

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

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



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Agronomie
Spécialité : Protection des plantes cultivées

Sujet

**Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles
d'*Eucalyptus radiata* et de *Pinus sylvestris* à l'égard de
la bruche du Haricot *Acanthoscelides obtectus* Say.
(Coleoptera : Bruchidae)**

Présenté par : SEDDI Hayat

SELLAH Sarah

Devant le jury :

MEDJDOUB-BENSAAD F.	Professeur	UMMTO	Présidente
KHELFAANE-GOUCHEM K.	M. C. B.	UMMTO	Promotrice
TALEB-TOUDERT K.	M. C. B.	UMMTO	Examinatrice
KITOUS BENOUFFLA K.	M. C. B.	UMMTO	Examinatrice

Soutenu le: 09/07/2015

Remerciements

Au terme de ce travail, nous remercions tout d'abord le bon Dieu le tout puissant pour son aide.

*Notre profonde gratitude et sincères remerciements vont à notre promotrice **M^{me} KHELFANE-GOUCEM K.** Maitre de conférence Classe B au département de Biologie UMMTO d'avoir accepté de nous encadrer et pour toute son aide et sa disponibilité.*

Nos remerciements vont aussi aux membres de jury qui ont accepté de juger notre travail :

***M^{me} MEDJDOUB-BENSAAD F.** professeur à UMMTO de nous avoir fait l'honneur de présider ce jury.*

***M^{me} KITOUS-BENOUFELLA K.** à UMMTO et **M^{me} TALEB-TOUDERT** Maitre de conférences Classe B à UMMTO de nous avoir accepté d'examiner ce modeste travail.*

*Nos remerciements s'adressent également à **M^{me} BACHOUCHE N** pour son aide dans la réalisation de l'analyse statistique.*

*Nous remercions également nos **très chers parents** pour leur soutien et leur encouragement durant tout notre cycle d'étude.*

Nous n'oublions pas de remercier vivement, tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

Dédicace

Avec l'aide de bon Dieu le tout puissant, j'ai pu achever ce travail que je dédie :

✚ *A mes très chers parents qui me sont les plus chers au monde en reconnaissance de leurs divers sacrifices, de leurs précieux conseils, de leur soutien moral et de leurs encouragements.*

✚ *A mon fiancé SAMIR*

✚ *A ma grande mère*

✚ *A ma très chère sœur NASSIMA*

✚ *A ma très chère sœur NORA et son mari SLIMANE sans oublier ses deux petites filles SALMA et KENZA*

✚ *A mon frère Mohammed, sa femme et ses enfants (ISLAME et YANIS)*

✚ *A mon frère Rachid, sa femme et ses enfants (GHILAS, MERIEME et KAMAL)*

✚ *A mon frère Madjid, sa femme et sa petite fille MAYA*

✚ *A mon petit frère HAMZA*

✚ *A toute la famille paternelle et Maternelle*


✚ *A ma belle famille*

✚ *A mon binôme SARAH et sa famille*

✚ *A toutes mes amies : DJIMI, SAFIA, SARAH, SAMIA, YAMI, NONA, LYNDA.*

✚ *A mes collègues du travail : SONIA, KAHINA, DJAMILA, et KARIMA.*

Hayat.



Je dédie ce modeste travail :

A la mémoire de tous ceux qui nous ont quitté (baba ALI, baba MOUH et MANI), en témoignage de ma profonde gratitude et amour, que leurs âmes reposent en paix.

A ma grand-mère (MANI) qui a toujours été une source de douceur pour moi.

A la source de courage et d'affection mon père, qui a tout sacrifié pour que j'atteigne ce niveau.

A la source de tendresse et d'amour ma mère, que j'ai toujours trouvé à mes cotés.

A mes adorables frères : FAROUK et SID AHMED

A mes merveilleuses sœurs : AMIRA et son mari FATEH, MOUNIRA et mes petits anges HIBA et IMANE à qui je souhaite une vie pleine de joie.

A mes tantes: FATMA, MINA, BAYA, MALIKA et SALIHA à qui je souhaite une meilleure vie.

A mon oncle MOH SAID et sa femme SAFIA.

A mon oncle AZIZ et sa femme NADIA.

A vous mes petits anges : CHAYMA, ANIS, MOUHAMED, LOUBNA, RIYAD, MARWA, SALMA et AYA que Dieu vous garde.

A toute la famille SELLAH.

A toi HAYET et toute ta famille.

A mes amies : SAFIA, YAMI, NOUNA, SAMIA, ASSIA, NACERA et tous les camarades de la promotion MASTER en PPC 2014/2015.

A tous les collègues de travail dans l'EPSP de DBK.

SARAH

Liste des figures

Figure 1. Morphologie de <i>Phaseolus vulgaris</i> (ANONYME, 2015).....	5
Figure 2. Œufs d' <i>Acanthoscelides obtectus</i> (G : 2 X 10) (ORIGINALE, 2015).....	15
Figure 3. Différentes stades larvaires chez <i>A. obtectus</i> observés sous loupe binoculaire (G : 2 X 10) (ORIGINALE, 2015).....	15
Figure 4. Différents stades de nymphose chez <i>A. obtectus</i> (G : 2 X10) (ORIGINALE, 2015).....	16
Figure 5. Le dimorphisme sexuel chez <i>A. obtectus</i> (G : 2 X10) (ORIGINALE, 2015).....	17
Figure 6. Ovipositeur de la femelle d' <i>A. obtectus</i> (G : 2 X 10) (ORIGINALE, 2015).....	17
Figure 7. Graines d'haricot endommagées par <i>A. obtectus</i> (ORIGINALE, 2015).....	19
Figure 8. Matériels de laboratoire utilisés dans les différents bio-essais (ORIGINALE, 2015).....	23
Figure 9. L'arbre de pin sylvestre.....	24
Figure 10. Houppier de l' <i>Eucalyptus radiata</i>	25
Figure 11. Elevage de masse de la bruche du haricot dans des bocaux en verre.....	26
Figure 12. Test par contact pour les huiles essentielles de pin sylvestre et d'eucalyptus radié en fonction des doses (ORIGINALE, 2015).....	27
Figure 13. Test de germination des graines traitées par les huiles essentielles (Originale, 2015).....	29
Figure 14. Test de répulsion des huiles essentielles (ORIGINALE, 2015).....	30
Figure 15. Dispositif expérimental du test d'inhalation effectué sur les adultes d' <i>A. obtectus</i> avec différentes doses des huiles essentielles (ORIGINALE, 2015).....	31
Figure 16. Longévité moyenne en jours des adultes d' <i>A. obtectus</i> selon les différentes doses des huiles utilisée par contact.....	32
Figure 17. Taux de mortalité corrigée des adultes d' <i>A. obtectus</i> en fonction des doses et de la durée de traitement.....	33
Figure 18. Fécondité moyenne des femelles d' <i>A. obtectus</i> selon les différentes doses de des huiles essentielles utilisées par contact.....	35
Figure 19. Taux moyen d'éclosion des œufs d' <i>A. obtectus</i> selon les différentes doses des huiles essentielles utilisées par contact.....	37
Figure 20. Taux moyen d'émergence des adultes d' <i>A. obtectus</i> selon les différentes doses des huiles essentielles par contact.....	38

Figure 21. Perte en poids (%) des graines du haricot en fonction des doses des huiles utilisées par contact.....	40
Figure 22. Taux de germination des graines du haricot en fonction des doses des huiles essentielles utilisées par contact.....	41
Figure 23. Mortalité en (%) des adultes d' <i>A. obtectus</i> traité par l'huile essentielle d'Eucalyptus et l'huile essentielle de pin sylvestre en fonction des doses et de la durée de traitement.....	45

Liste des tableaux

Tableau 1 : Valeur nutritionnelle moyenne de 100 g et valeur énergétique (K cal / 100 g) des graines de <i>P. vulgaris</i> (ANONYME, 1995).....	7
Tableau 2 : Surface cultivée, rendement et production du haricot sec en Algérie entre 2000 et 2011 (FAO, 2013).....	8
Tableau 3 : Les principaux ravageurs qui attaquent le haricot (NYABYENDA, 2005).....	9
Tableau 4 : Les principales maladies du haricot (NYABYENDA, 2005).....	10
Tableau 5 : Bonne teneur en humidité des graines de différents types de produits favorables au stockage (HAYMA, 2004).....	11
Tableau 6 : Quelques huiles essentielles, organe d'extraction et leurs effets insecticides (SINGH et TAYLOR, 1978 ; DON. PEDRO, 1985).....	22
Tableau 7 : Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc DONALD et <i>al.</i> (1979)....	30
Tableau 08 : Nombre moyen de bruches recensées dans les parties traitées et non traitées et le pourcentage de répulsion de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus radiata</i> et l'huile essentielle de <i>Pinus sylvestris</i>	43

Sommaire

	Pages
Introduction générale	1
Chapitre I : Etude de la plante hôte <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	
Introduction.....	3
I.1. Position systématique.....	3
I.2. Origine et répartition géographique.....	3
I.3. Les caractères morphologiques.....	4
I.4. Diversité variétale.....	5
I.5. Ecologie de <i>Phaseolus vulgaris</i>	6
I.6. La valeur nutritionnelle.....	6
I.7. Intérêt agro-économique.....	7
I.8. Maladies et ennemis ravageurs de <i>phaseolus vulgaris</i>	9
I.9. Condition et méthodes de stockage.....	11
Chapitre II : Etude de l'insecte <i>Acanthoscelides obtectus</i>	
II.1. Généralités sur les insectes phytophages.....	13
II.2. Présentation de la famille des Bruchidae.....	13
II.3. Bruche du haricot <i>Acanthoscelides obtectus</i>	14
II.3.1. Position systématique.....	14
II.3.2. Origine et répartition géographique.....	14
II.3.3. description d' <i>A. obtectus</i>	15
II.4. Biologie d' <i>A. obtectus</i>	17
II.5. Quelques ennemis naturels d' <i>A. obtectus</i>	18
II.6. Dégâts et pertes.....	19
II.7. La lutte biologique contre <i>A. obtectus</i>	20
Chapitre III : Matériels et méthodes	
III.1. Matériels.....	23
III.1.1. Matériels du laboratoire.....	23
III.1.2. Matériels biologiques.....	23

III.1.2.1. Les bruches.....	23
III.1.2.2. Les graines de haricot.....	24
III.1.2.3. Les huiles essentielles.....	24
III.2. Méthodes.....	26
III.2.1. Elevage de masse.....	26
III.2.2. Effet biocide par contact.....	26
III.2.3. Paramètres étudiés.....	27
III.2.3.1. Paramètres biologique de la bruche.....	27
III.2.3.2. Paramètres agronomiques.....	28
III.2. 3. Effet biocide par répulsion.....	29
III.2.4. Effet biocide par inhalation.....	31
III.3. Analyse statistique des résultats.....	31

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.I. Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles sur les adultes d' <i>A. obtectus</i>	
IV.I.1. Effet par contact.....	32
IV.I.1.1. Action sur la longévité des adultes.....	32
IV. I.1.2. Action sur la fécondité des femelles.....	35
IV.I.1.3. Action sur l'éclosion des œufs.....	36
IV.I.1.4. Action sur l'émergence des adultes.....	38
IV.I.1.5. Action sur la perte en poids des graines.....	39
IV.I.1.6. Action sur la faculté germinative des graines.....	41
IV.II.2. Effet par répulsion.....	43
IV.II.3. Effet par inhalation.....	44
Conclusion	47

Référence bibliographiques

Annexes

Introduction

Les légumineuses alimentaires sont considérées comme les plantes à graines les plus cultivées par l'homme et occupent depuis longtemps une place importante dans l'alimentation humaine. Elles jouent un rôle primordial dans le développement de l'économie nationale des pays du Maghreb (KHALDI et *al.*, 2002).

En effet, les légumes secs sont les aliments d'origine végétale les plus riches en protéines. Les graines des légumineuses contiennent deux ou trois fois plus de protéines que les céréales et renferment les 24 acides aminés indispensables à l'alimentation humaine ce qui peut pallier le manque de protéines animales (FRENOT et VIERLING, 2001). Outre leur valeur alimentaire, certaines légumineuses représentent une source naturelle de vitamines, d'oligo-éléments et des sels minéraux indispensables à l'organisme.

Parmi ces légumineuses figurent les haricots, les pois, les pois chiches et les fèves. Leurs graines représentent la principale source de protéines des populations dans de nombreux pays en voie de développement.

Les pays du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord importent plus de denrées agricoles qu'ils n'en exportent. En 2000, cette région a importé 7% des denrées agricoles échangées mondialement, et importé 18% des légumineuses (GORDON, 2002). Les importations de haricots secs ont grimpé de 91% de 1990 à 2000 pour atteindre 100 000 tonnes. Cette hausse était due pour une bonne part à l'Algérie, au Maroc, à la Turquie et à la Tunisie.

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

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

En effet les cultures de haricot sont sujettes à de nombreuses attaques de ravageurs et maladies qui peuvent entraîner d'importants dégâts en l'absence de moyens de lutte appropriés (SILUE et *al.*, 2010), notamment dans les lieux de stockage où les pertes sont considérables (KELLOUCHE et SOLTANI, 2004).

Les produits stockés sont surtout attaqués par les insectes et les champignons. Les pertes dues aux insectes sont considérables dans les pays où les techniques modernes de stockage ne sont pas encore introduites. Parmi les insectes, la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera, Bruchidae) est un insecte cosmopolite potentiellement ubiquitaire, dans les larves pouvant infester sa plante hôte *Phaseolus vulgaris* L. à la fois au champ et dans les stocks, et d'autres légumineuses originellement non hôtes, qui sont également des plantes vivrières d'importance économique pour les pays en développement tels que le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp, la fève (*Vicia faba* L.) et le pois chiche (*Cicer arietinum*) (REGNAULT- ROGER & HAMRAOUI, 1997).

Les produits stockés sont généralement protégés par l'application d'insecticides mais la présence, dans les denrées, de résidus toxiques et l'apparition de souches d'insectes résistants à ces insecticides devient problématique.

Il est donc nécessaire de rechercher des méthodes de contrôle efficaces des populations d'insectes ravageurs afin de limiter les pertes dues aux Coléoptères Bruchidae, sans porter préjudice à la santé publique ni à l'environnement.

Dans la recherche de méthodes alternatives, le règne végétal offre beaucoup de possibilités. De nombreuses études se développent actuellement pour isoler ou identifier des substances secondaires extraites de plantes qui ont une activité insecticide, par répulsion, contact ou inhalation sur les insectes (LICHTHENSTEIN, 1996).

C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail, où nous nous sommes proposées de tester dans les conditions de laboratoire, l'effet insecticide de l'huile essentielle du pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) et d'eucalyptus radié (*Eucalyptus radiata*) sur la bruche du haricot *A. obtectus*. L'activité de ces produits a été évaluée par contact, inhalation et répulsion à travers des paramètres biologiques de la bruche et des paramètres agronomiques de la graine de *P. vulgaris*.

Notre travail scindé en quatre chapitres :

- Le premier chapitre comporte des données bibliographiques sur la plante hôte *Phaseolus vulgaris* L. ;
- Le deuxième chapitre présente l'insecte ravageur (*Acanthoscelides obtectus*) et les méthodes de lutte ;
- Les matériels et méthodes utilisées sont présentés dans le troisième chapitre ;
- Les résultats obtenus sont présentés et discutés dans le quatrième chapitre une
- Conclusion générale.

Présentation de la plante hôte

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) est une plante annuelle de la famille des Fabacées (Papilionacée), du genre *Phaseolus*, couramment cultivée comme légume.

Le terme haricot désigne aussi ses parties consommées, les graines (haricot secs) ou les gousses.

1. Position systématique

Selon CRONQUISTE (1981), la position systématique du haricot commun est la suivante :

- RègneVégétal
- Embranchement.....Spermaphytes
- Sous embranchement.....Angiospermes
- Classe.....Dicotylédones
- Ordre.....Fabales
- Famille.....Fabacées (Légumineuses)
- TribuPhaseoleae
- Sous tribu.....Phaseoléneae
- Genre.....*Phaseolus*
- Espèce.....*Phaseolus vulgaris* L.

2. Origine et répartition géographique

Le haricot commun (haricots du genre *Phaseolus*) est originaire d'Amérique Centrale et d'Amérique du Sud. Il fait domestiqué en Amérique Centrale et dans les Andes d'Amérique du Sud pendant plus de 5000 ans avant d'être transporté vers d'autres continents depuis le XVI^e siècle pour être rapidement diffusé dans les zones méditerranéennes et subtropicales du globe (Péron, 2006). L'espèce est bien établie dans de nombreux pays africains ou elle a été introduite par le portugais au XX^e siècle.

Le haricot commun est produit principalement en Amérique latine et en Afrique ; il est répandu surtout dans la zone Amazonienne du Brésil, dans les Cordillères des Andes et en Amérique Centrale, tandis qu'en Afrique, il est produit principalement en Afrique Centrale et Orientale (NYABYENDA, 2005).

3. Les caractères morphologiques

P. vulgaris est une plante annuelle à végétation rapide, son cycle est de 90 à 120 jours (PERON, 2006).

3.1. Les feuilles

Les feuilles du haricot commun sont entières, légèrement pubescentes, les deux premières feuilles sont simples alors que les suivantes sont trifoliées avec foliole lancéolée à sommet acuminé et limbe mince (Fig. 1-a). Elles sont fragiles au déchirement (NYABEYENDA, 2005).

3.2. Les Racines

Le haricot commun présente un système racinaire pivotant et profond qui peut descendre jusqu'à 1,20m.

Selon CHAUX et FOURY (1994), la racine principale n'est pas longtemps dominante et sa croissance peut être facilement stoppée par les obstacles du sol. Les racines latérales sont nombreuses et ont un développement qui dépasse par la suite en longueur celui de la racine principale, elles sont peu inclinées et restent même souvent horizontales sur plus de 10 cm.

3.3. Les fleurs

Chez *P. vulgaris*, la fleur est de couleur rose, blanche ou mauve de type papilionacé, comprenant : 5 sépales, 2 pétales, 9 étamines soudées par leur base et une étamine libre (Fig. 1-b). L'ovaire est une loge renfermant 4 à 8 ovules, surmonté par un style portant un stigmate (NYABYENDA, 2005).

Chez le haricot, la fleur reste naturellement fermée et n'est pas, sauf exception, visitée par les insectes. L'autogamie est donc nettement prépondérante chez cette espèce.

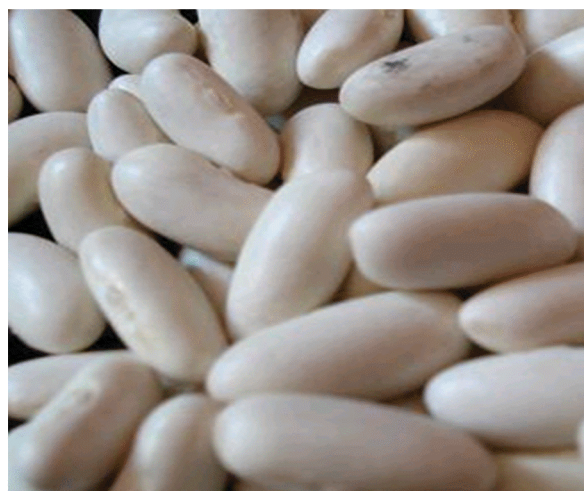
3.4. Les gousses

Les gousses sont d'une longueur de 4 à 25 cm à deux valves contenant en général 4 à 10 graines (NYABYENDA, 2005). Les jeunes gousses sont vertes puis changent de couleur à maturité en fonction des variétés (rouge, rose et violet, unicolore ou panaché) (Fig. 1-c).

3.5. Les graines

Les graines sont réniformes, arrondies, ovales, plus au moins allongées de section circulaire ou plus au moins aplaties selon les variétés (Fig. 1-d).

Le tégument peut être noir, blanc ou revêtir différentes nuances de jaune, brun, rouge, rose ; il est unicolore ou diversement marbré ou panaché (CHAUX et FOURY, 1994)

**a- les feuilles****b- les fleurs****c - les gousses****d - les graines****Figure 1. Morphologie de *Phaseolus vulgaris* (Anonyme, 2015).**

4. Diversité variétale

La très large diffusion du haricot dans toute l'Europe et l'intérêt qu'il n'a cessé de susciter peuvent expliquer l'augmentation considérable du nombre des variétés au cours des XVIII^e et XIX^e siècles. Les travaux d'amélioration et de création variétale exploitent la variabilité intra et inter-spécifique.

4.1. La variabilité intraspécifique

A l'intérieur de l'espèce, la variabilité spécifique est très importante, se révèle par autogamie et porte sur un très grand nombre de caractères morphologiques et physiologiques

tels que : la forme, la couleur des fleurs, des graines et des gousses (CHAUX et FOURY, 1994).

4.2. La variabilité inter-spécifique

Les croisements inter-spécifiques avec les autres espèces de haricot ou de légumineuses sont difficiles à réaliser et n'ont été que peu utilisés en sélection (CHAUX et FOURY, 1994).

5. Ecologie de *Phaseolus vulgaris*

Les plantes de haricot sont indifférentes à l'altitude, elles poussent aussi bien sur les hauts plateaux qu'au niveau des régions côtières en Algérie. Ces plantes préfèrent les terres légères et saines, elles préfèrent les sols limoneux ou des sols silico-argileux. Le haricot est très tolérant aux variations de pH (6 à 7,5) mais préfère les sols légèrement acides (6,5). C'est une plante qui demande 300 à 400 mm³ d'eau pendant la durée de sa végétation ; un manque d'eau accompagné d'un excès de chaleur provoque le flétrissement des fleurs. Sa germination peut s'effectuer entre 10 et 40°C, mais son optimum se situe entre 15 et 30°C. Elle est sensible au froid car elle gèle à 0°C et la croissance s'arrête vers 5°C. Le haricot est une plante de lumière, cultivée à l'ombre, elle s'allonge beaucoup mais ne donne pratiquement aucune récolte (HUBERT, 1978).

6. La valeur nutritionnelle

Le haricot joue un grand rôle dans la couverture des besoins alimentaires en protéines pour les populations des pays en voie de développement et compense le manque des sources de protéines animales pour une grande partie de la population (NYABYANDA, 2005).

Le haricot blanc comme tous les légumes secs est l'aliment d'origine végétale le plus riche en protéines. Celle-ci présente un intérêt important : elles sont dépourvues de graisses et contribuent donc largement à la prévention cardio-vasculaire et contre l'obésité. Très riche en fibres (comme toutes les légumineuses), le haricot commun est aussi intéressant pour sa teneur en fer, en calcium, en magnésium, en phosphore et en vitamine B9.

Selon HUIGNARD et *al.*, (2011), la teneur des haricots en amidon leur donne une valeur énergétique nette et élevée, proche de celle du blé. Le tableau 1 présente les valeurs nutritionnelles et énergétiques du haricot.

Tableau 1 : Valeur nutritionnelle moyenne de 100 g et valeur énergétique (K cal / 100 g) des graines de *P. vulgaris* (ANONYME, 1995).

	Haricot blanc sec	Haricot blanc cuit	Haricot blanc appertisé
Energie	265 Kcal	102 Kcal	94 Kcal
Protéines	21 ,1 g	7 g	6 ,7 g
Glucides	41 ,4 g	16 ,9 g	15 ,7 g
Lipides	1 ,2 g	0 ,5 g	0 ,3 g
Fibres	18 ,1 g	8 mg	4 ,4 g
Sodium	15 mg	5 mg	4 mg
Potassium	1450 mg	460 mg	362 mg
Phosphore	350 mg	140 mg	84 mg
Calcium	165 mg	60 mg	71 mg
Magnésium	180 mg	50 mg	39 mg
Fer	7 mg	2 ,6 mg	2 ,8 mg
Vitamine B1	0 ,5 mg	0 ,13 mg	0 ,1 mg
Vitamine B9	300 µg	80 µg	60 µg
Vitamine B5	0 ,8 mg	0 ,24 mg	0 ,17 mg
Vitamine B6	0 ,5 mg	0 ,13 mg	0 ,07 mg

7. Intérêt agro économique

7.1. Agronomique

Le haricot fait partie du groupe des cultures (Légumineuses) capables de fixer et d'utiliser l'azote atmosphérique grâce aux bactéries du genre *Rhizobium* situé dans les nodosités (BALON et KIMON, 1985 ; DOUCET, 1992 ; ROLAND, 2002).

Ce sont des plantes dites améliorantes, au lieu d'avoir besoin d'engrais azotés, elles laissent, après la récolte, le sol enrichi en azote, elles sont considérées comme des engrais verts. Dans les sols très pauvres en azote, telles que les zones tropicales, les légumineuses peuvent être efficacement utilisées comme alternatives à la fertilisation notamment dans les pays pauvres ou en voie de développement (ROLAND, 2002). En effet d'après GUY (1985), le haricot joue un rôle déterminant dans la nutrition azotée pour l'ensemble des cultures dans une rotation.

7.2. Economique

La production mondiale de haricots secs est évalué progressivement à la hausse au cours des années 90 est atteint 19,37 million de tonnes en 1999/2000 dont 75% est attribuable aux dix principaux pays producteurs dont les plus importants sont l'Inde, le Brésil, les Etats-

Unis et la chine (GORDON, 2000). Notant que 85% des haricots secs sont consommés dans les pays où ils sont cultivés.

En 2006, la production moyenne mondiale des haricots s'est élevée à 28,6 millions de tonnes avec un rendement moyen de 7,4qx/ha (FAO, 2006).

En Afrique, le haricot a une grande importance économique et alimentaire pour la population, il couvre 22% de leurs besoins en protéines et 11% de revu des paysans et produit 2 millions de tonnes/an sur environ 3,5 million d'hectare (BRINK et BELAY, 2006). Les principales légumineuses produites en Afrique de Nord sont de l'ordre croissant la fève, le pois chiche, la lentille, le pois et le haricot et sont dans la plupart des cas consommés localement (HUIGNARD et *al.*, 2011).

L'Algérie est considérée comme un grand consommateur des légumes secs, cependant les superficies réservées à cette culture restent limitées (FAO, 2004). A l'échelle nationale, les productions connaissent des fluctuations d'une année à une autre (Tab. 1). Les données statistiques du Ministère de l'Agriculture et de Développement Rurale (MADR) montrent une production moyenne, pour l'Algérie, estimées à 0,72qx/ha avec une surface totale d'environ 1616ha en 2009 (Tab. 2).

Tableau 2 : Surface cultivée, rendement et production du haricot sec en Algérie entre 2000 et 2011 (FAO, 2013)

Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Surface Cultivée (ha)	1280 F	1180 F	1190 F	1560 F	1990 F	1206 F	1496 F	1394 F	1300 F	1616 F	1210 F	1200 F
Rendement Kg/ha	3273 Fc	622 Fc	726 Fc	702,5 Fc	794,6 Fc	552,5 Fc	611,6 Fc	657,8 Fc	615,3 Fc	720 Fc	694,2 Fc	666,7 Fc
Production (Tonne)	419	734	864	1096	1581	666	915	917	800	1158	840	800

F : estimation de la FAO, Fc : données calculées

Présentation de l'insecte
Acanthoscelides obtectus Say

1. Généralités sur les insectes phytophages

Avec près d'un million d'espèces décrites à ce jour et certainement plusieurs millions d'espèces à découvrir, les insectes présentent plus de la moitié des organismes vivants connus et ils constituent ainsi le groupe qui a opéré la plus spectaculaire diversification sur terre (Daly et *al.*, 1998, *in* KERGOAT, 2004).

La diversité actuelle de la faune entomologique, fait ressortir que plus de la moitié des espèces connues sont des phytophages (Southwood, 1973 ; Strong et *al.*, 1984 ; Daly et *al.*, 1998 *in* KERGOAT, 2004). Strong et *al.*, 1984 (*in* KERGOAT, 2004), définissent la phytophagie comme la consommation des tissus vivants provenant de plantes terrestres vascularisées (Trachéophytes).

Les coléoptères à leur tour présentent la plus importante diversité parmi les insectes phytophages. Les bruches ne présentent qu'une minorité des 135 000 espèces de Coléoptères phytophages (LAWRENCE, 1982 *in* KERGOAT 2004).

2. Présentation de la famille des Bruchidae

La famille des Bruchidae est assez homogène parmi les phytophaga. Elle possède près d'un millier de représentants connus, répartis dans toutes les régions du globe mais surtout abondants dans les zones tropicales. Les bruches sont caractérisés par une forme courte, ramassée et globuleuse dont la taille oscille entre 1,3 et 5mm, une tête bien dégagée et un menton pédonculé (BALACHOWSKY, 1962).

Les antennes sont insérées près des yeux et les élytres sont recouverts d'une pilosité souvent très fine qui recouvre incomplètement d'abdomen. Les pattes postérieures sont toujours plus développées que les deux autres paires avec des fémurs fréquemment dilatés ou renflés.

Les ailes sont fonctionnelles chez toutes les espèces ; les larves évoluées des Bruchidae sont de type « rhyncophorien ». Elles subissent 4 à 5 mues au cours de leur évolution (LABEYRIE, 1962).

Selon DELOBEL et TRAN (1993), la famille des Bruchidae comprend deux groupes, le premier renferme les bruches se développant dans les champs, dans les graines encore vertes et qui ont une seule génération annuelle (espèce univoltine) comme *Bruchus pisorum* (la bruche de 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 (espèce polyvoltine). C'est le cas de *Callosobruchus maculatus* (la bruche de niébé), *Callosobruchus chirensis* (la bruche chinoise) et *Acanthoscelides obtectus* (la bruche du haricot).

3. Bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus*

En Europe et dans le bassin méditerranéen, *Acanthoscelides obtectus* Say est considérée comme une espèce potentiellement nuisible, car contrairement à *Bruchus pisorum* L., *B. rufimanus* Boh. ou *B. lentis* L., son développement peut s'effectuer à la fois dans les cultures et dans les graines entreposées en magasin (LABEYRIE, 1962).

3.1. Position systématique

Selon BALACHOWSKY (1962), *Acanthoscelides obtectus* occupe la position systématique suivante :

Règne	Animal
Embranchement.....	Arthropodes
Sous embranchement.....	Antennates
Classe.....	Insectes
Sous classe.....	Ptérygotes
Ordre.....	Coléoptères
Famille.....	Bruchidées
Genre.....	<i>Acanthoscelides</i>
Espèce.....	<i>Acanthoscelides obtectus</i> Say

3.2. Origine et répartition géographique

Acanthoscelides obtectus est un ravageur des zones tropicales qui a suivi l'importation récente du haricot de l'Amérique Centrale vers l'Europe. Son aire d'expansion s'est développée de l'Espagne à l'Ukraine, au milieu du XIXème siècle jusqu'au début du XXème siècle (SERPEILLE, 1991).

A. obtectus est une espèce nuisible signalée en Europe et dans le bassin méditerranéen, son développement peut s'effectuer à la fois dans les cultures et dans les graines entreposées au magasin (BALACHOWSKY, 1962).

De nos jours, le haricot est cultivé dans le monde entier, la répartition de l'insecte est cosmopolite avec un grand pouvoir migratoire en raison de son cycle de vie polyvoltin. Cette particularité en fait un ravageur dont la dispersion est très liée aux sociétés humaines et dont

l'expansion est, de ce fait, potentiellement illimitée (HOSSAERT-McKey et ALVAREZ, 2003 in BOUCHIKHI TANI, 2006).

3.3. Description d'*A. obtectus*

L'étude de la bruche du haricot montre quatre stades biologiques durant son cycle de développement.

1. L'œuf

Les femelles d'*A. obtectus* pondent des œufs blancs, lisses, de forme cylindrique, un peu au hasard et n'adhèrent pas étroitement au substratum (fig. 2). Ils mesurent 0,75 mm de long, étroits, avec un pôle antérieur légèrement plus large que le postérieur (BALACHOWSKY, 1962).



Figure 2. Œufs d'*Acanthoscelides obtectus* (G : 2 X 10) (ORIGINALE, 2015)

2. La larve

Le développement larvaire d'*A. obtectus* passe par quatre stades différents (Fig. 3) :

La larve néonée L1 de type chrysomélien est blanchâtre et mesure 0,6 mm de long sur 0,2 mm de large. Elle est pourvue de pattes fines et de plaques thoraciques et anales caractéristiques. Peu après son entrée dans la graine, la larve mue pour la première fois et passe au second stade apode du type rhyncophorien (L₂). La larve subira encore deux autres mues (L₃ et L₄) pour achever son développement larvaire (KHELLIL, 1977).

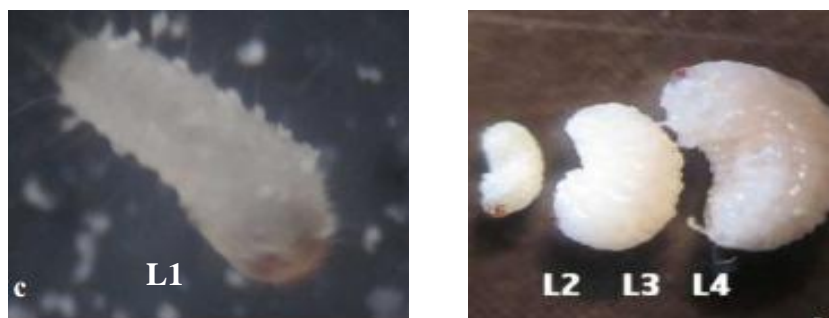


Figure 3. Différentes stades larvaires chez *A. obtectus* observés sous loupe binoculaire (G : 2 X 10) (ORIGINALE, 2015).

3. La nymphe

C'est la dernière forme prise par la larve d'*A. obtectus* avant son émergence sous la forme d'adulte.

Dans ce stade d'immobilité, la larve se transforme en une nymphe (fig. 4) qui est un jeune imago qui subit encore des phénomènes de sclérotinisation et de pigmentation. Le temps nécessaire à la nymphose est de quinze à dix huit jours (GOIX, 1986).

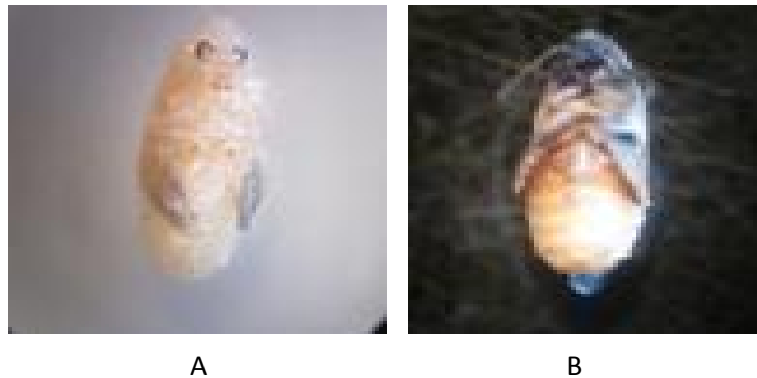


Figure 4. Différents stades de nymphose chez *A. obtectus* (A : près nymphose , B nymphose) (G : 2 X10) (ORIGINALE, 2015)

4. L'adulte

L'adulte mesure 2,5 à 3 mm de large, mais il arrive que dans les cas des populations à effectif élevé sa taille soit plus réduite. Le corps est brun ferrugineux et recouvert partout de soies dorées, courtes et couchées vers l'arrière (LABEYRIE, 1962).

Le prothorax est conique avec un abdomen et un pygidium rouge orangé. Les pattes sont rougeâtres et les fémurs postérieurs sont munis d'une forte dent caractéristique de l'espèce. Il possède de longues antennes et des élytres courtes, marquées d'un motif de taches claires et foncées qui exposent une partie de l'abdomen (BALACHOWSKY, 1962).

5. Le dimorphisme sexuel

Chez *A. obtectus* la détermination du sexe des adultes, se fait d'après l'aspect de la partie postérieure de l'abdomen, soit en vue ventrale ou de profil.

D'après BALACHOWSKY (1962), la différence entre le mâle et la femelle est très tôt visible dès l'émergence. Le mâle, de taille généralement plus faible, peut être distingué par un caractère où le pygidium échancre largement son dernier anneau ventral qui reste entier chez la femelle. Ce caractère est bien apparent chez la bruche du haricot comme le montre la figure 6.

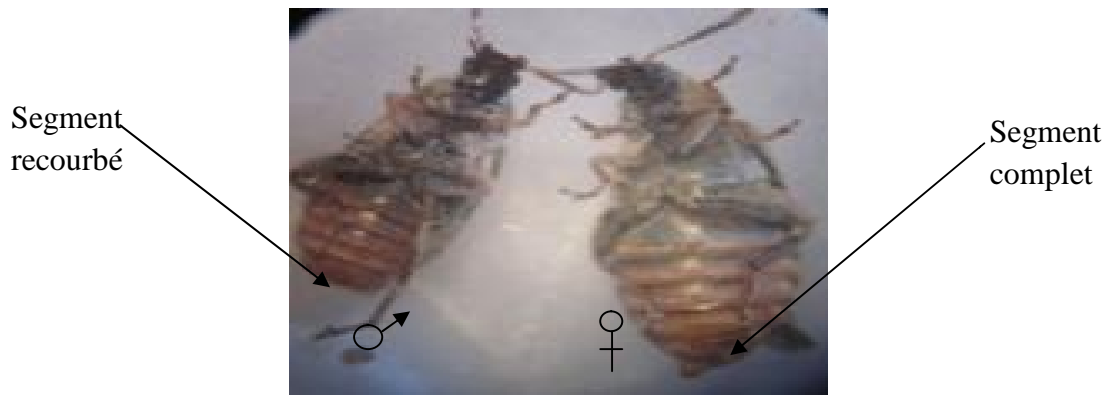


Figure 5. Le dimorphisme sexuel chez *A. obtectus* (G : 2 X10) (ORIGINALE, 2015)

4. Biologie d'*Acanthoscelides obtectus*

4.1. L'accouplement

Les adultes commencent à s'accoupler quelques heures après leur émergence. La copulation a lieu plusieurs fois au cours de leur existence et peut durer sept minutes comme elle peut aller jusqu'à 10 minutes (HUIGNARD, 1968 in KHELIL, 1977).

4.2. La ponte

L'insecte fait sa ponte à la fois sur les plantes en plein champs et dans les graines mûres emmagasinées. Le dépôt des œufs se fait par un appareil, ovipositeur ou tarière (fig. 6), saillant à l'extrémité de l'abdomen des femelles, qui leur sert à enfouir leur œufs dans les gousses ou les graines de la plante hôte.

Le nombre d'œufs pondus par une femelle est de 50 à 100, il existerait jusqu'à cinq générations par an chez cet insecte (BALACHOWSKY, 1962).

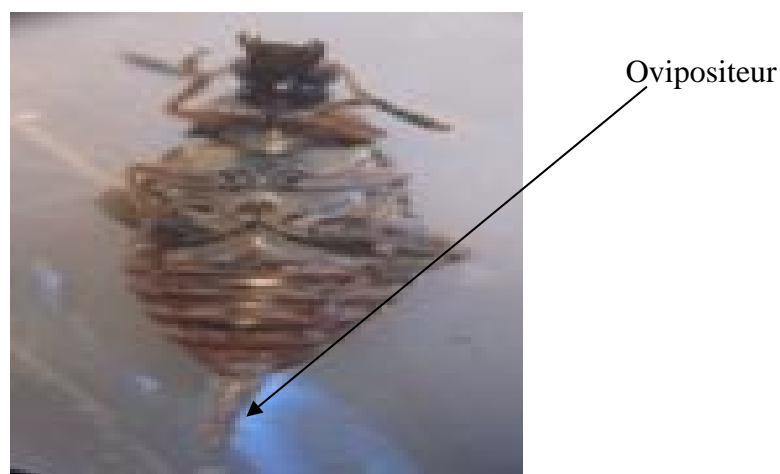


Figure 6. Ovipositeur de la femelle d'*A. obtectus* (G : 2 X 10) (ORIGINALE, 2015)

4.3. Cycle de développement

Les adultes hivernent à l'intérieur des graines de haricot et sortent de celle-ci à la fin du mois d'avril ; ils ne s'alimentent pas et s'accouplent (BONNEMAISON, 1962).

La ponte a été décrite par ZACHARIA (1959) cité par BALACHOWSKY (1962) : la femelle se place à la hauteur de la suture dorsale de la gousse, plus rarement de la suture ventrale, elle ronge la gousse au point de contact des deux valves et creuse un trou étroit et profond puis dépose les œufs en paquets de 2 à 20 et parfois plus.

Selon FRANSSSEN (1956 in BALACHOWSKY, 1962), la ponte est faite exclusivement dans les gousses qui commencent à jaunir et jamais dans les gousses entièrement sèches.

Suivant la température, la durée d'incubation est de 3 à 5 jours. La larve primaire circule pendant quelques heures à la surface de la gousse puis traverse celle-ci et pénètre dans la graine 2 à 3 jours après sa naissance ; puis elle mue et se transforme en une larve apode. La durée du développement larvaire est très variable, elle est de 3 semaines en moyenne. La larve L4 découpe un opercule dans la paroi de la graine et se nymphose. La durée moyenne de développement est de trente jours à une température de 27°C et d'humidité relative de 70%.

Il peut y avoir quatre à cinq générations successives pendant le stockage dans les entrepôts chauffés avec d'importants dégâts à chaque génération (DECELLE, 1981). Au champ il n'ya qu'une seule génération par an. L'insecte hiverne à l'intérieur des graines et ne reprend son activité qu'au printemps avec l'élévation de la température (GOIX, 1986).

4.4. La longévité

Les imagos sont capables de vivre sans s'alimenter, leur longévité varie dans ce cas en fonction de la température et de l'hygrométrie, 35 jours à 15°C et 10 jours à 30°C.

Il semble que la longévité des mâles est plus réduite que celle des femelles. Lorsque les femelles sont nourries au miel leur longévité peut aller jusqu'à 89 jours (LABEYRIE, 1962).

5. Quelques ennemis naturels d'*Acanthoscelides obtectus*

Les Bruchidées sont parasitées par de nombreux hyménoptères qui sont soit oophages soit larvophages (PAKER, 1957 in BALACHOWSKY, 1962).

Les principaux ennemis naturels de la bruche de haricot sont les hyménoptères parasitoïdes tels que *Stenocose bruchivora* (Braconidae), *Dinarmus basalis* (Pteromalidae) et

Horismenus sp. (Euliphidae). Ces trois espèces sont des ectoparasites solitaires du troisième et quatrième stades larvaires et parasitent occasionnellement des pupes (BENREY, 1998).

Les larves d'*A. obtectus* sont également attaqués par l'acarien *Pyemotes* (Podiculoides) (BONNEMAISON, 1962).

6. Dégâts et pertes

Les dégâts causés par ce ravageur sont dûs exclusivement aux larves qui dévorent les graines (Fig. 8).

Au début de l'évolution larvaire, les haricots paraissent sains, puis après un certain temps, ils présentent de petites tâches parfaitement rondes de 2 à 3 mm de diamètre et de couleur variant suivant la teinte des graines. Ces tâches sont dues au fait qu'une partie de la graine est consommée par la larve et qu'il ne reste plus à son niveau qu'un opercule qui par la suite sera brisé par la bruche adulte afin de lui permettre de sortir pour aller infester de nouvelles graines.

Après plusieurs mois d'infestation, les graines de haricot montrent des perforations, avec présence d'insectes adultes et à l'intérieur des graines les larves continueront leur évolution (GOIX, 1986).

Les pertes causées par ce ravageur sont très importantes affectant le poids des graines, leur faculté germinative ainsi que leur valeur marchande. En effet les pertes en poids occasionnés dans les stocks sont estimées à plus de 80% après Six à Sept mois de stockage (IDI, 1994 in BOUCHIKHI TANI et al., 2009).

Les haricots contaminés ont un goût les rendant impropres à la consommation pour l'homme (BALACHOWSKY, 1962).



Figure 7. Graines d'haricot endommagées par *A. obtectus* (ORIGINALE, 2015)

7. La lutte biologique contre *A. obtectus*

Comme les coûts des pesticides restent élevés et présentent un certain nombre d'inconvénients, notamment sur l'environnement et la santé publique, il est préférable d'appliquer une lutte ou un contrôle biologique contre les Bruchideés (VANHUIS et *al.*, 1991).

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

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

7.1. Définition de l'huile essentielle

Le terme « huile essentielle » est un terme générique qui désigne les composants liquides et hautement volatiles des plantes marqués par une forte odeur caractéristique. Les terpènes (principalement monoterpènes) présentent la majeure partie (environ 90%) de ces composants.

L'huile essentielle est définie dans le contexte de la certification SWISSEO (2005) comme l'extrait naturel de plante ou d'arbre aromatique obtenue par distillation à la vapeur d'eau. Autrement dit l'huile essentielle est l'essence distillée, l'essence étant la substance naturelle élaborée au sein des organes producteurs des plantes aromatiques (CAMARA, 2009).

Les huiles essentielles sont par définition des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen des défenses contre les ravageurs phytophages (CSEKE et KAUFMAN, 1999). Ces extraits contiennent en moyen 20 à 60 composés qui sont pour la plupart des molécules peu complexes, soit des monoterpènes avec leurs phénols reliés ou des terpènes plus complexes, dont les secquiterpenes

7.2. Caractéristiques

Ce sont des composés aromatiques liquides, volatils, inflammables, leurs densités, sont en général inférieures à celle de l'eau. Elles sont insolubles dans l'eau mais totalement solubles dans l'alcool, l'éther et les huiles végétales et minérales (BRUNETON, 1999).

Selon BACHELOT et *al.* (2006), les huiles essentielles contiennent un grand nombre d'éléments biochimiques. Les plus fréquemment rencontrés sont les alcools, les cétones, les aldéhydes, les esters, les éthers et les terpènes.

7.3. Action des huiles essentielles

Les propriétés insecticides des huiles essentielles se manifestent de plusieurs manières sur les insectes:

- une toxicité par inhalation provoquée par leur richesse en composés volatils ;
- une toxicité par contact qui provient de la formation d'un film imperméable, isolant l'insecte de l'air provoquant son asphyxie mais aussi une pénétration en profondeur. Ainsi, les caractères amphiboliques de certains de leurs composés polyphénoliques provoquent une perturbation de la motricité de l'insecte (REGNAULT et *al.*, 2002).

Différents travaux font référence à l'utilisation d'huiles essentielles pour la protection des denrées stockées contre les insectes ravageurs. Le limonène, agit contre différents ravageurs (IBRAHIM et *al.*, 2001).

7.4. Effets physiques et physiologiques des huiles essentielles

Les mécanismes toxiques des huiles essentielles sont d'ordre physiologiques ou physiques

a) Effet physiologique

Les huiles essentielles ont des effets antiappétants, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes et acariens. REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI (1995) ont observé l'effet du linalool, du thymol et du carvurool sur la fécondité et le nombre d'œufs pondus du bruche du haricot ; il y a également inhibition complète de la pénétration des larves dans les graines traitées de linalool et de thymol. De plus, ce dernier produit est avérée inhibiteur de l'émergence des adultes (CHIASSEON et BELOINE, 2007).

b) Effet physique

Les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des insectes et acariens à corps mou. ISMAN (2000) émet cette hypothèse car plusieurs huiles essentielles semblent plus

efficaces sur les arthropodes à corps mou. C'est le cas de FACIN qui exerce une répression satisfaisante sur les thrips, les pucerons, les aleurodes et certains acariens et qui s'est avéré moins efficace contre les insectes à carapace dures tel que les coléoptères adultes et certains acariens prédateurs (CHIASSON et BELOINE, 2007).

Les effets de quelques huiles essentielles sont récapitulés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Quelques huiles essentielles, organe d'extraction et leurs effets insecticides (SINGH et TAYLOR, 1978 ; DON. PEDRO, 1985).

Noms	Organes	Effets insecticide
<i>Acoxrus calamus</i> L. (Acore aromatique).	Rhizome	Toxicité par contact
<i>Azadirachta indica</i> . (Neem), 2 à 3 ml/ Kg	Graines	Effet ovicide et larvicide
<i>Arachis hypogea</i> L. (Arachide), 5ml/ Kg	Graines	Diminution de l'oviposition, effet ovicide et larvicide
<i>Cocos mucifera</i> L. (cocotier), 5 à 10 ml/Kg	Graines	Effet ovicide et larvicide

Production des huiles essentielles

A l'échelle mondiale, la production des huiles essentielles est d'environ 30 tonnes par an. Les principaux pays producteurs sont les Etats-Unis, la Chine, le Maroc, la Bulgarie, l'Inde, la France, l'Egypte et l'Espagne. L'Algérie se hisse à la 10^{ème} place avec 8000 dollars de capitaux générés par l'exportation d'huiles essentielles à la fin des années 70 (DJEDDI, 2012 in TALEB-TOUDERT, 2015) affirme que les huiles essentielles exportées par l'Algérie provenaient soit des cultures familiales ou des plantes spontanées, telle que la menthe, le jasmin, le rosier, le géranium, la lavande, le romarin l'origan, le thym et la sauge.

Actuellement, la production des huiles essentielles est limitée à quelques producteurs privés artisanaux qui ne subvient pas au marché national.

Matériels et Méthodes

1. Matériels

1.1. Matériels de laboratoire

Afin de réaliser notre expérimentation, nous avons disposé d'une étuve réglée à une température de $30 \pm 1\text{C}^\circ$ et une humidité relative de $70 \pm 5\%$. Ces conditions optimales sont maintenues pour assurer un développement rapide de la bruche du haricot.

Nous avons aussi utilisé :

- une loupe binoculaire pour observer les différents stades de développement et le comptage des œufs d'*A. obtectus* ;
- une balance de précision afin de peser les graines de haricot (*Phaseolus vulgaris*) ;
- des boîtes de Pétri (9,5cm de diamètre) en verre dans le but d'effectuer les différents essais (les tests de contact et répulsivité) ;
- des bocaux en verres (1litre de volume) pour l'élevage de masse des bruches et des bocaux en plastiques (750 ml de volume) pour les tests d'inhalation, une micropipette pour le prélèvement de précision des doses de l'huile essentielle, de l'acétone pour la dilution des huiles (test de répulsion), des disques de papier filtre de 2cm de diamètre pour le test d'inhalation et de 9,5cm de diamètre pour le test de répulsion, du coton pour le test de germination des graines de haricot et un pinceau, (Fig. 8).



Loupe binoculaire



Balance de précision



Etuve réfrigérée



Boîte de Pétri



Micropipette

papier filtre

papier adhésif

ciseaux

Figure 8. Matériels de laboratoire utilisés dans les différents bio-essais (ORIGINALE, 2015).

1.2 Matériel biologique

1.2.1. Les bruches

L'espèce étudiée est *Acanthoscelides obtectus*, obtenue à partir des élevages de masse réalisés au niveau du laboratoire d'Entomologie sur des graines saines de haricot commun (variété Rognon blanc).

1.2.2. Les graines de haricot

Les graines de haricot utilisées pour l'élevage de masse et les différents tests expérimentaux proviennent du marché local de notre région. Il s'agit des graines saines de la variété Rognon blanc.

1.2.3. Les huiles essentielles

Deux huiles essentielles ont été utilisées elles s'agit de l'huile essentielle de Pin sylvestre et de l'huile essentielle d'Eucalyptus radié importées de France.

a) *Pinus sylvestris* L.

➤ Description de la plante

Le Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) est un arbre de la famille des Pinaceae, pouvant atteindre jusqu'à 40 m de hauteur (Fig. 09). L'écorce gris à gris-brun chez les jeunes sujets puis se colore progressivement en brun orangé. Les feuilles sont des aiguilles de taille moyenne, groupées par deux, assez épaisses et de couleur vert bleuté. Les fleurs mâles sont à la base des rameaux, et les fleurs femelles sont à l'extrémité de ceux-ci. Les fruits sont des cônes pointus, beaucoup plus longs que larges, à petits pédoncules, d'abord d'un vert intense puis d'un brun tirant vers le rouge (ANONYME, 2015).



Figure 9. L'arbre de pin sylvestre (ANONYME, 2015)

Classification de la plante

D'après CRONQUIST A. (1981), Le pin sylvestre appartient à :

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Coniferophyta
Classe	Pinopsida
Ordre	Pinales
Famille	Pinaceae
Genre	<i>Pinus</i>
Espèce	<i>Pinus sylvestris</i> L., 1753.

Données analytiques chimiques

L'huile essentielle de pin sylvestre est obtenue par distillation à la vapeur d'eau des aiguilles de pin dont les molécules principales qui constituent cette huile sont -pinène, -pinène et limonène. Elle ne contient aucun conservateur et se conserve en l'état pendant 5 ans à l'abri de la lumière, de l'air et de la chaleur.

b) *Eucalyptus radiata*

L'eucalyptus radié (*Eucalyptus radiata*) (Fig.10) est décrit par CHABERT (2013) comme étant un arbre d'une trentaine à une cinquantaine de mètres de haut, son écorce est blanchâtre et fibreuse se détachant en longs rubans. Les petites branches sont de couleur verte. Les feuilles sont vertes, concolores, étroites, lancéolées, terminées en pointe et mesure 7 à 15 cm de long sur 1 à 2 cm de large. Elles sont simples persistantes et alternes. Les fleurs sont regroupées par 11 à 20 de couleur jaune crème. Les fruits sont des capsules de déhiscence poricides, globuleux, hémisphériques ou piriformes de 4 à 6mm de diamètre).



Figure 10. Houppier de l'*Eucalyptus radiata* (TALEB –TOUDERT.2015).

Classification de l'espèce

D'après Cronquist A. (1981), l'*Eucalyptus radiata* appartient au :

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Myrtales
Famille	Myrtaceae
Genre	<i>Eucalyptus</i>
Espèce	<i>Eucalyptus radiata</i> ssp.

➤ Données analytiques

L'huile essentielle d'eucalyptus radié est obtenue par distillation à la vapeur d'eau des feuilles d'eucalyptus dont les molécules principales sont : D-Limonène, Géraniol, Citral, Linalool, Citronellol.

2. Méthodes

2.1. Elevage de masse

L'élevage de masse est réalisé dans des bocaux en verre (un litre de volume). Il consiste à mettre en contact les bruches adultes mâles et femelles d'âges indéterminés avec des graines de haricots saines (Fig. 11).

Le but de cet élevage est l'obtention des adultes d'*A. obtectus* âgés entre 0 et 24 heures, en nombre suffisant, nécessaires aux différents tests expérimentaux.

Les bocaux sont maintenus à l'obscurité dans une étuve réglée à une température de 27°C et une humidité relative de 75 %. Pour accélérer l'élevage de masse nous avons utilisé des couples d'insectes sans détermination du nombre et des graines de haricot préalablement contaminées (bruchées).



Figure 11. Elevage de masse de la bruche du haricot dans des bocaux en verres (ORIGINALE, 2015).

2.2. Effet biocide par contact

Le traitement par contact est effectué pour les deux huiles essentielles de pin sylvestre et d'Eucalyptus radié.

Des masses de 25g de graines saines du haricot sont placées dans des boîtes de Pétri en verre puis traitées avec l'huile essentielle de pin sylvestre aux doses : **0µl, 2µl, 4µl, 6 µl et 8µl** et l'huile essentielle d'*eucalyptus radiata* aux doses de **0µl, 0,2µl, 0,4µl, 0,6µl et 0,8µl** prélevées à l'aide d'une micropipette. Ces doses sont dispersées délicatement de manière homogène dans les boîtes de Pétri.

Cinq couples d'*A. obtectus* âgés de moins de 24h sont introduits dans chaque boîte. Des témoins n'ayant reçu aucun traitement sont effectués. Quatre répétitions sont réalisées

pour chaque dose et pour le lot témoin. L'ensemble des boîtes de Pétri est placé dans une étuve réglée à une température de 27°C et une humidité relative de 75% (Fig. 12).



Figure 12. Test par contact pour les huiles essentielles de pin sylvestre et d'eucalyptus radié en fonction des doses (ORIGINALE, 2015).

2.2.3. Paramètres étudiés

a) Paramètres biologiques de la bruche

- **Longévité des adultes**

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

Le comptage des bruches mortes est réalisé chaque 24h pendant une période de 6 jours. Les mortalités observées dans les essais (M_o) sont exprimées après correction par la formule d'Abott (Abott, 1925) en mortalité corrigée (M_c) = $M_c = \frac{M_o - M_t}{100 - M_t} \times 100$, en tenant compte de la mortalité naturelle (M_t) observée sur le témoin.

- **Fécondité des femelles**

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

- **Taux d'éclosion**

Après le comptage des œufs pondus (éclos et non éclos), ce paramètre est calculé par la formule suivante :

Taux d'éclosion = (nombre d'œuf éclos / nombre pondus) x 100

- **Taux de viabilité**

L'émergence des individus d'*A. obtectus* débute à partir, d'un mois. Les individus sont retirés au fur et à mesure des graines de haricot jusqu'à la fin de l'émergence des individus de la dernière ponte.

Le taux de viabilité des œufs est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Le taux de viabilité des œufs \%} = (\text{nombre d'adultes émergés / nombre des œufs totale}) \times 100$$

b) **Paramètres agronomiques**

- **Pertes en poids**

Après la dernière émergence des individus d'*A. obtectus* le poids des graines traitées et celles des témoins est déterminé à l'aide d'une balance de précision, afin de calculer la perte en poids des graines selon la formule suivante :

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

- **Faculté germinative**

Une fois le test par contact est terminé, les différents lots de graines sont soumis au test de germination. Il consiste à prendre 25 graines de chaque boîte et de les placer à l'intérieur des boîtes de Pétri tapissées de coton imbibé d'eau. Les boîtes sont maintenues dans les conditions de laboratoire. Après 4 à 5 jours, les graines germées sont dénombrées et le taux de germination est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Le pourcentage de germination} = (\text{nombre de graines germés / nombre total des graines}) \times 100$$

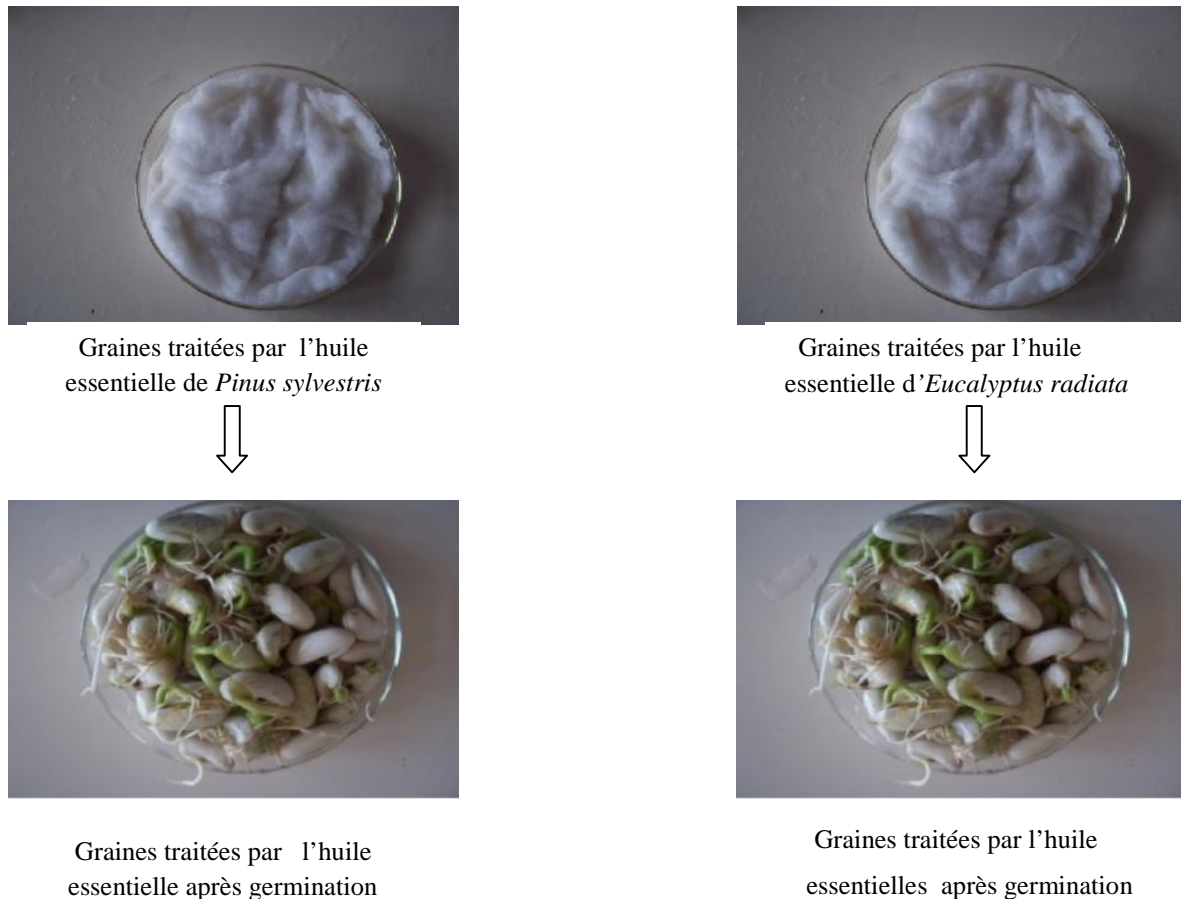


Figure 13. Test de germination des graines traitées par les huiles essentielles (ORIGINALE, 2015).

2.3. Effet biocide par répulsion

L'effet répulsif vis-à-vis des adultes d'*A. obtectus* est étudié pour les deux huiles essentielles. Des disques de papier filtre sont divisés en deux parties égales et quatre doses de chaque huile essentielle : 4 μ l, 6 μ l, 8 μ l et 10 μ l sont préparées par dilution dans 0,5 ml d'acétone. Une partie du papier est traitée avec l'huile additionnée d'acétone et l'autre partie est traitée uniquement avec l'acétone 0,5ml (témoin) (Fig. 14).

Après évaporation du solvant, les deux disques sont reconstitués à l'aide d'une bande adhésive et placés dans des boîtes de Pétri dans lesquelles 5 mâles et 5 femelles âgés de moins de 24 h sont lâchés. Quatre répétitions sont réalisées pour chaque dose d'huile essentielle. Après une demi-heure de traitement, les individus sont dénombrés sur chaque demi-disque.

Le pourcentage de répulsion est calculé par la formule suivante (Mc Donald *et al.*, 1970).

$$PR\% = \frac{(Nac - NSh)}{(Nac + NSh)} \times 100$$

Nac : nombre de bruches présentes sur le demi-disque traité uniquement avec l'acétone.

Nsh : nombre de bruches présentes sur le demi-disque traité avec la solution huileuse (acetone + huile essentielles).

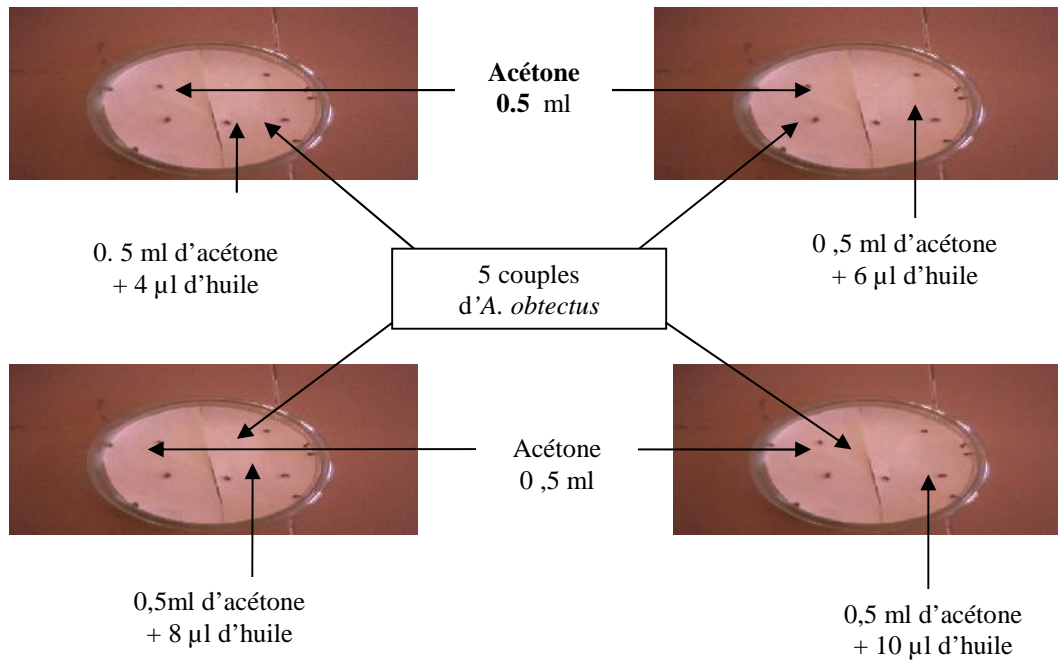


Figure 14. Test de répulsion des huiles essentielles (ORIGINALE, 2015).

Selon Mc DONALD *et al.* (1970), le pourcentage de répulsion moyen de chaque huile calculé est attribué à l'une des différentes classes indiquées dans le tableau 7.

Tableau 7. Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc DONALD *et al.* (1979).

Classe	Intervalle de répulsion	Propriétés
0	PR 0,1	Très faiblement répulsif
I	0,1 PR 20	Faiblement répulsif
II	20<PR 40	Modérément répulsif
III	40<PR 60	Répulsif moyennement
IV	60<PR 80	Répulsif
V	80<PR 100	Très répulsif

2.4. Effet biocide par inhalation

L'effet biocide par inhalation à l'égard de la bruche du haricot est étudié pour les deux huiles. Le test d'inhalation est réalisé dans des bocaux de 750 ml de volume ; des disques de papier filtre de 2cm de diamètre sont suspendues à l'aide d'un fil fixé à la face interne des couvercles (Fig. 15).

Différentes doses de : 0,5 μ l, 1 μ l, 1,5 μ l et 2 μ l sont utilisées pour imprégner le disque au moyen d'une micropipette pour chaque huile essentielle. Cinq mâles et Cinq femelles de bruches adultes âgés de moins de 24h sont introduits dans les bocaux dont la fermeture est strictement étanche. Quatre répétitions sont réalisées et parallèles un lot témoin n'ayant reçu aucun traitement est effectué.

Après 24h ,48h, 72h et 96h du lancement de ce test, le dénombrement des individus morts pour chaque doses est effectué.

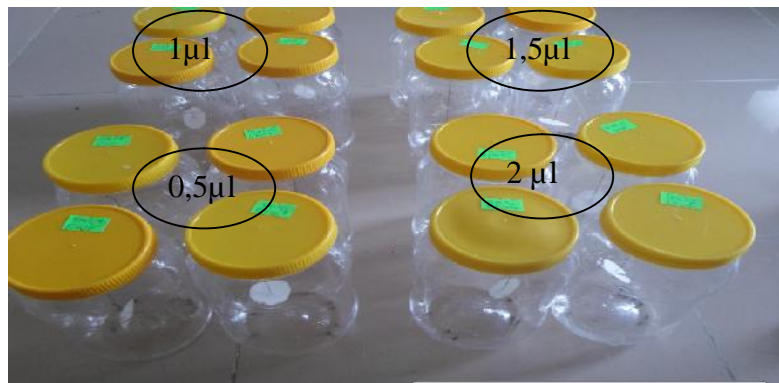


Figure 15. Dispositif expérimental du test d'inhalation effectué sur les adultes d'*A. obtectus* avec différentes doses des huiles essentielles (ORIGINALE, 2015).

2.5. Analyse statistique

Les résultats obtenus pour les différents paramètres étudiés sont soumis à une analyse de la variance à un ou deux critères de classification, à l'aide du logiciel STAT BOX, version 6. 3 pour déterminer l'action des huiles essentielles vis-à-vis de la bruche du haricot.

Si la probabilité (P) est :

$P > 0,05$ il n'ya pas de différence significative.

$0,01 < P \leq 0,05$, il ya une différence significative.

$0,001 < P \leq 0,01$, il ya une différence hautement significative.

$P \leq 0,001$, il ya une différence très hautement significative

Lorsque cette analyse montre des différences significatives, elle est complétée par le test de NEWMAN et KEULS afin de déterminer les groupes homogènes.

Résultats et discussion

I. Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles sur *A. obtectus*

I.1.Effet par contact

I.1.1. Action sur la longévité des adultes

La longévité des adultes d'*A. obtectus* est inversement proportionnelle à la dose de l'huile essentielle testée ; elle est en moyenne de $12,5 \pm 0,57$ jours dans les lots témoins.

Pour l'huile essentielle d'eucalyptus, une forte diminution de la longévité est enregistrée à la plus faible dose utilisée ($0,2\mu\text{l}$), elle est de 6,75 jours. Elle subit encore une légère diminution aux doses de $0,4\mu\text{l}$, $0,6\mu\text{l}$ et $0,8\mu\text{l}$ correspondant respectivement à des durées de vie de 4, 3, et 1,75 jours.

Pour l'huile essentielle de pin sylvestre, une légère diminution de la longévité est enregistrée au fur et à mesure que les doses augmentent pour atteindre 3,5 jours à la plus forte dose utilisée qui est de $8\mu\text{l}$ (Fig. 16).

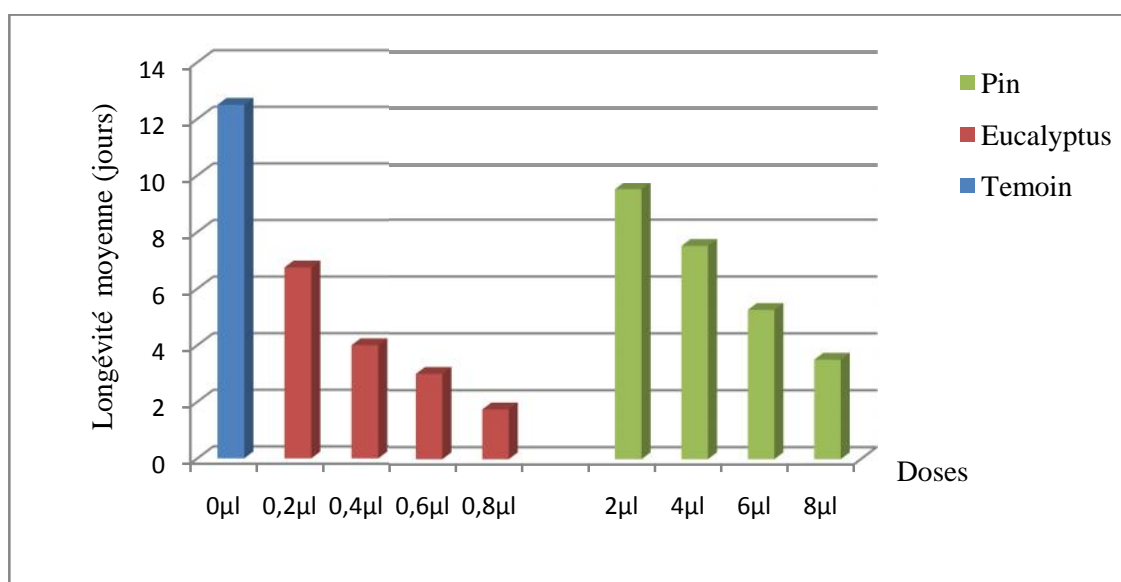


Figure 16. Longévité moyenne en jours des adultes d'*A. obtectus* selon les différentes doses des huiles utilisées par contact.

L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative ($P = 0$) des deux huiles testées pour le paramètre longévité (Annexe I. Tab. 1, 2). et le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe les 5 doses utilisées, chacune dans 5 groupes homogènes (A, B, C, D et E) (Annexe II. Tab. 1,2).

Pour mieux évaluer l'effet toxique de l'huile utilisée sur la longévité des adultes d'*A. obtectus*, nous avons étudié un paramètre complémentaire qui est la mortalité corrigée

qui tient compte de la mortalité naturelle. Elle est proportionnelle aux nombre de jours et à la dose de l'huile essentielle (Fig. 17).

L'efficacité de l'huile essentielle d'Eucalyptus est beaucoup plus ressentie à la dose de 0.8 μ l au bout de 2 jours avec 100% de mortalité ; par contre pour l'huile essentielle de Pin sylvestre, ce taux est enregistré au bout de 4 jours a la même dose.

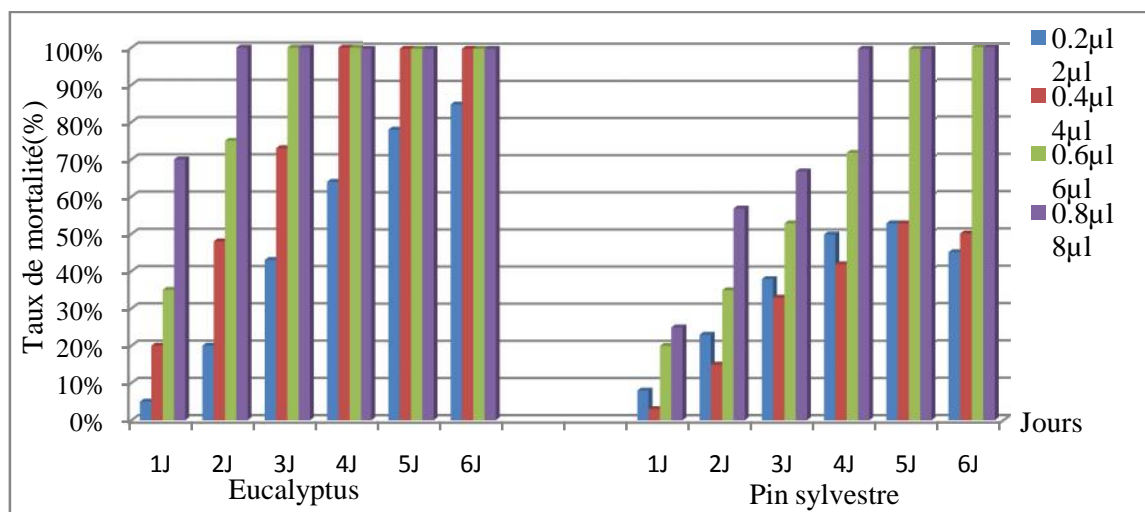


Figure 17. Taux de mortalité corrigée des adultes d'*A. obtectus* en fonction des doses et de la durée de traitement.

Pour chacune des deux huiles essentielles, l'analyse de la variance montre une différence très hautement significative pour les deux facteurs dose et temps ($P = 0$), et pour leur interaction (Annexe I. Tab. 3.4). Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification 5% classe les 5 doses utilisées dans 3 groupes homogènes (Annexe II. Tab. 2) et les durées de traitement dans 3 groupes homogènes (Annexe II, Tab. 3).

Nos résultats sont en accord avec les travaux de plusieurs auteurs qui ont mis en évidence l'action des huiles essentielles sur la longévité des ravageurs des denrées stockées.

Les travaux de GOUCEM –KHELFAINE (2014) montrent que la longévité des adultes de la bruche du haricot varie en fonction de l'huile essentielle appliquée par contact. Parmi les huiles essentielles utilisées aux doses de 0 ; 2 ; 4 ; 6 ; et 8 μ l, le laurier noble, le mandarinier et la lavande ont montré les valeurs de la longévité les plus faibles qui sont respectivement de $0,19 \pm 0,011$; 1 ± 0 et $1,75 \pm 0,95$ jours à la plus forte dose utilisée (8 μ l). A la même dose, les huiles d'Eucalyptus, cèdre et citronnier réduisent aussi la longévité des

adultes mais avec un effet moindre ; elle est respectivement de $2\pm 0,18$; $5,75\pm 0,5$ et $2,07\pm 0,35$ jours.

Le même auteur souligne que les huiles de bergamote, thym et de menthe poivrée sont utilisées aux doses de 0,25 ; 0,5 ; 0,75 ; 1 ; et $2\mu\text{l}$ se sont montrés plus efficace, en enregistrant une longévité respectivement 0 ± 0 ; $1,75\pm 0,95$ et $3,5\pm 0,57$ jours à la plus forte dose de $2\mu\text{l}$.

D'autre part, HAMDANI (2012) a étudié l'efficacité de quatre huiles essentielles du Citronnier, Oranger, Pamplemoussier et Bigaradier. Il a constaté que la longévité des adultes d'*A. obtectus* est inversement proportionnelle à la dose des huiles testées. Une légère diminution est enregistrée dès la plus faible dose utilisée ($2\mu\text{l}$). Elle est de 8, 9, 8,75 jours, valeurs correspondants respectivement aux huiles de Citron, Orange, Pamplemousse, une forte réduction de la longévité est notée par le Bigaradier (3,5 jours).

L'huile essentielle d'eucalyptus est nettement plus toxique que celle de pin sylvestre, et des doses dix fois moins importantes ont montré une forte activité sur les adultes d'*A. obtectus*. Cette activité insecticide peut être attribuée essentiellement à sa composition chimique. En effet, REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI (1995) ont constaté de manière générale un effet toxique de monoterpènes sur la bruche *A. obtectus*. Ces auteurs rapportent que le linalool étant le plus toxique alors que l'estragole l'est moins. Ceci peut expliquer les résultats de notre expérimentation qui ont montré que l'huile extraite d'eucalyptus est très toxique, vu que celle-ci est riche en D-Limonène, Géraniol, Citral, Linalool, Citronellol tandis que le pin sylvestre est riche en -pinène, -pinène, limonène.

TALEB-TOUDERT (2015) a montré que l'effet biocide des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et *Eucalyptus radiata* réduit la durée de vie des adultes de *C. maculatus*. Elle est comprise entre 1h et 21h à la dose de $16\mu\text{l}$ pour les deux huiles.

HEDJEL-CHEBHEB (2014) a montrée que la longévité moyenne des adultes de *C. maculatus* traitées avec les huiles essentielles d'*Eucalyptus hermannii*, *E. astringenes*, *E. maidenii* et *E. cinerea* est réduite de façon très significative (inférieure à 24h) comparativement au témoin (166,65h), à partir de la dose de $25\mu\text{l}$, par contre elle est moins de 24h dans les lots traitées avec *Pinus halepensis* à la dose de $50\mu\text{l}/50\text{g}$.

1.2. Action sur la fécondité des femelles

La fécondité dans les lots témoins est en moyenne de $155,75 \pm 7,41$ œufs/ 5 femelles ; elle diminue d'une façon notable et progressive avec l'augmentation de la dose des huiles essentielles utilisées (Fig. 18).

Les résultats présentés dans la figure montrent que la ponte est inhibée à la dose $0,2 \mu\text{l}$ et s'annule à la dose de $0,8 \mu\text{l}$ pour l'huile essentielle d'eucalyptus. Le même rythme est observé pour l'huile essentielle de pin sylvestre montrant la plus faible valeur de la ponte qui est de $37,25$ œufs/5femelle à la dose $8 \mu\text{l}$.

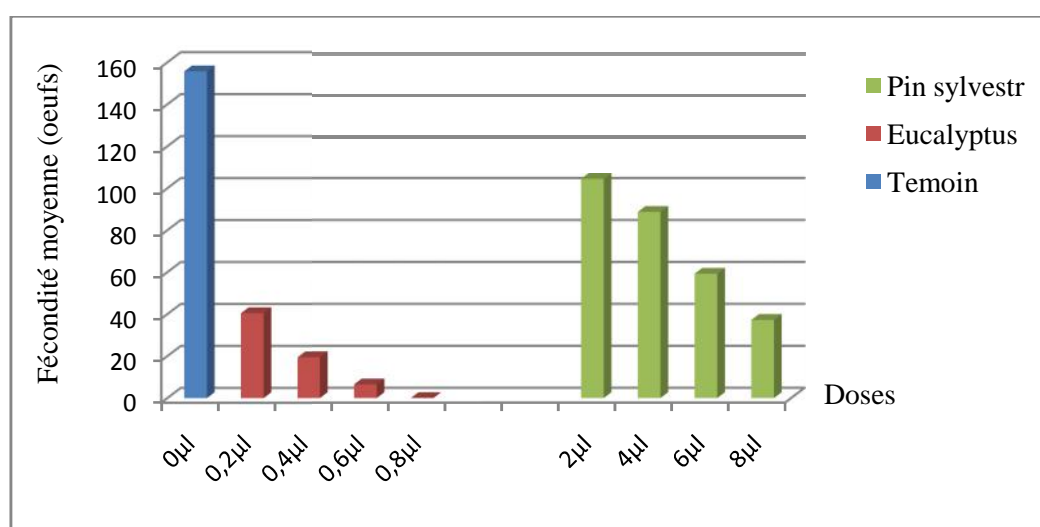


Figure 18. Fécondité moyenne des femelles d'*A. obtectus* selon les différentes doses de des huiles essentielles utilisées par contact.

L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P = 0$) concernant le paramètre fécondité avec les huiles essentielle de pin sylvestre et de l'eucalyptus (Annexe I. Tab.5. 6). Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe les 5 doses d'huile essentielle dans 5 groupes homogènes (Annexe II. Tab.7.8).

Parmi les nombreux auteurs ayant étudié l'effet bioinsecticide des huiles essentielles sur la fécondité des femelles de la bruche du haricot ou des espèces voisines.

GOUCEM- KHELFAANE (2014) a montré qu'à la plus forte dose ($8 \mu\text{l}$) les huiles essentielles d'eucalyptus et de mandarinier annulent la ponte des femelles d'*A. obtectus* et celle de citronnier et de laurier affectent notablement la fécondité qui est réduite à $1,25 \pm 2,5$ et $1,6 \pm 1,91$ œufs/5femelles.

D'autre part, BOUCHIKHI TANI et al. (2009) constatent chez les femelles d'*A. obtectus* que la ponte est inhibée complètement dans les graines traitées par les huiles extraites de *Rosmarinas officinalis* et *Artemisia herba alba* à une dose supérieure ou égale à 5µl/ 30 g.

Part ailleurs, HAMDANI (2012) a montré que les huiles extraites du Citron, de l'orange, de Pamplemousse réduisent le nombre moyen d'œufs à moins de 20 œufs/5 femelles à partir de la dose de 8µl, alors que l'huile extraite du Bigaradier abaisse la fécondité à moins de 12 œufs/ 5 femelles dès la dose de 4µl.

Le même auteur signale que l'huile essentielle de Bergamote semble être plus efficace que celle de Citronnier, de Mandarinier et de Bigaradier la ponte s'annule déjà à la dose de 1µl.

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

Aussi HEDJEL- CHEBHEB (2014) a montré que le nombre d'œufs pondus diminue au fur et à mesure que la dose augmente et cela pour toutes les quatre espèces d'eucalyptus testées, alors que dans les lots témoins le nombre d'œufs est de 748.5/10femelles. La fécondité s'annule à partir de 12.5µl pour l'*E. hermannii* et l'*E. astrigenes* et à partir de la dose de 25 µl pour l'*E. cinerea* et l'*E. maidenii*. La ponte est inhibée complètement dans les lots traitées par *P. halepensis* dès la dose de 50µl/50g.

KELLOUCHE et SOLTANI (2004) ont montré que l'eugénol (6µl) inhibe complètement la ponte, ainsi l'huile essentielle de clou de girofle affecte de façon très hautement significative la fécondité des femelles de *C. maculatus*.

I.1.3. Action sur l'éclosion des œufs

Pour les lots témoins, nous avons constaté un taux d'éclosion de $77,73 \pm 1,57\%$ qui est supérieur à celui enregistré dans les lots traités. Dès la plus faible dose (0,2 µl), le taux d'éclosion des œufs subit une réduction, il est de l'ordre de $50 \pm 2,94\%$ puis s'annule à la dose 0,8µl pour l'huile essentielle d'eucalyptus.

Par contre, l'huile de pin sylvestre induit une légère diminution du taux d'éclosion des œufs qui est proche de celui du témoin (71%) à la plus faible dose utilisée (2µl) pour enregistrer un taux de 20% à la plus forte dose (8µl) (Fig. 19).

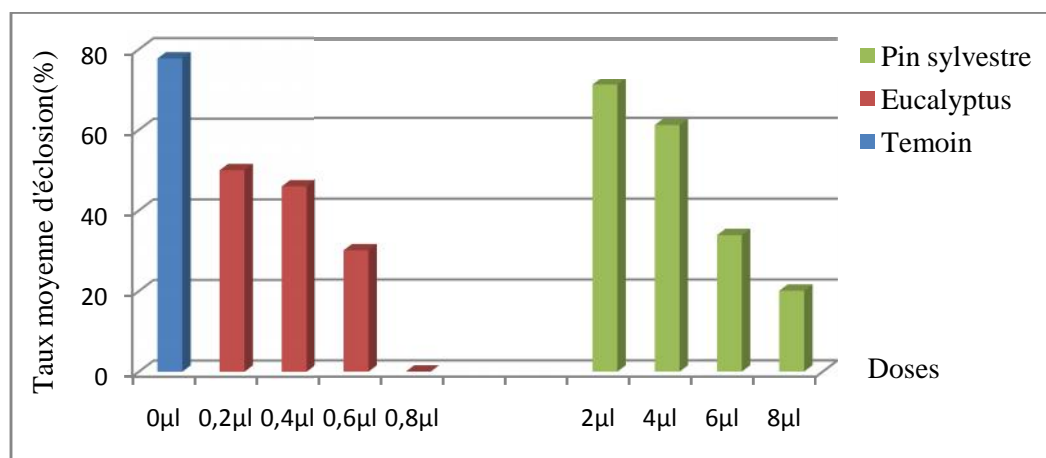


Figure 19. Taux moyen d'éclosion des œufs d'*A. obtectus* selon les différentes doses des huiles essentielles utilisées par contact.

L'analyse de la variance à un seul critère de classification marque une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P = 0$) pour les deux huiles (Annexe I. Tab.7.8) et le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5% classe les 5 doses dans 5 groupes homogènes (Annexe II. Tab. 9.10).

Des résultats similaires ont été obtenus par GOUCEM- KHELFAANE (2014) qui a montré que l'huile essentielle de laurier noble réduit nettement le taux de fertilité des œufs d'*A. obtectus* ($3.12 \pm 6.25\%$) dès la dose 6µl et les huiles de *C. limonum* et de *C. reticulata* et de l'*E. globulus* annulent complètement le taux de fertilité à la dose 8µl.

HAMDANI (2012) a constaté que les quatre huiles d'oranger, Citronnier, Pamplemoussier et Bigaradier affectent l'éclosion des œufs d'*A. obtectus*, notamment avec l'huile essentielle de Bigaradier qui réduit à moins de 5 œufs éclos/ 5 femelles dès la dose de 4µl. L'huile essentielle de Citronnier la réduit à moins de 15 œufs éclos/ 5 femelles à partir de la dose de 6µl.

De même TALEB –TOUDERT (2015) a enregistré une réduction significative de nombre d'œufs éclos de *C. maculatus* dans les lots traités avec les huiles essentielles d'*E. radiata* et *E. globulus* qui ont inhibé l'éclosion des quelques œufs pondus sur les graines traitées à la dose de 4µl.

HEDJEL-CHEBHEB (2014) a enregistré un taux d'éclosion des œufs de *C. maculatus* de l'ordre de 89% dans les lots témoins, ce taux diminue à la dose 6.5µl/50g pour l'ensemble des quatre huiles essentielles. Il s'annule à la dose de 12.5µl/50g pour l'*E. hermanii* et l'*E. astringens* et à la dose de 25µl/50g pour *E. maidenii* et l'*E. cinerea*. Pour les lots traitées avec *P. halepensis*, le taux d'éclosion est nulle dès la dose de 25µl/50g.

TOUAMI et ZERAR (2006) ont rapporté également que l'huile essentielle de bois de cèdre exerce une toxicité très élevée sur le nombre d'œufs éclos de *C. maculatus* qui devient nul à la plus faible dose utilisée (0.0125ml).

I.1.4. Action sur l'émergence des adultes

Les traitements effectués avec les deux huiles essentielles utilisées réduisent nettement le nombre de descendants comparativement à la série témoin, qui est en moyenne de $33,29 \pm 2,68\%$. Ce paramètre subit une diminution importante dès la plus faible dose (0,2µl) et devient nul dès la dose 0,6µl pour l'huile essentielle d'eucalyptus ; il est de 16,75% à la dose de 2µl et 4% à la dose de 8µl pour l'huile essentielle de pin sylvestre (Fig. 20).

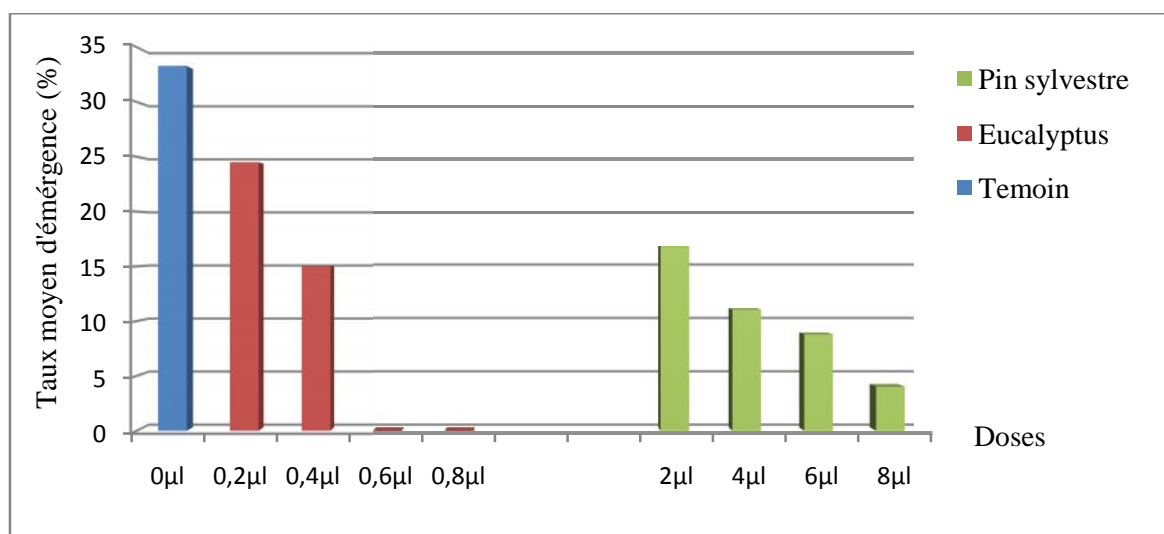


Figure 20. Taux moyen d'émergence des adultes d'*A. obtectus* selon les différentes doses des huiles essentielles par contact.

L'analyse de la variance montre que les huiles testées affectent d'une façon très hautement significative ($P = 0$) l'émergence des adultes d'*A. obtectus* (Annexe I. Tab. 9.10) et le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5% classe les 5 doses utilisées pour le paramètre émergence des adultes dans 4 groupes homogènes (Annexe II. Tab 11.12).

Nos résultats sont confirmés par d'autres auteurs comme GOUCEM- KHELIFANE (2014) qui a montré que les huiles essentielles de mandarinier, citronnier, lavande et eucalyptus montrent des taux de survie des œufs d'*A. obtectus* les plus faibles avec des valeurs respectives de 2.77 ± 3.20 , 6.19 ± 5.15 , 7.56 ± 4.60 et 16.23 ± 3.16 à la dose de $6 \mu\text{l}$.

TALEB-TOUDERT (2015) a enregistré un taux de viabilité des œufs de *C. maculatus* de 0% dans les lots traitées par les huiles essentielles d'*E. radiata* et *E. globulus* dès la plus faible dose ($4 \mu\text{l}$).

HEDJEL-CHEBHEB (2014) a montré que le taux de viabilité des œufs de *C. maculatus* diminue à la dose de $6.5 \mu\text{l}/50\text{g}$, puis s'annule à la dose $12.5 \mu\text{l}/50\text{g}$ pour l'*E. lehmanii*, *E. astringens* et *E. maidenii*. et à la dose de $25 \mu\text{l}/50\text{g}$ pour l'*E. cinerea*. Par contre aucune descendance n'est obtenue dans les lots traitées avec l'huile essentielle de *P. halepensis* à partir de la dose de $25 \mu\text{l}/50\text{g}$.

BOUCHIKHI TANI et al. (2008) ont constaté que les taux d'émergences d'*A. obtectus* sont nul dans les graines traitées par les deux huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* et d'*Artemisia herba alba* à une dose supérieure ou égale à $5 \mu\text{l}/30\text{g}$ de graines de haricot, ce qui signifie que la la ponte est complètement inhibée.

De même IHIDOUSSENE et OUENDI (2009) ont montré que les traitements effectués avec l'huile essentielle de Citronnier et de Mandarinier réduisent nettement le nombre de descendants d'*A. obtectus* comparativement à la série témoin, qui est en moyenne de 35 individus ce qui correspond à un taux de 25,13%. Ce paramètre subit une diminution importante dès la plus faible dose ($2 \mu\text{l}$) et devient nul à la dose ($8 \mu\text{l}$) pour les deux huiles.

D'autre part, HAMAI et al. (2006) constatent que les huiles essentielles de Citron et de Citronnelle montrent un taux de viabilité décroissante des adultes de *C. maculatus* qui s'annule à la dose 0,0025 ml.

I.1.5. Action sur la perte en poids des graines

La perte en poids des graines de *P. vulgaris*, est proportionnelle au nombre d'individus émergés, en fait, elle est plus élevée dans les échantillons témoins avec une moyenne de $31,8 \pm 0,34\%$. Elle subit une forte diminution 6% à la dose $0,2 \mu\text{l}$ et s'annule à la dose de $0,6 \mu\text{l}$ pour l'huile essentielle d'eucalyptus. Une légère diminution de la perte en poids est

enregistrée pour l'huile essentielle de pin sylvestre, elle est de 12,67% à la dose de 2 μ l et 3,12% à la plus forte dose qui est de 8 μ l (Fig .21).

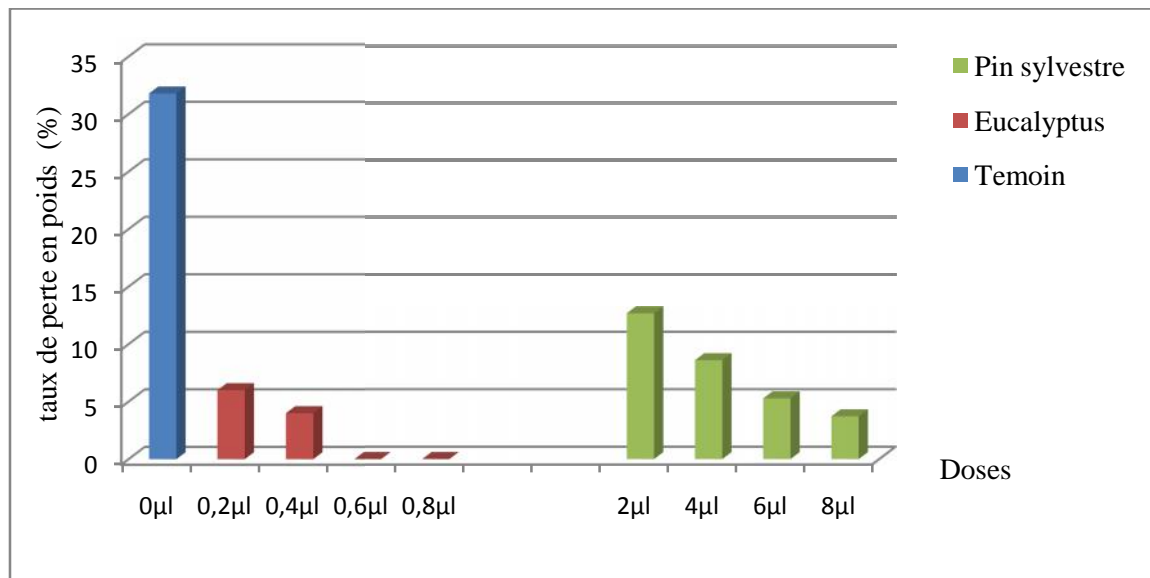


Figure 21. Perte en poids (%) des graines du haricot en fonction des doses des huiles utilisées par contact.

L'analyse de la variance révèle qu'il ya une différence très hautement significative pour les 5 doses utilisées ($P = 0$) en ce qui concerne la perte en poids des graines de *P. vulgaris* (Annexe I. Tab. 11.12). Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe les 5 doses des huiles utilisées pour le paramètre perte en poids des graines dans 4 groupes homogènes (Annexe II. Tab. 13.14).

Nos résultats sont en accord avec ceux de GOUCEM-KHELFANE (2014) qui a montré que le poids des graines de *P. vulgaris* est protégé dans les lots traitées avec l'huile essentielle d'eucalyptus à la dose de 8 μ l.

De même, HAMDANI (2012) a constaté que la perte en poids des graines est proportionnelle au nombre d'individus émergés d'*A. obtectus*. En fait, elle présente la valeur la plus élevée dans les lots témoins (bruchés) avec une moyenne de $8,25 \pm 0,64$ g, puis elle subit des diminutions à 3,75g, 5,25g, 5g et 1,75g respectivement pour l'huile de Citronnier, de l'Oranger, de Pamplemoussier et du Bigaradier.

HEDJEL-CHEBHEB (2014) a montré qu'au fur et à mesure que la dose des huiles essentielles d'*E. lehmanii*, *E. astringens*, *E. maidenii* et *E. cinerea* augmente, le poids initial des graines de *V. unguiculata* est préservée et cela à partir de la dose de 50µl/50g comparativement aux lots témoin ou la perte est de 50%. Pour les lots traitées avec l'huile essentielles de *P. halepensis* aucune perte en poids significative n'a été enregistrée dès la dose de 50µl/50g.

Pour sa part, AIBOUD (2011) a traité les graines du niébé avec les huiles essentielles extraite du myrte, du thym, de l'origan, de l'eucalyptus, du bois d'inde et des clous de girofle en vue d'estimer la perte en poids occasionnée par les adultes de *C. maculatus*. Les résultats montrent que les différentes huiles testées ont une action très hautement significative sur la réduction des pertes en poids des graines exposées aux bruches en fonction des doses et de types d'huile essentielle.

I.1.6. Action sur la faculté germinative des graines

Le pouvoir germinatif des graines saines est estimé à une valeur moyenne de $94,25 \pm 0,95\%$, par contre dans les lots non traités le taux de la faculté germinative est inférieur à 12%.

Le taux de germination est de $69,50 \pm 4,28\%$ à la dose la moins élevée (0.2µl) et il est de $94 \pm 2,38\%$ à la dose la plus élevée (0.8µl) pour l'huile essentielle d'eucalyptus. Il est de 53% pour la dose de 2µl et de 78% pour la dose de 8µl pour l'huile essentielle de pin sylvestre (Fig. 22).

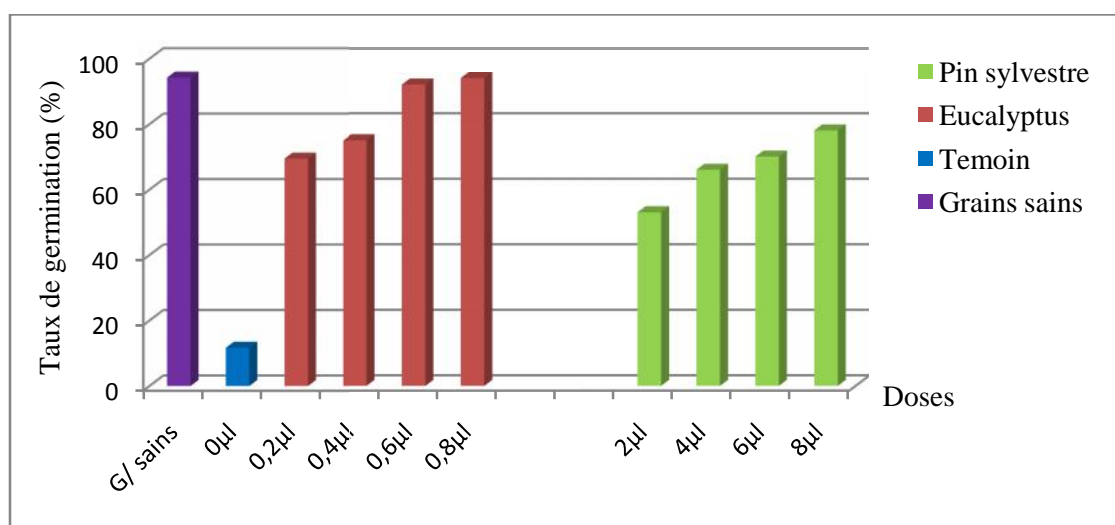


Figure 22. Taux de germination des graines du haricot en fonction des doses des huiles essentielles utilisées par contact.

L'analyse statistique révèle qu'il y a une différence très hautement significative pour les doses utilisées ($P = 0$) en ce qui concerne la germination des graines du haricot (Annexe I. Tab. 13,14) et le test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification 5% classe les doses d'huile d'eucalyptus pour le paramètre germination des graines dans 4 groupes homogènes et 5 pour l'huile de pin sylvestre (Annexe II. Tab. 15 ,16).

Nos résultats montrent que la germination des graines dans les lots témoins (graines bruchées et non traitées) est très faible avec un taux moyen de 11,69%. Cependant, dans les lots traités aux huiles essentielles d'eucalyptus et de pin sylvestre, nos résultats montrent que les graines ont marqué un taux de germination important dès les plus faibles doses ce qui suggère qu'elles permettent une protection des graines et de leur pouvoir germinatif.

Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par GOUCEM -KHELFANE (2014) qui a testé le pouvoir germinatif des graines du haricot traitées avec les huiles essentielles extraites de cèdre, eucalyptus et laurier noble : celles-ci permettent une protection du pouvoir germinatif des graines dont les taux sont de 73.42 ± 1.30 ; 72 ± 3.26 et $63 \pm 1.5\%$ respectivement.

De même TALEB-TOUDERT (2015) a montré que dans les traitements avec les huiles essentielles d'*E. radiata* et *E. globulus*, la faculté germinative des graines de *V. unguiculata* est de 100% dès la dose de 8 μ l.

D'autre part HEDJEL-CHEBHEB (2014) a montré que les graines de *V. unguiculata* traitées avec des différentes doses des l'huiles essentielles de quatre espèce d'eucalyptus ont une faculté germinative de 100% à partir de la dose de 12.5 μ l/50g pour *E.lehmanii* et *E. astringens* et de dose de 25 μ l/50g pour l'*E. maidnii* et *E. cinerea* par contre, les traitements effectués avec l'huile de *P. halepensis* n'affecte aucunement la germination des graines.

IHIDOUSSENE et OUENDI (2009) ont montré que le pouvoir germinatif des graines saines est estimé à une valeur moyenne de 86%, par contre dans les lots des graines bruchées, le taux de germination est de 52%. Dans notre cas, le taux de germination des graines est beaucoup plus faible ceci pourrait s'expliquer par l'épuisement des réserves des graines par les larves d'*A. obtectus*.

I.2. Effet par répulsion

D'après le tableau (08) le nombre de bruches augmente dans les parties traitées uniquement avec l'acétone au fur et à mesure de l'augmentation de la dose de l'huile essentielle utilisée dans l'autre partie. Les effets les plus considérables sont enregistrés à la dose de 8 μ l où le taux de répulsion a atteint un maximum de 96% pour l'huile essentielle d'eucalyptus et 76% pour l'huile essentielle de pin sylvestre, alors qu'à la faible dose (2 μ l) les taux de répulsion sont respectivement de 36% et 16%.

En s'appuyant sur la méthode de Mc DONALD et *al.*, (1970), le taux moyen de répulsion de l'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* est de 65.5% ce qui nous permet de noter qu'elle appartient à la classe IV par conséquent son effet est répulsif. Alors que l'huile essentielle de pin sylvestre a un taux moyen de répulsion de 47%, elle appartient donc à la classe III avec un effet moyennement répulsif.

Tableau 08 : Nombre moyen de bruches recensées dans les parties traitées et non traitées et le pourcentage de répulsion de l'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* et l'huile essentielle de *Pinus sylvestris*.

Huile		<i>Eucalyptus radiata</i>			<i>Pinus sylvestris</i>		
Moyenne d'individus présents dans		Partie traitée	Partie non traitée	Pourcentage de répulsion	Partie traitée	Partie non traitée	Pourcentage de répulsion
Dose	2 μ l	3,2	6,8	36%	4,2	5,8	16%
	4 μ l	2,5	7,5	50%	3	7	40%
	6 μ l	1	9	80%	2.2	7.8	56%
	8 μ l	0,2	9,8	96%	1.2	8.8	76%
Taux moyenne de répulsion		65,5%			47%		
Classe		IV			III		
Effet		Répulsive			Moyennement répulsive		

L'effet répulsif de certaines huiles essentielles a été mis en évidence par de nombreuses études sur la bruche du haricot et d'autres bruches des stocks.

Ainsi, PAPACHRISTOS et STAMOPOULOS (2002) ont montré que sur les huiles essentielles de 13 plantes aromatiques, 5 d'entre elles (*M. viridis*, *E. globulus*, *M. microphilla*, *R. officinalis* et *L. hybrida*) ont manifesté des effets répulsifs importants sur les adultes d'*A. obtectus* contre trois huiles essentielles (*Thuja orientalis*, *C. sinensis* et *P. terebinthus*) qui n'ont pas révélé une telle activité.

HAMDANI (2012) montre que le taux de répulsion le plus faible est enregistré avec l'huile de l'Orange douce avec une moyenne de 17,5%, alors que le plus élevé est enregistré avec l'huile de Bigaradier avec une moyenne de 70%. Pour les deux autres huiles on a noté des taux de répulsion avec des moyennes de 50% et 42,5% respectivement pour l'huile de Citronnier et de Pamplemoussier.

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

HEDJEL-CHEBHEB (2014) a montré que les huiles essentielles de différentes espèces du genre *Eucalyptus* sont très actives à l'égard de *C. maculatus* à partir de la dose de 75µl. Par contre l'huile essentielle de *T. articulata* est très répulsive à partir de la dose de 6.5µl (80%). Celle de *P.halepensis* est modérément répulsive (60%).

IHIDOUSSENE et OUENDI (2009) ont conclu que l'huile de Citron a un effet relativement répulsif sur les adultes d'*A. obtectus* avec un taux moyen de répulsion de 43,75% alors que l'huile de Mandarinier s'est montrée beaucoup plus répulsive avec un taux de 63,75%.

De même HAMAI et al. (2006) ont mis en évidence l'effet répulsif de l'huile essentielle de citronnier et de lavande sur les adultes de *C. maculatus* avec un taux de répulsion de 63,75% et de 69,77% respectivement.

I.3. Effet par inhalation

La figure 23 montre que les taux de mortalité des adultes d'*A. obtectus* sont proportionnels aux deux facteurs dose et temps pour les deux huiles essentielles utilisées.

Dans les lots témoins, une mortalité de 0% est enregistrée après 96h d'exposition. Après 24 heures à la dose de 1.5µl, nous avons enregistré une mortalité de 100% pour

l'huile essentielle d'eucalyptus. Pour l'huile essentielle de pin sylvestre, une mortalité de 100% est enregistrée après 4 jours d'exposition à partir de la dose de 0.5 μ l.

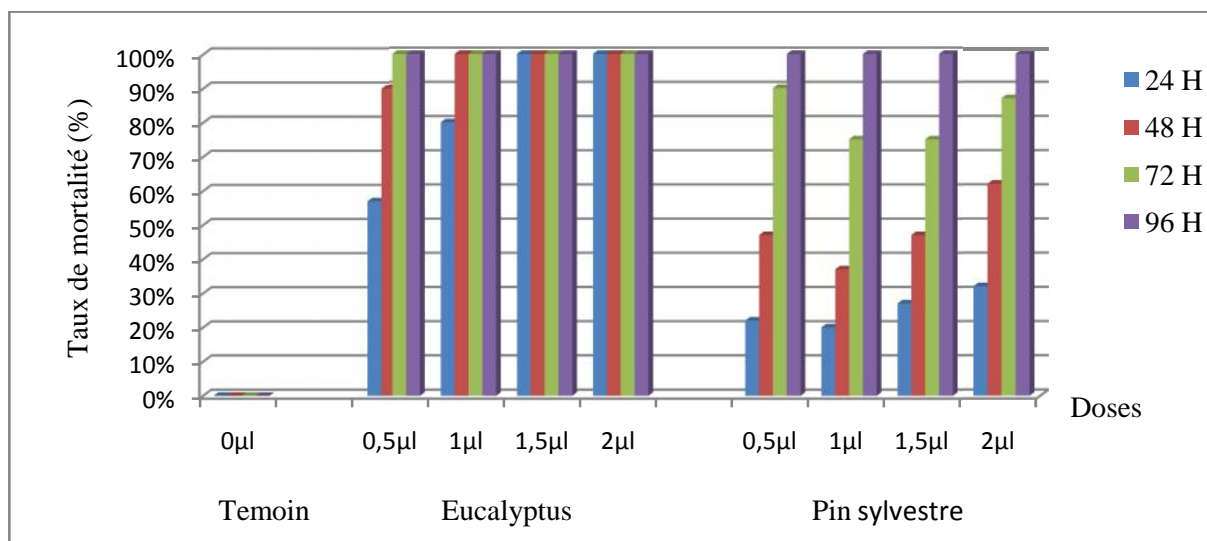


Figure 23. Mortalité en (%) des adultes d'*A. obtectus* traité par l'huile essentielle d'Eucalyptus et l'huile essentielle de pin sylvestre en fonction des doses et de la durée de traitement.

Pour les deux huiles testées l'analyse de la variance à deux critères de classification révèle qu'il y a une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P = 0$), et une différence très hautement significative pour le facteur temps ($P = 0$) ; l'interaction entre les deux facteurs montre également une différence très hautement significative ($P = 0$) (Annexe I. Tab. 15).

Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification 5% classe les 5 doses d'huile pour l'effet par inhalation dans 5 groupes homogènes (Annexe II. Tab. 17,18) et la durée d'exposition dans 4 groupes homogènes (Annexe II. Tab. 19,20).

Nos résultats corroborent ceux de GOUCEM –KHELFAANE (2014) qui a constaté que les huiles essentielles utilisées aux doses 0, 10, 30, 60 et 80 μ l/1L de volume d'air ont montré des taux de mortalités les plus élevés pour la menthe poivrée et la lavande (Lamiacées) ainsi que pour l'eucalyptus (Myrtacées) où une mortalité moyenne de 100% est enregistrée dès la plus faible dose (10 μ l) après une durée d'exposition de 72h.

D'autre part HAMDANI (2012) a montré que les taux de mortalité des adultes d'*A. obtectus* sont proportionnels aux deux facteurs dose et temps pour les quatre huiles essentielles d'agrumes utilisées. Le pourcentage de mortalité le moins élevé est enregistré

pour l'huile essentielle de l'Oranger avec une moyenne de 18,33% sur l'ensemble des doses et des durées de traitement, tandis que le plus élevé est noté pour l'huile de Bigaradier avec une moyenne de 79,27% sur l'ensemble des doses et des durées de traitement.

En outre, TALEB- TOUDERT (2015) a montré que les huiles essentielles d'*E.globulus* et *E. radiata* ont induit 100% de mortalité chez les adultes de *C. maculatus* après 96h d'exposition à la dose de 4 μ l

De même HEDJEL-CHEBHEB (2014) a enregistré 100% de mortalité des adultes de *C. maculatus* après 24h d'exposition dans les lots traité avec l'huile essentielle d'*E. cinerea* à la dose de 25 μ l. KELLOUCHE et al., (2010) ont obtenu les même résultats avec l'huile essentielle d'*E. globulus* et *E. citriodora*, et cela à partir de la dose de 20 μ l/L après 24h d'exposition

ADI et LHADJ (2005) pour leurs parts, affirment que l'huile essentielle d'Orange exerce une forte toxicité par inhalation sur *C. maculatus*, de sorte qu'elle induit 100% de mortalité après 48 heures à la dose de 0,5 ml/l d'air.

Conclusion

Au cours de notre travail, nous avons tenté d'évaluer la bio efficacité de deux huiles essentielles d'Eucalyptus radié (*Eucalyptus radiata*) et de pin sylvestre (*Pinus sylvastris*) sur les adultes d'*A. obtectus*. L'activité de ces produits est évaluée par contact, inhalation et répulsion.

Il ressort de notre étude qu'au fur et à mesure que les doses des bioinsecticides testées augmentent, la longévité des adultes ainsi que la fécondité des femelles diminuent et l'effet le plus remarquable est obtenu avec l'huile essentielle d'eucalyptus à la dose de 0,8µl (1,75jours avec un taux de fécondité qui est nul).

De même le taux d'éclosion des œufs ainsi que le taux d'émergence des individus sont inversement proportionnels aux doses évaluées. L'huile essentielle d'Eucalyptus s'est montrée plus efficace que celle de pin sylvestre avec un taux d'éclosion nul à la dose de 0,8µl.

De plus, ces bio insecticides jouent un rôle de protection envers les graines de haricot car en augmentant les doses la perte en poids des graines diminue jusqu'à ce qu'il soit négligeable aux plus fortes doses. Ceci s'explique par une réduction de l'intensité larvaire d'*A. obtectus* à l'intérieur des graines l'effet le plus efficace est enregistré avec l'huile essentielle d'eucalyptus de faite qu'à la dose de 0,6µl

L'utilisation des substances bio insecticides n'a pas affecté la faculté germinative des graines aux plus fortes doses comparativement à celle des graines bruchées qui ont montré un taux de germination faible. L'huile essentielle d'Eucalyptus à la dose de 0,8µl s'est avérée plus efficace avec un taux de germination maximal de 94%.

L'effet des huiles essentielles testées par répulsion sur les adultes de cette bruche s'est montré répulsif pour l'huile essentielle d'Eucalyptus avec un taux moyen de répulsion de 65,5%, et moyennement répulsif pour l'huile essentielle de pin sylvestre avec un taux moyen de répulsion de 47%.

Ces huiles exercent aussi un effet par inhalation à l'égard des bruches en fonction de la dose et la durée d'exposition; la mortalité maximale enregistrée est de 100% à la dose de 0,5µl après 72 heures d'exposition pour l'huile essentielle d'eucalyptus et après 96h pour l'huile essentielle de pin sylvestre.

Il ressort globalement de notre étude que les deux huiles essentielles et surtout celle d'Eucalyptus présentent une toxicité sur les adultes d'*A. obtectus* et affectent considérablement leur reproduction notamment la fécondité. De ce fait, elles pourraient constituer des moyens alternatifs à la lutte par les insecticides classiques.

D'autres études doivent être effectuées pour compléter ce travail dans le but de mieux connaître la bruche du haricot *A. obtectus* et d'évaluer l'importance d'autres huiles essentielles pour lutter contre ce ravageur potentiel des graines de haricots dans les stocks. Des investigations supplémentaires pourraient être réalisées avant toute application de ces huiles à grande échelle afin de prévenir d'éventuels risques toxiques aussi bien pour l'environnement que pour la santé humaine et animale.

Références Bibliographiques

- ADI S. et LHADJ T. 2005.** Action de quelques extraits végétaux sur la bruche de niébé *Callosobrucus maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire d'Ing. en biologie U.M.M.T.O.56p.
- AIBOUD K. 2011.** Etude de l'efficacité de quelques huiles essentielles à l'égard de la bruche de niébé *Callosobrucus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae) et impacts des traitements sur la germination des graines de *Vigna unguiculata*, Mémoire de Magister en science écologie.U.M.M.T.O.58p.
- ANONYME 1995.** Portraits de légumes : les atouts nutritionnels des légumes. Tout savoir sur les légumes, la santé et la nutrition. Lien. [www. Fondation-louisbonduelle. org](http://www.Fondation-louisbonduelle.org).
- AOUINTY B., OUFARAS. , MELLOUKI F. et MAHAR S. 2006.** Les extraits aqueux. Biotechnol. Agro. Soc. Environ.67p.
- BACHELOT S., BLAISE D., CORBELF. et GUERNICL. 2006.** Huiles essentielles extraction et comparaison. Thèse licence 2 Biologie (U.C.U. Bretagne Nord), 60p.
- BALACHOWSKY A. 1962.** Entomologie appliquée à l'agriculture, Tome I. les coléoptères. Ed. Masson et Cie éditeurs, Paris VI^{ème}. 494p.
- BALON N. et KIMON H. 1985.** Nutrition azotée des légumineuses : Nitrogen nutrition of légumes. Institut National de Recherche Agronomique. 28p.
- BENREY., CALLEJASA A., RIOS L., OYAMAK. Et DENNO R. F., 1998.** The effects of domestication of brassica and phaseoluson the interaction between phytophagous insects and parasitoids. Biological Control,11, PP 130-140.
- BONNEMAISON L., 1962.** Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forêts. Ed. Sep, Paris, pp. 124-132.
- BOUCHIKHI TANI Z. 2006.** Bio efficacité de la substance des feuilles de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* sur les différents états et stades de développement de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* (Coléoptera : Bruchidae).Mémoire de Magistère en Biologie. Option Ecologie Animale. Faculté des sciences. Université Abou Baker Belkaid Tlemcen.74p.
- BOUCHIKHI TANI Z., BEN DAHOU M. et KHELIL M. A., 2009.** Lutte contre la bruche *A. obtectus* et la mitte *Tineola bisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) par deux huiles essentielles extraites de deux plantes aromatique d'Algérie. Libanaise Science Journal, Vol. 11. PP 55,65.
- BOUCHIKHI TANI Z. 2010.** Lutte contre la bruche du haricot *Acanthoselides obtectus* (Coleoptera : Bruchidae) et la mite *Tineola bisselliella* (Le pidoptera, Tineidae) par des

plantes aromatiques et leurs huiles essentielles. These. Doctorat. En Bio. Eco. Univ. Tlemcen, 125p.

BRUNETON J. 1999. Pharmacognosie, phytochimie et plantes médicinales. 3^{ème} Ed. Tec Doc., Paris. pp 461-769.

CAMARA A. 2009. Lutte contre *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera : Curculionidae) et *tribolium castaneum herbst* (Coleoptera : Tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en Basse-Guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales. Thèse Doctorat en Science de l'environnement. pp1-6.

CHABERT G., 2013. Myrtacés et aromathérapie. Thèse de doctorat en pharmacie. Pharmaceutical sciences. Université Joseph Fournier. Grenoble 107.

CHAUX C. L. et FOURY C. L. 1994. Production légumière, tome III, légumineuses potagères, légumes fruits. Edition Lavoisier, Paris. 854p.

CHIASSON H. et BELOIN N. 2007. Les huiles essentielles, des biopesticides « nouveau genre ». *Antennae*. vol. 14, n°1. Bulletin de la société d'entomologie du Québec *Antennae*, Vol. 14, N° 1. PP 1-6.

CISOWSKY W. 1985. Flavonoid compounds in *Myrrhis odorata* (L.) Scop. *Herba Polonica*. 31, pp 13-19.s

CSESK J. et KAUFMAN P.B., 1999. HOW and why these compounds are synthesized by plants. *Natural products from plants*. CRC Press, Boca Raton FL. PP 37-90.

CRONQUIST A., 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia Univ. Press. New York. 1262 P.

DECELLE J. 1981. *Bruchidea* related to grain in the Afro-tropical area. *Series entomological*. 19. pp 617-636.

DELOBEL A. et TRAN B. 1993. Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, Paris, 424p.

DJEDDI S., 2012. Les huiles essentielles « des mystérieux métabolites secondaires ». Presses Académiques Francophones. 265p.

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

DUPREIZH et DELEENER P. 1987. Jardin et verger d'Afrique, Nivelles, Belgique. pp128.173.

FAO 2004. Perspective de l'alimentation n° 2, une production mondiale, Département économique et social.

FAO 2006. [http:// faostat fao.org](http://faostat.fao.org)

- FAO 2013.** [http:// faostat fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx/PageID=567](http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx/PageID=567) ancor.
- FRENOT M., VIERLING E, 2001.** Biochimie des animaux. Diététique du sujet bien portant. Science des animaux. 2eme Ed. Doin pp : 79-102.
- GAKURU N et FOUA-BI. K. 1996.** Effet d'extraits de plantes sur la bruche du niébé (*Callosobruchus maculatus*. F.) et de charançon de riz (*Sitophilus oryzae* L.) *Tropicultura* 13, pp 143-146.
- GEERTS P. TOUSSAINT A. MERGEAI G, BAUDOIN J. P. 2011.** Phaseolus immature embryo rescue technology. *Methods In Molecular biology* clifton, 710, pp 117-129.
- GOIX J. 1986.** Défense des cultures. *Phytoma*. Novembre 1986. pp 48-49.
- GORDON M. 2002.** Haricots secs : situation actuelle perspectives. *Le bulletin bimensuel*, 22 mars 2002, 15,5. Agriculture et agro-alimentaire Canada. 4p.
- GOUCEM-KHALFANE K. 2014.** Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles et des poudres de quelques plantes à l'égard de la bruche de haricot *Acanthoselides obtectus* Say (Choleoptera, Chrysomilidae, Bruchina) et comportement de ce ravageur vis- à- vis des composés volatils de différente variété de la plante hôte (*Phaseolus vulgaris* L.). Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Biologiques, spécialité Ecologie et Biologie des populations.U.M.M.T.O.144p.
- GUEYE M., SECK D., WATHELET J., et LOGNAY G., 2010.** Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* PP 183-194.
- GUIGNARD J. L. 1988.** Botanique, Ed. Masson, 159p.
- HAMAI K. ; HARMA K. et KACIMI F. 2006.** Effet de cinq huiles végétales sur l'activité biologique du bruche de niébé *Callosobruchus maculatus* F. (Coléoptera : Bruchidae) Mémoire d'Ing. en Biologie U.M.M.T.O.P67.
- HAMDANI D. 2012.** Action des poudres et des huiles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques de la bruche du Haricot, *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire de Magister en sciences écologie. U.M.M.T.O.97p.
- HAMOUDI N. et TEMMAR O. 2009.** Etude des effets insecticides de deux huiles essentielles de l'orange douce et de la carotte sur la biologie de la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidae).Mémoire d'Ing. en Biologie U.M.M.T.O.60p.
- HAYMA F. 2004.** Le stockage des produits agricoles et tropicaux. 4^{ème} Ed. Fondation Agronosa, Wageningen pp.8-18.

- HEDJAL-CHEBHEB M. 2014.** Identification des principes actifs des huiles essentielles de quelques résineux et plantes aromatiques de provenance Algérienne et Tunisienne. Etude de leur activité biologique à l'égard d'un insecte ravageur des graines stockées *Callosobruchus maculatus*. F. 1775 (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Biologiques, spécialité Entomologie appliquée. U.M.M.T.O.99p.
- HUBERT P. 1978.** Recueil de fiches technique d'agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles à Madagascar Antananarivo, BDPA. pp1-6.
- HUIGNARD J. GLITHO I. MONGE J. REGNAULT-ROGER I. 2011.** Insectes ravageurs des grains de légumineuses, biologie des *Bruchidea* et lutte raisonnée en Afrique. Edition Quae. France. 147p.
- IBRAHIM M.A. KAI NULAI NEN P. AFATUNI A. TILIKKALAK. Et HOLOPAINEN J.K. 2001.** Insectical, repellent antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: with special reference to linoleve an dits suitability for control of insect pest. Agriculture and Food Science in Finland, 10, 3, pp 243-259.
- IDI, A. 1994.** suivi de l'évolution des populations de bruches et de leur parasitoïdes dans les systèmes de stockages traditionnels de niébé au Niger. Thèse Doc. Univ., Niamez. pp 100.
- IHIDOUSSENE et OUENDI. 2009.** Effet des huiles essentielles de *Citrus Limonum* et *Citrus reticulata* sur l'activité biologique de la bruche de haricot : *A. obtectus* Say. (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire d'ing en biologie U.M.M.T.O, pp 43 – 59.
- ISMAN.B. 2000.** Plant essential oils for pest and disease management. *Crop protection* 19, pp 603-608.
- KASSEMI N. 2006.** Relation entre un insecte phytophage et sa principale plante Hôte : cas de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptra: Bruchidae). Mém. Magistère. Agro. Univ. TLEMEN. 77p.
- KELLOUCHE A. 2005.** Etude de la bruche du pois chiche *Callosobruchus maculatus*. Fss (Coleoptera : Bruchidae) ; Biologie, physiologie, reproduction et lutte, Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Naturelles, spécialité Entomologie. U.M.M.T.O.156p.
- KELLOUCHE A. et SOLTANI N.D. 2004.** Activité biologique des poudres de cinq plantes et l'huile essentielle d'une d'entre elles à l'égard de *Callosobruchus maculatus*. International journal of tropical insecte. Vol 24, n°01. pp 184-191.
- KETOH G. K. GLITHO A. L, KOUMAGLOK.** Evaluation of Essential Oils from six Aromatic Plants in Togo for *Callosobruchus maculatus* F. Pest Control, Insect Science, applic. Vol 20 (N° 01), pp 45-49.

- KHALDI R. ZEKRI S. MAATOUGUI M.E.H. et BEN YASSINE A. 2002 :** L'Economie des Légumineuses Alimentaires au Maghreb et dans le Monde. Proceedings du 2ème séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « *Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb* », Hammamet, Tunisie, 100p.
- KERGOAT G. J. 2004.** Le genre *Bruchidius* (Coléoptera, Bruchidea). Un model pour l'étude des relations évolutives entre les insectes et les plantes. Thèse. Doct. en Biologie. Univ. Paris6. 167p.
- KHELLIL M. A. 1977.** Influence de la chaleur utilisée comme moyen de lutte contre la bruche de haricot *A. obtectus*. Say. Coleoptere : *Bruchidea* sur les différents états et stades de développement. Mém d'Ing en Agronomie, INA. pp14-26.
- LABEYRIE V., 1962.** Les *acanthoscelides obtectus*, entomologie appliqué à l'agriculture dans : BALACHOWSKY. T1. Ed. Masson publ. Paris. P469 484.
- LICHTENSTEIN E. P., 1996.** Insecticides occurring naturally in crops. Adv. Chem. Ser. 53, PP 34-38.
- MOULA D. 2006.** Activité biologique de trois huiles essentielles *Citrus Limonum*, *Lavandula hybrida* et *Rosmarinus officinalis* à l'égard de *C. maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire d'Ing. en biologie U.M.M.T.O. pp 8 – 17.
- NYABYENDA P. 2005.** Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitudes d'Afrique. Ed. Tec et Doc, les presses Agronomique de Gembloux. pp38-42.
- PAPACHRISTOS, D. P. et STAMPOULOS, D.C.2002.** Reppelant, toxic and the production inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera : Bruchidae). Journal of Stored Products Research. Vol.38: 117-128.
- PERON J. Y. 2006.** Production légumières. 2ème édition. Lavoisier. 389p.
- PIERRARD G. 1984.** Management and control of insect pests of stored grain legumes in procs. Int. Workshop on Ipc for grain legumes gotania Goias (Brésil). pp276-286.
- REGNAULT-ROGER C. et HAMRAOUI A. 1993.** Efficiency of plants from the south of France used as traditional protectants of *Phaseolus vulgaris* L. against its bruchid *Acanthosceilides obtectus* (Say). J. stored Prod. Res., 29, pp 259-264.
- REGNAULT-ROGER C. et HAMRAOUI A. 1995.** Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of Kidneg bean (*phaseolus vulgaris* L. /J. Stored prod. Res, 31, pp291-299.
- REGNAULT- ROGER C., HAMRAOUI A. 1997.** Lute contre les insectes phytophages par les plantes aromatiques et leurs molécules allélochimiques. Ed. Acta bot. Gallica, pp 401-412.

- RIGHI F. 2010.** Etude de la relation plantes insecte chez les Bruchidées : cas de la bruche du pois chiche. Thé. De Doctorat en Biologie. Eco Ani. Uni. Mascara. 124p.
- REGNAULT- ROGER C., BERNARD J. R. ET PHYLOGENE C.V., 2002.** Biopesticides d'origine végétale. Tec et Doc Eds, Paris 337p.
- ROLAND J. C., 2002.** Des plantes et des homes. Ed. Vuibert. pp. 45-46.
- SANON A. SGABRA M. AUGER J. et HUIGNARD J. 2002.** Activity of methylisothiocyanate on *Callosobruchus* (F.) (Coléoptera: Bruchidea) and its parasitoid *Dinarmus basalic* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae). *J. Stor. Prod. Res.* 38, pp 129-138p.
- SERPEILLE A. 1991.** La bruche du haricot : un combat facile ? Bulletin semences N° 116, Ed. FNAMS, Paris. pp32-34.
- SILUE S. JACQUEMI N J. et BAUDOIN J. 2010.** Utilisation des mutations induites pour l'étude de l'embryogenèse chez le haricot *P. vulgaris* L. et deux plantes modèles, *Arabidopsis thalian* (L.) Heynh. Et *Zea mays* L. Biotechnol. Agron. Soc Environ. pp 195-205.
- SINGH H. R. et TAYLUR T. A. 1978.** Pest of grains legumes ecology and control. Ed. Singh S.R. Vanenden F. And Taylor T. A. Academic press, b- New York, 454p.
- SMITH C. M. 2005.** Plant resistance to arthropods. Edition Springer. The Netherlands, 423p.
- TALEB-TOUDERT K. 2011.** Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérien). Evaluation de leur effet sur la bruche de niébé *Callosobruchus Maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Biologique. U.M.M.T.O.160p.
- TAPONDJOU L.A.; ADLER C, BOUDA H.; FONTEMD.A. 2002.** Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post – harvest grain protectants against six – stored product beetles. *Journal of stored products Research*, 38, pp 395- 402.
- TOUAMI F. et ZERAR D. 2006.** Contribution à l'étude de l'activité biologique de l'huile essentielle de cèdre, de jasmine, d'amande douce et de la lavande à l'égard de la bruche de niébé *C. maculatus*. F. (Coleoptéra : Bruchidae)
- VANHUIS D., 1991.** Biological method of Bruchid control and the tropic. A review insect scion. *Applic.* 12(1-2-3), PP 87-102.
- ZAGHOUANE O., 1997.** La situation actuelle et les perspectives de développement des légumineuses en Algérie; *Revue Céréaliculture*, 34, pp 27-30.

Annexe

Annexe I

Tableau 1 : Analyse de la variance au seuil 5% pour le paramètre longévité des adultes d'A. *obtectus* traités avec l'huile d'*Eucalyptus radiata*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	294,8	19	15,516				
VAR.FACTEUR 1	292,3	4	73,075	438,45	0		
VAR.RESIDUELLE 1	2,5	15	0,167			0,408	7,29%

Tableau 2 : Analyse de la variance au seuil 5% pour le paramètre longévité des adultes d'A. *obtectus* traités avec l'huile de pin sylvestre.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	206,55	19	10,871				
VAR.FACTEUR 1	199,8	4	49,95	111	0		
VAR.RESIDUELLE 1	6,75	15	0,45			0,671	8,77%

Tableau 3 : Analyse de la variance au seuil 5% pour la mortalité corrigée des adultes d'A. *obtectus* traités avec l'huile d'*Eucalyptus radiata*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	93020,66	95	979,165				
VAR.FACTEUR 1	28150,22	3	9383,406	148,574	0		
VAR.FACTEUR 2	49805,69	5	9961,138	157,722	0		
VAR.INTER F1*2	10517,5	15	701,167	11,102	0		
VAR.RESIDUELLE 1	4547,258	72	63,156			7,947	10,51%

Tableau 4 : Analyse de la variance au seuil 5% pour la mortalité corrigée des adultes d'A. *obtectus* traités avec l'huile de pin sylvestre.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	100487	95	1057,757				
VAR.FACTEUR 1	35373,58	3	11791,19	73,634	0		
VAR.FACTEUR 2	48007,8	5	9601,561	59,96	0		
VAR.INTER F1*2	5576,039	15	371,736	2,321	0,00928		
VAR.RESIDUELLE 1	11529,54	72	160,133			12,654	24,20%

Tableau 5: Analyse de la variance au seuil 5% pour le paramètre fécondité des femelles d'A. *obtectus* traités avec l'huile d' *Eucalyptus radiata*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	66002,95	19	3473,84				
VAR.FACTEUR 1	65767,2	4	16441,8	1046,138	0		
VAR.RESIDUELLE 1	235,75	15	15,717			3,964	8,92%

Tableau 6: Analyse de la variance au seuil 5% pour le paramètre fécondité des femelles d'A. *obtectus* traités avec l'huile de pin sylvestre.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	33669,8	19	1772,095				
VAR.FACTEUR 1	33035,8	4	8258,95	195,401	0		
VAR.RESIDUELLE 1	634	15	42,267			6,501	7,30%

Tableau 7 : Analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre éclosion d'œufs d'A. *obtectus* traités avec l'huile d' *Eucalyptus radiata*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	13107,13	19	689,849				
VAR.FACTEUR 1	13018,99	4	3254,747	553,858	0		
VAR.RESIDUELLE 1	88,147	15	5,876			2,424	5,96%

Tableau 8 : Analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre éclosion d'œufs d'A. *obtectus* traités avec l'huile de pin sylvestre.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	10032,18	19	528,01				
VAR.FACTEUR 1	9975,694	4	2493,924	662,23	0		
VAR.RESIDUELLE 1	56,489	15	3,766			1,941	3,70%

Tableau 9 : Analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre émergence des adultes d'A. *obtectus* traités avec l'huile d' *Eucalyptus radiata*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	3528,638	19	185,718				
VAR.FACTEUR 1	3495,935	4	873,984	400,869	0		
VAR.RESIDUELLE 1	32,703	15	2,18			1,477	10,14%

Tableau 10 : Analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre émergence des adultes d'*A. obtectus* traités avec l'huile de pin sylvestre.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2130,542	19	112,134				
VAR.FACTEUR 1	2044,589	4	511,147	89,202	0		
VAR.RESIDUELLE 1	85,953	15	5,73			2,394	16,61%

Tableau 11: Analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre perte en poids des graines de *P. vulgaris* traités avec l'huile d' *Eucalyptus radiata*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2874,497	19	151,289				
VAR.FACTEUR 1	2860,796	4	715,199	783,04	0		
VAR.RESIDUELLE 1	13,7	15	0,913			0,956	11,42%

Tableau 12 : Analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre perte en poids des graines de *P. vulgaris* traités avec l'huile de pin sylvestre.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2107,913	19	110,943				
VAR.FACTEUR 1	2069,895	4	517,474	204,169	0		
VAR.RESIDUELLE 1	38,018	15	2,535			1,592	12,81%

Tableau 13 : Analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre faculté germinative des graines de *P. vulgaris* traités avec l'huile d' *Eucalyptus radiata*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	18135,33	19	954,491				
VAR.FACTEUR 1	18004,1	4	4501,024	514,479	0		
VAR.RESIDUELLE 1	131,231	15	8,749			2,958	4,31%

Tableau 14 : Analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre faculté germinative des graines de *P. vulgaris* traités avec l'huile de pin sylvestre.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	10977,17	19	577,746				
VAR.FACTEUR 1	10890,19	4	2722,547	469,51	0		
VAR.RESIDUELLE 1	86,98	15	5,799			2,408	4,34%

Tableau 15: Analyse de la variance au seuil 5% pour le paramètre mortalité des adultes d'*A. obtectus* par effet d'inhalation de l'huile d'eucalyptus et de l'huile essentielle de pin sylvestre..

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	270374,3	159	1700,468				
VAR.FACTEUR 1	25250,59	1	25250,59	242,892	0		
VAR.FACTEUR 2	164733,7	4	41183,43	396,153	0		
VAR.FACTEUR 3	30506,84	3	10168,95	97,818	0		
VAR.INTER F1*2	7608,781	4	1902,195	18,298	0		
VAR.INTER F1*3	14151,91	3	4717,302	45,377	0		
VAR.INTER F2*3	10621,28	12	885,107	8,514	0		
VAR.INTER F1*2*3	5026,219	12	418,852	4,029	0,00003		
VAR.RESIDUELLE 1	12475	120	103,958			10,196	15,98%

ANNEXE II

Tableau 1: Résultats de test de NEWMAN et KEULS pour l'effet du facteur dose d'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* traités par contact sur la longévité des adultes d'*A. obtectus*.

Dose	Longévité moyenne en jours	GROUPES HOMOGENES				
d 0 μ l	12,5 \pm 0,57	A				
d 0,2 μ l	6,75 \pm 0,5		B			
d 0,4 μ l	4 \pm 0			C		
d 0,6 μ l	3 \pm 0				D	
d 0,8 μ l	1,75 \pm 0,5					E

Tableau 2: Résultats de test de NEWMAN et KEULS pour l'effet du facteur dose d'huile essentielle de pin sylvestre traités par contact sur la longévité des adultes d'*A. obtectus*.

Dose	Longévité moyenne en jours	GROUPES HOMOGENES				
d 0 μ l	12,5 \pm 0,57	A				
d 0,2 μ l	9.5 \pm 0,57		B			
d 0,4 μ l	7.5 \pm 0.57			C		
d 0,6 μ l	5.25 \pm 0.95				D	
d 0,8 μ l	3.5 \pm 0,57					E

Tableau 3: Résultats de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de facteur dose d'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* sur la mortalité corrigée des adultes d'*A. obtectus*.

Dose	Mortalité moyennes (%)	GROUPES HOMOGENES				
0.2 μ l	49.8 \pm 8.33	A				
0.4 μ l	73.33 \pm 6.42		B			
0,6 μ l	85 \pm 5.10			C		
0,8 μ l	95 \pm 7.80					D

Tableau 4: Résultats de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de facteur dose d'huile essentielle de pin sylvestre sur la mortalité corrigée des adultes d'*A. obtectus*.

Dose	Mortalité moyennes (%)	GROUPES HOMOGENES				
2 μ l	35.89 \pm 12.80	A				
4 μ l	32.41 \pm 14.14		B			
6 μ l	61.66 \pm 10.44				C	
8 μ l	79.16 \pm 5.31					C

Tableau 5: Résultat de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de facteur temps d'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* sur la mortalité corrigée des adultes d'*A. obtectus*.

Temps	Mortalité moyennes (%)	GROUPES HOMOGENES			
1j	32.5± 12.64	A			
2j	60.62± 7.18	A			
3j	78.75± 6.05	A			
4j	90.97± 2.48		B		
5j	94.53± 5.35			C	
6j	96.25± 4.47				D

Tableau 6: Résultat de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de facteur temps d'huile essentielle de pin sylvestre sur la mortalité corrigée des adultes d'*A. obtectus*.

Temps	Mortalité moyennes (%)	GROUPES HOMOGENES			
1j	13.75± 6.58	A			
2j	32.5± 8.75	A			
3j	53.75± 11.25	A			
4j	65.83± 13.75		B		
5j	74.14± 15.25			C	
6j	73.75± 10				D

Tableau 7: Résultats de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de facteur dose d'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* traité par contact sur la fécondité des femelles d'*A. obtectus*.

Dose	Moyenne de la fécondité	GROUPES HOMOGENES				
d 0ul	155,75 ± 7,41	A				
d 0,2µl	40,5 ± 4,20		B			
d 0,4µl	19,5 ± 2,08			C		
d 0,6µl	6,5± 1,29				D	
d 0,8µl	0 ± 0					E

Tableau 8: Résultats de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de facteur dose d'huile essentielle de pin sylvestre traité par contact sur la fécondité des femelles d'*A. obtectus*.

Dose	Moyenne de la fécondité	GROUPES HOMOGENES				
d 0 μ l	155,75 \pm 7,41	A				
d 2 μ l	104,5 \pm 10,66		B			
d 4 μ l	88,75 \pm 2,98			C		
d 6 μ l	59,25 \pm 4,57				D	
d 8 μ l	37,25 \pm 3,59					E

Tableau 9: Résultats de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose d'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* traité par contact sur l'éclosion des œufs d'*A. obtectus*.

Dose	Moyennes d'éclosion (%)	GROUPES HOMOGENES				
d 0 μ l	77,73 \pm 1,570	A				
d 0,2 μ l	50 \pm 2,94		B			
d 0,4 μ l	45,75 \pm 2,21			C		
d 0,6 μ l	30 \pm 3,65				D	
d 0,8 μ l	0 \pm 0					E

Tableau 10: Résultats de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose d'huile essentielle de pin sylvestre traité par contact sur l'éclosion des œufs d'*A. obtectus*.

Dose	Moyennes d'éclosion (%)	GROUPES HOMOGENES				
d 0 μ l	77,73 \pm 1,570	A				
d 2 μ l	71 \pm 2,94		B			
d 4 μ l	60,75 \pm 2,21			C		
d 6 μ l	33,58 \pm 1,05				D	
d 8 μ l	19,5 \pm 1,29					E

Tableau 11: Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de l'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* traité par contact sur l'émergence des adultes d'*A. obtectus*.

Dose	MOYENNES Emergence (%)	GROUPES HOMOGENES			
d 0 μ l	33,29 \pm 2,69	A			
d 0,2 μ l	24,5 \pm 1,29		B		
d 0,4 μ l	15 \pm 1,41			C	
d 0,6 μ l	0 \pm 0				D
d 0,8 μ l	0 \pm 0				D

Tableau 12: Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de l'huile essentielle de pin sylvestre traité par contact sur l'émergence des adultes d'*A. obtectus*.

Dose	MOYENNES Emergence (%)	GROUPES HOMOGENES			
d 0 μ l	33,29 \pm 2,69	A			
d 2 μ l	15,25 \pm 3,86		B		
d 4 μ l	10,75 \pm 2,21			C	
d 6 μ l	8,75 \pm 0,95				C
d 8 μ l	4 \pm 0,81				D

Tableau 13: Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de facteur dose de l'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* traité par contact sur la perte poids des graines.

Dose	Moyenne perte en poids (%)	GROUPES HOMOGENES			
d 0 μ l	31,83 \pm 0,36	A			
d 0,2 μ l	6 \pm 1,42		B		
d 0,4 μ l	4 \pm 0,81			C	
d 0,6 μ l	0 \pm 0				D
d 0,8 μ l	0 \pm 0				D

Tableau 14: Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de facteur dose de l'huile essentielle de pin sylvestre traité par contact sur la perte poids des graines.

Dose	Moyenne perte en poids (%)	GROUPES HOMOGENES			
d 0 μ l	31,8 3 \pm 0,36	A			
d 2 μ l	12,7 \pm 2,22		B		
d 4 μ l	8,57 \pm 1,09			C	
d 6 μ l	5,3 \pm 1,32				D
d 8 μ l	3,75 \pm 1,70				D

Tableau 15: Résultats de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de facteur dose de l'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* traité par contact sur la germination des graines du haricot.

Dose	MOYENNES Germination	GROUPES HOMOGENES			
d 0 μ l	11,69 \pm 1,41	A			
d 0,2 μ l	69,5 \pm 4,20	A			
d 0,4 μ l	75,25 \pm 4,27				
d 0,6 μ l	92,25 \pm 1,70		B		
d 0,8 μ l	94,25 \pm 1,70			C	D

Tableau 16: Résultats de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de facteur dose de l'huile essentielle de pin sylvestre traité par contact sur la germination des graines du haricot.

Dose	MOYENNES Germination	GROUPES HOMOGENES				
d 0 μ l	11,69 \pm 1,41	A				
d 2 μ l	52,5 \pm 2,64		B			
d 4 μ l	65,5 \pm 2,64			C		
d 6 μ l	70 \pm 2,94				D	
d 8 μ l	77,5 \pm 2,08					E

Tableau 17 : Résultats de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de facteur dose d'huile essentielle d' *Eucalyptus radiata* sur la mortalité des adultes d'*A. obtectus* testée par inhalation.

Doses	Moyenne Mortalité	GROUPES HOMOGENES				
0µl	0 ± 0	A				
d 2µl	86.87± 7.63	A	B			
d 4µl	95 ± 3.65			B		
d 6µl	100 ±0				B	
d 8µl	100±0					C

Tableau 18 : Résultats de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de facteur dose d'huile essentielle de pin sylvestre sur la mortalité des adultes d'*A. obtectus* testée par inhalation.

Doses	Moyenne Mortalité	GROUPES HOMOGENES				
d 0µl	0 ± 0	A				
d 2µl	65± 11.40		B			
d 4µl	58.12 ± 8.85			C		
d 6µl	62.5 ±21.37				D	
d 8µl	70.62±9.74					E

Tableau 19 : Résultats de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de la durée de traitement par l'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* sur la mortalité des adultes d'*A. obtectus* testée par inhalation.

Temps	Moyenne Mortalité	GROUPES HOMOGENES				
J1	67.5± 5.96	A				
J2	78± 4.58		B			
J3	80 ± 0				C	
J4	80 ±0					D

Tableau 20 : Résultats de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de la durée de traitement par l'huile essentielle de pin sylvestre sur la mortalité des adultes d'*A. obtectus* testée par inhalation.

Temps	Moyenne Mortalité	GROUPES HOMOGENES				
J1	20.5± 11.29	A				
J2	39± 18.20	A				
J3	65.5± 11.86			B		
J4	80 ±0					C

Résumé

La présente étude a pour objet d'évaluer la toxicité de deux huiles essentielles de pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) Pinaceae et d'Eucalyptus radié (*Eucalyptus radiata*) Myrtaceae sur quelques paramètres biologiques de la bruche du haricot et quelques paramètres agronomiques de la graine. Les tests d'inhalation, de répulsion et de contact sur des graines de haricot sont réalisés sur des adultes d'*A. obtectus* âgés de moins de 24h à 30°C et 70% HR.

Nos résultats indiquent que les huiles essentielles de pin sylvestre et d'eucalyptus radié exercent une toxicité importante sur la bruche *A. obtectus*. En effet, les huiles essentielles entraînent une mortalité de 100% à la plus forte dose utilisée 0,8 µl après 1,75 jours pour l'*Eucalyptus radiata* et la dose 8µl après 3,5 jours pour le *Pinus sylvestris*. Les huiles essentielles affectent fortement la fécondité des femelles qui est complètement inhibée à la dose de 0,8µl, pour l'huile d'Eucalyptus radié, et significativement réduite à la dose de 8µl l'huile de Pin sylvestre (37,25 œufs /5 femelles), avec un effet important sur le taux d'éclosion et le taux d'émergence. Ces substances ont un effet protecteur des graines de haricot traité, puisque les pertes en poids enregistrées sont faibles aux plus fortes doses et le pouvoir germinatif des graines n'est pas affecté. L'huile essentielle d'Eucalyptus radié est répulsive avec un taux de 65,5%, et L'huile essentielle de Pin sylvestre est moyennement répulsive avec un taux de 47%. Ces huiles montrent aussi une toxicité inhalatrice très marquée sur les adultes d'*A. obtectus*.

Il ressort de notre étude que les huiles essentielles d'eucalyptus radié (*Eucalyptus radiata*) et de pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) présentent des propriétés insecticides en exerçant un effet létal sur les adultes d'*A. obtectus* et un effet inhibiteur sur la reproduction en diminuant la fécondité de la bruche du haricot.

Mots-clés : *Acanthoscelides obtectus*, *Phaseolus vulgaris*, *Eucalyptus radiata*, *Pinus sylvestris*, bioinsecticides, huiles essentielles,


Abstract

The present study aims to evaluate (*Pinus sylvestris*) and (*Eucalyptus radiata*) Essential oils toxicity using insect biological parameters (longevity, fertility, egg hatching and adult emergence) and some agronomical parameters. Inhalation, repellency and contact bioassays were realized on *A. obtectus* adults of 24h old reared at 30°C and 70 % RH.

Our results indicate that essential oils extracted from Pin sylvestre and Eucalyptus radié exert an important toxicity towards *A. obtectus* for all the conducted tests. Essential oils reduces adult longevity from a dose of 0,8µl inducing mortality rate of 100% after 1,75 days for *Eucalyptus radiata* and after 3,5 days for *Pinus sylvestris*. Female fecundity is completely inhibited at 0,8µl of essential oil for *Eucalyptus radiata* and is significantly decreased at 8µl for essential oil for *Pinus sylvestris*, influencing mainly egg hatching rates and adults viability. Using these biopesticides ensures protector effects of bean seeds treated since weight losses percentage were decreased without affecting seed germination. Eucalyptus radié and Pin sylvestre essential oils exhibits a repellent effect with a rate of 65,5 and 47% respectively, and shows high fumigant toxicity upon *A. obtectus* adults.

Our investigation suggests that eucalyptus radié and pin sylvestre essential oils have insecticide properties exerting lethal effects upon *A. obtectus* adults and female fecundity.

Keywords: *Acanthoscelides obtectus*, *Phaseolus vulgaris*, *Eucalyptus radiata*, *Pinus sylvestris*, bioinsecticides, essential oils.



Je dédie ce modeste travail :

A la mémoire de tous ceux qui nous ont quitté (baba ALI, baba MOUH et MANI), en témoignage de ma profonde gratitude et amour, que l leurs âmes reposent en paix.

A ma grand-mère (MANI) qui a toujours été une source de douceur pour moi.

A la source de courage et d'affection mon père, qui a tout sacrifié pour que J'atteigne ce niveau.

A la source de tendresse et d'amour ma mère, que j'ai toujours trouvé à mes cotés.

A mes adorables frères : FAROUK et SID AHMED

A mes merveilleuses sœurs : AMIRA et son marie FATEH, MOUNIRA et mes petits anges HIBA et IMANE à qui je souhaite une vie pleine de joie.

A mes tantes: FATMA, MINA, BAYA, MALIKA et SALIHA à qui je souhaite une meilleure vie.

A mon oncle MOH SAID et sa femme SAFIA.

A mon oncle AZIZ et sa femme NADIA.

A vous mes petits anges : CHAYMA, ANIS, MOUHAMED, LOUBNA, RIYAD, MARWA, SALMA et AYA que Dieu vous garde.

A toute la famille SELLAH.

A toi HAYET et toute ta famille.

A mes amies : SAFIA, YAMI, NOUNA, SAMIA, ASSIA, NACERA et tous les camarades de la promotion MASTER en PPC 2014/2015.

A tous les collègues de travaille dans l'EPSP de DBK.

SARAH