

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

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

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master en science agronomique

Spécialité : Protection des végétaux

THEME

Activité insecticide des huiles essentielles de la sauge
officinale (*Salvia officinalis* L.) et la menthe poivrée
(*Mentha piperita* L.) à l'égard des adultes de la bruche
chinoise *Callasobruchus chinensis* L. (Coleoptera :
Chrysomelidae).

Présenté par :

- ❖ M^{lle} CHABNI Siham
- ❖ M^{lle} BELABBAS Amina

Soutenu devant le jury composé par :

Présidente	M ^{me} BENOUFELLA-KITOUS Karima	Professeur	UMMTO
Promotrice	M ^{me} KHELFANE-GOUCHEM Karima	MCA	UMMTO
CO- PROMOTRICE	M ^{me} MEHALLI- OULDKADI Naima	Doctorante	UMMTO
Examinatrice	M ^{me} CHERIFI Assia	MCB	UMMTO

Année universitaire : 2021 /2022



REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord, à remercier Dieu le tout puissant pour nous avoir donné santé, force, courage et volonté de continuer nos études et de mener à bien ce modeste travail.

*Nos vifs et sincères remerciements vont à Madame **KHELFANE-GOUCHEM K.**, Maitre de Conférences classe A à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour avoir proposé, encadré et dirigé ce travail. Il s'agit pour nous un immense honneur de lui exprimer nos remerciements et notre gratitude pour ses connaissances apportées, sa disponibilité, ses conseils, ses orientations, sa modestie et pour l'intérêt bienveillant manifesté pour notre travail.*

*Nous adressons notre gratitude à Madame **BENOUFELLA-KITOUS K.**, Professeur en Biologie à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, qui nous fait l'honneur de présider ce jury. Nous lui exprimons notre profonde reconnaissance.*

*Nos remerciements les plus sincères sont, également, adressés à Madame **CHERIFI A.**, Maitre de Conférences classe B à l'université de Bouira, d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nous tenons aussi à remercier Madame **MEHALLI- OULDKADI N.**, Doctorante à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour ses conseils et son aide.*

*Nous remercions aussi M^{elle} **LAUDI T.**, Doctorante à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour son aide dans la réalisation de l'analyse statistique.*

Nous remercions vivement l'ensemble de nos enseignants au sein du département des sciences agronomiques, ainsi que toute l'équipe du laboratoire et de la bibliothèque pour leurs disponibilités à notre égard.



Nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Avec l'aide d'Allah le tout puissant, j'ai pu achever ce modeste travail que je dédie :

A mes agréables parents qui ont beaucoup sacrifié pour que je puisse arriver à ce stade là, que dieux vous protège et vous accorde une longue vie.

A mes chères sœurs Karima, Naima, Narimane en signe de l'affection et du grand amour que je vous porte, les mots sont insuffisants pour exprimer ma profonde estime.

A mes chers frères Amine, Abderrahmane et mon cher cousin Sofiane qui m'ont aidé à établir ce projet et qui m'ont tenu la main et m'ont soutenu.

A ma camarade Siham et sa famille.

A tous(tes) mes amis(es) en particulier Sabrina, Thinhinane, Fahima et Naima.

Aux personnes qui ont su être à mes cotés et m'ont soutenu durant les moments difficiles de loin ou des prés.

Au final je tiens à dire : ça n'a pas été facile, mais j'y suis arrivée.



B. Amina

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A ma très chère mère, lumière et amour de ma vie. Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurais point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes cotés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles. Puisse Dieu tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A mon très cher père, l'homme de ma vie. Tu as toujours été à mes cotés pour me soutenir et m'encourager. Que ce travail traduise ma gratitude et mon affection. Puisse Dieu vous préserver et vous procurer santé et bonheur.

A mon frère aimé Ahmed qui n'pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études et dans ma vie, que dieu le protège et lui offre chance et bonheur.

A mes chères sœurs, Kenza, Narimane, Ania, en signe de l'affection et du grand amour que je vous porte, les mots sont insuffisants pour exprimer ma profonde estime.

A l'âme de ma chère Fahima qui été comme ma deuxième mère pour moi, puisse Dieu l'accueillir en son vaste paradis

A toute ma famille paternelle et maternelle.

A tous(tes) mes amis(es) en particulier Nina et Amina.

Aux personnes qui ont su être à mes cotés et m'ont soutenu durant les moments difficiles de loin ou des prés.

Au final je tiens à dire : ça n'a pas été facile, mais j'y suis arrivée.



Ch. Siham

Liste des Figures

Figure 01. Répartition de la culture de pois chiche (type Kabuli et Desi) dans le monde (Kingh et <i>al.</i> , 2007).	5
Figure 02. Racine du pois chiche <i>Cicer arietinum</i> L. (Anonyme, 2022).	6
Figure 03. Feuilles du pois chiche <i>Cicer arietinum</i> L (Anonyme, 2022).	7
Figure 04. Fleur blanche(A); Fleur violet(B) du pois chiche <i>Cicer arietinum</i> L. (Isabelle, 2021).	7
Figure 05. Morphologie de la gousse et des graines du pois chiche <i>Cicer arietinum</i> L. (A) Graines sèches (Caroline, 2019) ; (B) Gousse fraîche avec graines (Binette, 2022).	8
Figure 06. Types de graines de pois chiche (Bunyamin, 2015).	9
Figure 07. Pourcentage de production du pois chiche par continent en 2013 (FAO, 2016).	13
Figure 08. Zones d'aptitude à la culture du pois chiche en Algérie (ITGC, 2010).	14
Figure 09. Répartitions mondiale de la bruche chinoise (<i>Callosobruchus chinensis</i>) (CABI, 2022).	16
Figure 10. Œufs de la bruche chinoise <i>Callosobruchus chinensis</i> sur graines de pois chiche sous une loupe binoculaire G X40 (Originale, 2022).	17
Figure 11. La larve de <i>Callosobruchus chinensis</i> au stade L2 sous une loupe binoculaire GX40 (Originale, 2022).	17
Figure 12. La nymphe de <i>Callosobruchus chinensis</i> (a) vue dorsale ; (b) vue ventrale sous une loupe binoculaire G X40 (Kenniche et Amara, 2006).	18
Figure 13. Adultes de <i>Callosobruchus chinensis</i> (a) vue dorsale (Anonyme, 2022) ; (b) vue ventrale sous une loupe binoculaire G X40 (Originale, 2022).	19
Figure 14. Dimorphisme sexuel chez <i>C. chinensis</i> : (Mâle et femelle) sous une loupe binoculaire G ×40 (Originale, 2022).	19
Figure 15. Cycle biologique de la bruche chinoise <i>C. chinensis</i> (Acheraiou et Kaced, 2019).	21

Figure 16. Graines de pois-chiche infestés par la <i>C. chinensis</i> (Originale, 2022).	22
Figure17. Morphologie générale de <i>Salvia officinalis</i> L. (A) Feuilles (Bougrow, 2009), (B) fleurs (Bouguerra, 2012), (C) fruits (Bouhdjera, 2005), (D) Aspect général de la plante (Original, 2022).	31
Figure18. Morphologie générale de <i>Mentha x piperita</i> . (A)Aspect général de la plante (Originale, 2022), (B) feuilles vertes (Anonyme, 2021), (C) Fleur violacée (Arnaud Lerch, 2015).	34
Figure 19. Matériel utilisé au laboratoire pour les différents expérimentations (Originale, 2022).	37
Figur 20. Huiles essentielles de la <i>Salvia officinalis</i> et <i>Mentha piperita</i> utilisées dans les tests de toxicité.	38
Figure 21. Elevage de masse de la bruche chinoise (<i>C. chinensis</i>) (Originale, 2022).	39
Figure 22. Dispositif expérimental du test par inhalation sur les adultes de <i>C. chinensis</i> traités aux huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée (Originale, 2022).	40
Figure 23. Dispositif expérimental du test de répulsion sur les adultes de <i>C. chinensis</i> traités avec les huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée (Originale, 2022).	41
Figure 24. Dispositif expérimental du test par contact sur les adulte de <i>C. chinensis</i> traités à l'huile essentielle de la sauge officinale et de la menthe poivrée (Originale, 2022).	43
Figure 25. Dispositif expérimental du test de germination des graines de pois chiche traitées par contact avec les deux huiles essentielles (la sauge officinale et la menthe poivrée) (Originale, 2022).	45
Figure 26. Taux moyens de mortalité des adultes de <i>C. chinensis</i> traités avec différentes doses de l'huile essentielle de la sauge officinale par inhalation.	46
Figure 27. Taux moyens de mortalité des adultes de <i>C. chinensis</i> traités avec différentes doses de l'huile essentielle de menthe poivrée par inhalation.	48
Figure 28. Taux moyens de répulsion de l'huile essentielle de sauge officinale à l'égard des adultes de <i>C. chinensis</i> après 30 minutes d'exposition aux différentes doses.	54

Figure 29. Taux moyens de répulsion de l'huile essentielle de la menthe poivrée à l'égard des adultes de <i>C. chinensis</i> après 30 minutes d'exposition aux différentes doses (0,5µl, 1µl, 1,5µl).	55
Figure 30. Taux moyen de mortalité (%) des adultes de <i>C. chinensis</i> traités par contact avec différentes doses de l'huile essentielle <i>S. officinalis</i> .	59
Figure 31. Taux moyen de mortalité (%) des adultes de <i>C. chinensis</i> traités par contact avec différentes doses de l'huile essentielle <i>M. piperita</i> .	61
Figure 32. Fécondité moyenne des femelles de <i>C. chinensis</i> après traitement par contact avec différentes doses des huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée.	66
Figure 33. Taux d'éclosion moyen des œufs de <i>C. chinensis</i> après traitement par contact avec différentes doses des huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée.	69
Figure 34. Taux moyen de viabilité des œufs (taux d'émergence des adultes) de <i>C. chinensis</i> traités par contact avec différents doses des huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée.	72
Figure 35. Taux de pertes en poids des graines de pois chiche traitées avec les deux huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée par contact contre les adultes de <i>C. chinensis</i> .	74
Figure 36. Taux de germination des graines de pois chiche traitées avec l'huile essentielle de la sauge officinalis utilisée par contact.	77
Figure 37. Taux de germination des graines de pois chiche traitées par contact avec l'huile essentielle de la menthe poivrée contre <i>C. chinensis</i> .	78

Liste des tableaux

Tableau 01 : composition biochimique du pois chiche pour 100 grammes (Baumgartner, 1998)	12
Tableau 02 : Variétés de <i>Salvia officinalis</i> (Elisabeth et Julien, 2014).	32
Tableau 03 : Composition d'huile essentielle de <i>Salvia officinalis</i> (Wolter, 2007).	33
Tableau 04 : Composition de l'huile essentielle de <i>Mentha x Piperita</i> (Abadlia et Chebbour, 2014).	35
Tableau 05 : Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et al. (1970).	42
Tableau 06 : Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification, au seuil de 5%, pour le paramètre mortalité des adultes de <i>C. chinensis</i> traités par inhalation avec l'huile essentielle de la sauge officinale.	47
Tableau 07 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant le facteur dose de l'huile essentielle de la sauge officinale utilisée par inhalation sur les adultes de <i>C. chinensis</i> .	47
Tableau 08 : Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification, au seuil de 5%, pour le paramètre mortalité des adultes de <i>C. chinensis</i> traités par inhalation avec l'huile essentielle de la menthe poivrée.	48
Tableau 09 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant le facteur dose de l'huile essentielle de la menthe poivrée utilisée par inhalation sur les adultes de <i>C. chinensis</i> .	49
Tableau 10 : Résultats de l'analyse de la variance à trois critères de classification, au seuil de 5%, pour le paramètre mortalité des adultes de <i>C. chinensis</i> traités par inhalation avec les huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée.	49
Tableau 11 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant le facteur dose des deux huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée utilisée par inhalation sur les adultes de <i>C. chinensis</i> .	50
Tableau 12 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant le facteur temps des deux huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée utilisée par inhalation sur les adultes de <i>C. chinensis</i> .	50
Tableau 13 : Nombre d'individus de <i>C. chinensis</i> présents dans la partie traitée et non traitée avec l'huile essentielle de sauge officinale par répulsion.	54
Tableau 14 : Le nombre d'individus de <i>C. chinensis</i> présents dans la partie traitée et non traitée avec l'huile essentielle de menthe poivrée par répulsion.	55

Tableau 15 : Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification, au seuil de 5%, pour le pourcentage de répulsion des adultes de <i>C. chinensis</i> traités avec les huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée.	56
Tableau 16 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant le facteur huile (huiles essentielles de <i>Salvia officinalis</i> et de <i>Menthe piperita</i>) utilisée par répulsion sur les adultes de <i>C. chinensis</i> .	56
Tableau 17 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant le facteur dose des deux huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée utilisée par répulsion sur les adultes de <i>C. chinensis</i> .	57
Tableau 18 : 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 la sauge officinale.	60
Tableau 19 : Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% concernant l'effet de facteur dose de l'huile essentielle de la sauge officinale traitée par contact sur la mortalité des adultes de <i>C. chinensis</i> .	60
Tableau 20 : Résultats de test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% concernant le facteur de temps d'expositions des adultes de <i>C. chinensis</i> à l'huile essentielle de la sauge officinale.	61
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> à l'égard de l'huile essentielle de la menthe poivrée.	62
Tableau 22 : Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% concernant l'effet de facteur dose de l'huile essentielle de la menthe poivrée traitée par contact sur la mortalité des adultes de <i>C. chinensis</i> .	62
Tableau 23 : Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% concernant le facteur de temps d'expositions des adultes de <i>C.chinensis</i> à l'huile essentielle de la menthe poivrée.	63
Tableau 24 : Résultats de l'analyse de la variance à trois critères de classification, au seuil de 5%, pour le paramètre mortalité des adultes de <i>C. chinensis</i> traités par contact avec les huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée.	64
Tableau 25 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant le facteur huiles essentielles (la sauge officinale et de la menthe poivrée) utilisées par contact sur les adultes de <i>C. chinensis</i> .	64
Tableau 26 : Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification, au seuil de 5%, pour le paramètre fécondité des femelles de <i>C. chinensis</i> traités par contact avec les deux huiles	67

essentielles de la sauge officinale et la menthe poivrée.	
Tableau 27 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant l'effet de facteur huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée après traitement par contact sur la fécondité des femelles de <i>C. chinensis</i> .	67
Tableau 28 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant l'effet du facteur dose des huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée après traitement par contact sur la fécondité des femelles de <i>C. chinensis</i> .	68
Tableau 29 : Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification, au seuil de 5%, pour le paramètre éclosion des œufs des femelles de <i>C. chinensis</i> traités par contact avec les deux huiles essentielles de la sauge officinale et la menthe poivrée.	70
Tableau 30 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant l'effet de facteur huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée après traitement par contact sur l'éclosion des œufs de <i>C. chinensis</i> .	70
Tableau 31 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, concernant l'effet de facteur dose des deux huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée utilisée après traitement par contact sur l'éclosion des œufs de <i>C. chinensis</i> .	71
Tableau 32 : Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification, au seuil de 5%, pour le paramètre l'émergence des adultes de <i>C. chinensis</i> traités par contact avec les deux huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée.	73
Tableau 33 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant l'effet de facteur dose des deux huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée sur l'émergence des adultes de <i>C. chinensis</i> après traitement par contact.	73
Tableau 34 : Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification, au seuil de 5%, pour le paramètre perte en poids après traitement par contact avec les deux huiles essentielles de la sauge officinale et la menthe poivrée sur les adultes de <i>C. chinensis</i> .	75
Tableau 35 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant l'effet de facteur huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée utilisées par contact sur la perte en poids des graines de <i>Cicer arietinum</i> .	75
Tableau 36 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant l'effet de facteur dose des deux huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée utilisées par contact sur la perte en poids des graines de <i>Cicer arietinum</i> .	76
Tableau 37 : Résultats de l'analyse de la variance à un seul critère de classification, au seuil de 5%, pour le paramètre pouvoir germinatif des graines de pois chiche traitées par contact avec	78

l'huile essentielle de <i>S. officinalis</i> .	
Tableau 38 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant l'effet du facteur dose de l'huile essentielle de <i>S. officinalis</i> sur la germination des graines de <i>Cicer arietinum</i> traitées par contact.	78
Tableau 39 : Résultats de l'analyse de la variance à un seul critère de classification, au seuil de 5%, pour le paramètre pouvoir germinatif des graines de pois chiche traitées par contact avec l'huile essentielle de <i>M. piperita</i> .	79
Tableau 40 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, concernant l'effet du facteur dose de l'huile essentielle de <i>M. piperita</i> sur la germination des graines de <i>Cicer arietinum</i> utilisées dans le traitement par contact.	79

Sommaire

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	1
PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE	
Chapitre I. Présentation de la plante hôte <i>Cicer arietinum</i>	
1-Généralités	4
2-Origine et historique	4
3-Répartition du pois chiche	4
4- Taxonomie du pois chiche	5
5-Description du pois chiche	5
5-1-Partie racinaire	6
5-2-Partie aérienne	6
5-2-1- Tige	6
5-2-2-Feuilles	6
5-2-3-Fleurs	7
5-2-4-Fruits et graines	7
6- Types de pois chiche	8
6-1- Type Kabuli	8
6-2- Type Desi	8
7- Facteurs édapho-climatiques favorables pour la germination du pois chiche	9
7-1- Exigences climatiques	9
7-2- Exigences édaphiques	10
8-Méthodes de culture du pois chiche	10
8-1-Culture	10
8-2-Récolte	11
8-3-Assolement et rotation	11
9- Importance du pois chiche	11
9-1-Importance agronomique	11
9-2- Importance nutritionnelle	11
9-3-Importance économique	12
9-3-1-Dans le monde	12
9-3-2- En Algérie	13
Chapitre II. Présentation de l'insecte <i>Callorbochus chinensis</i>	

1-Généralités sur les Bruchidae	15
2- Bruche chinoise <i>Callosobruchus chinensis</i>	15
2-1- Origine et aire géographique	15
2-2- Systématique de l'espèce <i>Callosobruchus chinensis</i>	16
3- Description de l'espèce <i>Callosobruchus chinensis</i>	17
3-1-Œuf	17
3-2-Larve	17
3-3-Nymphe	18
3-4-Adulte	18
3-5-Dimorphisme sexuel	19
4-La Biologie de l'espèce <i>Callosobruchus chinensis</i>	20
4-1-Fécondité	20
4-2-Période d'incubation	20
4-3-Période d'oviposition et de post- oviposition	20
4-4-Période larvaire et nymphale	20
4-5-Longévité des adultes	20
5-Comportement de <i>Callosobruchus chinensis</i>	21
5-1-Simulation de la mort	21
5-2-Copulation hétérosécifique	21
6-Les dégâts	22
7-Ecologie	22
8-Moyens de lutte contre la bruche chinoise	23
8-1-Lutte culturale	23
8-2- Lutte physique	23
8-3-Lutte chimique	24
8-4-Lutte biologique	24
8-4-1- Parasitoïdes	24
8-4-2-Prédateurs	25
8-4-3-Les huiles essentielles	25
Chapitre III. Les huiles essentielles	
1- Définition	27
2- Répartition et localisation des huiles essentielles dans le règne végétal	27
3- Caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles	28
4- Principaux domaines d'utilisations des huiles essentielles	28

5- Utilisation des huiles essentielles en tant que bio-pesticides	29
6-Conservation des l'huiles essentielles	29
7- Généralités sur la sauge officinale (<i>Salvia officinalis</i>)	30
7-1- Origine et culture	30
7-2- Habitat et répartition	30
7-3-Description botanique	30
7-4- Systématique	31
7-5-Variétés	32
7-6–Huile essentielle de <i>Salvia officinalis</i>	32
8- Généralités sur la menthe poivrée (<i>Mentha x piperita</i>)	33
8-1- Origine et culture	33
8-2-Habitat et Répartition	34
8-3-Description botanique	34
8-4-Systématique	35
8-5-Huiles essentielles de <i>Mentha piperita</i>	35
PARTIE EXPERIMENTALE	
Chapitre IV. Matériels et méthodes	
1-Matériel	36
1-1-Matériel de laboratoire	36
1-2-Matériel biologique	38
1-2-1-Graines de pois chiche	38
1-2-2- Insecte	38
1-2-3- Huiles essentielles	38
2- Méthodes	39
2-1- Elevage en masse	39
2-2-Effet des huiles essentielles sur <i>C. chinensis</i>	39
2-2-1-Test par inhalation	40
2-2-2-Test par répulsion	40
2-2-3- Test par contact	42
3- Analyse statistique	45
Chapitre V. Résultats et discussion	
1-Activité insecticide des huiles essentielles par inhalation	46
1-1-Résultats	46
1-1-1-L'huile essentielle de la sauge officinale	46

1-1-2-L'huile essentielle de la menthe poivrée	47
1-2-Discussion	50
2-Activité insecticide des huiles essentielles par répulsion	53
2-1- Résultats	53
2-1-1- L'huile essentielle de la sauge officinale	53
2-1-2- L'huile essentielle de la menthe poivrée	55
2-2- Discussion	57
3-Activité insecticide des huiles essentielles par contact	59
3-1-Effet sur la mortalité des adultes de <i>C. chinensis</i>	59
3-1-1- Résultats	59
3-1-1-1-Effet de l'huile essentielle de la sauge officinale	59
3-1-1-2-Effet de l'huile essentielle de la menthe poivrée	61
3-1-2- Discussion	64
3-2-Effet sur la fécondité des femelles de <i>C. chinensis</i>	66
3-2-1- Résultats	66
3-2-2- Discussion	68
3-3-Effet sur l'éclosion des œufs de <i>C. chinensis</i>	69
3-3-1- Résultats	69
3-3-2- Discussion	71
3-4-Effet sur la viabilité des œufs de <i>C. chinensis</i>	72
3-4-1- Résultats	72
3-4-2- Discussion	73
3-5-Effet sur la perte en poids des graines de <i>C. arietinum</i>	74
3-5-1- Résultats	74
3-5-2- Discussion	76
3-6-Effet sur le taux de germination des graines	77
3-6-1- Résultats	77
3-6-1-1-Effet de l'huile de la sauge officinale	77
3-6-1-2-Effet d'huile de la menthe poivrée	78
3-6-2- Discussion	80
Conclusion générale	81
Références bibliographiques	83

Introduction

Introduction générale

Les légumineuses, ou légumes secs, sont les semences comestibles de plantes de la famille des Fabacées, comme les lentilles, les pois-chiches et les haricots. Elles sont moins gourmandes en eau que d'autres sources de protéines et peuvent être produites sur de petites parcelles, offrant à des prix abordables, des aliments sains, nutritifs et riches en protéines, en fibres, en vitamines et en micronutriments. De plus, elles sont aussi capables de fixer l'azote atmosphérique et de libérer de la matière organique de qualité et de favoriser la circulation des éléments nutritifs et la rétention de l'eau dans les sols. Elles sont aussi caractérisées par de moindres besoins en engrais, en eau et en énergie signifiant moins d'émissions de gaz à effet de serre (FAO, 2021).

Les légumineuses sont plus rentables que d'autres grandes cultures alimentaires, ce qui permet aux populations rurales, notamment les femmes et les jeunes, vivant dans des zones vulnérables, de diversifier et d'améliorer leurs revenus (FAO, 2021).

Les légumes secs ont une longue durée de conservation. En leur accordant une plus large place dans nos modèles de consommation, on pourrait donc contribuer à la réduction des gaspillages de nourriture, ajoutant que cette caractéristique s'est avérée utile pendant la pandémie de covid-19, car les personnes ne pouvant accéder aux aliments frais pouvaient toujours consommer des légumes secs (FAO, 2021).

En Algérie, les légumineuses alimentaires occupent une place importante dans les systèmes de cultures et dans l'alimentation de la population. La production reste assez faible et les importations sont en pleine croissance (Laouar et *al.*, 2001).

Le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) est l'une des légumineuses à grosses graines qui a connu durant ce dernier siècle une extension importante de ses superficies. Cultivée pour ses graines, le pois chiche constitue une source importante d'hydrates de carbone, de sels minéraux et de protéines. L'importance alimentaire du pois chiche fait qu'il est très demandé par le consommateur algérien (ITGC, 2018).

Néanmoins, d'immenses quantités de légumineuse sèches sont perdues chaque année en raison des insectes phytophages. L'ordre des Coléoptères présente de loin la plus importante diversité. Les Phytophages, un sous-ordre des Coléoptères, comprend en effet plus de 100.000 espèces phytophages décrites (Farrell, 1998). Parmi celles-ci, 1700 appartiennent à la famille des Bruchidae, caractérisée par une séminivorie obligatoire au stade larvaire (Alvarez, 2004), et pour laquelle les premiers fossiles de plantes présentant des dégâts liés à la séminivorie, datent de l'Eocène, il y a environ 50 millions d'années (FAO, 2021).

Parmi les Bruchidae, *Callosobruchus chinensis*, est un insecte connu pour être un ravageur de nombreuses légumineuses stockées comme le haricot, le niébé, le pois, la fève et le pois-chiche (*Cicer arietinum* L.) (Johnson, 1974). Il est communément connu sous le nom de charançon du haricot adzuki (Srinivasan et Durairaj, 2008) et vit dans les zones à climat chaud et possède la caractéristique remarquable de présenter un stade larvaire séminivore, au cours duquel les larves vont se développer en formant des galeries dans les graines (Hossaert-mckeyet Alvarez, 2003).

L'action de cet insecte déprédateur de légumineuses peut anéantir complètement, en quelques mois seulement, des stocks destinés aux vivres et aux semences si aucune protection n'est appliquée. Pour y apporter des solutions, les producteurs ont recours le plus souvent aux pesticides de synthèse. La résistance des insectes, les intoxications et les pollutions liées à l'utilisation des pesticides constituent de sérieux problèmes environnementaux et de santé publique (Righi, 2010).

C'est ainsi que ces dernières années, de nombreux travaux ont été menés pour proposer des méthodes alternatives de protection, peu coûteuses et qui respectent l'environnement. Les insecticides naturels tels que les plantes à effet insecticide méritent d'être valorisés afin de réduire l'utilisation des insecticides chimiques et protéger l'environnement. Les substances bioactives formulées à partir des huiles essentielles des plantes aromatiques condimentaires constituent ainsi une piste sérieuse.

De nombreux travaux ont été réalisés sur cette thématique, citons les travaux de Pandey et al. (1986), Khaire et al. (1993), Kazi et al. (2001), Rani et al. (2000) qui ont étudié les effets de différentes huiles essentielles de plusieurs plantes sur le comportement d'accouplement et d'oviposition de la bruche chinoise *Callosobruchus chinensis* réalisés à travers le monde et ceux de Righi et al. (2008) et Righi et al. (2010) effectuées en Algérie.

Dans le monde entier, les huiles essentielles détiennent actuellement une place importante dans les systèmes de lutte, leur rôle dans la recherche phytopharmaceutique dans certains pays du monde n'est plus à démontrer (Lahlou, 2004).

Dans cette optique, nous nous proposons d'étudier, au cours de ce travail, l'activité biologique sur l'insecte *Callosobruchus chinensis* de deux plantes aromatiques de notre région, la menthe poivrée (*Mentha piperita* L.) et la sauge officinale (*Salvia officinalis* L.) (Lamiacées) sous forme d'huiles essentielles.

Ainsi, cette étude s'intéressera à l'effet par inhalation et par répulsion des deux huiles sur les adultes de la bruche chinoise.

L'effet par contact des deux huiles sera également étudié à travers plusieurs paramètres tels la mortalité des adultes, la fécondité des femelles, les taux d'éclosion des œufs et les taux d'émergence ainsi que l'effet de ces dernières sur la perte en poids et la germination des graines de pois chiche traitées.

Ce travail est subdivisé en deux parties, une partie bibliographique qui comprend trois chapitres traitant de la plante hôte : le pois-chiche (*Cicer arietinum* L.), l'insecte ravageur : la bruche chinoise (*C. chinensis*) et les huiles essentielles : la menthe poivrée (*Mentha x piperita*) et la sauge officinale (*Salvia officinalis* L.).

La deuxième partie, expérimentale, présente le matériel et méthodes utilisés lors de cette étude et les résultats et discussion relatifs à l'évaluation de l'effet insecticide des huiles essentielles.

Ce travail est terminé par une conclusion et quelques perspectives de recherche pour les travaux futurs.

Chapitre I

Présentation de la plante hôte *Cicer arietinum* L.

1-Généralités

Le pois chiche est une espèce de plantes dicotylédones de la famille des Fabacées qui produit une grosse graine à importance alimentaire en Europe, en Afrique du Nord, en Inde et dans les pays du Moyen orient (Viveros et *al.*, 2001 ; Iqbal et *al.*, 2006). Elle est connue par sa haute teneur en glucides assimilables et sa richesse en protéines principales pour l'alimentation des populations (Shahid et *al.*, 2008).

Selon FAO (2020), La production mondiale de *Cicer arietinum*, est estimée à 11,0 millions de tonnes métrique ont été produites. Cependant, la production de pois chiche en Algérie reste assez faible et les importations sont en pleine croissance (Abdelguerfi-Laouar, 2001) ; en terme d'importations, notre pays est classé au cinquième rang après l'Inde, le Bangladesh, l'Égypte et les États-Unis (Ramirez et *al.*, 2018).

2-Origine et historique

Le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) est parmi les premières légumineuses à graines domestiquées par l'homme depuis l'antiquité (Van Der-Maesen, 1987). Il est cultivé pour la première fois par l'homme à environ 7000 – 8000 ans avant JC (Sharma et Muehlbauer, 2007). C'est une plante originaire du Proche-Orient, plus précisément du Sud-Est de la Turquie (Ladisinsky, 1997) et des régions voisines de la Syrie (Saxena, 1984 et Staginuss et *al.*, 1999) et sa culture fut introduite en Europe durant le moyen âge.

Il s'est rapidement disséminé dans le monde pour devenir une culture importante des environnements subtropicaux et méditerranéens (Muehlbauer et Rajesh, 2008).

3-Répartition du pois chiche

Le pois chiche est répandu dans plusieurs régions du monde (Figure 01). Il se retrouve dans le bassin méditerranéen, dans le Sud- Est de l'Asie, en Inde (Errox, 1975), en Afrique du Nord et de l'Est (Jodha et *al.*, 1987) et en Amérique du Sud (Bouchez, 1985). En Algérie, la culture du pois chiche est présente à l'Est précisément à Skikda, Guelma, Mila et au niveau de l'Ouest du pays principalement à Tlemcen et à Sidi bel Abbas (Zaghouane, 1997 ; Hamadache, 2000).

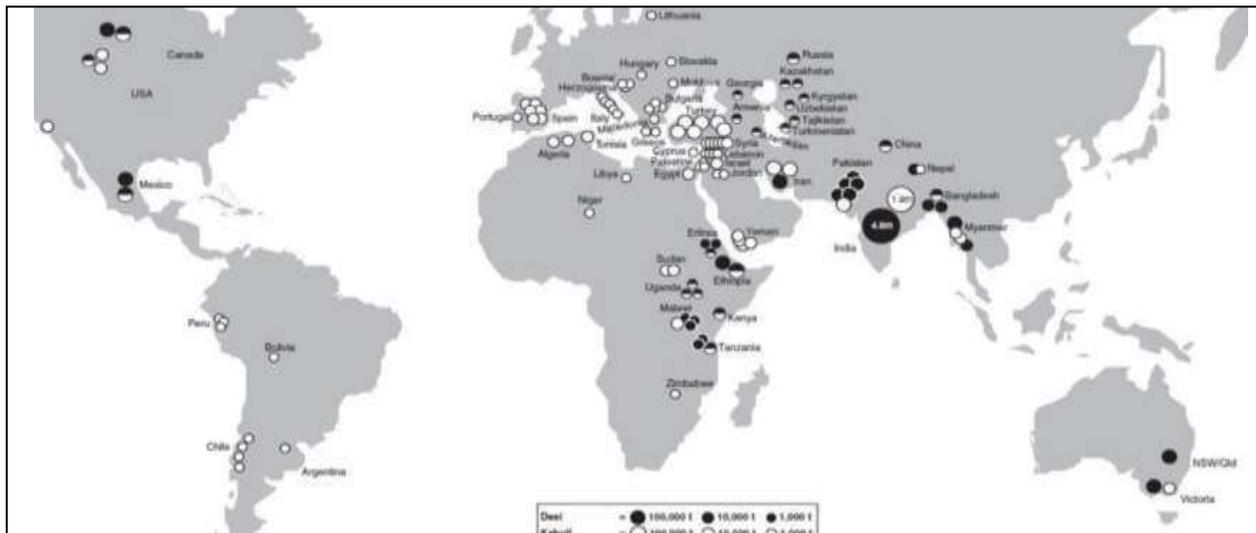


Figure 01. Répartition de la culture de pois chiche (type Kabuli et Desi) dans le monde (Kingh et *al.*, 2007).

4- Taxonomie du pois chiche

D'après Paterson et *al.* (2000), la systématique de *C. arietinum* est la suivante :

Règne :	Plantes
Embranchement :	Angiospermes
Classe :	Dicotylédones
Ordre :	Fabales
Famille :	Fabacées (Légumineuses)
Genre :	<i>Cicer</i>
Espèce :	<i>Cicer arietinum</i> L.,1753

5-Description du pois chiche

Le pois chiche est une espèce autogame (diploïde avec $2n=16$ Chromosome) (Vail, 2005), herbacée annuelle de la famille des Fabaceae (Légumineuse) composée de plus de 700 genres et 1800 Espèces (Polhill et Raven, 1981).

Cette plante, de 20 à 100 cm hauteur, est très ramifiée, à port dressé et croissance indéterminée ; elle est glanduleuse, rampante couverte de poils (Giller, 2001). Elle est composée d'une partie aérienne et d'une partie souterraine.

5-1-Partie racinaire

Le système racinaire du pois chiche présente un pivot très long qui peut atteindre plus d'un mètre de profondeur (Allali et *al.*, 2007 ; Singh, 2001) et des racines secondaires latérales traçantes (Jaiswal et Singh, 2001) étalées sur 15 à 30 cm de profondeur (Ducke, 1981 ; Obaton, 1983). Il confère une tolérance à la sécheresse (Slama, 1998) (Figure 02).

Les racines de *C. arietinum* s'associent symbiotiquement à des bactéries spécifiques *Rhizobium ciceri* qui servent à la fixation d'azote atmosphérique (Tillard, 1988). Cette symbiose permet de satisfaire 80 % des besoins de la plante en azote assimilable (Bouzerzour, 1998).



Figure 02. Racine du pois chiche *Cicer arietinum* L. (Anonyme, 2022).

5-2-Partie aérienne

5-2-1- Tige

La tige est herbacée, anguleuse, dressée, simple qui devient lignifiée avec l'âge (Slama, 1998) de 30 à 80 cm de haut, cette hauteur diffère selon la date de semis et la variété de pois chiche plantée et la nature du terrain utilisé (Braune, 1988). La tige est très ramifiée dès la base. Elle est couverte par des poils uni et pluricellulaires (Duke, 1981; Ayadi, 1986).

5-2-2-Feuilles

Les feuilles sont composées, imparipennées comptant 10 à 15 folioles ovales à contour denté avec un limbe à une seule feuille (Muehlbauer et Rajesh., 2008). Certains cultivars peuvent avoir des feuilles simples ; la face inférieure des feuilles est couverte de poils glandulaires qui synthétisent des exsudats acides (ITGC, 2018) (Figure 03).



Figure 03. Feuilles du pois chiche *Cicer arietinum* L (Anonyme, 2022).

5-2-3-Flours

Les fleurs, zygomorphes, sont habituellement solitaires à l'aisselle des feuilles, bisexuées, blanches, verdâtres, rose ou violacées, disposées en grappe ; caractérisées par leur aspect en papillon, ces fleurs se développent sur des feuilles pédicellées de 3 à 12 mm de long ; parfois, 2 à 3 fleurs peuvent se présenter sur le même nœud (Leport et *al.*, 2006) (Figure 04).



Figure 04. Fleur blanche(A) ; Fleur violet(B) du pois chiche *Cicer arietinum* L. (Isabelle, 2021).

5-2-4-Fruits et graines

Les fruits sont des gousses elliptiques de forme ovale de 2,43 à 4,47 cm de long est vertes puis deviennent jaunes à maturité (ITGC, 2018), contenant une ou deux graines globuleuses ovoïdes, rarement plus (Ducke, 1981). Cette graine peut être lisse ou ridée, sa rainure médiane est à bec bien distinct (Summerfield et *al.*, 1984) (Figure 05). Le poids de 1000 graines mesure de 200 à 600g (Vander Massen, 1972).



Figure 05. Morphologie de la gousse et des graines du pois chiche *Cicer arietinum* L. (A) Graines sèches (Caroline, 2019) ; (B) Gousse fraîche avec graines (Binette, 2022).

6- Types de pois chiche

Dans le monde, les graines de pois chiche sont subdivisées en deux types Kabuli et Desi. La distinction entre ces deux derniers se fait principalement en fonction de leurs caractéristiques morphologiques notamment la taille des graines à maturité.

6-1- Type Kabuli

Selon Wang et *al.* (2005) le type Kabuli, d'origine indienne, se distingue par son gros grain de forme ronde, de couleur blanche à crème, couvert d'un tégument mince ; la couleur du feuillage varie du vert clair au vert foncé. Le type kabuli se subdivise en trois catégories de dimensions variables (Singh et *al.*, 1987) :

- ❖ **Le gros Kabuli** : à grosses graines de 8 à 9 mm de diamètre et dont le poids de 100g est supérieur à 40g ;
- ❖ **Le petit Kabuli** : à petites graines de forme régulière et 7mm de diamètre et dont le poids de 100 graines est inférieur à 25g ;
- ❖ **Le moyen Kabuli** : à graines de taille moyenne dont le poids de 100g graine se situe entre 25g et 40g.

6-2- Type Desi

Ce type est connu par ses petites graines angulaires, recouvertes d'un tégument épais, ridées dont la couleur varie de crème au noir et dont le poids de 100g graines est compris entre 11 et 18 g.

Selon l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC, 2018), il existe un 3ème type appelé Gulabi qui prédomine en Asie et qui présente des caractéristiques intermédiaires entre les types Kabuli et Desi ; il est caractérisé par ses graines lisses et claires, d'une taille moyenne avec un poids de 100 graines compris entre 15g et 25 g (Figure 06).



Figure 06. Types de graines de pois chiche (Bunyamin, 2015).

7- Facteurs édapho-climatiques favorables pour la germination du pois chiche

7-1- Exigences climatiques

7-1-1-Température

Le pois chiche est une plante rustique qui tolère les fortes températures avec un optimum situé entre 21C° et 29 C° pendant la journée et entre 15 C° et 21C° pendant la nuit. Les températures basses, inférieures à 5C°, inhibent la formation des gousses (ITGC, 2018).

Le pois chiche est donc une plante qui préfère le climat chaud et sec ainsi que les altitudes élevées (Ploux, 1985). Les températures qui activent la floraison sont supérieures à 15C° (Zeghdane, 1988).

7-1-2-Lumière

La lumière n'est pas un facteur limitant pour le pois chiche (Sassene, 1980). En effet, c'est une plante indifférente à la longueur du jour (Zeghdane, 1988), et fleurit dans toutes les photopériodes. Une longue photopériode compense une faible température et inversement, la température chaude compense le manque de lumière pour le déclenchement de la floraison. L'intensité de la lumière et la durée d'éclairage sont des facteurs nécessaires pour la nodulation, la fixation d'azote et la floraison (Beddar, 1990).

7-1-3- Besoins hydriques

Le pois chiche est doté d'une certaine rusticité et d'une tolérance à la sécheresse (Verghis et *al.*, 1999) grâce à son enracinement profond allant jusqu'à 1m50 qui sert à extraire l'eau du sol (Keating et Cooper, 1983).

Cette culture est sensible à l'excès d'eau car il provoque le prolongement du cycle de la culture et la rend plus sensible aux maladies (ITGC, 2018).

7-2- Exigences édaphiques

7-2-1- Nature du sol

Le pois chiche se cultive dans différents types de sols (Yusuf et *al.*, 2002 ; Khan et *al.*, 2009). Il affectionne les sols profonds, lourds, mais il s'accommode aux sols siliceux, pourvu qu'ils soient bien drainés ; la productivité du pois chiche est faible dans les sols peu fertiles (sols potassiques) (Akerma, 2009), et répond mieux à une fertilisation phosphorique (Ploux, 1985). Cette plante préfère la texture limoneuse et argilo-siliceuse et redoute les sols calcaires qui prédisposent la plante à donner des graines de mauvaise cuisson (Laumonte, 1954 ; ITGC, 2018).

7-2-2-Humidité du sol

La plante a besoin d'une humidité du sol de 15 à 40% pendant la germination et le développement de la graine, mais l'humidité excessive du sol à la floraison réduit le rendement en grain (Wery et *al.*, 1994).

7-2-3-PH du sol

Le pois chiche se cultive dans des sols à pH neutre ou alcalin, variant de 7,3 à 8,2 (Berger et *al.*, 2003), il est sensible à une mauvaise aération du sol et tolère la salinité (ITGC, 2018).

7-2-4-Nutrition minérale

Le pois chiche exige la présence du potassium dans le sol, qui existe dans la solution du sol en très petite quantité, pour favoriser la formation des graines des fruits (ITGC, 2003).

8-Méthodes de culture du pois chiche

8-1-Culture

La préparation du sol consiste en un labour assez profond (20 cm), de façon à laisser un sol amendé avec un apport de fumier bien décomposé. Un léger griffage pour briser les mottes et niveler le terrain est réalisé au début du printemps avant le semis. Le pois chiche est semé directement en place, à une distance de 15cm environ, dans des sillons espacés de 40 cm. Un arrosage est réalisé immédiatement en pluie fine (même si le sol est humide) pour faciliter la germination. Après l'apparition des plantules, un désherbage et un buttage sur 10cm environ sont effectuées afin d'assurer une bonne production (Akerma, 2009).

En règle générale, il faut semer le plus tôt possible pour profiter des pluies précoces et réduire les risques de déficit hydrique en fin de cycle (Akerma, 2009).

8-2-Récolte

La récolte a lieu dès que les gousses sont sèches, de juillet à septembre selon la région et la date de semis. On procède à la récolte en laissant sécher les pieds sur sol, ensuite on secoue très fort pour recueillir les graines (Akerma, 2009).

8-3-Assolement et rotation

Selon l'ITGC (2013), il est déconseillé de semer le pois chiche après une autre légumineuse pour éloigner les risques d'excès d'azote et la croissance de certains ravageurs. En cas d'attaque généralisée de maladies, il ne faut cultiver le pois chiche que tous les cinq ans sur la même parcelle. Aussi, en fonction de la pluviométrie, il est recommandé de pratiquer les rotations suivantes :

- Supérieure à 500 mm/an : Pois chiche / blé tendre / bersim / blé dur.
- Inférieure à 500 mm/an : Pois chiche / orge / jachère / blé dur.

9- Importance du pois chiche

9-1-Importance agronomique

Le pois chiche présente des nodosités racinaires qui peuvent fixer 80% d'azote atmosphérique grâce à une relation symbiotique avec une bactérie du sol, *Rhizobium ciceri* qui enrichit le sol en azote (ITGC, 2018), renforçant la fertilité des sols pauvres surtout dans les zones arides et les terres marginales (Jamil *et al.*, 2010) améliorant ainsi les rendements en grains (Plancquaert et Wery, 1991).

En Agronomie, *Cicer arietinum* est une culture améliorante pratiquée en rotation avec le maïs ou le blé surtout dans les zones arides et semi-arides du bassin méditerranéen et dans les terres sablonneuses non irriguées (Winch, 2006). Cette pratique permet de réduire l'utilisation des engrais chimiques onéreux et néfastes pour l'environnement (David et Khan, 2001).

9-2- Importance nutritionnelle

Sur le plan nutritif, le pois chiche est un aliment végétal destiné à l'alimentation humaine. Il constitue une source très importante de protéines de l'ordre de 20 à 25% et certaines lignées peuvent atteindre jusqu'à 28.9% (Van Der Maesen, 1972). Le pois chiche est riche en arginine et acides aminés di carboxyliques (Cortés-Giraldo *et al.*, 2016). Il est caractérisé par une faible quantité de matière grasse et ne contient pas de cholestérol. Il est aussi riche en minéraux (calcium, en phosphore), en vitamine B1 et B2 et en fibres alimentaires (Baumgartner, 1998) (Tableau 01). Il présente une bonne digestibilité et contient

une fraction lipidique qui renferme des acides non saturés tels que les acides linoléiques et oléiques (Upadhyaya et *al.*, 2001 ; Namvar et Sharifi, 2011 ; Jukanti1 et *al.*, 2012).

Le pois chiche est apprécié comme traitement bénéfique pour certaines maladies cardiovasculaires et le diabète de type 2, en diminuant le taux de cholestérol sanguin (Trinidad et *al.*, 2010) ; comme il sert à régler la tension artérielle (Jukanti et *al.*, 2012).

Tableau 01 : Composition biochimique du pois chiche pour 100 grammes (Baumgantner, 1998)

Composition	Quantité
Energie (kcl)	275
Eau(g)	10 ,4
Protéines (g)	20,0
Graisse(g)	4,4
Glucides(g)	48
Fibres alimentaires(g)	15
Sodium (mg)	30
Potassium (mg)	700
Calcium (mg)	140

9-3-Importance économique

9-3-1-Dans le monde

Le pois chiche est cultivé dans 49 pays (Chakraborti et *al.* , 2006) et dans les cinq continents ce qui le rend le 2ème légume sec dans le monde (17.1% du total) après le petit pois (Berger et *al.*, 2003). L'Asie est le continent le plus important de la production du pois chiche avec plus 90% de la surface totale et de la production mondiale (Babar et *al.*, 2009).

Par ailleurs, en 2014 les plus grands pays producteurs de cette espèce sont : l'Inde (parmi les plus grand pays producteur avec une production estimée à 6 millions de tonnes par an et recouvre plus de la moitié de la production mondiale mais également le plus important consommateur) (Muehlbauer et Rajesh, 2008), la Turquie, le Pakistan, l'Australie, le Canada, le Mexique, l'Iran et l'Ethiopie.

Les plus grands pays exportateurs de pois chiche sont : l'Australie (le premier pays exportateur mondial de ce légume sec. En 2016, il a atteint une production record de 1,2 million de tonnes), le Mexique, la Turquie, le Canada, les Etats-Unis et l'Iran ; alors que les

plus importants pays importateurs sont : l'Espagne, l'Algérie, le Bangladesh, l'Italie, l'Arabie saoudite, la Jordanie, la Tunisie et le Royaume-Uni. (AAC, 2006 ; FAOSTAT, 2014) (Figure 07). En moyenne, la production mondiale du pois chiche est constituée de 75 % de type Desi et 25 % de type Kabuli. En 2018, *Cicer arietinum* a occupé une superficie mondiale de plus de 13 Millions d'hectares (13 981 218 ha) et une production annuelle estimée à plus de 13 Millions de tonnes (13 730 998 tonnes), avec un rendement de 9821 kg/ha.

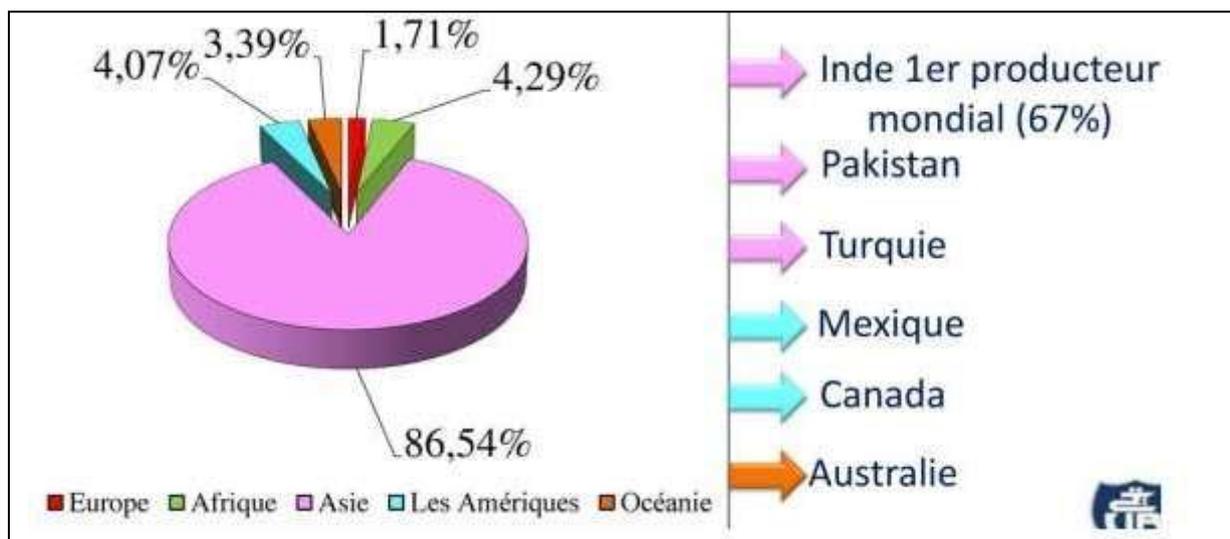


Figure 07. Pourcentage de production du pois chiche par continent en 2013 (FAO, 2016).

9-3-2- En Algérie

En Algérie, la production du pois chiche occupe la 2^{ème} position après la fève durant la période 2014 (FAOSTAT 2017). Sa culture est localisée surtout dans les régions du Nord du pays à 150 Km de la côte méditerranéenne particulièrement, dans les régions d'Ain-Temouchent, Tlemcen, Mostaganem, Mascara et Sidi Bel Abbés à l'Ouest (DSASI, 2013-2017), Guelma, Skikda au Nord-est et Bouira, Chlef et Ain Defla au Centre (Zeghouane, 2018) (Figure 08).

La production nationale pour cette légumineuse ne parvient pas à couvrir les besoins internes du pays, les causes de la faiblesse des rendements sont souvent d'ordre agro-technique lié aux conditions de semis (période, modes de semis, qualité de la semence) et à l'infestation par les adventices (Hamadache et Ait Abdallah, 1998).

Depuis l'indépendance jusqu'à l'année 2015, la plus grande quantité de pois chiche produite en Algérie est représentée par 35118 tonnes obtenue sur une surface de 33295 ha pendant l'année 2014. La situation actuelle du pois chiche n'est pas encourageante par rapport

aux fluctuations des superficies cultivées où la production de pois chiche en Algérie a évolué différemment d'une année à l'autre (FAOSTAT, 2017) .

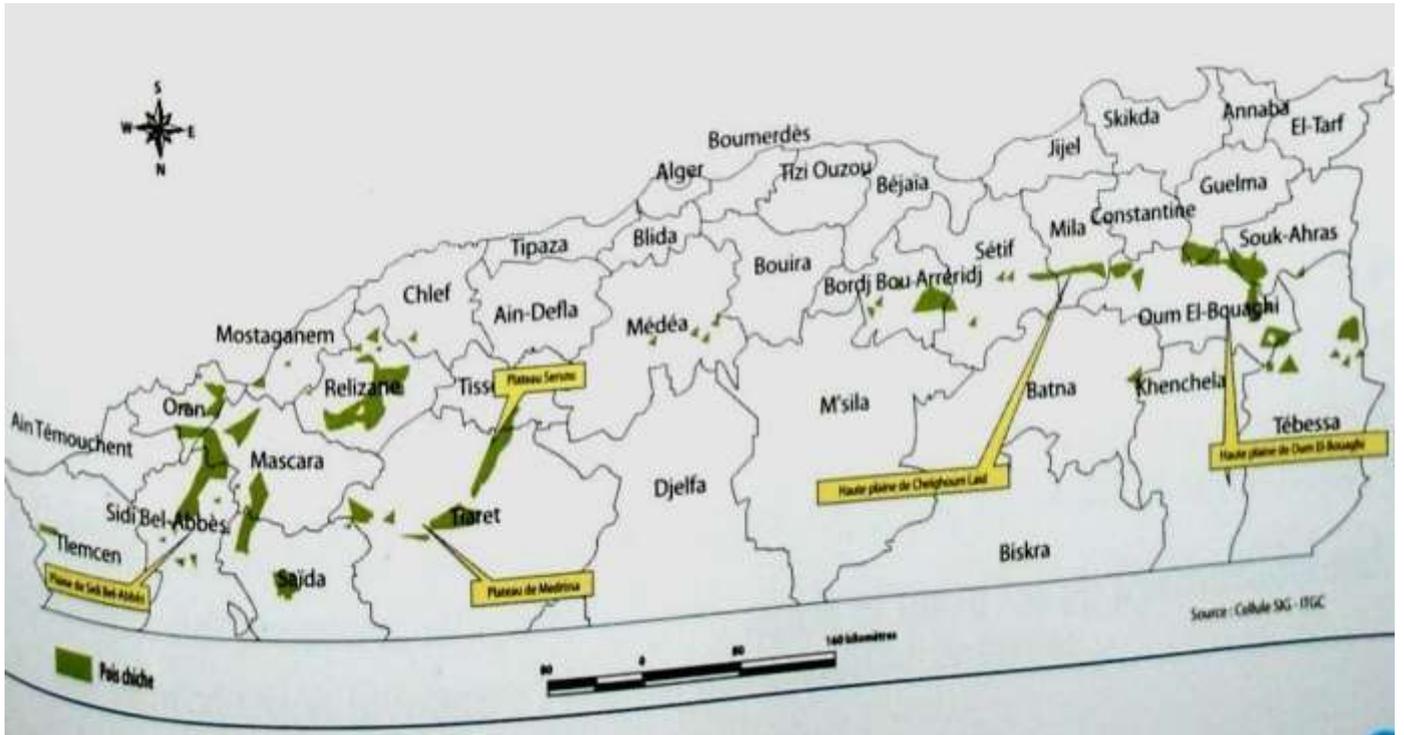


Figure 08. Zones d'aptitude à la culture du pois chiche en Algérie (ITGC, 2010).

Chapitre II
Présentation de l'insecte
Callosobruchus chinensis

1-Généralités sur les Bruchidae

Il existe environ 1700 espèces de Bruchidae décrites dans le monde (Ribeiro-Costa, 2012) appartenant à plus de 60 genres (Tohson, 1994) ; Ces Bruchidae constituent un groupe, très homogène de Coléoptères cléthrophages (Balachowsky, 1962). Ces coléoptères, sont des ravageurs connus qui attaquent différentes espèces des légumineuses stockées comme le pois-chiche, le pois, la fève, la lentille et le niébé (Rees, 2007). Ils se retrouvent sur tous les continents et en particulier dans les régions chaudes du globe, où l'on observe la plus grande diversité spécifique (Kergoat, 2004). Leur développement s'effectue, en général, au sein d'une seule et même graine (Delobel et Tran, 1993). Les larves néonates sont soit mobiles telles que celles d'*Acanthoscelides obtectus* ou immobiles telles que les larves de *Callosobruchus chinensis* (Goucem-Khelfane, 2014).

La famille des Bruchidae comprend deux groupes, le premier renferme les bruches qui se développent dans les champs, dans les graines encore vertes et qui ont une seule génération annuelle (espèces univoltines) comme la bruche de la lentille (*Bruchus lentis*) et la bruche de la fève (*Bruchus rufimanus*) (Delobel et Tran, 1993). Le deuxième groupe renferme les bruches qui se multiplient dans les graines mûres ou sèches des stocks, elles ont plusieurs générations annuelles (espèces polyvoltines), c'est le cas par exemple de la bruche du niébé (*Callosobruchus maculatus*) et la bruche chinoise (*Callosobruchus chinensis*) (Multon, 1982).

2- Bruche chinoise *Callosobruchus chinensis*

Callosobruchus chinensis (Bruche chinoise) est une espèce d'insectes coléoptères de la famille des Chrysomelidae et ravageur des graines de légumineuses (Fabaceae) et principalement le pois chiche.

2-1- Origine et aire géographique

La bruche chinoise est l'espèce la plus répandue dans toutes les régions à climat chaud, peu répandue en Afrique et se rencontre surtout dans les régions tropicales et subtropicales de l'Asie (Wijeratne, 1998) (Figure 09).

C. chinensis affiche une répartition cosmopolite et a été repérée dans la plupart des pays en raison des échanges commerciaux internationaux de haricot. Sa population a connu une croissance considérable depuis la culture et la distribution de légumineuses. Leur distribution est fortement influencée par la production humaine. Cette Bruche ne vit qu'en

présence de légumineuses qui conviennent pour l'accouplement des adultes et servent de nourriture pour les larves (Varma et Anandhi, 2010).

La première observation et description enregistrées de *C. chinensis* a eu lieu en Chine, où le coléoptère tire son nom d'espèce. L'habitat préféré de l'espèce est sous les tropiques ; elle atteint le pic de production d'œufs et d'infestation de légumineuses en juillet-août (Varma et Anadi, 2010).



Figure 09. Répartitions mondiale de la bruche chinoise (*Callosobruchus chinensis*) (CABI, 2022)

2-2- Systématique de l'espèce *Callosobruchus chinensis*

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

Embranchement :	Arthropodes
Sous-embranchement :	Trachéates
Classe :	Insectes
Sous-classe :	Ptérygotes Néoptères
Division :	Endoptérygotes
Ordre :	Coléoptères
Sous- ordre :	Phytophages
Famille :	Bruchidae (Chrysomelidae)
Sous famille :	Bruchidae
Genre :	<i>Callosobruchus</i>
Espèce :	<i>Callosobruchus chinensis</i> L., 1758

Description de l'espèce *Callosobruchus chinensis*

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

3-1-Œuf

Les œufs de *C. chinensis* sont plano-convexes, de forme ovale, lisse et translucide en apparence (Kumari, 2020), ils adhèrent solidement par leur face plane au tégument de la graine ne dépassant jamais 0,5 mm de long (Figure10).

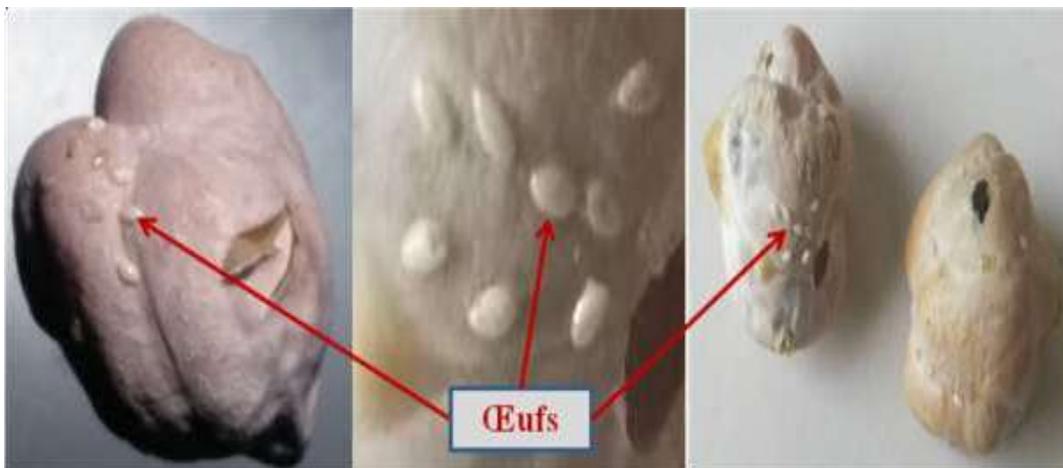


Figure 10. Œufs de la bruche chinoise *Callosobruchus chinensis* sur graines de pois chiche sous une loupe binoculaire G X40 (Originale, 2022).

3-2-Larve

Les larves sont apodes, robustes, en forme de C, de couleur blanc jaunâtre avec une tête de couleur noire, mesure de 2.1 à 2.5 mm de long (Kumari, 2020) (Figure11).

Il y a quatre stades larvaires ; ils sont très semblables entre eux mais les deux derniers sont de taille plus importante (Delobel et Tran, 1993).



Figure 11. La larve de *Callosobruchus chinensis* au stade L2 sous une loupe binoculaire GX40 (Originale, 2022).

3-3-Nymphe

La pupe est de couleur blanche à jaunâtre. La nymphe se caractérise par une tête, un thorax et un abdomen bien visibles ; elle mesure en moyenne 3,34 mm de longueur et 1,67 mm de largeur (Figure 12). La période nymphale dure entre 6 et 7 jours (Kumar et al., 2009).



Figure 12. La nymphe de *Callosobruchus chinensis* (a) vue dorsale ; (b) vue ventrale sous une loupe binoculaire G X40 (Kenniche et Amara, 2006).

3-4-Adulte

La bruche chinoise est de taille plus réduite que les autres espèces de la famille des Bruchidae, elle est de 2,2 à 2,8 mm de longueur, elle a un corps plus ramassé. Caractérisée par les antennes pectinées du mâle, sa coloration généralement est brun-noir, avec des zones noires beaucoup plus étendues chez le mâle que chez la femelle. La tête est sombre, les antennes roux clair (4 à 11 articles). Le pronotum est roux à noir (chez certaines races, la moitié antérieure est dorée). Les élytres sont d'un roux plus ou moins sombre, avec des zones presque noires: une bande à la base et à l'apex, une aire triangulaire au milieu. Les bords des sternites abdominaux 2 à 5 portent des taches de soies blanches (Delobel et Tran, 1993).

Le même auteur ajoute que le pygidium est allongé, assez pointu recouvert d'une substance blanche et jaune. La face ventrale est noire avec de petites parties de poils blancs avec parfois quelques zones dorées. Les Pattes rousses contiennent le fémur postérieur qui possède deux dents, l'interne presque aussi longue mais plus aiguë que l'externe (Caractère du genre *Callosobruchus*). La coloration de la cuticule, contrôlée génétiquement, est variable selon les races géographiques : elle dépend également du régime alimentaire (Delobel et Tran, 1993). Deux phéromones sexuelles sont sécrétées par la femelle : l'une est attractive, l'autre

induit la copulation, celle-ci est également sécrétée par le mâle, mais sans action sur la femelle (Delobel et Tran, 1993) (Figure 13).



Figure 13. Adultes de *Callosobruchus chinensis* (a) vue dorsale (Anonyme, 2022) ; (b) vue ventrale sous une loupe binoculaire G X40 (Originale, 2022).

3-5-Dimorphisme sexuel

Chez la plupart des Coléoptères, il n'existe aucune différence extérieure visible entre les deux sexes mais, dans certains cas il y a des caractères sexuels secondaires qui peuvent être le propre soit du mâle, soit de la femelle. Chez la bruche chinoise il existe certaines différences morphologiques entre les deux sexes. La femelle à un abdomen complet avec tous les segments, alors que le mâle à un abdomen échanré (Huignard et *al.*, 2011).

Un dimorphisme sexuel est également observé au niveau des antennes qui sont fortes et nettement plus longues et pectiformes chez le mâle (Fleurat Lessard, 1982). Elles sont dentées et assez courtes chez la femelle (Bonnemaison, 1962) ou épaissie (Balachowsky, 1962). La coloration dorsale du corps est brun-noir avec des zones noires beaucoup plus étendues chez le mâle que chez la femelle (Delobel et Tran, 1993) (Figure 14).



Figure 14. Dimorphisme sexuel chez *C. chinensis* : (Mâle et femelle) sous une loupe binoculaire G x40 (Originale, 2022).

3-La Biologie de l'espèce *Callosobruchus chinensis*

Selon Bonnemaison (1962) et Aguilard (1964), la bruche chinoise à la même biologie que la bruche du haricot.

4-1-Fécondité

La fécondité d'une femelle de *C. chinensis* varie suivant les facteurs climatiques. D'après Fleurat Lessard (1982), le nombre des œufs pondus par la femelle ne dépasse jamais 50 œufs. Pour sa part, Kumari (2020), rapporte que la fécondité d'une femelle de *C. chinensis* varie de 71 à 87 œufs avec une moyenne de $78,93 \pm 1,45$ œufs.

4-2-Période d'incubation

La période d'incubation de *C. chinensis* a varié de 3 à 6 jours, avec une moyenne de $4,33 \pm 0,88$ jours en laboratoire pendant le mois d'août-septembre (Kumari, 2020). Les œufs sont pondus par les femelles de façon isolée sur les graines. L'éclosion des œufs du coléoptère varie de 3 à 5 jours avec une moyenne de $3,8 \pm 0,5$ jours (Rana Kiran, 2014).

4-3-Période d'oviposition et de post- oviposition

Dans les conditions favorables, la période d'oviposition de *C.chinensis* est de $4,8 \pm 0,25$ jours et la période post-oviposition est de $1,4 \pm 0,11$ jours (Kumari et al., 2020).

4-4-Période larvaire et nymphale

Lorsque les larves pénètrent dans la graine dont elles s'alimentent, la couleur des œufs change en raison de l'accumulation de sciure à l'intérieur des œufs. Les différents appendices sont tenus près du corps (type exarté). La période larvaire et nymphale varie de 20 à 23 jours avec une moyenne de $21,73 \pm 0,86$ jours (Kumari et al., 2020).

4-5-Longévité des adultes

Les adultes nouvellement émergés mesurent 3 à 4 mm de long et sont de forme ovale et de couleur brunâtre. La longévité des femelles adultes varie de 7 à 11 jours, avec une moyenne de $8,8 \pm 2,29$ jours. Tandis que la longévité des mâles adultes varie de 8 à 14 jours avec une moyenne de $11,33 \pm 3,68$ jours (Kumari et al., 2020).

La durée de vie de *C. chinensis* en conditions de laboratoire (27°C de température et 75 % d'humidité) de l'œuf à l'adulte, s'étendait de 30 à 37 jours avec une moyenne de $32,73 \pm 3,68$ jours (Kumari et al., 2020) (Figure15).

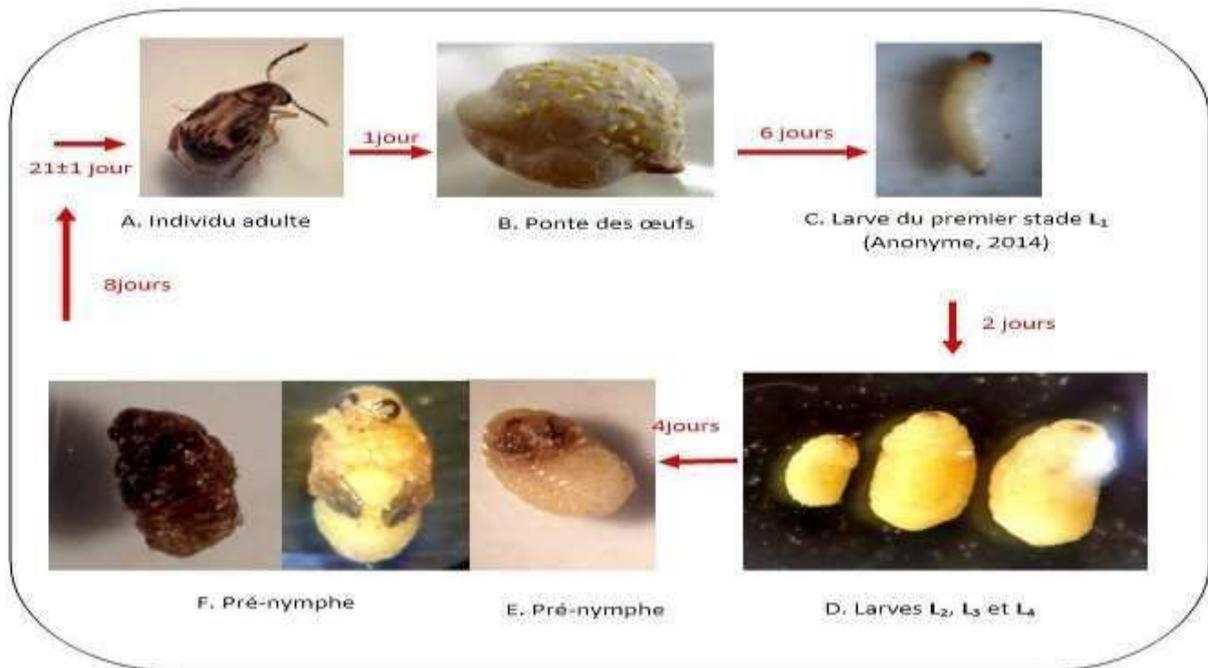


Figure 15. Cycle biologique de la bruche chinoise *C. chinensis* (Acheraiou et Kaced, 2019)

4-Comportement de *Callosobruchus chinensis*

5-1-Simulation de la mort

C. chinensis montre qu'il simule la mort comme technique anti-prédatrice. Au cours de ce comportement, sous un certain stimulus qui fait sursauter l'insecte, le coléoptère va rouler sur le dos et replier ses pattes. Ceci est susceptible d'être utilisé pour dissuader les guêpes parasitoïdes de s'attaquer au coléoptère (Harano et Okada, 2008).

Il a été démontré que la température modifie ce comportement chez les coléoptères adultes. À mesure que les températures augmentent, ce comportement devient moins courant (Hozumi et Miyatake, 2005).

5-2-Copulation hétérospécifique

Les mâles de *C. chinensis* tentent régulièrement de s'accoupler avec les femelles de *Callosobruchus maculatus*. Ceci est assez fréquemment observé chez ces insectes car ce sont des espèces congénères de bruches avec un chevauchement de niche majeur. Il a été constaté que ce comportement réduisait la fécondité des femelles chez *C. maculatus*, bien qu'on ne sache pas clairement pourquoi cela se produit. Ce comportement de copulation hétérospécifique indiscriminé a été observé même lorsque des femelles *C. chinensis* sont présentes (Kyogoku et Nishida, 2013).

5- Les dégâts

Callosobruchus chinensis a une grande importance économique faisant partie des ravageurs les plus destructeurs des graines de légumineuses dans les stocks. L'infestation commence au champ et se poursuit dans les entrepôts, causant de lourdes pertes importantes. Cet insecte provoque des pertes qualitatives et quantitatives, détériorant la qualité des graines en dénaturant et en diminuant la solubilité des protéines. Ces grains infestés sont non seulement impropres à la consommation mais aussi inutiles comme semences. Les dommages les plus importants sont causés entre juillet et septembre (Kiran, 2014 ; Mukendi et *al.*, 2016). Les pertes en poids des graines peuvent être supérieures à 80% après six ou sept mois de stockage (Scotti, 1988) (Figure16).



Figure 16. Graines de pois-chiche infestés par la *C.chinensis* (Originale, 2022)

6- Ecologie

La larve (séminivore), en développement, se nourrit entièrement d'une seule graine, creusant une chambre au fur et à mesure de sa croissance. Les conditions optimales de développement pour *C. chinensis* se situent autour de 32°C et 90% HR et la période de développement minimale est d'environ 22 à 23 jours pour *C. chinensis* lorsque la température est inférieure à 32°C et HR inférieure à 90%. (Howe et Currie, 1964). L'infestation commence généralement dans le champ, où les œufs sont pondus sur les gousses en cours de maturation (Nahdy et *al.*, 1999).

Les interactions entre bruches et angiospermes sont généralement assez spécifiques. Chaque espèce de bruches est spécialisée à une espèce (ou un groupe d'espèces) de légumineuses (Hossaert-mckeyet, 2003). Plusieurs espèces du genre *Bruchus* s'attaquent ainsi

aux cultures de fève (*Vicia faba*), de lentille (*Lens culinaris*) et de pois (*Pisum sativum*) en occasionnant principalement des dégâts au champ. Les cultures de haricot et plus particulièrement le haricot commun (*Phaseolus vulgaris*) sont quant à elles préférentiellement attaquées par *Acanthoscelides obtectus* et *Zabrotes subfasciatus* (Delobel et Tran, 1993).

7-Moyens de lutte contre la bruche chinoise

Plusieurs méthodes sont utilisées pour réduire les populations de ce ravageur (*Callosobruchus chinensis*):

8-1-Lutte culturale

Les pratiques culturales impliquent principalement la manipulation des systèmes de culture, pratiques agronomiques qui contribuent non seulement à la suppression de la population de ravageurs, mais améliorent également les activités des ennemis naturels en créant des conditions favorables (Bajwa et Kogan, 2004). Ces pratiques rendent le milieu d'accueil moins attractif et défavorable à la survie, dispersion, croissance et reproduction de *C.chinensis* (Casida et Quistad, 1998). La protection des stocks par certaines méthodes traditionnelles constitue un moyen intéressant de lutte préventive, mais cette méthode aléatoire reste insuffisante pour déceler les formes cachées qui provoquent des dégâts considérables au cours de leur développement (Karbache, 2009).

Parmi ces pratiques :

- Exposer périodiquement les graines au soleil permet de réduire l'infestation ;
- Sécher les cosses jusqu'à obtenir un niveau d'humidité du grain optimum d'environ 7% ;
- Stocker les cosses dans des sacs en toile de jute et polyéthylène et recouvrir la surface supérieure avec une couche de sable de 3 cm d'épaisseur ;
- Éviter que les grains ne se cassent ;
- Les grains cassés ne doivent pas être stockés pour une longue période ;
- Éviter la poussière et les substances inertes.

8-2- Lutte physique

La lutte physique est aussi préconisée contre les ravageurs des denrées stockées. Elle comprend l'emploi du froid (faire passer un courant d'air frais dans la masse des grains) ; de la chaleur (toutes les formes de ravageurs des denrées stockées, se trouvant dans une masse de grains, sont éliminés après 10 minutes d'exposition à une température de 60°C, sans aucune

conséquence sur le pouvoir germinatif ni sur la qualité des grains) ; des radiations infra et ultrason, les ultraviolets et les rayons gamma (les doses élevées éliminent les insectes alors que les faibles doses les stérilisent) (Dongre et al., 1997).

8-3-Lutte chimique

De nombreux chercheurs ont rapporté l'efficacité des pesticides chimiques, y compris les poudres, fumigant et aérosols pour la prévention contre les bruches. Cependant, les bruches ont montré résistance à de nombreux pesticides traditionnels tels que la perméthrine, le lindane, le bromure de méthyle et leur application à des doses conduit à l'accumulation de résidus toxiques dans les produits traités.

Ceci induit des risques pour la santé, et des effets négatifs sur l'environnement, d'où un intérêt mondial est suscité afin de développer approches des alternatives, telles que l'exploitation de la résistance disponible de la plante hôte et les moyens biologiques (Talukder, 2009).

8-4-Lutte biologique

Cette méthode entre dans le cadre du développement durable et de la sauvegarde des écosystèmes. Elle vise à réduire les populations des insectes ravageurs, en utilisant leurs ennemis naturels qui sont soit des prédateurs, soit des parasites ou des agents pathogènes, ainsi que des produits naturels d'origine végétale comme des poudres minérales, des huiles végétales, huiles essentielles..., issues du domaine de la phytothérapie (Sanon et al., 2002).

8-4-1- Parasitoïdes

Les parasitoïdes ce sont des insectes qui se développent au dépens des insectes nuisibles et se sont exclusivement les larves qui parasitent l'hôte (Karbache, 2009).

Les œufs des Bruchidae, en raison de leur position à l'extérieur de la gousse, sont aisément repérés par leurs parasitoïdes.

Parmi les hyménoptères, le genre *Uscana* de la famille des *Trichogrammatidae* comprend plusieurs espèces associées aux bruchidés. Dans la littérature ,elles ont été groupées en une espèce unique, *Uscana semifumipennis*, mais l'étude de Steffan, (1981) suggère qu'il s'agit d'un complexe d'espèces, dont l'une attaque le genre *Bruchus*, deux sont associées à *Callosobruchus* et une autre espèce au genre *Bruchidius*, chacune de ces espèces étant spécifique d'un hôte donné.

8-4-2-Prédateurs

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

Les insectes parasites des gousses et des graines de légumineuses sont remarquablement exempts de prédateurs, à une exception près. Une certaine proportion des bruchidés présents dans des échantillons de graines de légumineuses récoltées dans des zones tropicales ne parvient pas à accomplir tout leur cycle, ce qui est dû en partie à la présence d'acariens du genre *Pyemotes*.

Ces acariens, longs de 0,2 mm à leur stade adulte, se nourrissent des larves, des nymphes et des adultes de bruchidés. Leurs effets sur des échantillons de laboratoire permettent de penser que dans les conditions de terrain, il pourrait en résulter une forte diminution des populations de coléoptères (Moser, 1975).

Moser (1975) indique qu'une espèce du complexe *Pyemotes ventricosus* pourrait être un agent de limitation vis-à-vis de certains scolytes. Il déclare également que ce genre de travaux a été entravé par le défaut d'identification des espèces en cause. Il présente une illustration montrant un bruchidé adulte avec plusieurs femelles d'acariens fixées sur la face dorsale de l'abdomen.

Dans une autre étude, Moser (1975) présente une révision de la taxonomie des *Pyemotes*, et démontre l'existence de plusieurs espèces différentes alors que les chercheurs antérieurs avaient tendance à les ranger toutes dans la même espèce *Pyemotes ventricosus*. Le *Pyemotes* qui s'attaque aux bruchidés est très probablement l'espèce *Pyemotes boylei* (Southgate, 1983).

8-4-3-Les huiles essentielles

Les extraits de plantes sont utilisés dans les petites fermes de nombreux pays africains pour lutter contre les insectes ravageurs des grains, en raison des conditions économiques ne permettant pas l'utilisation de pesticides classiques. Elles sont avérées efficaces contre les ravageurs des denrées stockées et contiennent des composés terpéniques (Kellouche et al., 2004). Elles sont souvent préconisées pour contrôler les populations de bruches dans les systèmes de stockage (Karbache, 2009).

La réduction de l'emploi des pesticides chimiques due à l'utilisation des huiles essentielles contribue énormément à la réduction de la pollution de l'environnement et cela

permet également d'améliorer la santé publique des populations (Weaver et Subramanyam, 2000).

Les huiles essentielles, par la diversité des constituants qui les composent, sont des substances très actives (Hilan et *al.*, 2006). Leur activité biologique dépend des caractéristiques qualitatives et quantitatives de leurs composants qui sont à leur tour influencés par le génotype de la plante, ainsi que l'organe et la méthode d'extraction, la saison, l'origine géographique de la plante et ses conditions bioclimatiques et agronomiques (shirzad et *al.*, 2011).

Les huiles essentielles ont un spectre d'action très large, agissent de différentes manières sur les insectes (elles ont un effet répulsif, insecticides et sur le comportement sexuel) (Dagnoko, 2009) et sur les maladies (inhibent le développement des champignons et renforcent les défenses immunitaires des plantes contre la plupart des parasites) (Bouras et Benhamza, 2013).

Huiles essentielles

Les plantes ont régulièrement fait partie de la vie quotidienne de l'homme, puisqu'il s'en sert pour se nourrir, se soigner et parfois dans ses cérémonials religieux. Les extraits des plantes étaient déjà connus et utilisés par les égyptiens, les romains et les grecs pour leurs propriétés odorantes, médicinales et antimicrobiennes (Fellah et *al.*, 2006). Cependant, il aura fallu attendre le début du 20^{ème} siècle pour que les scientifiques commencent à s'y intéresser. Ces propriétés antimicrobiennes sont dues à la fraction d'huiles essentielles contenue dans ces plantes (Couic-Marinier et Lobsteine, 2013).

1- Définition

Les huiles essentielles, appelées aussi essences de plantes, essences aromatiques ou encore extraits aromatiques de plantes, sont des substances huileuses volatiles et odorantes que l'on peut extraire de certaines plantes appelées pour cette raison plantes aromatiques (Abrassat, 1988). Leur chimie est complexe mais, en général, elles sont un mélange de terpènes, d'alcools, d'aldéhydes, de cétones et d'esters (Padrini et Lucheroni, 1997). L'association française de normalisation AFNOR NF T75-006 définit l'huile essentielle comme « un produit obtenu à partir d'une matière première végétale comme soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des Citrus et qui sont séparés de la phase aqueuse par procédés physiques » (Garnero, 1976).

2- Répartition et localisation des huiles essentielles dans le règne végétal

Les huiles essentielles se rencontrent dans tout le règne végétal, cependant, elles sont particulièrement abondantes chez les Gymnospermes comme les Conifères et d'Angiospermes telles que la famille des Lamiacées, les Rutacées, les Ombellifères, les Myrtacées et les Poacées (Lakhdar, 2015). Elles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux, (Lamendin, 2004) comme les sommités fleuries (ex : Menthe...), les racines ou rhizomes (ex : Gingembre), les écorces (ex : Cannelles), le bois (ex : Camphrier), les fruits (ex : Citron), les graines (ex : Muscade). Elles sont contenues dans des structures spécialisées, à savoir, les poils, les canaux sécréteurs et les poches (Couic-Marinier et Lobstein, 2013). Si tous les organes d'une même espèce peuvent renfermer une huile essentielle, la composition de cette dernière peut varier selon sa localisation (Bruneton, 1999).

3- Caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles

De part leurs propriétés physico-chimiques, les huiles essentielles forment un groupe très homogène (Bruneton, 1993), dont les principales caractéristiques sont :

- Les huiles essentielles sont liquides à température ambiante hormis quelques cas particuliers où elles sont plutôt visqueuses ou cristallisées (Couic-Marinier et Lobsteine, 2013) ;
- Inflammables et ne contiennent aucun corps gras (Bonnafous, 2013) ;
- Leur point d'ébullition varie entre 60°C et 240°C (Bruneton, 1995) ;
- Substances volatiles (perdent rapidement leurs propriétés), huileuses, ce qui leur confère la propriété olfactive qui les différencie des huiles dites fixes (Bonnafous, 2013) ;
- Odorantes, et pour la plupart colorées (leur couleur varie selon la plante aromatique utilisée) (Lakhdar, 2015), ou très rarement colorées (Bruneton, 2009) ;
- Liposolubles et solubles dans les solvants organiques et les huiles végétales, entraînaient à la vapeur d'eau mais très peu solubles dans l'eau (elles sont hydrophobes) (Afssaps, 2008) ;
- Leur densité est inférieure à celle de l'eau, exception faite pour les huiles essentielles de la cannelle, du girofle et du sassafras (Lahrech, 2010) ;
- Indice de réfraction souvent élevé (Bruneton, 1995) ;
- Très altérables, sensibles à l'oxydation et ont tendance à se polymériser donnant lieu à la formation de produits résineux, ce qui conduit à la modification de leur odeur. il convient alors de les conserver à l'abri de la lumière et de l'humidité (Chergui, 2020).

4- Principaux domaines d'utilisations des huiles essentielles

En raison de leurs diverses propriétés, les plantes et leurs essences présentent un grand intérêt en pharmacie (par leur pouvoir antiseptique, antispasmodique, apéritif, antidiabétique etc.), en parfumerie et en cosmétique (par leur propriété odoriférante), dans l'industrie agro-alimentaire (aromatisant) (Chergui, 2020). Plus récemment, leur utilisation dans le secteur phytosanitaire s'est développée. Leur activité biologique sur les insectes phytophages s'exerce à plusieurs niveaux et limite le renouvellement des générations (Regnault-Roger, 2005).

5- Utilisation des huiles essentielles en tant que bio-pesticides

L'utilisation répandue des insecticides synthétiques a mené à beaucoup de conséquences négatives (résistance aux insecticides, toxicité sur la faune auxiliaire, problèmes de résidus, pollution environnementale) ayant pour résultat l'attention croissante donnée aux produits naturels (Isman, 2005). Les plantes peuvent fournir des solutions alternatives potentielles aux agents actuellement utilisés contre les insectes parce qu'elles constituent une source riche en produits chimiques bioactifs. Les plantes aromatiques sont parmi les insecticides les plus efficaces et les huiles essentielles constituent souvent la fraction bioactive des extraits de plantes (Shaaya et *al.*, 1997) et constituent une alternative prometteuse en tant que biopesticides (Campolo et *al.*, 2018). Ces molécules sont un complexe de composés chimiques avec plusieurs modes d'action qui renforcent leur activité en raison de l'action synergique entre leurs constituants (Mossa, 2016).

Selon Chiasson et Beloin (2007), les bio-insecticides à base des huiles essentielles présentent plusieurs caractéristiques d'intérêt :

- Les huiles essentielles sont très efficaces contre les insectes nuisibles en comparaison avec les produits chimiques de synthèse (une efficacité à large spectre, mais avec une spécificité pour certaines classes ou ordres d'insectes) ;
- Ces composés sont très peu persistants dans la nature, ils peuvent être appliqués jusqu'au moment de la récolte. Cette faible persistance permet aussi aux applicateurs de retourner au champ ou dans une serre dans un court délai après le traitement ;
- Les formulations à base des huiles essentielles sont stables à la température et les huiles essentielles brutes peuvent être conservées pendant plusieurs années ;
- Ces produits peuvent être utilisés en traitement individuels ou combinés ; ceci permet le développement de nouveaux mélanges pouvant avoir un effet additif ou synergique ;
- Les biopesticides à base d'huiles essentielles forment une classe d'insecticides intéressante car étant constituées de plusieurs composés à mécanismes d'action variés. En plus, elles ont des modes d'application multiples.

6-Conservation des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des substances très délicates, qui s'altèrent facilement et perdent leurs propriétés si elles ne sont pas conservées dans des flacons en verre ambré ou foncé bien fermés, à l'abri de l'air, de la lumière et de la chaleur (à température entre 8 et

25°C) (Padrini et Lucheroni, 2006). La durée de conservation des huiles essentielles est de 5 ans et celles des essences extraites de zestes d'agrumes, de 3 ans (Couic-Marinier et Lobsteine, 2013).

7- Généralités sur la sauge officinale (*Salvia officinalis*)

7-1- Origine et culture

La sauge officinale (*Salvia officinalis*), de la famille des Lamiacées, est un sous arbrisseau annuel et bisannuel d'origine méditerranéenne, aussi appelée sauge de Grèce, herbe sacrée, thé d'Europe ; C'est est une plante guérisseuse par excellence (Pujuguet, 2008). Il existe environ 900 espèces identifiées autour du monde contre une trentaine environ en Algérie (Maksinovic et al., 2007) et aujourd'hui elle constitue la principale plante officinale cultivée dans le monde (Carron et al., 2005).

Particulièrement, cette plante est cultivée pour ses qualités aromatiques, elle supporte mal les froids hivernaux et les périodes prolongées de sécheresse et elle demande un sol calcaire, souple voire même pauvre (Catizone et al., 1986).

7-2- Habitat et répartition

La sauge officinale est une plante médicinale au feuillage persistant et très aromatique, assez largement utilisée soit à l'état naturel, soit sous forme d'extrait ou d'huile essentielle (Fellah et al., 2006). Elle se rencontre sur les sols arides et calcaires des plaines, les forêts, les broussailles, les pâturages, les steppes, les hauts plateaux et les montagnes jusqu'à 2500 m d'altitude (Jedidi et al., 2018). Elle croit de manière spontanée sur tout le bassin méditerranéen depuis l'Espagne jusqu'à la Turquie, et dans le nord de l'Afrique, en Amérique du nord et dans l'Asie occidentale (Goutier, 2009). *Salvia officinalis* est assez commune en Algérie (Baba-Aissa, 2000).

7-3-Description botanique

La sauge officinale est une plante vivace de 30 à 60 cm de hauteur, à tiges ligneuse formant des rameaux quadrangulaires dressés vert –blanchâtres (Verbois, 2003), aux feuilles assez grandes ovales et allongées, opposées, pétiolées, rugueuses à bords dentelées, réticulées, gris verdâtre en raison d'une pubescence cotonneuse sur la face inférieure, à odeur aromatique caractéristique. Elle présente de petites fleurs pédicellées, d'environ 3 à 4cm de long, à corolle bleue violacée claire qui s'épanouissent en Juin ou Juillet (Lacoste, 2006 et Fleurentin, 2008),

des fruits en forme de tétrakènes brunâtres. La racine est brunâtre et fibreuse (Cuvier, 1983 et Hans, 2007) (Figure17).



Figure 17. Morphologie générale de *Salvia officinalis* L. (A) Feuilles (Bougrow, 2009), (B) fleurs (Bouguerra, 2012), (C) fruits (Bouhdjera, 2005), (D) Aspect général de la plante (Originale, 2022).

7-4- Systématique

Selon Madi (2009), la Sauge officinale appartient au :

Règne :	Plantes
Embranchement :	Spermaphytes
Sous embranchement :	Angiospermes
Classe :	Dicotylédones
Ordre :	Labiales
Famille :	Labiées
Genre :	<i>Salvia</i>
Espèce :	<i>Salvia officinalis</i> L., 1753

7-5-Variétés

Il existe plusieurs variétés de *S. officinalis* dont les plus connues ; la sauge à feuilles larges, la sauge à feuilles frisées, la sauge à feuilles étroites, à oreilles ou sans oreilles (Rozier, 1989), ou sauge de catalogue (Tableau 02).

Tableau 02 : Variétés de *Salvia officinalis* (Elisabeth et Julien, 2014).

Variété	Feuillage	Fleurs	
Sauge officinale 'Berggarten'	Grandes feuilles oblongues vert-grisâtre.	Fleurs bleu violacé.	
Sauge officinale 'Icterina'	Feuillage panaché vert et jaune.	Ne fleurit quasiment pas.	
Sauge officinale 'Tricolor'	Feuillage gris-vert panaché avec du pourpre et du crème.	Fleurs violet pâle. Un peu moins rustique.	
Sauge officinale 'Purpurascens'	Feuillage pourpre quand il est jeune. Devient vert foncé en vieillissant.	Fleurs bleu violacé.	
Sauge officinale 'Aurea' ou sauge officinale dorée	Feuillage vert marginé de doré.	Fleurs bleu mauve.	
Sauge officinale 'Albiflora'	Feuillage vert foncé.	Fleurs blanches.	
Sauge à feuilles de lavande (<i>Salvia lavandulifolia</i>)	Feuilles ressemblant à celles de la lavande.	Fleurs bleu lavande. La plus parfumée.	

7-6–Huile essentielle de *Salvia officinalis*

L'extraction d'huile essentielle de *S. officinalis* se fait par distillation à la vapeur des parties aériennes (tiges et feuilles) de la plante qui doivent être récoltées avant la floraison. Elles fournissent une huile volatile spécifique par une couleur transparente à jaune pâle (Aouadhi, 2010), une odeur agréable, aromatique et caractéristique (Benkherara, 2011).

Cette plante et surtout ses huiles essentielles sont utilisées par les industries de la parfumerie, de la cosmétologie, de l'industrie alimentaire et par l'industrie pharmaceutique (Houbairi et *al.*, 2015).

La composition chimique de l'huile essentielle peut différer en fonction de plusieurs paramètres comme la saison de récolte, la localisation géographique, le stade de la plante... Les constituants de l'huile essentielle rapportés par Wolter (2007) sont présentés dans le Tableau 03.

Tableau 03 : Composition de huile essentielle de *Salvia officinalis* (Wolter, 2007).

Hydrocarbures terpéniques			cétones			ester
Humilène	A-pinène	P-pinène	Camphre	A-Thujone	P-tujone	Acetate de bornyl
Trace à 18.9%	1.7à 13.1%	0.5à 17.9%	4.1 à 27.5%	1.5 à 44.2%	1 à 36.7%	0.1 à 36.7%

D'après ce tableau, les composés majoritaires de cette huile essentielle sont l'A-Thujone, le P-tujone, l'Acetate de bornyl et le camphre.

8- Généralités sur la menthe poivrée (*Mentha piperita*)

8-1- Origine et culture

La menthe poivrée (*Mentha piperita*) est une plante sauvage, herbacée vivace qui appartient à la famille des Lamiacées ; elle est originaire du Moyen-Orient et vraisemblablement d'Asie. Elle est le résultat de l'hybridation entre la menthe aquatique (*Mentha aquatica*) et la menthe verte (*Mentha spicata*) (Iscan et *al.*, 2002 ; Kizil et *al.*, 2010).

La menthe est cultivée en Mars-Avril sur tous les continents (Asie, Europe, Australie, Afrique, Amérique) et sa récolte se fait le mois de Mai jusqu'au le mois d'Octobre (Quillet, 1964). Elle est à forte teneurs en huiles essentielles et de bonnes qualités aromatiques.

En médecine traditionnelle, elle est utilisée pour ses propriétés antiseptiques, antivirales, antispasmodiques, antibactériennes et antioxydants et (Iscan et *al.*, 2002 ; Derwich et *al.*, 2011 ; Charles, 2013).

8-2-Habitat et Répartition

La menthe poivrée affectionne généralement les sols humides et frais et peut être obtenue sur des sols sablonneux argileux, pas trop sec mais riches en humus, situés dans des endroits ensoleillés et protégés du vent. La plante ne doit pas être cultivée après d'autres lamiacées (zybak, 2000). Elle requiert un pH entre 6 et 7 et se rencontre un peu partout en Europe ainsi qu'en Amérique du nord, en Asie et en Afrique du nord (Abbas, 2005).

8-3-Description botanique

La menthe poivrée est une plante herbacée vivace à rhizome long, rampante, de la famille des Lamiacées avec une tige quadrangulaire et rougeâtre mesurant 50 à 80 cm ; les feuilles de 4 à 10 cm de longueur, sont ovales, opposées et fortement pétiolées généralement d'une belle couleur verte et se teignent de nuances rougeâtres au soleil et de rouge cuivré à l'ombre (Benayad, 2008). Les fleurs violacées, forment des épis très courts et ovoïdes à l'extrémité des rameaux et qui poussent en grappes à l'aisselle des feuilles (Morigane, 2007). Le fruit, divisé en quatre parties, est entouré d'un calice persistant, son odeur est puissante, sa saveur piquante et rafraîchissante (Jahandiez et Marie, 1934) (Figure 18).



Figure 18. Morphologie générale de *Mentha piperita*. (A) Aspect général de la plante (Originale, 2022), (B) feuilles vertes (Anonyme, 2021), (C) Fleur violacée (Arnaud Lerch, 2015).

8-4-Systématique

Selon Kouane *et al.* (2016), la classification botanique de la menthe poivrée est :

Règne :	Plantes
Embranchement :	Spermaphytes
Classe :	Angiosperme
Sous embranchement :	Dicotylédones
Sous classe :	Gamopétales
Ordre :	Sympétales
Famille :	Lamiacées (labiacées)
Genre :	<i>Mentha</i>
Espèce :	<i>Mentha piperita</i> L., 1753

8-5-Huiles essentielles de *Mentha piperita*

L'huile essentielle de *Mentha piperita* est extraite des parties aériennes (feuilles) récoltées en Juin avant la floraison par hydrodistillation. Elle se présente sous forme d'un liquide vert jaune ou jaune claire rafraichissant dont la très forte odeur est due à son composé principal, le menthol (Abadlia et Chebbour, 2014). Elle est utilisée en médecine traditionnelle et moderne, dans les préparations alimentaires, en cosmétique et en pharmacologie. Les principales composantes majoritaires de cette huile essentielle, rapportées par Abadlia et Chebbour (2014), sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 04 : Composition d'huile essentielle de *Mentha Piperita* (Abadlia et Chebbour, 2014).

Composants	Menthol	Menthone	Esters	Oxydes	Monoterpènes
Pourcentage	20 à 70%	20 à 30 %	2 à 10 %	5 à 10 %	2 à 18 %

Chapitre **IV**

Matériel et Méthodes

Cette étude fait partie des travaux de recherche de Dr Khelfane-Goucem et s'inscrit dans le cadre de l'étude de la biologie de la bruche chinoise et de la recherche d'alternative de lutte contre ce ravageur. Dans ce chapitre seront présentés le matériel et les différentes méthodes utilisées pour réaliser nos expériences en conditions de laboratoire. Il s'agit de tester les effets insecticides par contact, inhalation et répulsion des huiles essentielles de la sauge officinale (*Salvia officinalis*) et de la menthe poivrée (*Mentha piperita*) sur la bruche chinoise (*Callosobruchus chinensis* L.).

1-Matériel

1-1-Matériel de laboratoire

Afin de réaliser notre expérimentation, nous avons utilisé le matériel suivant (Figure19) :

- Des boites en plastiques de 1litre de capacité pour les élevages de masse de l'insecte ;
- Des boites de Pétri en verre pour réaliser les tests de répulsion et de contact des huiles essentielles sur l'insecte ;
- Des bocaux en verre (125ml de capacité) et du fil pour réaliser les tests de toxicité par inhalation des l'huiles essentielles ;
- Une balance à affichage électronique pour peser les graines de pois chiche ;
- Une pipette graduée (2ml de volume) ;
- Une micropipette (0,5-10 μ l de volume) pour prélever les différentes doses de l'huile essentielle ;
- Du papier filtre ;
- Une étuve réglée à une température de $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ et à une humidité relative de $70 \pm 5\%$;
- Une loupe binoculaire pour pouvoir observer, aux deux grossissements $\times 10$ et $\times 40$, les insectes pour reconnaître les deux sexes et compter les œufs pondus et éclos ;
- Des étiquettes, aiguille, scotch, ciseau, coton...etc.

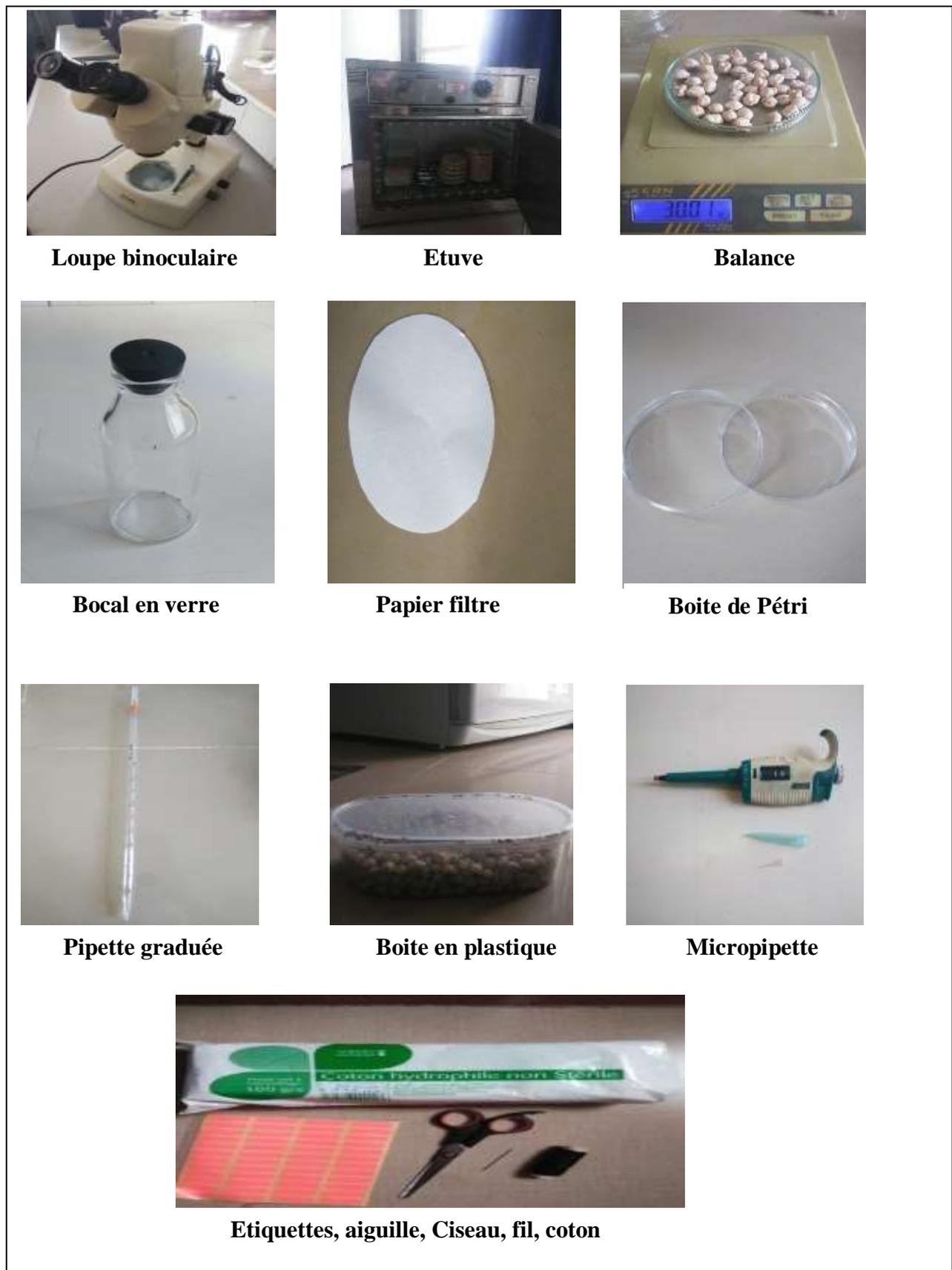


Figure 19. Matériel utilisé au laboratoire pour les différents expérimentations (Originale, 2022).

1-2-Matériel biologique

1-2-1-Graines de pois chiche

Les graines de pois chiche utilisées pour l'élevage de masse des bruches et pour le test par contact proviennent du marché local, elles sont lavées et séchées avant l'utilisation. Elles sont par la suite, traitées à la chaleur à $60 \pm 1^\circ\text{C}$ et une humidité relative de $50 \pm 5\%$ pour éliminer toute infestation possible par des insectes.

1-2-2- Insecte

Notre étude a été réalisée sur la bruche chinoise (*C. chinensis*) issue d'un élevage de masse réalisé au laboratoire d'entomologie à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Les individus (mâles et femelles) utilisés dans les différents tests de toxicité sont des bruches adultes âgées de 0 à 24h.

1-2-3- Huiles essentielles

Les huiles essentielles testées durant cette étude sont celles de la sauge officinale et de la menthe poivrée ; elles proviennent du marché local, elles sont extraites par hydrodistillation à partir des feuilles de ces plants récoltées en Algérie (Figure 20).



Figur 20. Huiles essentielles de la *Salvia officinalis* et *Mentha piperita* utilisées dans les tests de toxicité.

2- Méthodes

2-1- Elevage en masse

L'élevage de masse de *C. chinensis* est réalisé dans des boîtes en plastiques contenant une quantité de grains de pois chiche infesté et d'autres qui sont sains et bien séchés et un nombre indéterminé d'adultes mâles et femelles nouvellement émergés.

Les boîtes d'élevage sont maintenues dans des conditions de température de 27°C à 28°C et une humidité relative d'environ 70%, dans un délai de temps de 30 jours. L'objectif de cet élevage est de produire un nombre suffisant d'individus adultes âgés de 0 à 24h, nécessaires pour conduire les tests de toxicité de l'huile essentielle de la sauge officinale et de la menthe poivrée (Figure 21).



Figure 21. Elevage de masse de la bruche chinoise (*C. chinensis*) (Originale, 2022).

2-2-Effet des huiles essentielles sur *C. chinensis*

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'effet insecticide des huiles essentielles de *Salvia officinalis* et *Mentha piperita* sur les adultes de *C. chinensis* âgés de 0 à 24h. Nous avons réalisé trois tests de toxicité par inhalation, par répulsion et par contact.

2-2-1-Test par inhalation

Ce test sert à évaluer l'effet insecticide des deux huiles essentielles de la sauge officinale et la menthe poivrée par inhalation en utilisant différentes doses (0,5 μ l ; 1 μ l ; 1,5 μ l) sur les adultes de *C. chinensis* âgés de 0 à 24h.

Des disques de papier filtres ronds de 2cm de diamètre sont fixés à l'aide d'un fil à la face interne du couvercle des bocaux en verre de 125 ml de volume ; ils sont imprégnés avec une dose donnée d'huile essentielle soit 0,5 μ l ; 1 μ l et 1,5 μ l. Dans chaque bocal, dix (10) adultes de *C. chinensis* sont introduits. Parallèlement un lot témoin (n'ayant reçu aucun traitement par les huiles essentielles est réalisé). Quatre répétitions sont effectuées pour chaque dose et pour le témoin (Figure 24).

Le comptage des insectes morts est effectué au bout de 24h, 48h, 72h et 96h d'exposition dans chaque bocal.

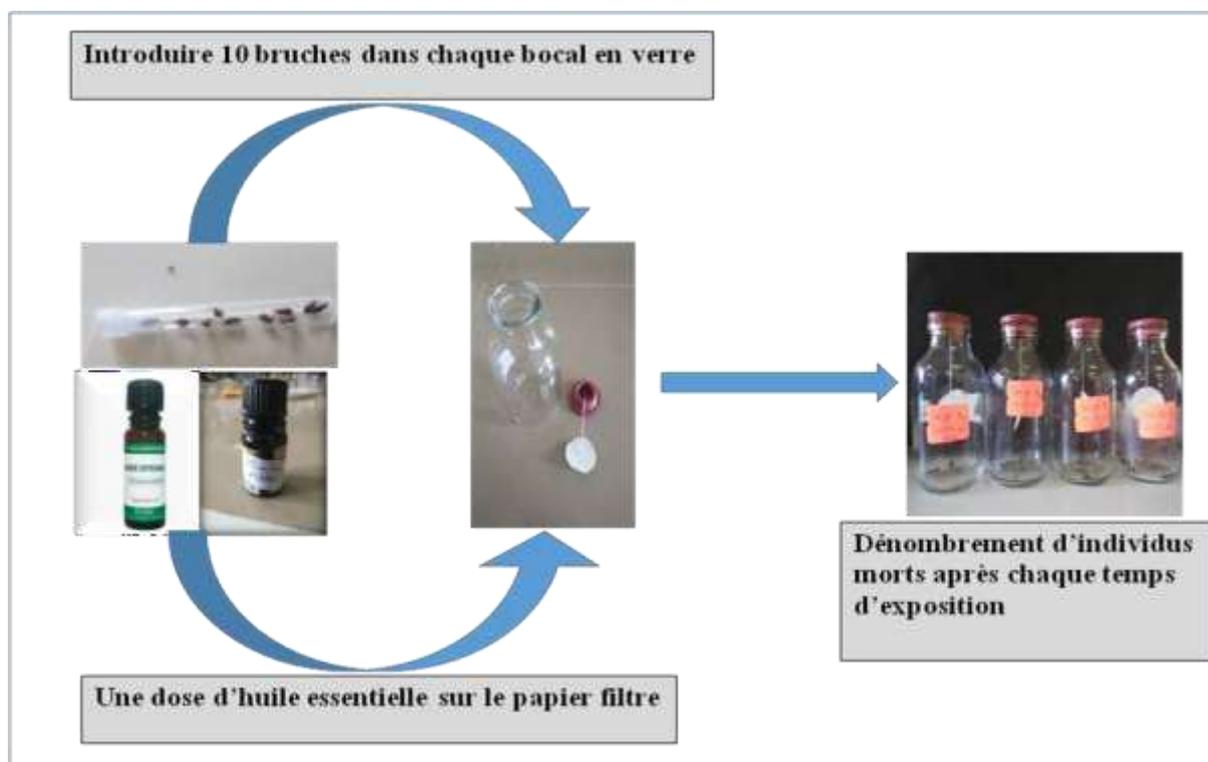


Figure 22. Dispositif expérimental du test par inhalation sur les adultes de *C. chinensis* traités aux huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée (Originale, 2022).

2-2-2-Test par répulsion

Ce test est réalisé pour évaluer le pourcentage de répulsion exercée par les deux huiles essentielles sur les adultes de *C. chinensis* âgés de 0 à 24h, en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre.

Il consiste à découper en deux moitiés égales les disques de papier filtre ayant un diamètre équivalent à celui de la boîte Pétri. Une moitié reçoit uniquement 0,25ml d'acétone (témoin) et l'autre moitié reçoit au même temps 0,25ml d'acétone additionné d'une dose des huiles essentielles étudiées (0,5 μ l ; 1 μ l ; 1,5 μ l).

Après 10 à 15 minutes d'évaporation de l'acétone, les disques sont reconstitués à l'aide d'une bande adhésive puis placés dans des boîtes de Pétri en verre. Un total de 10 adultes de *C. chinensis* sont introduits au centre de la boîte de Pétri refermée aussitôt. Quatre répétitions sont réalisées pour chaque dose (Figure 23).

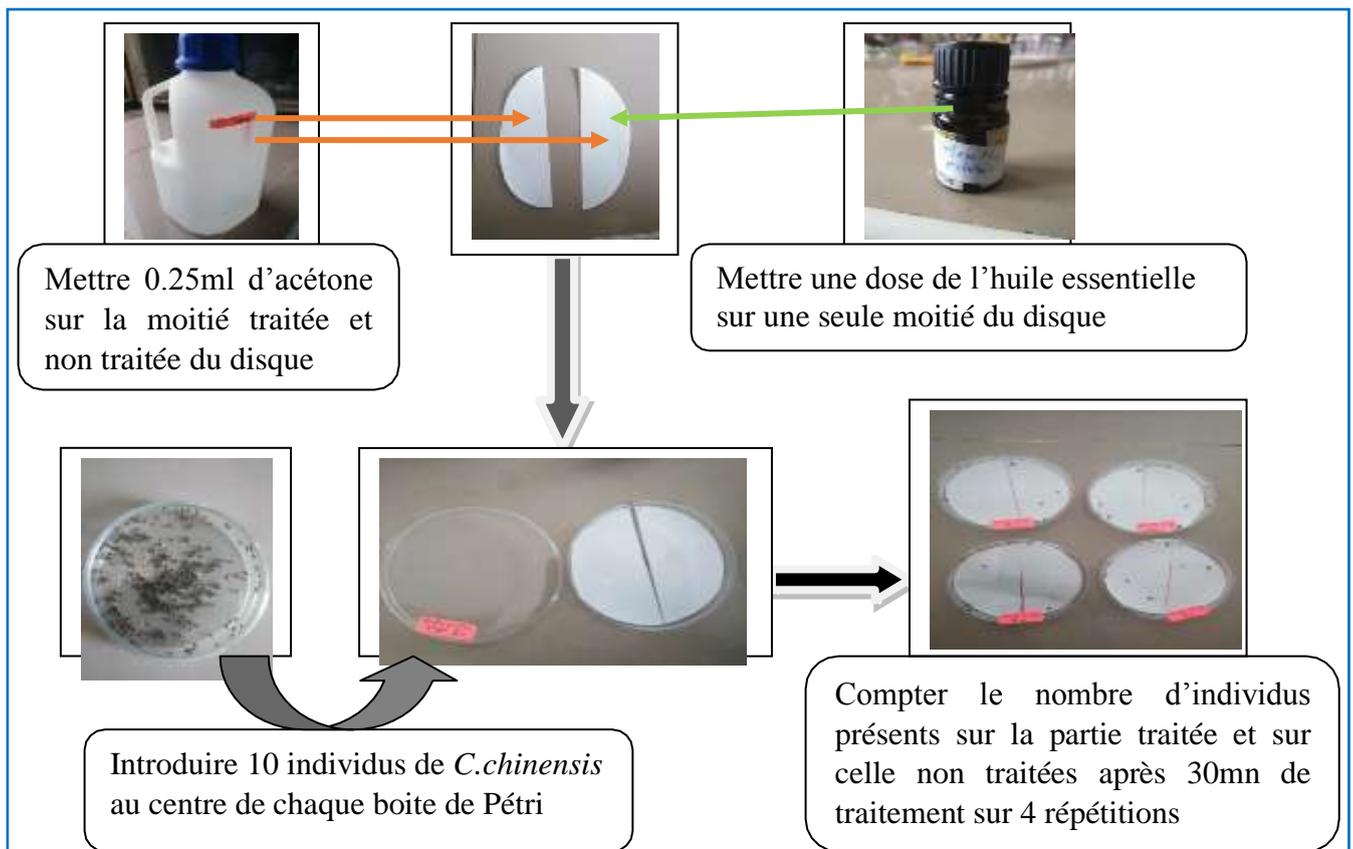


Figure 23. Dispositif expérimental du test de répulsion sur les adultes de *C. chinensis* traités avec les huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée (Originale, 2022).

Après 30 minutes de traitement, nous procédons au dénombrement des individus dans chacune des parties traitées et non traitées avec l'huile essentielle. Le pourcentage de répulsion est calculé comme suit :

$$PR\% = \frac{(NC - NT)}{(NC + NT)} \times 100$$

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

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

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

Tableau 05 : Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et *al.* (1970).

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

2-2-3- Test par contact

Ce test est réalisé dans des boîtes de Pétri en verre de 9cm de diamètre. Chaque boîte contient 30g de graines saines de pois chiche, traitées avec des huiles essentielles (Sauge officinale et Menthe poivrée) à différentes doses (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 capacité 0,5-10 μ l. Dix individus (5 mâles + 5 femelles) de *C. chinensis* âgés de 0 à 24h sont introduits dans chaque boîte de Pétri.

Un témoin lancé avec des graines saines non traitées avec les huiles essentielles est réalisé parallèlement. Quatre répétitions sont effectuées pour chaque dose et pour le témoin. L'ensemble des boîtes de Pétri sont maintenues dans des conditions de température de 28 \pm 1°C et à une humidité relative de 70 \pm 5 % (Figure 24).

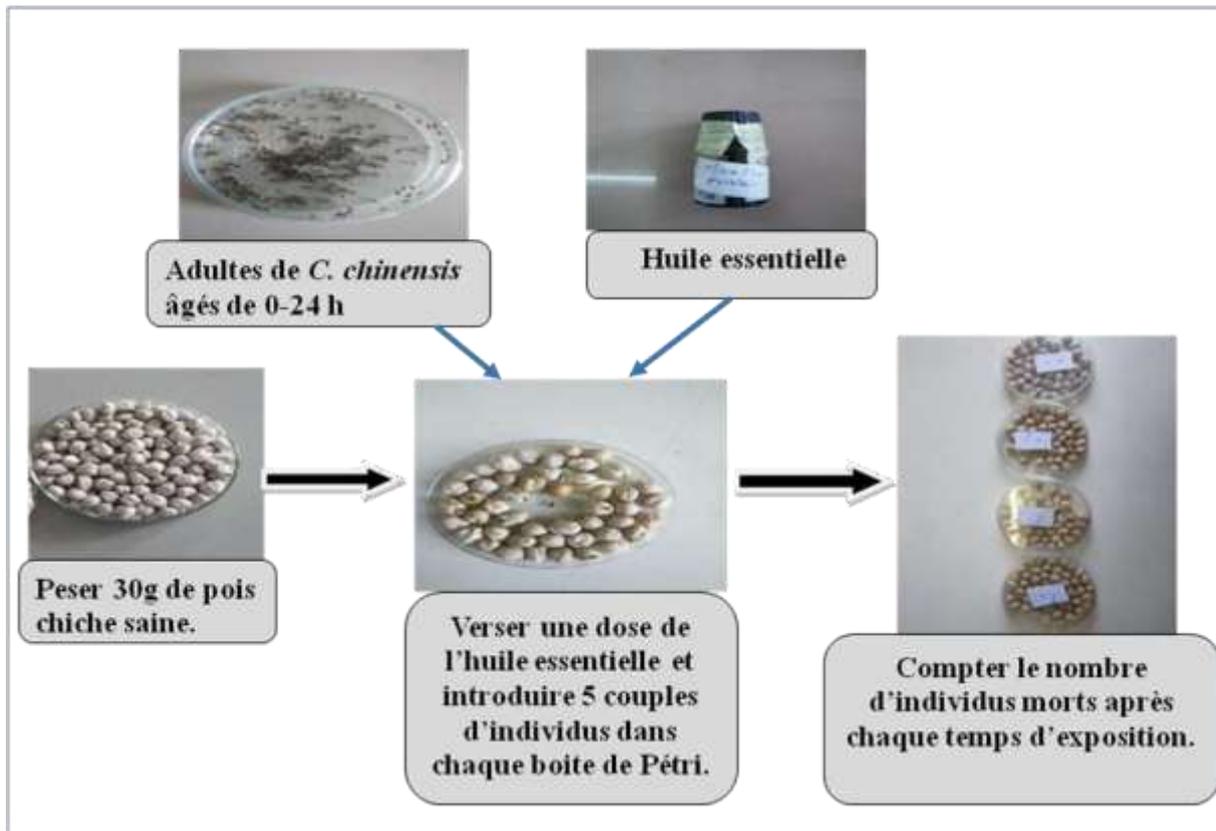


Figure 24. Dispositif expérimental du test par contact sur les adulte de *C. chinensis* traités à l'huile essentielle de la sauge officinale et de la menthe poivrée (Originale, 2022).

Plusieurs paramètres sont évalués, il s'agit de :

a)-Paramètres biologiques liés à la bruche

❖ Mortalité (longévité) des adultes

Un dénombrement des individus morts est réalisé quotidiennement après le lancement des tests pour toutes les doses et pour le témoin jusqu'à la mort totale des individus introduits dans chaque boîte de Pétri.

❖ Fécondité des femelles

Après 14 jours de traitement, le dénombrement de tous les œufs pondus sur les graines ( clos et non éclos) est effectué à l'aide d'une loupe binoculaire. Les œufs éclos sont reconnus par la présence de la larve à travers le chorion ou à leur aspect blanc laiteux.

❖ Taux d'éclosion des œufs

Après comptage des œufs pondus ( clos et non éclos), le taux d'éclosion des œufs est effectué en utilisant la formule suivante :

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

❖ Taux de viabilité des œufs (Taux d'émergence)

L'émergence des individus de *C. chinensis* a débuté après 37 jours de lancement des tests. Les observations quotidiennes sont réalisées afin de dénombrer tous les individus émergés dans chaque boîte de Pétri jusqu'aux dernières émergences.

Le taux de viabilité des œufs est le rapport entre le nombre d'adultes émergés et le nombre d'œufs pondus calculé par la formule suivante :

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

b)- Paramètres agronomiques liés à la graine

❖ Perte en poids des graines de pois chiche

Dés la fin des émergences des individus de *C. chinensis*, les graines utilisées dans les tests sont repesées, à l'aide d'une balance. Ce poids est ensuite comparé au poids initial avant traitement.

Les pertes en poids sont exprimées en pourcentage calculé comme suit :

$$\text{La perte en poids\%} = \frac{(\text{poids initial} - \text{poids final})}{\text{le poids initial}} \times 100$$

❖ Faculté germinative des graines de pois chiche

L'impact de l'utilisation des huiles essentielles (Sauge officinale et Menthe poivrée) sur la faculté germinative des graines est évalué de la manière suivante :

Un total de 40 graines de pois chiche pour chacune des doses testées est placé dans des boîtes de Pétri en verre contenant chacune du coton imbibé d'eau, les graines sont humidifiées quotidiennement ; un lot témoin représenté par les graines saines est également réalisé (Figure 25). Au bout de 4 à 5 jours, les graines germées sont dénombrées et le taux de germination est calculé comme suit :

$$\text{Taux de germination\%} = \frac{\text{nombre de graines germées}}{\text{nombre total de graines 40}} \times 100$$

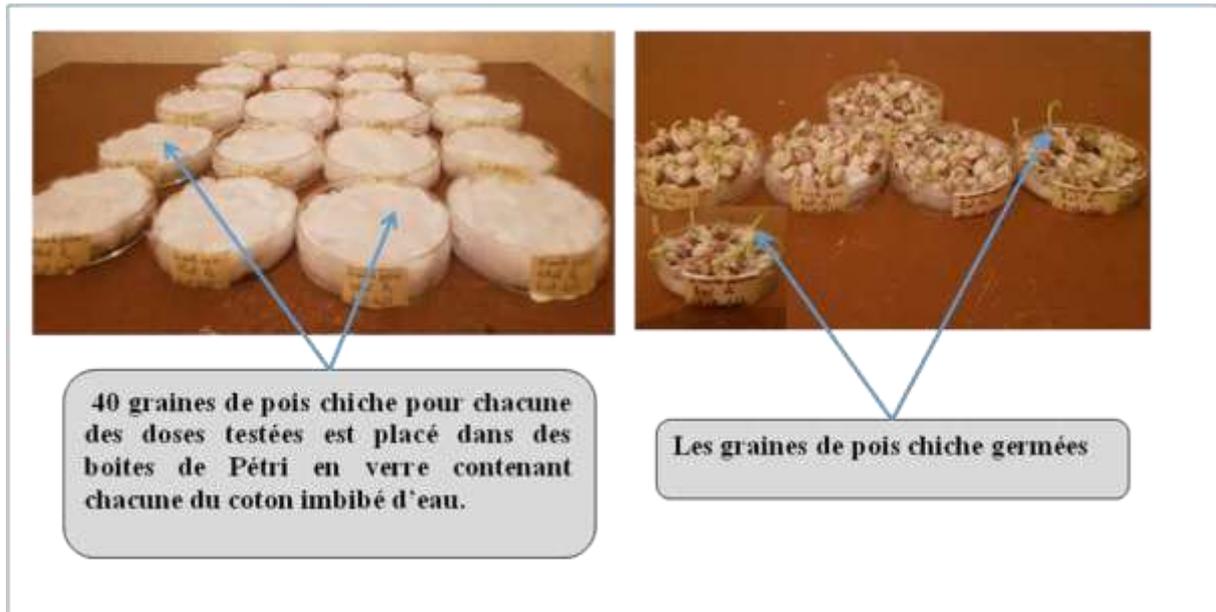


Figure 25. Dispositif expérimental du test de germination des graines de pois chiche traitées par contact avec les deux huiles essentielles (la sauge officinale et la menthe poivrée) (Originale, 2022).

3- Analyse statistique

Les résultats obtenus sont soumis à une analyse de la variance à 1, 2 ou 3 critères de classification pour les tests par contact et par inhalation et à deux critères de classification pour le test de répulsion à l'aide du 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 signification de 5% pour la comparaison multiple des moyennes.

Lorsque la probabilité (P) est :

$P > 0.05$, il n'y a pas de différence significative. $0.01 < P \leq 0.05$,

il ya une différence significative.

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

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

Chapitre V

Résultats et discussions

1-Activité insecticide des huiles essentielles par inhalation

1-1-Résultats

1-1-1-Huile essentielle de la sauge officinale

Les résultats de l'activité insecticide de l'huile essentielle de la sauge officinale sur les adultes de *C. chinensis* sont présentés dans la figure 26.

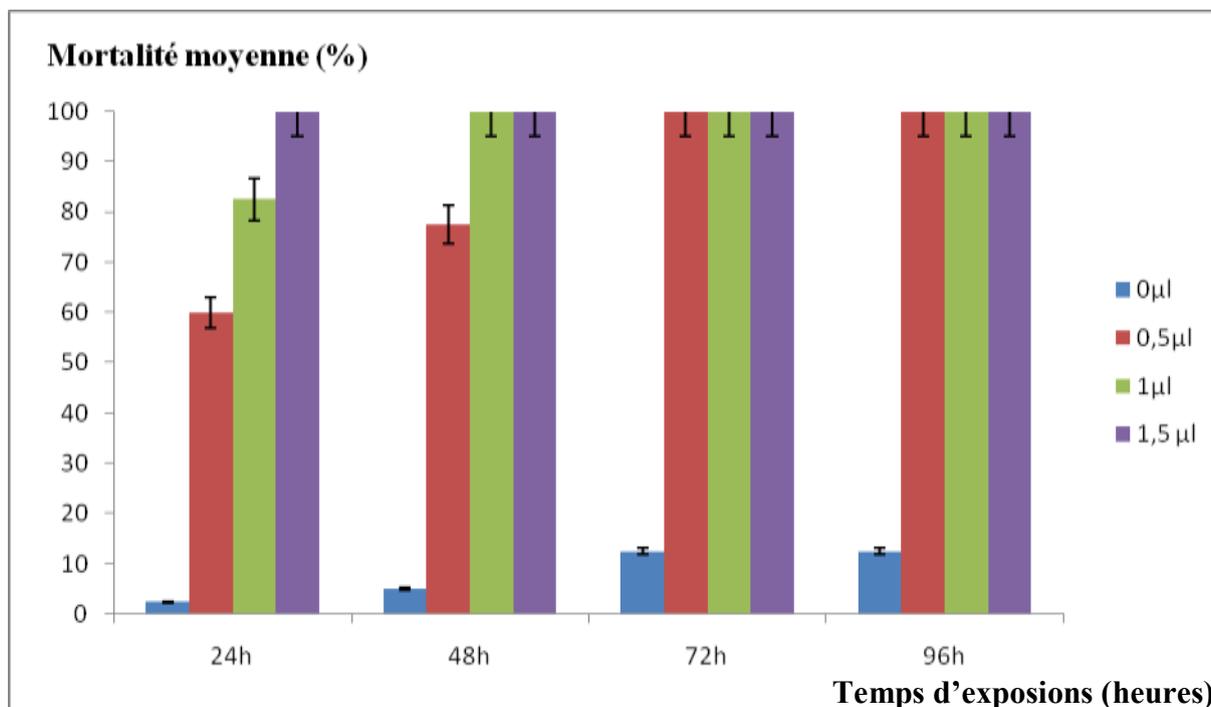


Figure 26. Taux moyens de mortalité des adultes de *C. chinensis* traités avec différentes doses de l'huile essentielle de la sauge officinale par inhalation.

D'après ces résultats, la mortalité moyenne des adultes de *C. chinensis* augmente en fonction de la dose et de la durée d'exposition à l'huile essentielle utilisée par inhalation. Le taux de mortalité dans les lots témoins (0 μl) est de 2,5% enregistré après 24h d'exposition. Ces taux augmentent progressivement pour atteindre 60% après 24 h, 77,5 % après 48h et une mortalité totale après 72h à la dose 0,5 μl. A la dose 1 μl, nous avons enregistré un taux moyen de mortalité de 82,5% après 24h du temps uniquement pour atteindre le maximum de mortalité soit 100% après 48h de traitement à la même dose. Par contre à la dose 1,5 μl, une mortalité de 100% est enregistrée dès 24 heures d'exposition aux vapeurs de l'huile essentielle utilisée.

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre qu'il y a une différence très hautement significative pour le facteur dose de l'huile essentielle ($P=0$) et une différence non significative ($P=0,06$) pour le facteur temps d'exposition (Tableau 06).

Tableau 06 : Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification, au seuil de 5%, pour le paramètre mortalité des adultes de *C. chinensis* traités par inhalation avec l'huile essentielle de la sauge officinale.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	23740,23	15	1582,682				
Var. Facteur 1 (dose)	22301,17	3	7433,724	99,984	0		
Var. Facteur 2 (temps)	769,922	3	256,641	3,452	0,0646		
Var. Résiduelle	669,141	9	74,349			8,623	11,97%

Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe les 4 doses d'huile essentielles de la sauge officinale dans 2 groupes homogènes A et B où les doses 0,5 μ l, 1 μ l et 1,5 μ l (D1, D2, D3) sont placées dans le groupe homogène A et le témoin (0 μ l) dans le groupe homogène B (Tableau 07).

Tableau 07 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant le facteur dose de l'huile essentielle de la sauge officinale utilisée par inhalation sur les adultes de *C. chinensis*.

F1 (Dose)	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes	
4.0	d3	100	A	
3.0	d2	95,625	A	
2.0	d1	84,375	A	
1.0	d0	8,125		B

1-1-2-L'huile essentielle de la menthe poivrée

Les résultats de l'activité insecticide par inhalation de l'huile essentielle de la menthe poivrée sur les adultes de *C. chinensis* sont présentés dans la figure 27.

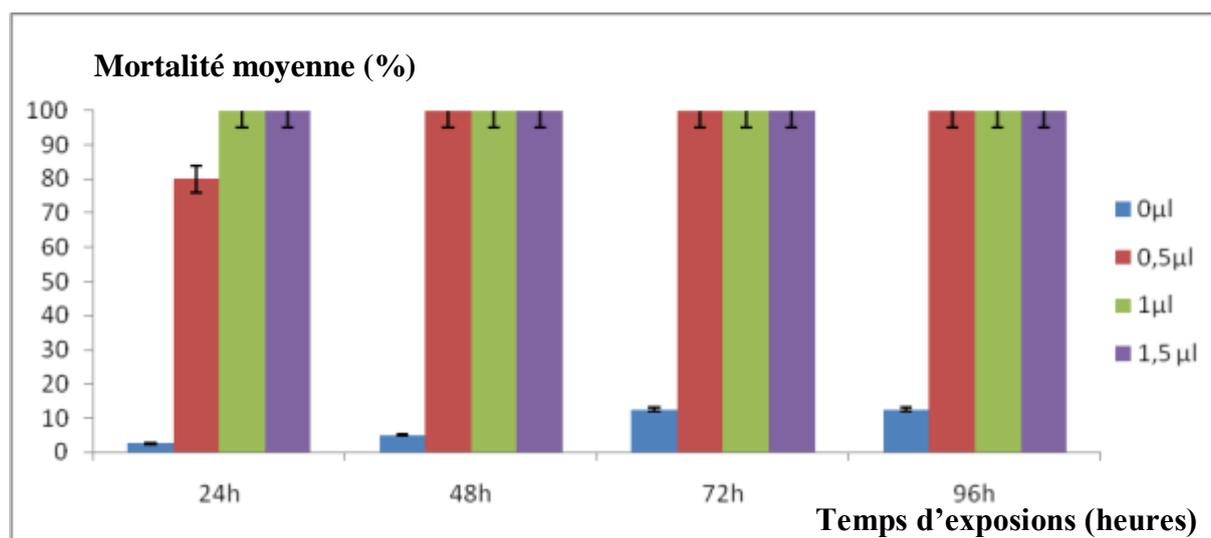


Figure 27. Taux moyens de mortalité des adultes de *C. chinensis* traités avec différentes doses de l'huile essentielle de menthe poivrée par inhalation.

D'après ces résultats, la mortalité moyenne des adultes de *C. chinensis* augmente avec l'augmentation de la dose et de la durée d'exposition à l'huile essentielle de la menthe poivrée utilisée par inhalation. Le taux de mortalité dans les lots témoins (0 μl), est de 2,5% enregistré après 24h d'exposition. Après 24h d'exposition, nous avons enregistré un taux de mortalité de 80% chez les individus de *C. chinensis* traités à la dose 0,5 μl, C'est à partir de 48h que nous avons constaté un taux de mortalité de 100% à la même dose. Par contre à la dose 1 μl et 1,5 μl, une mortalité de 100% est enregistrée dès 24 heure d'exposition aux vapeurs de l'huile essentielle utilisée.

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre qu'il y a une différence très hautement significative pour le facteur dose de l'huile essentielle ($P=0$) et une différence non significative ($P=0,18$) pour le facteur temps d'exposition (Tableau 08).

Tableau 08 : Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification, au seuil de 5%, pour le paramètre mortalité des adultes de *C. chinensis* traités par inhalation avec l'huile essentielle de la menthe poivrée.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	24858,98	15	1657,266				
Var. Facteur 1(dose)	24479,29	3	8159,765	321,367	0		
Var. Facteur 2(Temps)	151,17	3	50,39	1,985	0,18637		
Var. Résiduelle 1	228,518	9	25,391			5,039	6,65%

Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe les 4 doses de l'huile essentielle de la menthe poivrée dans 2 groupes homogènes A et B où les doses 0,5 µl, 1µl et 1,5µl (D1, D2, D3) sont placées dans le groupe homogène A et le témoin (0µl) dans le groupe homogène B (Tableau 09).

Tableau 09 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant le facteur dose de l'huile essentielle de la menthe poivrée utilisée par inhalation sur les adultes de *C. chinensis*.

F1 (Dose)	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes	
3.0	d2	100	A	
4.0	d3	100	A	
2.0	d1	95	A	
1.0	d0	8,125		B

Afin de comparer l'efficacité des deux huiles essentielles, nous avons effectué une analyse de la variance à trois critères de classification (Huile, Dose et temps) ; cette dernière n'a pas révélé de différences significatives entre les deux huiles ($P=0,05654$) (Tableau10).

Tableau 10 : Résultats de l'analyse de la variance à trois critères de classification, au seuil de 5%, pour le paramètre mortalité des adultes de *C. chinensis* traités par inhalation avec les huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	48711,72	31	1571,346				
Var. Facteur 1 (Huile)	112,5	1	112,5	4,696	0,05654		
Var. Facteur 2 (Dose)	46628,91	3	15542,97	648,75	0		
Var. Facteur 3 (Temps)	794,531	3	264,844	11,054	0,00246		
Var. Inter F1*2	151,563	3	50,521	2,109	0,16878		
Var. Inter F1*3	126,563	3	42,188	1,761	0,22393		
Var. Inter F2*3	682,031	9	75,781	3,163	0,05101		
Var. Résiduelle	215,625	9	23,958			4,895	6,62%

Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe les 4 doses ($P=0$) des deux huiles essentielles dans 3 groupes homogènes A, B et C où les doses les plus fortes 1µl et 1,5µl (D2, D3) sont placées dans le groupe homogène A, la dose 0,5 µl (D1) dans le groupe B et le témoin (0µl) dans le groupe homogène C (Tableau 11).

Tableau 11 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant le facteur dose des deux huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée utilisée par inhalation sur les adultes de *C. chinensis*.

F2	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes		
4.0	d3	100	A		
3.0	d2	97,813	A		
2.0	d1	89,688		B	
1.0	d0	8,125			C

Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe le facteur temps ($P=0,00246$) dans 2 groupes homogènes A et B. Les temps T2, T3 et T4 sont présentés dans le groupe homogène A, avec les valeurs moyennes de mortalités les plus élevées ; au contraire le temps T1 est placé dans le groupe homogène B qui enregistre la valeur la plus faible (Tableau12).

Tableau 12 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant le facteur temps des deux huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée utilisée par inhalation sur les adultes de *C. chinensis*.

BF3	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes		
3.0	t3 (72H)	78,125	A		
4.0	t4 (96H)	78,125	A		
2.0	t2 (48H)	73,438	A		
1.0	t1 (24H)	65,938			B

1-2-Discussion

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

Les résultats obtenus dans cette étude montrent nettement que les deux huiles essentielles testées, ont révélé un effet insecticide important par inhalation sur *C. chinensis* ; Elles réduisent la durée de vie des adultes d'une manière hautement significative au fur et à mesure que la dose et le temps d'exposition augmentent.

Bien que l'analyse de la variance n'a pas montré de différences significatives entre les deux huiles ; l'huile essentielle de la menthe poivrée manifeste vraisemblablement une toxicité plus importante que l'huile essentielle de la sauge officinale. En effet, dès la dose 1 μ l,

l'huile essentielle de *M. piperita* provoque une mortalité totale des adultes de *C. chinensis* après 24h d'exposition et l'huile essentielles de *Salvia officinalis* provoque une mortalité totale des adultes de *C. chinensis* après 48h d'exposition à la dose 1,5 μ l.

Nos résultats s'accordent avec ceux obtenus par d'autres auteurs qui ont étudié l'effet des huiles essentielles sur les adultes du bruche chinois ou d'autres ravageurs des stocks.

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 les adultes de *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 ; une toxicité beaucoup plus faible que celle que nous avons obtenu car les doses utilisées par ces auteurs sont plus fortes. Cependant, elles ont montré un résultat similaire au notre, la toxicité supérieure de l'huile essentielle de la menthe poivrée par rapport à celle de la sauge.

Nos résultats sont très proches de ceux obtenus par Aliane et Imrazene (2020) qui ont montré que l'huile essentielle de la menthe pouliot a un effet insecticide important par inhalation sur *C. chinensis*. En effet, ayant utilisé des doses similaires, ces auteurs ont montré qu'elle réduit la durée de vie des adultes d'une manière très hautement significative au fur à mesure que la dose et la durée d'exposition augmentent. 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* était le plus sensible comparativement à *Sitophylus granarius* L., *Sitophylus orysae* L., *Tribolium confusum* et *Rhyzoperta dominica* F. et le facteur influençant l'efficacité des vapeurs était la durée d'exposition.

Pour leur part, Tapondjou et al. (2002) ont montré qu'un matériel végétal broyé et l'huile essentielle de *Chenopodium ambrosioides* réduisent de 80 à 100% les densités des populations de *C. chinensis*, d'*Acanthoscelides obtectus*, de *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 0,2 μ l /m² .

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

Raja et al. (2001) affirment aussi que les huiles essentielles de *Mentha arvensis*, *M. piperita* et *M. spicata* possèdent une action biocide significative vis-à-vis d'une bruche voisine *C. maculatus* F., et ce par inhalation. Cette efficacité varie en fonction de l'huile essentielle et de la dose. Ces variations peuvent être expliquées par la composition chimique de l'huile essentielle et le comportement du ravageur.

Aissat et Berkane (2014), ont montré que *M. piperita* et *Thymus zygis* sont efficaces sur les adultes diapausants de *Bruchus rufimanus*, une bruche monovoltine qui s'attaque aux graines de fève, dont la mortalité totale des individus est atteinte après 9 h de traitement par inhalation à la dose de 10 µl. Aussi, Kacel et Kacha (2015) ont montré que l'huile essentielle de la menthe poivrée présente une toxicité par inhalation sur les adultes diapausants de *B. rufimanus* enregistrant une mortalité totale des bruches après une exposition de 24 h à la dose de 50µl.

D'après Benazzedine (2010), les huiles essentielles de *R. officinalis*, *Mentha viridis* agissent sur les adultes de *S. oryzae* et *T.confusum* et provoquent une mortalité de 100% à la dose 9.103µl/cm³ après 24 h de traitement des adultes de *T. confusum*.

Assam (2015) a évalué l'effet biocide de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* par inhalation sur les adultes diapausants de *B.rufimanus*, dès la plus faible dose (2µl) a un effet toxique qui s'exprime avec une longévité moyenne de 48h (2 jrs) sur les mâles. A la plus forte dose de 8µl, l'huile enregistre une mortalité totale des mâles de *B.rufimanus* après 48h d'exposition.

Selon Lakrous (2018), l'huile essentielle de *R. officinalis* a un effet toxique vis-à-vis des mâles et des femelles de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus*, et ce, par inhalation. Cet auteur a signalé que le taux de mortalité totale est obtenu à la plus forte dose 4µl, au bout de 12h d'exposition pour les deux sexes.

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

D'après Regnault-Roger et Hamraoui (1993), les différentes huiles essentielles extraites par hydrodistillation des plantes de la famille des Lamiacées, Myrtacées, Lauracées et des Graminées présentent une toxicité inhalatrice sur *A. obtectus*, notamment les huiles essentielles de *Thymus serpyllum*, *Thymus vulgaris* et *Lavandula angustifolia* (Lamiacées) qui causent une mortalité de 95% après 24 heures et une mortalité de 100% après 48heures pour des concentrations correspondant respectivement a 160 mg / dm³, 136 ,1mg / dm³ et 145mg / dm³.

Les études réalisées par Kailash et Bhanwar (2013) cité par Belkadi (2014) sur l'activité de six huiles essentielles, à savoir, *Azadirachta indica*, *Ricinus communis*, *Millettia pinnata*, *Sinapis arvensis*, *Eucalyptus globulus* et *Eruca vesicaria* évaluées en utilisant trois doses (0,1µl ; 0,5µl et 1,0µl) sur *R. dominica* ont montré que la protection maximale est obtenue avec l'huile de neem à 1% (aucun adulte n'est émergé 270 jours après le traitement).

Ouchekdidh-Ourlissene (2014) a montré que les huiles essentielles de trois Lamiacées, *Thymus Zygis*, *Rosmarinus officinalis* et *Mentha piperita* à l'égard d'*Acanthoscelides obtectus* ont manifesté un taux de mortalité significative qui augmente proportionnellement avec la dose des huiles testées et la durée d'exposition pour toutes les huiles utilisées. L'huile essentielle du thym est la plus efficace avec une mortalité moyenne de 70.62%, suivi de l'huile essentielle de la menthe poivrée avec une mortalité moyenne de 59.68%, puis celle du romarin avec une mortalité moyenne de 57.18%.

Des résultats similaires sont obtenus par Goucem-Khelfane (2014), qui a testé l'efficacité de neuf huiles essentielles extraites de plantes aromatiques sur *A. obtectus*. L'auteur a montré que ce sont surtout les huiles essentielles des Lamiacées qui sont plus toxiques, en effet, les huiles essentielles du thym et de la menthe poivrée utilisées aux doses plus faibles (0µl ; 0.25µl ; 0.5µl ; 0.75µl ; 1µl et 2µl), se sont montrées beaucoup plus efficaces en enregistrant une longévité respectivement de 1.75 ± 0.95 et 3.5 ± 0.57 jours à la plus forte dose de 2µl. De plus, la même étude fait ressortir une mortalité de 100% à la dose de 10µl après 72heures d'exposition à l'huile essentielle de la menthe poivrée et de la lavande.

2-Activité insecticide des huiles essentielles par répulsion

2-1- Résultats

2-1-1- Huile essentielle de la sauge officinale

L'évaluation de l'effet répulsif de l'huile essentielle de la sauge à l'égard des adultes de *C. chinensis* après 30 minutes d'exposition aux différentes doses (0,5µl, 1µl, 1,5µl), est présentée dans la figure 28.

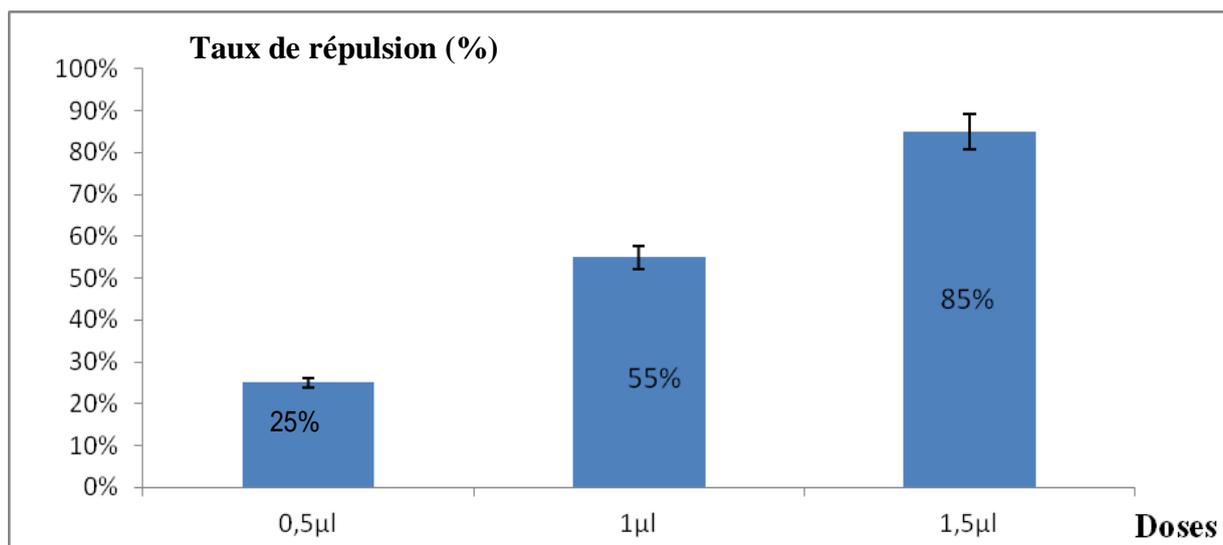


Figure 28. Taux moyens de répulsion de l'huile essentielle de sauge officinale à l'égard des adultes de *C. chinensis* après 30 minutes d'exposition aux différentes doses.

Nous constatons que les taux de répulsion de l'huile essentielle de la sauge à l'égard des adultes de *C. chinensis* varient selon les doses ; il est de 25% à la dose de 0,5µl, il augmente graduellement pour enregistrer une valeur maximale de 85% à la dose de 1,5µl.

Selon le classement de Mc Donald et *al.* (1970), l'huile essentielle de la sauge officinale est modérément répulsive et appartient à la classe III avec un taux de répulsion moyen de 55 % (Tableau 13).

Tableau13 : Nombre d'individus de *C. chinensis* présents dans la partie traitée et non traitée avec l'huile essentielle de sauge officinale par répulsion.

Huile essentielle	Doses (µl)	Nombre d'individus présents		Pourcentage de répulsion
		Dans la partie non traitée	Dans la partie traitée	
Sauge officinale	0,5	25	15	25%
	1	31	9	55%
	1,5	37	3	85%
Taux moyen de répulsion	55%			
Classe	Classe III			
Effet	Modérément répulsif			

2-1-2- Huile essentielle de la menthe poivrée

L'évaluation de l'effet répulsif de l'huile essentielle de la menthe poivrée à l'égard des adultes de *C. chinensis* après 30 minutes d'exposition aux différentes doses (0,5 μ l, 1 μ l, 1,5 μ l) est présentée dans la figure 29.

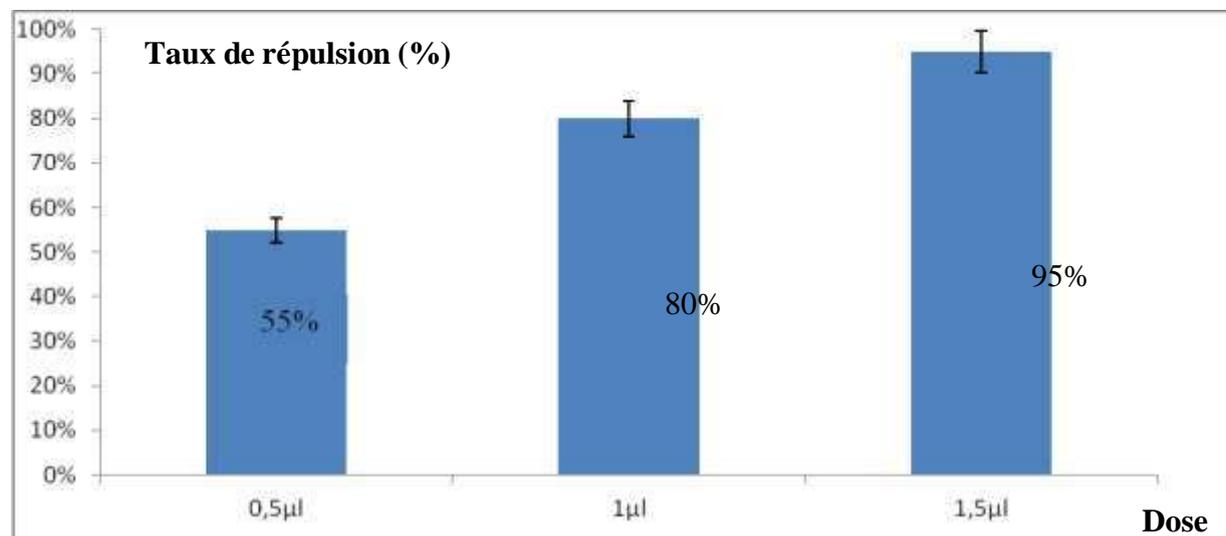


Figure 29. Taux moyens de répulsion de l'huile essentielle de la menthe poivrée à l'égard des adultes de *C. chinensis* après 30 minutes d'exposition aux différentes doses (0,5 μ l, 1 μ l, 1,5 μ l).

Nous constatons que les taux de répulsion de l'huile essentielle de menthe poivrée à l'égard des adultes de *C. chinensis* varient selon les doses ; il est de 55% à la dose de 0,5 μ l, il augmente graduellement pour enregistrer une valeur maximale de 95 % à la dose de 1,5 μ l.

Selon le classement de Mc Donald et *al.* (1970), l'huile essentielle de menthe poivrée est répulsive et appartient à la classe IV avec un taux de répulsion moyen de 76 % (Tableau 14). Elle est plus répulsive comparativement à l'huile essentielle de la sauge officinale.

Tableau 14 : Le nombre d'individus de *C. chinensis* présents dans la partie traitée et non traitée avec l'huile essentielle de menthe poivrée par répulsion.

Huile essentielle	Doses (μ l)	Nombre d'individus présents		Pourcentage de répulsion
		Dans la partie non traitée	Dans la partie traitée	
Menthe poivrée	0,5	31	9	55%
	1	36	4	80%
	1,5	39	1	95%
Taux moyen de répulsion	76%			
Classe	Classe IV			
Effet	Répulsive			

L'analyse de la variance à deux critères de classification au seuil de signification de 5%, montre qu'il y a une différence hautement significatives pour le facteur huile ($P=0,00208$) et une différence très hautement significative ($P=0,00001$) pour le facteur dose pour les deux huiles essentielles (Tableau15).

Tableau 15 : Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification, au seuil de 5%, pour le pourcentage de répulsion des adultes de *C. chinensis* traités avec les huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	1,718	23	0,075				
Var. Facteur 1 (Huile)	0,282	1	0,282	13	0,00208		
Var. Facteur 2 (Dose)	1,003	2	0,502	23,154	0,00001		
Var. Inter F1*2	0,043	2	0,022	1	0,38932		
Var. Résiduelle 1	0,39	18	0,022			0,147	22,36%

La comparaison des moyennes par le test de Newman et Keuls classe l'huile essentielle de la menthe poivrée dans le groupe homogène A ayant une répulsion moyenne de 76% et l'huile essentielle de la sauge officinale dans le groupe homogène B (55%) (Tableau16).

Tableau 16 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant le facteur huile (huiles essentielles de *Salvia officinalis* et de *Menthe piperita*) utilisée par répulsion sur les adultes de *C. chinensis*.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes
2.0	menthe	0,767	A
1.0	sauge	0,55	B

Pour le facteur dose, le test de Newman et Keuls a réparti ces différentes doses dans 3 groupes homogènes A ,B et C où la dose 1,5 μ l (D3) est la plus efficace avec une moyenne de 90% placée dans le groupe homogène A, suivie de la dose 1 μ l (D2) classée dans le groupe homogènes B dont la moyenne est de 67,5% et enfin la dose 0,5 μ l (D1) la moins efficace avec une moyenne de 40% est placée dans le groupe homogène C (Tableau 17)

Tableau 17 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant le facteur dose des deux huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée utilisée par répulsion sur les adultes de *C. chinensis*.

F2	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes		
3.0	d3	0,9	A		
2.0	d2	0,675		B	
1.0	d1	0,4			C

2-2- Discussion

Nos résultats corroborent avec de nombreux autres travaux qui ont montré que les huiles essentielles agissent par répulsion sur les ravageurs des denrées stockées, notamment les bruches polyvoltines comme *C. chinensis*, *C. maculatus* et *A. obtectus*.

Nos résultats ont montré que les deux huiles essentielles testées (*Salvia officinalis* et *Mentha piperita*) ont manifesté un effet répulsif sur les adultes de *C. chinensis*. Celle de *Mentha piperita* s'est avérée la plus répulsive enregistrant un taux de répulsion moyen de 76% et un taux maximal de 95% à la plus forte dose utilisée soit 1,5µl.

Pour leur part, Kumar et al. (2009) ont conclu que le taux de répulsion de l'huile essentielle de *Mentha longifolia* contre les adultes de *C. chinensis* est de 85%. Les résultats de ces auteurs ne dévoilent que l'huile essentielle de *M. longifolia* est très répulsive selon le tableau de Mc Donald et al. (1970) ; nos résultats montrent que l'huile essentielle de *Salvia officinalis* est modérément répulsive et celle de *Mentha piperita* est répulsive sur la même bruche, cette différence serait due à la présence de molécules répulsives différentes et avec des pourcentages différents dans ces huiles.

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 0,5µl qui augment graduellement pour atteindre une valeur maximale de 85% à la dose 1,5µl. Dans notre cas et à la même dose (1,5µl), l'huile essentielle de la menthe poivrée a manifesté un effet répulsif moyen plus faible.

Des résultats similaires sont observés par Acheraïou 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%.

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

Ouchekdhidh-Ourliissene (2014) a montré l'activité répulsive des huiles essentielles extraites de la Menthe poivrée, du Thym et de Romarin à l'égard de la bruche de haricot *Acanthoscelides obtectus*. L'auteur a enregistré les taux de répulsion les plus élevées pour le Thym et la Menthe poivrée qui sont de 71,25% et 68,75% respectivement. Notons que le taux de répulsion obtenu pour la Menthe poivrée est très proche de celui qui a obtenu sur la bruche chinoise ce qui suggère que ces deux bruches des stocks présentent une sensibilité comparable des à l'huile essentielle utilisée.

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

Roy et al. (2005) ont montré que l'huile essentielle extraite de Lastron bâtard (*Blumea lacera*) est modérément répulsive vis-à-vis de *Rhyzopertha dominica*, avec une répulsion moyenne de 55,7%.

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

Hedjel-Chebheb (2014) a montré que les huiles essentielles de différentes espèces du genre Eucalyptus sont très actives à l'égard de *C. maculatus* à partir de la dose de 75µl. Par contre l'huile essentielle du Cyprès de l'Atlas (*Tetraclinis articulata*) est très répulsive à partir de la dose de 6,5µl (80%). Celle de *P. halepensis* est modérément répulsive (60%).

Hamdani (2012) montre que le taux de répulsion le plus faible est enregistré avec l'huile de l'Orange douce avec une moyenne de 17,5%, alors que le plus élevé est enregistré avec l'huile de Bigradier avec une moyenne de 70%. Les deux autres huiles ont montré des taux de répulsion moyens de 50% et 42,5% respectivement pour l'huile de Citronnier et de Pamplemoussier.

De même Taleb-Toudert (2015) a montré que les huiles essentielles d'*E. globulus*, *E. radiata*, *S. officinalis* se sont révélées comme les plus répulsives sur les adultes de *C. maculatus* avec un taux de 100% à la dose de 12 μ l.

3-Activité insecticide des huiles essentielles par contact

3-1-Effet sur la mortalité des adultes de *C. chinensis*

3-1-1- Résultats

3-1-1-1-Effet de l'huile essentielle de la sauge officinale

Les résultats de l'effet insecticide de l'huile essentielle de la sauge officinale sur la mortalité des adultes de *C. chinensis* sont présentés dans la figure suivante :

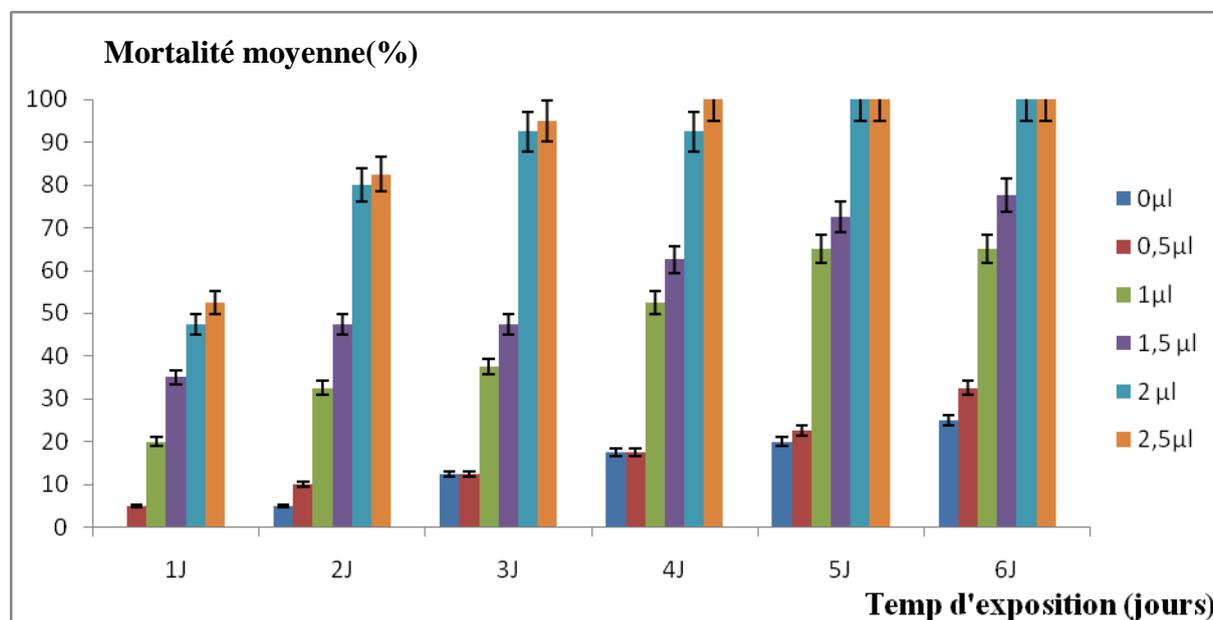


Figure 30. Taux moyen de mortalité (%) des adultes de *C. chinensis* traités par contact avec différentes doses de l'huile essentielle *S. officinalis*.

Les résultats obtenus montrent que la mortalité des adultes de *C. chinensis* augmente avec l'augmentation des doses de l'huile essentielle utilisée. Après six jours d'exposition, le taux moyen de mortalité dans les lots témoin atteint un maximum de 25%, alors que des valeurs de mortalité plus élevées sont enregistrées dans les lots (les graines) traités par l'huile essentielle de la sauge officinale à la dose 1 μ l (65%) et à la dose 1,5 μ l (77,5%). Le taux de mortalité maximal (100%) est enregistré à la dose 2 μ l au 5^{ème} jour et à la dose 2,5 μ l au 4^{ème} jour d'exposition.

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 pour le facteur temps ($P = 0$) (Tableau 18).

Tableau 18 : 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 la sauge officinale.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	39204,69	35	1120,134				
Var. Facteur 1(Dose)	31464,06	5	6292,813	133,712	0		
Var. Facteur 2(Temps)	6564,061	5	1312,812	27,895	0		
Var. Résiduelle 1	1176,564	25	47,063			6,86	13,44%

Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe les 6 doses d'huile essentielle de la sauge officinale dans 4 groupes homogènes A, B, C et D où la dose 1 μ l (D2) est placée dans le groupe homogène C ; la dose 1,5 μ l (D3) est placée dans le groupe homogène B ; les doses 2 μ l (D4), 2,5 μ l (D5) sont placées dans le groupe homogène A et les doses 0,5 μ l (D1), 0 μ l (témoin) dans le groupe D (Tableau 19).

Tableau 19 : Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% concernant l'effet de facteur dose de l'huile essentielle de la sauge officinale traitée par contact sur la mortalité des adultes de *C. chinensis*.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes			
6.0	d5 (2,5 μ l)	88,333	A			
5.0	d4 (2 μ l)	85,417	A			
4.0	d3 (1,5 μ l)	57,083		B		
3.0	d2 (1 μ l)	45,417			C	
2.0	d1 (0,5 μ l)	16,667				D
1.0	d0 (témoin)	13,333				D

Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe les 6 jours d'expositions des adultes de *C. chinensis* à l'huile essentielle de la sauge officinale dans 4 groupes homogènes A, B, C et D où les durées d'expositions 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 D ,enregistre les valeurs les plus faible (Tableau 20).

Tableau 20 : Résultats de test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% concernant le facteur de temps d'expositions des adultes de *C. chinensis* à l'huile essentielle de la sauge officinale.

F2	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes			
6.0	t6 (jours 6)	66,667	A			
5.0	t5 (jours 5)	63,333	A			
4.0	t4 (jours 4)	57,083	A	B		
3.0	t3 (jours 3)	49,583		B	C	
2.0	t2 (jours 2)	42,917			C	
1.0	t1 (jours 1)	26,667				D

3-1-1-2-Effet de l'huile essentielle de la menthe poivrée

Les résultats de l'activité insecticide de l'huile essentielle de la menthe poivrée sur la mortalité des adultes de *C. chinensis* sont présentés dan la figure suivante :

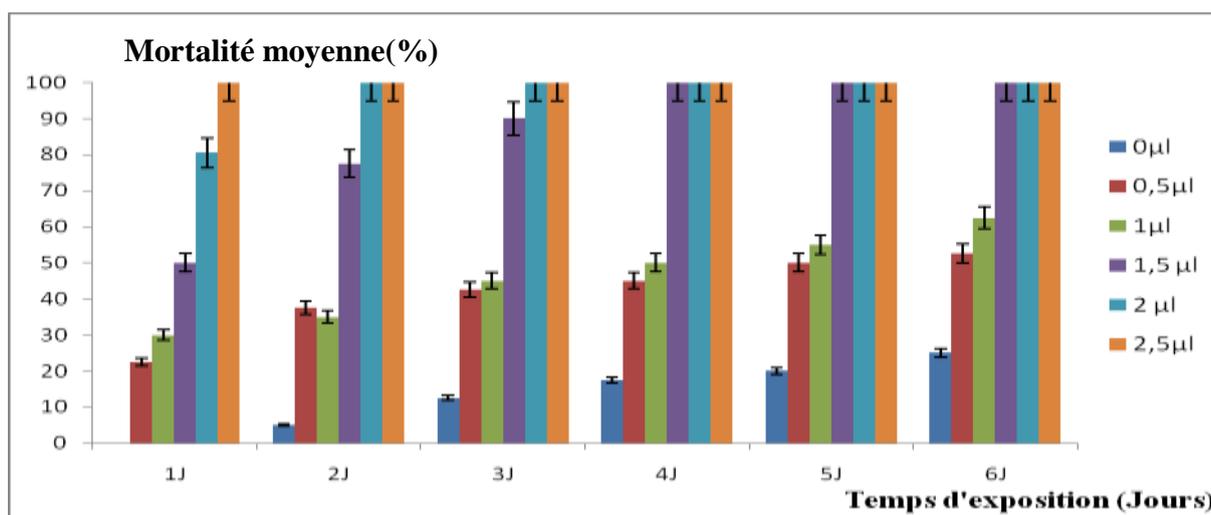


Figure 31. Taux moyen de mortalité (%) des adultes de *C. chinensis* traités par contact avec différentes doses de l'huile essentielle *M. piperita*.

Les résultats obtenus montrent que la mortalité des adultes de *C. chinensis* augmente avec l'augmentation des doses de l'huile essentielle utilisée. Après 6 jours d'exposition, le taux moyen de mortalité dans les lots témoin est de 25%, alors que les valeurs de mortalité les plus élevées sont enregistrées dans les lots (les graines) traitées par l'huiles essentielle de *Mentha piperita* ; à la dose 1µl elle est de 62,5%. Le taux de mortalité maximal (100%) est enregistré à la dose 1,5µl dans 4^{ème} jours, à la dose 2µl dans 2^{ème} jours et à la dose 2,5µl dans les premières 24h d'exposition.

Ces résultats montrent que l'huile essentielle de la menthe poivrée induit avec plus d'efficacité la mortalité des adultes *C. chinensis*, comparée à l'huile essentielle de la sauge officinale ; cette mortalité est respectivement de 100% après 4 jours et de 77,5% après 6 jours d'exposition à la même dose (1,5 μ l).

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 ($P = 0$) et pour le facteur temps ($P=0,00001$) (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* à l'égard de l'huile essentielle de la menthe poivrée.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROB A	E.T.	C.V.
Var. Totale	41318,05	35	1180,516				
Var. Facteur 1(dose)	36686,8	5	7337,361	131,743	0		
Var. Facteur 2(temps)	3238,887		647,777	11,631	0,0000 1		
Var. Résiduelle 1	1392,363	25	55,695			7,463	11,68%

Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe les 6 doses d'huile essentielle de la menthe poivrée dans 4 groupes homogènes A, B, C et D où la dose 2,5 μ l (D5) est la plus efficace avec une moyenne de 100% placée dans le groupe homogène A, la dose 1,5 μ l (D3) avec une moyenne de 86,25% est placée dans le groupe homogène B ; les doses 0,5 μ l, 1 μ l (D1, D2) sont placées dans le groupe homogène C et enfin la dose 0 μ l (témoin) la moins efficace avec une moyenne de 13,33% est placée dans le groupe homogène D (Tableau 22).

Tableau 22 : Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% concernant l'effet de facteur dose de l'huile essentielle de la menthe poivrée traitée par contact sur la mortalité des adultes de *C. chinensis*.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes			
6.0	t6 (jours 6)	100	A			
5.0	t5 (jours 5)	95	A	B		
4.0	t4 (jours 4)	86,25		B		
3.0	t3 (jours 3)	47,917			C	
2.0	t2 (jours 2)	40,833			C	
1.0	t1 (jours 1)	13,333				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 la menthe poivrée dans 3 groupes homogènes A, B et C où les durées d'expositions t5 et t6 sont classées dans le groupe homogène A avec les valeurs moyennes de mortalités les plus élevées (71,25% ,73,75%) ; au contraire le temps le plus court (t1), placé dans le groupe C ,enregistre la valeur moyenne la plus faible (45,41%) (Tableau 23).

Tableau 23 : Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% concernant le facteur de temps d'expositions des adultes de *C.chinensis* à l'huile essentielle de la menthe poivrée.

F2	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes		
6.0	t6 (jours 6)	73,75	A		
5.0	t5 (jours 5)	71,25	A		
4.0	t4 (jours 4)	68,75	A	B	
3.0	t3 (jours 3)	65	A	B	
2.0	t2 (jours 2)	59,167		B	
1.0	t1 (jours 1)	45,417			C

Afin de comparer l'efficacité des deux huiles essentielles, nous avons effectué une analyse de la variance à trois critères de classification (Huile, Dose et temps) ; celle-ci montre qu'il y a une différence très hautement significative ($P = 0$) entre les deux huiles essentielles (Tableau 24) classant l'huile de la menthe poivrée dans le groupe homogène A comme étant la plus efficace avec une moyenne de 63,88% comparativement à l'huile essentielle de la sauge (51,04%) placée dans le groupe homogène B (Tableau 25).

Tableau 24 : Résultats de l'analyse de la variance à trois critères de classification, au seuil de 5%, pour le paramètre mortalité des adultes de *C. chinensis* traités par contact avec les huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	83493,66	71	1175,967				
Var. Facteur 1(Huile)	2970,914	1	2970,914	62,323	0		
Var. Facteur 2 (Dose)	66115,01	5	13223	277,386	0		
Var. Facteur 3(Temps)	9467,094	5	1893,419	39,719	0		
Var. Inter F1*2	2035,859	5	407,172	8,541	0,00009		
Var. Inter F1*3	335,852	5	67,17	1,409	0,25472		
Var. Inter F2*3	1377,18	25	55,087	1,156	0,36011		
Var. Résiduelle 1	1191,75	25	47,67			6,904	12,01%

Tableau 25 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant le facteur huiles essentielles (la sauge officinale et de la menthe poivrée) utilisées par contact sur les adultes de *C. chinensis*.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes	
2.0	menthe	63,889	A	
1.0	sauge	51,042		B

3-1-2- Discussion

Les résultats de notre travail montrent que les deux huiles essentielles de *S. officinalis* et *M. piperita* présentent 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.

Les travaux de Righi et al. (2010) ont évalué l'efficacité des poudres de thym, santoline et l'anagyre, sur la longévité des adultes de la bruche chinoise, et les résultats ont montré que la poudre de thym a une grande efficacité dans la réduction de la longévité des adultes *C. chinensis*, comparée à la poudre de la santoline qui marque une efficacité moins importante. Alors que la poudre de l'anagyre n'a aucun effet sur cet insecte.

Aliane et Imrazene (2019) ont montré 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 utilisée. La longévité moyenne des insectes dans les lots témoins est de $18,7 \pm 5,90$ jours, alors que de faibles valeurs sont observées dans les lots traités à l'huile essentielle où la durée de vie des bruches est réduite à $1,25 \pm 0,5$ jours aux doses $1 \mu\text{l}$ et $1,5 \mu\text{l}$.

Nemmar (2017) a montré, pour sa part, que l'huile essentielle de *M. piperita* présente un effet toxique sur les adultes femelles de *B. rufimanus*, une bruche monovoltine qui s'attaque aux graines de fèves. De faibles doses de l'huile essentielle de *M. piperita* ($0,5 \mu\text{l}$, $1 \mu\text{l}$) ont induit des taux de mortalité moyens de 100% après 24h d'exposition.

Aissat et Berkane (2014) ont montré l'efficacité des huiles essentielles de *M. piperita* et de *Thymus zygis* sur les adultes diapausants de *B. rufimanus*. Ces auteurs ont affirmé que l'huile essentielle de thym est la plus toxique. A la plus forte dose ($10 \mu\text{l}$), la mortalité totale des mâles de *B. rufimanus* est enregistrée après 6 heures d'exposition avec l'huile essentielle du thym alors que celle de la menthe poivrée n'assure la mort totale des individus qu'après 9 heures de traitement.

Assam (2015) a évalué l'effet biocide de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* sur la longévité des adultes mâles diapausants de *B. rufimanus* par contact, dès la plus faible dose ($2 \mu\text{l}$) ; l'huile essentielle montre un effet toxique qui s'exprime avec une mortalité totale des mâles de *B. rufimanus* diapausants après 24h d'exposition à la plus forte dose.

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

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* en réduisant leur durée de vie à $0,19 \pm 0,011$; 1 ± 0 et $1,75 \pm 0,95$ jours respectivement à la plus forte dose ($8 \mu\text{l}$). Les huiles essentielles d'Eucalyptus, cèdre et citronnier réduisent aussi la longévité des adultes mais avec un effet moindre.

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

Kellouche et *al.* (2004) ont constaté que l'huile d'olive de 1^{ère} et de 2^{ème} pression réduisent de façon très hautement significative la longévité des bruches adultes lorsque le dosage passe de 0.1ml à 0.8 ml/ 50grs de graines.

3-2-Effet sur la fécondité des femelles de *C. chinensis*

3-2-1- Résultats

Les résultats de l'effet de l'huile essentielle de *S. officinalis* et *M. piperita* sur la fécondité des femelles de *C. chinensis* après traitement par contact sont élaborés dans la figure suivante :

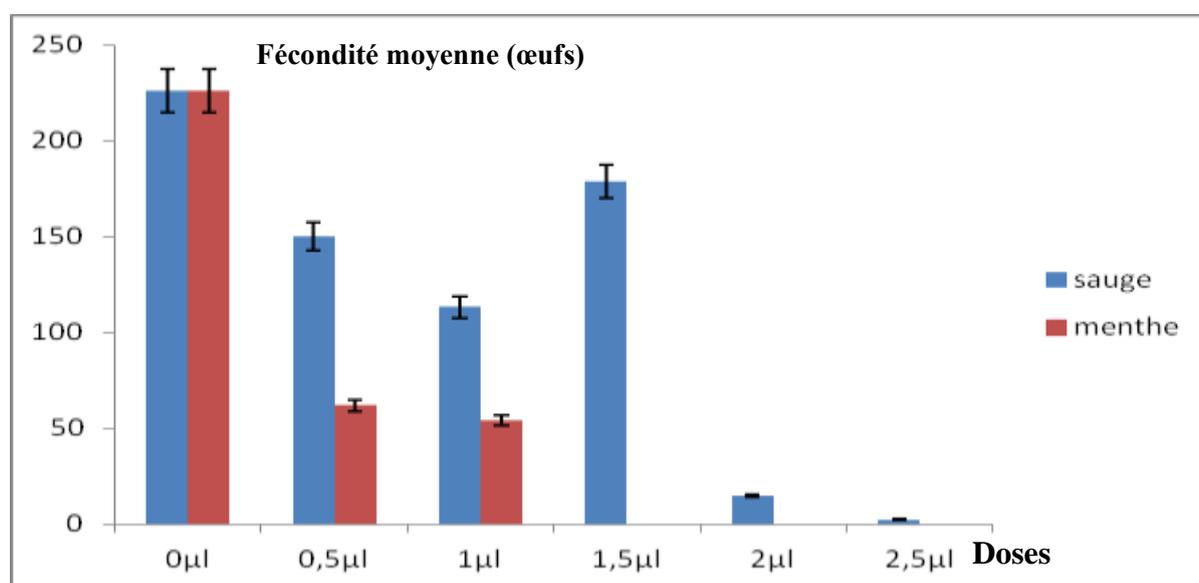


Figure 32. Fécondité moyenne des femelles de *C. chinensis* après traitement par contact avec différentes doses des huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée.

D'après ces résultats, nous avons enregistré une fécondité élevée dans le lot témoin avec un taux de 226±3 œufs/5femelles ; alors que dans les lots traités par l'huile essentielle de la sauge officinale et de la menthe poivrée, nous avons observé que le nombre d'œufs pondus diminue au fur et à mesure que la dose augmente et cela pour les deux huiles essentielles. A la dose 0,5µl, la fécondité est de 150 œufs/5femelles pour l'huile de la sauge officinale et 62 œufs/5femelles pour l'huile de la menthe poivrée, alors que la fécondité s'annule à partir de la dose 2,5µl pour l'huile de la sauge officinale et à la dose 1,5µl pour l'huile de la menthe poivrée.

Afin de comparer l'efficacité des deux huiles essentielles, nous avons effectué une analyse de la variance à deux critères de classification (Huile, Dose) ; qui montre qu'il y a une

différence très hautement significative pour le facteur huile ($P=0,00003$) et pour le facteur dose ($P=0,0001$) ; et il ya une différence hautement significative pour l'interaction des deux facteurs (huile et dose) ($P=0,0019$) (Tableau 26).

Tableau 26 : Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification, au seuil de 5%, pour le paramètre fécondité des femelles de *C. chinensis* traités par contact avec les deux huiles essentielles de la sauge officinale et la menthe poivrée.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	455925,9	47	9700,551				
Var. Facteur 1(Huile)	91002,06	1	91002,06	23,97	0,00003		
Var. Facteur 2(Dose)	137186,6	5	27437,32	7,227	0,0001		
Var. Inter F1*2	91064,69	5	18212,94	4,797	0,0019		
Var. Résiduelle 1	136672,5	36	3796,458			61,615	70,38%

Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe le facteur huile dans 2 groupes homogènes A et B. Le groupe (A), correspond à l'huile essentielle de la sauge officinale et le groupe B correspond à l'huile essentielle de la menthe poivrée (Tableau 27).

Tableau 27 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant l'effet de facteur huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée après traitement par contact sur la fécondité des femelles de *C. chinensis*.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes	
1.0	sauge	131,083	A	
2.0	menthe	44		B

Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe les 6 doses des deux huiles essentielles dans 3 groupes homogènes A, B et C, où 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 (Tableau 28).

Tableau 28 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant l'effet du facteur dose des huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée après traitement par contact sur la fécondité des femelles de *C. chinensis*.

F2	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes		
1.0	d0 (témoin)	187,375	A		
4.0	d3 (1,5µl)	121		B	
2.0	d1 (0,5µl)	75,625		B	C
3.0	d2 (1µl)	66		B	C
5.0	d4 (2µl)	53		B	C
6.0	d5 (2,5µl)	22,25			C

3-2-2- 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* ou d'autres ravageurs des stocks.

C'est le cas notamment des travaux de Aliane et Imrazene (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 (0,5µl).

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

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

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

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

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

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

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

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

Regnault-Roger et Hamraoui (1994) ont constaté que les huiles essentielles extraites de *Rosmarinus officinalis* et *Thymus vulgaris* (Lamiacées) et *Cinnamomum verum* (Lauracées) diminuent considérablement la ponte des femelles d'*A. obtectus*, à partir de la dose 10-2 μ l/cm³. Tandis, tandis que les huiles extraites de *Satureja hortensis*, *Lavandula angustifolia*, *Origanum majorana* et *Ocimum basilicum* (Lamiacées) inhibent la ponte des femelles à partir de la dose 5.10-2 μ l/cm³.

3-3-Effet sur l'éclosion des œufs de *C. chinensis*

3-3-1- Résultats

Les résultats de l'effet de l'huile essentielle de *S. officinalis* et *M. piperita* sur le taux moyen d'éclosion des œufs pondus par la femelle de *C. chinensis* après traitement par contact sont élaborés dans la figure suivante :

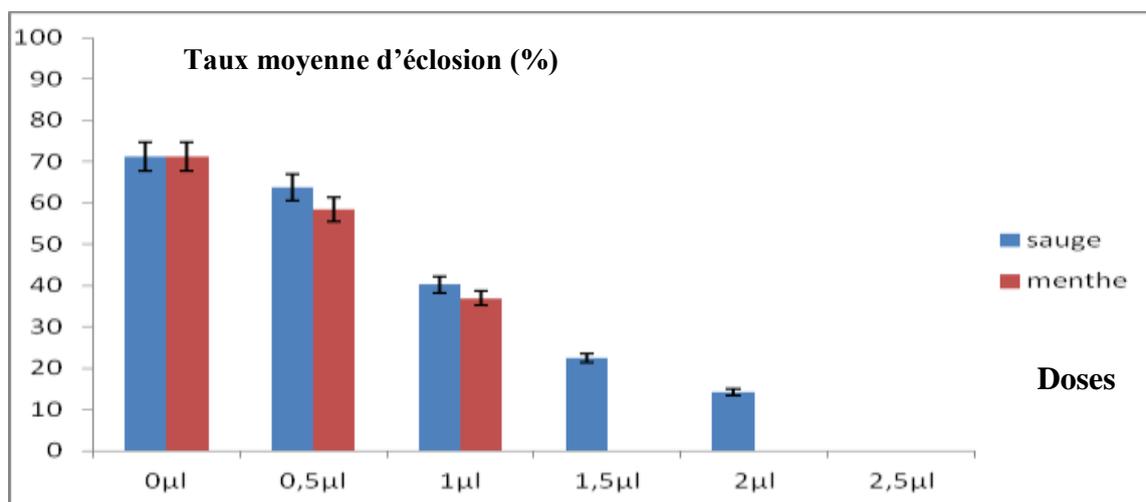


Figure 33. Taux d'éclosion moyen des œufs de *C. chinensis* après traitement par contact avec différentes doses des huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée.

Ces résultats montrent un taux d'éclosion élevé dans le lot témoin avec une moyenne de 71%; alors que dans les lots traités par les huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée, le taux d'éclosion diminue au fur et à mesure que la dose augmente et cela pour les deux huiles essentielles. A la dose 0,5 μ l, le taux d'éclosion est de 63% pour l'huile de la sauge officinale et s'annule à partir de la dose 2,5 μ l et il est de 58% pour l'huile de la menthe poivrée mais s'annule dès la dose 1,5 μ l.

Afin de comparer l'efficacité des deux huiles essentielles, nous avons effectué une analyse de la variance à deux critères de classification (Huile, Dose) qui montre qu'il y a une différence très hautement significative pour les deux facteurs et pour leur interaction (P=0) (Tableau 29).

Tableau 29 : Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification, au seuil de 5%, pour le paramètre éclosion des œufs des femelles de *C. chinensis* traités par contact avec les deux huiles essentielles de la sauge officinale et la menthe poivrée.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	3,807	47	0,081				
Var. Facteur 1(Huile)	0,068	1	0,068	45,866	0		
Var. Facteur 2(Dose)	3,604	5	0,721	484,421	0		
Var. Inter F1*2	0,081	5	0,016	10,92	0		
Var. Résiduelle 1	0,054	36	0,001			0,039	12,22%

Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe le facteur huile dans 2 groupes homogènes A et B. Le groupe (A), correspond à l'huile essentielle de la sauge officinale la moins efficace et le groupe B correspond à l'huile essentielle de la menthe poivrée la plus efficace (Tableau 30).

Tableau 30 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant l'effet de facteur huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée après traitement par contact sur l'éclosion des œufs de *C. chinensis*.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes	
1.0	sauge	0,353	A	
2.0	menthe	0,278		B

Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe les 6 doses des deux huiles essentielles dans 6 groupes homogènes A, B, C, D, E et F. Le groupe (A), correspond à la dose 0 μ l (témoin), les groupes B, C, D et E correspondent aux doses 0,5 μ l ; 1 μ l ; 1,5 μ l et 2 μ l respectivement ; le groupe F correspond à la dose la plus forte 2,5 μ l avec un taux moyen d'éclosion des œufs nul (Tableau 31).

Tableau 31 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, concernant l'effet de facteur dose des deux huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée utilisée après traitement par contact sur l'éclosion des œufs de *C. chinensis*.

F2	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes						
1.0	d5 (2,5 μ l)	0,713	A						
2.0	d4 (2 μ l)	0,611		B					
3.0	d3 (1,5 μ l)	0,386			C				
4.0	d2 (1 μ l)	0,113				D			
5.0	d1 (0,5 μ l)	0,071					E		
6.0	d0 (témoin)	0							F

3-3-2- Discussion

Les deux huiles essentielles de *S. officinalis* et *M. piperita* présentent un effet notoire sur le taux d'éclosion des œufs de *C. chinensis* qui s'annule respectivement dès la dose de 2,5 μ l et 1,5 μ l.

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* dès la plus faible dose (0,5 μ l).

Ouchekdhidh-Ourliassene (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% et 18,05% à la plus faible dose 2 μ l. Alors que les individus qui n'ont pas subi de traitement ont enregistré un taux de fertilité plus élevé de 94,68%.

Goucem-Khelfane (2014) a testé l'effet des huiles essentielles de bergamote, thym et menthe poivrée aux différentes doses (0, 0,5, 1 et 2 μ l) sur les adultes d'*A. obtectus* ; l'auteur a constaté qu'à la dose de 1 μ l, le taux d'éclosion s'annule pour l'huile essentielle de bergamote, alors qu'il est réduit à 20,83 \pm 24,99 et 43,77 \pm 4,01% respectivement pour le thym et la menthe poivrée à la dose 2 μ l.

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

Taleb-Toudert (2015) a montré que les huiles essentielles d'*E. radiata* et *E. globulus* inhibent l'éclosion des œufs de *C. maculatus* pondus sur les graines traitées à la dose de 4 μ l. Aussi, Nait-Djoudi et Mansour (2016) ont montré que l'huile essentielle d'*A. absinthium* inhibe l'éclosion des œufs de *C. maculatus*.

3-4-Effet sur la viabilité des œufs de *C. chinensis*

3-4-1- Résultats

Les résultats de l'effet de l'huile essentielle de *S. officinalis* et *M. piperita* sur le taux de viabilité des œufs de *C. chinensis* après traitement par contact avec différentes doses sont illustrés dans la figure suivante :

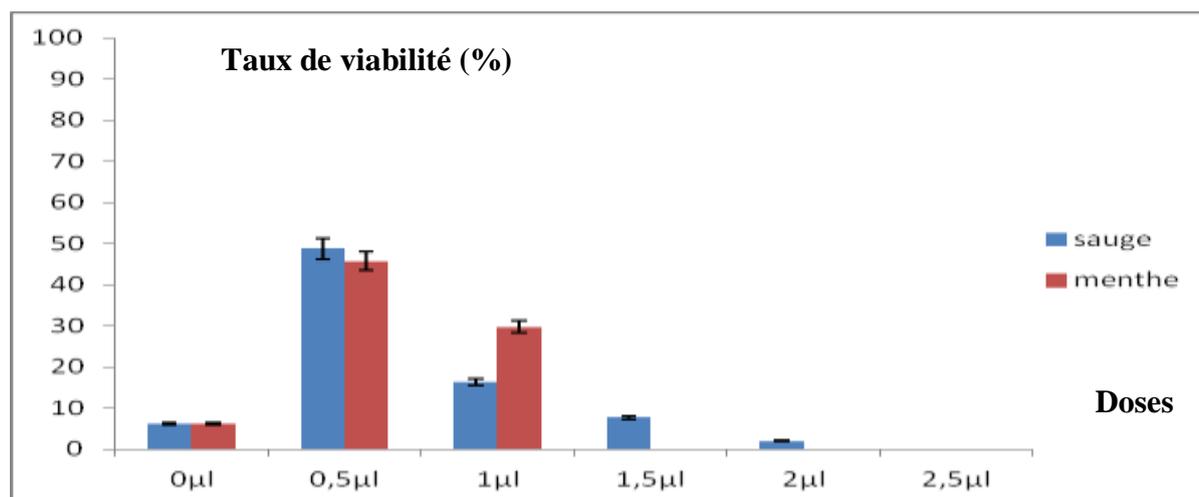


Figure 34. Taux moyen de viabilité des œufs (taux d'émergence des adultes) de *C. chinensis* traités par contact avec différents doses des huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée.

D'après ces résultats, nous remarquons que le traitement avec les huiles essentielles de la sauge officinale et la menthe présente un effet sur le taux de viabilité des œufs de *C. chinensis*. Pour les lots témoins, nous avons constaté un taux d'émergence qui est de $6 \pm 0,5\%$; le taux d'émergence diminue avec l'augmentation de la dose de des deux huiles essentielles utilisées. Le taux d'émergence des œufs de *C. chinensis* s'annule pour l'huile de la sauge officinale aux doses 2 et 2,5 μ l et pour l'huile de la menthe poivrée à partir de la dose 1,5 μ l.

Afin de comparer l'efficacité des deux huiles essentielles, nous avons effectué une analyse de la variance à deux critères de classification (Huile, Dose) qui montre qu'il n'y a pas

de différence significative pour le facteur huile ($P=0,922$), une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P=0$) et il ya une différence significative ($P=0,037$) pour l'interaction des deux facteurs (Tableau 32).

Tableau 32 : Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification, au seuil de 5%, pour le paramètre l'émergence des adultes de *C. chinensis* traités par contact avec les deux huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	1,565	47	0,033				
Var. Facteur 1(Huile)	0	1	0	0,009	0,92265		
Var. Facteur 2(Dose)	1,377	5	0,275	72,561	0		
Var. Inter F1*2	0,051	5	0,01	2,674	0,03709		
Var. Résiduelle 1	0,137	36	0,004			0,062	45,36%

Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe les 6 doses des deux huiles essentielles dans 3 groupes homogènes A, B et C. Le groupe A, correspond à la dose 0,5 μ l (D1), le groupe B à la dose 1 μ l (D2) et le groupe C correspond aux doses les plus fortes 1,5 μ l ; 2 μ l et 2,5 μ l (D3, D4, D5) avec des taux moyens variant entre 0 et 0,6% (Tableau 33).

Tableau 33 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant l'effet de facteur dose des deux huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée sur l'émergence des adultes de *C. chinensis* après traitement par contact.

F2	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes		
2.0	d1 (0,5 μ l)	0,474	A		
3.0	d2 (1 μ l)	0,23		B	
1.0	d0 (témoin)	0,063			C
4.0	d3 (1,5 μ l)	0,039			C
5.0	d4 (2 μ l)	0,01			C
6.0	d5 (2,5 μ l)	0			C

3-4-2- Discussion

Nos résultats montrent que les deux huiles essentielles de la sauge officinale et la menthe poivrée testées exercent un effet insecticide très important sur le taux de viabilité des œufs de *C. chinensis*.

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.

Taleb-Toudert (2015) qui a enregistré un taux de viabilité des œufs de *C. maculatus* de 0% dans les lots traitées par les huiles essentielles d'*E. radiata* et *E. globulus* dès la plus faible dose (4 μ l).

D'autre part, Goucem-Khelfane (2014) à montré que les huiles essentielles de Lamiacées (thym, sauge, menthe, basilic) exercent une activité insecticide sur *A. obtectus* notamment sur la viabilité des œufs (thym et basilic).

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

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

3-5-Effet sur la perte en poids des graines de *C. arietinum*

3-5-1- Résultats

La figure (35) suivante présente l'effet insecticide par contact des deux huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée sur les pertes en poids des graines de pois chiche :

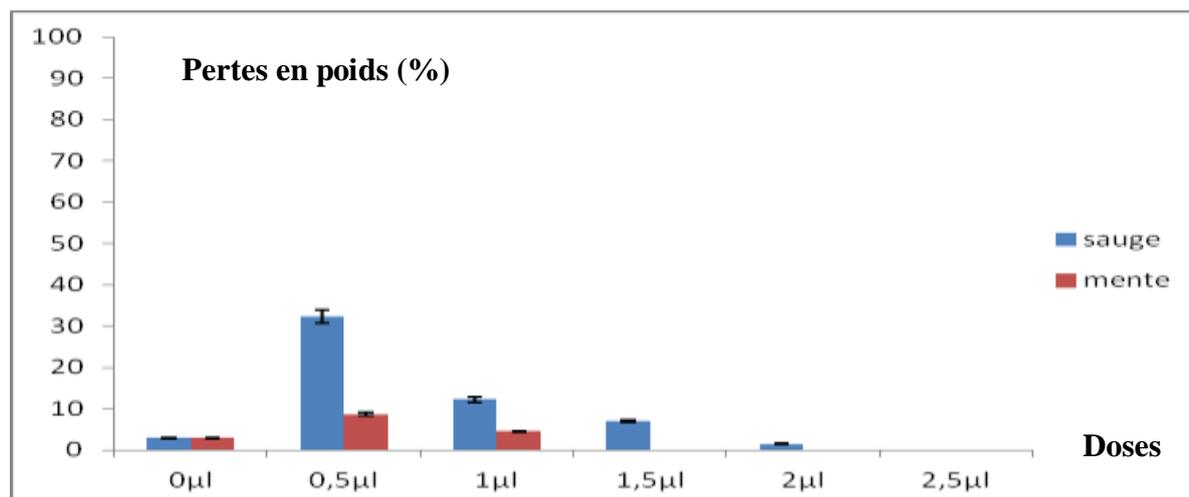


Figure 35. Taux de pertes en poids des graines de pois chiche traitées avec les deux huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée par contact contre les adultes de *C. chinensis*.

Nous constatons que l'utilisation des deux huiles essentielles, *S. officinalis* et *M. piperita*, influent sur les pertes en poids des graines. Celle-ci est maximale dans les lots témoins avec une moyenne de $3\pm 0,5\%$ par contre les graines traitées avec les fortes doses d'huiles essentielles de *S. officinalis* et *M. piperita* ont conservé leur poids à partir des doses $2\mu\text{l}$ et $1,5\mu\text{l}$ respectivement.

Afin de comparer l'efficacité des deux huiles essentielles, nous avons effectué une analyse de la variance à deux critères de classification (Huile, Dose) ; celle-ci montre qu'il y a une différence très hautement significative pour le facteur huile ($P=0,000001$) et pour le facteur dose ($P=0$) (Tableau 34).

Tableau 34 : Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification, au seuil de 5%, pour le paramètre perte en poids après traitement par contact avec les deux huiles essentielles de la sauge officinale et la menthe poivrée sur les adultes de *C. chinensis*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	0,43	47	0,009				
Var. Facteur 1 (Dose)	0,053	1	0,053	30,969	0,00001		
Var. Facteur 2 (Huile)	0,236	5	0,047	27,725	0		
Var. Inter F1*2	0,08	5	0,016	9,413	0,00001		
Var. Résiduelle 1	0,061	36	0,002			0,041	68,49%

Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe le facteur huile pour le paramètre de pertes en poids des graines de pois chiche dans 2 groupes homogènes A et B. Le groupe (A) correspond à l'huile essentielle de la sauge officinale la moins efficace et le groupe B correspond à l'huile essentielle de la menthe poivrée la plus efficace (Tableau 35).

Tableau 35 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant l'effet de facteur huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée utilisées par contact sur la perte en poids des graines de *Cicer arietinum*.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes	
1.0	sauge	0,093	A	
2.0	menthe	0,027		B

Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe les 6 doses des deux huiles essentielles pour le paramètre de pertes en poids des graines de pois chiche dans 3 groupes homogènes A, B et C. Le groupe A, correspond à la dose 0,5 μ l (D1), le groupe B correspond à la dose 1 μ l (D2) et le groupe C correspond aux doses les plus fortes 1,5 μ l, 2 μ l, 2,5 μ l (D3, D4, D5) (Tableau 36).

Tableau 36 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant l'effet de facteur dose des deux huiles essentielles de la sauge officinale et de la menthe poivrée utilisées par contact sur la perte en poids des graines de *Cicer arietinum*.

F2	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes		
2.0	d1 (0,5 μ l)	0,205	A		
3.0	d2 (1 μ l)	0,084		B	
4.0	d3 (1,5 μ l)	0,035			C
1.0	d0 (témoin)	0,03			C
5.0	d4 (2 μ l)	0,008			C
6.0	d5 (2,5 μ l)	0			C

3-5-2- Discussion

De nombreuses études ont montré que les traitements par les huiles essentielles contre les Bruchidés réduisent fortement les pertes en poids des graines de légumineuses. Notre étude a montré, qu'avec les fortes doses, les huiles essentielles de *S. officinalis* et de *M. piperita* ont conservé le poids des graines de *C. arietinum* (2 μ l et 1,5 μ l respectivement).

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

Aiboud (2011) a traité les graines du niébé avec les huiles essentielles du Myrte, du Thym, de l'origan, de l'Eucalyptus, du bois d'Inde et des clous de girofle en vue d'estimer la perte en poids 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 poids des graines exposées aux bruches en fonction des doses et des huiles essentielles.

D'autre part, Aggoun et Akliouat (2017) ont montré que l'utilisation des différentes doses de l'huile essentielle de romarin contre les adultes d'*A. obtectus* réduit considérablement les pertes en poids 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 soit une moyenne de 12,52%.

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

3-6-Effet sur le taux de germination des graines

3-6-1- Résultats

3-6-1-1-Effet de l'huile de la sauge officinale

La figure 36 illustre les résultats de l'effet du traitement avec l'huile essentielle de la sauge officinale sur le pouvoir germinatif des graines de pois chiche.

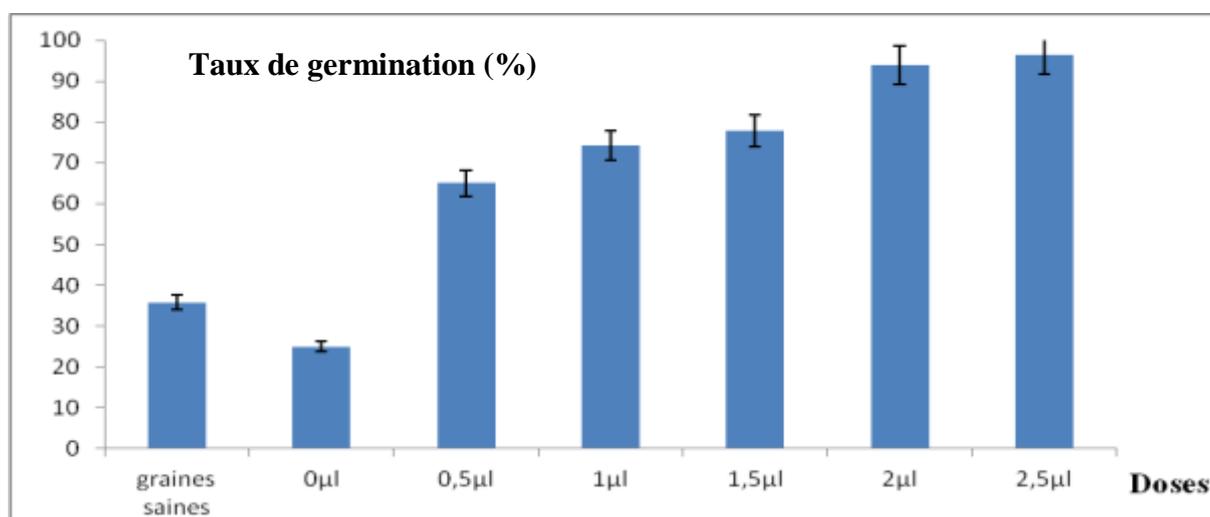


Figure 36. Taux de germination des graines de pois chiche traitées avec l'huile essentielle de la sauge officinalis utilisée par contact.

D'après ces résultats, 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 est de 35% est plus élevé par rapport au témoin infesté (25%).

Par contre à la dose 0,5µl, le taux de germination est en moyenne de 65% ; celui-ci augmente pour enregistrer des taux moyen de germination de 94% à la dose 2µl et de 96% à la dose 2,5µl de l'huile de la sauge officinalis.

Pour le paramètre taux de germination des graines, l'analyse de la variance à un seul critère de classification montre que il ya une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P=0,00051$) (Tableau 37). D'ailleurs, le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe les 6 doses utilisées dans 2 groupes homogènes A et B. Le groupe

A, correspond aux doses les plus forte 2 μ l et 2,5 μ l (D4, D5) et le groupe B correspond aux doses 0 μ l, 0,5 μ l, 1 μ l, 1,5 μ l (témoin, D1, D2, D3) (Tableau 38).

Tableau 37 : Résultats de l'analyse de la variance à un seul critère de classification, au seuil de 5%, pour le paramètre pouvoir germinatif des graines de pois chiche traitées par contact avec l'huile essentielle de *S. officinalis*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	0,602	23	0,026				
Var. Facteur 1(Dose)	0,412	5	0,082	7,769	0,00051		
Var. Résiduelle 1	0,191	18	0,011			0,103	13,15 %

Tableau 38 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de Signification de 5%, concernant l'effet du facteur dose de l'huile essentielle de *S. officinalis* sur la germination des graines de *Cicer arietinum* traitées par contact.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes	
6.0	d5 (2 ,5 μ l)	0,965	A	
5.0	d4 (2 μ l)	0,94	A	
4.0	d3 (1,5 μ l)	0,778		B
3.0	d2 (1 μ l)	0,743		B
2.0	d1 (0,5 μ l)	0,65		B
1.0	d0 (témoin)	0,623		B

3-6-1-2-Effet d'huile de la menthe poivrée

La figure 37 illustre les résultats de l'effet du traitement par contact avec l'huile essentielle de la menthe poivrée sur le pouvoir germinatif des graines de pois chiche.

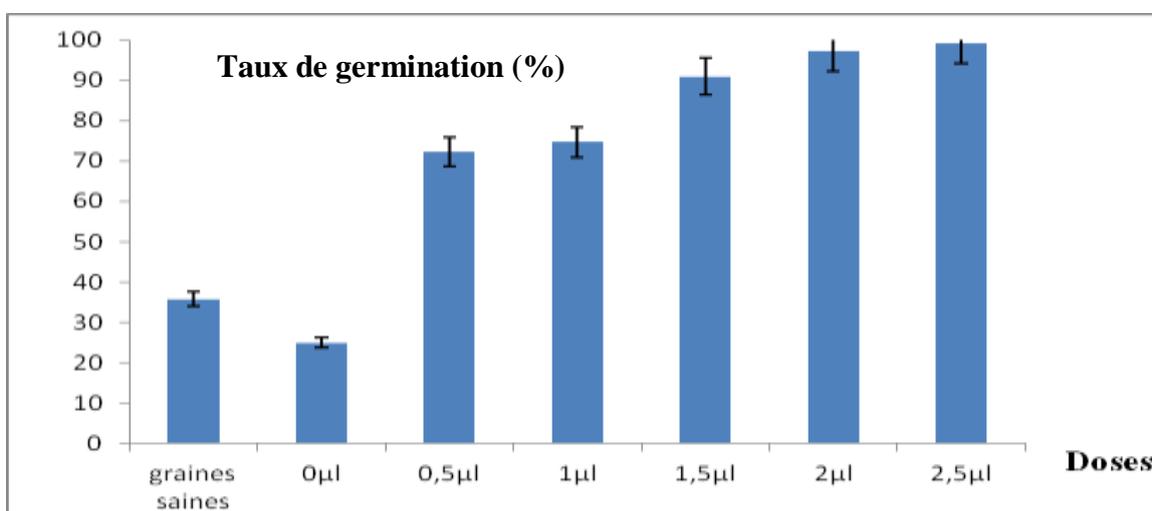


Figure 37. Taux de germination des graines de pois chiche traitées par contact avec l'huile essentielle de la menthe poivrée contre *C. chinensis*.

D'après ces résultats, 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 est de 35% est plus élevé par rapport au témoin infesté (25%).

Par contre à la dose 0,5 μ l, le taux de germination est en moyenne de 72% ; celui-ci augmente à la dose 2 μ l avec un taux moyen de 97% enregistrant le taux plus élevé soit 99% à la dose 2,5 μ l.

Pour le paramètre taux de germination des graines, l'analyse de la variance à un seul critère de classification montre que il ya une différence très hautement significative pour le facteur dose (P=0) (Tableau 39). D'ailleurs, le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe les 6 doses utilisées dans 3 groupes homogènes A, B et C. Le groupe A, correspond aux doses les plus fortes 1,5 μ l ; 2 μ l ; 2,5 μ l (D3, D4, D5), le groupe B correspond aux doses 0 μ l ; 0,5 μ l et 1 μ l (témoin, D1, D2) et le groupe C correspond à la dose D6 (graines saine) (Tableau 40).

Tableau 39 : Résultats de l'analyse de la variance à un seul critère de classification, au seuil de 5%, pour le paramètre pouvoir germinatif des graines de pois chiche traitées par contact avec l'huile essentielle de *M. piperita*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	1,375	27	0,051				
Var. Facteur 1(Dose)	1,217	6	0,203	26,91	0		
Var. Résiduelle 1	0,158	21	0,008			0,087	11,41%

Tableau 40 : Résultats du test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, concernant l'effet du facteur dose de l'huile essentielle de *M. piperita* sur la germination des graines de *Cicer arietinum* utilisées dans le traitement par contact.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes		
6.0	d5 (2,5 μ l)	0,993	A		
5.0	d4 (2 μ l)	0,973	A		
4.0	d3 (1,5 μ l)	0,91	A		
3.0	d2 (1 μ l)	0,748		B	
2.0	d1 (0,5 μ l)	0,723		B	
1.0	d0 (témoin)	0,623		B	
7.0	d6 (graine saine)	0,358			C

3-6-2- Discussion

Les résultats obtenus dans nos expériences sur l'effet insecticide des deux huiles essentielles de *S. officinalis* et de *M. piperita* sur le pouvoir germinatif des graines de *Cicer arietinum* montrent qu'elles réduisent 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 santoline contre le bruche chinois 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 germination 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%).

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 Rutacées est considérablement élevée vue que l'émergence des adultes est faible ou nulle. Ainsi le taux de germination 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 traitées.

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 aromatica* ; les 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 traitées aux fortes doses est très élevée, étant donné que l'émergence des adultes de *C. maculatus* est faible.

Conclusion

Notre travail constitue une contribution à l'étude d'un insecte ravageur de légumineuses vivrières, le bruche chinoise *Callosobruchus chinensis* et fournit des éléments qui pourraient servir dans la recherche d'alternatives à la lutte par les insecticides chimiques contre ce ravageur des grains de pois-chiche dans les stocks.

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

Lors du test par inhalation, nous avons pu constater que les moyennes de mortalité augmentent avec l'augmentation de la dose et de la durée d'exposition pour les deux huiles ; l'huile essentielle de la menthe poivrée manifeste vraisemblablement une toxicité plus importante que l'huile essentielle de la sauge officinale. En effet, dès la dose 1 μ l, l'huile essentielle de *M. piperita* provoque une mortalité totale des adultes de *C. chinensis* après 24h d'exposition alors que celle de *Salvia officinalis* provoque une mortalité totale des adultes de *C. chinensis* après 48h d'exposition à une dose plus élevée de 1,5 μ l.

Selon le classement de Mc Donald et *al.*, 1970, l'huile essentielle de menthe poivrée est répulsive et appartient à la classe IV avec un taux de répulsion moyen de 76%, tandis que l'huile essentielle de la sauge officinale est modérément répulsive et appartient à la classe III avec un taux de répulsion moyen de 55%.

Les deux huiles essentielles ont manifesté une activité biocide à l'égard des adultes de *C. chinensis*. Nous avons pu constater que les moyennes de mortalité augmentent avec l'augmentation de la dose et de la durée d'exposition pour les deux huiles. A la dose de 2 μ l, une mortalité maximale de 100% des individus de *C. chinensis* soumis au traitement, par contact, est enregistrée et au bout de 2 jours d'exposition pour la menthe poivrée et au bout de 5 jours pour la sauge officinale. Notons que l'huile essentielle de la menthe poivrée s'est révélée avoir un effet insecticide plus rapide et plus important que celui de la sauge officinale.

L'effet insecticide de ces huiles essentielles se manifestent aussi à travers différents paramètres biologiques de *C. chinensis* à savoir la fécondité des femelles, le taux d'éclosion et l'émergence des adultes.

La fécondité des femelles de *C. chinensis* s'annule complètement dès la dose 1.5 μ l de l'huile essentielle de la menthe poivrée alors que l'huile essentielle de la sauge officinale réduit la fécondité à environ 150œufs/5femelle, en moyenne, pour la dose 0.5 μ l et s'annule à partir de la dose de 2,5 μ l. Ces deux huiles essentielles inhibent par conséquent les taux

d'éclosion des œufs ainsi que les taux d'émergence des adultes à partir de la dose de 1,5 μ l pour l'huile de la menthe poivrée et 2,5 μ l pour l'huile de la sauge officinale.

La meilleure protection est assurée par l'huile essentielle de la menthe poivrée qui n'a marqué aucune perte de poids pour les doses (1.5 μ l , 2 μ l et 2,5 μ l) en raison de l'absence totale d'émergence des adultes de *C. chinensis* ; mais l'huile essentielle de la sauge officinale enregistre aussi des pertes en poids nulles à partir de 2,5 μ l. En plus de la réduction des pertes pondérales des graines de pois chiche, les deux huiles essentielles préservent significativement leur pouvoir germinatif.

De l'ensemble des résultats obtenus lors de ce travail ressort que c'est surtout l'huile essentielle de la menthe poivrée qui pourrait constituer une solution alternative ou complémentaire à l'utilisation des pesticides organiques de synthèse pour la protection des grains stockés de pois chiche.

De nombreuses perspectives de recherche peuvent être dégagées de cette étude, il serait notamment intéressant d'étudier l'effet insecticide des huiles essentielles extraites à partir de plantes aromatiques locales sur *C. chinensis* et sur d'autres ravageurs qui se trouvent dans les lieux de stockage de légumineuses et leurs effets synergiques ou antagonistes. Aussi, après caractérisation chimique de ces huiles essentielles, il serait utile de tester les composés majeurs sur cet insecte pour leur éventuelle utilisation dans des formulations de bio-pesticides.

Le développement de bio insecticides extraits de plantes et la sélection de cultivars résistants à ce ravageur s'inscrit dans le cadre de l'agriculture et du développement durable et l'Algérie recèle une flore abondante et diversifiée susceptible de fournir des sources de composés d'origine végétale à propriétés biocides et surtout insecticides.

Références
Bibliographiques

A

- Abdelali, H., Sifour, N., Taleb, S., Djabali, S. E. (2021).** *Impact de cuisson à l'eau sur la teneur et l'activité antioxydant des composés phénoliques de pois chiche.* Doctoral dissertation, Université de Jijel, Algérie.
- 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'Algrie*, 9 : 31-42.
- Abdelguerfi-Laouar, M., Hamdi, N., Bouzid, H., Zidouni, F., Laib, M., Bouzid, L., Zine, Z. (2001).** Les légumineuses alimentaires en Algérie : situation, état des ressources phylogénétiques et cas du pois chiche à Béjaia. Actes des "3èmes Journées Scientifiques de l'INRAA, Bejaia, 11-12.
- Abdelkader, M., Btissam, B.M., Laila, P.N. Jamal, P.I.(2017).** Dénombrement Des Populations Naturelles De Rhizobium Du Pois Chiche (*Cicer Arietinum*) Dans Différents Sols Du Maroc. *European Scientific Journal*, 13(6) :273-286.
- Acheraïou, L., Kaced, S. (2019).** Activité insecticide des huiles essentielles de la menthe poivrée et de la sauge officinale sur la bruche chinoise (*Callosobruchus chinensis* L.)(*Coleoptera: Chrysomelidae*). Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri. Algérie.
- Aguilar, J. D. (1964).** Protection des cultures ; atlas de ennemis & maladies. Ed. Ponsot. 140p.
- Ahlem, C. (2020).** Étude des propriétés physico-chimique et biologique de l'huile essentielle d'une plante Algérienne (*S. incana*). Mémoire de Master. Université Mohamed Khider de Biskra. Algérie. 86p.
- Ahmed, S., Khan, M.A., Ahmad, N.(2002).** Determination of susceptibility level of phosphine in various strains of *Callosobruchus maculatus*. *International Journal of Agriculture and Biology*, 4 : 329-331.
- Ahmed, K. S., Haque, N. A., Islam, B. N.(1993).** Efficacité des huiles comestibles et noncomestibles contre le coléoptère des légumineuses *Callosobruchus chinensis*. *Bangladesh J.Ent.*, 3:1-7.

- Ahn J.E., Lovingshimer M.R., Salzman R.A., Presnail J.K., Lu A.L., Zhu-Salzman K. (2007).** Cowpea bruchid *Callosobruchus maculatus* counteracts dietary protease inhibitors by modulating propeptides of major digestive insects. *Insect Molecular Biology*, 16 : 295-304.
- Aissat K., Berkane, N. (2014).** Effet insecticide des deux huiles essentielles de *Thymus zygis* L. et de *Mentha piperita* L. (Lamiacées) à l'égard des adultes de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* Boh (Coleoptera : Chrysomelidae). Mémoire de Master, UMMTO. 60p.
- Al Lawati, H.T., Azam, K. M., Deadman, M.L. (2002).** Insecticidal and Repellents properties of subtropical plant Extracts against pulse beetle, *Callosobruchus chinensis*. *Agricultural sciences*, 7(1); 37-45
- Aliane, T., Imrazene, O. (2020).** Étude de l'activité insecticide de l'huile essentielle de la menthe pouliot (*Mentha pulegium* L.) sur la bruche chinoise *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera: Chrysomelidae). Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou. Algérie.
- Ali-Diallo, B., Huignard, L. (1992).** Oviposition of four strains of *Carydon serratus* in presence of pods or seeds of their wild and cultivated host plants. *Journal of African Zoology*, 107 : 113-120.
- Alvarez, N. (2004).** Plantes hôtes et organisation de la diversité des insectes phytophages, des radiations évolutives aux processus populationnels : le cas des bruches du genre *Acanthoscelides* Schilsky (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de doctorat, Univ. Neuchâtel & Univ. Montpellier II, France, 54p.
- Alvarez, N., McKey, D., Hossaert-McKey, M., Born, C., Mercier, L., Benrey, B. (2005).** Ancient and recent evolutionary history of the bruchid beetle *Acanthoscelides obtectus*, a cosmopolitan pest of beans. *Molecular Ecology*, 14: 1015-1024.
- Amévoïn, K., Glitho, I.A., Monge, J. P., Huignard, J. (2005).** Why *Callosobruchus rhodesianus* causes limited damages during storage of cowpea seeds in a tropical humid zone in Togo? *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 116: 175-182.
- Amevoïn, K., Sanon, A., Apossaba, M., Glitho, I.A. (2007).** Biological control of bruchids infesting cowpea by the introduction of *Dinarmus basalis* adults into farmers' stores in West Africa. *Journal of Stored Product Research*, 43: 240-247.

- Annane, A., Boualili, M. (2014).** *Evaluation in vitro de l'Action Antibactérienne d'Huile Essentielle de Sauge Officinale. L.(Salvia officinalis) de la région Nord-ouest de Tizi-Ouzou.* Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, Algérie.
- Annis, P.C.(2000).** Phosphine dosage regimes required for high mortality: a database approach. In : Proceedings International Conference on Controlled Atmospheres and Fumigation of Stored Products (*E.J. Donahaye., S. Navarro, J.G. Leesch, éd.*), 45-55.
- Aoudjit, K., Sahouane, C. (2015).** Étude 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. Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, Algérie.
- Aous, W. (2015).** *Variabilité chimique et activités biologiques d'extraits de citronnelle (Cymbopogon schoenanthus (L.) Spreng) du Sahara Algérien.* Doctoral dissertation, ENSA. Algérie.
- Aparecida, L., Sperandio, A., Zugoloto, F.S.(2004).** Oviposition behavior of *Zabrotes subfas-ciatu*s females under conditions of host deprivation. *Iheringia*, 94 (3): 1-7.
- Appleby, J. H.,Credland P.F.(2001).** Bionomics and polymorphism in *Callosobruchus subinnotatus*. *Bulletin of Entomological Research*, 91: 235-244.
- Appert, J. (1985).** Le stockage des produits vivriers et semenciers. V. 1: Dégâts, pertes et moyens de stockage. V. 2: Lutte contre les ravageurs, hygiène du stockage.
- Armentia, A., Lombardero, M., Blanco, C., Fernández, S., Fernández, A., Sánchez-Monge, R. (2006).** Allergic hypersensitivity to the lentil pest *Bruchus lentis*. *Allergy*, 61(9): 1112-1116.
- Arnason, J.T., Durst, T., Philogène, B.J.R., Scoot, I.M.(2008).** Prospection d'insecticides phyto-chimiques de plantes tempérées ou tropicales communes ou rares. In : *Biopesticides d'origine végétale* (C. Regnault-Roger, B.J.R. Philogène, C. Vincent, éd.), Lavoisier, 87-100. Insectes ravageurs des graines de légumineuses 128.
- Aslam, M. (2004).** Pest status of stored chickpea beetle, *Callosobruchus chinensis* Linnaeus on chickpea. *J. Entomol*, 1(1) : 28-33.
- Attouche, H.& Djaroun, D., (2017).** *Activité insecticide des poudres des feuilles du Faux Poivrier (Schinus molle L.) et du Lentisque (Pistacia lentiscus L.) sur la bruche du*

haricot commun Acanthoscelides obtectus Say. (Coleoptera: Chrysomelidae). Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri. Algérie.

Avidov, Z., Applebaum, S. W., Berlinger, M.J. (1965). Aspects physiologiques de la spécificité de l'hôte chez les bruchidés : ii-préférence et comportement ovipositionnels de *Callosobruchus chinensis* L. *Entomologia experimentalis et applicata*, 8 (2) : 96-106.

Ayadi, T. (1986). Analyse agronomiques des différents types de pois chiche : influence de la date de semi. Mémoire d'Agronomie approfondie (ENSAM ; Montpellier). p 61 - 70.

Aykal., (1965). Zoologie agricole, tome 1, p 175.

B

Baba Aissa, F. (2000). Encyclopédie des plantes utiles, flore d'Algérie et du Maghreb, substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident. *Ed Librairie moderne Rouiba*, 46.

Balachowsky, A. S. (1962). Entomologie appliquée à l'agriculture. Coléoptères. Vol. 1. *Entomologie appliquée à l'agriculture. Tome I. Coléoptères. Premier volume.*

Becerra, J. X. (1997). Insects on plants: macroevolutionary chemical trends in host use. *Science*, 276(5310) : 253-256.

Belaid, D. (2018). Algérie : Autosuffisance en légumes secs. *Collections brochures agronomiques.*

Ben Jeddi, F. (2005). *Hedysarum coronarium* L.: variation génétique, création variétale et utilisation des rotations tunisiennes. Thèse de Doctorat, Université de Ghent. Tunisie.

Benkherara, S., Bordjiba, O., Djahra, A. B. (2011). Étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de la Sauge officinale : *Salvia officinalis* L. sur quelques entérobactéries pathogènes. *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie*, 23 : 72-80.

Benouis, R. (2008). *Étude de l'effet de morbidité de Santoline chez le Rat Wistar.* Mémoire de Fin d'étude en biochimie. Université de Mascara. Algérie.

Bensalem, K., Rabia, H. (2020). *Effets de l'huile essentielle de la Menthe poivrée (Mentha piperita) à cinq doses différentes sur la structure épидidymaire des lapins mâles infantiles de la population blanche.* Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri. Algérie.

- Benzohra, I. E., Bendahmane, B. S., Benkada, M. Y. (2016).** Essais de lutte biologique in vitro par l'utilisation de *Trichoderma harzianum* et de *Trichoderma viride* contre *Ascochyta rabiei*, agent de l'antracnose du pois chiche en Algérie. *Journal Algérien des Régions Arides*, 13 : 51-60.
- Bernard, J. L. (2007).** Protection chimique des plantes cultivées et durables. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 14 (6) : 332-344.
- Bernays, E. A., Chapman, R.F.(1994).** *Host-Plant Selection by Phytophagous Insects*. Chapman and Hall, Londres, 312 p.
- Betarbet R., Sherer T.B., MacKenzie G., Garcia-Osuna M., Panov A.V., Greenamyre J.T.(2000).** Chronic systematic pesticide exposure reproduces features of Parkinson's disease. *Nature Neuroscience*, 3: 1301-1306.
- Birch, A.N. E., Fellows, L. E., Evans, S.V.,Doherty, K.(1986).** Para-aminophenylalanine in *Vigna*: possible taxonomic and ecological significance as a seed defence against bruchids. *Phytochemistry*, 25: 2745-2749.
- Bisby, F.A., Buckingham, J., Harborne, J.B.(1994).** *Phytochemical dictionary of the Fabaceae*. Vol. 1. Plants and their constituents, Chapman and Hall, Londres, 1051 p.
- Bleiler, J. A., Rosenthal, G.A.(1988).** Biochemical ecology of canavanine-eating seed predators. *Ecology*, 69: 427-433.
- Bodin, A., Jaloux, B., Delbecque, J.P., Vannier, F., Monge, N., Mondy, N.(2009).** Reproduction in a variable environment: How does *Eupelmus vuilleti*, a parasitoid wasp, adjust oogenesis to host availability?. *Journal of Insect Physiology*, 55: 643-648.
- Boland, J., Koomen, I., Van Lidth de Jeude J., Oudejans J. (2007).** Les pesticides : composition, utilisation et risques, Fondation Agromisa, Wageningen, Pays-Bas.
- Bonnemaison,L.(1962).** *Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forêts*. Tome 2, pp129-132.
- Bonnier, G., De Layens, G.(1986).** *Flore complète portative de la France, de la Suisse et de la Belgique*.Ed.Belin.
- Borowiec, L. (1987).** The genera of seed-beetles (Coleoptera, Bruchidae). *Polskie Pismo Entomologiczne*, 57 : 3-207.

- Bosch, C. H., Borus, D.J.(2009).** *Céréales et légumes secs de l'Afrique tropicale.* Conclusions et Recommandations basées, Fondation Prota, Wageningen, Pays-Bas, 94 p.
- Bouchair, A., Bougandoura, N. E., Boudjouref, M. (2021).** Contribution à l'étude des activités biologiques et du potentiel insecticide de la plante *Artemisia campestris*. Mémoire de Master, Université L'Arbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi, Algérie. 66p.
- Bouchelouh, S., Hala, A. (2020).** *Étude théorique des propriétés physico-chimiques des flavonoïdes d'une plante (Salvia officinalis).* Mémoire de master, Université de Jijel. Algérie.
- Bouchenak, K.B.(1997).** *Contribution à l'étude des insectes Callosobruchus maculatus F. et Callosobruchus chinensis L.(Coleoptera, Bruchidae), liés aux graines de pois chiche (Cicer arietinum L).* Thèse d'Ingénieur, Université de Tlemcen, Algérie. 46 p.
- Boughdad, A. (1996).***Bruchus rufimanus*, un insecte ravageur des graines de *V. faba* L au Maroc. *Réhabilitation of faba bean Ed actes*, 179-184.
- Bouhdid, S., Idaomar, M., Zhiri, A., Baudoux, D., Skali, N. S., Abrini, J.(2006).** Thymus essential oils: chemical composition and in vitro antioxidant and antibacterial activities. *Congrès international de biochimie.* pp324-327.
- Boullard, B.(1993).***Dictionnaire de Botanique.* Ed. Ellips marketing.
- Boumlik, M. (1995).** *Systématiques des spermaphytes.* Office Publications Universitaires.
- Bouznad, Z., Maatougui, M. E. H., Labdi, M.(1996).** Importance et distribution géographique des maladies fongiques des légumineuses alimentaires en Algérie. In *Proceeding du symposium régional sur les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires.* pp. 11-14.
- Bouzouita, N., Kachouri, F., Ben Halima, M., Chaabouni, M. M. (2008).** Composition chimique et activités antioxydante, antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea*. *Journal de la Société Chimique de Tunisie*, 10, 119-125.
- Bown, D.(1995).***Encyclopedie of herbs and their uses.*Dorling Kindersley, London.
- Boxall, R.A.(1998).** *A critical review of the methodology for assessing farm-level grain losses after harvest.* Rapport G 191 du Tropical Development and Research Institute. 139p.

Boyeldieu, J.(1991). *Produire des grains oléagineux et protéagineux*. Ed. Lavoisier Tec et Doc. Pp. 215-218.

Brink, M., Belay,G.(2006).*Ressources végétales de l’Afrique tropicale 1 – Céréales et légumes secs*, Fondation Prota, Wageningen, Pays-Bas.

Brundtland, G.H.(1987).*Our common future*. Oxford University Press. Oxford, Royaume-Uni.

Bruneton, J. (1999). *Pharmacognosie*, Lavoisier, Paris, 1243 p.

C

Carlen, C., Carron, C., Previdoli, S., Baroffio, C.(2006). Sauge officinale: effets de la fréquence des récoltes, de la hauteur et de la date de la dernière coupe avant l'hiver sur la productivité et la qualité. *Revue suisse de viticulture arboriculture horticulture*, 38(5) : 315-320.

Casas, J., Vannier, F., Mandon, N., Delbecque, J.P., Giron, D., Monge, J.P.(2009).Mitigation of egg limitation in parasitoids : immediate hormonal response and enhanced oogenesis after host use. *Ecology*, 90: 537-545.

Caswell, G.H.(1961). The infestation of cowpeas in the Western region of Nigeria. *Tropical Science*, 3(4): 154-158.

Center, T.D., Johnson, C.D.(1974). Coevolution of some seed beetles (Coleoptera: Bruchidae) and their hosts. *Ecology*, 55: 1096-1103.

Chafika, H., Nsarellah, N., Keltoum, E., Said, M., Udupa, S.(2014).Effet du stress hydrique sur les critères physiologiques et biochimiques chez neuf génotypes de pois chiche (*Cicer arietinum* L.). *Nature & Technology*, (11) : 8-16

Champ, B. R., Dyte, C.E., (1978). Rapport de l'enquête mondiale de la F.A.O., sur les insectes des céréales entreposées et leurs sensibilités aux insecticides. Ed. F.A.O., Rome. 374p

Chauhan, Y.S., Ghaffar, M.A.(2002). Solar heating of seeds – a low cost method to control bruchid (*Callosobruchus* spp.) attack during storage of pigeon pea. *Journal of Stored Products Research*, 38: 87-91.

- Chimere Diaw, S. (1999).** *Evaluation de la résistance variétale du niébé (Vigna unguiculata L. Kdp.) à (Callosobruchus maculatus F.).* Mémoire d'ingénieur en agronome. ENSA: Thies, Senegal. 74p.
- Chittendon, F.(1992).** RHS Dictionary of plants plus supplement.1956 Oxford University press1951 Comprehensive listing of spices and how grow them. .
- Consigny, V. 1964.** Les liogis de la vallée de la Bruche. *Revue forestière française*, (10) : 744-755.
- Cruz, J.F., Troude, F., Griffon, D.,Hebert, J.P. (1988).** Conservation des grains en régions chaudes-Techniques rurales en Afrique. *Ministère de la Coopération et du Développement (2^{em} ed), F. Paillart Abbeville, Paris (France), 1-545.*
- Cseke, L.J., Kaufman, P.B.(1999).** How and why these compounds are synthesized by plants.Pages 37-90 inP.A. Kaufmann.L.J.Brielman (eds), *Natural products from plants* CRC Press, Boca Raton, Fl.

D

- Daoud, N.(2020).** *Étude des effets des huiles essentielles Romarin à verbénone et Saugue officinale à deux doses différentes sur la structure épидидymaire des lapins mâles prépubères de la souche synthétique.* Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, Algérie.
- Dekkiche, S., Ben Guedouar, A., Gilles, B.(2018).** *Diversités taxonomique et moléculaire des rhizobiums nodulant le pois chiche (Cicer arietinumL.), dans l'Est Algérien.* Mémoire de master. Université de Constantine, Algérie.
- Delobel, A., Tran, M. (1993).** *Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes*, Tome 32. Paris, 424 p.
- Demnati, F., Mebrek, N., Ouabed, A.(2018).** Toxicité comparée de trois extraits de poudres végétales récoltées dans les régions semi-arides et arides sur le comportement de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae), insecte des denrées stockées.*Revue Ecologie-Environnement*, (15) :1-6.
- Don-Pedro, K. N.(1989).** Effects of fixed vegetable oils on oviposition and adult mortality of *Callosobrochus maculatus* (F.). *International Pest Control*, 31(2) : 34-37.

Doumandji, S. E. (1977). Le stockage et la lutte contre les ennemis des céréales. Séminaire, la meunerie et les industries céréalières. pp 4-14.

Doumandji S. E.(1982). Les ravageurs des denrées stockées. Mod. de Zoologie. INA El-Harrach, 53p.

Ducomp. P., Bourge, S.(1987). Determination of phosphine concentrations with an electro protect. Tel. AVIV. Israël Ed. Donhaye E et Navarro S, pp 630 - 635.

F

Facciola, S.(1990). A source Book Of Eddible plants. Kampong publication

Farrell, B. D.(1998). Inordinate fondness explained:Why are there so many beetles? *Science*, 281: 555-559.

Fattom, K.(2017). *Évaluation de l'effet insecticide de deux huiles essentielles formulées (Thymus pallescens Noé et Artemisia herba alba Asso) sur les adultes Sitophilus granarius (L)(Coleoptera: Curulionide) et Rhysopertha dominica (F)(Coleoptera: Bostrichidae).* Thèse de Doctorat, Algérie.

Fekart, F., Seddiki, S.(2016). *Analyse physico-chimique et étude de l'activité biologique de l'huile d'olive de Tizi-Rached sur la bruche de niébé Callosobruchus maculatus (Coleoptera: Bruchidae).* Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou.

Fellah, S., Romdhane, M., Abderraba, M.(2006). Extraction et étude des huiles essentielles de la *Salvia officinalis* L. cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie. *Journal-Société Algérienne De Chimie*, 16(2) : 193-202.

Fleurat, P., Lessard, F.(1982). Enquête sur l'état sanitaire des stocks de graines en France, conservation et stockage. Les graines et graines production dérivée. Ed. Lavoisier, paris, Tome II, pp 396 – 406.

Fournier, E. (2005). Toxicologie humaine des pesticides, Volume20, n°1-2, pp 66-99

G

Gbolade, A.A.,Adebayo, T. A.(1994). Protection of stored cow pea from *Callosobruchus maculatus* (F.) using plants products. *Insectsci. App.*, 15: 185-189.

Ghania, K., & Dalila, B., 2019. Contribution à l'étude physico-chimique et l'évaluation de l'activité microbiologique et Ain Defla de *Salvia officinalis* de la région de la région de Ain Defla.

Kharchouche, G., Bouzeffour, D.(2019).*Contribution à l'étude physico-chimique et l'évaluation de l'activité microbiologique et antioxydante de Salvia officinalis de la région de Ain Defla.* Mémoire de Master, Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana. 86p

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

Goudjil, M.B., Ladjel, S., Bencheikh, S.E., Zighmi, S.(2015).Influence du séchage sur le rendement de l'extraction des huiles essentielles de *Mentha piperita*.5ème Séminaire Maghrébin sur les Sciences et les Technologies du Séchage. Ouargla, Algérie.

Gueribis, F. (2020). *Extraction et purification de métabolites purs de Dittrichia (Inula) viscosa (L.) Greuter et Evaluation de leur activité biologique à l'égard de quelques bio-agresseurs des cultures.* Thèse de Doctorat.

Guinard, J. L.(1996). *Biochimie végétale.* Ed. Mason, Paris, France.

Guinochet, M. (1965). *Notion fondamentale de botanique générale.* Ed. Masson, Paris, France.

H

Hadi, H. (2014).*Évaluation biologique de l'herbicide polyvalent Challenge® 600 SC dans le contrôle des mauvaises herbes dans la culture de légumineuses alimentaire pois chiche.(Cicer arietinum L).* Université de Guelma, Algérie.

Hajjaj, B., Bouhache, M., Mrabet, R., Taleb, A., Douaik, A.(2016). Efficacité de quelques séquences d'herbicides contre les mauvaises herbes du pois chiche et de la féverole conduits en semis direct. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 4(3).

- Hall, F.R., Menn, J.J. (1999).** Biopesticides: Present status and future prospects, pp. 1-10
In methods in biotechnology. 5^{ème} Ed. By F.R. Hall and J.J. Menn. Totowa New Jersey,
 Human Press.
- Hamdi, L., Sadouk, G.(2018).** *Effet insecticide de l'huile essentielle du pistachier lentisque Pistacia lentiscus sur la longévité des adultes mâles et femelles diapausants de la bruche de la fève Bruchus rufimanus BOH (Coléoptera, Bruchidae)*. Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, Algérie.
- Haraguechi, H., Saito, T., Shikawa, Date, H., Kataoka, S., Tamura, Y., Mizutani. K. (1996).** Antiperoxidative components in *Thymus vulgaris*. *Planta Medica*, 62: 217-221.
- Hasna, K., El Houda, O. N., Zahira, C.(2017).** *Étude de l'effet de quelques huiles essentielles sur la germination des microconidies et des chlamydospores de Fusarium oxysporum f, sp, cicerc agent de la fusariose vasculaire de pois chiche (Cicer arietinum L)*. Mémoire de Master. Université de Mohamed El Bachir El Ibrahim B.B.A
- Hill, J., Van Schoonhoven, A.(1981).** Effectiveness of vegetable oil fractions in controlling the Mexican bean weevil on stored beans. *J.Econ. Entomol.*, 74 : 478-479.
- Hoffman, A.(1945).** *Coléoptères Bruchidés et Anthéridies (Faune de France)*, Paris, 184p.
- Huignard, J.(1968).** *Importance des pertes dues aux insectes des légumineuses, source de protéines végétaux* .UACNRS, 340 pp 193-204.
- Huignard, J. (1971).** *Les détrousseurs de gousses (Fabuleux insectes)*, Science et vie, Doc. Ento, pp 64-67.
- Huxley, A.(1992).** *The new RHS Dictionary of gardening*. Mac Millan Press 1992. Mistakes. Readable yet also very detailed.

I

- Ibrahim, D., Osman, H.(1995).** Antimicrobial activity of *Cassia alata* from Malaysia,
Ethnopharmacol. 45: 151-156.
- Ibtissem, H.L.T. (2019).** *Activité bio-insecticide des huiles essentielles de l'Ortie Urtica dioica L. sur, un ravageur des denrées stockées Ephestia kuehniella (Zeller)*. Thèse de doctorat. Université de Guelma, Algérie.

I.N.P. V.(2004). Rapport : production et superficie du Pois chiche, rapport détaillé sur l'état phytosanitaire.

Institut Technique Des Grandes Cultures, (2018).La culture du pois chiche en Algérie. Entreposées dans les régions chaudes. Faune tropicale.

Isman, M. (1999). Pesticides based on plant essential oils. Pesticide. *Crop Protection*, 18 : 603-608.

J

Jacob, S., Sheila, M. K.(1990). Treatment of green gram seeds with oil against the infestation of the pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* Linn. *Plant Protection Bulletin (Faridabad)*, 42:9-10.

K

Kalt, A.(2011). Pulvériser vos maux de tête avec l'huile essentielle de menthe poivrée. environnement-lanconnais.asso.fr

Kandji, S. T.(1996). *Optimisation de l'utilisation du neem (Azadirachta indica) dans la protection des stocks de semences de trois légumineuses forestières contre trois espèces de bruches du genre Caryedon (coléoptères Bruchidae)*. Mémoire de fin d'étude. Ecole Nationale Supérieure D'agriculture.

Karbache, F.(2018). *Activité entomotoxique des extraits de quelques variétés Phaseolus vulgaris contre Callosobruchus maculatus F. (Coleoptera: Bruchidae)*. Thèse de Doctorat. Ecole nationale supérieure agronomique el Harrach Alger.

Kazi, S.A., Yukio, Y., Toshihide, I.(2001). Effects of Neem Oil on Mating and Oviposition Behaviour of Azuki Bean Weevil, *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera: Bruchidae). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4: 1371-1373.

Kebaili, Z., Yahia, A. (2008). Effet conjugué de la pulvérisation de la kinétine et l'aia sur la phénologie et la physiologie du système végétatif chez quelques variétés du pois chiche " *cicer arietinum*.L. Université Oum El Bouaghi. Algérie.

Keita, S.M., Vincent, C., Schmidt, J.P., Arnason, J.T., Belanger, A.(2001). Efficacy of Essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an *Bruchus maculatus* (Fab.)J. *Stored Prod.Res.*, 37 : 339-349.

- Kellouche, A., Soltani, N.(2004).** Activité biologique des poudres de cinq plantes et de l'huile essentielle d'une d'entre elles sur *Callosobruchus maculatus* (F.). *International journal of tropical insect. Sciens*, 24(1) : 184 -191.
- Kellouche,A.(2005).** Étude de la bruche du pois-chiche, *Callosobruchus muculatus* (Coleoptera : bruchidae) : *Biologie, physiologie, reproduction et lutte*. Thèse Doctorat. Université Moulod Mammeri Tizi-Ouzou, Algérie. 154p.
- Ketoh, G.K., Glitho, I. A., Nuto, Y., Koumaglo, H.K.(1998).** Effets de six huiles essentielles sur les oeufs et les larves de *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae). *Revue CAMES, Série. Sciences et Médecine*, 16-20.
- Khaire, V.M., Kachare, B.V., Mote, U. N.(1993).** Effect of different vegetable oils on ovipositional preference and egg hatching of *Callosobruchus chinensis* Linn. on pigeonpea seeds. Department of Entomology, Mahatma Phule Agricultural University, *Seed Research journal*, 21: 128-130.
- khaled, B.(2020).** *Extraction et étude phytochimique des huiles essentielles de certaines plantes steppiées et évaluation de leur efficacité comme biopesticides*. Thèse de Doctorat, Université Ibn Khaldoun-Tiaret, Algérie.
- Khalfi, W.(1983).** *Biologie de la reproduction de Callosobruchus maculatus F. (Coleoptera, Bruchidae). Effet de trois insecticides de synthèse sur la reproduction*. Thèse Magister, INRA, EL Harrach. Alger. 94 p.
- Khelil, M. A.(1977).** *Influence de la chaleur utilisée comme moyen de lutte contre la bruche du haricot Acanthoscelides obtectus Say (Coleoptera, Bruchidae) sur les différents états de stocks de développement*. Thèse d'Ingénieur en Agronomie, INA. 62 p.
- Kiran, R.(2014).** Biology of the bruchid *Callosobruchus chinensis* Linn. (Coleoptera: Bruchidae) on garden pea, *Pisum sativum*. *Trends in Biosciences*, 7(11) : 1078-1081.
- Korabi, K.(2020).** *Étude des effets des huiles essentielles Salvia officinalis et Mentha peperita à deux doses différentes sur la structure des épидидymes des lapins mâles pré pubères (3 mois) de la souche synthétique*. Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, Algérie.
- Koroghli, K.(2018).** *Activité insecticide des huiles essentielles de romarin (Rosmarinus officinalis L.) et de la menthe poivrée (Mentha peperita L.) à l'égard des*

adultes du petit capucin des grains de blé *Rhyzoperthadominica* F. (Coleoptera: Bostrychidae). Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, Algérie.

Kossou, D.K., Aho, N. (1993). *Stockage et conservation des grains alimentaires tropicaux : principes et pratiques*. Ed. Flamboyant, Cotonou, Bénin. , 125p.

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.

Kumari, S., Yadav, S.S., Rolania, K., Dhanda, S. (2020). The biology of pulse beetle, *C. chinensis* on stored mungbean. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(3) : 1200-1203.

L

Labeyrie, V. (1962). Les Acanthoscelides, Entomologie appliquée à l'agriculture dans : BALACHOWSKI T (I), Ed Masson.

Lambert, J., Arnason, J. T., Philogene, B. J. R. (1985). Bruchid control with traditionally used insecticidal plant *Hyptis spicigera* and *Cassia nigricans*. *Insect Science and its Application*, 6: 167-170.

Latreche, W., Mansor, N. (2021). *Les huiles essentielles, activités biologique d'une plante aromatique*. Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf-M'sila. Algérie.

Laumont, P., Chevassus, A. (1956). Note sur l'amélioration du pois chiche en Algérie.

Kergoat, G. J. (2004). *Le genre Bruchidius (Coleoptera, Bruchidae) : un modèle pour l'étude des relations évolutives entre les insectes et les plantes*. Thèse de Doctorat. Université Paris 6. France.

Lepesme, P. (1994). *Les Coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés*. Encyclopédie entomologique ; Ed. Le chevalier, Paris. France.

Louni, H., Tamani, F.(2015). *Effet bio insecticide de l'huile d'olive et de l'acide oléique à l'égard de Callosobruchus maculatus (Coleoptera : Bruchidae), en utilisant deux substrats : le niébé et le pois chiche*. Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, Algérie.

M

Mahjoub,S. A.(1992). Weem seed extracts and pouders as grain protectants to cow pea weevil, from *Callosobruchus maculatus*(F.).*Egypt J.Agric.Res.*, 70:487-497

Mahoudeau, P. G.(1988). Procédé pour coller les coupes histologiques préparées à la paraffine. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 11(1) : 591-594.

Mallamaire, A. (1965). Les insectes nuisibles aux semences et aux denrées entreposées au Sénégal. *Congrès de la protection des cultures tropicales-compte rendu des travaux. chambre de commerce de l'industrie de Marseille, France*, 85-92.

Mansour, M. H., Kleeberg, H., Zebitz, C. P. W. (1997). The effectiveness of plant oils as protectants of mung bean *Vigna radiata* against *Callosobruchus chinensis* infestation. In *Practice oriented results on use and production of neem-ingredients and pheromones. Proceedings 5th Workshop Wetzlar, Germany* (pp. 189-200). Druck & Graphic.

Mbarek, K. B., Boubaker, M., Hannachi, C. (2013). Modélisation du rendement grain du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) du type «kabuli» sous les conditions édapho-climatiques du semi-aride supérieur Tunisien. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 1(2) : 16-28.

Mebarkia, A., Guechi, A. (2004). Protection Phytosanitaire Contre les Ravageurs des Céréales Stockées. Laboratoire de Microbiologie et de phytopathologie, Faculté des Sciences, UFA-Sétif, Algérie. 104-108.

Mejdoub-Bensaad, F. (2007). *Étude bioécologique de la bruche de la fève Bruchus rufimanus (BOH.) (Coleoptera : Bruchidae). Cycle biologique et diapause reproductrice dans la région de Tizi-Ouzou*. Thèse de doctorat d'état. Université de Tizi-Ouzou. 130p.

Multon, J.L. (1982). *Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux.* Ed. Lavoisier, Tec. doc. APRIA. T. 1. Paris, pp. 394-412.

N

Ndomo, A. F., Tapondjou, A. L., Tendonkeng, F., Tchouanguiep, F. M. (2009).Évaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae). *Tropicultura*, 27(3): 137-143.

Ntonga, P. A., Belong, P., Tchoumboungang, F., Bakwo, E. M., Fankem, H. (2012).Composition chimique et effets insecticides des huiles essentielles des feuilles fraîches d'*Ocimum canum* Sims et d'*Ocimum basilicum* L. sur les adultes d'*Anopheles funestus* ss, vecteur du paludisme au Cameroun. *J. Applied Biosci*, 59 : 4340-4348.

O

Office National Interprofessionnel des Céréales et Légumineuses(2016).État des lieux de la filière des légumineuses alimentaires au Maroc. International Conference on Pulses for Health, Nutrition, and Sustainable Food Security in the Dry Areas, 18 Avril 2016, Marrakech-Maroc.

Ofuya, T.I., (1990). Oviposition deterrence and ovicidal properties of some plants powders against *Callosobruchus maculatus* (F.) in stored cowpea(*Vigna unguiculata*) seeds.*J.Agric.Sci.*, 115: 343-345.

Ohsawa, K, S., Kato,H. H., Yamamoto, I. (1990). Pesticidal active substances .in tropical plants- insecticidal substances from the seeds of Annonasceae.*Journal of Agricultural Science*, 34:253-252

Oseckr E. A., Anery J. N.(2002). Control of the cowpea beetle *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera, bruchidae). On stored cowpea using vegetable oils.*Ghana journal of agricultural science*, 35(1): 103-110.

Ouchekdhidh-Ourlissene, W.(2014). Effets biocides des poudres et des huiles essentielles dequelquesplantesaromatiquessur lesparamètresbiologiquesdela bruche.

Ouchekdhidh-Ourlissene, O. (2014). *Effets biocides des poudres et des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques de la bruche du haricot acanthoscelides obtectus Say. (Coleoptera: Bruchidae).* Thèse Doctirat. Université Moulod Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie.

Ouedraogo, P. (1991). *Le déterminisme du polymorphisme imaginal chez callosobruchus maculatus (fab), coleoptere bruchidae. Son importance sur la biologie des populations de ce bruchidae.* Thèse de Doctorat, Tours, France.

P

Pandey, N. D., Mathur, K.K., Pandey, S., Tripathi, R. A.(1986).Effect of some plant extractsagainst pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* Linnaeus. *Indian Journal of Entomology*, 48:85-90.

Pandy, N. K., Singh, S. C.(1995). Effect of neem leaf powder on survival and mortality of pulse beetle; *Callosobruchus chinensis* (L), infestation gram. *Utlar Pradesh journal of zoology*, 3:162-164.

Paris, R. R., Moyse, H., (1981).*Précis de manière médicale.* Tome II : Pharmacognosie special .Monocotyledons. Dicotylédones. Ed., Masson.

Placquart, P., Wery, J.(1991). *Le pois chiche : Culture et utilisation*, ITCF, 11p.

Q

Quezel, P., Santa. S. (1963). *Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales*
Ed. CNRS, Paris.

R

Rajapakse, R.H. S.(1996). The effect of four botanicals on the oviposition and adult emergence of *Callosobruchus maculatus*(F.). *F. Entomonm*, 21: 211-215

Ramos, R. Y., & François, A. (2015). Les bruches du museum national d'histoires naturelles de l'institut scientifique de rabat (Coleoptera: Bruchidae). *Boletín de la SEA*, 56 : 207-217.

Ramzan, M. (1994). Efficacy of edible oils against pulse beetle, *Callobruchus maculatus* (F.). *J. insect sciens.*, 7: 37- 39.

Rani, C. S., Vijayalakshmi, K., Rao, P. A.(2000). Vegetable oils as surface protectant against stbruchid, *Callosobruchus chinensis* (Linn.) infestation on chickpea. *Indian Journal Plant Protection*, 28(2):184-186.

Redy, M., YLnene, Hawar, M.P., Ghanekan, A. M., Amin, K. S.(1991). Field diagnostic of chickpea diseases and their control: pp1-4.

Regnault, R., Bernard, J. R., Charles, V. (1995). *Bio pesticides d'origine végétale*. ED TEC & DOC Lavoisier, Paris, 337 P.

Richard, H.(1992). *Épices et aromates*. Ed. Technique & Documentation- Lavoisier, Paris.339p.

Righi Assia, F., Khelil, M.A, Righi, K.(2008). Biocide effect of the Powders and Essential Oils of Three Plant Species on the Biology of the Chick- Pea Beetle. *Callosobruchus chinensis* L. *Egyptian Journal of Biological Pest control*, 18(1) : 155-159.

Righi, A. F. (2010). *Étude de la relation plante-insecte chez les Bruchidées: Cas de la bruche du pois chiche Callosobruchus chinensis L.* Thèse de doctorat, Université de mascara, Algérie.

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

Rodger M., (1975). The evolution of oviposition tactics in the bean weevil, *Callosobruchus maculatus* (F), 56: pp 696-702.

S

Sadej W., Zuranska, I. (1986). Observation on the harmfulness of the broad bean weevil, *Bruchus rufimanus* Boh. (Coleoptera, Bruchidae) (Abstract). *Polokie Pismo Entomologiczne*, 56:447-452.

Sadli, K. (2017). *Étude de l'activité insecticide de l'huile essentielle du pin maritime (Pinus pinaster L.) sur la bruche du haricot commun Acanthoscelides obtectus Say 1830 (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae).* Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, Algérie.

Saida, B., Samia, B. (2015). *Évaluation de l'effet de deux fertilisants chimiques et d'un biofertilisant sur la croissance végétative du pois chiche (Cicer arietinum L).* Thèse de Doctorat.

Saidj, T., Tamani, S. (2019). *Effet des deux huiles essentielles «Menthe poivrée» et «Romarin à verbénone» à deux doses différentes (400µl/kg et 500µl/kg) sur les structures gonadiques chez les lapins mâles de la population blanche âgés en moyenne d'un mois.* Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, Algérie.

Benchana, S., Lermel, W. (2016). Étude du comportement de quelques variétés de pois chiche (*Cicer arietinum*) originaires de l'ICARDA dans les conditions agro climatiques de la région de Guelma.

Sara, B., Hanane, B. (2017). Étude de l'effet bioinsecticide de l'extrait méthanoïque de *Mentha piperita* sur le puceron *Aphis spiraecola*. Mémoire de Master, Université de Mostaganem. Algérie.

Saxena, M. C. (1984). Problems and potential of chickpea in the nineties, Proceedings. Insect and plant genetic resources workshop on chickpea improvement 4-8 dec., 1989 pp13-25.

Scotti, G.(1978). *Les insectes et les acariens des céréales stockées.* Co .Ed. Afnor – I. T. F., 238 p.

Seck, D., Sidibe, B., Handrue, E., Gaspar, C. (1991). Protection of stores of cow pea (*Vigna inguculata* (L.) walp at farm level: the use of different formations of neem

(Azadirahna) indica A juss) from Senegal. *Med fac. landbou wweet. univ. gent*, 56: 1217-1224

Seri-Kouassi, B. P., Kanko, C., Aboua, L. R. N., Bekon, K. A., Glitho, A. I., Koukoua, G., N'Guessan, Y. T. (2004). Action des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Côte-d'Ivoire sur *Callosobruchus maculatus* F. du niébé. *Comptes Rendus Chimie*, 7(10-11): 1043-1046.

Shaaya, E., Ravid, U., Paster, J. B., Zisman, U., Pissarev, V. (1991). Fumigant toxicity of essential oils, against four major stored product insects. *J.chem. Ecol*, 17: 499-504.

Sinaha, S. K. (1980). *Légumineuses alimentaires: répartition, adaptabilité, biologie du rendement*. Ed. FAO., Rome, 148p.

Sinaha S. K., Watters. E. L. (1985). *Insectes nuisibles des minoteries, des silos-élevateurs, des usines à provendes et méthodes de désinfestation*. 311p.

Singal, S. K., Chauhan, R. (1997). Effect of some plant products and other materials on development of pulse beetle *C. chinensis* (L.) on stored *Pigeonpea Cajanuscajan* (L.) Millsp. *J. Insect. Sci.*, 10(2):196-197.

Singh, B. B., Singh, S.R., Jackal, L. E.(1982). Sélection du dolique (NIEBE) pour la résistance aux maladies et aux insectes. In ANONYME, 1986. Sélection pour la résistance durable aux maladies et aux ravageurs. Edition F.A.O., Rome, pp. 181-196.

Sinha, R. N. (1983). Effects of stored-product beetle infestation on fat acidity, seed germination, and microflora of wheat. *Journal of Economic Entomology*, 76(4) : 813-817.

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

Souad, M. Z. (2016). *Essai de lutte biologique contre le Fusarium oxysporum f. sp. ciceris à l'aide des microorganismes de la rhizosphère de la culture du pois chiche* (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques. Université Abdelhamid ibn badis de mostaganem. 129p).

Stamm, S. (2014). Projet de réduction des pertes Post-Récolte. Bulletin de Juin 2014.

Subramanya, S., Babu, C. K., Krishnappa, C., Krishna-Murthy, K.C.(1994). Use of locally available plant product against *Callosobruchus chinensis* in redgram. *Mysore Journal of Agricultural Sciences*, 28:328-334.

T

Taib, H. (2015). *Étude de l'activité insecticide des huiles essentielles d'Eucalyptus globulus L. et de Rosmarinus officinalis L. à l'égard de la bruche du haricot Acanthoscelides obtectus Say (Coleoptera, Bruchidae).* Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, Algérie.

Taleb-Toudert, K. (2015). *Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérien): évaluation de leurs effets sur la bruche de niébé Callosobruchus maculatus (Coleoptera: Bruchidae).* Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, Algérie.

Tihachachet, S. (2019). *Activité insecticide de l'huile essentielle de la menthe pouliot (Menthapulegium L.) à l'égard de la bruche du niébé Callosobruchus maculatus F.(Coleoptera: Chrysomelidae).* Mémoire de MAster, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, Algérie.

Titouhi, F., Amri, M., Mediouni-Ben, J. J. (2015). Sensibilité de quelques variétés tunisiennes de fève aux attaques causées par la bruche *Bruchus rufimanus* au nord de la Tunisie. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 10: 55-61.

Z

Zine-Zikara, F., Bouzid, L., Yekkour, A. (2015). Le pois chiche en Algérie: situation, potentialités et perspectives. *Recherche Agronomique*, 27 : 35-47.

Sites

<https://i-dja.unimedias.fr/sites/art-de>

vivre/files/styles/large/public/Import/dja_pois_chiche_feuille_istock.jpg?auto=compress%2Cormat&crop=faces%2Cedges&cs=srgb&fit=crop&h=597&w=900

<https://m.media-amazon.com/images/I/71p8EQcd38L.AC.SX569.jpg> la fleur violet

<https://slideplayer.fr/slide/11880356/66/images/3/Production+mondiale+du+pois+chiche.jpg2022production mondiale>

<https://www.terresunivia.fr/sites/default/themes/terres-univia/images/articles/pois-chiche-culture.jpg2022> (photo gousse de pois chiche)et la composition de pois chiche

FAO, (2021). Rome - <http://www.fao.org/news/story/fr/item/1375103/icode/>

Résumé

L'objectif de notre étude est d'évaluer l'effet insecticide de deux huiles essentielles : la sauge officinale (*Salvia officinalis*) et la menthe poivrée (*Mentha piperita*) sur la bruche chinoise, par inhalation, par répulsion et par contact. Trois doses (0,5µl, 1µl et 1,5µl) sont testées par inhalation et par répulsion pour chaque huile, à l'égard des individus adultes de *C. chinensis* âgés de 0 à 24h. Le suivi de la mortalité des individus de *C. chinensis* a permis de constater une mortalité croissante pour les deux huiles testées par inhalation en fonction des doses et du temps d'exposition. Dès la plus forte dose utilisée (1,5µl), un taux de mortalité de 100% est enregistré après 48 heures d'exposition. L'huile essentielle de la menthe poivrée s'est révélée avoir un effet insecticide plus efficace que la sauge officinale. L'huile essentielle de la menthe poivrée est répulsive, avec un taux de répulsion moyen de 76%, tandis que l'huile essentielle de la sauge est modérément répulsive (55%). Cinq doses (0,5µl, 1µl, 1,5µl, 2µl et 2,5µl) sont testées par contact, le suivi de la mortalité des individus sur six jours (T1, T2, T3, T4, T5, T6) a permis de constater une mortalité croissante pour les deux huiles testées en fonction des doses et du temps d'exposition. La plus forte dose utilisée (2,5µl) a induit un taux de mortalité de 100% au 4^{ème} jour d'exposition pour la sauge officinale et dès le 1^{er} jour pour la menthe poivrée. La fécondité des femelles de *C. chinensis* s'annule complètement à la plus forte dose (2,5µl) de l'huile essentielle de la sauge officinale et à partir de la dose de 1,5µl pour l'huile essentielle de la menthe poivrée. Ces deux huiles essentielles inhibent les taux d'éclosion des œufs ainsi que les taux d'émergence des adultes à partir de la dose 2,5µl pour la sauge et 1,5µl pour la menthe poivrée. Ces huiles essentielles réduisent aussi les dommages causés par la bruche sur les graines de *Cicer arietinum* en préservant le poids et la faculté germinative des graines. L'huile essentielle de la menthe poivrée a un effet plus rapide et plus élevé que l'huile de la sauge. Il ressort de notre étude que les deux huiles essentielles présentent des propriétés insecticides remarquables 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 graines de légumineuses.

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

Abstract

The objective of our study is to evaluate the insecticidal effect of two essential oils: sage (*Salvia officinalis*) and peppermint (*Mentha piperita*) on the Chinese bruchid, by inhalation, repulsion and contact. Three doses (0.5µl, 1µl and 1.5µl) were tested by inhalation and repellency for each oil upon *C. chinensis* adults of 0-24 hours old. Monitoring of the mortality of *C. chinensis* individuals showed an increasing mortality for both oils tested by inhalation according to dose and exposure time. From the highest dose used (1.5µl), a mortality rate of 100% was recorded after 48 hours of exposure. Peppermint essential oil was found to have a more effective insecticidal effect than sage. Peppermint essential oil was repellent, with an average repellency of 76%, while sage essential oil was moderately repellent (55%). Five doses (0.5µl, 1µl, 1.5µl, 2µl and 2.5µl) were tested by contact, the monitoring of the mortality of individuals over six days (T1, T2, T3, T4, T5, T6) showed an increasing mortality for the two oils tested according to the doses and the exposure time. The highest dose used (2.5µl) induced a mortality rate of 100% at the 4th day of exposure for sage oil and at the 1st day of exposure for peppermint oil. Fecundity of *C. chinensis* females was completely nullified at the highest dose (2.5µl) of sage oil and at 1.5µl of peppermint oil. Both essential oils inhibited egg hatch rates as well as adult emergence rates from the 2.5µl dose for sage and 1.5µl for peppermint. These essential oils also reduced bruchid damage to *Cicer arietinum* preserving the weight and germination capacity of the seeds. Peppermint essential oil has a faster and higher effect than that of sage. From our study, it appears that both essential oils showed remarkable insecticidal properties on the Chinese bruchid *C. chinensis* and can therefore constitute an alternative mean of control against this pest in legume seed storage places.

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