

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Université Mouloud MAMMARI de
Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences
Agronomiques
Département de Biologie Animale et
Végétale

MÉMOIRE DE FIN DE CYCLE

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie de la
Conservation

THEME

Activité insecticide des huiles essentielles du romarin
(*Rosmarinus Officinalis* L.) et de l'eucalyptus (*Eucalyptus
Globulus* L.) à l'égard la bruche chinoise (*Callasobruchus
Chinensis* L.) (Coleoptera : Chrysomelidae)

PRÉSENTÉ PAR :

- ❖ SMAÏLI KAÏHINA
- ❖ MANI SAADA

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

ANNEE UNIVERSITAIRE 2020/2021

Remerciements

Nous tenons d'abord à remercier Dieu le tout puissant de nous avoir donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

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

Nous remercions aussi notre copromotrice, Mme LAKABI-AHMANACHE L., Maitre de conférences Classe A à l'UMMTO de Tizi-Ouzou pour tous ses conseils avisés tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nos remerciements vont également à Mme MEHALLI-OULDKADI N., Doctorante à l'UMMTO de Tizi-Ouzou, pour son aide, son soutien et ses conseils notamment durant la réalisation de la partie expérimentale.

Nous tenons à remercier vivement Mme KITOUS-BENOUFELLA K., Maitre de Conférences Classe A à l'UMMTO, d'avoir accepté avec une grande amabilité de siéger parmi notre jury.

Nos remerciements s'adressent également à Melle CHOUGAR S., Maitre de Conférences Classe B à l'UMMTO, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous tenons aussi à exprimer notre profonde reconnaissance à l'équipe du laboratoire qui nous a permis de réaliser ce mémoire dans les meilleures conditions, grâce à leur disponibilité et leur expérience. Nous les remercions de nous avoir fait confiance. Qu'ils veuillent bien trouver ici l'expression de notre respectueuse gratitude.

Nous tenons également à remercier nos chères mamans, nos familles et amis(es).

SOMMAIRE

Table des matières	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction.....	1
PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE	
Chapitre I. Présentation de la plante hôte Cicer arietinum	
1. Généralités sur le pois chiche.....	4
2. Origine et distribution géographique.....	4
3. Position systématique de Cicer arietinum.....	4
4. Morphologie de la plante.....	5
4.1. Appareil végétatif	5
Systeme racinaire.....	5
4.1.1. Feuilles.....	5
4.1.2. Tige	6
4.2. Appareil reproducteur	6
4.2.1. Fleurs.....	6
4.2.2. Fruits	7
5. Exigences du pois chiche.....	8
5.1. Exigences édaphiques.....	8
5.2. Exigences climatiques	8
5.2.1. Température.....	8
5.2.2. Eau	8
5.2.3. Lumière	8
6. Importances du pois chiche.....	9
6.1. Sur le plan nutritif	9
6.2. Sur le plan économique.....	9
6.2.1. Dans le monde	9
6.2.2. En Algérie.....	10
6.3. Sur le plan agronomique	11

Chapitre II. Présentation de l'insecte *Callosobruchus chinensis* L. et les huiles essentielles

1. Caractères généraux des Bruchidés.....	12
2. Présentation de la bruche chinoise	12
2.1.Origine et aire de répartition géographique.....	12
2.2. Classification de l'espèce	13
2.3. Description de la bruche chinoise	13
2.3.1. Œuf	13
2.3.2. Larve	13
2.3.3. Nymphe	13
2.3.4. Adulte	14
2.3.5. Dimorphisme sexuel.....	14
2.3.6. Biologie de la bruche chinoise	14
2.3.7. Dégâts causés par la bruche chinoise	16
2.4.Moyens de lutte contre la bruche chinoise	16
2.4.1. Lutte préventive.....	16
2.4.2. Lutte curative	17
2.4.2.1 Lutte physique	17
2.4.2.2.Lutte chimique	17
2.4.2.3.Lutte biologique	18
3. Les huiles essentielles	18
3.1. Définition des huiles essentielles.....	18
3.2. Localisation des huiles essentielle dans la plante.....	18
3.3. Propriétés physiques et chimique des huiles essentielles.....	19
3.4.Les plantes aromatiques en Algérie	20
4. Généralité sur le romarin.....	20
4.1.Origine du romarin.....	20
4.2. Systématique.....	21
4.3.Description botanique.....	21
4.4.Composition chimique d'huile essentielle du romarin.....	22
5. Généralité sur l'eucalyptus.....	23
5.1.Origine de l'eucalyptus	23
5.2.Systématique du genre Eucalyptus.....	24
5.3.Description botanique.....	24

5.4.Composition chimique de l'huile d'eucalyptus.....	25
---	----

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre III. Matériel et méthode

1. Matériel.....	26
1.1. Matériel de laboratoire.....	26
1.2. Matériel biologique.....	27
1.2.1 Bruche.....	27
1.2.2 Huiles essentielles utilisées.....	27
2. Méthodes.....	27
2.1. Elevage de masse.....	27
2.2. Bioactivité des huiles essentielles du romarin et l'eucalyptus sur les adultes de <i>C. chinensis</i>	28
2.3. Test par inhalation.....	28
2.4. Test de répulsion.....	29
3. Analyse statistique.....	31

Chapitre V. Résultats et discussion

1. Résultats.....	32
1.1. Activité insecticide des huiles essentielles par inhalation.....	32
1.1.1. Huile essentielle d'eucalyptus.....	32
1.2. Huile essentielle de romarin.....	34
2. Activité des huiles essentielles par répulsion.....	37
2.1. Huile essentielle d'eucalyptus.....	37
2.2. Huile essentielle de romarin.....	38
3. Discussion.....	40

Conclusion

Reference bibliographique

Liste des figures

Figure 1 : Feuilles composées et tige du pois chiche (Anonyme, 2010).....	6
Figure 2 : Fleur du pois chiche (Anonyme, 2010)	7
Figure 3 : Gousses de pois chiche. a : vertes et b : mures (Anonyme, 2010).....	7
Figure 4 : Production nationale de la culture de pois chiche de 2000 à 2014 (M.A.D.R., 2015).....	11
Figure 5 : Deux individus, mâle (à droite) et femelle (à gauche) de <i>Callosobruchus chinensis</i> L. (Acheraiou et Kaced, 2019).....	15
Figure 6 : Cycle biologique de la bruche chinoise <i>C. Chinensis</i> (Acheraiou et Kaced, 2019).....	15
Figure 7 : Graines du pois chiche infesté par la bruche chinoise (Originale, 2021).....	7
Figure 8 : Romarin (<i>Rosmarinus officinalis</i>) (originale 2021).....	21
Figure 9 : Eucalyptus (<i>Eucalyptus globulus</i>) (originale 2021).....	23
Figure 10 : Elevage de masse de bruche chinoise (Originale, 2021).....	28
Figure 11 : Dispositif expérimental du test par inhalation sur les adultes de <i>C. chinensis</i> traités à l'huile essentielle du romarin et de l'eucalyptus (Originale, 2021)	29
Figure 12 : Dispositif expérimental du test par inhalation sur les adultes de <i>C. chinensis</i> traités à l'huile essentielle du romarin et de l'eucalyptus (Originale, 2021)	30
Figure13: Taux de mortalité (%) des adultes de <i>Callosobruchus chinensis</i> traités par inhalation avec l'huile essentielle d'eucalyptus en fonction des doses et de la durée d'exposition	32
Figure 14 : Mortalité (en %) des adultes des <i>chinensis</i> traité par inhalation par l'huile essentielle de romarin en fonction des doses et de la durée d'expositions.....	34
Figure15: Taux moyens de répulsion de l'huile essentielle d'eucalyptus à l'égard des adultes <i>C. chinensis</i> après 30 minutes d'exposition aux différentes doses (1µl, 2µl, 3µl ,4µl et 5µl...)	37
Figure 16: Taux moyens de répulsion de l'huile essentielle de romarin à l'égard des adultes <i>C. chinensis</i> après 30 minutes d'exposition aux différentes doses (1µl, 2µl, 3µl ,4µl et 5µl.....)	39

Liste des tableaux

Tableau 1 : Production du pois chiche en Algérie durant La période du 2012-2015 (Faostat, 2017).....	10
Tableau 2 : Organes de certaines plantes riches en huiles essentielles (Garneau, 2005).....	19
Tableau 3 : Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et <i>al.</i> (1970).....	31
Tableau 4 : Résultats de l'analyse de la variance à 2 critères de classification dose et temps d'expositions pour l'effet insecticide par inhalation de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i>	33
Tableau 5 : Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% comparant l'effet des 5 doses de l'huile essentielle d'eucalyptus testée par inhalation sur les adultes de <i>C. chinensis</i>	33
Tableau 6 : Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% comparant l'effet des 8 durées d'exposition à l'huile essentielle d'eucalyptus testée par inhalation sur les adultes de <i>C. chinensis</i>	34
Tableau 7 : Résultats de l'analyse de la variance à 2 critères de classification dose et temps d'exposition pour l'effet insecticide par inhalation pour l'huile essentielle de romarin.	35
Tableau 8 : Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% comparant l'effet des 5 doses de l'huile essentielle de romarin testée par inhalation sur les adultes de <i>C. chinensis</i>	36
Tableau 9 : Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% comparant l'effet des 8 durées d'exposition à l'huile essentielle de romarin testée par inhalation sur les adultes de <i>C. chinensis</i>	36
Tableau 10 : Résultats de l'analyse de la variance à 3 critères de classification dose, huile et temps d'exposition pour l'effet insecticide par inhalation pour l'huile essentielle de romarin et l'eucalyptus	37
Tableau 11 : Le nombre d'individus de <i>C. chinensis</i> présents dans la partie traitée et non traitée avec l'huile d'eucalyptus par répulsion et classement selon Mc Donald et <i>al.</i> (1970	38
Tableau 12 : Le nombre d'individus de <i>C. chinensis</i> présents dans la partie traitée et non traitée avec l'huile de romarin par répulsion et classement selon Mc Donald et <i>al.</i> (1970	40

Les légumineuses alimentaires constituent une importante source de protéines végétales qui peut corriger le déficit en protéines animales. En plus, elles sont riches en minéraux essentiels et en lysine, de ce fait, elles sont complémentaires des profils nutritionnels des céréales (Duranti et Gius, 1997). En plus du fait qu'elles ont un usage médicinal non négligeable, les légumineuses présentent une importance dans le régime alimentaire humain et animal et ont un intérêt particulier dans le concept de l'agriculture durable. En effet, leur introduction est instaurée dans l'assolement/rotation des cultures, la diversification des productions et la protection du sol contre l'érosion. L'introduction de ces espèces dans un système de culture est, impérativement, tributaire de l'amélioration de leurs performances agronomiques (Ben Mbarek, 2011).

En Algérie, la culture des légumineuses alimentaires a fait partie de nos systèmes agraires depuis très longtemps dans différentes zones agro-écologiques du pays. 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 (Labdi, 1990). 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).

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 originaire du Moyen-Orient, plus précisément du Sud-Est de la Turquie et de la Syrie (Saxena, 1984). Au cours de sa domestication, le pois chiche semble avoir connu plusieurs centres de diversification, dont le plus ancien serait le plateau Anatolien (Van Der-Maesen, 1984). Il est rapidement disséminé dans le monde pour devenir une culture importante des environnements subtropicaux et méditerranéens (Muehlbauer et Rajesh, 2008).

Cependant d'immenses quantités de légumineuses sèches sont perdues chaque année en raison des insectes phytophages (Fao, 2006). Le pois-chiche est notamment exposé aux différents ravageurs des légumineuses. Parmi les insectes phytophages qui se sont installés sur les plantes cultivées, les coléoptères phytophages de la famille des Bruchidés occupent une place de choix. Les espèces de cette famille pondent en effet leurs œufs sur les graines ou les gousses mûres de légumineuses et les larves se développent à l'intérieur des graines tandis que les adultes mènent une vie libre (Guignot, 1957).

La bruche chinoise est un insecte ravageur de la famille des Bruchidées, vit dans les zones à climat chaud et causent des dégâts considérables dans les stocks des légumineuses, elle s'attaque à plusieurs espèces comme le haricot, le niébé, le pois, la fève et le pois-chiche. Il existe une certaine spécificité entre l'insecte et sa plante hôte. En effet, Center et Johnson (1974) et Jansen (1977) ont montré que chaque espèce de Bruchidées n'était capable de se développer que dans un nombre limité de légumineuses.

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

Pour assurer une meilleure intervention contre cet insecte ravageur du pois chiche, tout en préservant au maximum le milieu naturel, de nouvelles méthodes préventives ainsi que de nouveaux produits sont constamment recherchés afin de mettre en place de nouvelles alternatives de la lutte contre ce ravageur qui est davantage encouragée.

La lutte biologique contre les insectes ravageurs prend diverses formes, mais celle qui attire l'attention des chercheurs à l'heure actuelle est la lutte biologique par l'utilisation des substances naturelles et surtout celles d'origine végétale comme les huiles essentielles qui présentent un large spectre d'action en pharmacologie, comme fongicides, nématicides, insecticides et bactéricides (Boutaleb, 2010).

En effet, les huiles essentielles des plantes font partie ces dernières années des voies les plus explorées dans la régulation des ravageurs. Leur utilisation a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche pendant la dernière décennie et a suscité un vif intérêt scientifique traduit par le nombre de travaux traitant de l'efficacité des huiles essentielles dans la protection des légumineuses (ISMAN, 2005).

Dans cette optique, nous nous proposons d'étudier, au cours de ce travail, l'effet insecticide des huiles essentielles du romarin *Rosmarinus officinalis* L. et de l'eucalyptus *Eucalyptus globulus* L. par inhalation et par répulsion sur les adultes de la bruche chinoise *Callosobruchus chinensis* L.

Ce travail est subdivisé en deux parties, une partie bibliographique comprend trois chapitres traitant de la plante hôte : le pois-chiche (*Cicer arietinum* L.), l'insecte ravageur: la bruche chinoise et les huiles essentielles. La deuxième partie, expérimentale, présente le matériel et les méthodes utilisées lors de cette étude dans le chapitre 3 et les résultats et discussion relatifs à l'évaluation de l'effet insecticide des d'huiles essentielles sont présentés dans le chapitre 4. Ce travail est terminé par une conclusion et quelques perspectives de recherche pour les travaux futurs.

1. Généralités sur le pois chiche

Le pois chiche est une plante légumineuse de la famille des Fabacées, voisine du petit pois mais d'un genre botanique différent. Il est cultivé dans les régions méditerranéennes et produit une graine comestible. Il est connu pour sa haute teneur en glucides assimilable et son pourcentage élevé en protéines végétales. Ses principaux constituants sont les lipides, les substances azotées, l'amidon, les sucres, les sels minéraux (phosphore, potassium, magnésium, calcium, sodium) l'oxyde de fer, et les Vitamine B et C (Encarta, 2005).

2. Origine et distribution géographique

Le pois chiche est probablement originaire du Moyen-Orient, plus précisément du Sud-Est de la Turquie et de la Syrie (Saxena, 1984 ; Singh, 1997). Des restes carbonisés découverts au Proche-Orient indiquent que cette espèce était cultivée au VIIème millénaire avant notre ère avec les céréales, le petit pois et la lentille (Vanier, 2005 ; Redden et Berger, 2007).

Laumont et Chevassus (1956) et Bistolfi et Mardam-Bey (1998) rapportent que le pois chiche a été domestiqué aux confins de la Turquie et de la Syrie au VIIème millénaire avant notre ère. Les premiers sites répertoriés sont Hacilar (5500 av. J.-C.) en Turquie et Jéricho (625 av. J.-C.) en Palestine. Il s'est diffusé progressivement vers l'Ouest de la Méditerranée, ainsi qu'en Asie Orientale et australe et en Afrique de l'Est. Il a atteint le sous-continent indien 2000 ans avant J.-C. La culture du pois chiche connaît une expansion dans les pays où son introduction est récente, comme l'Australie, la Nouvelle-Zélande, les Etats-Unis et le Canada (Bejiga et Van der Maesen, 2006.)

3. Position systématique de *Cicer arietinum*

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 :	<u><i>Cicer</i></u>
Espèce :	<u><i>Cicer arietinum</i> L.</u>

Le pois chiche *Cicer arietinum* L. descendrait de l'espèce sauvage *Cicer reticulatum* Découverte par Ladizinsky au Sud-Est de la Turquie en 1975 (Ladizinsky et Alder, 1976). Cette hypothèse est supportée par les études cytogénétiques (Ahmad et *al.*, 1988), enzymatiques (Ahmad et *al.*, 1992) et les résultats des croisements interspécifiques (Singh et Ocampo, 1993).

4. Morphologie de la plante

4.1. Appareil végétatif

Le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) est une espèce herbacée, annuelle, diploïde ($2n=16$ chromosomes), autogame, présentant moins de 1% d'hybridation naturelle (Singh et Reddy, 1991).

4.1.1. Système racinaire

Le pois chiche est une espèce rustique par son système racinaire puissant qui se développe dans les deux sens, latéral et pivotant dont la croissance s'arrête au démarrage de la floraison, il permet à la plante d'explorer un grand volume de sol et lui confère une tolérance à la sécheresse (Saxena, 1987). Il est composé d'une racine principale pivotante qui peut atteindre 1m de profondeur et des racines secondaires traçantes.

La profondeur de l'enracinement dépend des techniques culturales, de l'état et de la nature du sol ; en effet, la semelle du labour peut entraver l'élongation de la racine principale (Slama, 1998 *in* BenMbarek, 2011). Dans les zones humides, les sols salins, lourds, stagnants et à réchauffement lent au printemps, les racines ont un développement limité et la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique par les racines est réduite (Jaiswal et Singh, 2001 *in* Ben Mbarek, 2011).

4.1.2. Feuilles

Les feuilles sont imparipennées et sont composées de 7 à 15 folioles ovales et dentelées, sans vrilles, en position alternée sur un rachis (Poitier, 1981 ; Saxena, 1984). Les feuilles inférieures sont couvertes par un duvet formé de poils uniset pluricellulaires (Figure1).

4.1.3. Tige

Selon les génotypes de pois chiches, à une certaine hauteur, la tige herbacée se ramifie en deux ou trois branches pour donner des ramifications secondaires et par la suite des ramifications tertiaires (Braune et *al.*, 1988) (Figure1).



Figure 1. Feuilles composées et tige du pois chiche (Anonyme, 2010).

4.2. Appareil reproducteur

4.2.1. Fleurs

Les fleurs bisexuées sont zygomorphes, articulées, solitaires ou en grappes de deux fleurs insérées sur des pédoncules axillaires à l'aisselle des feuilles et au niveau des bifurcations (Figure 2). Le pois chiche est une espèce autogame (Ladizinsky, 1987 *in* Ben Mbarek, 2011) caractérisée par une floraison massive. Seulement, son taux de nouaison est faible et varie de 28 à 37 % respectivement chez les types Kabuli et Desi (Khanna-Chopra et Sinha, 1987 *in* BenMbarek, 2011).

La floraison est rapide durant les jours longs et lente durant les jours courts. Elle dure, selon les génotypes de 30 à 45 jours. Les branches continuent à se développer, à fleurir et à produire des gousses et des graines (Leport et *al.*, 2006). Les premières fleurs, dites pseudofleurs ou fausses fleurs, sont imparfaites et ne donnent pas de gousses (Roberts et *al.*, 1980).



Figure 2. Fleur du pois chiche (Anonyme, 2010).

4.2.2. Fruits

Le fruit du pois chiche est une gousse de forme globuleuse, renflée, ovale, velue, pendante et portant un bec (Ladizinsky, 1987). Elle peut comporter de 1 à 3 graines qui peuvent être lisses ou ridées, arrondies ou irrégulières de forme ronde à angulaire (Figure 3).



Figure 3. Gousses de pois chiche. **a** : vertes et **b** : mures (Anonyme, 2010).

5. Exigences du pois chiche

5.1. Exigences édaphiques

Le pois chiche semble préférer les sols meubles, profonds, plus ou moins argileux avec une bonne capacité de rétention (Molani et Chandra, 1970 cités par Saxena, 1987), dont le pH est neutre ou alcalin, variant de 7,3 à 8,2 (Berger et *al.*, 2003). Il ne supporte pas les sols mal drainés qui favorisent le développement de maladies fongiques (Plancquaert et Wery, 1991).

5.2. Exigences climatiques

5.2.1. Température

La culture de pois chiche est très vulnérable aux facteurs atmosphériques (Chaux et Foury, 1994). En effet, la température exerce une forte influence sur les phases végétatives et reproductrices de la plante (Summerfield et *al.*, 1979). La température optimale de germination des graines se situe entre 28 et 33 °C (Covelle et *al.*, 1986 ; Singh et Diwakar, 1995) ; elles germent toutefois entre 10 et 45 °C (Singh et Diwakar, 1995). Selon Verret (1982) et Girrard (1985), les besoins de températures du pois chiche d'hiver varient entre 18 et 29 °C le jour et autour de 20 °C la nuit.

5.2.2. Eau

Grâce à son système racinaire profond, le pois chiche est doté d'une certaine rusticité et d'une tolérance à la sécheresse (Verghis et *al.*, 1999).

Quelque soit le type de culture, de printemps ou d'hiver et le type de pois chiche, Dési ou Kabuli, la phase critique pour les besoins en eau est située entre les phases phénologiques, fin floraison et stade laiteux (Verghis et *al.*, 1999). De plus, Slama (1998) a montré que le pois chiche craint le stress hydrique durant les stades de floraison et de remplissage des grains.

5.2.3. Lumière

La plupart des légumineuses à graines préfèrent le soleil et réagissent à l'ensoleillement en fournissant un grand rendement. L'intensité de la lumière et la durée d'éclairement sont des facteurs importants pour la nodulation et la fixation de l'azote (Lie, 1971). Le pois chiche est une plante de jours longs, mais fleurit dans toutes les photopériodes (Summerfield et *al.*, 1979).

6. Importance du pois chiche

6.1. Sur le plan nutritif

Le pois chiche, comme toutes les légumineuses alimentaires, est un aliment riche en protéines végétales, en plusieurs vitamines y compris les vitamines B1 et B2, en fibres alimentaires et en sels minéraux comme le phosphore (3434mg /100g) le calcium 186mg /100g) le magnésium 141mg/100g) le fer (7mg/100g) et le zinc (3mg /100g) (Baumgartner, 1998) (Aubert, 1992).

Le même auteur ajoute que la principale caractéristique nutritionnelle du pois chiche est sa richesse relative en matière grasse 5% contre 0,6 à 2,5 % pour les autres légumineuses sèches. Les acides gras majeurs chez le pois chiche sont les acides : linoléiques, oléiques et palmitiques.

La consommation d'un mélange de graines de pois chiche avec celles de céréales peut avoir une valeur nutritive équivalente à celle fournie par des protéines animales (Kande, 1965 ; Chaux, 1972).

6.2. Sur le plan économique

6.2.1. Dans le monde

Le pois chiche est une plante très cosmopolite cultivée dans 50 pays. Une superficie de plus de 13 millions ha est réservée à cette culture avec une production moyenne de 13 118 698,83 tonnes (Fao, 2015). Selon les statistiques de la F.A.O., en moyenne 882 000 tonnes de pois chiche sont exportées chaque année soit une valeur approximative de 510 millions de dollars américains à travers le monde (Kumar et *al.*, 2012).

Les grands pays exportateurs sont l'Australie, le Mexique, la Turquie, le Canada, les Etats Unis alors que les plus importants pays importateurs sont, l'Inde, le Pakistan, l'Espagne, l'Algérie, le Bangladesh, l'Italie, l'Arabie Saoudite, la Jordanie, la Tunisie et le Royaume-Uni (AAC, 2006 ; Faostat, 2014).

En 2016, l'Australie est le premier pays exportateur mondial du pois chiche, il a atteint une production record de 1,2 million de tonnes, soit une hausse de 21%, selon le ministère australien de l'Agriculture. Cette production est exportée principalement vers l'Inde, le Pakistan et le Bangladesh (Anonyme, 2016).

6.2.2. En Algérie

En Algérie, le pois chiche est l'une des principales légumineuses alimentaires qui occupe une place importante dans l'alimentation de la population. Cultivée sur plusieurs zones agro-écologiques (Ain Temouchent, Béjaia, Sidi Bel Abbes). Cette espèce constitue une source très importante de protéines avec une teneur qui peut atteindre, selon Laumont et Chevassus (1956), 30% du poids du grain.

En Algérie la production nationale ne couvre en moyenne que 30% des besoins de la population. La production maximale sur la période allant de 2012 à 2015 est de 35118 tonnes enregistrée en 2014 (Tableau 2).

Tableau 1 : Production du pois chiche en Algérie durant La période du 2012-2015 (Faostat, 2017).

Années	Surface (ha)	Production (tonnes)	Rendement (hectogramme /ha)
2012	30562	27675	9055
2013	29320	34980	11930
2014	33295	35118	10549
2015	29000	31000	10690

Malgré la hausse de la production de pois chiche durant la période 2000-2014 (Figure 5), l'Algérie est contrainte d'importer entre 47 000 et 56 000 tonnes de pois chiche par an pour couvrir une demande constante de la population en croissance démographique continue (Saoud, 2013).

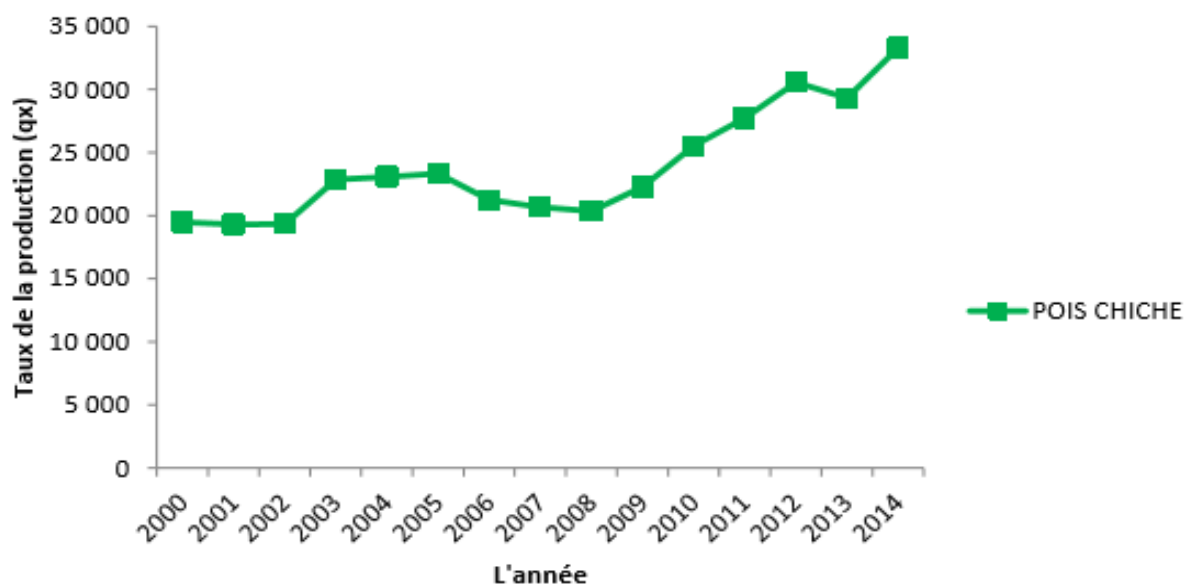


Figure 4 .Production nationale de la culture de pois chiche de 2000 à 2014 (M.A.D.R., 2015).

6.3. Sur le plan agronomique

Sur le plan agronomique et en tant que légumineuse, le pois chiche peut s'intégrer dans les systèmes de production biologique qui utilisent la bio-fertilisation. A cet effet, il est utilisé avec d'autres légumineuses dans les systèmes de rotations et d'associations culturales avec d'autres cultures notamment les céréales dans le but d'assurer la meilleure efficacité d'utilisation des ressources en azote. En effet, l'importance des légumineuses et en particulier le pois chiche réside dans leur facilité à fixer l'azote atmosphérique grâce aux bactéries, contribuant ainsi à l'élévation du niveau de la fertilité des sols. Il a été également rapporté que cette nodulation réduit l'inoculum potentiel des maladies racinaires d'origine tellurique (Babar *et al.*, 2009 ; Hassan, 2006 ; Flandez-Galvrez *et al.*, 2003).

1. Caractères généraux des Bruchidae

Les Bruchidae (Chrysomeloidea), sont de petits Coléoptères phytophages (Phytophagoidea) au corps massif ; à la tête hypognathe présentant latéralement deux yeux réniformes et des antennes (onze articles) dentées ou pectinées. Le thorax est plus ou moins conique et les tarses sont tétramères. Les élytres larges et courts, couverts de poils ou d'écailles, laissent à découvert l'extrémité tronquée de l'abdomen. La couleur générale est grise plus ou moins variée de brun (Balachowsky, 1962).

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

Les déterminations génériques sont surtout basées sur des caractères de denticulation des fémurs ou des tibias postérieurs de l'adulte. Les caractères distinctifs spécifiques sont aussi complexes, particulièrement ceux des Bruchidées, comprenant un grand nombre d'espèces paléarctiques et tropicales. Les caractères portent, en effet, sur le coloris, et nécessitent pour être appréciés des spécimens bien frais (Hoffman, 1945).

2. Présentation de la bruche chinoise

2.1. Origine et aire de répartition géographique

La bruche chinoise est d'origine asiatique. Elle est abondante dans les régions tropicales, peu abondante en Afrique. La bruche chinoise est considérée comme le principal ennemi du pois chiche en Asie occidentale (Delobel et Tran, 1993).

2.2. Classification de l'espèce

Selon Balachowsky (1962), la position systématique de la bruche chinoise est comme suit :

Embranchement : Arthropodes

Sous embranchement : Trachéates

Classe : Insectes

Sous classe : Ptérygotes Néoptères

Division : Endoptérygotes

Ordre : Coléoptères

Sous ordre : Phytophages

Famille : Bruchidées

Genre : *Callosobruchus*

Espèce : *Callosobruchus chinensis* L. 1758

2.3. Description de la bruche chinoise

La bruche chinoise est un insecte holométabole qui passe par 4 stades différents qui sont :

2.3.1. Œuf

L'œuf (longueur 0,5 mm, largeur 0,2 mm) est ovoïde, allongé, faiblement renflé à l'une des extrémités (celle qui logera ultérieurement la tête de l'embryon) translucide, lisse, présente latéralement une zone ovale plus claire, de moindre résistance, ceinturée d'un bourrelet marginal. Le micropyle est inexistant. Le nombre d'œufs pondus par la femelle varie suivant les facteurs climatiques, mais ne dépasse jamais 50 œufs (Fleurat Lessard, 1982).

2.3.2. Larve

La larve (longueur 0,38 à 0,47 mm Largeur 0,18 à 0,20mm) a des pattes grêles. Son corps mou, boudiné (serré), est très légèrement arqué. La tête et la pièce tergale pro-thoracique sont brunâtres, le reste du corps est blanc ivoire (Yvon de Luca, 1956).

Il existe quatre stades larvaires ; la première larve L₁ est immobile, les autres larves des stades L₂, L₃ et L₄ sont mobiles, très semblables mais les larves des deux derniers stades sont de taille plus importante (Delobel et Tran, 1993).

2.3.3. Nymphe

La nymphe est de couleur blanche jaunâtre. Sa tête, son thorax et son abdomen sont bien visibles. La nymphe mesure en moyenne 3,34 mm de longueur et 1,67 mm de largeur. La nymphose dure entre 6 et 7 jours (Kumar et al., 2009).

2.3.4. Adulte

L'adulte mesure de 2,2 à 2,8 mm de longueur, sa taille est plus réduite que celle des autres espèces de la famille des Bruchidées. La bruche chinoise présente un corps plus ramassé et possède deux callosités nacrées à la base du prothorax ; il est de forme conique et étranglé vers le tiers antérieur (Fleurat Lessard, 1982). Le pygidium est allongé, assez pointu recouvert d'une substance blanche et jaune. La face ventrale est noire avec de petites parties recouvertes de poils blancs. L'adulte est un bon volier (actif) (Delobel et Tran, 1993). La femelle secrète deux phéromones sexuelles, la première est attractive et la deuxième induit la copulation qui est également secrétée par le mâle, mais sans action sur la femelle (Delobel et Tran, 1993).

2.3.5. Dimorphisme sexuel

Chez la bruche chinoise il existe certaines différences morphologiques entre les deux sexes, tel qu'au niveau des antennes qui sont fortes et nettement plus longues et pectiformes chez le mâle (Fleurat Lessard, 1982) et sont dentées et assez courtes chez la femelle (Bonnemaison, 1962) ou seulement épaissies chez les femelles (Balachowsky, 1962). La coloration générale de l'adulte est brun-noir, avec des zones noires beaucoup plus étendues chez le mâle que chez la femelle (Delobel et Tran, 1993) (Figure 5).

2.3.6. Biologie de la bruche chinoise

La bruche chinoise accomplit son cycle biologique, de l'œuf au stade adulte, en 28 jours en conditions de laboratoire, à 27°C et 70% d'humidité relative (Hoffmann, 1945) (Figure 6). Les femelles pondent sur les gousses ou directement sur les graines, exceptionnellement sur la surface environnante et toujours isolement. Après éclosion de l'œuf apparaît une première larve L₁, immobile qui subit une mue pour donner naissance à la larve L₂ qui est incurvée mesurant de 5 à 6mm de long et qui à son tour subit mue en L₃ puis L₄. La larve L₄ poursuit son développement dans une logette au dépend des matières amylacées de la graine (Alemayehu et Getu, 2013). L'évolution larvaire est variable, elle dure au minimum 18 à 20 jours, elle est de 18jours dans le magasin chauffé (Delobel et Tran, 1993). Le stade nymphal de cet insecte prend 7 à 8 jours pour donner un imago (l'adulte) qui peut vivre 8 à 16 jours, donc le cycle prend environ 32 à 35 jours.



Figure 5. Deux individus, mâle (à droite) et femelle (à gauche) de *Callosobruchus chinensis* L. (Acheraiou et Kaced, 2019).

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-Mckey et Alvarez, 2003).

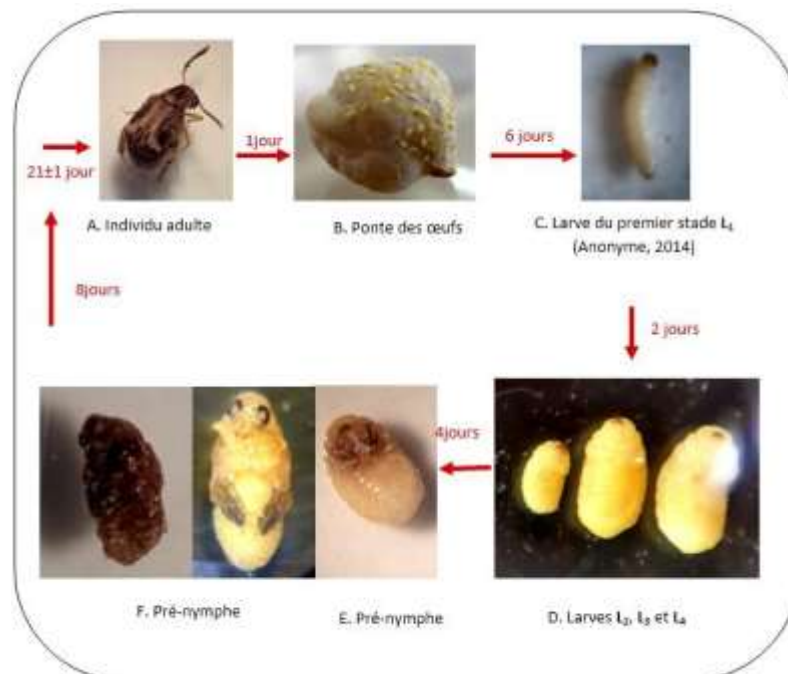


Figure 6. Cycle biologique de la bruche chinoise *C. Chinensis* (Acheraiou et Kaced, 2019).

2.3.7. Dégâts causés par la bruche chinoise

La bruche chinoise cause des dégâts caractéristiques qui se traduisent par la perte des graines au cours du stockage. L'infestation par cette bruche affecte la valeur nutritive et la qualité organoleptique des graines et peut finalement rendre le stock inconsommable et non commercialisable (Mukendi et *al.*, 2016).

Les pertes en poids des graines peuvent être supérieures à 80% après six ou sept mois de stockage (Scotti, 1988).



Figure 7. Graines du pois chiche infesté par la bruche chinoise (Originale, 2021)

2.4. Moyens de lutte contre la bruche chinoise

Les bruches sont des ravageurs principaux des graines. Face à l'ampleur de leurs dégâts, plusieurs techniques sont utilisées pour les éradiquer ou à moindre mesure maintenir leurs niveaux d'attaques à des seuils économiquement acceptables.

2.4.1. Lutte préventive

La lutte préventive doit être envisagée du début de la culture jusqu'à l'entreposage des graines, elle vise à réduire et à empêcher les infestations des gousses aux champs et les graines dans les stocks, elle inclut plusieurs moyens connus :

- Le choix de variétés résistantes (Pierrot, 1982).

- Le respect des rotations des cultures qui réduisent l'infestation (Simon et al, 1994), le sarclage des mauvaises herbes aux alentours des plantations, les jachères, les bicultures, ou plusieurs associations de plantes ;
- La séparation des graines saines de celles endommagées avant le stockage, pour réduire les risques de pertes lors de la conservation (Appert, 1992).
- Le maintien d'un taux d'humidité convenable aux graines, un taux de 13% évite la contamination par les bruches (Lepesme, 1994)
- La désinsectisation de l'emballage et des locaux de stockages qui doivent être hermétiquement fermés ainsi que la denrée destinée au stockage.

2.4.2. Lutte curative

La lutte curative fait appel à plusieurs méthodes, elle intervient une que l'infestation est présente :

2.4.2.1. Lutte physique

La lutte physique est l'élimination du ravageur par modification de leur environnement de manière à le rendre inaccessible pour l'insecte. Les températures de l'ordre de 45°C sont létales pour les insectes (Benayad, 2008). En outre, selon Balachowky (1966), la diminution de l'humidité des graines de fève après les avoir passé dans un four à une température comprise entre 55°C et 60°C, pendant 30 minutes, défavorise le développement de *bruchusrufimanussans* altérer le pouvoir germinatif des graines.

D'autre part, Serpeille (1991) a indiqué que le maintien des entrepôts à une température de 1°C pendant un mois, entraîne la mortalité des adultes. En effet, l'utilisation du froid est un bon moyen préventif de lutte car à 2°C le développement des insectes est temporairement arrêté.

2.4.2.2. Lutte chimique

La lutte contre les insectes durant le stockage repose essentiellement sur les traitements insecticides systématiques, ce qui pose de véritables problèmes de résidus, pollution de l'environnement, problème de santé humaine et des risques d'apparition de résistance chez ces nuisibles (Eigwuatu, 1987). Plusieurs générations de pesticides ont été utilisées contre les insectes ravageurs des denrées stockées. Ces produits appartiennent à différentes classes

chimiques. Parmi Les pyréthrinoides de synthèse (deltaméthrine, la perméthrine et la cyfluthrine) assurent une protection efficace du niébé pendant 6 à 7 mois de stockage (Seck et *al.*, 1991 ; Kellouche, 2005).

2.4.2.3. Lutte biologique

Les pesticides biologiques ou biopesticides sont très utilisés. En effet, ils restreignent ou éliminent l'utilisation des pesticides chimiques, sont moins toxiques que les pesticides chimiques, diminuent les risques de développer de la résistance, ont une plus grande spécificité d'action et sont efficaces à des quantités très faibles (Sellami et *al.*, 1999).

La lutte est aussi assurée en utilisant les poudres végétales et les huiles végétales, elle consiste à mélanger les semences de légumineuses à des huiles dans des proportions de 5ml/Kg. Le film d'huile enrobant les grains aurait un effet d'asphyxie des adultes et des œufs (Southgate, 1978).

Il y a aussi les huiles essentielles qui sont des produits du métabolisme secondaire des plantes, produites comme moyen de défense contre les agresseurs phytophages (Keita et *al.*, 2000). Ce sont des biopesticides d'origine végétale qui ont prouvé leur efficacité en laboratoire contre de nombreux ravageurs de denrées stockées (Kellouche et Soltani, 2004).

3. Les huiles essentielles

3.1. Définition des huiles essentielles

D'après l'Association Française de Normalisation (Afnor, Edition 2000), les huiles essentielles, essencesou également appelé huiles volatiles sont des produits obtenus soit à partir de matières premières naturelles par distillation à l'eau ou à la vapeur d'eau, soit à partir des fruits de Citrus par des procédés mécaniques et qui sont séparés de la phase aqueuse par des procédés physiques.

L'odeur et la volatilité des essences contribuent dans les interactions entre les végétaux également entre lesvégétaux et les animaux.Elles constituent un moyen de défense pour des plantes en exprimantune action répulsive contre les prédateurs. Elles peuvent également participer à l'attraction des insectes pollinisateurs.

3.2. Localisation des huiles essentielles dans la plante

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs, les plantes aromatiques sont capables d'élaborer les constituants qui composent ces huiles

essentielles, réparties dans un nombre limité de familles, ex : Myrtacées, Lauracées, Rutacées, Lamiacées, Astéracées, Apiacées, Cupressacées, Poacées, Zingibéracées, Pipéracées, etc.(Bruneton.,1999).

Tous les organes végétaux peuvent renfermer des huiles essentielles en particulier les sommités fleuries (Lavande, Menthe). Elles sont trouvées aussi dans certains organes présentés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Organes de certaines plantes riches en huiles essentielles (Garneau, 2005).

Organe	Exemple
Feuilles d'Angiospermes	Romarin, sauge, menthe
Feuille de Gymnospermes	Sapin, cèdre
Tiges	Citronnelle, lemongrass
Ecorces	Cannelier Angelica, vétiver
Rhizomes	Acorus, gingembre
Bulbes	Oignon, ail
Bois	Santal
Fruits	Bleuet, citron
Fleurs	Jasmin, rose.
Graines	Cumin

3.3. Propriétés physiques et chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des liquides à température ordinaire, d'odeur aromatique très prononcées, généralement incolores ou jaune pâle à l'exception de quelques huiles essentielles telles que l'huile de l'Achillée et l'huile de la Matricaire. Ces dernières se caractérisent par une coloration bleue à bleu verdâtre, due à la présence dans leur composition de l'azulène et du chamazulène (Abou Zeid, 2000).

Certaines huiles essentielles ont une densité inférieure à celle de l'eau et sont entraînable à la vapeur d'eau. Cependant, il existe, des exceptions telles que les huiles essentielles de Sassafras, de Girofle et de Cannelle dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Elles possèdent un indice de réfraction souvent élevé et sont douées de pouvoir rotatoire (Paris et Hurabeille, 1981 ; Duraffourd et *al.*, 1990 ; Salle et Pelletier, 1991)

Les huiles essentielles s'évaporent et se volatilisent à température ambiante. Elles sont très peu solubles dans l'eau à laquelle elles communiquent leurs odeurs, cette eau est alors dite « eau distillée florale ». Les huiles essentielles sont solubles dans les alcools, dans les huiles fixes et dans la plupart des solvants organiques (Paris et Hurabielle, 1981 ; Bruneton, 1999 ; Abou Zeid, 2000 ; Ghestem et *al.*, 2001). Les huiles essentielles s'oxydent facilement à la lumière et se résinifient en absorbant de l'oxygène, en même temps, leurs odeurs se modifient, leurs points d'ébullition augmentent et leurs solubilités diminuent. Elles absorbent le chlore, le brome et l'iode en dégageant de la chaleur (Duraffourd et *al.*, 1990).

Les huiles essentielles se caractérisent par une composition chimique très variable. Le nombre de composants isolés est de l'ordre des milliers et il en reste beaucoup à découvrir. Ces constituants appartiennent, de façon quasi exclusive, à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpénoïdes (les composés terpéniques) et le groupe des composés aromatiques dérivés du phenylpropane, beaucoup moins fréquents. Elles peuvent également renfermer divers produits issus du processus de dégradation mettant en jeu des constituants non volatils (Bruneton, 1999).

3.4. Les plantes aromatiques en Algérie

L'Algérie compte plus de 600 espèces de plantes aromatiques et médicinales. Malheureusement, ces ressources subissent des dégradations irréversibles, auxquelles on assiste aujourd'hui et ces dix dernières années des dizaines de plantes médicinales et aromatiques ont disparu (Benziane et Ismail, 2001).

4. Généralités sur le romarin

4.1. Origine du romarin

C'est une plante indigène poussant spontanément dans toute l'Algérie (Quezel et Santa, 1963). *Rosmarinus officinalis* est originaire du bassin méditerranéen, commun dans les maquis, les garrigues et les forêts claires, il est subspontané en plusieurs endroits privilégiant un sol calcaire, de faible altitude, ensoleillé et modérément sec. Le romarin se trouve dans toutes les contrées mondiales de l'Europe, plus particulièrement sur le pourtour méditerranéen, de préférence dans les lieux secs et arides, exposés au soleil, à l'état sauvage il se trouve sur des sols calcaires (Schauenberg et Paris, 1977)



Figure 8 : Romarin (Rosmarinus officinalis) (originale 2021).

4.2. Systématique

La classification systématique du romarin est la suivante (Quezel et Santa, 1963)

Règne : Végétal

Sous règne : Cormophytes

Embranchement : Spermaphytes

Sous Embranchement : Angiospermes

Classe : Eudicots

S. Classe : Gamopétales

Ordre : Lamiales

Famille Lamiacées

Genre espèce : *Rosmarinus officinalis* L.

Nom en français : Romarin

Nom localen arabe : Azir, IklilAljabal, lhalhal

4.3. Description botanique

Le romarin est un arbrisseau de la famille des Lamiacées, peut atteindre jusqu'à 1,5 mètre de hauteur, il est facilement reconnaissable en toute saison à ses feuilles persistantes sans pétiole, coriaces beaucoup plus longues que larges, aux bords légèrement enroulés, vert sombre luisant sur le dessus, blanchâtres en dessous. La floraison commence dès le mois de février (ou janvier parfois) et se poursuit jusqu'au avril – mai. La couleur des fleurs varie du bleu pâle au

violet (on trouve plus rarement la variété à fleurs blanches *Rosmarinus officinalis albiflorus*). Le calice velu à dents bordées de blanc, elles portent deux étamines ayant une petite dent vers leur base. Comme pour la plupart des Lamiacées, le fruit est un tetrakène (de couleur brune). C'est une plante odorante à tiges quadrangulaires, à feuilles opposées décussées sans stipules et fleurs réunies en cymes axillaires plus ou moins contractées sous forme de verticille (Messaili, 1995).

Les fleurs sont pentamères, en général hermaphrodites. Le calice est plus ou moins bilabié persistant. La corolle bilabiée, longuement tubuleuse, parfois à 4-5 lobes subégaux ou à une seule lèvre inférieure trilobée, la supérieure est bilobée. L'androcée est formé de 4 étamines, la cinquième étant très réduite, parfois 2 étamines et 2 staminodes. Le Gynécée forme 2 carpelles biovulés subdivisés chacun par une fausse cloison en 2 logettes uniovulées (Madadori, 1982).

4.4. Composition chimique d'huile essentielle du romarin

Tuberoso et *al.* (1998) ont reporté le fait que les monoterpènes constituaient 50 % de l'huile essentielle de romarin, spécialement l' α -pinène (>30%), camphène et limonène ; alcools \approx 7% et cétones \approx 10 %. Pintore et *al.* (2002) ont comparé les romarins de Sardaigne et de la Corse et ont pu identifier respectivement les chémotypes α -pinène, verbénone, et acétate de bornyle. Elmrani et *al.* (2000), étudièrent la chimiotaxonomie de l'huile essentielle du romarin marocain provenant de différentes régions. Ils définirent trois chémotypes : α -pinène (37 – 40 %), camphre (41 – 53 %), et 1,8-Cinéole (58 – 63 %). Ils étudièrent également l'influence du stade végétatif et l'espèce sur la composition de l'essence. Aucune différence n'a été enregistrée.

L'huile essentielle de romarin du Liban (Diab et *al.*, 2002) est caractérisée par le 1,8-Cinéole (\approx 20%), et l' α -pinène (\approx 18,8 – 38,5 %). Celle de l'Inde (Jaganmohan et *al.*, 1997) par le 1,8- Cinéole (30 %), et le camphre (\approx 30 %), tandis que celle provenant du Japon (Masatoshi et Hiroaki, 1997) est caractérisée par des teneurs élevées de 1,8-Cinéole (\approx 50 %) et de faibles teneurs en α -pinène et en camphre (\approx 10 %). En outre, le romarin récolté au Portugal (Serrano et *al.*, 2002) est riche en myrcène (25 %), en 1,8-Cinéole. Benhabiles et Aït Ammar (2001), étudièrent les essences de deux espèces de romarin provenant d'une région de l'Est Algérien. Ils trouvèrent deux chémotypes différents : *Rosmarinus eriocalyx* à type eucalyptol (1,8-Cinéole = 42,8 %) et *Rosmarinus officinalis* à type β -Caryophyllène (13,9 %), camphre (12,1 %) et bornéol (10,1 %). Tucker et Maciarello (1986), ont examiné les huiles essentielles de romarin (*Rosmarinus officinalis* L.), provenant de 23 cultivars. Ces auteurs ont montré que ces

cultivars dérivait de cinq variétés botaniques montrant de larges variations dans leur composante principale : α -Pinène (0,06 – 57,45 %), 1,8-Cinéole (3,55 – 42,69 %), Camphre (0,20 – 56,45 %), Acétate de bornyle (0,66 – 21,03 %) et Bornéol (0,40 – 14,69 %). Les essences ont alors été regroupées dans six groupes chimiques (chémotypes) :

α -Pinène > 1,8-Cinéole, 1,8-Cinéole > α -Pinène, α -Pinène > Camphre + Camphène > 1,8-Cinéole, Camphre + Camphène > α -Pinène > 1,8-Cinéole, Camphre + Camphène > 1,8-Cinéole > α -Pinène, Bornéol + Acétate de bornyle > Camphre.

5. Généralités sur l'eucalyptus

5.1. Origine et historique

Près de 600 espèces sont connues dans le monde (Foudil-Cherif, 1991). L'Eucalyptus est originaire d'Australie et de ses îles voisines, il a été introduit à Madagascar entre 1857 et 1889 par divers acteurs de différents pays. C'est sous l'initiative du Général Gallieni entre 1896 et 1905 que le développement des plantations d'Eucalyptus avait effectivement démarré, aux alentours d'Antananarivo. Il avait développé une politique de reboisement des Hautes-Terres pour faire face à la demande en bois générée par la construction et l'exploitation du chemin de fer entre Antananarivo et Toamasina (Bouvet et *al.*, 2011).

Son introduction en Algérie date de 1863 (Abderahim, 1983). La plantation massive de ces arbres ne se fera qu'à partir de 1950. Grâce à leur facilité d'adaptation, les espèces *E. globulus*, *E. camaldulensis* et *E. gomphocephala*, sont les plus répandues dans la région méditerranéenne (Metro, 1970).



Figure 9 : *Eucalyptus* (*Eucalyptus globulus*) (originale 2021).

5.2. Systématique du genre *Eucalyptus*

Le mot *Eucalyptus* vient de deux mots grecs eu « vrai » et kaluptos « couvert ». Ce nom a été décrit et baptisé par le botaniste français L'heritier en 1788. Selon Cronquist (1981), la position systématique de l'eucalyptus est la suivante :

Règne : Plantae

Embranchement : Phanerogames

Sous Embranchement : Angiospermes

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Myrtales

Famille : Myrtaceae

Genre : *Eucalyptus*

Espèce : *Eucalyptus globulus* L.

5.3. Description botanique

Généralement les *Eucalyptus* sont de grands arbres dont certaines espèces peuvent atteindre 100 mètres de hauteur, a tronc lisse comprend une écorce a base foncée et rugueuse et en hauteur lisse et gris cendré laissant s'exfolier son épiderme en longs lambeaux souples et odorants, il possède également des lenticelles gorgées de gomme balsamique (Paris Moyse, 1958 ; Mrburg, 1999 ; Becker, 1983 ; Girre, 2001). Les rameaux jeunes sont des tiges quadrangulaires aillées, elles sont pruiteuse a leurs surfaces, ses rameaux adultes sont des tiges cylindriques, leur surface est dépourvue de pruine. (Ghdirat, 2008 ; Marie, 2007).

Les feuilles sont de deux sortes :

- Les feuilles jeunes qui proviennent des jeunes plants. Elles sont opposées, sessiles, embrassantes, ovales à oblongue, cordés à la base (Girre, 2001 ; Marie, 2007). Elles mesurent de 10 à 15cm de long et de 4 à 8cm de large (Boullard, 2001).
- Les feuilles adultes qui proviennent des rameaux plus âgés. Elles sont alternes, pendantes, coriacées, courtement pétiolées. Elles font de 16 à 25cm de long et de 2 5cm de large (Bruneton, 1999 ; Marie Claude, 2006).

Les fleurs sont souvent solitaires, par 3 ou 7 en ombelles mellifères (Ghdirat,2008). Elles ont une forme quadrangulaire dont les quatre arêtes saillantes correspondent aux sépales. Le couvercleformé de 4 pétales, se détache à l'anthèse, laissant apparaitre de nombreuses

étamines à long filet blanchâtre et disposées en bouquets (Quezel, 1963 ; Marie Claude, 2006 ; Delille, 2007).

L'ovaire est infère à 4 loges multiovulées et donne à maturité une capsule ligneuse en pyramide quadrangulaire renversée déhiscente au sommet (Delille, 2007 ; Marie Claude, 2006).

Le fruit est bleu prumineux de 1 à 1.5 cm de long et de 1.5 à 3 cm de large, aplati au sommet et parcouru de quatre sillons, se prolongeant dans les pédoncules (Quezel, 1963 ; Rushforth, 2006).

5.4. Composition chimique de l'huile d'eucalyptus

L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* est inscrite à la Pharmacopée Européenne. D'après celle-ci, elle contient :

- α -pinène : 0,05 à 10 %
- β -pinène : 0,05 à 1,5 %
- sabinène : au maximum 0,3%
- α -phellandrène : 0,05 à 1,5%
- limonène : 0,05 à 15%
- 1,8-cinéole : au minimum 70%
- camphre : au maximum 0,1%.
- Flavonoïdes (des hétérosides de flavone)
- les aglycones suivants : quercétine, myricétine, kaempférol et rutine).
- Tanins.

1. Matériel

1.1. Matériel de laboratoire

Dans le but de réaliser nos expériences en condition de laboratoire, il est nécessaire d'utiliser le matériel suivant :

- Une étuve réglée à une température de 28°C et à une humidité relative de 70±5 %, qui sont les conditions propices qui permettent d'assurer un développement rapide des bruches ;
- Une loupe binoculaire pour pouvoir observer aux deux grossissements ×10 et × 40 les insectes pour reconnaître les deux sexes et observer les différents stades de développement ;
- Des boîtes en plastiques hermétiques pour les élevages de masse de l'insecte ;
- Des boîtes de Pétri en plastique de 9cm de diamètre pour réaliser les tests de répulsion des huiles essentielles ;
- Des bocaux en verre et du fil pour réaliser les tests de toxicité par inhalation des huiles essentielles ;
- Une pipette graduée (2ml de volume) ;
- Une micropipette pour évaluer les différentes doses d'huile essentielle (0,5-10µl de volume) ;
- Du papier filtre et des étiquettes....



Etuve



Loupe binoculaire



Boîte en plastique

**Boite de pétri****bocal en ver****papier filtre****Micropipette****pipette 2ml**

1.2. Matériel biologique

1.2.1. Graines de pois chiche

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

1.2.2. Bruches

La souche d'origine de la bruche chinoise utilisée est issue d'un entrepôt de stockage local sur des graines de fève de la variété Séville. Les bruches soumises aux différents tests sont au stade adulte âgé de 0 à 24h, multipliées à partir des élevages de masse réalisés au niveau du laboratoire d'entomologie de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

1.2.3. Huiles essentielles utilisées

Les huiles essentielles testées durant cette étude proviennent du marché local. Ce sont des huiles du romarin et de l'*Eucalyptus globulus* extraites par hydrodistillation à partir des feuilles, récoltées en Algérie.

2. Méthodes

2.1. Elevage de masse

L'élevage de masse de *C. chinensis* est réalisé dans des boîtes en plastiques (1L de volume) contenant des graines de pois chiche saines auxquelles des graines de pois chiche déjà infestées sont ajoutées et un nombre indéterminé d'adultes mâles et femelles nouvellement émergés. La figure ci-dessous représente cet élevage.

Les boîtes sont maintenues à l'obscurité dans une étuve réglée à une température de $30\pm 1^{\circ}\text{C}$ et à une humidité relative de $70\pm 5\%$.

Le but de cet élevage est de produire suffisamment d'individus adultes âgés entre 0 à 24h, nécessaires pour conduire les tests de toxicité des huiles essentielles.



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

2.2. Bioactivité des huiles essentielles du romarin et l'eucalyptus sur les adultes de *C. chinensis*

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

2.2.1. Test par inhalation

Dans ce test on va étudier l'effet insecticide des huiles essentielles par inhalation avec différentes doses soit 1, 2, 3, 4 et 5 μl d'huile essentielle sur les adultes de *C. chinensis* âgés de 0 à 24h.

Il est réalisé dans des bocaux en verre de 125ml de volume fermé hermétiquement. Des disques de papier filtre de 2,5cm de diamètre sont suspendus à la face interne du couvercle, et imprégnés d'une dose d'huile essentielle (1, 2, 3, 4, 5 μl). Dans chaque bocal, vingt (20) adultes sont introduits. Parallèlement un témoin non traité sur le disque est réalisé. Quatre répétitions sont réalisées pour chaque dose et pour le témoin (Fig...). Nous avons procédé au

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

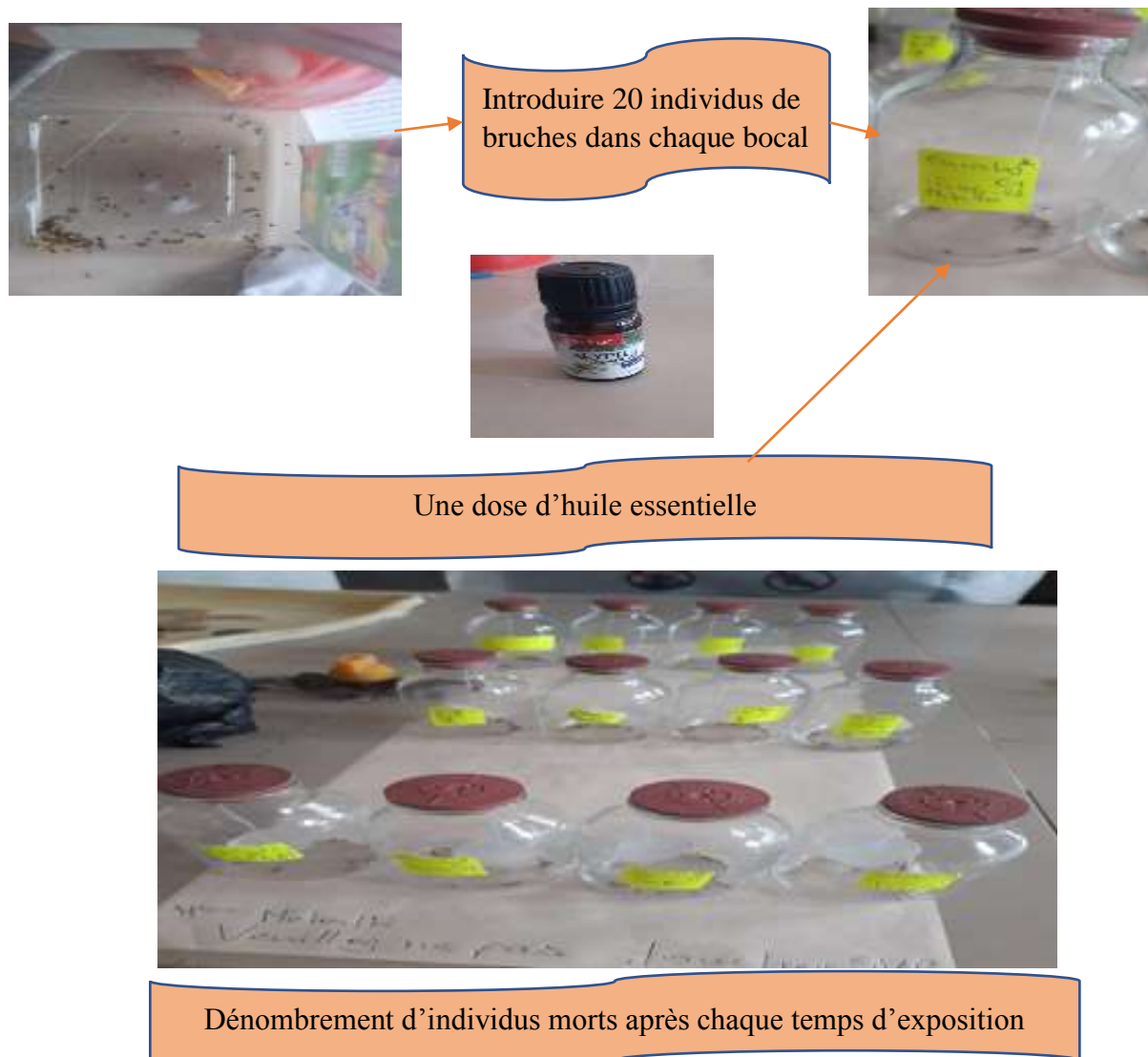


Figure 11. Dispositif expérimental du test par inhalation sur les adultes de *C. chinensis* traités à l'huile essentielle du romarin et de l'eucalyptus (Originale, 2021).

2.3. Test de répulsion

L'effet répulsif des deux huiles essentielles sur les adultes *C. chinensis* âgés de 0 à 24h est étudiée en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre.

Elle consiste à découper en deux moitiés égales des disques de papier filtre de 9 cm de diamètre ; une moitié ne reçoit pas d'huile essentielle (témoin) et l'autre moitié reçoit une dose des huiles essentielles étudiées (1, 2, 3,4 et 5 μ l).

Les disques sont reconstitués à l'aide d'une bande adhésive puis placés dans des boîtes de Pétri en plastique de 9cm de diamètre.

Un total de 20 adultes de *C. chinensis*, âgés de 0 à 24h sont introduits au centre de la boîte de Pétri refermée aussitôt. Quatre répétitions sont réalisées pour chaque dose. Après 30 minutes de traitement, nous procédons au dénombrement des individus dans chacune des parties traitées et non traitées par l'huile essentielle.



Verser une dose d'huile essentielle
sur une seule moitié du disque.



Compter le nombre d'individus présents sur la partie traitée et sur celle non
traitée après 30 minutes de traitement

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

Le pourcentage de répulsion est calculé comme suit :

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

NC : le nombre d'insectes présents sur la partie de disque non traité.

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

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

Tableau 3 : Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et *al.* (1970)

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

Dans le but d'évaluer le degré de toxicité des huiles essentielles du romarin et de l'eucalyptus commune par inhalation après 96h d'exposition, nous avons procédé au calcul de

3. Analyse statistique

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

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

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

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

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

1. Résultats

1.1. Activité insecticide des huiles essentielles par inhalation

1.1.1. Huile essentielle d'eucalyptus

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

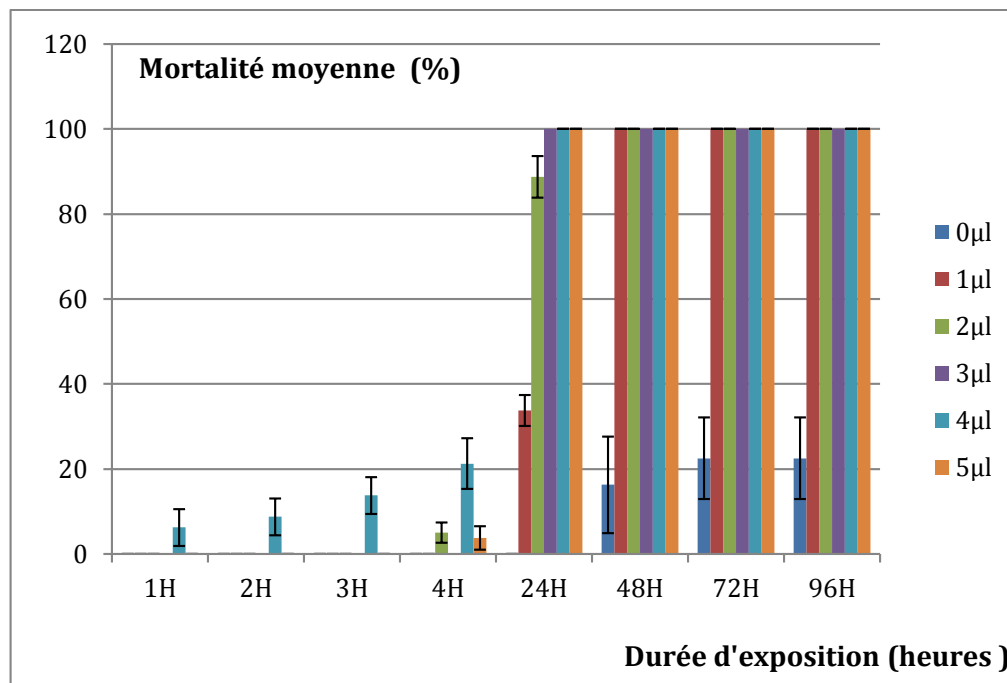


Figure13. Taux de mortalité (%) des adultes de *Callosobruchus chinensis* traités par inhalation avec l'huile essentielle d'eucalyptus en fonction des doses et de la durée d'exposition.

Au bout de 3 heures d'exposition, l'effet de l'huile essentielle d'eucalyptus est faible; en effet, nous avons enregistré un taux de mortalité nul chez les individus de *C. chinensis* traités avec l'huile essentielle d'eucalyptus aux doses de 1µl, 2µl et 3µl ; c'est à la dose 4µl que nous avons constaté un taux de mortalité moyen de 6.25% après une heure d'exposition.

Après 4 heures, nous avons enregistré un taux de mortalité de 3.75% chez les individus de *C. chinensis* traités à la dose 5µl.

Ces taux augmentent progressivement pour atteindre la valeur maximale de 100% dès la dose 3µl après 24h d'exposition.

Concernant le facteur dose, l'analyse de la variance à deux critères de classification au seuil de signification de 5%, montre des différences très hautement significatives ($P=0.0002$) entre les différentes doses testées (Tableau 4). Le test de Newman et Keuls a réparti les 5 doses dans un même groupe A : la dose 4 μ l (56,25%) ,5 μ l (50,469%), 3 μ l(50%), 2 μ l (49,219),1 μ l (41,719%) ,et la dose 0 avec une moyenne de 7,656% dans un autre groupe B (Tableau5).

Pour le facteur temps, l'analyse de la variance à deux critères de classification au seuil de signification de 5%, montre des différences très hautement significatives ($P=0$) entre les différents intervalles de temps (Tableau 4). La comparaison des moyennes par le test de Newman et Keuls classe ces intervalles de temps en 2 groupes homogènes A et B. Les intervalles 1h, 2h, 3h et 4h sont représentés dans le groupe homogène B avec des moyennes allant de 1% à 5%. Puis les intervalles 24h ,48h ,72h, 96h sont représentés dans le groupe homogène A avec des moyennes allant de70, 417% à 87, 083%(.tableau 6)

Tableau 4: Résultats de l'analyse de la variance à 2 critères de classification dose et temps d'expositions pour l'effet insecticide par inhalation de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.	
Var.Totale	104174,9	47	2216,487					
Var. Dose	12549,09	5	2509,817	6,672	0,0002			
Var. Temps	78460,28	7	11208,61	29,798	0			
Var. Résiduelle	13165,5	35	376,157			19,395	45,58%	

Tableau 5 : Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% comparant l'effet des 5 doses de l'huile essentielle d'eucalyptus testée par inhalation sur les adultes de *C. chinensis*.

Dose	Libellés	Moyennes	Groupes Homogènes	
5.0	4 μ L	56,25	A	
6.0	5 μ L	50,469	A	
4.0	3 μ L	50	A	
3.0	2 μ L	49,219	A	
2.0	1 μ L	41,719	A	
1.0	0 μ L	7,656		B

Tableau 6 : Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% comparant l'effet des 8 durées d'exposition à l'huile essentielle d'eucalyptus testée par inhalation sur les adultes de *C. chinensis*.

Temps	Libellés	Moyennes	Groupes Homogènes	
7.0	96h	87,083	A	
8.0	72h	87,083	A	
6.0	48h	86,042	A	
5.0	24h	70,417	A	
4.0	4h	5		B
3.0	3h	2,292		B
2.0	2h	1,458		B
1.0	1h	1,042		B

1.2 Huile essentielle de romarin

Les résultats de l'activité insecticide par inhalation de l'huile essentielle de romarin sur les adultes de *C. chinensis* sont représentés dans la figure suivante :

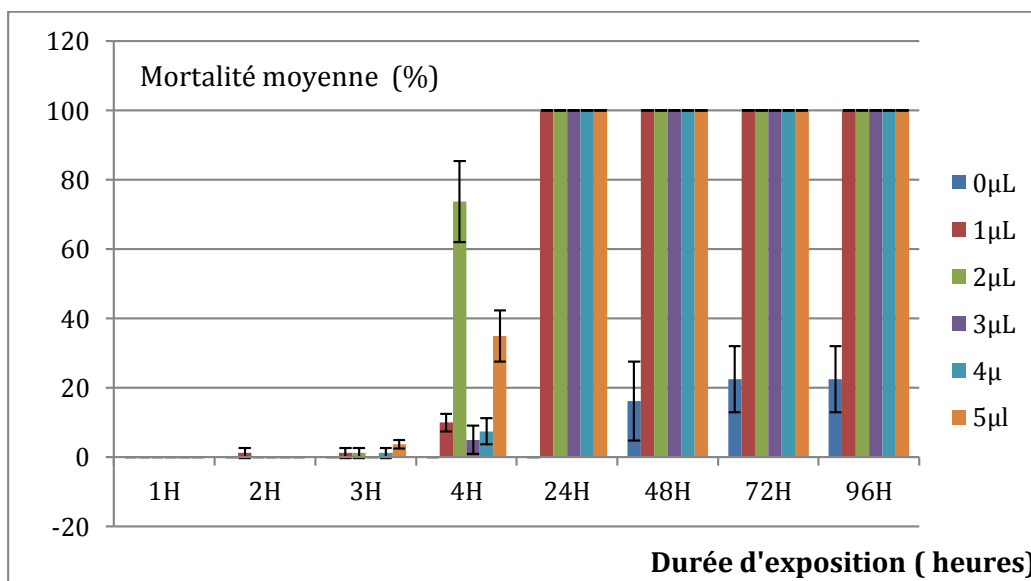


Figure 14. Mortalité (en %) des adultes des chinensis traité par inhalation par l'huile essentielle de romarin en fonction des doses et de la durée d'expositions.

D'après ces résultats, nous remarquons que 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 romarin utilisée par inhalation.

Dès 3 heures d'exposition, l'effet d'huile essentielle est visible sur les bruches, mais il reste faible ; celui-ci augmente après 4 heures d'exposition pour enregistrer un maximum de mortalité à la dose de 2 μ L. A partir de 24 heures d'exposition, une mortalité totale des individus est enregistrée pour toutes les doses.

Concernant le facteur dose, l'analyse de la variance à deux critères de classification au seuil de signification de 5%, montre des différences très hautement significatives ($P=0.00009$) entre les différentes doses testées (Tableau 7). Le test de Newman et Keuls a réparti 5 dose dans un même groupe A : la dose 2 μ l avec une moyenne de 59,375% d, suivie de la dose 5 μ l dont la moyenne est de 54,844%, en suite la dose 1 μ l avec une moyenne de 51,563% et enfin les deux doses 4 μ l et 3 μ l avec des moyennes respectives de 51,09% et 50,62% ,et la dose 0 avec une moyenne de 7,656% dans un autre groupe B (Tableau 8).

Pour le facteur temps, l'analyse de la variance à deux critères de classification au seuil de signification de 5%, montre des différences très hautement significatives ($P=0$) entre les différents intervalles de temps (Tableau 7). La comparaison des moyennes par le test de Newman et Keuls classe ces intervalles de temps en 2 groupes homogènes A et B.

Les intervalles 1h, 2h, 3h et 4h sont représentés dans le groupe homogène B avec des moyennes allant de 0% à 21,875% puis les intervalles 24h ,48h ,72h et 96h sont représentés dans le groupe homogène A avec des moyennes allant de 83, 33% à 87,08%(tableau 9)

Tableau 7: Résultats de l'analyse de la variance à 2 critères de classification dose et temps d'exposition pour l'effet insecticide par inhalation pour l'huile essentielle de romarin.

	S.C.E	Ddl	C.M.	Test F	Proba	E.T.	C.V.
Var.Totale	107194,2	47	2280,728				
Var. Dose	14444,02	5	2888,803	7,364	0,00009		
Var. Temps	79020,52	7	11288,65	28,777	0		
Var. Résiduelle	13729,68	35	392,277			19,806	43,19%

Tableau 8 : Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% comparant l'effet des 5 doses de l'huile essentielle de romarin testée par inhalation sur les adultes de *C. chinensis*.

Dose	Libellés	Moyennes	Groupes Homogènes	
3.0	2 μ L	59,375	A	
6.0	5 μ L	54,844	A	
2.0	1 μ L	51,563	A	
5.0	4 μ L	51,094	A	
4.0	3 μ L	50,625	A	
1.0	0 μ L	7,656		B

Tableau 9: Résultats du test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% comparant l'effet des 8 durées d'exposition à l'huile essentielle de romarin testée par inhalation sur les adultes de *C. chinensis*.

Temps	Libellès	Moyennes	Groupes Homogènes	
7.0	96h	87,083	A	
8.0	72h	87,083	A	
6.0	48h	86,042	A	
5.0	24h	83,333	A	
4.0	4h	21,875		B
3.0	3h	1,25		B
2.0	2h	0,208		B
1.0	1h	0		B

D'après l'analyse descriptive des résultats obtenus, l'huile essentielle de romarin semble être plus efficace par inhalation que l'huile essentielle de l'eucalyptus car elle provoque la mort des individus dès 4 heures d'exposition. Cependant, l'analyse de la variance à 3 critères de classification n'a pas révélé de différence significative pour le facteur huile ($P = 0.101$) (Tableau 10).

Tableau 10: Résultats de l'analyse de la variance à 3 critères de classification dose, huile et temps d'exposition pour l'effet insecticide par inhalation pour l'huile essentielle de romarin et l'eucalyptus.

	S.C.E	Ddl	C.M.	Test F	Proba	E.T.	C.V.
Var. Totale	211631,6	95	2227,701				
Var. huile	262,531	1	262,531	2,765	0,10148		
Var. dose	26270,97	5	5254,194	55,331	0		
Var. temps	156377,3	7	22339,62	235,256	0		
Var. Inter F1*2	722,141	5	144,428	1,521	0,20776		
Var. Inter F1*3	1103,484	7	157,641	1,66	0,15076		
Var. Inter F2*3	23571,61	35	673,475	7,092	0		
Var. Résiduelle	3323,563	35	94,959			9,745	22,04%

2. Activité des huiles essentielles par répulsion

2.1. Huile essentielle d'eucalyptus

L'évaluation de l'effet répulsif de l'huile essentielle d'eucalyptus à l'égard des adultes de *C. chinensis* après 30 minutes d'exposition aux différentes doses (1 μ L, 2 μ L, 3 μ L, 4 μ L et 5 μ L), est représentée dans la figure 16

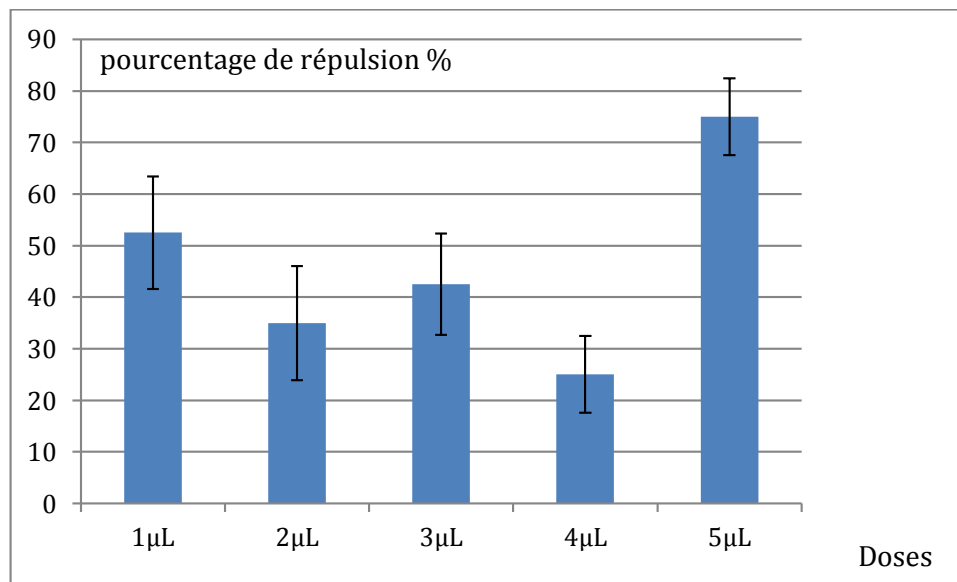


Figure15 : Taux moyens de répulsion de l'huile essentielle d'eucalyptus à l'égard des adultes *C. chinensis* après 30 minutes d'exposition aux différentes doses (1 μ L, 2 μ L, 3 μ L, 4 μ L et 5 μ L).

Nous constatons que les taux de répulsion de l'huile essentielle d'eucalyptus à l'égard des adultes de *C. chinensis* varient selon les doses ; il est de 25% à la dose de 4 μ l, il augmente graduellement pour enregistrer une valeur maximale de 75% à la dose de 5 μ l.

Selon le classement de Mc Donald et *al.* (1970), l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* est modérément répulsive et appartient à la classe III avec un taux de répulsion moyen de 46% (Tableau 11).

Tableau 11 : Le nombre d'individus de *C. chinensis* présents dans la partie traitée et non traitée avec l'huile d'eucalyptus par répulsion et classement selon Mc Donald et *al.* (1970).

Huile essentielle d eucalyptus				
Moyenne d individu présents dans		Partie traitée	Non traitée	Pourcentage de répulsion
Doses	1	4,75	14	52,5%
	2	6,5	13,5	35%
	3	5,75	14 ,25	42.5%
	4	7	13	25%
	5	2,5	17,5	75%
Taux moyen de répulsion	46%			
Classe	Classe III			
Effet	Modérément répulsive			

2.2. Huile essentielle de romarin

L'évaluation de l'effet répulsif de l'huile essentielle de romarin à l'égard des adultes de *C. chinensis* après 30 minutes d'exposition aux différentes doses (1 μ l, 2 μ l, 3 μ l, 4 μ l et 5 μ l), est représentée dans la figure 17.

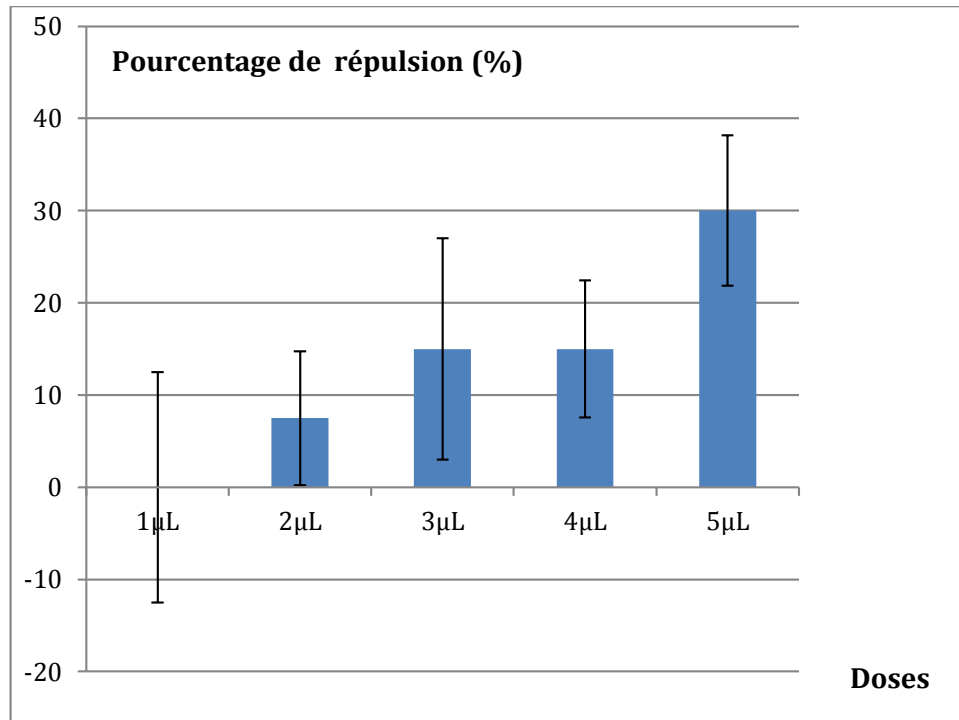


Figure 16: Taux moyens de répulsion de l'huile essentielle de romarin à l'égard des adultes *C. chinensis* après 30 minutes d'exposition aux différentes doses (1µl, 2µl, 3µl, 4µl et 5µl).

Nous constatons que les taux de répulsion de l'huile essentielle de romarin à l'égard des adultes de *C. chinensis* varient selon les doses ; il est de 0% à la dose de 1µl, il augmente graduellement pour enregistrer une valeur maximale de 30% à la dose de 5µl.

Selon le classement de Mc Donald et *al.* (1970), l'huile essentielle de romarin officinal est faiblement répulsive et appartient à la classe I avec un taux de répulsion moyen de 16,5% (Tab 11.)

Tableau 12 : Le nombre d'individus de *C. chinensis* présents dans la partie traitée et non traitée avec l'huile de romarin par répulsion et classement selon Mc Donald et *al.* (1970).

Huile essentielle de romarin					
Moyenne d'individus présents dans		Partie traitée	Partie non traitée	Pourcentage de répulsion	
Dose	1	8,5	11,5	15%	
	2	9,25	10,75	7,5%	
	3	9	11	15%	
	4	8,5	11,5	15%	
	5	7	13	30%	
Taux moyen de répulsion	16,5%				
Classe	Classe I				
Effet	Très faiblement répulsif				

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 d'*Eucalyptus globulus* et l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*.

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

Les résultats obtenus montrent nettement que les deux huiles essentielles présentent un effet insecticide par inhalation et insectifuge vis-à-vis de la bruche chinoise au fur et à mesure que la dose et le temps d'exposition augmentent.

Les résultats que nous avons obtenus semblent similaires avec d'autres résultats enregistrés précédemment avec différents bio-pesticides extraits par différentes techniques et sur différents ravageurs. Des traitements par fumigation, à base de l'huile essentielle de *R. officinalis*, effectués sur le charançon du riz *Sitophilus oryzae* (Rozman et *al.*, 2006), ont révélé une activité

insecticide qui a induit une mortalité de 100% de la population traitée après 24 h d'exposition à une dose basse de 0,1 µl/720 ml.

D'autres résultats ont été trouvés par Zoubiri et Baaliouamer (2001), où les mortalités causées par l'huile essentielle de *R. officinalis* suite à un traitement par fumigation sur les adultes du charançon du blé *Sitophilus granarius*, sont de 50% à la dose de 5 µl/l après 120 h de fumigation et 100% à la dose de 500 µl/l après 24 h d'exposition.

Une étude a montré que sur le petit ver de la farine *Tribolium confusum*, les huiles essentielles du Thym et de la Menthe verte ont provoqué 100% de mortalité, par la suite viennent se positionner les huiles essentielles de Romarin avec un taux de 97,37%, de l'Eucalyptus 72,63%, et enfin de la Citronnelle avec 52,26% (Benazzeddine, 2010).

Nos résultats s'alignent avec ceux obtenus par Zahout (2011) et Kellouche (2006) qui ont montré que l'huile essentielle de l'eucalyptus provoque une mortalité de 89% chez *T. confusum* après 96 heures d'exposition par contre l'huile essentielle de l'origan a une faible activité avec une mortalité de 18% chez *T. confusum*, pour l'huile essentielle de romarin le taux de mortalité enregistré est de 65%.

Regnault-Roger et Hamraoui (1994) ont testé l'efficacité des huiles essentielles extraites de vingt-quatre plantes aromatiques appartenant à plusieurs familles sur la bruche du haricot *A. obtectus*. Les résultats ont montré que les huiles de sept plantes de la famille des Lamiacées (*Thymus serpyllum*, *Origanum vulgare*, *Satureia hortensis*, *Lavandula angustifolia*, *Rosmarinus officinalis*, *Origanum majorana*, *Ocimum basilicum*) et *Petroselinum sativum* de la famille des Apiacées sont les plus toxiques provoquant une mortalité de 100% après 1-4 jours d'exposition ; et à faible dose soit 10^{-2} µl/cm³, *Thymus vulgaris* et *Salvia officinalis* (Lamiacées), *Laurus nobilis* et *Cinnamomum verum* (Lauracées) provoquent une mortalité de 100% après 2-6 jours d'exposition, à la dose de $5 \cdot 10^{-2}$ µL/cm³.

L'activité répulsive des deux huiles essentielles testées à l'égard des adultes de *C. chinensis* augmente au fur et à mesure que les concentrations de l'huile essentielle augmentent variant de 35% à 75% pour l'huile essentielle d'eucalyptus dont le taux moyen de répulsion est de 46%, et de 7,5% à 30% pour l'huile essentielle de romarin avec un taux moyen de répulsion de 16,5%.

Nos résultats ne s'accordent pas avec ceux de Kumar et al. (2009) qui ont observé un taux de répulsion de l'huile essentielle de *Mentha longifolia* (Lamiacées) plus élevé de 85% contre les adultes de la bruche chinoise.

Nos résultats diffèrent aussi de ceux obtenus par Taib (2015) qui a observé un taux de répulsion considérable de l'huile essentielle de *R. officinalis* à l'égard d'une bruche voisine *A. obtectus*, il est de 95% à la dose de 8 μ L, après une demi- heure d'exposition.

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.

En effet, Hasni et Zeghba (2017) ont montré que l'huile essentielle de *R. officinalis* a occasionné respectivement 33.36%, 60%, 70% et 86.69 % de répulsion vis-à-vis des adultes de *Rhyzopertha dominica*. Ceci montre clairement que le pourcentage de répulsion augmente en fonction de la dose (1, 2, 3 et 4 μ l), l'effet le plus remarquable est enregistré avec la dose 4 μ l.

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

Globalement, il ressort de notre travail que l'huile essentielle de romarin s'est montrée la plus efficace par inhalation causant la mort des adultes de *C. chinensis* après une exposition de 24h, à toutes les doses. Cependant, c'est l'huile essentielle d'eucalyptus qui a montré l'effet le plus répulsif comparé à celui du romarin.

Notre travail constitue une contribution à l'étude d'un insecte ravageur de légumineuses vivrières, la 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 le romarin et l'*Eucalyptus globulus*. En effet, deux tests ont été réalisés sur des individus adultes, un premier test par inhalation et un autre par répulsion, révélant chacun les propriétés insecticides et insectifuges exercées par ces deux huiles essentielles sur la bruche chinoise.

Nous avons pu constater que les moyennes de mortalité par inhalation augmentent avec l'augmentation de la dose et de la durée d'exposition pour les deux huiles. Une mortalité maximale de 75% des individus de *C. chinensis* soumis au traitement de huile essentielle de l'eucalyptus par inhalation, est enregistrée dès la dose de 2 μ l et au bout de 24h d'exposition. Une mortalité de 100% est observée à partir de la dose de 3 μ l après 24h. Pour l'huile essentielle de romarin, une mortalité de 100% est enregistrée dès la dose de 1 μ l après 24h d'exposition.

Selon le classement de Mc Donald et *al.*, (1970), l'huile essentielle d'eucalyptus est modérément répulsive avec un taux de répulsion moyen de 46%, tandis que l'huile essentielle de romarin est faiblement répulsive avec un taux de répulsion moyen de 16,5%.

Notons que l'huile essentielle de romarin s'est révélée avoir un effet insecticide plus rapide, et un effet répulsif moins important que l'eucalyptus.

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

Plusieurs perspectives de recherche peuvent être dégagées de notre travail, telles que l'extraction des huiles essentielles à partir de plantes aromatiques locales, l'étude et l'identification de leurs principes actifs. Il serait également intéressant d'évaluer l'activité insecticide des composés majeurs des huiles essentielles sur la bruche chinoise et leurs effets antagonistes.

Le développement de bio-insecticides extraits de plantes s'inscrit dans le cadre de l'agriculture et du développement durable. L'Algérie recèle une flore abondante et diversifiée susceptible de fournir de nouvelles solutions pour la protection des ressources alimentaires contre les ravageurs.

Références bibliographiques

1. **Abderahim 1983.** Comportement des trois espèces d'Eucalyptus introduite à Bainem. Thèse d'étude (D.E.S).U.S.T.H.B. Alger. 87p.
2. **Afnor, 2000 :** Huiles essentielles. Ed. PARA Graphic. Tome1 – Echantillonnage et méthode d'analyse 471 P. Tome 2 – Volume 1 Monographie relative aux huiles essentielles 323 P. Tome 2 – Volume 2 Monographie relative aux huiles essentielles 663 P
3. **Agriculture et Agroalimentaire .AAC. 2004.** Canada Pois chiche : Situation et perspectives. Le bulletin bimensuel, 17(15) ; 4 p
4. **Ahmad F., Gaur P.M., Slinkard A.E., 1992.** Isoenzym polymorphism and phylogenetic interpretations in the genus Cicer L. Theoretical Applied Genetics. 83: 620- 627.
5. **Ahmad F., Slinkard A.E., Scoles G.J., 1988.** Investigations into the barrier to interspecific hybridization between Cicer arietinum L. and eight other annual Cicer species. Plant Breeding, 100: 193–198.
6. **Appert J., 1992-** Le stockage des produits vivriers et semenciers. Ed Maisonneuve et Larose, Paris, 129 p.
7. **Aubert. C, 1992.** Fabuleuses légumineuses avec 140 recettes traditionnelles. Edition Terre vivante. Paris. N p 251. P 104-105.
8. **Babar BM, Shah T M, Abbas G., Ahsanul haq M. 2009.** Genotype X environment interaction for seed yield in Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes developed through mutation breeding. Pakistan Journal of Botany. 4:1883-1890.
9. **Balachowsky A.S. 1962.** Entomologie appliquée l'agriculture. Ed. Masson, Paris, pp 448-449
10. **Balachowsky, A.S., 1966.** Entomologie appliquée à l'agriculture Tome II, Vol. I, pp. 563-578. Mason et Cie, Paris, France.
11. **Baumgartner A., 1998.** Le pois chiche : la viande des pauvres. Tabula, 3 : 16–19.
12. **Becker, M., Timbal, J., (1983).** Les arbres, Ed, Masson, Paris, 141p.
13. **Bejiga G., Vander Maesen L. J. G., 2006.** *Cicer arietinum* L. PROTA <https://www.prota4u.org/database/protav8.asp?g=pe&p=Cicer+arietinum+L..>
14. **Belaiche P. (1979).** Traité de phytothérapie et d'aromathérapie. Tome 1 : l'aromatogramme. Éd. Maloine.Paris.

15. **Ben Mbarek K., 2011.** Comportement du pois chiche (*Cicer arietinum L.*) du type kabuli vis-à-vis du stress hydrique et identification de génotypes tolérants la sécheresse. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. Université de Sousse Chott-Mariem, Tunisie ; 247p.
16. **Benayad, N., 2008.** Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Université Mohammed V – Agdal. Rabat, 63p.
17. **Benazzeddine S. 2010.** Effet insecticide de cinq huiles essentielles vis- à - vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera; Curculionidae) et *Tribolium confusum* (Coleoptera; Curculionidae). Ecole nationale supérieure agronomique El- Harrach d'Alger, Mémoire Online.
18. **Ben-ziane A. & Ismail Y. (2001).** Contribution à l'étude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Djelfa : Activité antibactérienne des huiles essentielles des feuilles de *Pistacia atlantica* Desf., from
19. **Berger J., Abbo S., Turner N.C., 2003.** Ecogeography of annual wild Cicer species: The poor state of the world collection. In: Plant Genetic Resources. Crop Sci. 43, 1076-1090.
20. **Bistolfi R., Mardam-Bey F., 1998.** Traité de pois chiche. Erles France : Actes du Sud. 226p.
21. **Bonne maison L. 1962.** Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forets. Tome 2, pp129-132
22. **Boullard, B., (2001).** Dictionnaire : plantes médicinales du monde, réalité et croyances. Ed, ESTEM, Paris, 636p.
23. **Boutaleb J., 2010.**synthese des resultats de recherche sur l'utilisation de quelque biopesticide d'origine vegetale sur les cultures d'importance economique au Maroc.Proceeding septieme Congres de l'association Marocaine de protection des plantes. Rabat,Maroc Proceeding au septieme congrez de l'association marocaine de protection des plantes .Rabat. Maroc.Pp.377-389.
24. **Bouvet J.M., Danthu P., Montagne P., Rabevohitra R., Randrianjafy H., Tassin J., Verhaegen D. (2011)** Historique de l'introduction du genre Eucalyptus à Madagascar ; in Bois et Forêts des tropiques ; n°309 ; 17-25p.

25. **Bouvet J-M., (2013).** L'eucalyptus une essence majeure pour le reboisement à Madagascar ; Université d'Antananarivo ; 18-19 Juin 2013 ; CIRAD ; Madagascar ; [en ligne] ; cité le 12/05/2014 sur http://www.google.mg/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&cad=rja&uact=8&ved=0CFsQFjAG&url=http%3A%2F%2Fwww.foretsbiodiv.org%2Fcontent%2Fdownload%2F4326%2F32221%2Fversion%2F1%2Ffile%2F12.%2BEucalyptus%2Bdans%2Ble%2Bmonde.pdf&ei=CmtwU7yHJcGsPKDXgMAH&usg=AFQjCNEJ6901vob1o2IJvSqvrkSTUP_fdA&bvm=bv.66330100,d.ZWU
26. **Braun Ph., Planquaert Ph. Et Wery J., 1988.** Le pois chiche : Utilisation. Ed. ITCF, Montpellier, France; 11 p.
27. **Bruneton J. (1999).** Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales. 3ème Ed Tec&Doc. Paris.
28. **Bruneton, J., (1999).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 3eme Ed, Lavoisier, 442p.
29. **Center T.D., Johnson C.D., 1974.** Coevolution of some seed beetles (*Coleoptera: Bruchidae*) and their hosts. Ecology, 55, 1096-1103.
30. **Chaux C., Fourry C., 1994.** Production légumières secs, Tome 3, Légumineuses fourragères, Légumes fruits. Technique et Documentation. Lavoisier Paris, pp 3-15.
31. **Covelle S., Ellis R.H., Roberts E.H., Summerfield R.J., 1986.** The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. A comparison of chickpea, lentil, soybean and cowpea at constant temperatures. J Exp Botanic 37, 1503-1515.
32. **Cronquist, A. (1981)** An Integrated System of classification of Flowering Plants. Columbia University Press, New York, 248-250.
33. **Delille, L., (2007).** Plantes médicinales d'Algérie. Ed, Bertie, Alger, 240p.
34. **Delobel P., Tran M., 1993** - les coléoptères des denrées entreposées dans les régions chaudes. Ed ORSTON/ CTA. PARIS .442p.
35. **Duraffourd C., D'Hervicourt L. et Lapraz J. C. (1990).** Cahiers de phytothérapie clinique. 1. Examens de laboratoires galéniques. Eléments thérapeutiques synergiques. 2ème éd. Masson, Paris.
36. **Duranti M., Gius C., (1997).** Legume seeds: Protein content and nutritional value. Field Crops Res., 53: 31-45.

37. **Eigwuatu, R.1., 1987.** Current status of conventional insecticides in the management of stored product insect pests in the tropics. *Insect Sci. Appl.* 8 (41 5/6), 695-701.
38. **Elamrani A., Zrira S., Benjilali B., (2000).** A study of Moroccan rosemary oils. *J. Ess. Oil Res.*, Vol. 12, pp : 487 – 495
39. **Encarta., 2005-** Encyclopédie encarta
40. **FAOSTAT.2014.** Food and agriculture organization:
<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>:
http://faostat3.fao.org/faostatgateway/go/to/browse/G1/*/E
41. **FAOSTAT.2017.** Food and agriculture organization:
<http://www.fao.org/faostat/en/#home>.
42. **Fleurrat – Leussard (1982) :** Autres méthodes de lutte contre les insectes et acariens des denrée stockées. Coed. AFNOR. I.T.C.F. Paris pp : 67 – 81.
43. **Foudil-Cherif Y. (1991).** Etude comparative des huiles essentielles algériennes d'*Eucalyptus globulus* Labill. et *camaldulensis*. Thèse magister. U.S.T.H.B., Alger, 159p.
44. **Ghdirat, K., (2008).** *Eucalyptus globulus* Labill, Ed, Springer, Paris, volume 6, N°3,
45. **Ghestem A., Seguin E., Paris M., Oricchioni A.M (2001).** Le préparateur en pharmacie, dossier 2, Botanique, pharmacognosie, Phytothérapie, Homéopathie. Ed. TEC et DOC.
46. **Girard C., 1985.** Installation du pois chiche de printemps. In: Bulletin FNAMS semences 25-27. Gorlenko M.V., Bushkova L.N., 1958. Perfect state of the causal agent of aschochyosis of chickpea. *Rev App Mycol* 37: 695.
47. **Girre, L. (2001).** Les plantes sont les médicaments. Ed, Delachaux et Nieslé SA, Paris, 253p.
48. **Guignot, F. (1947) –** Faune de France 48 les Coléoptères Hydrocanthares. Edition LECHEVALIER Paris.
49. **Hamai K., Harma K., Kacimi F. 2006.** Effet de cinq huiles végétales sur l'activité biologique du bruche de niébé *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidae) Mémoire d'Ing. En Biologie U.M.M.O, 67p
50. **Hasni H., et Zeghba R., 2017.** Évaluation de l'effet répulsif des huiles essentielles des plantes *Rosmarinus officinalis*, *Eucalyptus globulus* et *Lavandula officinalis* vis-à-vis

des insectes des céréales stockées. *Rhyzopertha dominica*. Mémoire de master en sciences biologiques. Université MOHAMED BOUDIAF - M'SILA. 63 p.

51. **Hoffmann (A), 1945** : Bruchides (Faune de France, T.44,).
52. **Hossaert-Mckey M., Alvarez N., 2003** - Influence de facteurs écologiques sur la répartition de deux espèces jumelles de ravageurs du haricot, Centre d'Ecologie' Fonctionnelle et Évolutive, Montpellier.
<https://sites.google.com/site/pastoraldz/plantesmedicinales>
53. **Isman M.B., 2005**. Plant essential oils for pest and disease management. Crop Protect.
54. **Jaganmohan R.L., Meenakshi S., Raghavan D. et Abraham K.O., (1997)** Rosemary (*Rosmarinus officinalis L.*): impact of drying on its flavor quality. J. Food Qual., Vol. 21, pp : 107 – 115.
55. **Jaiswal R. and Singh N.P., 2001**. Plant Regeneration from NaCl Tolerant Callus/Cell Lines of Chickpea, International Chickpea and Pigeonpea, Newsletter 8; ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics); 73 p.
56. **Jansen D. H., Juster H. B., Bell E. A., 1977**. Toxicity of secondary compounds to the seed-eating larvae of the bruchidae beetle *Callosobruchus maculatus*. Phytochemistry. 16: 223-227.
57. **Kande Y., 1965**. Contribution à l'étude de la valeur nutritionnelle de deux graines de légumineuses (*Cicer arietinum L.* et leurs solements).
58. **Keita S.M., Vincent C., Schmidt J.P., Rasmuswamy S. & Belanger A., 2000**. Effect of various essential oils on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). J. of Stored Products Research, 36, 355-364
59. **Kellouche A. & Soltani N. 2004**. Activité de reproduction et capacité de développement de la descendance de *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera : Bruchidae) dans les graines de différents cultivars de *Vigna unguiculata* (Walp.) et *Cicer arietinum* (L.). International Journal of Tropical Insect Science, Vol. 24 (4): 304-310.
60. **Kellouche A., Soltani N. 2004**. Activité de reproduction et capacité de développement de la descendance de *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera : Bruchidae) dans les graines de différents cultivars de *Vigna unguiculata* (Walp.) et *Cicer arietinum* (L.). International Journal of Tropical Insect Science, Vol. 24 (4): 304-310.

61. **Kellouche, A., 2005.** Etude de la bruche du pois-chiche, *Callosobruchus maculatus* (F) (Coleoptera: Bruchidae): Biologie, physiologie, reproduction et lutte, Thèse. Doc d'état. Univ. Tizi-Ouzou, p 154
62. **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.
63. **Ladizinsky G. and Alder A., 1976.** Genetic relationships among annual species of *Cicer arietinum* L. *Theoretical Applied Genetics*, 48: 197-204.
64. **Ladizinsky G., 1987.** Pulse domestication before cultivation. *Econ. Bot.*, 41: 60-65.
65. **Laumont P., Chevassus A., 1956.** Note sur l'amélioration du pois chiche en Algérie. Institut Agricole d'Algérie. Maison-carrée, Alger ; 24 p.
66. **Lepesme P., 1944** - Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Ed. Paul le chevalier Paris, 335 p.
67. **Leport L., Turner N.C., Davies S.L., Siddique K.H.M., 2006.** Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. *Europ. J. Agronomy*, 24: 236-246.
68. **Lie T. A., 1971.** Temperature dependent root nodule formation in pea cv. *Tran. Plant and Soil.*, 34: 751-752.
69. **Lienard V., Seck D., 1994** - Revue des méthodes de lutte contre *C. maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae), ravageur des graines du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en Afrique tropical pp : 301 – 311.
70. **M.A.D.R, 2015.** Ministère de l'agriculture et du développement rural. Direction des zones arides et semi-aride ; Services statistiques agricoles.
71. **Madadori m.k .,(1982).** Les plantes médicinales .Guides vert .Salar.624p.
72. **MADR, 2010.** Statistiques agricoles.
73. **Marie Claude, M., Monique, S., (2006).** Actifs et additifs en cosmétologie, Ed Tec et doc, Paris, 105p.
74. **Marie, J., (2007).** Les arbres et arbustes de la méditerranée, compagne des éditions des lesse, Provence, 135p.
75. **Masatoshi H. et Hiroaki K., (1997)** Repellency of rosemary oil and its components againts the Onion aphid, *Neotoxoptera formosana*. *Appl. Entomol. Zoot.*, Vol. 32, pp : 3303 – 3310.

76. **Messaili.b., (1995).** Systématique spermaphytes. Botanique. O.P.U. Alger. 63p.
77. **Moolani M.K Y., Chandra S., 1970.** Gram cultivation in Haryana. Haryana Agricultural University, Hisar, India, 15pp.
78. **Mrburg, M., (1999).** Les plantes thérapeutique<<, tradition pratique officielle, Science et thérapeutique 3éme Ed, Thec et doc, 636p.
79. **Muehlbauer F. J. et Rajesh P. N., 2008.** Chickpea, a Common source of protein and starch in the semi-arid tropics. PH. Moore, R Ming (eds.) Genomics of tropical Crop plants. *Ocimum canum* Sims (Lamiaceae), for protection against postharvest damage by Ostrobothnia. Oulu University Press, Finland, 52 p.
80. **Mukendi et al. J. Appl. Biosci. 2016** Dégâts des bruches sur le pouvoir germinatif des graines de quatre variétés de Niébé infesté pendant 60 jours à Ngandajika Journal of Applied Biosciences 98 :9323 – 9329 ISSN 1997–5902 Dégâts des bruches sur le pouvoir germinatif des graines de quatre variétés de Niébé infesté pendant 60 jours à Ngandajika Robert Mukendi K1 , Richard Ntanga N1 , Stephane Kaseba K, Théophile Tshamala N1 , Alphonse Kamukenji2 , Germain Mpoyi K2
81. **Nait Achour K. ; (2012).** Etude de la composition chimique des essences de quatre espèces d'Eucalyptus poussant dans la région de Tizi Ouzou ; Mémoire de Magister, Spécialité : Chimie Appliquée ; Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université Mouloud Mameri – Tizi Ouzou ; 111p. ; [en ligne] ; cité le 26/03/2014 sur http://www.ummo.dz/IMG/pdf/NAIT_ACHOUR_Khaled.pdf
82. **Ouchekdhidh-Ourlissene W., 2014.** Effets biocides des poudres et des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques de la bruche.
83. **Paris M.et Hurabielle M. (1981).** Abrégé de matière médicale (pharmacognosie) Tome. Ed. Masson p.339
84. **Paris, P et Moyse, H., (1958).** Abrégé de matière médicale, Vigot frère (196p.)
85. **Patterson, J.E. 2000.** Antibiotic utilization: is there an effect on antimicrobial resistance. Chest. 119: 426–30
86. **Pierrot N., 1982 -** Lutte chimique contre les insectes des stocks et des locaux de stockages : conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés. Céréales, oléagineux, protéagineux, aliment pour animaux. Vol2 Ed. Tec et Doc. Lavoisier. Apia Paris, pp : 856 – 867.

87. **Plancquaert P.H., Wery J., 1991.** Le pois chiche- Culture et utilisation. Brochure Ed. ITCF Paris France, 11p.
88. **Poitier G.A., 1981.** Flore de la Tunisie ; 2 tomes ; 1190 p.
89. **Quezel, P., et Santa s, (1963)** Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales Tome II. C.N.R.Sc. Paris.781-783-793p.
90. **Quzel, P., Santa ,S, (1963).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertique méridionale. Ed Centre national de la recherche scientifique, Paris, 1165p.
91. **Redden R.J., Berger J.D., 2007.** History and origin of chickpea. Chickpea breeding and management. Pathol., 42: 172–180.
92. **Regnault-Roger C., Hamraoui A. 1994.** Inhibition of reproduction of *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera) a kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) bruchid, by aromatic essential oils. *Crop Protection* 13: 624-628.
93. **Roberts E.H., Summerfield R.J., Minchin F.R., Haley P., 1980.** Phenology of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in contrasting aerial environments. *Experimental Agriculture*, 16: 343-360.
94. **Rushforth, K., (2006).** Reconnaître les arbre sans peine. Ed, Nathan, Paris , 287p.
95. **Salle J.L. et Pelletier J. (1991).** Les huiles essentielles, synthèse d'aromathérapie et introduction à la sympathicothérapie. Ed. Frison-Roche, pp.19-45.
96. **Saxena M.C., 1984.** The physiology of tropical fields crops.ed.John Wiley and Sons Ltd , London , pp:419-452.
97. **Saxena M.C., 1987.** Agronomy of chickpea. In Saxena M.C. and Singh K.B. The Chickpea. Wallingford,UK, CAB International: 207-232.
98. **Saxena N.P., 1984.** Chickpea. *In*: Goldsworthy P.R., Fisher N.M. The Physiology of Tropical Field Crops. pp: 419-452
99. **Schauenberg O.and Paris F., (1977).** Guide to Medicinal Plants.Keats, New Canaan, CT.
100. **Scotti G., 1988.** Les insectes et les acariens des céréales stockées. Co. Ed. Afnor- I. T. F., 238p
101. **Seck, D., Sidibe, B., Haubruge, E., Hemptinne, J.L., Gaspar, Ch., .1991.** La protection chimique des stocks de niébé et de maïs contre les insectes au Sénégal. *Meded. Fac. Landbouww. Rijikuniv. Gent.* 56/3b, 1225-1233.

102. **Sellami s., Tounsi s., Jamoussi K., 1999.** La lutte biologique, alternative aux produits phytosanitaires chimiques. Journal of new science : Volume 19, article 5
103. **Serpeille, A., 1991.** La bruche du haricot : un combat facile. Bull. F.N.M.S. (116), 32-54.
104. **Serrano E., Palma J., Tinocco T., Venancio F. et Martins A., (2002).** Evaluation of the essential oils of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) from different zones of “Alentejo” (Portugal). J. Ess. Oil Res., Vol. 14, pp : 87 – 92.
105. **Simon H. et al., 1994** - La protection des cultures avec la collaboration de François Richard, M. Bellanger. Dominique D. Christel Gaubert. Eric Jeuffrault. Collection agriculture d’aujourd’hui. Ed. Tec & Doc. Paris. pp 115, 116, 122.
106. **Singh F., Diwakar B., 1995.** Chickpea Botany and Production Practices. Manual. Skill development series no. 16. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics Patancheru, Andhra Pradesh, India
107. **Singh K.B., 1997.** Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crops Research, 53: 161-170.
108. **Singh K.B., Ocampo B., 1993.** Interspecific hybridization in annual *Cicer* species. J. Gent. Breeding, 47: 199- 204.
109. **Singh K.B., Reddy M.V., 1991.** Advances in disease-resistance breeding in chickpea. Advances in agronomy, 45: 191-222.
110. **Slama F., 1998.** Cultures industrielles et légumineuses à graines. Ed. Centre de diffusion Universitaire Tunisie, en Arabe ; 300 p.
111. **Southgate B. J., 1978.** The importance of the Bruchidae as of, theirs grains legums : Ecologie and control. Ed. S. R. Singh, VAN Eden H. F. and Tylor T. A. pp: 219 – 229.
112. **Summerfield R.J., Minchin F.R., Roberts E.H., Hadley P., 1979.** The effect of photoperiod and air temperature on the growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). in: Workshop International sur l’amélioration du pois chiche, ICRISAT, Hyerabad, India, 28 Feb-2 march
113. **Taib H., 2015.** Etude de l’activité insecticide des huiles essentielle d’Eucalyptus Globulus L. et de *Rosmarinus officinalis* L. à l’égard de la bruche du haricot *acanthoscelides obtectus* Say. (Cleopectera, Bruchidae). mémoire de master en biologie ,UMMTO ,64p.
114. **Tuberosa R.; Salvi S.,** From phenotype to genes controlling plant growth and development in maize: the QTL approach, in: Proceedings of the International Frontis

- Workshop on Gene-plant-crop relations - Scale and complexity in plant systems research, s.l, s.n, 2006, pp. 6 - - (atti di: International Frontis Workshop on Gene-plant-crop relations - Scale and complexity in plant systems research, Wageningen, The Netherlands, 23-26 April 2006)
115. **Tunc et al** 2000 Activité ovicide des huiles essentielles de cinq plantes contre deux insectes de produit stocké Journal of Stored Products Research Volume 36, Issue 2, Avril 2000, pages 161-168
 116. **Van Der-Maessen L. J. G.1984.** "Taxonomy, distribution and evolution of the chickpea and its wild relatives". In "genetic resources and their exploitation, chickpea, faba beans and lentils". pp: 95-104. J. R.WITCOMBE and W.ERCHINE Eds, martinusnighoff Neder lands; for ICARDA, 1984. 2.
 117. **Vanier P., 2005.** Le pois chiche au fil du temps : Usages culinaires, Conservation, Jardinage biologique et écologique et environnement. Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels (INAF), Université Laval ; 11p.
 118. **Verghis T.I., Mckenzie B.A., Hill G.D., 1999.** Effect of light and soil moisture on yield, yield components, and abortion of reproduction structures of chickpea (*Cicer arietinum L.*), in Canterbury, New Zealand. New Zealand J. Crop & Hort. Sci. 27:153-161.
 119. **Verret, 1982.** Etude de quelques légumineuses à gousses graines adaptées au semis de printemps dans la zone méditerranéenne. Mémoire D.E.A. ENSA Montpellier, 72p
 120. **Wery J., 1990.** Adaptation to frost and drought stress in chickpea and implications in plant breeding. In: Saxena M.C, Cubero J.I. and Wery. Present status and future prospects of chickpea crop production and improvement in the Mediterranean countries, Options Méditerranéennes, Série Séminaires 9, CIHEAM, Paris: 77-85.
 121. **Wichtel M. et Anton R. (1999).** Plantes thérapeutiques : tradition, pratiques officinales, science et thérapeutiques. Ed. Tec et Doc.
 122. **Yakoubi M., (2014).** Biologie, physiologie et mise en évidence de l'activité enzymatique chez quelques isolats d'Ascochyta pisi agent de l'antracnose de petit pois. Mém. Magi. Bio. Univ. Oran. 103p.
 123. **Yeven de luca (E.N.A.M.C),1954 :** Chef de travaux au Laboratoire de Zoologie Ecole Nationale d'Agriculture de Maison-Carrée.

Résumé

La présente étude a pour objet d'évaluer la toxicité par inhalation et par répulsion de deux huiles essentielles de romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) et de l'eucalyptus (*Eucalyptus globulus* L.) sur les adultes de la bruche chinoise *Callosobruchus chinensis* L. Nos résultats indiquent que les huiles essentielles testées exercent une toxicité importante par inhalation sur les adultes de *C. chinensis* L. En effet, elles entraînent une mortalité de 100% après 24h d'exposition à la dose 1µl pour l'huile essentielle de *R. officinalis* et à la dose 3µl pour l'huile essentielle d'*E. globulus*. Les résultats obtenus font ressortir que l'huile essentielle de romarin est plus toxique par inhalation par rapport à l'huile essentielle d'eucalyptus ; cependant, l'analyse de la variance n'a pas révélé de différences significatives entre les deux huiles. Les deux huiles manifestent aussi une forte activité répulsive à l'égard de la bruche chinoise avec des valeurs moyennes du pourcentage de répulsion beaucoup plus importantes de 46% pour l'huile essentielle d'eucalyptus et de 16.5% pour l'huile essentielle de romarin. De ce fait, ces huiles essentielles peuvent être utilisées comme bioinsecticides afin de réduire les pertes causées par ce ravageur dans les stocks.

Mots-clés : *Callosobruchus chinensis*, Huile essentielle, *Rosmarinus officinalis*, *Eucalyptus globulus*, toxicité, Lutte.

Abstract

The purpose of this study is to assess the inhalation and repulsion toxicity of two essential oils of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and Eucalyptus (*Eucalyptus globulus* L.) upon the Chinese weevil adults *Callosobruchus chinensis* L. Our results indicate that the essential oils tested exert significant toxicity by inhalation on adults of *C. chinensis* L. In fact, they cause a mortality of 100% after 24 hours exposure to 1 µl dose for the essential oil of *R. officinalis* and at a dose of 3µl for the essential oil of *E. globulus*. The results obtained showed that Rosemary essential oil is more toxic by inhalation compared to Eucalyptus essential oil; however, variance analysis did not reveal any significant differences between the two oils. Studied oils also showed a strong repellent activity against the Chinese weevil with much higher average values of the repellency percentage of 46% for Eucalyptus essential oil and of 16.5% for Rosemary essential oil. Therefore, these essential oils can be used as bioinsecticides in order to reduce losses caused by this pest in the stocks.

Keywords: *Callosobruchus chinensis*, Essential oil, *Rosmarinus officinalis*, *Eucalyptus globulus*, toxicity, Control.