMMTO. Tizi-Ouzou, 39p.

Aguilard J. 1964. Protection des cultures Atlas, ennemis et maladies, planche 25. Edition. Paradis, France.

Ahmad S , Haque A, Mahmud H. 2018. Effect of Pulse Beetle, *Callosobruchus Chinensis* L. on Oviposition and Damage in Some Important Genotypes of Pulse Crops in Bangladesh. *Biomed J Sci &Tech Res* 2(2): 2544-2548.

Ait-Ouazzou A., Lorán S., Arakrak A., Laglaoui A., Rota C., Herrera A., Pagán R., Conchello P. 2012. Evaluation of the chemical composition and antimicrobial activity of *Mentha pulegium*, *Juniperus phoenicea*, and *Cyperus longus* essential oils from Morocco. *Food Res. Int.* 45: 313–319.

Aslam M., Shaheen F.A., Ayyaz A. 2006. Management of *Callosobruchus chinensis* Linnaeus in Stored Chickpea Through Interspecific and Intraspecific Predation by Ants. Pakistan. *World Journal of Agricultural Sciences* 2 (1): 85-89.

Atwal A.S. 1971. Pest of stored grain and other stored products and their control. Publ. Inform. Service, 3, R, K. Mission Road, Dhaka. Bangladesh, 361p.

Babar B. M., Shah T. M., Abbas G., Ahsanul haq M. 2009. Genotype X environment interaction for seed yield in Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L). genotypes developed through mutation breeding. *Pakistan Journal of Botany.* 4:1883-1890. *bacteria. Soil and environment.*, 1: 56-59.

- Balachowsky A.S. 1962.** Entomologie appliquée l'agriculture. Ed. *Masson*. Paris : 448- 449.
- Baumgartner A. 1998.** Le pois chiche : la viande des pauvres. *Tabula*, 3: 16–19.
- Beloued M. 1998.** Plantes médicinales d'Algérie. OPU. Alger, 270p.
- Benayad N. 2008.** Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Projet de recherche. Faculté des Sciences Rabat, Maroc, 63 p.
- Benayed N, Ebrahim W, Hakiki A and Mosaddak M. 2012.** Chemical characterization and insecticidal evaluation of the essential oil of *Mentha suaveolens* L. and *Mentha pulegium* L. growing in morocco. *Sci.Study Res. Chem. Eng. Biotechnol. Food Ind.*, Vol. 13, no.1 :27 - 32.
- Benbouali M. 2006.** Valorisation des extraits de plantes aromatiques et médicinales de *Mentha rotundifolia* et *Thymus vulgaris*. Mémoire de magister, Université Hassiba Ben Bouali, Chlef, 130p
- Bekhichi C. 2008.** Analyse des huiles essentielles de quelques espèces aromatiques de la région de Tlemcen par CPG, CPG-SM et RMN 13 C et étude de leur pouvoir antibactérien. Thèse Doctorat. Univ. Tlemcen, 205 p.
- Bencheikh, D. 2012.** Polyphenols and antioxidant properties of extracts from *Mentha pulegium* L. and *Matricaria camomilla* L., magister en biochimie., Université Ferhat Abbas Setif. 89 p.
- Bonnemaison L. 1962.** Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forêts. *Tome 2*: 129-132.
- Bouchikhi-Tani Z., Bendahou M., Khelil M. A., 2009.** Lutte contre la bruche *Acanthoscelides obtectus* et la mite *Tineola bisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) par deux huiles essentielles extraites de deux plantes aromatique d'Algérie. *Libanaise Science Journal*. 11(1) : 55-68.
- Bouchra C, Achouri M, Idrissi Hassani L.M., Hammamouchi M. 2003.** Chemical composition and antifungal activity of essential oils of seven Moroccan *Labiatae* against *Botrytis cinerea* Pers: Fr,” *Phytochem*, vol. 89: 165–69.
- Brada. M, Bezzima M, Marlier M, Carlier A., Lognay G. 2007.** Variabilité de la composition chimique des huiles essentielles de *Mentha rotundifolia* du Nord de l'Algérie,” *Biotechnol Agron Soc Env.*, vol. 11, no. 1 : 3-7.
- Bruneton J. 1993.** Eléments de phytochimie et pharmacologie. 2ème Ed. *Lavoisier*. Paris : 405- 426.

- Chalchat J.C., Gorunovic M.S., Maksimovic Z.A., Petrovic S.D. 2000.** Essential oil of wild growing *Mentha pulegium* L. from Yugoslavia. *J. Essent. Oil Res.* 12: 598–600.
- Chopra M.M., Vashist V.N., Handa K.L., 1964.** Essential oil of *Mentha pulegium* from Jammu and Kashmir. India. *Indian Oil Soap, Vol.30, no.2:* 41-45.
- Costa A., Fernandes J.Dovale. 1952.** Essential oil of *Mentha pulegium*. *Not. farm, Vol.18:* 106-112.
- Dagnelie P.1975.** Théorie et méthodes statistiques. *Les presses agronomiques de Gembloux. Belgique. 2:* 245-249.
- David J., Khan K.S. 2001.** Effect of nitrogen application on nodulation in inoculated Chickpea (*Cicer arietinum* L). *Online Journal of Biological Sciences. 1 (3) :* 87-89.
- Delobel A. 2008.** Les Bruches. Attaché au Muséum national d'histoire naturelle, *Entomologie, Paris. N°115 :*1- 4.
- Delobel A.,Tran M. 1993.** Les Coléoptères des denrées entreposées dans les régions chaudes. Ed Orstom/CTA, Paris, 424p.
- Desaulnier M., Dubost M.B. 2003.** Table de Composition des aliments. Volume 2. Département de nutrition. Université de Montréal. Canada.
- Dongre T.K., Harwalkar M.R., Nene S.P., Padwa L., Desai S.R. 1997.** Radiosensitivity of different developmental stage of pulse beetle (*Callosobruchus maculatus*) In Food Technol. Div., DHABHA atomic Res. Cent. Trombay, Mumbai-400085, India. *Journal of Food Science and Technology (MYSORE), N°5. Vol. 34 :* 413-415.
- El-Miziani I., Lhaloui S., El Bouhssini M., Dahanr ., Lamiri A., Gaboun F.,Abbad Amdaloussi F. 2016.** Etude des dégâts qualitatifs et quantitatifs dus aux Bruches sur les légumineuses au Maroc. *Revue Marocaine de protection des plantes N° 9:* 83-99.
- Emana, G., 1999.** Use of botanical plants in the control of stored maize grain insect pests in Ethiopia. *Proceedings of the 6th Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference, September 21-25, 1998. Addis Ababa, Ethiopia:* 105-108.
- Erler, F., F. Ceylan, T. Erdemir., C. Toker. 2009.** Preliminary results on evaluation of chickpea, *Cicer arietinum*, genotypes for resistance to the pulse beetle, *Callosobruchus maculatus*. *J. Insect Sci., 9(58):* 1-7.
- Fleurat-Lessard. 1982.** Autres méthodes de lutte contre les insectes et acariens des denrées stockées. *Coed. AFNOR. I.T.C.F. Paris:* 67 – 81.
- FAO. 2015.** The state of food insecurity in the world 2015.Rome.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2016. Les bienfaits pour la santé des légumineuses.

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

FAOSTAT, 2017. Base de données de l'organisation mondiale de l'agriculture et de l'alimentation.

Gaur P.M., Jukanti A.K., Varshney R.K. 2012. Impact of genomic technologies on chickpea breeding strategies. *Agion. J. 2* : 199-221.

Gerenutti M., Modesto L., Valessandra carrara V., Alves magalhães S. 2014. Maternal exposure to aqueous extract of *Mentha pulegium* L. inducing toxicity to embryo development in rats. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology. Vol. 8(22)* : 609-614.

Goucem-Khelfane K. 2014. Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles et des poudres de quelques plantes à l'égard de la bruche du haricot *Acanthocelides obtectus* Say (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) et comportement de ce ravageur vis-à-vis des composés volatiles de différentes variétés de la plante hôte (*Phaseolus vulgaris* L.). Thèse doctorat. Tizi-Ouzou. UMMTO, 126p.

Goutam B.H., Dr. Jagginavar S.B., Dr.Karabhantanal S.S. 2018. Biology of pulse beetle *Callosobruchus chinensis* on different pulses. *Journal of Entomology and Zoology studies (India) 6 (4)*,: 1898- 1900.

Guignot F. 1957. Faune de France. Coléoptère hydro canthares, Paris, 424p.

Guignard J.L, Dupont F. 2004. Botanique : systématique moléculaire. 13^{ème} Ed. Masson, Paris, 237p

Guignard J .L., Dupont F. 2005. Botanique. 13^{ème} Edition Masson. Paris,368p

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). Mémoire Magister. Tizi-Ouzou. UMMTO, 96p.

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

Highland H.A. 1991. Post irradiation protection from infestation by insectresistant packaging in porc of the final. *Res. Coordination meeting, ienna (Austria). IAFA* :51-57.

Hossain, M. A., M.A. Haque, 2010. Efficacy of some indigenous plant extracts as grain protectant against pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* L. *J. Agro. Forest Environ., 4(1)*: 197-202.

Hossain, M.A., M.A.A. Bachchu, K.S. Ahmed., M.A. Haque, 2014. Effectiveness of indigenous plant powders as grain protectant against *Callosobruchus chinensis* (L.) in stored chickpea (*Cicer arietinum*). *Bangladesh J. Agric. Res.*, 39(1): 93-103.

Huignard J., Glitho I.A., Monge J.P., Regnard-Roger C. 2011. Insectes ravageurs des graines de légumineuses : Biologie des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique. Ed. Quae. France, 154p.

ITGC. 2018. La culture de pois chiche en Algérie. Document de vulgarisation. Alger, 22p.

Kali M. 2006. Aquarhiz au secoure des légumineuses. *Journal El Watan*(17 décembre 2006). *Alger. Algérie* : 1-2.

Karbache F. 2009. Effet entomotoxique de quelques variétés de haricot (*Phaseolus vulgaris*) sur la bruche du pois chiche *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera, Bruchidae) : Thèse de Magister en Sciences Agronomique. Ecole Nationale supérieure Agronomique., El Harrach, Alger, 115p.

Kellouche A., Soltani N. 2004. Activité biologique des poudres de cinq plantes et de l'huile essentielle d'une d'entre elles à l'égard de *Callosobruchus maculatus*. *International journal of tropical insect science* 24 (1): 184-191.

Kellouche A., Soltani N.D., Huignard J. 2004. Activité de reproduction et capacité de développement de la descendance de *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera : Bruchidae) dans des graines de différents cultivars de *Vigna unguiculata* (Walp.) et de *Cicer arietinum* (L.). *International Journal of Tropical Insect Science* 24 (4): 304-310.

Kellouche A. 2005. Etude de la bruche du pois chiche, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae) : Biologie, physiologie, reproduction et lutte. Thèse. Doc d'état. Univ. Tizi-Ouzou, Algérie. 154p.

Khanna- Chopra R., Sinha S.K. 1987. Chickpea : Physiological aspects of growth and yield. In the Chickpea, 409p : *CAB international*, (Eds. Saxena M.C, Singh K.B), walling ford. *Oxen. UK* : 163-190

Kiradoo M.M., Srivastava M. 2010. A comparative study on the efficacy of two lamiaceae plants on egg-laying performance by the pulse beetle *Callosobruchus chinensis* Linn. (Coleoptera : Bruchidae). Comparative bioefficacy of lamiaceae to pulse beetle. *Journal of Biopesticides*, 3 (3) : 590-595.

- Kokkini S., Handilon E., Karousou R., Lanaras T. 2002.** Variation of pulegone content in pennroyal (*Mentha pulegium* L.) plants growing wild in Grec. *J. Essent. Oil Res.*, Vol.14 : 224-227.
- Kumar MC. 2014.** Biological activities of *Allium sativum* essential oil against pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera: Bruchidae).INDIA. herba plonica., vol.60. No.2 : 42-55.
- Kumar L., Chacravarty S., Agnihotri M., Karnatak A.K. 2017.** Efficacy of some plants oils against pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* (L.) infesting greengram under storage conditions. *India. Res.on Crops 18 (1)* : 157-163.
- Kumar M., Paul Y., Anand V.K. 2009.** An ethnobotanical study of medicinal plants used by the locals in Kishtwar, Jammu and Kashmir. India. *Ethnobot Leaf. 13* : 1240-1256.
- Kumar P., Shukla R., Singh P., Singh A.K., 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: 2643-2649.
- Ladizinsky G., 1987.** Pluse domestication befor cultivation. *Econ. Bot.* 41 : 60-65.
- Lahrech K. 2010.** Extract et analyse des huiles essentielles de *Mentha pulegium* L. et de *Saccocalyx satureioide*. Test d'activités antibactériennes et antifongiques. Mémoir Magister. Université d'Oran Es-Sénia, 88p.
- Lee R.E., Lee M.R., Strong G., Gunderson J.M. 1993.** Insect cold Hardiness and icenucleating active microorganismes including their potential Use for biological control. *J. InsectPhysiol.* N° 1, Vol. 39 : 1-12.
- Leport L., Turner, Davies S.L., K.H.M. Siddique., 2006.** Variation in pod production a+8-nd abortion among chickpea (*Cicer arietinum* L.) Leaves. *Plant and Soil*, 144(2) : 177-189.
- Lorenzo D., Paz D., Dellacassa E., Davies P., Vila R., Cañigueral S. 2002.** essential oils of *Mentha pulegium* and *Mentha rotundifolia* from Uruguay. *Braz. Arch. Biol. Technol. Int.J.*, Vol.45, no.2 : 519-524.
- Madrid E., Bouhadida M., Dolar S., Kharrat M., Houasli C., Rubio J. 2015.** chickpea production in Miditerranean Basin. *Legume Perspectives 10*: 5-7.
- Mankin R.W., ShumanD., et Weaver D.K. 1998.** Thermal enhancement of acoustic Detectability of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera : Curculionidae) larvae.Ed. *United States Department of Agriculture. Agrictlural Research Service.* N°3, Vol. 24: 1269-1270.
- Mc Donald L.L., Guy R.H., Speirs R.D. 1970.** Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. Marketing

Research Report. n° 882. Washington: Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture. 183 p.

Merad B.Y. 2016. Biologie des populations des insectes : cas de la bruche du pois chiche *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera : Chrysomelidae : Bruchinae). Mémoire de Master en Génétique des populations, Université. Tlemcen . Algérie, 60p.

Milán T., Madrid E., Cubero J.I., Amri M., Castro P., Rubio J. 2015. Chickpea In : Handbook of plant Breeding : Grain legume. Ed. Antonio M. De Ron Misión Biológica de Galicia (MBG) Spanish National Research Council (CSSIC) Pontered. Spain, 437p

Mills J.T. 1990. Protection des grains et de graines oléagineuses stockées à la ferme contre les insectes, les acariens et les moisissures. Minist, Approv, Serv, Canada, Agrican. Public, N° 1851, 49p.

Muehlbauer F.J., Tullu A. 1997. *Cicer arietinum* L. Newcrop fact sheet Prudue University centre for new crop & plant products.

Muehlbauer F. J., Rajesh P. N. 2008. Chickpea, a common source of protein and starch in the semi-arid tropics. *PH. Moore, R Ming (eds.) Genomics of tropical crop plants* : 171-186.

Nait-Djoudi A., Mansour A.F. 2016. Effet insecticide de quelques huiles essentielles de provenance Tunisienne à l'égard de *callosobruchus maculates*. Mémoire Master. Tizi-Ouzou. UMMTO, 31p.

Neenu A., Balikai RA. 2019. Biology of pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* (Linnaeus) on cowpea variety DC- 15. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7 (1): 513-516.

Neog P. 2012. « Studies on adult longévity of *Callosobruchus chinensis* (L.) developing in different pulses ». *India International Journal of Bio-resource and Stress Management*. 3 (3) : 383-386.

Padrini F., Lucheroni M.T. 1996. Le grand livre des huiles essentielles : Guide pratique pour retrouver vitalité, bien-être et beauté avec les essences et l'aromomassage énergétique avec plus de 100 photographies. *Ed. De Vecchi*, 15 p.

Quézel P., Santa S. 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Tome 2. CNRS. Ed. Paul Le chevalier, Paris.

Regnault- Roger., Hamraoui., 1994 a. Inhibition of reproduction of *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera), a kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) bruchid, by aromatic essential oils. *Crop Protection*, 13 (8), PP 624-628.

Rhamalho Reibeiro J.M.C., Portugal Melo I.M. 1990. Composition and nutritive value of Chickpea. *Option Méditerranéenne Série Séminaire.9* : 107- 111.

Righi-Assia A.F. 2010. Etude de la relation plante-insecte chez les Bruchidées : cas de la bruche du pois chiche *Callosobruchus chinensis* L. Thèse. Doc en Sciences en Biologie Animale. Univ. Mascara, Algérie, 133p.

Righi-Assia A.F., Khelil M.A., Medjdoub-Bensaad F., Righi K. 2010. Efficacy of oil powders of some medicinal plants in biological control of the pea weevil (*Callosobruchus chinensis* L.). *African Journal of Agricultural Research Vol.5(12)* : 1474- 1481.

Roberts E.H., R.J. Summerfield F.R., Minchin., Haley P. 1980. Penology of Chickpea (*Cicer arietinum* L.). In: contrasting aerial environments. *Experimental Agriculture; 16*: 343-360p.

Roy B., Amin R., Uddin M.N., Islam A.T.M.S., Islam M.J., Hadler B.C. 2005. Leaf extracts of shayalmutra (*Blumea lactera* Dc.) as botanical insecticides against lesser grain borer and rice weevil. *Journal of Biological Sciences. Vol 5.n° 2*: 201-204.

Saeidi K., Pezhman H. 2018. Insecticidal Activity of Four Plant Essential Oils against Two Stored Product Beetles. Iran. Entomol Ornithol Hepetol Current Research. Vol (7): 1-5.

Sarikurkcü C., Eryigit F., Cengiz M., Tepec B., Cakir A., Mete E. 2012. Screening of antioxidant activity of the essential oil and methanol extract of *Mentha pulegium* L. from Turkey. *Spectrosc. Lett. Int. J. Rapid Commun., Vol. 45, no. 5* : 352-358.

Saxena M.C. 1990. Status of Chickpea in Mediterranean basin. CIHEAM. *Options Méditerranéennes.9* : 17-24.

Saxena M.C., Singh K.B. 1984. Ascochyta blight and winter sowing of chickpeas. *Proceeding of the Workshop on Ascochyta Blight and Winter Sowing of Chickpeas*. Ed. The International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria, 49p.

Scotti G. 1978. Les insectes et les acariens des céréales stockées. Coed. Ed. AFNOR- ITCF AFNOR , 238p

Sinha R.H., Watters F.L. 1985. Insectes des minoteries, des silos-élevateurs, 311p.

Singh K.B. 1997. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field crops research, Vol(53)* :161-170.

Singh B.B., Singh S.R. 1990. Breeding for bruchid resistance in cowpea. In : *Bruchids and Legumes : Economics, Ecology and Coevolution*(K. Fuji, A.M.R. Gatehouse, C.D. Johnson, R. Mitchel, T. Yoshida, édés), *Kluwer Publications* : 219-228p

Slama F., 1990. Culture industrielle et légumineuse à graines. Ed centre de diffusion, Universitaire Tunisie : 300p.

Slama F., 1998. Cultures industrielles et légumineuses à grains. (Ed. Centre de diffusion Universitaire Tunisie, en arabe) : 300p.

Southgate B. J., 1978. The importance of the Bruchidae as of, theirs grainslegums: Ecology and control. Ed. *S. R. Singh, VAN Eden H. F. and Tylor T. A*: 219 – 229.

Soon-I1 Kim ., Jung-Yeon R., Do-Hyoung K., Han-Seung L., Young-Joon A., 2003. Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. *Journal of stored products Research* 39 : 293-303

Spischiger RE., Chen W., Gillis M., 2002. Légumineuse. Système botanique des plantes à fleur. *Romandes*: 202-204p.

Summerfield R.J., Roberts E.H. 1985. (*Cicer arietinum.L*). Reprinted with permission from: handbook of flowering. Ed. *Halevy AH, CRS. Press INC, boca raton, florida. Vol. 1*: 92-99.

Taleb-Toudert K. 2015. Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérien). Evaluation de leurs effets sur la bruche de niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Thèse doctorat. Tizi-Ouzou. UMMTO, 160p.

Varma A., Anandhi S. 2010. « Biology of pulse Beetle (*Callosobruchus chinensis* Linn., Coleoptera :Bruchidae) and Their Management Through Botanicals on Stored Mung Grains in Allahabad region ». *Legume Research : An international Journal*.33(1) : 38-41.

Weaver DK, Phillips TW, Dunkel FV, Weaver T, Grubb RT, Nance E.L. 1995. Dried leaves from the rocky mountain plants decrease infestation by stored product beetles. *J Chem Ecol*; 21:127-142

Winch T. 2006. Growing Food. A Guide to food production. *Eds. Spinger*, 333p.

Zantar S., Haouzi R., Chabbi M., Laglaoui A., Mouhib M., Boujnah M., Bakkali M ., Zerrouk M.H. 2015. Effect of gamma irradiation on chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Thymus vulgaris* and *Mentha pulegium* essential oils. *Radiat. Phys. Chem., Vol. 115* : 6-11.

Zine-Zikara F., Bouzid L., Yekkour A., 2015. Le pois chiche en Algérie : Situation, Potentialités et Perspectives. *INRAA, Laboratoire des ressources phytogénétiques, CRP Mehdi Boualem, Baraki, Alger* : 35-36.

Zwaving J.K., Smith D. 1971. Composition of essential oil of Austrian *Mentha pulegium*. *Phytochemistry, vol. 10, no .8* : 1951-1953.

WEBOGRAPHIE

Anonyme 1, 2016: <https://numerisud.ird.fr/documents-et-films/photos/Systeme-racinaire-du-pois-chiche>

Anonyme 2, 2020: www.aujardin.info

Anonyme 3, 2020: <https://fr.wikipedia.org>

Anonyme 4, 2020: <https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/pois-chiche-culture-entretien-recolte,2152.html>

Résumé

La présente étude a pour objet d'évaluer la toxicité et l'effet de l'huile essentielle extraite de la plante aromatique *Mentha pulegium* L. sur la bruche chinoise *Callosobruchus chinensis* L. âgées de 0 à 24h, par inhalation, répulsion et contact.

Les résultats obtenus pour les paramètres étudiés indiquent que l'huile essentielle de la menthe pouliot exerce une toxicité importante vis-à-vis de bruche *C. chinensis*. Le traitement par inhalation s'est avéré plus efficace, dès la plus faible dose (0.5µl) une mortalité de 100% est enregistrée après 24h d'exposition. Cette huile présente une activité insecticide modérément répulsive. Le traitement par contact a montré que la longévité des adultes de *C. chinensis* diminue avec l'augmentation des doses de l'huile *M. pulegium*, une longévité de 2,25 jours enregistrée à la plus faible dose (0.5µl), est réduite à 1,25 jours à la plus forte dose (1,5µl). La fécondité des femelles de *C. chinensis* s'annule complètement dès la plus faible dose (0.5µl) de l'huile essentielle de la menthe pouliot et inhibe par conséquent le taux d'éclosion des œufs ainsi que le taux d'émergence des adultes.

Il ressort de notre étude que l'huile essentielle de la menthe pouliot présente des propriétés insecticides remarquables en exerçant un effet létal sur les adultes de *C. chinensis* et un effet inhibiteur sur la fécondité de la bruche chinoise.

Mots-clés : *Callosobruchus chinensis*, menthe pouliot, *Cicer arietinum*, huiles essentielles.

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the toxicity and the effect of the essential oil extracted from the aromatic plant *Mentha pulegium* L. on Pulse beetle *Callosobruchus chinensis* L. aged 0 to 24 hours, by inhalation, repulsion and contact.

The results obtained for the parameters studied indicate that the essential oil of pennyroyal has significant toxicity against the weevil *C. chinensis*. Inhalation treatment has proven to be more effective, from the lowest dose (0.5µl), 100% mortality is recorded after 24 hours of exposure. This oil has moderately repellent insecticidal activity. Contact treatment has shown that adult *C. chinensis* longevity decreases with increasing doses of *M. pulegium* oil, a longevity of 2.25 days recorded at the lowest dose (0.5µl) is reduced at 1.25 days at the highest dose (1.5µl). The fecundity of *C. chinensis* females is completely canceled from the lowest dose (0.5µl) of the essential oil of pennyroyal and consequently inhibits the hatching rate of the eggs as well as the adult emergence rate. .

Our study shows that the essential oil of pennyroyal has remarkable insecticidal properties by exerting a lethal effect on adults of *C. chinensis* and an inhibitory effect on the fecundity of Pulse beetle.

Keywords: *Callosobruchus chinensis*, pennyroyal, *Cicer arietinum*, essential oils.