

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Mouloud MAMMERRI de TIZI-OZOU
Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques
Département d'Agronomie

Mémoire de fin d'études

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

Spécialité : Protection des végétaux

THEME

Effet biocide de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* L. à l'égard des adultes de la bruche chinoise *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera : Chrysomelidae).

Présenté par :

M^{lle} Boughezraouene Dahbia

Soutenue devant le jury composé de :

Présidente	M ^{me} MEDJDOUB-BENSAAD Ferroudja	Professeur	UMMTO
Promotrice	M ^{me} KHELFANE-GOUCEM Karima	MCA	UMMTO
Co-promotrice	M ^{me} MEHALLI-OULDKADI Naïma	Doctorante	UMMTO
Examinatrice	M ^{me} BENOUFELLA-KITOUS Karima	MCA	UMMTO

Année universitaire : 2021/2022

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

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

Nous tenons également à remercier Mme MEDJDOUB-BENSAAD F., Professeur en Biologie à l'UMMMTO de Tizi-Ouzou, pour l'honneur qu'elle nous fait de présider le jury et d'évaluer ce travail.

Nos sincères remerciements vont à **Mme BENOUFELLA-KITOUS K.** Maître de conférences catégorie A à l'UMMTO, pour avoir bien voulu examiner ce travail.

Nous tenons aussi à remercier Mme MEHALLI-OULDKADI N., Doctorante à l'UMMTO de Tizi-Ouzou, pour ses conseils et son aide.

Nous adressons aussi nos remerciements à **Mlle LAOUDI T.**, Doctorante à l'UMMTO de Tizi-Ouzou, pour sa disponibilité et son aide tout au long de notre étude.

Je dédie ce modeste travail a :

La mémoire de mon cher papa, qui est toujours présent dans mon cœur et j'aurais tant aimé que tu sois parmi nous à ce moment, puisse dieu l'accueillir en son vaste paradis ;

La source de tendresse et d'amour ma très chère maman la plus merveilleuse et la plus courageuse des mères du monde que dieu la protège à chaque moment ;

Mes frères Saïd, Farid et mon adorable Belaid ;

Mes sœurs fazia, Farida, souhila, Hayet, houria ;

Mon fiancé Brahim qui ma tout encouragé dans ce travail ;

Mes nièces et neveux ;

Toute la famille paternelle et maternelle ;

Tous(tes) mes amis(es) ;

A ceux qui ont attribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail

Dahbia

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

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

1. Historique et origine	03
2. Taxonomie du pois chiche	03
3. Caractéristiques botaniques de la plante	04
3.1. Racines	04
3.2. Tige	04
3.3. Feuilles	05
3.4. Fleurs et fruits	06
4. Variétés de pois chiche	06
5. Importance du pois chiche	08
5.1. Importance agronomique du pois chiche	08
5.2. Valeur nutritive	08
5.3. Importance économique	09
5.3.1. Dans le monde	09
5.3.2. En Algérie	10
6. Maladies et principaux ravageurs du pois chiche	12
6.1. Maladies fongiques	12
6.2.1. Anthracnose	12
6.2.2. Fusariose	13
6.2. Insectes ravageurs	13
6.2.1. Dans les champs	13
6.2.2. Dans les lieux de stock	14

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

1. Présentation de la famille des Bruchidées	15
2. Taxonomie de l'espèce	15
3. Origine et répartition géographique	16
4. Description de l'insecte	16
4.1.Œuf	17
4.2.larve	17
4.3.Nymphe	18
4.4.Adulte	18
4.5.Dimorphisme sexuel	19
5. Cycle biologique	19
5.1.Accouplement	19
5.2.Ponte	20
5.3.Développement larvaire et nymphal	20
6. Dégâts	20
7. Moyens de lutte contre la bruche chinoise	21
7.1.Lutte préventive	21
7.2.Lutte curative	22
7.3.Lutte physique	22
7.4.Lutte chimique	23
7.5.Lutte biologique	24

Chapitre III. Les huiles essentielles

1. Les huiles essentielles	26
1.1.Définition	26
1.2.Répartition dans le règne végétal	26
1.3.Localisation et rôles des huiles essentielles chez les végétaux	26
1.4.Caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles	27

2. Huile essentielle de romarin	27
2.1.Description du plant	27
2.2.Origine et répartition	28
2.3.Systématique du romarin	28
2.4.Composition chimique de l'huile essentielle extraite de romarin	29
2.5.Effet insecticide de l'huile essentielle de romarin	30

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre IV. Matériels et méthodes

1. Matériel	31
1.1.Matériel de laboratoire	33
1.2.Matériel biologique	33
1.2.1. Graines de pois chiche	33
1.2.2. Bruches	34
1.2.3. Huiles essentielle	35
2. Méthodes	35
2.1. Elevage de masse	35
2.2. Effet de l'huile essentielle de <i>R. officinalis</i> sur <i>C. chinensis</i>	35
2.2.1. Test par contact	35
2.2.2. Test par inhalation	38
2.2.3. Test par répulsion	39
3. Analyse statistique	40

Chapitre V. Résultats et discussion

1. Activité insecticide de l'huile essentielle par contact	41
Discussion	
1.1. Activité insecticides sur la biologie de la bruche	41
1.1.1. Effet insecticide de l'huile essentielle sur la mortalité des adultes de <i>C. chinensis</i>	41
1.1.2. Effet insecticides sur la fécondité des femelles de <i>C. chinensis</i>	44
1.1.3. Effet insecticide sur le taux d'éclosion des œufs pondus	48
1.1.4. Effet insecticide sur la viabilité des adultes	50
1.1.5. Effet insecticide sur les paramètres de la graine de pois chiche	53
1.2. Effet insecticide sur la perte en poids des graines	53
1.2.1. Effet insecticide sur le taux de germination des graines	55
2. Activité insecticide de l'huile essentielle par inhalation	57
discussion	
3. Activité insecticides de l'huile essentielle par répulsion	61
discussion	

Conclusion

Références bibliographiques

Liste des figures

Figure01. La plante de pois chiche	04
Figure02. La tige de la plante de pois chiche	05
Figure03. Les feuilles de la plante du pois chiche	05
Figure 04. La fleur et le fruit (gousse) du pois chiche, (A) les fleurs et (B) les fruits	06
Figure 05. Les types de pois chiche (A). Kabuli et (B) Desi	07
Figure 06. Le pourcentage de production de pois chiche par continent durant l'année 2013	10
Figure 07. Evolution des superficies et des productions du pois chiche en Algérie	12
Figure 08. Œufs de <i>C.chinensis</i> vus sous une loupe binoculaire	16
Figure09. Les différents stades larvaires de <i>Callosobruchus chinensis</i>	17
Figure10. Nymphe de <i>C. chinensis</i> sous une loupe binoculaire au G x 40	17
Figure11. Adultes de <i>Callosobruchus chinensis</i>	18
Figure12. Dimorphisme sexuel chez <i>C. chinensis</i> : (a) femelle et (b) mâle sous une loupe binoculaire G×40	19
Figure13. Un couple de bruche chinoise en accouplement	19
Figure14. Dégâts occasionnés par <i>C. chinensis</i> sur les graines de pois chiche	21
Figure 15. La plante de romarin	28
Figure16. Ensemble du matériel utilisé pendant nos expériences	32
Figure17. Traitement des graines de pois chiche à la chaleur	33
Figure18. Les adultes de <i>C. chinensis</i> utilisés dans nos expériences	34
Figure19. Huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> utilisée dans nos expériences	34
Figure20. Elevage de masse de <i>C. chinensis</i> réalisé pour nos expériences	35

Figure21. Dispositif expérimental de test par contact d'huile essentielle de romarin à l'égard des adultes de <i>C. chinensis</i> .	36
Figure22. Test de germination des graines de pois chiche après traitement avec l'huile essentielle de romarin à différentes doses	38
Figure23. Dispositif expérimental du test par inhalation de l'huile essentielle de romarin à l'égard des adultes de <i>C. chinensis</i>	38
Figure24. Dispositif expérimental de test par répulsion du l'huile essentielle du romarin à l'égard des adultes de <i>C. chinensis</i>	39
Figure 25. Taux moyen de mortalité (%) des adultes de <i>C. chinensis</i> traités par contact avec différentes doses de l'huile essentielle de <i>R. officinalis</i> .	41
Figure26. Fécondité moyenne des femelles de <i>C. chinensis</i> selon les différents doses de l'huile essentielle de Romarin utilisée par contact	45
Figure 27. Taux d'éclosion moyen des œufs de <i>C. chinensis</i> selon les différentes doses de l'huile essentielle de <i>R. officinalis</i> utilisée par contact.	48
Figure 28. Taux moyen de viabilité des œufs (taux d'émergence des adultes) de <i>C. chinensis</i> traités par différents doses de l'huile essentielle de romarin utilisé par contact	51
Figure 29. Taux de pertes en poids des graines de pois chiche traités avec l'huile essentielle de romarin par contact contre les adultes de <i>C. chinensis</i> .	53
Figure 30. Taux de germination des graines de pois chiche traitées avec l'huile essentielle de romarin utilisée par contact.	55
Figure 31. Variations des taux moyens de mortalité des adultes de <i>C. chinensis</i> traitées par inhalation avec l'huile essentielle de <i>R. officinalis</i> en fonction des doses et de la durée de traitement.	58
Figure 32. Taux moyen de répulsion de l'huile essentielle de <i>R. officinalis</i> à l'égard des adultes de <i>C. chinensis</i> après 30min d'exposition aux différentes doses.	62

Liste des tableaux

Tableau 01. Les variétés de pois chiche cultivées en Algérie (ITGC, 1992).	07
Tableau 02. Composition chimique et minérale du pois chiche (Icrisat, 2008)	09
Tableau 03. Les principaux pays producteurs du pois chiche durant l'année 2014 (FAOSTAT, 2014).	11
Tableau 04. Principales zones de culture du pois chiche en Algérie (Benzohra, 2009).	13
Tableau 05. Durée d'exposition à des basses températures requises pour réprimer les infestations par des insectes ravageurs du grain entreposée.	23
Tableau06. Insecticides employés en protection des denrées stockées (Gwinner et al., 1996)	24
Tableau 07. Composition chimiques de huile essentielle <i>R. officinalis</i> provenant de Kabylie (Algérie) et analysée par GC/MS (Taleb Toudert, 2005).	29
Tableau 08. Pourcentage de répulsion selon le classement de MC Donald et al., (1970) .	40
Tableau 09. Résultats de l'analyse de la variance à deux facteurs de classification au seuil de 5% pour le paramètre mortalité des adultes de <i>C. chinensis</i> à l'égard de l'huile essentielle de romarin.	42
Tableau10. Résultats du test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification de 5% concernant le facteur dose de l'huile essentielle de romarin traitées par contact sur la mortalité des adultes de <i>C. chinensis</i> .	42
Tableau11. Résultats de test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification de 5% concernant le facteur de temps d'exposition des adultes de <i>C. chinensis</i> à l'huile essentielle de <i>R. officinalis</i>	43
Tableau 12. Résultats de l'analyse de la variance à un facteur au seuil de 5% pour le paramètre fécondité des femelles de <i>C. chinensis</i> après traitement avec l'huile essentielle de <i>R. officinalis</i>	45

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 romarin après traitement par contact sur la fécondité des femelles de <i>C. chinensis</i>	46
Tableau 14. Résultats de l'analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre éclosion des œufs de <i>C. chinensis</i> traités par l'huile essentielle de romarin.	49
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 romarin sur l'éclosion des Œufs de <i>C. chinensis</i> traité par contact	49
Tableau 16. Résultats de l'analyse de la variance à un facteur au seuil de 5% pour le paramètre émergence des adultes de <i>C. chinensis</i> traités par contact avec l'huile essentielle de <i>R. officinalis</i> .	51
Tableau 17. Résultats de l'analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre perte en poids après traitement par contact avec l'huile essentielle de romarin sur les adultes de <i>C. chinensis</i>	53
Tableau 18. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de l'huile essentielle de romarin utilisée par contact sur la perte en poids des graines de <i>Cicer arietinum</i>	54
Tableau 19. Résultats de l'analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre germination des graines de pois chiche traités avec l'huile essentielle de romarin utilisée par contact.	56
Tableau 20. Résultats du test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification de 5% concernant l'effet du facteur dose de l'huile essentielle de romarin sur la germination des graines de <i>Cicer arietinum</i> L.	56
Tableau 21. Résultats de l'analyse de la variance à deux facteurs de classification au seuil de 5% pour le paramètre mortalité des adultes de <i>C. chinensis</i> traités avec l'huile essentielle de romarin par inhalation	59

- Tableau 22.** Résultats du test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification 59
de 5% pour l'effet du facteur dose sur la mortalité des adultes de *C. chinensis*
traités avec l'huile essentielle de romarin par inhalation
- Tableau 23.** Résultats du test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification 60
de 5% pour l'effet du facteur temps sur la mortalité des adultes de *C. chinensis*
traités avec l'huile essentielle de romarin par inhalation
- Tableau 24.** Résultats de l'analyse de la variance à un seul facteur de 62
classification au seuil de 5% pour le paramètre de répulsion de l'huile essentielle
de romarin à l'égard des adultes de *C. chinensis*.

La culture des légumineuses vivrières et reconnue comme étant l'une des meilleures et des moins coûteuses des solutions pour l'alimentation des populations des pays, en voie de développement (Soltner, 1990). D'autant plus que près de 90% de la consommation humaine de légumineuses se produit dans ces pays (Gordan, 2002).

Les légumineuses alimentaires sont parmi les cultures vivrières les plus cultivées par l'homme. Elles constituent une importante source protéique et se présentent comme un substitut aux protéines animales, disponibles à travers les viandes rouges et blanches qui sont difficilement accessibles à de larges couches de la population. Les Légumineuses sont cultivées pour leur capacité à fixer l'azote atmosphérique et pour rompre les successions céréalières préjudiciables aux rendements et aux productions à travers les assolements (Hamadache et al., 1997).

Parmi les cultures de légumineuses les plus importantes dans le monde, le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) est la troisième légumineuse alimentaire cultivée après le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) et le pois (*Pisum sativum* L.) (Sexena, 1992 ; Gan et al, 2006).

En Algérie, le pois chiche occupe la deuxième place après la fève (Zaghouane, 1997 ; Hamadache, 2000). L'importance alimentaire du pois chiche fait qu'il est très demandé par les ménages algériens, la production nationale qui est en moyenne de 290 000 quintaux, reste insuffisante et ne couvre pas les besoins de consommation de la population qui sont de 816 130 quintaux (Dsasi, 2015). Ainsi, le rendement moyen de cette culture n'est seulement que 9,8 q/ha (ITGC, 2018).

La culture de *C. arietinum* L., 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 super-famille Chrysomeloidea comme la bruche de niébe *Callosobruchus maculatus* F. et la bruche chinoise *Callosobruchus chinensis* L. (Hossain et Haque, 2010 ; Hossain et al, 2014).

La bruche chinoise *C. chinensis* L. est l'un des insectes les plus importants qui provoque des dommages en plein champ et pendant le stockage sur les graines *C. arietinum* L. dans plusieurs continents du monde, Amérique, Afrique et Asie (Atwal, 1976).

Face à la menace que constituent les bruches, les moyens de lutte sont essentiellement articulés autour de l'utilisation d'insecticides chimiques surtout les fumigant dont l'efficacité est certaine. Cependant, les innombrables nuisances associées à leur utilisation telles que leur toxicité, la perturbation de l'équilibre biologique de l'écosystème et le développement de souches résistantes imposent la recherche de nouvelles méthodes de lutte contre ce ravageur **(Goucem- Khelfane, 2014)**.

L'utilisation des plantes comme source de pesticides est relatée par une abondante littérature **(Regnault-Roger et al, 1993)**. La plupart d'entre elles sont riches en huiles essentielles qui sont métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages **(Cseke et Haufman, 1999)**. De part les huiles essentielles qu'elles renferment, de nombreuses plantes sont caractérisées par des propriétés insecticides. Leur action toxique (par contact et inhalation), leur répursivité, leur anti-appétence, de même que leurs effets néfastes sur le potentiel reproducteur des insectes, ont été à maintes reprises prouvés et illucides.

En effet beaucoup d'étude ont été réalisées pour tester l'effet insecticide des huiles essentielles de différentes plantes sur différents ravageurs Bruchidae des denrées stockées. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude dans laquelle nous avons testé l'effet insecticide de l'huile essentielle de romarin (*R. officinalis* L.) par contact, par inhalation et par répulsion sur les adultes de la bruche chinoise (*Callosobruchus chinensis* L.).

Notre travail est constitué de deux parties, la partie bibliographique qui comprend trois chapitres : le premier et le 2^{eme} chapitres présentent la plante hôte (*Cicer arietinum* L.) et l'insecte ravageur (*Callosobruchus chinensis* L.) et le dernier chapitre donne des généralités sur les huiles essentielles et leur utilisation en lutte biologique.

La deuxième partie, expérimentale, est constituée de deux chapitres. Le premier chapitre présent le matériel et les méthodes utilisées pendant cette étude et le deuxième chapitre donnent les résultats obtenus et la discussion relative à l'évaluation de l'effet insecticide de l'huile essentielle. Le travail se termine par une conclusion et quelques perspectives de recherche pour les travaux futurs.

1. Origine et historique

Le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) est connu depuis la haute antiquité dans le bassin méditerranéen dans le sud-est de l'Asie et en Inde (**Erroux, 1975**). Il est classé parmi les premières fabacées à graines consommées par l'homme (**Vander Maesen, 1987**). Selon **Saxena (1984)**, le pois chiche est originaire du Moyen-Orient, plus précisément du sud-est de la Turquie et de la Syrie. Sa culture s'est rapidement propagée dans le monde pour devenir une culture importante des environnements subtropicaux et méditerranéens (**Muehlbauer et Rajesh, 2008**).

Bouchez (1985) a classé les régions du bassin méditerranéen, le sud de l'Asie et l'Amérique du sud comme les trois grandes zones de production de pois chiche dans le monde.

En Algérie, le pois chiche occupe la deuxième place après la fève, sa culture est localisée à l'Est au niveau de Skikda, Guelma (zones littorale et sublittoral) et Mila (plaines intérieures) et à l'ouest du pays principalement à Tlemcen et à Sidi Bel Abbès (**Zaghouane, 1997 ; Hamadache, 2000**).

2. Taxonomie du pois chiche

C. arietinum appartient à la famille des Fabacées (Légumineuses). D'après **Cronquist (1981)**, sa systématique est la suivante :

Règne	Plantae
Sous règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Rosidae
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae
Genre	<i>Cicer</i>
Espèce	<i>Cicer arietinum</i> L., 1836

3. Caractéristiques botaniques de la plante

Le pois chiche est une légumineuse annuelle, herbacée et autogame (**Summerfield et Robert, 1985**). Son port et sa taille sont très variables selon les variétés (Figure01).



Figure 01. La plante de pois chiche (Anonyme, 2022).

D'après Cubero (1987), le pois chiche est décrit comme suit :

3.1. Racines

Les racines du pois chiche sont longues et robustes présentant un pivot développé mais faible, elles peuvent atteindre jusqu'à 2 m de profondeur (Ducke, 1981 ; Obaton, 1983). Presque la majorité des racines latérales se trouvent dans les premiers 60 cm du sol. Comme la majorité des légumineuses, les racines du pois chiche sont munies de nodules, notamment dans les 30 premières Cm du sol, qui permettent la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique (Mazliak, 1974 ; Braune, 1998 ; slama, 1998). Grâce à des bactéries spécifiques du pois chiche (*Rhizobium ciceri*) (Tillard, 1988).

3.2. Tige

C. arietinum est une plante à tige anguleuse et velue de 30 à 80 cm de hauteur selon la variété, la date de semis et la fertilité du terrain (Braune, 1988) (Figure02).



Figure02. La tige de la plante de pois chiche (Anonyme, 2022)

3.3. Feuilles

Les feuilles sont imparipennées et sont composée de 7 à 17 folioles ovales et dentelées sans vrilles (Ayadi, 1986). La face inférieure des feuilles est couverte 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) (Figure03).



Figure03. Les feuilles de la plante du pois chiche (Anonyme, 2022)

3.4. Fleurs et fruits

La fleur est bisexuée constituée des organes reproducteurs mâles et femelles avec une corolle de type papilionacé zygomorphe, solitaire ou en grappe de deux fleurs avec un pétale

supérieur est dominant (**Leport et al., 2006 ; Chekroun, 2011**). La floraison est rapide durant les jours longs et lents durant les jours courts et l'apparition des fleurs fertiles est liée aux variations des conditions climatiques (températures optimales entre 20°C et 24°C) (**Khanna-Chopra et Sinka, 1987**). Les fruits sont des gousses globuleuses, renflées, ovales, velues, pendantes et portant un bec (**Ladizensky, 1987**). Ils reformatent une ou deux graines ovoïdes (**Duck, 1981**). (Figure 04).



(A)



(B)

Figure 04. La fleur et le fruit (gousse) du pois chiche, (A) les fleurs et (B) les fruits
(Anonyme, 2022).

4. Variétés de pois chiche

Il existe deux principales catégories de pois chiche, classées selon la taille et la forme de la graine (Figure):

- Le type « **Desi** », aux petites graines marron foncés et à enveloppe rugueuse. Les plantes sont buissonnantes à folioles et fleurs relativement petites, à tige contenant des pigments d'anthocyanes violacés et à fleurs d'un bleu violet (**Bejiga et al., 2006 ; Street et al., 2008**).
- Le type « **kabuli** », dont les graines sont plus grandes de couleur blanc crème et à enveloppe plus lisse. Ce type de pois chiche possède une croissance érigée et des fleurs blanches et tolère le froid (**Bejiga et al., 2006 ; Chekroun, 2011**). (Figure 05).



Figure 05. Les types de pois chiche (A). Kabuli et (B) Desi (Anonyme, 2022).

Selon ITGC (2018), il ya trois principales variétés de pois chiche cultivées en Algérie, mentionnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 01. Les variétés de pois chiche cultivées en Algérie (ITGC, 2018).

	Variétés	Caractéristiques
Variétés locales	Ain-Temouchent, Sebdou, Rabat 9	Port étalé, semi-précoce, sensible à l'antracnose et au flétrissement, faible productivité, à semer au printemps. Bonne valeur culinaire.
Variétés en multiplication	Chetoui 1 (ILC 32 79)	Port très érigé, hauteur élevée, tardive, tolérante à l'antracnose, sensible au flétrissement, bonne productivité, à semer en hiver. Valeur culinaire assez bonne
	Beni Chograne (Flip 84-92c) Seraidi (Flip 90-13 C)	Port semi-érigé, semi-tardive, tolérante à l'antracnose, à semer en hiver.

	Oued Rhumel (Ghab 04), Ain Zada (Ghab 05)	
Variétés nouvellement introduites	Souagui, Makerra, Béni Aziz, Béni Hamiden, El Ogbane, Tafna, Tikjda	

5. Importance du pois chiche

5.1. Importance agronomique du pois chiche

Dans les régions semi-arides du bassin méditerranéen où les ressources en eaux sont en régression constante, les agriculteurs se rendent compte ; de plus en plus, du rôle appréciable que jouent les légumineuses à graines dans la fertilisation organique du sol (**Pacucci et al., 2006**). En effet, le pois chiche peut, grâce à sa capacité à fixer biologiquement de l'azote atmosphérique via la symbiose rhizobium, subvenir à environ 90% de ses besoins en cet élément. Les quantités fixées peuvent dépasser dans certains cas, 400 kg d'azote/ha/an (**Obaton, 1992**).

Notons qu'une grande partie de cet azote est restitué au sol après incorporation au sol des résidus de récolte. D'après **Icrisat (2008)**, la culture du pois chiche maintient, pour une longue durée, la fertilité du sol et se place comme un atout majeur dans toutes les stratégies de gestion durable en agriculture.

5.2. Valeur nutritive

D'après **Vander Maessen (1972)**, le pois chiche est considéré comme une bonne source d'acides aminés si on le mélange avec les céréales. Les graines de *Cicer arietinum* contiennent entre 20% et 25% des protéines. Il est très riche en fibres et en minéraux, en particulier en calcium et chlore. De plus, il offre une quantité importante de vitamines B₁ ; B₂ et B₉. Le pois chiche s'intègre bien aux régimes végétariens (**Charly, 2008**). Selon le tableau suivant le pois chiche est composé de :

Tableau 02 : Composition chimique et minérale du pois chiche (Icrisat, 2008)

Composition organique (en %)		Composition minérale en (mg /100g)	
Protéines	23%		
Carbohydrates totaux	64%	Phosphore	340 mg
Amidon	47%	Calcium	190 mg
Lipides	5%	Magnésium	140 mg
Fibres grossières	6%	Fer	7 mg
Sucre solubles	6%	Zinc	3 mg
Matière minérale	3%		

Les tiges et les feuilles du pois chiche sont utilisées comme fourrages pour l'alimentation animale (Foury, 1954).

5.3. Importance économique

5.3.1. Dans le monde

Le pois chiche est l'une des plus importantes légumineuses à graines dans le monde, il occupe la troisième position dans la famille des légumineuses après le haricot (*Phaseolus vulgaris*) et le pois (*Pisum sativum L.*) (FAO, 2007). Il est classé en 14^{ème} ordre en ce qui concerne la superficie qu'il occupe et vient en 16^{ème} dans la production mondiale (Knights et al., 2007). Il est cultivé dans les 5 continents et dans plus de 50 pays à travers le monde (FAO, 2015). La figure ci-dessous montre la production du pois chiche en pourcentage par continent durant l'année 2013.

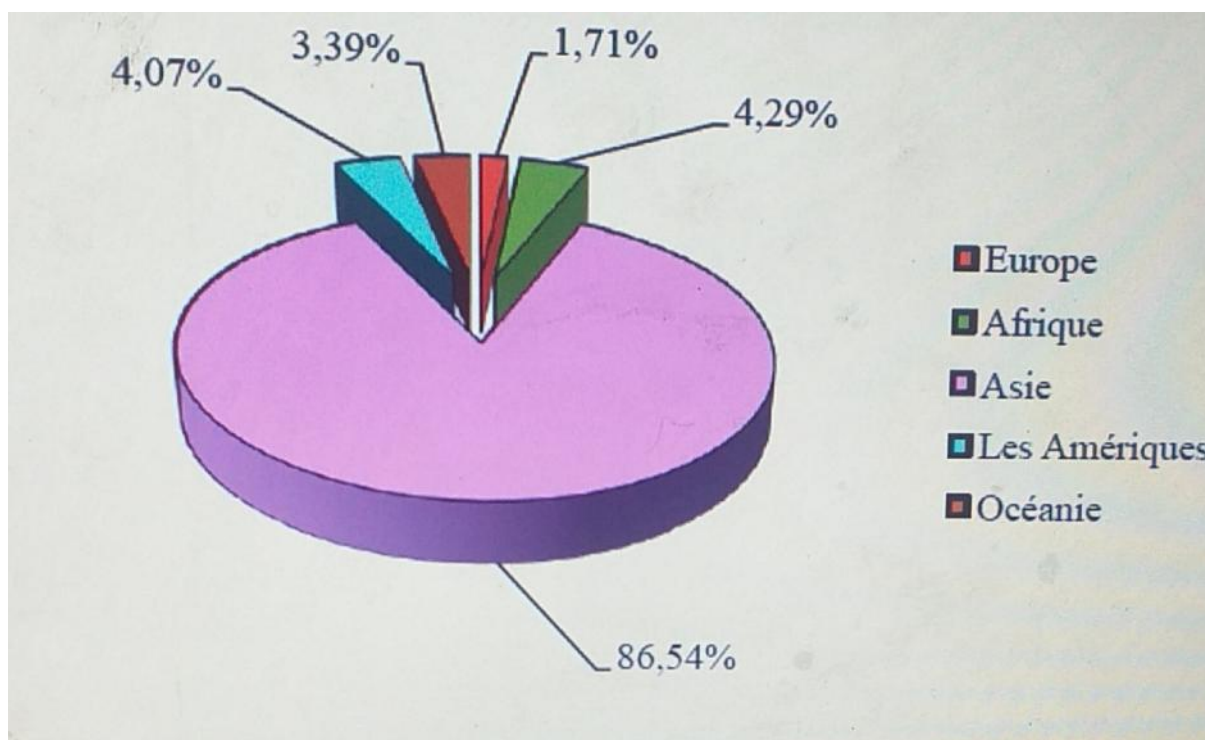


Figure 06. Le pourcentage de production de pois chiche par continent durant l'année 2013 (FAO, 2016).

Durant l'année 2013 l'Asie est la région la plus productrice de pois chiche à travers le monde avec un pourcentage de 86,54%.

Le pois chiche est cultivé dans le sous continent Indien, en méditerranée, en Australie ; dans la région des grandes plaines des Amériques et en Asie occidentale. L'Inde est en tête des pays du monde dans la production de pois chiche, produisant 8, 832,500 tonnes de pois chiche en 2013. L'Australie et le Pakistan produisent respectivement 813,300 et 751,000 tonnes durant la même année (Lionel Harvey, 2022). Les principaux pays producteurs de pois chiche dans le monde pour l'année 2014 sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 03. Les principaux pays producteurs du pois chiche durant l'année 2014 (FAOSTAT, 2014).

Classement de 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

5.3.2. En Algérie

Selon le ministère de l'agriculture et du développement rural (MADR, 2015), en Algérie, le pois chiche est la seconde légumineuse alimentaire produite après la fève. La culture du pois chiche occupe une superficie moyenne de 27000 ha, pour une production nationale qui oscille entre 17800 et 35000 tonnes par an (Dsasi, MADRP, 2009-2017).

Comme il est illustré dans la figure suivante :

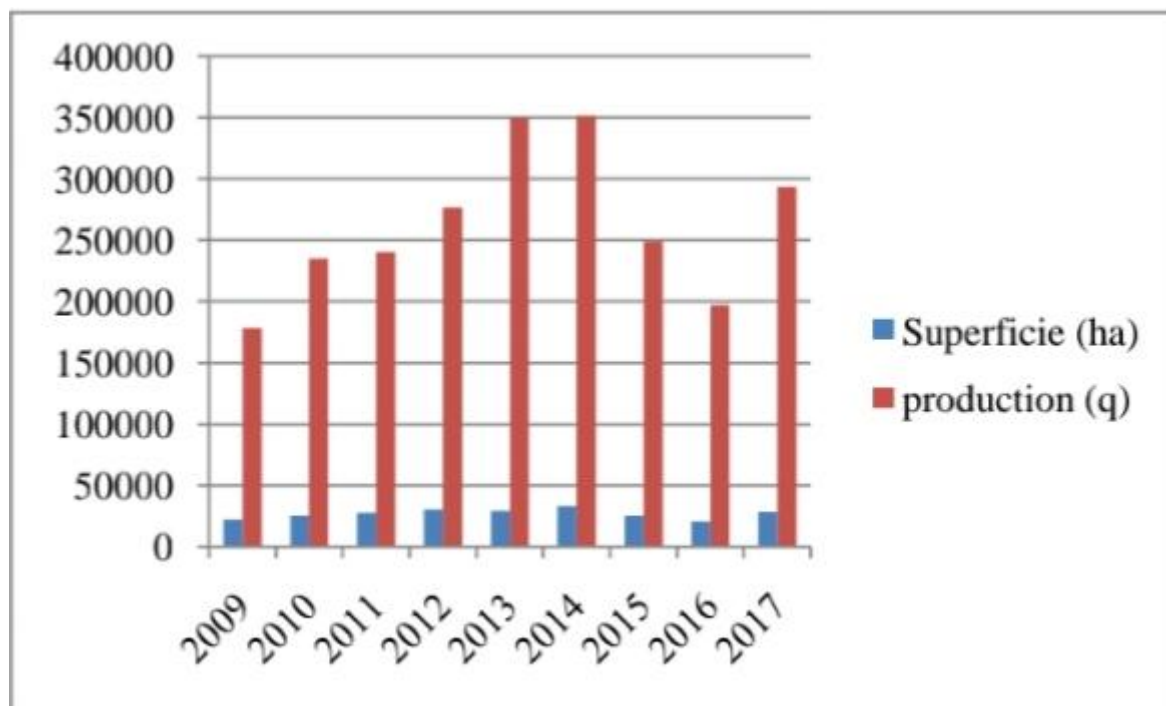


Figure 07. Evolution des superficies et des productions du pois chiche en Algérie (DSASI, MADRP, 2009- 2017).

Sur cette figure on voit que la production la plus élevée de pois chiche est marquée durant les années (2013 et 2014) avec taux de 350000 q /an sur des petits superficies qui ne dépassent pas 50000 ha.

Cependant, les productions n'ont pas évolué au contraire, elles ont régressées pour atteindre les niveaux les plus faibles enregistrées dans le monde (4qx/ ha) (Mahrez et al., 2010 ; Abdelguerfi et al., 2001).

On distingue 04 principales zones de la culture du pois chiche en Algérie (Benzohra, 2009). Le tableau suivant montre les principales zones de culture du pois chiche en Algérie. (Tableau 04).

Tableau 04. Principales zones de culture du pois chiche en Algérie (**Benzohra, 2009**).

Zones	Pluviométrie moyenne (mm/m)	Localisation
Plaines littorales et sub-littorale	Supérieure à 600 m	Alger, Guelma, Annaba
Plaines d'altitude (700 à 900m)	Entre 500 à 600 m	Tiaret, Médéa
Hautes plaines telliennes	Entre 400 à 600 m	Sidi-Bel-Abbès, Sétif, Constantine, Tissemsilt
Plaines basses telliennes	Entre 400 à 500 m	Ain Témouchent, Chlef, Relizane

L'introduction de cette culture dans la rotation permet aux agriculteurs d'augmenter leur revenus par la diminution des superficies en jachère, notamment dans les zones potentielles où la pluviométrie annuelle est située entre 450 et 600 mm, ainsi qu'une économie dans les amendements en engrais azotés utilisés dans la culture des céréales (**ITGC, 2018**).

6. Maladies et principaux ravageurs du pois chiche

6.1. Maladies fongiques

Près de cinquante agents pathogènes du pois chiche ont été recensés dont un grand nombre d'entre eux occasionnent des dégâts assez importants (**Nene et al., 1981 cité par Ploux, 1985**). Les plus fréquentes sont :

6.1.1. Anthracnose

Cette maladie est causée par *Ascochyta rabiei* ; ce champignon est transmis par les semences (**Haware et al., 1986**), mais peut se maintenir pendant deux ans dans les résidus de cultures si les conditions climatiques lui sont favorables (température allant de 9 à 29°C et fortes hygrométries) (**Pande et al., 2007**). Les symptômes caractéristiques sont la présence de taches brunâtres à rougeâtres avec un halo clair au centre, présentant des points noirs de taille variable sur feuilles ; même les tiges et les gousses peuvent être atteintes en présentant les mêmes symptômes (**Markell et al., 2008 ; Haware et al., 1986**).

6.1.2. Fusariose

La fusariose est causée par une espèce spécifique au pois chiche (*Fusarium oxysporum* F.sp. *ciceris*). Cette maladie fongique affecte tous les stades de développement de la plante, elle peut se présenter en foyers, elle se manifeste par la nécrose du système racinaire accompagnée d'un jaunissement progressif de la partie aérienne, la chute des folioles et enfin la nécrose et la mort de la plante entière (**Lansargues et Montblanc, 2020**).

6.2. Insectes ravageurs

Les insectes ravageurs s'attaquent au pois chiche aux champs est dans les lieux d'entreposage.

6.2.1. Dans les champs

) Mineuse du pois chiche

C'est un diptère dont l'espèce *Liriomyza cicerina* responsable des dégâts considérables ayant des répercussions tant sur le plan agronomique qu'économique en entraînant la diminution du rythme de la photosynthèse. Pour lutter contre ce ravageur, il est recommandé de réaliser des labours profonds après une récolte de pois chiche afin d'entraver une remontée des adultes lors de leurs éclosions au printemps suivant et un semis précoce qui peut présenter une solution dans la mesure où il permet d'avoir un végétal suffisamment développé et de bonne vigueur (masse de feuille importante) (**Zeghdane, 1988**).

) Le foreur des gousses (*Helicoverpa armigera*) et le ver gris (*Agrotis ipsilon*)

Selon **Haware et al. (1998)**, ce sont des insectes ravageurs courants du pois chiche en Afrique de l'Est et en Inde. Les larves de ces insectes se nourrissent de toutes les parties de la plante, mais elles préfèrent les fleurs et les gousses. Les infestations provoquent en général, la défoliation de la plante. Le même auteur ajoute que des insecticides tels que l'endosulfan sont recommandés pour lutter contre ces insectes. Aussi, des pratiques de lutte intégrée contre les ravageurs (IPM), qui comprennent le recours aux cultivars tolérants, la surveillance des populations de ravageurs, les bio-pesticides et les prédateurs naturels, ont été mises au point pour diminuer la dépendance aux insecticides.

6.2.2. Dans les lieux de stockage

Les bruches *Callosbruchus spp* dont la bruche de pois chiche (*Callosbruchus chinensis*) et les charançons sont des insectes qui causent des pertes considérables des récoltes dans les entrepôts (**Haware et al., 1998 ; Lamari, 2014**).

1. Présentation de la famille des Bruchidées

L'ordre des Coléoptères constitue le plus grand groupe dans le règne animal. Il compte environ 200 familles qui sont groupées en 03 sous ordres, les Archostemates, les Adéphages et les polyphages, c'est dans ce dernier sous-ordre que se rencontrent les Bruchidae. Cette famille possède environ 1200 représentants connus et répartis dans toutes les régions du globe mais surtout abondants dans les zones tropicales (**Balachowsky, 1962 ; Kingsolver, 2004**).

Selon **Borowiec (1987)**, la famille des Bruchidea est répartie en une soixantaine de genres. Elle est composée de deux grands groupes, le premier groupe qui est distinguée par une seule génération annuelle (espèces univoltines) ; c'est le cas de la bruche de la fève (*Bruchus rufimanus*) ; ces bruches ne se reproduisent que sur les gousses vertes au champs (**Huignard et al., 2011**). Le deuxième groupe renferme les bruches qui se multiplient sur les graines sèches stockées dans les entrepôts ; elles présentent plusieurs générations annuelles (espèces polyvoltines), c'est le cas de la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* L. et la bruche chinoise *C. chinensis* (**Delobel et Tran, 1993**).

Les larves néonates L₁ des bruches polyvoltines sont mobiles et cela leur permet, après l'éclosion, de se diriger à la recherche d'une graine adéquate pour s'y installer (**Boughdad et al., 1986**).

2. Taxonomie de l'espèce

D'après **Balachowsky (1962)**, la bruche chinoise appartient au :

Règne	Animal
Embranchement	Arthropodes
Sous-embranchement	Ttrachéates
Classe	Insectes
Sous-classe	Ptérygotes néoptères
Division	Endoptérygotes
Ordre	Coléoptères
Sous-ordre	Phytophages
Famille	Bruchidées
Genre	<i>Callosobruchus</i>
Espèce	<i>Callosobruchus chinensis</i> L., 1758

3. Origine et répartition géographique

La bruche chinoise est un insecte des régions tropicales et subtropicales à répartition cosmopolite. C'est une bruche d'ascendance asiatique ; elle est répandue dans toutes les régions à climat chaud et peu répandue en Afrique (**Delobel et Tran, 1993**). Sa distribution est influencée par la production humaine et elle ne vit qu'en présence des graines de légumineuses qui conviennent pour l'accouplement des adultes et servent de nourriture pour les larves (**Varma et Anandhi, 2010**).

4. Description de l'insecte

C. chinensis est un insecte holométabole qui passe par quatre stades différents qui sont :

4.1. Œuf

Les œufs de *C. chinensis* sont de forme semi-ovoïdes ne dépassent pas 0,5 mm de long, ils adhèrent solidement par leur face plane au tégument de la graine ; la femelle peut pondre jusqu'à 50 œufs au maximum tout dépend des facteurs climatiques (**Fleurat lessard, 1982**) (figure08).

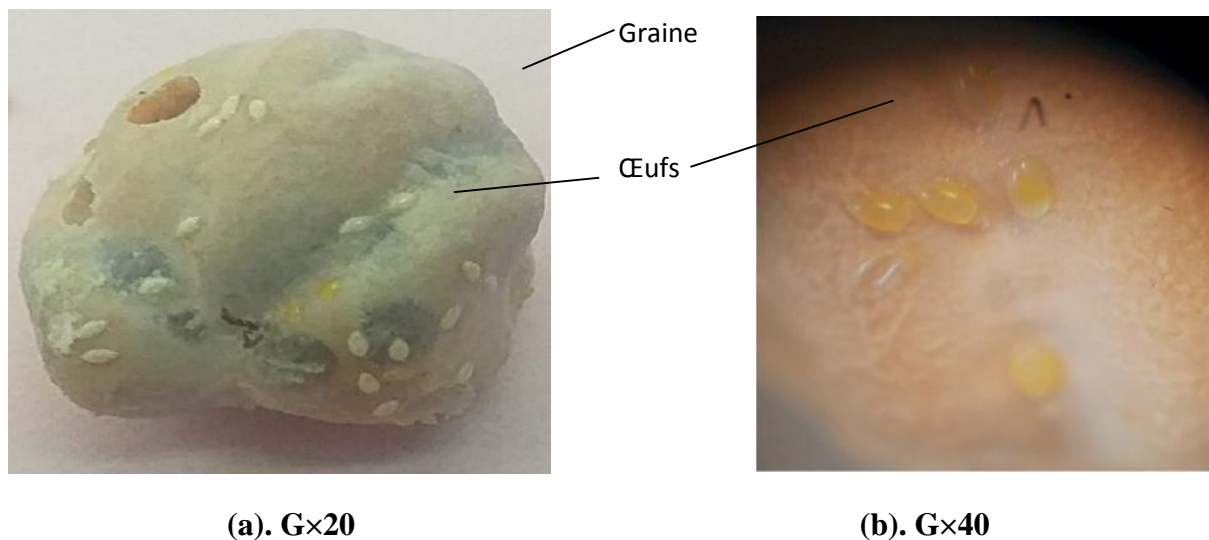


Figure 08. Œufs de *C. chinensis* vus sous une loupe binoculaire (**Originale, 2022**).

4.2. Larve

Les larves sont blanchâtres, elles mesurent entre 2,1 et 2,5 mm de long ; quatre stades larvaires sont distingués : le premier stade L₁ est immobile et les larves des deuxièmes, troisièmes et quatrièmes stades sont très semblables mais les deux derniers stades larvaires

sont de taille plus importante (Delobel et Tran, 1993). Les différents stades larvaires sont illustrés dans la figure ci-dessous.



Figure09. Les différents stades larvaires de *Callosobruchus chinensis* (Originale, 2022).

4.3. Nymphe

Selon Kumar et al. (2009), la pupa ressemble à l'adulte, elle est de couleur blanche à jaunâtre. La tête, le thorax et l'abdomen sont bien visibles, elle mesure en moyenne 3,34 mm de longueur et 1,67 mm de largeur (Figure10). La période nymphale dure entre 6 à 7 jours.



Figure10. Nymphe de *C. chinensis* sous une loupe binoculaire au G x 40 (Originale, 2022).

4.4. Adulte

La bruche chinoise est la plus petite bruche par rapport aux autres espèces de la famille des Bruchideés. L'adulte présente un corps plus ramassé de 2,2 à 2,8 mm de long et possède deux callosités nacrées à la base du prothorax, ce dernier est de forme conique et étranglée vers le tiers antérieur (Fleurat lessard, 1982). Le pygidium est allongé ; assez pointu recouvert d'une substance blanche et jaune. La face ventrale est noire avec des petites parties recouvertes par des poils blancs, les fémurs postérieurs sont caractérisés par la présence d'une dent simple au

bord inféro-externe (**Delobel et Tran, 1993**). Les mêmes auteurs rajoutent que la femelle sécrète deux phéromones sexuelles : l'une est attractive et l'autre induit la copulation, celle-ci est également sécrétée par le mâle mais sans action sur la femelle et que l'adulte est un bon voilier (Figure11).



Figure11. Adultes de *Callosobruchus chinensis* (**Originale, 2022**)

4.5. Dimorphisme sexuel

Chez la plupart des Coléoptères, il n'existe aucune différence extérieure visible entre les deux sexes, mais dans certains cas il ya des caractères sexuels secondaires qui peuvent être le propre soit du mâle, soit de la femelle (**Guignot, 1957**). La femelle présente un abdomen complet avec tous les segments alors que le mâle à un abdomen échancré. **Fleurat Lessard (1982)** a classé les antennes comme un caractère du dimorphisme sexuel chez *C. chinensis* ; elles sont fortes et nettement plus longues et pectiniformes chez le mâle alors qu'elles sont dentées et assez courtes chez la femelle (**Bonnemaison, 1962**).

D'après **Delobel et Tran (1993)**, la coloration du corps est brun-noir avec des zones noires beaucoup plus étendues chez le mâle que chez la femelle(Figure12).



(a). Femelle



(b). Mâle

Figure12. Dimorphisme sexuel chez *C. chinensis* : (a) femelle et (b) mâle sous une loupe binoculaire G×40 (**Originale, 2022**).

5. Cycle biologique

La bruche chinoise a la même biologie que la bruche du haricot (*Acanthoscelides obtectus*) (**Bonnemaison, 1962 ; Aguilard, 1964**).

5.1. Accouplement

C'est un phénomène biologique qui se produit de jour ou de nuit, il se fait au cours des premières heures ou au plus tard dans les 24 heures qui suivent l'émergence (**Balachowsky, 1962**) (Figure13).



Figure13. Un couple de bruche chinoise en accouplement (**Originale, 2022**).

5.2. Ponte

La femelle peut pondre jusqu'à 50 œufs au cours de son cycle biologique (**Fleurat lessard, 1982**). Les femelles de *C. chinensis* pondent directement sur les graines, exceptionnellement sur la surface environnante et toujours isolement. Après éclosion, l'œuf donne naissance à la larve L1 immobile (**Goutam et al., 2018**).

5.3. Développement larvaire et nymphal

Au cours de son développement larvaire, *C. chinensis* passe par 4 stades larvaires, qui peuvent être identifiés en fonction de la taille des larves. La larve néonatale L1 perce la graine verticalement sur une courte distance (**Neenu et Balikai, 2019**). Après la mue, il apparaît une larve secondaire (L₂) incurvée, de 5 à 6 mm de long ; elle poursuit son développement dans une logette (**Alemayehu et Getu, 2013**). Le stade nymphal de *C. chinensis* est inactif et dure 7 à 8 jours pour donner un imago, donc le cycle prend 30 à 35 jours (**Goutam et al., 2018**). **Fleurat lessard (1982)** note que la bruche chinoise peut avoir 5 à 6 générations, alors que **Balachowsky (1962)** a observé 6 à 7 générations par an.

6. Dégâts

C. chinensis est l'un des insectes qui causent d'importantes pertes quantitatives et qualitatives dans les denrées stockées (Figure 14). **Caswell (1961)** et **Scotti (1988)** estiment que les pertes de poids des graines peuvent être supérieures à 80% après six à sept mois de stockage. Sur le plan qualitatif les pertes se traduisent par la dégradation du pouvoir germinatif des graines de légumineuses (**El-Maziani et al., 2016**). En outre, le développement des moisissures et l'infestation des graines affectent leur valeur nutritive et leur qualité organoleptique et peut rendre les graines stockées inconsommables (**Mukendi et al., 2016**).



Avant infestation

Après infestation

Figure14. Dégâts occasionnés par *C. chinensis* sur les graines de pois chiche (**Originale, 2022**).

7. Moyens de lutte contre la bruche chinoise

Face aux dommages causés par les bruches, deux méthodes de lutte sont préconisées contre les ravageurs des denrées stockées.

7.1. Lutte préventive

Elle consiste en l'utilisation de plusieurs méthodes afin d'éviter l'apparition des ravageurs, elle doit être envisagée du début de la culture jusqu'à l'entreposage des graines pour éviter les infestations des gousses aux champs et des graines dans les stocks. Plusieurs moyens peuvent être utilisés :

- Choix de variétés résistantes (**Pierrot, 1982**) ;
- Hygiène rigoureuse des moyens de transport, des locaux de stockage et isolement des nouvelles récoltes des anciennes dans l'entrepôt pour réduire les risques de contaminations et de pertes (**Kellouche, 2004**) ;
- Assurer l'humidité convenable pour la conservation qui est de 13% pour éviter la contamination par les bruches (**Lepesme, 1994**) ;
- Séparation des graines saines de celles endommagées avant le stockage pour réduire les risques de pertes lors de la conservation (**Appert, 1992**) ;

D'autres techniques comme l'utilisation des sacs en polypropylène ayant une doublure en coton est conseillée car ils permettent d'empêcher les infestations ultérieures (**Caswell et Vanhui, 1991 cité par Soukeyna, 1999**).

7.1. Lutte curative

Les traitements curatifs ont pour but d'arrêter ou de ralentir le développement des ravageurs des légumineuses en cas d'infestation. Plusieurs moyens peuvent être utilisés :

7.2.1. Lutte physique

C'est un moyen de lutte contre les ravageurs des denrées stockées. Selon **Southagate (1987)**, elle consiste en l'utilisation du froid, de la chaleur, des radiations infra et ultrason et des rayons gamma contre les ravageurs des denrées stockées.

a. Chaleur

Selon **Scotti (1978)**, les ravageurs des graines stockées sont éliminés par l'exposition à une température de 60°C pendant 10min, sans aucune conséquence sur le pouvoir germinatif ni sur la qualité des graines, le choc thermique doit se faire le plus rapidement suivi impérativement d'un refroidissement jusqu'à la température normale de conservation (**Karbache, 2009**).

B. Froid

Les basses températures ont pour effet de ralentir l'activité alimentaire de l'insecte; aussi les insectes ne se reproduisent pas à des températures inférieures à 18°C. Les basses températures dans les entrepôts de stockage à moins de 1°C pendant un mois entraîne même la mort des adultes (**Cruz et al., 1988**). Une exposition des graines à une température de -5°C pendant 12 semaines permet d'éliminer les insectes ravageurs à tous les stades de leur développement (Tableau 05).

Tableau 05. Durée d'exposition à des basses températures requises pour réprimer les infestations par des insectes ravageurs du grain entreposée.

Température constante des grains	Durée de désinfestation requise (semaine)
-5	12
-10	8
-15	4
-20	1

C. Rayons gamma

D'après **Dongre et al. (1997)**, l'utilisation des rayons gamma est une technique préconisée pour lutter contre plusieurs insectes ravageurs, les doses élevées de ce rayon éliminent les insectes alors que les faibles doses les stérilisent. Le même auteur ajoute que les faibles doses situées entre 4,8 à 7,2 (kilo gray) pendant 10 à 15 minutes, inactivent les œufs et les adultes de *C. chinensis*.

7.2.2. Lutte chimique

C'est un moyen de lutte utilisé contre les insectes ravageurs qui fait appel à l'utilisation des produits chimiques comme les fumigants et les insecticides de contact :

1. Insecticides de contact

Ce sont des insecticides organiques de synthèse (organochlorés, organophosphorés, carbamates et pyrétrino des), ou non organiques ; utilisés sous formes de poudrages ou par pulvérisation (**Ducon, 1987 ; Dajoz, 2002**). (Tableau 06).

Tableau06. Insecticides employés en protection des denrées stockées (Gwinner et al., 1996)

Matière active(M.a)	DL (mg/Kg)	LMR (ppm)	Persistance (en mois)	Dose en g de matière active par tonne de
Pyréthrine	200-900	3	-	1-5
Bioresméthrine	9000	5	5	1,5
Deltamethrine	139-4000	0,5-5	8-12	0,25-1,5
Chloropyrifos-M	1600-2200	10	3-4	2,5
Dichlorovos	55-80	2	<1	10
Malathion	1400-2800	8	1-1,5	8

2. Fumigants

Ce sont des insecticides gazeux qui agissent par inhalation sous forme de gaz ou de vapeur ; c'est le cas du bromure de méthyle et de l'hydrogène phosphoré ; ces produits pénètrent dans les graines et détruisent tous les stades de développement des insectes (**Cruz et Troude, 1988**). L'intérêt de leur emploi est lié à leur diffusion à l'intérieur des graines et peuvent ainsi atteindre les formes cachées des ravageurs tels que les œufs, les larves et les nymphes (**Stefan, 1964 cité par Kellouche, 2005**).

7.2.3. Lutte biologique

La lutte biologique consiste notamment à réduire les populations des insectes ravageurs en utilisant les ennemis naturels tels que les prédateurs, les parasites ou des agents pathogènes, ainsi que des produits d'origine naturelle comme les substances minérales, les huiles végétales et les huiles essentielles (**Seck, 1991**).

7.2.3.1. Utilisation des ennemis naturels

Les prédateurs et les parasitoïdes qui se développent au dépens des insectes nuisibles, sont exclusivement des larves qui parasitent l'hôte (**Kellouche, 2009**). **Huignard et al. (2011)** notent que *Dinarmus basalis* (Pteromalidae) et *Eupelmus vuilleti* (Eupelmidae) sont des parasitoïdes capables de se reproduire et de se développer dans les stocks de graines.

Notons qu'il existe trois espèces de fourmis (*Monomorium minimum*, *Dorylus labiatus* et *camponotus rufipes*) qui sont des excellents prédateurs de *C. chinensis* durant ses différents stades de développement (**Aslam et al., 2006**).

7.2.3.2. Lutte par les plantes ou phytothérapie

L'usage des plantes indigènes dans la conservation des récoltes a été pratiquée avant même l'apparition des insecticides de synthèses (**Gueye et al., 2010**). Depuis longtemps, les plantes aromatiques sont traditionnellement utilisées pour protéger les graines entreposées (stockées) (**Sanon et al., 2002**). Aujourd'hui les produits extraits à partir des végétaux sont utilisées comme bio-pesticides contre les ravageurs pour leurs effets répulsifs, de contact ou fumigant et ce sous plusieurs formes : extraits organiques, extraits aqueux, poudres des plantes, huiles végétales et huiles essentielles.

De nombreux travaux de recherche ont montré les propriétés biocides et plus particulièrement insecticides des huiles essentielles extraits des plantes aromatiques dans le monde entier. Les huiles essentielles sont des substances volatiles, d'odeur et de saveur couramment fortes extraites par plusieurs méthodes d'extraction (l'hydro-distillation, enfleurage, par solvant) (**Belaiche, 1979**). Elles proviennent d'espèces végétales très variées, extraites à partir d'écorce des plantes, les racines, les tiges, les feuilles et les fruits (**Karbache, 2009**). Elles sont attestées efficaces contre les ravageurs des denrées entreposées et contiennent des composés terpéniques qui agissent sur certains insectes phytophages (**Kellouche et al., 2004**). Elles sont souvent préconisées pour contrôler les populations des bruches dans les systèmes de stockages (**Karbache, 2009**).

1. Les huiles essentielles

1.1. Définition

Les huiles essentielles ou essences végétales sont des produits huileux volatils, odorants et incolores ou légèrement teintés, obtenus par distillation à la vapeur d'eau, par expression, par incision ou par enfleurage du matériel végétal (**Budavari et al., 1996**).

1.2. Répartition dans le règne végétal

Ces essences végétales sont largement distribuées dans le règne végétal et n'existent que chez les végétaux supérieurs. En effet, elles se trouvent en quantité appréciable chez environ 2000 espèces réparties en 60 familles botaniques, comme par exemple chez les Lamiacées (lavande, basilic, menthe) ; les Myrtacées (Eucalyptus) ; les Lauracées (cannelle et sassafras) et les Apiacées (coriandre, cumin, fenouil, persil) (**Richter, 1993**).

1.3. Localisation et rôles des huiles essentielles chez les végétaux

La teneur des plantes en huiles essentielles est généralement faible, de l'ordre de 1% (**Guignard, 1995**). Les huiles essentielles peuvent se trouver dans tous les organes des plantes : racines, fruits, graines, fleurs, feuilles, écorces et bois. Elles se forment dans des cellules spécialisées dans les différentes parties de la plante, lors de la croissance de cette dernière (**Bernard et al., 1988**). Les huiles essentielles permettent aux plantes de s'adapter à leur environnement et à assurer leur défense. En effet, étant fixées au sol elles n'ont que les composés chimiques issus du métabolisme secondaire, stockés à l'endroit où ils seront le plus utiles comme arme de défense contre les parasites et les prédateurs. Les plantes possédant ces composés toxiques, qualifiés de phagodétendants ou d'inappétants, sont moins consommées (**Houël, 2011**).

De façon générale, les terpénoïdes jouent un rôle fondamental dans les interactions entre les organismes vivants, permettant par exemple à une plante d'attirer les pollinisateurs, ou les prédateurs ou les parasitoïdes des herbivores venant l'attaquer (**Gerhenzon et Dudarova, 2007 ; Unsicker et Kunert, 2009**). C'est en particulier ce dernier rôle qui donne toute son importance à une stratégie bioinspirée de recherche de composés antifongiques, antibactériens ou bioinsecticides parmi les métabolites secondaires, et en particulier les huiles essentielles (**De Figueiredo et al., 2008**).

1.4. Caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles se différencient des huiles grasses, par leur propriétés physiques et leur composition du fait qu'elles se volatilisent à la chaleur et que leurs taches sur le papier sont passagères (Sallé, 1991).

A la température ambiante, elles sont généralement liquides, de densités souvent inférieures à celle de l'eau. Elles sont incolores ou jaune pâles, sauf quelques exceptions comme les huiles essentielles de la cannelle (orange), de l'absinthe (vert) ou de la camomille (bleu). Leur indice de réfraction est élevé et le plus souvent elles sont douées de pouvoir rotatoire. On leur attribue différents indices chimiques (indices d'acide, d'ester, de carbonyle) ; elles sont peu solubles dans l'eau et solubles dans les solvants organiques (éther, alcool, hexane, pentane) (Bruneton, 1999).

Les huiles essentielles sont altérables et sensibles à l'oxydation ; par conséquent, leur conservation nécessite de l'obscurité et de l'humidité, de ce fait l'utilisation de flacons en verre opaque est conseillée (Couic-Marinier et Lobstein, 2013).

2. Huile essentielle de romarin

2.1. Description de la plante

Le romarin est un arbrisseau touffu de 1 à 2 m de hauteur toujours vert. Il est très rameux et couvert d'une écorce écailleuse portant des tiges (Figure). C'est une plante ligneuse feuillée, généralement érigée et pouvant atteindre jusqu'à 2 m de haut. Les racines sont pivotantes (Moise et Paris, 1971).

Les feuilles sont opposées, persistantes, aromatiques et sub-sessiles, linéaires, mesurant 2 à 3 cm de longueur sur 1 à 2 mm de largeur. Les fleurs sont de couleur bleu pâle ou lilas clair, maculées des taches violettes disposées en grappes à l'aisselle des feuilles. Le calice est en cloche, la lèvre supérieure est ovale et les lobes de la lèvre inférieure sur-lancéolés. L'androcée est formé de deux étamines. Les fruits sont des tetrakènes bruns et luisants (Moise et Paris, 1971) (Figure 15).



Figure 15. La plante de romarin (Originale, 2022).

2.2. Origine et répartition

Le nom de la plante provient du latin « rosmaris » qui signifie rosée de la mer, cette appellation pourrait s'appliquer au parfum de la plante, à la couleur de sa fleur ou même à sa prédilection pour le littoral ; le terme « officinalis » rappelle les propriétés médicinales de la plante (Rolet, 1930).

Son origine est le sud de l'Europe (Bacon et al., 2013), notamment les régions côtières de la mer méditerranéenne : l'Espagne, le sud de la France, l'Italie, la Grèce, la Turquie, le Maghreb (du Maroc à la Tunisie) ainsi que la région du Caucase (Teuscher et al., 2005).

Elle est cultivée dans le monde entier à partir de semis ou de boutures au printemps (Iserin et al., 2007). Il apprécie les climats chauds ou modérément secs (Paul, 1996). En Algérie, il se trouve sur les coteaux arides et les collines (Dalille, 2010), c'est l'une des plantes les plus populaires puisqu'elle se rencontre dans tous les jardins et les parcs (Beniston et al., 1984).

2.3. Systématique du romarin

Selon Cronquist (1981), le romarin est classé comme suit :

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyte
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Genre	<i>Rosmarinus</i>

Espèce *Rosmarinus officinalis* L., 1753

Avec la nouvelle systématique **d'Anton et Lobsten (2005)**, le romarin appartient à :

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

2.4. Composition chimique de l'huile essentielle extraite de *R. officinalis*

La composition chimique de l'huile essentielle de *R. officinalis* récoltée en Kabylie (Algérie) est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 07. Composition chimiques de huile essentielle *R. officinalis* provenant de Kabylie (Algérie) et analysée par GC/MS (**Taleb Toudert, 2005**).

Constituants	Valeurs en (%)
– pinène	8,71
Camphène	4,52
– pinène	7,61
– phallandrène	0,26
– myrcène	1,84
Eucalyptol	41,7
D – camphor	10,32
Linalool	1,29
Bornyacetate	1,77
– phellandrène	0,14
4 – carène	0,48
– terpinène	0,11
Terpineol	0,18
– cubène	0,37
– linalool	0,98
Bergamol	0,31
L- 4 – terpineol	1,61
b- cadinène	0,61
Caryosphyllèneoxide	0,35

– fenchene	0,08
Transhydrocarvone	0,46
Transthujene	0,62

Les composés majoritaires de l'huile essentielle de *R. officinalis* sont : l'eucalyptol (41,7%), le D-camphor (10,32%), l' - pinène (8,71%) et le -pinène (7,61%).

2.5. Effet insecticide de l'huile essentielle de romarin

Il a été observé dans les pratiques empiriques que les agriculteurs introduisaient souvent dans les greniers des plantes aromatiques, telles que le romarin pour protéger les graines entreposées (Sanon et al., 2002). Leur utilisation en tant que bio-pesticides dans la protection des graines de légumineuses ou céréales stockées contre les insectes a fait l'objet de nombreuses études notamment en zone tropicale (Arthur, 1996).

En effet, Roger et al. (2002) ont montré que l'huile essentielle de romarin exerce un effet protecteur sur les graines des légumineuses stockées, elle provoque la mort des insectes ravageurs en inhibant leur reproduction.

Les traitements avec les huiles essentielles peuvent être appliqués par fumigation, contact, ou répulsion et présentent différents modes d'action. Ils agissent sur les insectes par effet démolir chez les adultes, ou en entraînant un effet anti-appétant, en inhibant la ponte ou alors par effet ovicide et larvicide. Globalement, les mécanismes d'action de ces bio-pesticides, nouveaux genres, sont calqués sur ceux connus depuis longtemps chez les pesticides de synthèses (Taleb-Toudert, 2015).

Dans certain cas, l'utilisation des huiles essentielles dans le domaine phytosanitaire peut s'avérer délicate en raison de la multiplicité des profils photochimiques qu'elles présentent (Roger et al., 2002).

Cette étude fait partie des activités de recherche de Dr KHELFAANE-GOUCHEM et s'inscrit dans le cadre de l'étude de la biologie de la bruche chinoise *Callosobruchus chinensis* et de la recherche des moyens de lutte alternatifs en utilisant les huiles essentielles. La présente étude a comme objectif d'évaluer l'activité insecticide, de l'huile essentielle de romarin *Rosmarinus officinalis* L. sur les adultes de la bruche chinoise en conditions de laboratoire.

1. Matériel

1.1. Matériel de laboratoire

A fin de réaliser nos expériences au laboratoire, nous avons utilisées le matériel suivant (Figure16) :

- un incubateur réglé à une température de 60°C pour traiter les graines de pois chiches utilisés pour toutes les expérimentations afin d'éviter toute infestation préalable ;
- des bocaux en plastique pour l'élevage en masse des individus de *C. chinensis* ;
- une balance à affichage électronique pour peser les graines de pois chiches ;
- des boîtes Pétri en verre de 9cm de diamètre et de 1,5 cm de hauteur pour les tests par contact réalisés ;
- une micropipette (0,5 – 5µl) pour prélever les différentes doses d'huile essentielle (romarin) ;
- une loupe binoculaire pour observer les différents stades de développement de l'insecte et pour séparer les mâles et les femelles ;
- Des flacons en verre (125ml de capacité) pour réaliser le test de toxicité par inhalation de l'huile essentielle ;
- des boîtes de Pétri en plastique de 9 cm pour réaliser le test par répulsion ;
- Du papier filtre pour les deux tests inhalation et répulsion ;
- D'autre accessoires : fil, ciseaux, scotch, étiquettes, pinceaux, emboutsEtc. ont été utilisés.



Bocaux en verre



Micropipette (0,5_5µl)



Loupe binoculaire



Balance électronique



Incubateur



Papier filtre

Figure16. Ensemble du matériel utilisé pendant nos expériences (Originale, 2022).

1.2. Matériel biologique

1.2.1. Graines de pois chiche

Les graines de pois chiche utilisées pour réaliser l'élevage de masse des bruches ainsi que les tests par contact, proviennent du marché local ; elles sont lavées et bien séchées avant l'utilisation; elle sont passées à l'étuve à 60°C pendant 1 heure pour éviter toute infestation (Figure17).



Figure17. Traitement des graines de pois chiche à la chaleur (Originale, 2022).

1.2.2. Bruches

Nos expériences ont été réalisés sur la bruche chinoise (*C. chinensis*) ; les individus utilisés sont âgés de moins de 24 h et sont issus d'un élevage réalisé au laboratoire sur *Cicer arietinum* (pois chiche) (Figure18)



Figure18. Les adultes de *C. chinensis* utilisés dans nos expériences (Originale, 2022)

1.2.3. Huile essentielle

Durant notre étude, l'huile essentielle testée est celle de romarin. Elle provient du marché local ; cette huile essentielle est extraite par hydro-distillation à partir des feuilles de la plante de romarin récoltée en Algérie (Figure19).



Figure19. Huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* utilisée dans nos expériences (Originale, 2022).

2. Méthodes

2.1. Elevage de masse

L'élevage de masse de *C. chinensis* est réalisé dans des boîtes en plastiques, qui contiennent une quantité des graines de pois chiche saines ; à laquelle est additionnée une quantité de graines contaminées par la souche de la bruche chinoise. Les bocaux en plastique sont recouverts avec des couvercles en plastique perforé pour l'aération. Les bocaux sont laissés à une température ambiante entre 25°C et 30°C pendant 30 à 35 jours jusqu'à l'apparition des nouveaux individus (émergences des adultes). Le but de cet élevage est d'obtenir une masse suffisante d'individus âgés de 0 à 24 heures nécessaires pour les différents tests d'expérimentations(Figure20).



Figure20. Elevage de masse de *C. chinensis* réalisé pour nos expériences (**Originale, 2022**).

2.2. Effet de l'huile essentielle de *R. officinalis* sur *C. chinensis*

Pour évaluer l'activité insecticide de l'huile essentielle de romarin sur la bruche chinoise, nous avons réalisé les tests suivants :

2.2.1. Test par contact

Le test est réalisé dans des boîtes de Pétri en verre de 9 cm diamètre, dans les quelles nous avons placé une quantité de 30 gr des graines saines de pois chiche, traitées avec l'huile essentielle de romarin aux différentes doses de : 0,5 μ l, 1 μ l, 1,5 μ l, 2 μ l, 2,5 μ l, prélevées à l'aide d'une micropipette (de 0,5-5 μ l de volume). Après sexage des individus, 5 couples de *C. chinensis* âgés de 0 à 24 H sont introduits dans chaque boîte. Un témoin non traité avec l'huile essentielle de romarin est réalisé et quatre répétitions sont réalisées pour chaque dose

et pour le témoin. L'ensemble des boîtes Pétri sont maintenus dans des conditions de température de 27°C à 28°C et une humidité relative d'environ 70% (Figure21).



Figure21. Dispositif expérimental de test par contact d'huile essentielle de romarin à l'égard des adultes de *C. chinensis*.

Des paramètres liés à la biologie de la bruche et d'autres liés à la graine sont évalués ; il s'agit de :

) **Mortalité des adultes**

La mortalité des adultes de la bruche est évaluée par dénombrement quotidien de tous les individus morts du début d'essai jusqu'à la mort de tous les individus.

) **Fécondité des femelles**

La fécondité est évaluée en dénombrant tous les œufs pondus (éclos et non éclos) par les femelles sur les graines de pois chiche à l'aide d'une loupe binoculaire ; après 6 à 7 jours de traitement.

) **Taux d'éclosion des œufs**

Les œufs éclos se distinguent des œufs non éclos soit par leur aspect laiteux, ou bien par la présence de la larve sous le chorion de l'œuf, le taux d'éclosion des œufs est calculé par la formule suivante :

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

) Taux d'émergence

L'émergence des individus de *C. chinensis* commence après 35 jours de lancement des tests. Des 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 total d'œufs pondus est calculé par la formule suivante :

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

) Poids des graines de pois chiche

A la fin de l'expérimentation, les graines (poids de 30g) de chaque lot sont repesées et la perte en poids des graines est estimée en utilisant la formule suivante :

$$\text{Perte en poids (\%)} = (\text{poids initial} - \text{poids final}) / \text{poids initial} \times 100$$

) Faculté germinative des graines du pois chiche

Ce test consiste à évaluer l'effet de l'huile essentielle de Romarin sur la faculté germinative des graines traitées et celles du témoin.

Dans des boîtes Pétri en verre tapissées de coton imbibé d'eau, sont placées les graines de pois chiche traitées par l'huile essentielle, et celles du témoin. Les graines sont par suite recouvertes d'une autre couche de coton imbibé d'eau. Le test est appliqué pour chaque dose et pour chaque répétition. Un deuxième témoin non infesté et non traité (graines saines) est aussi réalisé avec quatre répétitions (Figure22).

Les boîtes sont maintenues à une température ambiante en conditions de laboratoire, une humidification du coton est effectuée chaque jour pendant 4 à 5 jours d'expérimentation. Le dénombrement des graines germées est réalisé et le taux de germination des graines est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Nombre des graines germées} = (\text{nombre de graines germées} / \text{nombre total de graines}) \times 100$$



Figure22. Test de germination des graines de pois chiche après traitement avec l'huile essentielle de romarin à différentes doses (**Originale, 2022**).

2.2.2. Test par inhalation

Ce test consiste à étudier l'effet insecticide par inhalation de l'huile essentielle de romarin sur les adultes de *C. chinensis*.

Le test par inhalation est réalisé dans des bocaux en verre de 125ml du volume ; des disques de papier filtre de 2 cm de diamètre sont suspendus à la face interne du couvercle et sont imprégnés avec des doses d'huile essentielle de: 0,5µl ; 1µl ; 1,5µl ; 2µl et 2,5µl. Dix individus de *C. chinensis* âgés de moins de 24H sont introduits dans chaque flacon; parallèlement, un témoin n'ayant reçu aucun traitement par l'huile essentielle est réalisé. Quatre répétitions sont réalisées pour chaque dose et pour le témoin(Figure).

Nous avons procédé au comptage des insectes morts après 24h ; 48h ; 72h et 96h d'exposition à l'huile essentielle.



Figure23. Dispositif expérimental du test par inhalation de l'huile essentielle de romarin à l'égard des adultes de *C. chinensis* (**Originale, 2022**).

2-2-3- Test de répulsion

Ce test consiste à évaluer l'effet répulsif de l'huile essentielle de romarin sur les adultes de *C. chinensis* en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre.

Cette méthode consiste à découper en deux moitiés égales les disques de papier filtre de 9 cm de diamètre ; une moitié reçoit une dose de l'huile essentielle étudiée (0,5µl ; 1µl ; 1,5µl ; 2µl ; 2,5µl) et l'autre reçoit uniquement 0,25 ml d'acétone. Après évaporation de l'acétone (après 10 à 15 min), les disques sont reconstitués à l'aide d'une bande adhésive puis placés dans des boîtes de Pétri. Dix adultes de *C. chinensis* âgés de 0 à 24h sont introduits au centre de la boîte de Pétri refermée aussitôt, quatre répétitions sont réalisées pour chaque dose (Figure 24).

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 moyen est aussi calculé comme suit :

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

NC : Nombre d'insectes présents sur la partie traitée de disque uniquement avec de l'acétone.

NT : Nombre d'insectes présents sur la partie de disque traitée avec la solution (huile essentielle-acétone)

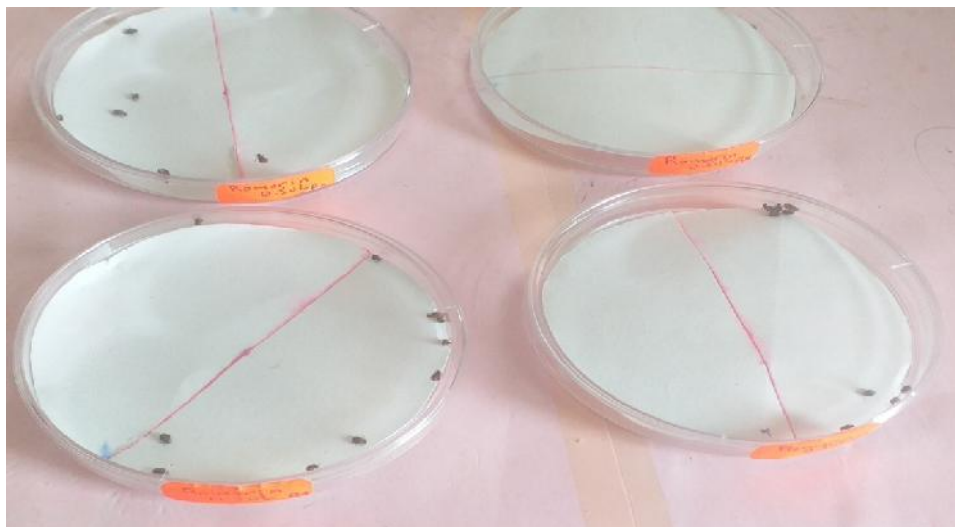


Figure 24. Dispositif expérimental de test par répulsion de l'huile essentielle du romarin à l'égard des adultes de *C. chinensis* (Originale, 2022).

Le pourcentage de répulsion moyen calculé est attribué à l'une des différentes classes répulsives variantes de 0 à 6 (MC Donald et al., 1970), qui sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 08: Pourcentage de répulsion selon le classement de MC Donald et al., (1970).

classe	Intervalle de répulsion	Propriété de la substance traitée
0	PR 0,1%	Non répulsive
1	0,1<PR 20%	Très faiblement répulsive
2	20<PR 40%	Faiblement répulsive
3	40<PR 60%	Modérément répulsive
4	60<PR 80%	Répulsive
5	80<PR 100%	Très répulsive

3-Analyse des données

Les résultats obtenus pour les différents paramètres étudiés pour l'activité insecticide de l'huile essentielle de romarin sont soumis à une analyse de la variance ANOVA à un ou deux 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 :

$P \geq 0,05$; Il n'y a pas de différence significative

$0,01 < P < 0,05$; Il y a une différence significative

$0,001 < P < 0,01$; Il y a une différence hautement significative

$P < 0,001$; il y a une différence très significative

1. Résultats

1.1. Activité insecticide de l'huile essentielle de romarin par contact

1.1.1. Effets insecticides sur la biologie des adultes de *C. chinensis*

1.1.1.1. Effet sur la mortalité des adultes de *C. chinensis*

Les résultats de l'effet insecticide de l'huile essentielle de romarin sur la mortalité des adultes de *C. chinensis* sont représentés dans la figure suivante.

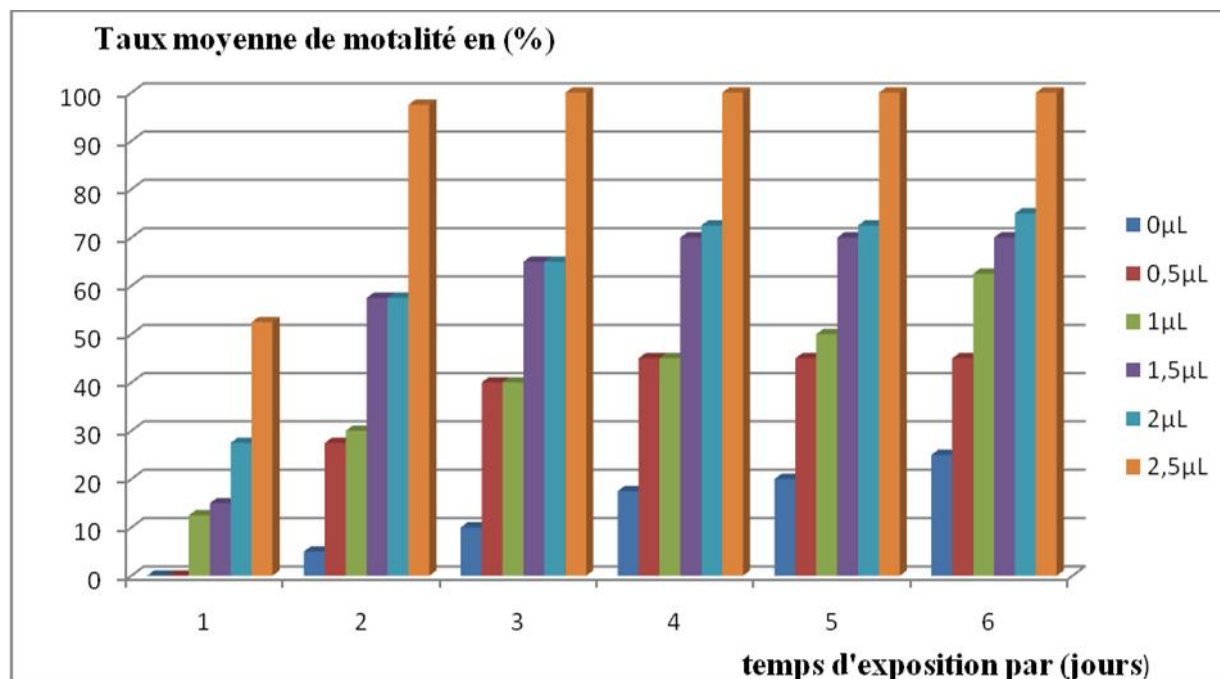


Figure 25. Taux moyen de mortalité (%) des adultes de *C. chinensis* traités par contact avec différentes doses de l'huile essentielle de *R. officinalis*.

Les résultats obtenus montrent que la mortalité des adultes de *C. chinensis* augmente avec l'augmentation des doses de l'huile essentielle utilisée. Le taux moyen de mortalité au niveau du témoin est de 25% ; alors que valeurs de mortalité les plus élevées sont enregistrées dans les lots où les graines sont traitées par l'huile essentielle de Romarin : à la dose de 1,5 µl la mortalité est de 69%±1 et à la dose 2µl la mortalité est de moyenne 70%±5. Le taux de mortalité maximal (de 100%) est enregistré à la dose 2,5µl.

D'ailleurs, l'analyse de la variance à deux critères de classification, montre qu'il y a une différence très hautement significative pour le facteur dose et le temps ($P = 0$) (Tableau 09).

Tableau 09. Résultats de l'analyse de la variance à deux facteurs de classification au seuil de 5% pour le paramètre mortalité des adultes de *C. chinensis* à l'égard de l'huile essentielle de romarin.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	31364,41	35	896,126				
Var. Facteur 1(dose)	22040,45	5	4408,091	108,823	0		
Var. Facteur 2 (temps)	8311,285	5	1662,257	41,036	0		
Var. Résiduelle 1	1012,672	25	40,507			6,365	12,82%

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification de 5%, classe les 6 doses d'huile essentielle de romarin dans 4 groupes homogènes A, B, C et D où les doses 0,5 μ l, 1 μ l (D1, D2) sont placées dans le groupe homogène C ; 1,5 μ l et 2 μ l (D3 et D4) sont placées dans le groupe homogène B ; la dose 2,5 μ l est placée dans le groupe homogène A et le témoin (0 μ l) dans le groupe D (Tableau10).

Tableau10. Résultats du test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification de 5% concernant le facteur dose de l'huile essentielle de romarin traitées par contact sur la mortalité des adultes de *C. chinensis*.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes			
6.0	d5	91,667	A			
5.0	d4	61,667		B		
4.0	d3	57,917		B		
3.0	d2	40			C	
2.0	d1	33,75			C	
1.0	d0	12,917				D

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification de 5%, classe les 6 jours d'exposition des adultes de *C. chinensis* à l'huile essentielle de romarin dans 4 groupes homogènes A, B, C et D où les durées d'exposition les plus longues t4, t5 et t6 sont classées dans le groupe homogène A avec les valeurs moyennes de mortalités les plus élevées ; au contraire le temps le plus court (t1), placé dans le groupe C, enregistre les valeurs les plus faibles (Tableau11).

Tableau11. Résultats de test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification de 5% concernant le facteur de temps d'exposition des adultes de *C. chinensis* à l'huile essentielle de *R. officinalis*

F2	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes		
6.0	t6	62,917	A		
5.0	t5	59,583	A		
4.0	t4	58,333	A		
3.0	t3	53,333	A	B	
2.0	t2	45,833		B	
1.0	t1	17,917			C

Discussion

Les résultats de notre travail montrent que l'huile essentielle de *R. officinalis* présente un effet toxique significatif, par contact, sur les adultes de *C. chinensis* qui augmente au fur et à mesure que la dose et la durée d'exposition augmentent.

Nos résultats concordent avec ceux rapportés par certains auteurs qui ont mis en évidence l'efficacité de nombreuses huiles essentielles par contact sur la mortalité des insectes ravageurs des denrées stockées.

Aliane et Imrazene (2019) montrent que l'huile essentielle de la menthe pouliot (Lamiacée) présente un effet sur la longévité des adultes de *C. chinensis* qui diminue avec l'augmentation des doses de l'huile essentielle utilisée. La longévité moyenne des insectes dans les lots témoins 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.

Righi et al. (2010) ont évalué l'efficacité des poudres de Thym, Santoline et l'Anagyre riche en huiles essentielles, sur la longévité des adultes de la bruche chinoise (*C. chinensis*). Ces auteurs ont montré que la poudre de Thym a une grande efficacité dans la réduction de la longévité des adultes de *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 étudié l'efficacité des huiles essentielles de *R. officinalis* ; *A. Triphylla* ; *O.basilicum* ; *M. spicata* sur la population de *C. maculatus*, une bruche voisine de *C. chinensis*, et a montré qu'elles présentent des effets variables sur la mortalité des adultes de *C. maculatus*.

Tunc et al. (2000) ont mis en évidence l'efficacité des huiles essentielles d'origan, du romarin et d'Eucalyptus qui réduisent la longévité de *T. confusum* et provoquent une mortalité variant de 77% à 89% après 96h d'expositions.

Bouchikhi Tani et al. (2011) ont montré que la longévité des adultes d'*A. obtectus* est affecté par les traitement avec l'huile essentielle *Origanum glandulosum* (Lamiacées), qui s'est montrée la plus efficace.

Raja et al. (2001) ont observé une réduction significative de la longévité des adultes de la bruche du niébé (*C. maculatus*), après traitement aux huiles volatiles de *Mentha arvensis*, *Mentha piperita*, *Mentha spicata* (Lamiacées) et *symbofogon nardus* (Rutacées).

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* réduisent 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.

1.1.1.2. Effet insecticide sur la fécondité des femelles de *C. chinensi*

Les résultats de l'effet de l'huile essentielle de *R. officinalis* sur la fécondité des femelles de *C. chinensis* sont élaborés dans la figure suivante.

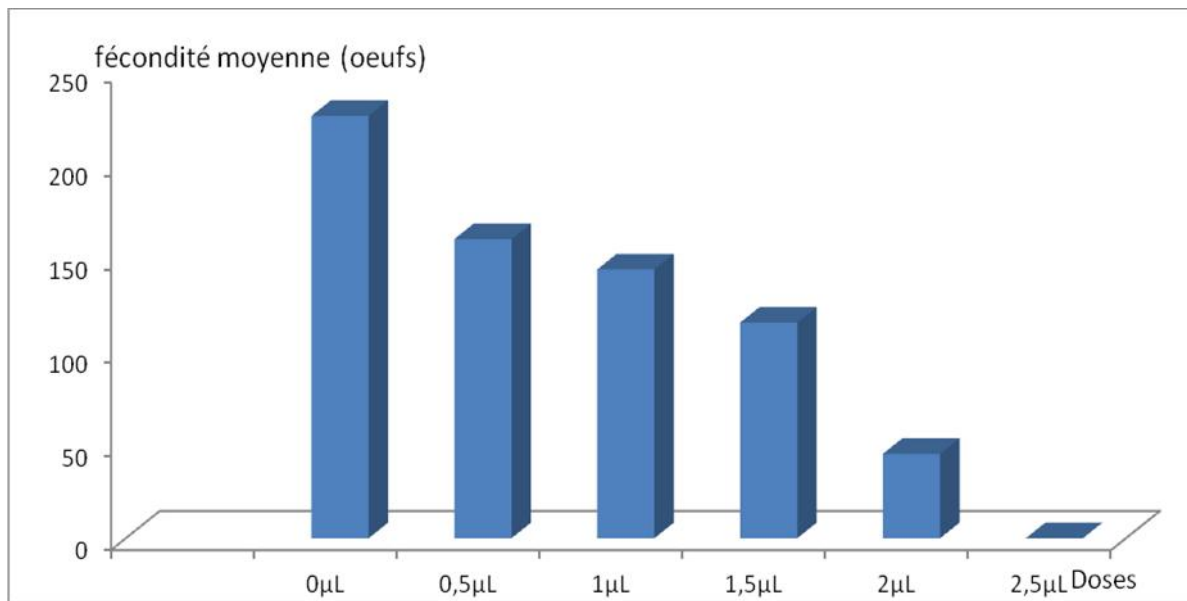


Figure25. Fécondité moyenne des femelles de *C. chinensis* selon les différents doses de l'huile essentielle de Romarin utilisée par contact

La figure ci-dessus montre une fécondité élevée dans le lot témoin avec un taux de 226±3 œufs/ 5femelle ; alors que dans les lots traitées par l'huile essentielle, nous avons observé que la fécondité diminue avec l'augmentation des doses ; à la dose 0,5 µl, la fécondité est de 150 œufs/ 5femelles, à la dose de 2µl la fécondité moyenne est de 40 œufs/ 5 femelles. Une inhibition totale de la fécondité est observée à la dose de 2,5 µl.

Ces variations de la fécondité sont confirmées par l'analyse de la variance à un seul critère de classification qui montre qu'il y a une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P = 0,00124$) (Tableau 12).

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

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	213070	23	9263,912				
Var. Facteur 1(dose)	137824,7	5	27564,94	6,594	0,00124		
Var. Résiduelle 1	75245,25	18	4180,292			64,655	53,34%

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, a réparti les différentes doses dans trois groupes homogènes A, B et C comme suit : le témoin (0 μ l) est classé dans le groupe homogène A et la dose la plus forte 2,5 μ l est classée dans le groupe homogène C (Tableau13).

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 romarin après traitement par contact sur la fécondité des femelles de *C. chinensis*.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes		
1.0	d0	226,25	A		
2.0	d1	160,25	A	B	
4.0	d3	151,5	A	B	
3.0	d2	144	A	B	
5.0	d4	45,25		B	C
6.0	d5	0			C

Discussion

Les résultats obtenus concordent avec les travaux de plusieurs auteurs qui ont mis en évidence l'efficacité de nombreuses huiles essentielles sur la fécondité des femelles de *C. chinensis*.

C'est le cas notamment des travaux de **Aliane et Imerazene (2019)** qui ont montré que l'huile essentielle de menthe pouliot (Lamiacées) inhibe complètement la fécondité des femelles de *C. chinensis* dès la plus faible dose appliquée (0,5 μ l).

D'après **Regnault-Roger et Hamraoui (1994)**, les huiles essentielles extraites de *R. officinalis* et *Thymus serpyllum* (Lamiacées) inhibent complètement la ponte des femelles d'*A. obtectus* des la plus faible dose 10⁻²/ cm³, tandis que les huiles essentielles de *satureja hortensis*, *Lavandula angustifolia*, *origanum majorana* et *Ocimum basilicum* (Lamiacées) inhibent la ponte des femelles à partir de la dose 5.10⁻² μ l/cm³.

Aussi, **Bouchikhi Tani et al. (2009)** ont constaté que la ponte est inhibée complètement dans les graines traitées par les huiles essentielles extraites de *R. officinalis* et *Artemisia herba alba* à la dose 5 μ l chez les femelles d'*A. Obtectus*.

Bouchikhi Tani et al. (2011) ont testé l'huile essentielle *d'origanum glandulosum* (Lamiacée) à différentes doses sur les adultes de trois bruches *A. obtectus*, *Bruchus rufimanus* et *C. maculatus*. Cette huile présente une activité insecticide et entraîne chez les femelles de la bruche du haricot et du niébé une réduction significative de la ponte par rapport à celle du témoin.

Bouhekhdhid-Ourlissene (2014) a montré qu'il ya une diminution de la moyenne des pontes d'*A. obtectus* après traitement aux huiles essentielles de romarin, thym et de la menthe ; la fécondité passe de $152,25 \pm 41,81$ dans les lots de témoin à 90,250 ; 60,75 et 5,5 œufs/femelle correspondant respectivement aux huiles essentielles de romarin, du thym et de la menthe à la plus forte dose.

Papachristos et Stamopoulos (2002), pour leur part, ont montré que les huiles essentielles de *M. viridis*, *M. microphylla*, *E. globulus*, *R. officinalis* et *L. hybrida* réduisent fortement la fécondité des femelles d'*A. obtectus*. Cette réduction serait due à des taux de rétention des œufs élevés plutôt qu'à une réduction de la production totale des œufs ; en effet, en présence de ces huiles essentielles, les pourcentages des œufs retenus dans les oviductes latéraux des femelles étaient élevés. Les mêmes auteurs ont enregistré une réduction significative des taux en présence des huiles essentielles *E. globulus* et *O. vulgare*.

Taleb-Toudert. (2015) a noté que l'huile essentielle de *R. officinalis* et *M. spicata* ont réduit de manière très significative le nombre d'œufs pondus par des femelles de *C. maculatus*. Le même auteur rajoute que l'huile essentielle de *R. officinalis*, *O. basilicum* et *M. spicata* inhibent complètement l'oviposition des femelles de *C. maculatus* à la dose de $16 \mu\text{l}/50\text{g}$.

Salunake et al. (2005) ont montré que les flavonoïdes à un effet néfaste sur les insectes, ils réduisent significativement la ponte chez *C. chinensis* de même qu'une toxicité à l'égard des adultes.

L'utilisation des poudres végétales affecte aussi la biologie de cette bruche. En effet, **Righi-Assia (2010)** a testé les poudres des feuilles et des fleurs de pois chiche (*C. arietinum*) sur *C. chinensis* et à montré qu'elles ont un rôle bio-insecticide notable avec un effet supérieur des poudres des feuilles par rapport aux poudres des fleurs. Elles réduisent la fécondité des femelles à 65,33 œufs/ femelle à la plus forte dose (un gramme) des poudres des feuilles contre 112,33 œufs /femelle enregistrés dans les lots de témoin.

Kellouche et Soltani (2004) et **Kellouche (2005)** montrent que les poudres des feuilles de figuier (*Ficus carica*) (Moracées), d'Eucalyptus *globulus* (Myrtacées), d'olivier *Olea europaea* (Oleacées) et du *Citrus limon* (Rutacées) affectent légèrement la fécondité des femelles de *C. maculatus*. Cependant, la poudre de giroflier *syzygium aromaticum* (Myrtacées) inhibe la fécondité des femelles du bruche du niébé des la plus faible dose (0,20%).

1.1.1.3. Effet sur l'éclosion des œufs de *C. chinensis*

La figure suivante montre le taux moyen d'éclosion des œufs pondus par les femelles de *C. chinensis* en fonction des doses de l'huile essentielle de romarin.

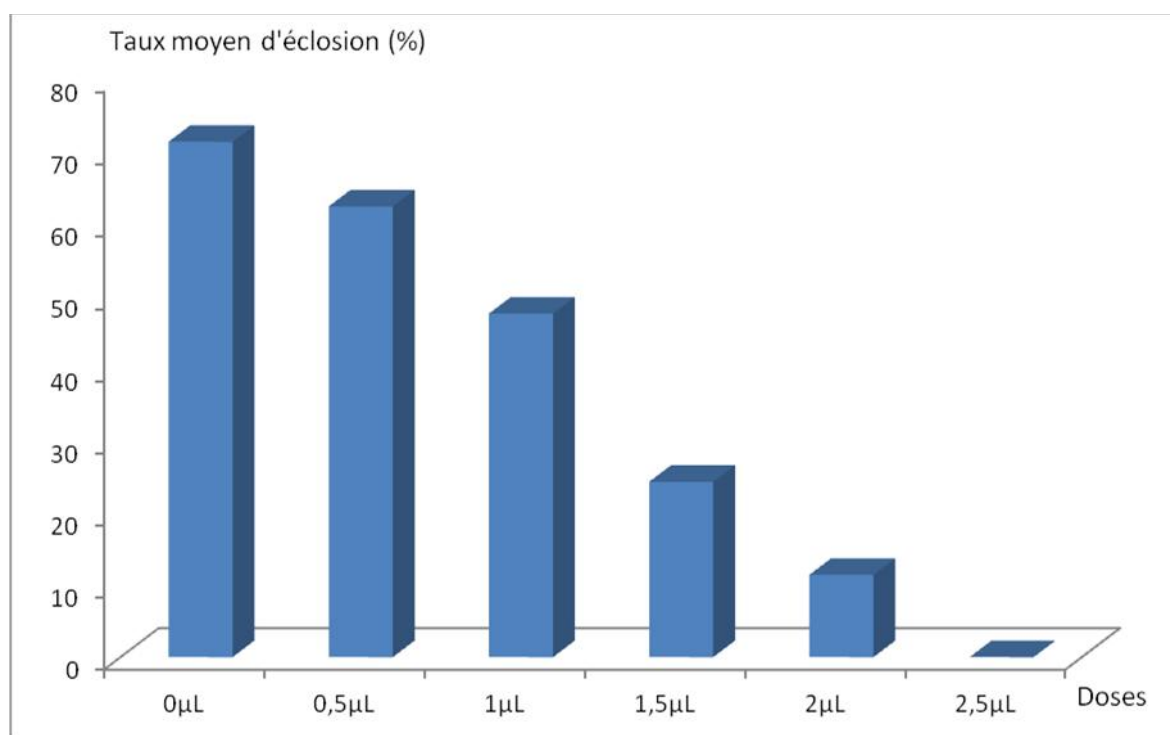


Figure 26. Taux d'éclosion moyen des œufs de *C. chinensis* selon les différentes doses de l'huile essentielle de *R. officinalis* utilisée par contact.

Le taux moyen d'œufs éclos diminue avec l'augmentation des doses de l'huile essentielle de *R. officinalis* utilisée.

Nous avons remarqué que le nombre d'œufs éclos dans les lots de témoin est de 75%, alors que le taux diminue dans les lots traités par l'huile essentielle où un taux de 65% est enregistré à la dose de 0,5μl ; ce taux diminue graduellement avec l'augmentation des doses 1μl, 1,5μl, 2μl jusqu'à la dose 2,5μl où l'éclosion est arrêtée.

L'analyse de la variance à un seul critère de classification marque une différence significative pour le facteur dose ($P = 0$) (Tableau14); le taux d'éclosion des œufs est donc dose-dépendant.

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

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	18690,26	23	812,62				
Var. Facteur 1(dose)	16591,34	5	3318,267	28,457	0		
Var. Résiduelle 1	2098,926	18	116,607			10,798	29,80%

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe les 6 doses dans 4 groupes homogènes A, B, C et D plaçant le témoin (0 μ l) dans le groupe A et la plus forte dose qui est 2,5 μ l est classée dans le groupe homogène D avec un taux moyen d'éclosion des œufs nul (Tableau15).

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 romarin sur l'éclosion des Œufs de *C. chinensis* traité par contact.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes			
1.0	d0	71,753	A			
2.0	d1	62,41	A	B		
3.0	d2	47,573		B		
4.0	d3	24,275			C	
5.0	d4	11,403			C	D
6.0	d5	0				D

Discussion

L'huile essentielle de *R. officinalis* présente un effet remarquable sur le taux d'éclosion des œufs des *C. chinensis*.

Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par **Aliane et Imrazene (2019)** qui ont prouvé que l'huile essentielle de menthe pouliot a un effet réducteur significatif des taux d'éclosion des œufs de *C. chinensis* des la plus faible dose (0,5 μ l).

Pour sa part, Taleb-Toudert (2015) a aussi relevé une réduction significative du nombre d'œufs éclos où l'huile essentielle de *R. officinalis* inhibe complètement l'éclosion des œufs de *C. maculatus* pondus sur les graines traités à la dose 16µl.

Ouchekdhidh-Ourlissene (2014) a montré que le taux d'œufs éclos chez la bruche du haricot diminue sous l'effet de toutes les doses pour les huiles essentielles de romarin, thym et menthe, soient les valeurs respectives de 80,20%, 54,59% et 18,05% à la plus faible dose 2µl. Alors que les individus qui n'ont pas subit de traitement ont enregistré un taux de fertilité plus élevé de 94,68%.

Goucem-Khelfane (2014) a constaté que l'huile essentielle de laurier noble réduit nettement le taux de fertilité des œufs d'*A. obtectus* ($3,12 \pm 6,25$) dès la dose 6µl et l'huile de *C. limonum* et de *C. reticulata* et de *Eucalyptus globulus* annulent complètement le taux de fertilité à la dose de 8µl ; les huiles de lavande et de cèdre réduisent moins la fertilité des femelles ; elle est de $28,47 \pm 24,25$ et $61,17 \pm 2,19\%$ respectivement à la plus fort dose (8µl).

Bouhikhi Tani et al. (2006) ont observé que le taux d'éclosion des œufs d'*A. obtectus* s'annule à la dose de 100mg/100 graines de la substance des feuilles des variétés de *P. vulgaris* (variété rognon blanc et variété noire). **Kassemi (2006)** a constaté que les feuilles de deux variétés de *P. vulgaris* blanc et marron réduisent significativement le taux d'éclosion des œufs des adultes d'*A. obtectus* proportionnellement à l'augmentation de la dose.

1.1.1.4. Effet insecticide sur la viabilité des adultes de *C. chinensis*

La figure suivante montre les résultats de l'effet de l'huile essentielle de *R. officinalis* sur le taux de viabilité des œufs de *C. chinensis* après traitement par contact.

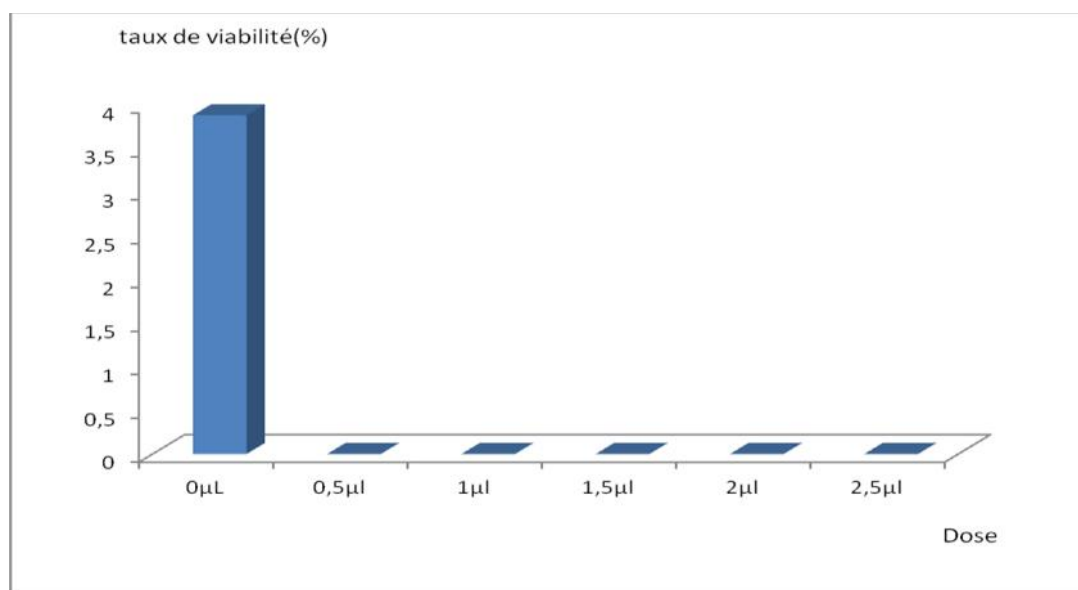


Figure 27. Taux moyen de viabilité des œufs (taux d'émergence des adultes) de *C. chinensis* traités par différentes doses de l'huile essentielle de romarin utilisé par contact.

D'après ces résultats, nous constatons un taux de viabilité dans les lots de témoin de $6 \pm 0,5\%$ en moyenne ; le taux d'émergence diminue avec l'augmentation des doses de l'huile essentielle utilisée et commence à s'annuler à partir de la dose de $0,5\mu\text{l}$ de l'huile essentielle de romarin.

L'analyse de la variance à un seul critère de classification montre qu'il n'y a de différence significative entre les doses testées pour le taux d'émergence des adultes de *C. chinensis* ($P = 0,44642$) (Tableau16).

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

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	230,834	23	10,036				
Var. Facteur 1(dose)	50,181	5	10,036	1	0,44642		
Var. Résiduelle 1	180,653	18	10,036			3,168	489,90%

Discussion

Les résultats de notre étude corroborent avec plusieurs travaux conduits sur l'effet des huiles essentielles sur les émergences des adultes de *C. chinensis* et d'autres bruches des stocks.

Ainsi, **Kumar et al. (2017)** ont appliqué 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.

Pour leur part, **Aliane et Imrazene (2019)** ont montré que l'huile essentielle de la menthe pouliot a un effet inhibiteur sur l'éclosion des œufs de *C. chinensis* dès la plus faible dose (0,5µl).

Bouchikhi Tani et al. (2008) ont montré que les taux d'émergence d'*A. obtectus* sont nuls dans les graines traitées par l'huile essentielle de *R. officinalis* à une dose supérieurs ou égale 5µl/ 30g des graines d'haricot, ce qui signifie que la ponte est complètement inhibée.

Taleb-Toudert (2015) à constaté qu'aucun œufs n'est viable à la dose de 16µl pour les quatre huiles essentielles d'*O. basilicum*, *M. spicata*, *A. triphylla* et *R. officinalis* testées contre *C. maculatus*.

Regnault-Roger et al. (2002) ont conclu que le linalool, le carvacrol, l'eugénol, le thymol et le terpinéol affectent considérablement l'émergence des adultes d'*A. obtectus*.

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

De la part, **Goucem-Khelfane. (2014)** à montré que les poudres des lamiacées (thym, sauge, menthe, basilic) exercent une activité insecticides sur *A. obtectus* notamment sur la viabilité des œufs (thym et basilic). Cependant, les poudres de légumineuses montrent un effet létal le plus élevé sur les adultes du bruche du haricot au même temps qu'un effet inhibiteur maximal de la reproduction notamment pour le robinier et le genêt. Leur effet est comparable à celui du thym et du basilic sur la viabilité des œufs.

1.1.2. Effet insecticide sur les caractéristiques de la graine

1.1.2.1. Effet insecticide sur la perte en poids des graines

La figure suivante présente l'effet insecticide de l'huile essentielle de romarin sur la perte en poids des graines de pois chiche utilisée dans nos expérimentations.

Nous remarquons que l'utilisation l'huile essentielle de romarin influe sur la perte en poids des graines. Celle-ci est maximale dans les lots du témoin avec une moyenne de $3 \pm 0,1\%$ et totalement annulée dans les lots traités avec l'huile essentielle de romarin à différentes doses.

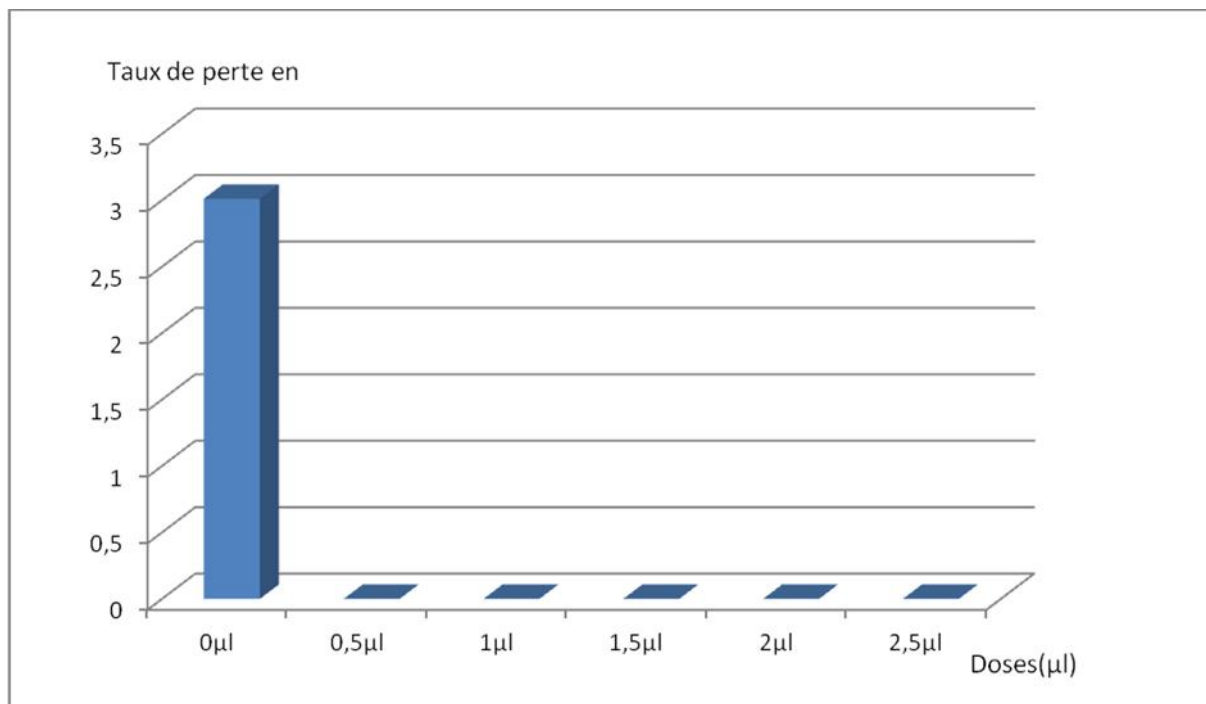


Figure 28. Taux de pertes en poids des graines de pois chiche traités avec l'huile essentielle de romarin par contact contre les adultes de *C. chinensis*.

L'analyse de la variance à un seul critère de classification pour le paramètre perte en poids des graines, montre une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P = 0,00675$) (Tableau17).

Tableau 17. Résultats de l'analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre perte en poids après traitement par contact avec l'huile essentielle de romarin sur les adultes de *C. chinensis*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	53,638	23	2,332				
Var. Facteur 1 (dose)	30,251	5	6,05	4,656	0,00675		
Var. Résiduelle 1	23,387	18	1,299			1,14	227,03%

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification de 5%, classe les 6 doses utilisées (D0, D1, D2, D3, D4, D5 et D6) pour le paramètre de pertes en poids des graines de pois chiche dans 2 groupes homogènes A et B plaçant les graines non traitées par l'huile essentielle (témoin 0 μ l) dans le groupe A et les graines traitées par l'huile essentielle de romarin à différents doses (0,5 μ l ; 1 μ l ; 1,5 μ l ; 2 μ l ; 2,5 μ l) dans le groupe homogène B (Tableau18).

Tableau 18 : Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de l'huile essentielle de romarin utilisée par contact sur la perte en poids des graines de *Cicer arietinum*.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes	
1.0	d0	3,013	A	
5.0	d4	0		B
6.0	d5	0		B
3.0	d2	0		B
4.0	d3	0		B
2.0	d1	0		B

Discussion

De nombreuse étude ont montré que les traitements par les huiles essentielles contre les Bruchideés réduisent fortement les pertes en poids des graines de légumineuses.

Aiboud (2011) a traité les graines du niébé avec les huiles essentielles extraites du Myrte, du Thym (Lamiacées), de l'origan, de l'Eucalyptus, du bois d'inde et des clous de girofle en vue d'estimer la perte en pois occasionnée par les adultes de *C. maculatus*. Les résultats montrent que les différentes huiles testées ont une action très hautement significative sur la réduction des pertes en pois des graines exposées aux bruches en fonction des doses et des huiles essentielles.

Aggoun et Aklouat (2017) ont montré que l'utilisation des différentes doses de l'huile essentielles de romarin réduit considérablement les pertes en pois des graines de *P. vulgaris* au fur et à mesure que les doses augmentent. En effet, les pertes en poids maximales sont enregistrées dans les lots de témoin non traités à l'huile essentielle de romarin ou une moyenne de 12,52%.

Kaloma et al. (2008) a constaté que la poudre de *Tagetes minitiflora* s'est révélée plus efficace sur les graines de haricot avec une perte en pois inférieure à 5%.

Goucem-Khelfane (2014) a noté que l'utilisation des poudres végétales réduit fortement les pertes en poids des graines de haricot au fur et à mesure que les doses augmentent, la perte en poids maximale est observée au niveau du lot témoin non traité avec les huiles essentielles.

1.1.2.2. Effet insecticide sur le taux de germination des graines

La figure 29 illustre les résultats de l'effet du traitement avec l'huile essentielle de romarin sur le pouvoir germinatif des graines de pois chiche.

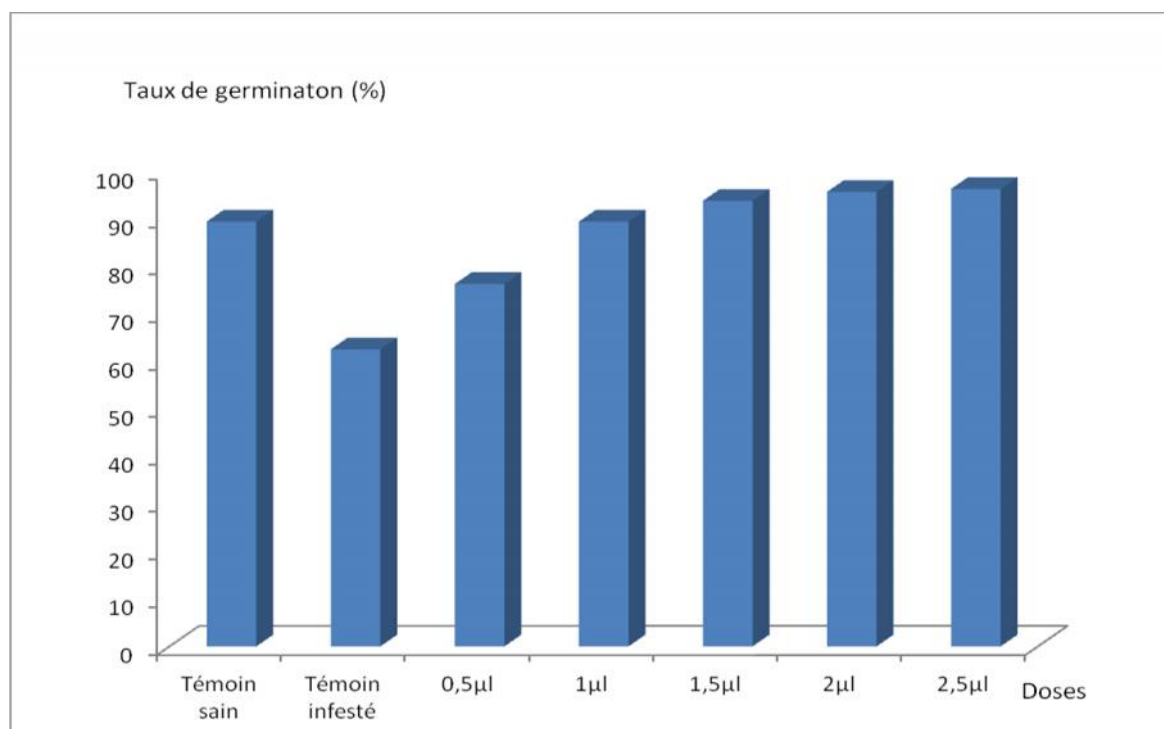


Figure 29. Taux de germination des graines de pois chiche traitées avec l'huile essentielle de romarin utilisée par contact.

D'après cette figure, nous observons que le taux de germination des graines de pois chiche augmente avec l'augmentation des doses du traitement utilisé et que le taux de germination dans le témoin sain ($89 \pm 3\%$) est plus élevé par rapport au témoin infesté ($60 \pm 0\%$).

Par contre à la dose $0,5\mu\text{l}$, le taux de germination est en moyenne de 76% ; celui-ci augmente à la dose $2,5\mu\text{l}$ enregistrant le taux plus élevé avec une moyenne de 96% .

Pour le paramètre taux de germination des graines, l'analyse de la variance à un seul critère de classification montre une différence significative pour le facteur dose ($P = 0,01527$) (Tableau19). D'ailleurs, le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification de 5% , classe les 6 doses utilisées (D0, D1, D2, D3, D4, D5 et D6) 2 groupes homogènes A et B plaçant le témoin ($0\mu\text{l}$) dans le groupe B, la dose $0,5\mu\text{l}$ dans les deux groupes homogène A et B et le reste des doses ($1\mu\text{l}$, $1,5\mu\text{l}$, $2\mu\text{l}$ et $2,5\mu\text{l}$) dans le groupe homogène B (Tableau 20).

Tableau 19: Résultats de l'analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre germination des graines de pois chiche traités avec l'huile essentielle de romarin utilisée par contact.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var.Totale	6516,741	27	241,361				
Var.Facteur 1 (Dose)	3246,428	6	541,071	3,474	0,01527		
Var. Résiduelle 1	3270,313	21	155,729			12,479	14,73%

Tableau 20. Résultats du test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification de 5% concernant l'effet du facteur dose de l'huile essentielle de romarin sur la germination des graines de *Cicer arietinum* L.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
5.0	D4	95,625	A	
4.0	D3	93,75	A	
7.0	GS	89,375	A	
3.0	D2	89,375	A	
6.0	D5	86,25	A	
2.0	D1	76,25	A	B
1.0	D0	62,5		B

Discussion

Les résultats obtenus dans nos expériences sur l'effet insecticide de l'huile essentielle de romarin sur le pouvoir germinatif des graines de pois chiche montrent qu'elle réduit les dommages causés par la bruche sur la graine.

Ces résultats corroborent avec ceux de plusieurs auteurs notamment ceux de **Righi-Assia et al. (2010)** qui ont prouvé que l'utilisation de l'huile essentielle de thym et la poudre de santolina contre la bruche chinoise permet de préserver le pouvoir germinatif des graines de *C. arietinum*.

Aussi, **Goucem-Khelfane (2014)** constate que les huiles essentielles préservent la faculté germinative des graines de haricot ; des pourcentages de germinations observés aux fortes

doses (2 μ l ou 8 μ l) utilisées contre *A. obtectus* sont proches de ceux obtenus sur des graines saines (environ 90%).

Aiboud (2011) a traité les graines de niébé contre *C. maculatus* avec les huiles essentielles extraites de *Myrtus communis*, *T. vulgaris*, *O. vulgare*, *Eucalyptus smithii*, *Pimenta rocemosa*, *O. basilicum* et *Syzygium aromaticum* ; Ses résultats ont révélé qu'elles ont une activité très hautement significative sur la réduction des pertes en poids des graines en constatant que la faculté germinative des graines traitée aux fortes doses est très élevée, étant donné que l'émergence des adultes de *C. maculatus* est faible.

D'après **Hamdani (2012)**, le taux de germination est en relation directe avec le nombre de larves développées par la graine et l'émergence des adultes d'*A. obtectus*, la faculté germinative des graines de haricot traitées avec les plus fortes doses des huiles essentielles de Rutacée est considérablement élevée vu que l'émergence des adultes est faible ou nulle. Ainsi, le taux de germination est supérieur à 90% à partir de la dose (4 μ l) pour l'huile essentielle de bigaradier et il est supérieur à 80% des la dose de 6 μ l pour les autres huiles (de citron, pamplemousse et d'orange), alors qu'il est inférieur à 10% pour les lots non traités.

1.2. Effet insecticide de l'huile essentielle de romarin par inhalation

Les résultats de l'effet insecticide par inhalation de l'huile essentielle de romarin sur la mortalité des adultes de *C. chinensis* sont présentés dans la figure suivante.

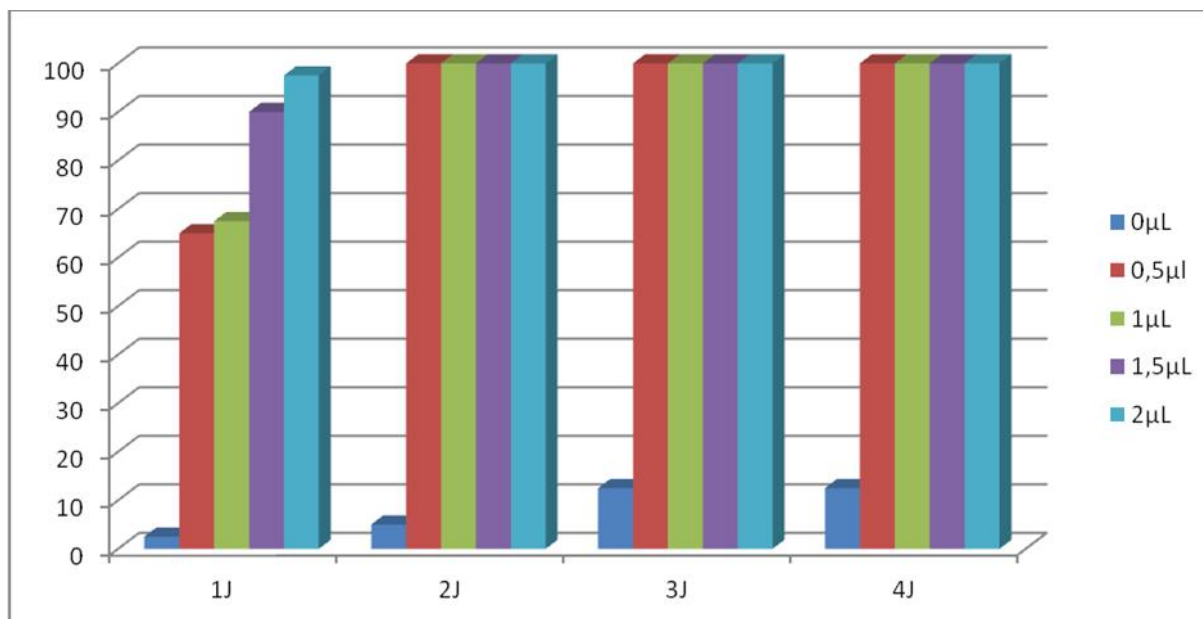


Figure 30. Variations des taux moyens de mortalité des adultes de *C. chinensis* traitées par inhalation avec l'huile essentielle de *R. officinalis* en fonction des doses et de la durée de traitement.

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 de romarin utilisée par inhalation.

Le taux de mortalité dans les lots témoins (0μl), est de 2,5 % enregistré après 24h d'exposition, par contre à la dose 0,5μl, 1μl et 1,5μl nous avons enregistré un taux de mortalité de 100% après 48h d'exposition. Avec la dernière dose qui est de 2μl, nous avons constaté une mortalité de 100% après 24h d'exposition.

L'huile essentielle de romarin présente un effet insecticide important par inhalation sur la mortalité de la bruche chinoise.

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 ($P=0,00759$) (Tableau 21).

Tableau 21: Résultats de l'analyse de la variance à deux facteurs de classification au seuil de 5% pour le paramètre mortalité des adultes de *C. chinensis* traités avec l'huile essentielle de romarin par inhalation.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	26218,44	19	1379,918				
Var. Facteur 1(Dose)	24348,13	4	6087,031	102,249	0		
Var. Facteur 2(Temps)	1155,938	3	385,313	6,472	0,00759		
Var. Résiduelle 1	714,375	12	59,531			7,716	9,94%

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, 1 μ l, 1,5 μ l, 2 μ l et 2,5 μ l) sont classées dans le groupe A, et le témoin (0 μ l) dans le groupes homogènes B (Tableau 22)

Tableau 22. 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 romarin par inhalation

F1	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes	
5.0	d4	99,375	A	
4.0	d3	97,5	A	
3.0	d2	91,875	A	
2.0	d1	91,25	A	
1.0	d0	8,125		B

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification de 5%, classe le facteur temps dans 2 groupes homogènes A et B. Les temps t2, t3 et t4 sont représentés dans le groupe homogène A, le t1, le plus court, est classé dans les deux groupes B (Tableau23).

Tableau 23: 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 romarin par inhalation

F2	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes	
3.0	t3	82,5	A	
4.0	t4	82,5	A	
2.0	t2	81	A	
1.0	t1	64,5		B

Discussion

Nos résultats sont accord avec ceux rapportés par certains auteurs qui ont mis en évidence l'efficacité de nombreuses huiles essentielles par inhalation sur les ravageurs des denrées stockées.

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 *R. officinalis* que nous avons appliqué sur le même ravageur.

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.

Aliane et Imrazene (2020) 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.

El-Nahl et al. (1989) ont testé l'effet toxique des vapeurs des huiles essentielles d'*Acorus calamus L.* de l'Inde ; ils ont relevé que *C. chinensis L.* était le plus sensible comparativement à *Sitophilus granarius L.*, *Sitophilus oryzae L.*, *Tribolium confusum* et *Rhyzoperta dominica F.* et le facteur influençant l'efficacité des vapeurs était la durée d'exposition.

Tapoundjou et al. (2002) ont montré qu'un matériel végétal broyé et l'huile essentielle de *Chenopodium ambrosioides* (fausse-ambrosie) ont réduit de 80 à 100% les densités des populations de *C. chinensis* (bruche de pois chiche), *A. obtectus* (bruche d'haricot), *Sitophilus granarius* et de *Prostephanus truncatus* de certaines denrées stockées (Mais, blé, petit pois, haricot blanc et haricot mungo), 24 heures après application d'une dose de 0,2µl/cm².

Taleb-toudert (2015) a montré que l'utilisation de l'huile essentielle de *R. officinalis* par fumigation cause un taux de 100% de mortalité des adultes de *C. maculatus* après 72h d'exposition.

Benazzedine (2010) a montré que les huiles essentielles de *R. officinalis*, *Mentha viridis* et *thymus vulgaris* agissent par inhalation sur les adultes de *Sitophilus oryzae* et *Tribolium confusum*. En effet, les huiles essentielles de romarin et la menthe provoquent une mortalité de 100% à la dose de 9.10⁻³ / cm³ après 24 heures de traitement de adultes de *T. confusum*. L'huile essentielle de Thym provoque une mortalité totale des adultes de *T. confusum* après 120h de même dose.

Selon **Lakrous (2018)**, l'huile essentielle de *R. officinalis* présente un effet toxique vis-à-vis des mâles et femelles du bruchus de la fève (*Bruchus rufimanus*) par inhalation avec un taux de 100% de mortalité à la plus forte dose de 4µl, au bout de 12h d'exposition pour les deux sexes.

Par ailleurs, **Bouchikhi Tani (2011)** a confirmé que les huiles essentielles de l'Armoise et de romarin présentent une activité insecticide par inhalation et entraînent un effet significatif au niveau de système nerveux des insectes.

Ghenai et Aouidet (2016) ont montré que les deux huiles essentielles de romarin et de Menthe verte sont très toxiques par inhalation sur *T. confusum*, après 24h de traitement. Ils ont provoqué 100% de mortalité.

Les travaux de **Regnault-Roger (1994)** montrent que l'huile essentielle de laurier noble, menthe, basilic, muscade, sarriette et romarin ont une toxicité inhalatrice sur les adultes d'*A. obtectus* due à la constitution majoritaire des huiles essentielles qui sont des composées mono-terpéniques et dérivés isoprénoides comme est le cas pour l'huile que nous avons utilisé dans la présente étude.

1.3. Effet insecticide de l'huile essentielle de romarin par répulsion

Les résultats de l'effet répulsif de l'huile essentielle de romarin à l'égard des adultes de *C. chinensis* après 30 min d'exposition à différentes doses (0,5µl, 1µl, 1,5µl) est présenté dans la figure suivante.

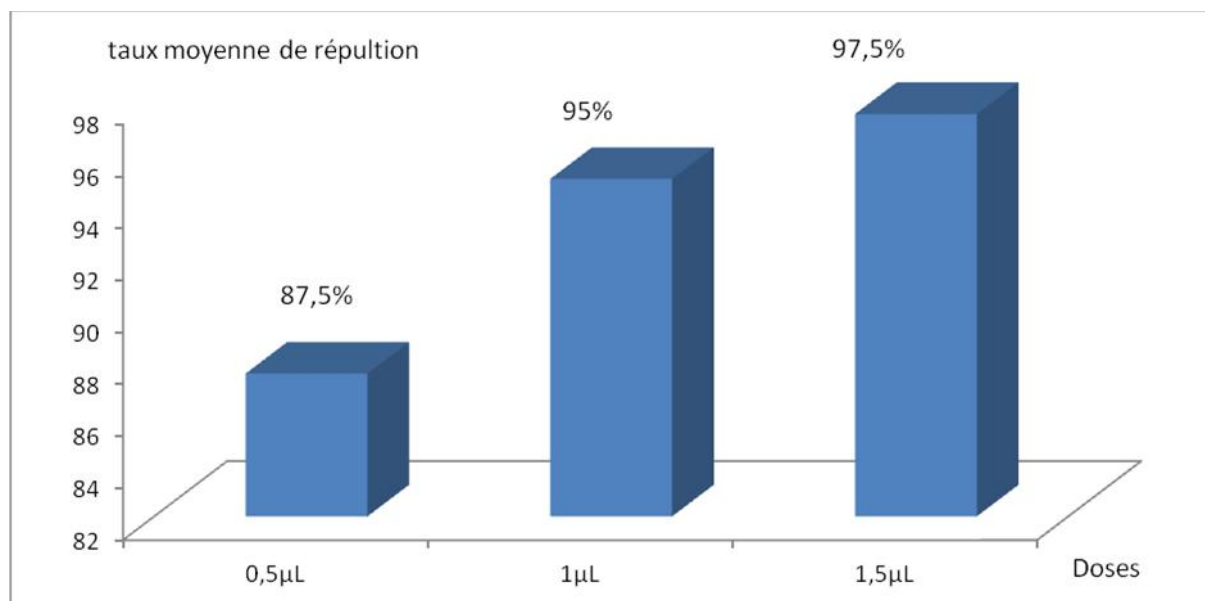


Figure 31. Taux moyen de répulsion de l'huile essentielle de *R. officinalis* à l'égard des adultes de *C. chinensis* après 30min d'exposition aux différentes doses.

Il ressort de cette figure que le taux de répulsion augmente au fur et à la mesure que les doses de l'huile essentielle utilisée augmentent. Nous avons enregistré un taux moyen de répulsion de 87,5% à la dose de 0,5µl qui augmente graduellement pour atteindre une valeur de 97,5% à la dose de 1,5µl.

Cependant, l'analyse de la variance à un seul critère de classification révèle qu'il n'y a pas de différence significative ($P= 0,27399$) entre les différentes doses testées (Tableau 24).

Tableau 24: 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 romarin à l'égard des adultes de *C. chinensis*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var.Totale	866,667	11	78,788				
VAR.FACTEUR 1(Dose)	216,667	2	108,333	1,5	0,27399		
Var.Residuelle 1	650	9	72,222			8,498	9,11%

Discussion

Nos résultats rejoignent ceux de plusieurs auteurs qui ont révélé le pouvoir répulsif de plusieurs plantes aromatiques à l'égard de nombreux ravageurs insectes notamment ceux des denrées stockées.

Pour leur part, **Kumar et al. (2009)** ont observé un taux de répulsion de l'huile essentielle de *Mentha longifolia* (Lamiacées) contre les adultes de la bruche chinoise (*C. chinensis*) qui est de 85%.

Kumar (2014) a testé également 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 il a montré que le taux de répulsion est de 63,75% respectivement.

Aliane et Imrazene (2020) ont aussi constaté que le taux de répulsion des adultes de *C. chinensis* augmente au fur à mesure que les doses de l'huile essentielle utilisée augmentent. Elles ont enregistré un taux moyen de répulsion de l'huile essentielle de la menthe pouliot de 35% à la dose 0.5 μl qui augmente graduellement pour atteindre une valeur maximale de 85% à la dose 1.5 μl .

Des résultats similaires sont observés par **Acheraiou et Kaced (2019)** qui ont noté une activité répulsive des deux huiles essentielles testées à l'égard des adultes de *C. chinensis* qui augmente au fur et à mesure que les concentrations de l'huile essentielle augmentent variant de 45% à 80% pour l'huile essentielle de la menthe poivrée dont le taux moyen de répulsion est de 65%, et de 10% à 75% pour l'huile essentielle de la sauge officinale avec un taux moyen de répulsion de 42,5%.

Ouchekdhidh-Ourlissene (2014) a montré l'activité répulsive des huiles essentielles extraites de la menthe poivrée, du thym et du romarin à l'égard de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus*. L'auteur a enregistré les taux de répulsion les plus élevés pour le thym et la menthe poivrée qui sont de 71.25% et 68.75% respectivement. Le taux de répulsion obtenu pour le romarin est nettement inférieur à celui que nous avons obtenu sur *C. chinensis* ce qui pourrait être expliqué, par des différences de sensibilité des deux bruches à l'huile essentielle utilisée. D'après **Taleb-Toudert (2015)**, les huiles essentielles extraites de quatre espèces de lamiacées ont montré une activité répulsive sur les adultes de *C. maculatus*, des la dose 4 μl ; un effet moyennement répulsif est observé mais cet effet croit avec l'augmentation de la dose,

jusqu'à atteindre les taux respectifs de 77,81% pour *R. Officinalis* ; 75% pour *A. triphylla* ; 79,68% pour *O. basilicum* et 68,75% pour *M. spicata*.

Papachristos et Stamopoulos (2002) ont montré que 5 huiles essentielles dont celle du romarin (*M. viridis*, *E. globulus*, *M. microphilla*, *R. officinalis* et *L. hybrida*) ont manifesté des effets répulsifs importants sur les adultes d'*A. obtectus*.

Kellouche et al. (2010) ont signalé que les huiles essentielles de *Citrus mendurensis*, *Mentha officinalis*, *M. piperita* et *Melaleuca vidiflora* sont répulsives vis-à-vis de *C. maculatus*.

Les travaux réalisés par **Goucem-Khelfane (2014)** sur l'effet répulsif des huiles essentielles de neuf plantes aromatiques à l'égard d'*A. obtectus* font ressortir que les huiles essentielles de *laurus nobilis*, *Mentha piperita*, *Lavandula angustifolia*, *Citrus reticulata* et *C. bergamia* sont répulsives avec des taux répulsifs de 73,75% ; 71,25% ; 63,75% et 61,87% et que les huiles essentielles de *thymus satureioides* (53,75%) ; *Eucalyptus globulus* (51,25%) et *Citrus limonum* (43,75%) sont moyennement répulsive.

Ce travail vise l'évaluation de l'effet biocide de l'huile essentielle de romarin (*Rosmarinus officinalis*) sur les adultes de la bruche chinoise *C. chinensis* qui cause des dégâts considérables sur les denrées stockées et ce à travers trois tests par contact, par inhalation et par répulsion .

Nos résultats ont mis en évidence la toxicité de l'huile essentielle de romarin utilisée vis-à-vis des adultes de *C. chinensis* qui diffère selon les modes d'application (contact, inhalation et répulsion) et en fonction des différents doses de l'huile essentielle utilisées ainsi que de la durée d'exposition.

L'huile essentielle de *R. officinalis* présente un effet insecticide important par contact qui se manifeste à travers différents paramètres biologiques de *C. chinensis* à savoir la mortalité des adultes, la fécondité des femelles, le taux d'éclosion et l'émergence des adultes ; ainsi que les paramètres de la graine (pertes en poids et le taux de germination des graines).

Il ressort que la mortalité des adultes de *C. chinensis* augmente avec l'augmentation des doses de l'huile essentielle de romarin et une mortalité de 100% est enregistrée au 3^{ème} jour à la plus faible dose (2,5µl), La fécondité des femelles de *C. chinensis* et le taux d'éclosion des œufs diminue avec l'augmentation des doses de l'huile essentielle utilisé. Le taux d'émergence des adultes et la perte en poids sont complètement inhibées dès la plus faible dose. Par contre, le taux de germination des graines traitées avec l'huile essentielle de romarin augmente avec l'augmentation des doses utilisées. Ce qui suggère que l'utilisation de cette huile essentielle protège les graines et leur pouvoir germinatif.

L'huile essentielle de *R. officinalis* 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 48h 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 *R. officinalis* est très répulsive avec un taux moyen de répulsion de 93,33%.

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

Ce travail, rentrant dans le cadre de l'utilisation des huiles essentielles extraites à partir des plantes aromatiques comme insecticide dans la protection des récoltes, nous ouvre de larges perspectives.

Parmi ces perspectives, il serait intéressant de tester d'autres huiles essentielles ayant des propriétés insecticides vis-à-vis de la bruche chinoise et d'autres ravageurs qui se trouvent dans les lieux de stockage des graines et d'étudier l'impact de ces bio-pesticides sur la qualité des différents substrats alimentaires infestés par ces insectes ravageurs.

Références bibliographiques

- 1-Abdelguerfi-Laouar, M., Bouzid, L., Zine, F., Hamdi, N., Bouzid, H., Zidouni, F. 2001.** Evaluation de quelques cultivars locaux de pois chiche dans la région de Béjaia. *Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie*, 9, 31-42.
- 2-Acheraiou L., Kaced S. 2018.** Activité insecticide des huiles essentielles de la Menthe poivrée et la sauge sur la bruche chinoise (*Callosobruchus chinensis* L.) (Coleoptera : Chrysomelidae) (Tizi-Ouzou).Mémoire master. UMMTO, 39p.
- 3-Aguilard J. 1964.** Protection des cultures ; Atlas des ennemis et maladies, planche 25. Edition. Paradis, France.
- 4-Ait Aider F. 2016.** Activité Biologique des Principaux Constituants de l'Huile d'Olive de Kabylie sur *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae) (Tizi-Ouzou). Thèse doctorat. UMMTO, 99p.
- 5-Aliane T., Imerazene O. 2019.** 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) (Tizi-ouzou). Mémoire master. UMMTO, 47 p.
- 6-Amari N. 2012.** Etude du choix de ponte de la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* en présence de différentes variétés de haricot et de pois chiche, et influence de quelques huiles essentielles (Cèdre, Ciste et Eucalyptus) sur l'activité biologique de l'insecte (Tizi-ouzou). Mémoire master. UMMTO, 83 p.
- 7-Anton R. et Lobstein A. 2005.** Plantes aromatiques. Epices, Aromates, Condiments et huiles essentielles. Tec. Et DOC. Paris. 522 p.
- 8-Aoudjit K.,Sahouane C. 2015.** Etude de la rémanence de l'action de l'huile d'olive et de l'acide oléique comme biopesticide à l'égard de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae), Utilisation de deux substrats : (le Niébé et le Pois chiche) (Tizi-ouzou). Mémoire master.UMMTO, 54p.
- 9-Appert J. 1992.**Le stockage des produits vivriers et semenciers. Ed Maisonneuve et Larose, Paris, 129 p.
- 10- Arthur F.H. 1996.** Grain protectants : current statut and prospects for the future. *Journal of Stored product Research* Vol. 32, pp. 203-293.
- 11- 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.

Références bibliographiques

- 12- Balachowsky A.S. 1962.** Entomologie appliquée à l'agriculture, les Coléoptères. Ed.Masson et Cie, Paris. T1, 564p.
- 13- Bacon J., Clifton C., Connor D., Foster S., Graue J., Loyer J., Moorachian M. 2013.** 500 Plantes comestibles : Histoire botanique alimentation. Ed. Delachaux et Niestlé, Paris. 360p.
- 14- Bejjiga G. et Vander Maesen L. J. G., 2006.** *Cicer arietinum* L. PROTA <https://www.prota4u.org/database/protav8.asp?g=pe&p=Cicer+arietinum+L>.
- 15- Beniston. Nt .Ws. 1984.**Fleurs d'Algérie. Ed. E. N. L. Alger.359p.
- 16- Benazzeddine S. 2010.** Effet insecticide de cinq huiles essentielles vis- à - vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera; Curculionidae) et *Tribolium confusum* (Coleoptera; Curculionidae). Ecole nationale supérieure agronomique El- Harrach d'Alger, Mémoire Online
- 17- Benzohra, I. E. 2009.** Contribution à l'étude d'*Ascochyta rabiei* (Pass.) Labr., agent causal de l'antracnose du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) : Caractérisation morphologique et étude du pouvoir pathogène. Thèse de Magister Université de Mostaganem
- 18- Bouchez C. 1985.** Perspectives de développement de la culture du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) dans le bassin méditerranéen. Mémoire de DUEA, ENSA Montpellier.
- 19- Bouchikhi Tani Z., Bendahou M., Khellil M.A. 2010.** Lutte contre la bruche *Acanthoscelides obtectus* et la mite *Tineola bisselliella* par les huiles essentielles extraites de deux plantes aromatiques d'Algérie. *Lebanese Science Journal*(11)1 : 55-9-223. 68.
- 20- Bonnemaïson L. 1962.** Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forêts. Tome 2, pp. 129-132.
- 21- Bruneton J. 1999.** Pharmacognosie, phytochimie et plantes médicinales. 3eme Ed. Tec. & Doc., Paris. 1268p.
- 22- Caswell G. H. 1961.** The infestation of cowpea in the western region of Nigeria. *Tropical sciences* 3: 154 – 158.
- 23- Chekroun C. 2011.** Etude des effets des filtrats de culture d'*Ascochyta rabiei* (Pass) Lab., agent de l'antracnose sur des cals de *Cicer arietinum*. Thèse de magister, Université d'Oran.4p.
- 24- Couic-Marinier F., Lobstein A. 2013.** Les huiles essentielles gagnent du terrain à l'officine. Actualités pharmaceutiques.
- 25- Cronquist A. 1981.** An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University, Paris, New york 126p.

Références bibliographiques

- 26- Cruz J. F., Troude F., Griffon D., Heber J. P. 1988.** Conservation des graines en région chaudes, (technique rurales en Afrique), 2Ed, Ministère de la coopération et du développement, Paris France, 545 p.
- 27- Cubero J.I. 1987.** Morphology of chickpea in the chickpea eds : SAXENA.MC et SINDH K.B.Jacquard.B, 1975 pp: 35 – 66.
- 28- Delille L. A., 2010.** Les plantes médicinales d'Algérie. 2ème éd. BERTI. 239 P.
- 30- Delobel A., Tran M. 1993.** Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. Ed. ORSTOM. pp. 312-316.
- 31- Ducke J.A. 1981.** Handbook of legumes of world economic importance. Plenum Press, New York and London.
- 32- Ducom P. 1987.** Dernières tendances dans la protection des graines stockées. Défense des cultures PHYTOMA. 385 : 38 – 39 p.
- 33- F.A.O. Stat, 2016.** Statistical database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/fr/#data>
- 34- 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.
- 35- 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.
- 36- Erroux J. 1975.** Agronomie méditerranéenne. Le milieu méditerranéen et ses problèmes. Les cultures Verviers en Algérie, Tome I.
- 37- Fleurat-Lessard. 1982.** Autres méthodes de lutte contre les insectes et acariens des denrées stockées. *Coed. AFNOR. I.T.C.F.* Paris: 67 – 81 .
- 38- Goucem-Khelfane K. 2014.** Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles et des poudres de quelque 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.
- 39- 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.
- 40- Guignot F. 1957.** Faune de France. Coléoptère hydro canthares, Paris, 424p.

Références bibliographiques

- 41- Hamadache .A. 2000.** Etude de la période de compétition des mauvaises herbes vis-à-vis d'une culture de pois chiche. Céréaliculture. n°22.Ed-ITGC EL-HARRACH Alger : 13
- 42- 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.
- 43- 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.
- 44- ITGC. 2018.** La culture de pois chiche en Algérie. Document de vulgarisation. Alger, 22p.
- 45- 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.
- 46- 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
- 47- Kellouche A., Soltani N. 2004.** Activité de reproduction et capacité de développement de la descendance de *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera : Bruchidae) dans les graines de différents cultivars de *Vigna unguiculata* (Walp.) et *Cicer arietum* (L.). *International Journal of Tropical Insect Science*, Vol. 24 (4): 304-310.
- 48- KELLOUCHE, A. 2005.**Etude de la bruche du pois-chiche, *Callosobruchus muculatus* (Coleoptera : bruchidae) : Biologie, physiologie, reproduction et lutte. Thèse. Doc d'état Univ. Tizi-Ouzou, Algérie. 154p
- 49- 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.
- 50- Lakrous L. 2017.** Effet insecticide de l'huile essentielle de romarin *Rosmarinus officinalis* sur la longévité des adultes mâles et femelles de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* Bohman, 1833 (Coleoptera : Chrysomelidae : Bruchinae) dans la période de diapause. Mémoire master.UMMTO. 38p.
- 51- Lapesme P. 1944** Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Ed. Paul le chevalier Paris, 335 P.

Références bibliographiques

- 52- Leport L., Turner, Davies S.L., K.H.M. Siddique. 2006.** Variation in pod production and abortion among chickpea (*Cicer arietinum* L.) Leaves. *Plant and Soil*, 144(2) : 177-189.
- 53- Mamou . 2003** Contribution à l'étude insecticide de deux huiles essentielles et de la deltaméthrine sur le charançon du riz. *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera curculionidae). Mémoire d'ing. Univ. Mouloud Mammeri T.O.p65.
- 54- Mc Donald L.L., Guyr H., Speire R. D. 1970.** Preliminary evaluation of new can diol acematerial sastroxicants, sepellent and attracts against tsto reproduction sect marketing Res. 189 p.
- 55- 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. *Ocimum canum* Sims (Lamiaceae), for protection against postharvest damage by *Ostrobothnia*. Oulu University Press, Finland, 52 p.
- 56- Mukendi et al. J. Appl. Biosci. 2016.** Dégâts des bruches sur le pouvoir germinatif des graines de quatre variétés de Niébé infesté pendant 60 jours à Ngandajika Journal of Applied Biosciences 98:9323 – 9329 ISSN 1997–5902 Dégâts des bruches sur le pouvoir germinatif des graines de quatre variétés de Niébé infesté pendant 60 jours à Ngandajika Robert Mukendi K1 , Richard Ntanga N1 , Stephane Kaseba K, Théophile Tshamala N1 , Alphonse Kamukenji2, Germain Mpoyi K2
- 57- 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.
- 58- Obaton M. 1983** Fichier technique de la fixation symbiotique de l'azote légumineuse Rhizobium. F.A.O. Rome
- 59- Papachristos D.P., Stamopoulos D.C. 2004.** Fumigant toxicity of three essential oils on theeggs of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae. *Journal of Stored Products Research* 40: 517-525.
- 60- Ploux V. 1985.**Contribution à l'étude de la formation du rendement (*Cicer arietinum*). L'influence de génotype et du milieu. D.E.A ENSA. Montpellier 85p.
- 61- Regnault-Roger C., Hamraoui A. 1994.** Inhibition of reproduction of *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera) a kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) bruchid, by aromatic essential oils. *Crop Protection* 13: 624-628.

Références bibliographiques

- 62- 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.
- 63- 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.
- 64- Saxena M. C., 1990.** Status of chickpea in Mediterranean basin. CIHEAM, Options Méditerranéennes. 9, pp: 17-24.
- 65- Scotti G., 1988.** Les insectes et les acariens des céréales stockées. Co. Ed. Afnor- I. T. F., 238p.
- 66- 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.
- 67- Teuscher E., Anton R., Lobstein A., 2005.** Plantes Aromatiques (épices, aromates, condiments et huiles essentielles).Edition Tec et Doc. Paris. Edition. E.M. inter. Allemagne. P : 266
- 68- TUNC 2000** Activité ovicide des huiles essentielles de cinq plantes contre deux insectes de produit stocké. *Journal of Stored Products Research* Volume 36, Issue 2, Avril 2000, pages 161-168
- 69- Van Der-Maessen L. J. G.1984.** “Taxonomy, distribution and evolution of the chickpea and its wild relatives”. In “genetic resources and their exploitation, chickpea, faba beans and lentils”. pp: 95-104. J. R.WITCOMBE and W.ERCHINE Eds, martinusnighoff Neder lands for ICARDA, 1984.
- 70- Van Der-Maessen L. J. G.1987.** Origin, history and taxonomy of chickpea. *In: SAXENA M.C., SINGH K.B., Ed .The Chickpea.* pp: 11-37.
- 71- Zaghouane O., 1997.** La situation actuelle et les perspectives du développement de légumineuses alimentaire en Algérie, le développement et le rendement en grain du pois chiche (*Cicer arietinum* L) .céréaliculture. N° 28.Ed, IGTC. Pp: 13- 17.

LISTE DE TABLEAUX

Liste des figures

SOMMAIRE

INTRODUCTION

CHAPITRE I

PRESENTATION DE LA PLANTE HOTE

(*Cicer arietinum* L.)

CHAPITRE II

PRésentation de l'insecte ravageur

(Callosobruchus chinensis L.)

CHAPITRE III

Les huiles essentielles

CHAPITRE IV

Matériels et Méthodes

CHAPITRE V

Résultats et discussion

conclusion

Références bibliographiques

Résumé

La bruche chinoise *Callosobruchus chinensis* est un insecte phytophage de la famille des Chrysomelidae originaire d'Asie et vit dans les zones à climat chaud où elle provoque des dégâts des grains stockés. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet insecticide de l'huile essentielles de romarin (*Rosmarinus officinalis*) sur la bruche chinoise utilisée par contact, par inhalation et par répulsion. Cinq doses (0,5µl ; 1µl ; 1,5µl ; 2µl et 2,5µl) sont testées par contact, à l'égard des adultes de *C. chinensis* âgés de 0 à 24h. Le suivi de la mortalité des individus de *C. chinensis* sur plusieurs jours (T1, T2, T3, T4, T5, T6) a permis de constater une croissance de la mortalité au fur et à mesure de l'augmentation des doses où la plus forte dose utilisée (2,5µl) a induit un taux de mortalité de 100% au 3^{ème} jours d'exposition. La fécondité des femelles et le taux d'éclosion des œufs diminue avec l'augmentation des doses ; se répercutant ainsi sur le taux de viabilité qui s'annule dès la plus faible dose (0,5µl) ; par conséquent, la perte en pois des graines est complètement inhibée des la première dose utilisée; alors que le taux de germination des graines augmente avec l'augmentation de la dose. Le traitement par inhalation s'est avéré plus efficace des la plus faible dose (0,5µl) avec un taux de mortalité de 100% enregistré après 48h d'exposition. L'huile essentielle de romarin s'est révélée avoir un effet insecticide très répulsif avec un taux moyen de répulsion de 93,33%. Il ressort de notre étude que huile essentielle de romarin présente des propriétés insecticides remarquables par contact et par inhalation sur la bruche chinoise *C. chinensis* et peut par conséquent constituer un moyen de lutte alternatif contre ce ravageur dans les lieux de stockage des grains de légumineuses.

Mots-clés: *Callosobruchus chinensis*, *Cicer arietinum*, *Rosmarinus officinalis*, Huile essentielle, Insecticide, Lutte.

Absract

Callosobruchus chinensis is a phytophagous insect belonging to Chrysomelidae family, it's of Asian origin and lives in hot climates. The main objective of this study is to evaluate the biocide effect of rosemary essential oil (*Rosmarinus officinalis*) towards *C. chinensis*, by contact, inhalation and repulsion. Five doses (0,5µl, 1µl, 1,5µl, 2µl and 2,5 µl) were tested upon *C. chinensis* adults of 0 to 24hours old. Monitoring mortality of *C. chinensis* individuals over several days (T1, T2, T3, T4, T5 and T6) allowed to observe an increase in mortality wich increases progressively with doses where the highest dose used (2,5µl) revealed a mortality rate of 100% after the 3rd day exposure. Females fecundity and egg hatchability decrease with increasing doses of the treatment affecting thus egg viability; consequently, rosemary essential oil inhibited completely seeds weight losses from the lowest dose (0,5µl) ; while germination rate increased with increasing doses. Inhalation treatment was found to be most effective at the most reliable dose (0,5µl) with a mortality rate of 100% recorded after 48 hours exposure. Rosemary essential oil found to have a very repellent insecticidal effect with a mean repellency rate of 93,33%. It results from our study that both oils have remarkable insecticide properties by contact and inhalation towards *C. chinensis* and could therefore be an alternative mean to control grain legumes in storage against this pest.

Key-words: *Callosobruchus chinensis*, *Cicer arietinum*, *Rosmarinus officinalis*, Essential oil, Insecticidal, Control.