

République Algérienne Démocratique 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
Département de Biologie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de master en Sciences Biologiques
Spécialité : Biologie et contrôle des populations d'insectes

Thème

Activité insecticide de l'huile essentielle de Romarin
(*Rosmarinus officinalis* L.) sur la bruche du haricot
Acanthoscelides obtectus Say (Coleoptera : Chrysomelidae)

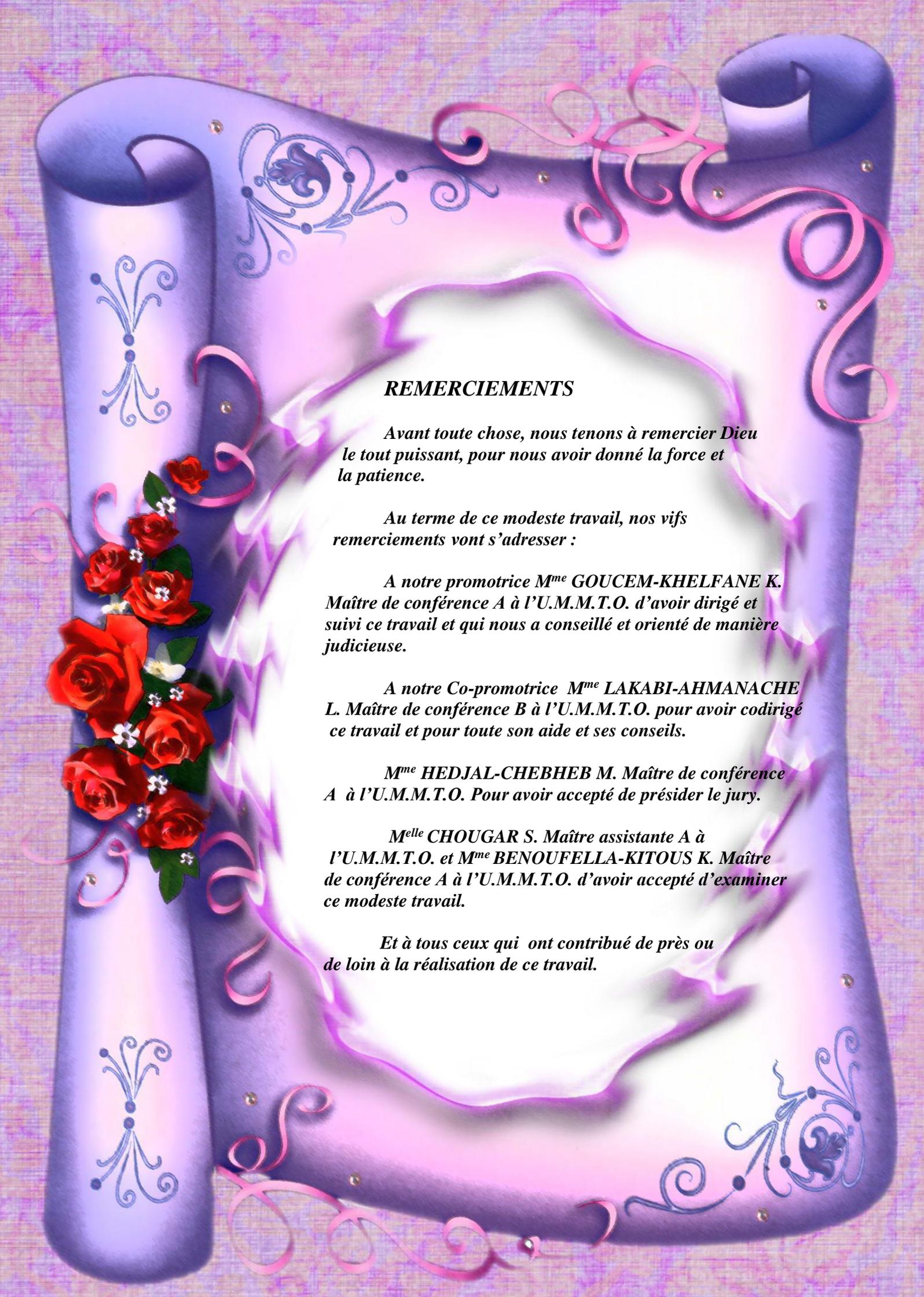
Réalisé par :

AGGOUN Samira
AKLIOUAT Fariza

Devant le jury composé de:

Présidente :	M ^{me} HEDJAL-CHEBHEB M.	M.C.A	U.M.M.T.O
Promotrice:	M ^{me} GOUCEM-KHELFANE K.	M.C.A	U.M.M.T.O
Co-promotrice:	M ^{me} LAKABI-AHMANACHE L.	M.C.B	U.M.M.T.O
Examinatrice I:	M ^{me} BENOUFELLA-KITOUS K.	M.C.A	U.M.M.T.O
Examinatrice II:	M ^{lle} CHOUGAR S.	M.A.A	U.M.M.T.O

Promotion : 2017 / 2018



REMERCIEMENTS

Avant toute chose, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant, pour nous avoir donné la force et la patience.

Au terme de ce modeste travail, nos vifs remerciements vont s'adresser :

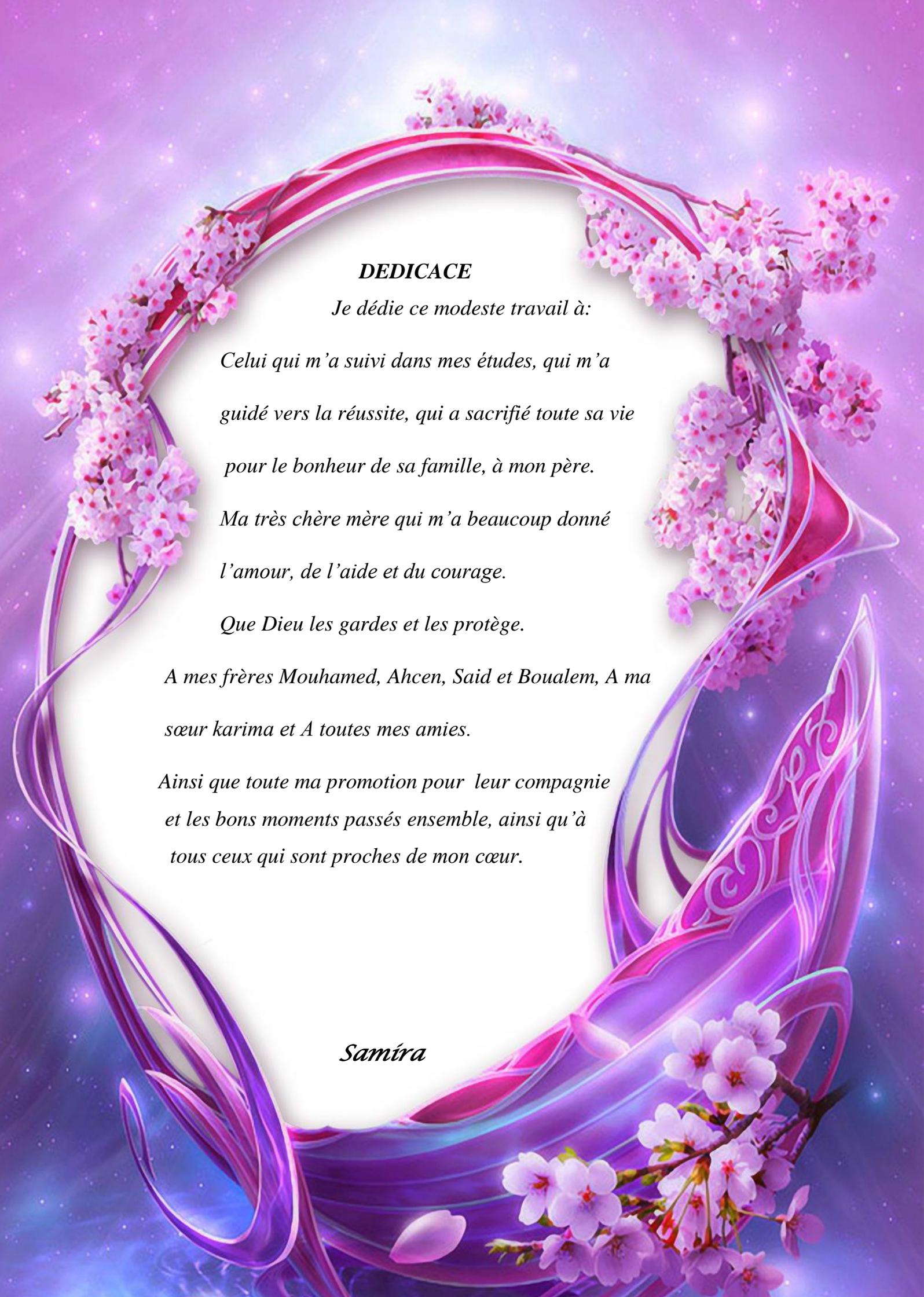
A notre promotrice M^{me} GOUCEM-KHELFANE K. Maître de conférence A à l'U.M.M.T.O. d'avoir dirigé et suivi ce travail et qui nous a conseillé et orienté de manière judicieuse.

A notre Co-promotrice M^{me} LAKABI-AHMANACHE L. Maître de conférence B à l'U.M.M.T.O. pour avoir codirigé ce travail et pour toute son aide et ses conseils.

M^{me} HEDJAL-CHEBHEB M. Maître de conférence A à l'U.M.M.T.O. Pour avoir accepté de présider le jury.

M^{lle} CHOUGAR S. Maître assistante A à l'U.M.M.T.O. et M^{me} BENOUFELLA-KITOUS K. Maître de conférence A à l'U.M.M.T.O. d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à:

*Celui qui m'a suivi dans mes études, qui m'a
guidé vers la réussite, qui a sacrifié toute sa vie
pour le bonheur de sa famille, à mon père.*

*Ma très chère mère qui m'a beaucoup donné
l'amour, de l'aide et du courage.*

Que Dieu les gardes et les protège.

*A mes frères Mouhamed, AHCEN, Saïd et Boualem, A ma
sœur Karima et A toutes mes amies.*

*Ainsi que toute ma promotion pour leur compagnie
et les bons moments passés ensemble, ainsi qu'à
tous ceux qui sont proches de mon cœur.*

Samira



Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

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 côtés.

A mon fiancé KARIM qui m'a toujours soutenu.

A mon très cher frère AZIZ et sa femme VEROUNIQUE.

A mes merveilleuses sœurs : LEATICIA, SARAH et YASMINA ;

A toi OUAHIBA et ton fiancé YACINE.

A toi NORA et ton mari ainsi qu'aux petits anges YACINE, AMIRA et INES.

A toi ZAZI, ton mari et le petit prince RAYEN.

A toute ma famille et ma belle-famille.

A tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

A mon binôme SAMIRA et à toute sa famille.

A toute la promotion BCPI 2017/2018

Fariza

Liste des figures

Figure 1. Morphologie de <i>Phaseolusvulgaris</i>)	6
Figure 2. Les différents stades larvaireschez <i>A. obtectus</i> observée sous la loupe binoculaire ..	16
Figure 3. Nymphe en phase de scléronisation et pigmentation d' <i>A. obtectus</i> observéeau (G×10)	17
Figure 4. L'adulte d' <i>A. obtectus</i> sur une graine de haricot commun observée à la loupe binoculaire au (G : 2×10) (ORIGINALE, 2018).....	17
Figure 5. Dimorphisme sexuel chez <i>A. obtectus</i>	18
Figure 6. Cycle de vie d' <i>A. obtectus</i> sur les graines de haricot dans les conditions de laboratoire	19
Figure 7. Graines de haricot endommagées par <i>A. obtectus</i>	20
Figure 8. Matériels de laboratoire utilisés dans les différents bio-essais.....	28
Figure 9. Morphologie générale du Romarin.....	29
Figure 10. L'huile essentielle de Romarin (<i>Rosmarinusofficinalis</i>).....	30
Figure 11. Elevage de masse de la bruche du haricot dans des bocaux en plastiques.....	31
Figure12. Test par contact de l'huile essentielle du Romarin à l'égard des adultes d' <i>A. obtectus</i>	32
Figure 13. Test de germination des graines traitées avec l'huile essentielle deRomarin	34
Figure 14. Dispositif expérimental du test de répulsion de l'huile essentielle deRomarin à l'égard de la bruche du haricot.....	35
Figure15. Dispositif expérimental du test d'inhalation de l'huile essentielle utilisée à l'égard des adultes d' <i>A. obtectus</i>	36
Figure 16. Longévité moyenne des adultes d' <i>A. obtectus</i> en fonction des doses de l'huile essentielle de Romarin et la durée de traitement.....	38

Liste des figures

- Figure 17.** Fécondité moyenne des femelles d'*A. obtectus* traitées par contact avec différentes doses de l'huile essentielle de Romarin. 41
- Figure 18.** Taux moyen d'éclosion des œufs d'*A. obtectus* après traitement à différentes doses de l'huile essentielle de Romarin. 43
- Figure 19.** Taux moyen d'émergence des adultes d'*A. obtectus* après traitement aux différentes doses de l'huile essentielle de Romarin par contact. 44
- Figure 20.** Perte en poids (%) des graines du haricot en fonction des doses d'huile essentielle du Romarin. 46
- Figure 21.** Taux de germination des graines *P. vulgaris* en fonction des doses de l'huile essentielle du Romarin utilisées par contact. 48
- Figure 22.** Taux de répulsion des adultes d'*A. obtectus* en fonction de l'huile essentielle *Rosmarinus officinalis*. 50
- Figure 23.** Mortalité en (%) des adultes d'*A. obtectus* traités par l'huile essentielle de Romarin en fonction des doses et de la durée d'exposition. 51

Liste des Tableaux

Tableau 1. Composition nutritive (par 100g de produit comestible) du haricot sec en comparaison avec celle du haricot vert	8
Tableau 2. La production et le rendement du haricot sec dans le monde	9
Tableau 3. Surface cultivée, rendement et production du haricot sec en Algérie entre 2011 et 2016	10
Tableau 4. Superficies et productions du haricot sec dans la wilaya de Tizi-Ouzou entre 2011 et 2017	10
Tableau 5. Les principaux ravageurs qui attaquent le haricot	11
Tableau 6. Les maladies du haricot et moyens de lutte	12
Tableau 7. Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc DONALD <i>et al.</i> (1970)	35

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Chapitre I : Etude de la plante hôte *Phaseolus vulgaris* L

1. Origine et répartition géographique.....	3
2. Position systématique.....	4
3. Caractères morphologiques et botaniques du haricot.....	4
3.1. Feuilles.....	4
3.2. Racines.....	5
3.3. Fleurs.....	5
3.4. Gousses.....	5
3.5. Gaines.....	6
4. Valeur nutritionnelle.....	6
5. Intérêt agronomique.....	8
6. Aspect économique.....	9
7. Ennemis ravageurs et maladies de <i>Phaseolus vulgaris</i>	10

Chapitre II : Etude de l'insecte *Acanthoscelides obtectus* Say

1. Généralités sur les insectes phytophages.....	14
2. Présentation de la famille des Bruchidae.....	14
3. Les caractéristiques de la bruche du haricot.....	15

3.1. La position systématique	15
3.2. Origine et Répartition géographique	15
3.3. Description de l'espèce	16
4. Le dimorphisme sexuel	18
5. Biologie et cycle de vie	18
6. Dégâts et pertes	19
7. Moyens de lutte	21
7.1. La lutte préventive	21
7.2. La lutte curative	21

Chapitre III : Matériel et méthodes

1. Matériels	27
1.1. Matériel de laboratoire	27
1.2. Matériel biologique.....	29
2. Méthodes	31
2.1. Elevage de masse.....	31
2.2. Le test par contact	31
2.3. Test par répulsion	34
2.4. Le test par inhalation	36
2.5. Analyse statistique.....	37

Chapitre IV: Résultats et discussion

1. Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle de Romarin sur <i>A. obtectus</i>	38
---	----



1.1.Effet par contact	38
1.2.Effet par répulsion	49
1.3.Effet par inhalation	51
Conclusion	55
 Références bibliographiques	
 Annexes	

Les légumineuses font partie de l'alimentation traditionnelle et constituent la principale source de protéines disponibles localement dans les pays en voie de développement. Elles présentent une grande importance alimentaire, économique et agronomique. Parmi ces légumineuses figurent les haricots, les pois, les pois chiches, les fèves (dont les fêveroles) et les lentilles.

Elles sont présentes dans le régime alimentaire de plusieurs millions de personnes dans le monde entier. Elles sont riches en protéines (teneur deux à trois fois plus élevée que la plupart des céréales) et constituent une bonne source d'énergie et fournissent de nombreux éléments minéraux essentiels comme le fer et le calcium. Dans la plupart des pays à faibles revenus, près de 10% de la consommation journalière de protéines et près de 5% de l'apport énergétique proviennent de légumineuses (ANONYME, 2002).

Malheureusement, ces cultures se caractérisent très souvent par des rendements faibles et instables. Cela s'explique d'une part par leur sensibilité aux contraintes abiotiques (froid, chaleur, 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 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).

Cependant, en plus des pertes de rendement enregistrées au champ, le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) subit des dégâts considérables pendant le stockage. Ainsi, des quantités importantes de grains de légumineuses sont perdues chaque année conséquence d'une mauvaise maîtrise des conditions de stockage. La production de haricot, déjà affectée par les aléas climatiques, se trouve limitée par les pertes occasionnées par des champignons surtout les moisissures (BULTER et DAY, 1998) et des insectes coléoptères chrysomélidés (Bruchinae) qui rendent très difficiles sa conservation post-récolte et qui causent une diminution directe du poids sec et des qualités technologique et nutritionnelle des grains (BALAWCHOWSKY, 1962).

La bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say (Coléoptère, Bruchidae) est un insecte cosmopolite potentiellement ubiquitaire, pouvant infester sa plante hôte *Phaseolus vulgaris* L. à la fois au champ et dans les stocks. Elles peuvent aussi s'attaquer à d'autres

légumineuses originalement 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* L.) (REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI, 1997).

Face à la menace que constituent les insectes, principalement les ravageurs des stocks, les moyens de lutte sont essentiellement articulés autour de l'utilisation d'insecticides surtout par fumigation dont l'efficacité à contrôler les insectes nuisibles est certaine. Cependant, compte tenu des nuisances associées à leur utilisation, telles que leur toxicité, la perturbation de l'équilibre biologique de l'écosystème, leur coût élevé, la faible maîtrise des techniques d'utilisation et le développement de souches résistantes (DJOUSSOU, 2006), la recherche de solutions alternatives moins polluantes s'impose.

Il est donc nécessaire de rechercher des méthodes de contrôle efficaces contre les 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 pour isoler ou identifier des substances secondaires extraites de plantes qui ont une activité insecticide, par répulsion, contact ou inhalation sur les insectes (LICTHENSTEIN, 1996).

C'est dans ce contexte que s'inscrit l'objectif de notre travail, où nous nous sommes proposées de tester dans les conditions de laboratoire, l'effet insecticide de l'huile essentielle de Romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) par contact, par inhalation et par répulsion sur l'activité de la bruche du haricot *A. obtectus*.

Notre travail est structuré en 04 chapitres : le premier chapitre donne un aperçu général sur la plante hôte *P. vulgaris* ; Le deuxième chapitre présente l'insecte ravageur (*A. obtectus*) et les méthodes de lutte ; quant le troisième chapitre détaille le matériel et les méthodes utilisées ; Le quatrième chapitre présente les résultats obtenus suivis de leur discussion. Ce travail est terminé par une conclusion.

Introduction

Le genre *Phaseolus*, comprend un nombre important de légumineuses vivrières originaires de diverses régions écologiques, depuis les tropiques semi-arides jusqu'aux tropiques humides (VANDEBORGHT et BAUDOIN, 1998). Dans ce genre, le haricot commun est l'espèce économiquement la plus importante avec plus de 90% de la production mondiale du haricot.

Le haricot commun appartient à la tribu des *Phaseolae* dont le nombre chromosomique est de $2n = 22$ (CHAUX et FOURY, 1994).

1. Origine et répartition géographique

Le haricot commun, *Phaseolus vulgaris* L., a été domestiqué en Amérique centrale et en Amérique du Sud il y a plus de 9 700 ans. Sa domestication s'est produite indépendamment au Mexique et au Guatemala d'une part, et au Pérou et dans les pays voisins d'autre part. Des écotypes à petites graines sont présents à l'état sauvage au Nord de l'Argentine et en Amérique Centrale (GENTRY, 1969).

Des graines sèches furent introduites et semées au XVI^e siècle en Europe, puis sa culture s'est rapidement diffusée dans les zones méditerranéennes et subtropicales (PERON, 2006).

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).

Aujourd'hui produit dans le monde entier, le haricot se trouve dans tous les pays d'Afrique tropicale. Il est davantage apprécié dans les pays francophones qu'anglophones, davantage dans les zones urbaines que rurales, plutôt dans les hautes terres que dans les basses terres et en saison fraîche plutôt qu'en saison chaude (GENTRY, 1969).

2. Position systématique

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

Règne	Végétal
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Ordre	Fabales
Famille	Fabacées
Genre	<i>Phaseolus</i>
Espèce	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.

3. Caractères morphologiques et botaniques du haricot

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

C'est une plante constituée par l'assemblage de trois organes fondamentaux : la tige, les feuilles et les racines, formant ensemble l'appareil végétatif tandis que les deux organes qui sont le fruit et la fleur forment ensemble l'appareil reproducteur.

3.1. Feuilles

Les feuilles de *Phaseolus* sont entières, légèrement pubescentes à trois nervures qui partent de la base. Cette plante possède deux types de feuilles. Elle forme sur le deuxième nœud deux premières feuilles appelées feuilles primaires. C'est à partir du troisième nœud qu'elle développe les feuilles typiques du haricot.

D'après GALLAS et BENNFORT (1992), les deux premières feuilles sont simples et s'attachent face à face (Fig. 1-a) sur la tige alors que toutes celles qui suivent sont trifoliolées disposées d'une façon alterne, habituellement ovales et mesurent entre 7,5 et 14 cm de long sur 5,5 à 10 cm de large, les folioles latérales sont asymétriques, la centrale est symétrique.

3.2. Racines

Le haricot commun a un appareil racinaire avec plusieurs ramifications latérales et adventives (NYABYENDA, 2005).

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 (CHAUX et FOURY, 1994).

Selon le même auteur, la racine de haricot se forme progressivement après le stade de germination, elle est formée par une racine principale et des radicules de plus en plus fines, l'ensemble fixe la plante au substrat édaphique. Elle est pivotante et capable d'aller chercher l'eau profondément dans le sol.

3.3. Fleurs

Les fleurs de haricot présentent l'architecture propre à la famille des Fabacées. Elles sont portées sur des grappes axillaires courtes, de 4 à 10 fleurs. La corolle papilionacée, présente un étendard verdâtre à carmin, deux ailes blanches à lilas et une carène de même couleur (Fig. 1-b).

Chez le haricot, la fleur reste naturellement fermée. Exceptionnellement, certains hyménoptères (bourdons) parviennent à forcer l'obstacle de la corolle, permettant ainsi l'introduction d'un pollen étranger dans la fleur (CHAUX et FOURY, 1994).

3.4. Gousses

Les gousses sont d'une longueur de 4 à 25 cm à deux valves contenant en général 4 à 10 graines (NYABYENDA, 2005).

Selon GUIGNARD (1998), les gousses sont allongées, leur couleur varie selon les cultivars, du vert pâle ou du jaune au vert foncé (Fig. 1-c). Elles sont parfois tachées de couleurs diverses à maturité et peuvent être renforcées par des fibres ligneuses formant un parchemin sur les côtés.

La longueur des gousses varie en fonction de la variété et en fonction du nombre et de l'espacement entre les graines. Chaque gousse renferme deux à douze graines (CHAUX et FOURY, 1994).

3.5. Graines

Elles sont réniformes, arrondies à ovales plus ou moins allongées (Fig. 1-d). Le tégument peut être noir, blanc ou revêtu de différentes nuances de jaune, brun, rouge, ou rose selon les variétés (CHAUX et FOURY, 1994)

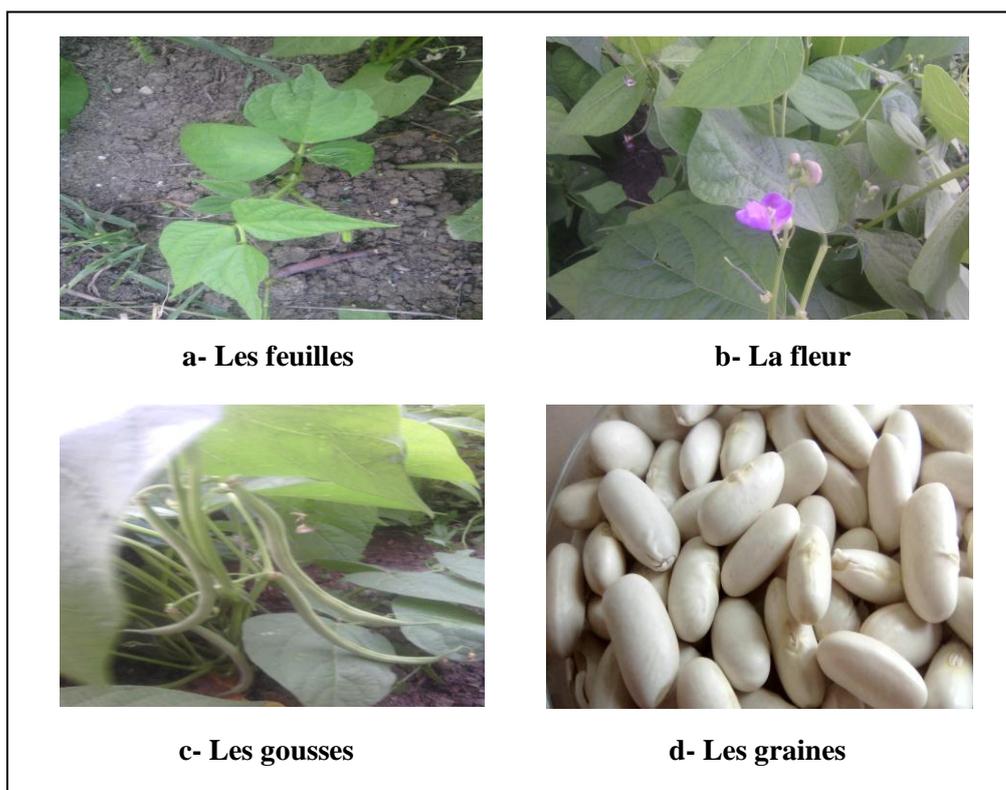


Figure 1. Morphologie de *Phaseolus vulgaris* (ORIGINALE, 2018).

4. Valeur nutritionnelle

L'alimentation quotidienne de chaque individu doit lui apporter une quantité suffisante des différents macronutriments (protéine, lipide et glucide) et micronutriments (vitamines, sels minéraux...) pour assurer la couverture de l'ensemble de ses besoins. La valeur alimentaire des graines de Légumineuses dépend de leur composition chimique et principalement de la teneur et de la qualité de leur protéine brute (DEMOL, 2002).

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 de source de protéines animales pour une grande partie de la population (NYABYENDA, 2005).

Les haricots secs sont une excellente source d'énergie, puisqu'ils sont riches en glucides complexes et fournissent une grande quantité de vitamines B, de calcium, de fer, de phosphore, de potassium et de zinc. Les haricots secs ne contiennent pas de gluten et très peu de sodium. Le profil nutritionnel des haricots secs en fait un aliment intéressant pour tous les types de régimes alimentaires, mais tout particulièrement pour les diètes sans gluten. De plus, certaines recherches médicales ont démontré que les haricots aident à réduire la cholestérolémie et pourraient aussi aider à régulariser la glycémie chez les diabétiques (GORDON, 2000).

Les haricots secs ont une faible teneur en gras, ne contiennent pas de cholestérol et sont une excellente source de fibres solubles (GORDON, 2000).

Leurs teneurs élevées en amidon leur donnent une valeur énergétique nette et élevée, proche de celle du blé (HUIGNARD et *al.*, 2011) (Tableau 1).

Il ressort du tableau que les haricots secs sont nettement plus riches en hydrates de carbone (52.20%), et en fibres (25.40%) et en protéines (19%) comparativement aux haricots verts qui sont riches surtout en vitamines A, B et l'acide folique.

Tableau 1 : Composition nutritive (par 100g de produit comestible) du haricot sec en comparaison avec celle du haricot vert (ANONYME, 2009).

Détermination	Haricot sec	Haricot vert
Eau	1.70 %	89.60 %
Vitamine A	/	67 %
vitamine B	Trace	24 %
Vitamine B1	0.5 mg	0.06 %
Vitamine B2	0.15 mg	0.1 mg
Acide folique	/	60 mg
Vitamine E	/	Trace
Hydrate de carbone	52.20 %	5 %
Protéines	19 %	2.3 %
Lipides	1.40 %	0.2 %
Fibres	25.40 %	2.9 %
Calcium	56 mg	40 mg
Fer	7.1 mg	0.9 mg
Sodium	95 mg	2 mg
Magnésium	78 mg	26 mg
Zinc	3.1 mg	0.2 mg
Iode	2 mg	32 mg
Potassium	737 mg	280 mg
Valeur énergétique	285 cal	30 cal

5. Intérêt agronomique

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

De ce fait, le haricot joue un rôle déterminant dans la nutrition azotée pour l'ensemble des cultures dans une rotation (GUY, 1985).

Dans les sols très pauvres en azote, comme ceux des zones tropicales, les Légumineuses peuvent être utilisées efficacement comme alternative à la fertilisation notamment dans les pays en voie de développement (ROLAND, 2002).

6. Aspect économique

Le haricot représente une source de revenus importante pour des millions de personnes notamment dans les milieux ruraux. Il constitue la principale Légumineuse alimentaire de plus de 300 millions de personnes en Amérique latine, en Afrique centrale et en Afrique de l'Est (SILUE *et al.*, 2010).

Durant la période allant de 1994 à 2004 la production mondiale de haricot sec a connu des fluctuations mais la tendance est légèrement à la hausse. Pendant cette période, la production a varié d'un plancher de 15,5 millions de tonnes à un sommet de 18,9 millions de tonnes (FAO, 2004 *in* KASSEMI, 2006).

Durant la période allant de 2011-2016, la production mondiale de haricot sec a varié d'un plancher de 24.1 million de tonnes à un sommet de 27.6 million de tonnes (FAO, 2018). La production mondiale maximale s'est élevée à 27.6 million de tonnes avec un rendement de 9004qx/ha, en 2015 (Tableau 2).

Tableau 2 : La production et le rendement du haricot sec dans le monde (FAO, 2018).

Années	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Production (tonnes)	24120029	24453279	24617270	26854288	27644185	26833394
Rendement (Fc)	7910 qx/ha	8396 qx/ha	8400 qx/ha	8865 qx/ha	9004 qx/ha	9129 qx/ha

Fc : données calculées.

D'après le ministère de l'agriculture et du développement rural (MADR), l'Algérie a mis en œuvre, un plan d'action visant l'augmentation de la production agricole et ceci par l'intensification de la culture des céréales et des Légumineuses. La production la plus importante pour l'Algérie a été estimée à 1421 tonnes avec une surface totale d'environ 1788 hectares en 2015. Cependant, elle baisse à presque la moitié (875 tonnes) en 2016 (Tableau 3).

Tableau 3 : Surface cultivée, rendement et production du haricot sec en Algérie entre 2011 et 2016 (FAO, 2018).

Années	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Superficie (F)	1218 ha	1573 ha	1427 ha	1633 ha	1788 ha	1310 ha
Rendement (Fc)	2824 kg/ha	6510 kg/ha	9544 kg/ha	8224 kg/ha	7947 kg/ha	6679 kg/ha
Production (tonnes)	953	1024	1362	1343	1421	875

F : estimation de la FAO, Fc : données calculées.

La superficie, la production et le rendement de haricot sec dans la wilaya de Tizi-Ouzou pendant la période 2011-2017 sont illustrés dans le tableau 4. Une superficie maximale de 34.5 ha est cultivée pendant la campagne agricole 2015-2016 avec un rendement moyen maximal de 16 kg/ha et une production de 540 tonnes.

Tableau 4 : Superficies et productions du haricot sec dans la wilaya de Tizi-Ouzou entre 2011 et 2017 (DSA., 2018).

Année	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
Superficie (F)	28.5 ha	30 ha	28 ha	28 ha	34.5 ha	31 ha
Rendement (Fc)	12 kg/ ha	12 kg/ha	16 kg /ha	16 kg/ha	16 kg/ha	12 kg/ha
Production (tonne)	326	250	440	425	540	374

F:estimation de la D.S.A de Tizi-Ouzou, Fc : données calculées

7. Ennemis ravageurs et maladies de *Phaseolus vulgaris*

Au cours du temps, les cultivateurs de haricot ont développé de nombreuses pratiques pour limiter l’expansion et les dégâts des différentes espèces d’organismes appelés « ravageurs » ou « bioagresseurs ». Le tableau 3 récapitule les principaux ravageurs du haricot et les méthodes de luttés utilisées.

A l'instar de toutes les espèces de Légumineuses, *P. vulgaris*, est sensible à de nombreuses maladies fongiques, virales et bactériennes (Tableau 4). L'impact de ces maladies est très variable selon la gravité des symptômes provoqués sur la plante hôte.

Tableau 5 : Les principaux ravageurs qui attaquent le haricot (CHAUX et FOURY, 1994).

Ravageurs	Principales méthodes de lutte
MYRIAPODES (Iules, Scutigérelles)	-L'enrobage des graines contre la mouche des semis permet de lutter contre les myriapodes.
ACARIEN JAUNE <i>Tetranychus urticae</i>	-Intérêt de l'irrigation par aspersion. Sur l'attaque déclarée : traitement par acaricide actif sous formes mobiles et œufs et à faibles doses: bifenthrine, dicofol, fenbutatin oxyde, hexythiazox.
PUCERON NOIR DE LA FEVE <i>Aphis fabae</i>	-Traitement aphicide précoce en combinant ou alternant les familles chimiques afin d'éviter l'apparition de phénomènes de résistance.
PUCERON DES RACINES <i>Trifidaphis phaseoli</i>	-En cas d'attaque est très importante, la lutte par incorporation au sol de produits organophosphorés est recommandée.
MOUCHE DES SEMIS <i>Delia platura</i>	-Lutte indispensable sur les semis précoces. -Enrobage des semences. -Traitement du sol avec micro-granulés.
PYRALE DU MAIS <i>Ostrinia nubilalis</i>	-En situations à risques, traiter à partir du grossissement des gousses avec un <i>pyréthrine</i> de synthèse à faibles doses
BRUCHE DU HARICOT <i>Acanthoscelides obtectus</i>	-En entrepôt : désinsectisation par fumigation sous vide. Dans les régions exposées, en culture pour le grain sec, demi sec ou la semence : traiter à titre préventif, en fin de grossissement des gousses, avec <i>deltaméthrine</i> ou <i>lambda cyhalothrine</i> .

Tableau 6 : Les maladies du haricot et moyens de lutte (NYABYENDA, 2005).

Type de maladie	Maladie et agent causal	symptômes	Moyens de lutte
Maladies fongiques	Maladie des taches anguleuses <i>Phaeoisariopsis griseola</i>	Tache anguleuse sur les feuilles délimitées par les nervures et taches arrondies rougeâtres sur les gousses.	<ul style="list-style-type: none"> - Composter les fanes, éliminer les plantules issues de graines germées hors saison et respecter la rotation. -Utilisation des variétés résistantes ou tolérantes. -Pulvérisation sur le feuillage du benomyl, du thiophanate-methyl...
	L'anthracnose <i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Taches arrondies, déprimées, grisâtres à contours rougeâtres sur les tiges, les feuilles et les gousses.	
	L'ascochyte <i>Ascochyta phaseolarum</i>	Grandes taches brunâtres sur les feuilles et les gousses.	
	La rouille du haricot <i>Uromyces appendiculatus</i>	Petites pustules arrondies, avec des spores au centre et entourées d'un halo chlorotique circulaire	
	La maladie des taches farineuses <i>Mycovellosiella phaseoli</i>	Taches de couleur jaune diffuse qui évoluent en nécroses brunâtres irrégulières, par un aspect farineux de la face inférieure de la feuille et une défoliation prématurée de la plante	
	Maladies radiculaire <i>Fusarium solani sp.phaseoli ; Rhizoctonia solani ; Pythium ssp. ; Thielaviopsis basicola</i>	Lésions nécrotiques avec une légère décoloration ; les tissus de l'hypocotyle des racines sont couverts de lésions ; détérioration du système racinaire.	
Maladies virales	La mosaïque commune du haricot. Virus (BCMV)	<ul style="list-style-type: none"> -Les plantes ont des dimensions réduites.-Feuilles déformées, recroquevillées vers le bas, cloquées ou plissées.-Les gousses sont déformées et rugueuses au toucher. 	<ul style="list-style-type: none"> -Utilisation des semences saines et arrachage des plantes malades. -Contrôle des pucerons. -Utilisation des variétés résistantes ou tolérantes.

Maladies bactériennes	<p>La bactériose à halo. <i>Pseudomonas syringaepv. Phaseolicola</i> et <i>Pseudomonas syringae pv. syringae</i></p>	<p>Petits points nécrotiques sur les feuilles entourées d'un halo chlorotique circulaire.</p>	<p>-Utiliser des semences saines et arracher les plantes malades. -Utilisation des variétés résistantes ou tolérantes. -Trempage des semences dans le sulfate de Streptomycine avant le semis.</p>
	<p>La bactériose commune <i>Xanthomonas campestris</i></p>	<p>Sur les feuilles des lésions brunâtres à brun clair, irrégulières, limitées par une bordure jaune. Sur les gousses, des taches de couleur vert foncé, graisseuses circulaires s'étendent le long des sutures.</p>	

1. Généralités sur les insectes phytophages

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) les définissent comme étant les insectes qui consomment des tissus vivants provenant des plantes terrestres vascularisées.

Les insectes phytophages représentent à eux seuls près de 25% de la biodiversité terrestre (KERGOAT, 2004). Ils sont essentiellement représentés par deux principaux ordres : les Lépidoptères et les Coléoptères, ce dernier constitue l'ordre le plus diversifié dont les Bruchidées.

2. Présentation de la famille des Bruchidae

La famille des Bruchidées compte des ravageurs des denrées stockées de grande importance. Les bruches adultes sont caractérisées par une forme courte, ramassée et globuleuse dont la taille se situe entre 1,3 et 5 mm; une tête qui est bien dégagée et un menton pédonculé (BALACHOWSKY, 1962). Les antennes insérées près des yeux ne sont pas filiformes, les élytres recouvrent incomplètes l'abdomen (HOFFMAN, 1945). Les pattes postérieures sont toujours plus développées que les autres pattes avec des fémurs fréquemment dilatés ou renflés.

Les ailes sont presque fonctionnelles chez presque toutes les espèces de cette famille (LABEYRIE, 1962). Les larves ont un régime lithophage car elles vivent exclusivement dans des graines de leur plante hôte. Le premier stade peut être apode ou bien pourvu de pattes et de soies l'aidant dans le déplacement, c'est par exemple le cas de la bruche du haricot (*Acanthoscelides obtectus*), dont les larves sont mobiles ce qui leur permet, après l'éclosion, de se diriger à la recherche d'une graine adéquate pour s'y installer (BOUGHADAD et *al.*, 1986). Par contre d'autres Bruches comme celle du niébé *Callosobruchus maculatus* la larve L₁ n'est pas mobile.

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 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 du niébé), *Callosobruchus chinensis* (la bruche chinoise), *Acanthoscelides obtectus* (la bruche du haricot), *caryedon serratus* (la bruche de l'arachide) et *Bruchidus atrolineatus* (la bruche africaine du niébé).

3. Les caractéristiques de la bruche du haricot

3.1. La position systématique

Selon BALACHOWSKY (1962), la bruche du haricot occupe la position systématique suivante :

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

3.2. Origine et Répartition géographique

A. obtectus est un ravageur des zones tropicales et subtropicales qui a suivi l'importation récente du haricot de l'Amérique Centrale vers l'Europe. L'introduction d'*A. obtectus* en Europe aurait suivi de peu celle du haricot. PERRIS (1874) la signale pour la première fois dans les cultures aux environs de Toulon (France) et CHITTENDEN (1892) note sa présence dans toute la région méditerranéenne et même en Iran (LABEYRIE, 1962).

De nos jours, le haricot est cultivé dans le monde entier, et par conséquent la répartition de l'insecte est cosmopolite avec un grand pouvoir migratoire en raison de son cycle de vie

polyvoltine. 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-Mc KEY et ALVAREZ, 2003).

3.3. Description de l'espèce

Le cycle de développement de la bruche du haricot renferme 04 stades qui sont comme suit :

3.3.1. L'œuf

Les œufs d'*A. obtectus* sont blancs et lisses, ils présentent une longueur de 0,75mm ; ils sont étroits, le pôle antérieur étant légèrement plus large que le postérieur (BALACHOWSKY, 1962).

3.3.2. La larve

Comme pour la plupart des Bruchidées, le développement larvaire d'*A. obtectus* se fait en quatre stades. La larve L₁ du 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 pro thoraciques et anales caractéristiques (BALACHOWSKY, 1962). Cette larve pénètre dans la graine de *P. vulgaris* et consomme les réserves contenues dans les cotylédons (STAMOPOULOS et HUIGNARD, 1980). Peu après son entrée dans la graine, la larve mue pour la première fois et passe au second stade L₂ apode de type rhynchophorien (BALACHOWSKY, 1962). Elle subira encore deux autres mues L₃ et L₄ pour achever son développement larvaire (KHELLIL, 1977) (Fig. 2).

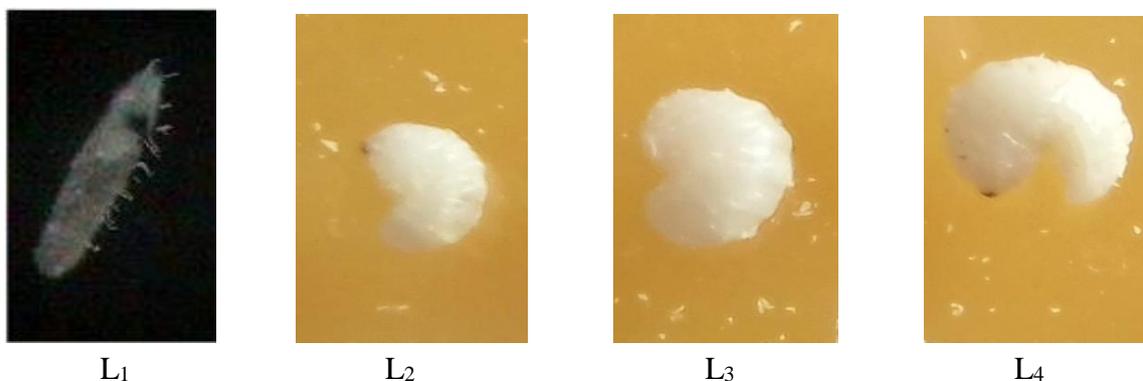


Figure 2. Les différents stades larvaires chez *A. obtectus* observée sous la loupe binoculaire (G :2x10) (ORIGINAL, 2018) (L₁ in HAMDANI, 2012)

3.3.3. La nymphe

La larve L₄ s'infiltré dans sa chambre nymphale et cesse de se mouvoir. Durant ce stade d'immobilité, la larve se transforme en un jeune imago qui subira encore des phénomènes de sclérotinisation et de pigmentation. La nymphe, est la dernière forme prise par la larve d'*A. obtectus* avant son émergence sous la forme d'adulte (Fig. 3), le temps nécessaire à la nymphose est de quinze à dix huit jours (GOIX, 1986).



Figure 3. Nymphe en phase de sclérotinisation et pigmentation d'*A. obtectus* observée au (G × 10) (ORIGINALE, 2018).

3.3.4. L'adulte

Selon BALACHOWSKY (1962), l'adulte d'*A. obtectus* (Fig. 4) mesure 2,5 à 3 mm de long sur 1,7 à 1,9 mm de large, mais il arrive que dans les cas de surpopulation, sa taille soit plus réduite. Le prothorax est subconique, distinctement arqué latéralement. Les élytres sont oblongs, assez arqués sur les cotés, avec des épaules peu marquées (MALLAMAIRE, 1968). Le Corps d'une couleur généralement brun ferrugineux, est recouvert partout de soies dorées courtes couchées vers l'arrière ; des pelages glabres forment des taches rectangulaires sur les élytres dont l'épipleure est peu développée (BALACHOWSKY, 1962). La troisième paire de pattes possède une forte dent accompagnée à la base de deux plus petites, située sur le bord inférieure-interne, visible extérieurement (MALLAMAIRE, 1968).



Figure 4. L'adulte d'*A. obtectus* sur une graine de haricot commun observée à la loupe binoculaire au (G : 2×10) (ORIGINALE, 2018).

4. Le dimorphisme sexuel

Selon BALACHOWSKY (1962), le dimorphisme sexuel (Fig. 5) est accentué chez *A. obtectus*. Le mâle d'*A. obtectus* est de taille généralement plus faible, peut être distingué par un caractère mis en évidence par PERRIS (1874) : le pygidium échancre largement le dernier arceau ventral du male qui reste entier chez la femelle. Un autre caractère, indique une différence dans la couleur du pygidium du mâle et celui de la femelle ainsi, chez le mâle, le pygidium est d'une couleur marron glabre avec des soies blanches ou grises qui sont distribuées d'une manière plus ou moins régulière, alors que chez la femelle le pygidium apparait avec des motifs obscures dus aux poils blancs ou gris qui sont légèrement denses au milieu et latéralement, donnant l'impression a deux bandes verticales marron et qui sont divisées par quatre taches marron claire .



Figure 5. Dimorphisme sexuel chez *A. obtectus* (HAMDANI, 2012)

5. Biologie et cycle de vie

La bruche du haricot peut évoluer dans deux milieux totalement différents à savoir les cultures et les graines entreposées.

Les adultes commencent à s'accoupler quelques heures après leur émergence. Dans les conditions naturelles, *A. obtectus* développe une seule génération dans le champ, alors qu'elle développe 2 à 3 générations dans les entrepôts de stockage ou elle trouve une température convenable pour son développement (SAPUNARU et al., 1999).

La forme adulte de la bruche de haricot hiverne à l'intérieur des graines et commence à circuler dans les locaux de stockage où dans les cultures dès que la température atteint 11 °C.

Elle peut même s'envoler par temps sec et ensoleillé, à partir de 21 °C. Chaque femelle peut pondre environ 40 œufs, déposés en groupes de 2 à 20 sur les gousses ou à l'intérieur de celles-ci (en culture), ou bien directement sur les graines (dans les locaux de stockage). Après un stade embryonnaire de 3 à 15 jours, la larve pénètre dans une graine. Sa croissance dure environ trois semaines, puis elle découpe un opercule de sortie circulaire dans la paroi du grain et se nymphose pour donner, 12 à 25 jours plus tard, un adulte capable de se reproduire à nouveau (Fig. 6).

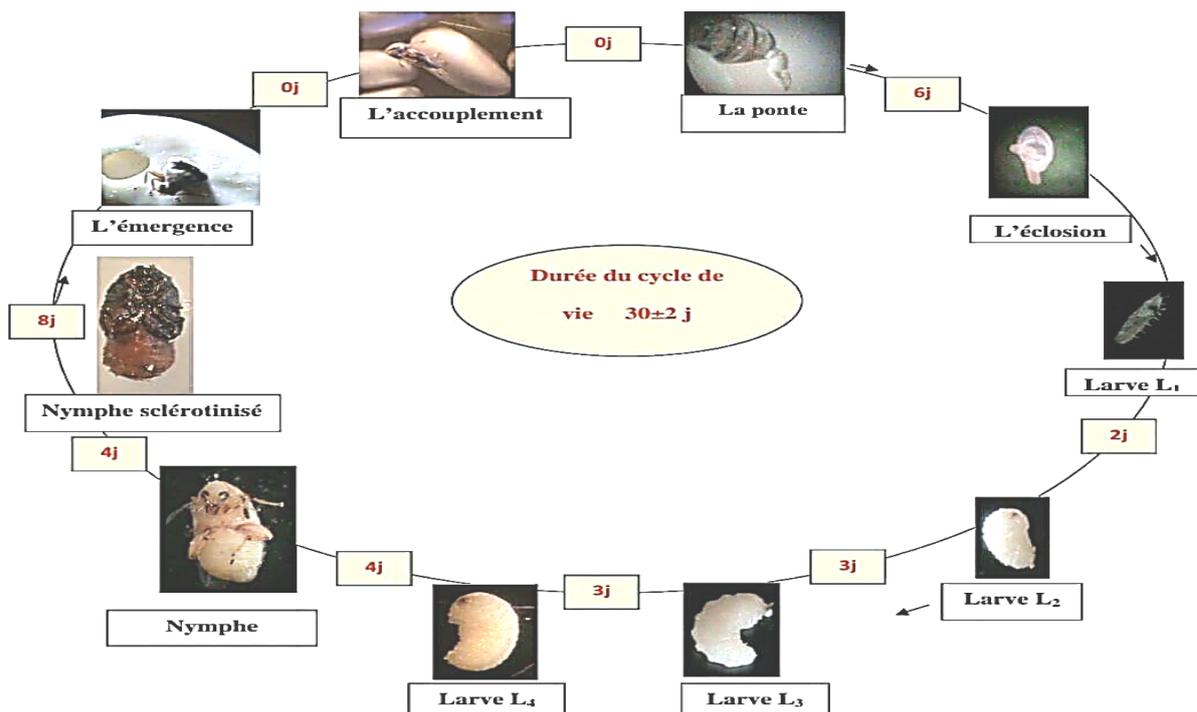


Figure 6. Cycle de vie d'*A. obtectus* sur les graines de haricot dans les conditions de laboratoire (HAMDANI, 2012).

6. Dégâts et pertes

La bruche du haricot commun, *A. obtectus*, est le principal ravageur qui s'attaque au haricot dans le champs et qui poursuit son action dans les lieux d'entreposage (AGONA et al., 2001).

Selon MALLAMAIRE (1968), *A. obtectus* est cosmopolite et se développe dans les graines de toutes les espèces du genre *Phaseolus*. Ces bruches perforent les graines conservées et abiment ainsi leur qualité commerciale (Fig. 7).

Les pertes en poids occasionnées dans les stocks peuvent être estimées à plus de 80% après six ou sept mois de stockage et les graines deviennent inconsommables (BOUCHIKHI TANI et *al.*, 2011).

En Afrique tropicale, les pertes causées par ces ravageurs sont estimées à 30-80% induisant ainsi des dégâts importants dans les stocks alimentaires ainsi que lors de la conservation des semences (MUSHAMBANYI et *al.*, 2005). Elle peut avoir jusqu'à six générations par an dans les régions tropicales (MALLAMAIRE, 1968). Dans la graine du haricot, une à 28 larves peuvent se développer consommant entièrement le contenu de la graine (SAPUNARU et *al.*, 1999).

Les pertes après récolte dues aux attaques de ces insectes ravageurs nuisibles peuvent être considérées sous deux aspects différents : au plan quantitatif (ou perte pondérale) et au plan qualitatif. La perte pondérale se traduit par la réduction du poids et du volume des graines attaquées par ces insectes pour s'en nourrir. La partie de l'albumen des graines attaquées par les bruches est détruite après le développement des larves et les graines fortement endommagées se délitent (avec la prise en masse possible en cas de développement de moisissures qui peuvent être éventuellement productrice de mycotoxine dangereuses pour la santé du consommateur régulier). Sur le plan qualitatif, les attaques d'insectes se traduisent généralement par une diminution de la valeur nutritive et de la capacité germinative des graines (HUIGNARD et *al.*, 2011).



Figure 7. Graines de haricot endommagées par *A. obtectus* (ORIGINALE, 2018).

7. Moyens de lutte**7.1. La lutte préventive**

Cette lutte consiste en une hygiène de stockage, des installations de manutention et des machines de récoltes. Il est important d'isoler les nouvelles récoltes de celles qui sont anciennes dans l'entrepôt (KELLOUCHE, 2005). Pour lutter contre les Bruchidae dans les champs, la pratique de la culture en mélange est utilisée. En effet, lorsqu'un champ comporte une seule espèce, les parasites et les ravageurs de cette espèce ont toutes les facilités pour s'y développer et pulluler. Par contre s'il ya plusieurs espèces associées, l'extension et la pullulation du parasite et ravageurs sont limités (DUPRIEZ et DELEENER, 1987).

La protection des stocks par certaines méthodes traditionnelles constitue un moyen intéressant de lutte préventive, néanmoins elle reste insuffisante car elle ne peut pas empêcher définitivement la multiplication du ravageur. Ce mode de lutte vise une réduction de l'infestation des gousses dans le champ. Pour cela, il ya recours à un ramassage des gousses à un stade phénologique précoce ou une récolte régulière des gousses dès leur maturité. Après la récolte, le produit est trié avant le stockage pour réduire l'infestation initiale et conserver les gousses ou graines indemnes (SOUKEYNA, 1999).

D'autres techniques comme l'utilisation de sacs en polypropylène ayant une doublure en coton sont conseillés car ils sont très efficaces pour empêcher les infestations ultérieures (CASWELL et VANHUI, 1991 *in* SOUKEYNA, 1999).

7.2. La lutte curative

Les traitements curatifs ont pour but d'empêcher le développement des ravageurs de légumineuses en cas d'infestation et avant d'arriver à des stades plus complexes irréversibles. Plusieurs moyens peuvent être utilisés :

7.2.1. La lutte physique

C'est une méthode qui consiste à utiliser des agents physiques (Mouvements, chaleur, lumière, froid, eau, radiation, ...) afin de ralentir au maximum l'activité biologique des ravageurs des graines.

D'après CRUZ *et al.* (1988), les basses températures ont pour effet de ralentir l'activité alimentaire de l'insecte ; en effet, la baisse des températures dans les entrepôts de stockage à moins de 1°C pendant un mois entraîne le mort des adultes. Pour éliminer les haricots parasités par la bruche du haricot, l'entreposage des graines destinées au semis au congélateur à -35°C pendant 24 à 48 heures est préconisé. Afin de ne pas provoquer de choc thermique, les graines sont laissées ensuite pour la même durée au réfrigérateur entre 0 et 4°C puis elles peuvent être conservées entre 10 et 20°C jusqu'au semis (CHINERY, 2012).

Il a été également constaté qu'une exposition à des températures supérieures à 30°C inhibe tous les stades de développement de la bruche du haricot (HUIGNARD et BIEMONT, 1974 *in* BOUCHIKHI TANI, 2011).

L'exposition des graines aux radiations ultra-violettes de longueur d'onde inférieure à 3126 Å⁰ provoque la mort des œufs et des larves des premiers stades et engendre des individus anormaux après l'émergence (LABEYRIE, 1962).

L'irradiation des denrées par des rayons gamma est une technique utilisée dans de nombreux pays pour lutter contre les insectes ravageurs, les doses élevées de rayons tuent les insectes, alors que les faibles doses les stérilisent (EL-BADRY et AHMED, 1975).

7.2.2. La lutte chimique

Deux types d'insecticides sont à distinguer :

❖ Les insecticides de contacts

Les insecticides de contact sont soit des insecticides organiques de synthèse (organochlorés, organophosphorés, carbamates et les pyrétrinoïdes), ou non organiques qui sont des composés arsenicaux, fluorés ou soufrés ou bien de l'acide cyanhydrique (DAJOZ, 2002).

L'intérêt de cette voie est que l'insecticide agit non seulement sur les insectes touchés par le produit toxique, mais aussi sur ceux qui viennent ultérieurement au contact des plantes traitées.

En milieu traditionnel, l'utilisation d'insecticides chimiques de contact se développe de plus en plus, notamment en poudrage ou en pulvérisation. Les efforts doivent porter sur la

formation des agriculteurs à l'emploi d'insecticides, plus efficaces et moins dangereux (KASSEMI, 2006).

Selon GUEYE et *al.* (2010), parmi les insecticides utilisés dans les lieux de stockage il ya le phosphore d'aluminium : le CELPHOS, le PHOSPHENON 570 GE.

❖ Les fumigants

Les fumigants sont appliqués par voie d'inhalation sous forme de gaz ou de vapeur. Ils peuvent pénétrer dans l'organisme par le système respiratoire, ou dans les espaces à diffusion lente tels que les sols. La lutte chimique par l'utilisation des fumigants (bromure de méthyle et phosphore d'hydrogène) était la plus couramment utilisée dans les pays développés grâce à son efficacité, mais elle reste dangereuse pour l'écosystème. L'intérêt de leur emploi est lié à leur diffusion à l'intérieur des graines et peuvent ainsi atteindre les formes cachées des ravageurs tels que les œufs, les larves et les nymphes (STEFAN, 1964 *in* KELLOUCHE, 2005).

7.2.3. La lutte biotechnologique

Les moyens utilisés dans cette action sont les phéromones de synthèse induisant un dérèglement du comportement des adultes par confusion de substances odorantes répulsives ou des hormones de croissance causant des troubles de développement. Ces régulateurs de la croissance des insectes (IRG) sont efficaces à tel point que la descendance devient incapable de se reproduire (GWINNER et *al.*, 1996).

7.2.4. La lutte biologique

a. Utilisation des ennemis naturels

Les Bruchidées sont parasitées par de nombreux hyménoptères qui sont soit oophages soit larvofage (PARKER, 1957 *in* BALACHOWSCKY, 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 stade larvaire et parasitent occasionnellement des pupes (BENREY et *al.*, 1998). Parmi les hyménoptères, le genre *Uscana* de la famille des trichogrammatidae comprend

plusieurs espèces associées aux Bruchidae (RIGUI, 2010). Le principal parasite d'*A. obtectus* est *Anisopteromalus calandrea* (PARKER, 1957 in BOUCHIKHI TANI, 2006).

Les larves d'*A. obtectus* sont également attaqués par l'acarien *pyemotes ventriculosis* (Pédiculoides) (BONNEMAISON, 1962).

b. La phytothérapie

L'usage des plantes indigènes dans la conservation des récoltes a été pratiquée 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 bio-pesticides contre les ravageurs pour leurs effets répulsifs, de contact ou fumigant et ce sous plusieurs formes, extraits organiques, extraits aqueux, poudres des plantes, huiles végétales et huiles essentielles.

b.1. Les extraits organiques

La composition chimique des plantes aromatiques est complexe ; elle est constituée de deux fractions :

- La première fraction dite volatile est présente dans différents organes de la plante selon la famille (CISOWSKI, 1985).

- La deuxième fraction dite non volatile est constitué de composées organiques non volatils (CONV), c'est une fraction composée essentiellement de coumarines et de flavonoïdes (CISOWSKI, 1985).

Selon REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI (1993), les extraits organiques les plus puissants sont :

- Le menthol extrait de thym : *Thymus vulgaris*.
- L'eugénol extrait du clou de girofle : *Eugenia caryophyllata*.
- La pulégone extraite de la menthe pouliot : *Mentha pulegium*.

b.2. Les extraits aqueux

Selon GAKURU et FOUA-BI (1993), c'est une méthode couramment utilisée par les fermiers africains en trempant des feuilles dans l'eau pour obtenir une solution à effet insecticide. D'après AOUINTY et *al.* (2006), cette solution est utilisée traditionnellement contre des insectes ; la matière végétale (feuilles, tiges et bois) et préalablement lavée à l'eau distillée puis séchée, ensuite broyée à l'aide d'un mixeur jusqu'à sa production en poudre. Ainsi, une quantité de 100g de la poudre est diluée dans un litre d'eau distillée. Le mélange obtenu est ensuite filtré à l'aide du papier WATTMAN (3 mm).

b.3. Les poudres de plantes

Selon GWINNER et *al.* (1996), plusieurs plantes aromatiques et médicinales sont testées pour protéger les graines entreposées sous forme de poudres obtenues par broyage des différents organes (fleurs, semences, écorces, racines et feuilles) de plantes séchées à une température ambiante de 26 à 28°C.

b.4. Les huiles végétales

Les huiles végétales sont utilisées très tôt dans la lutte contre les insectes sous forme d'émulsion. Ce sont à la fois des insecticides de contact qui agissent par leur propriétés physiques et chimiques, et des adjuvants des molécules liposolubles et dans certains cas des synergistes.

Les huiles végétales sont des esters d'acide gras à poids moléculaire élevé, elles sont visqueuses, peu volatiles et insolubles dans l'eau. Leur extraction se fait par pression.

Elles présentent une toxicité par la formation d'un film imperméable isolant l'insecte de l'air provoquant ainsi son asphyxie (REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI, 1994 a).

b.5. Les huiles essentielles

Le terme « Huiles essentielles » est un terme générique qui désigne les composants liquides et hautement volatiles des plantes, marqués par une odeur forte et caractéristique. Les terpènes (principalement les mono terpènes) en représentent la majeure partie (environ 90%). Par définition, ce sont des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophage (FANNY, 2008).

Selon le même auteur, les huiles essentielles sont obtenues par expression à froid (réservée aux agrumes) ou par distillation à la vapeur d'eau.

b.5.1. 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.

Il est possible de trouver dans la composition de certaines huiles essentielles d'autres corps à faibles proportions, tels que les coumarines volatiles (REGNAULT-ROGER et *al.*, 2002).

b.5.2. 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 perméable, isolant l'insecte de l'air provoquant son asphyxie mais aussi une pénétration en profondeur.

Aussi, les caractères amphiboliques de certains de leurs composés poly-phénoliques provoquent une perturbation de la motricité de l'insecte (REGNAULT-ROGER et *al.*, 2002).

Différents travaux font référence à l'utilisation d'huiles essentielles pour la protection des denrées stockées contre les insectes ravageurs, Selon NGAMOL et HANCE (2007), les constituants des huiles essentielles sont des sources potentielles d'insecticides botaniques. Plusieurs constituants sont insecticides. Le safrôle et l'eugénol ont des fortes activités insecticides sur les ténébrions et surtout le *T. castaneum* ainsi que sur la bruche du haricot. (Le limonène, agit contre différents ravageurs (IBRAHIM et *al.*, 2001).

Les travaux expérimentaux ont été réalisés dans le laboratoire de Production, Sauvegarde des Espèces Menacées et des Récoltes, Influence des Variations Climatiques (P. S. E. M. R. I. V. C) de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou durant la période allant de février à mai 2018.

1. Matériels

1.1. Matériel de laboratoire

Plusieurs outils sont nécessaires pour aborder notre travail expérimental. Nous avons disposé d'une étuve équipée d'un thermomètre et d'un humidificateur, réglée en vue d'avoir les conditions les plus propices pour assurer un développement rapide de la bruche du haricot à savoir une température de $30 \pm 1^\circ\text{C}$ et une humidité relative de $70 \pm 5\%$ et pour les différents essais.

Nous avons aussi utilisé (Fig. 8) :

- ❖ Des bocaux en plastique pour l'élevage de masse des bruches ;
- ❖ Des boîtes de Pétri en plastique et en verre (pour les différents essais) ;
- ❖ Une loupe binoculaire pour observer les différents stades de développement et pour le sexage des adultes d'*Acanthoscelides obtectus* ;
- ❖ Une balance à affichage électronique pour peser les graines de haricot ;
- ❖ Une micropipette (0,5-10 μl) pour le dosage des huiles ;
- ❖ Du papier filtre ;
- ❖ Autres accessoires : ciseaux, pinceaux, étiquettes, coton.

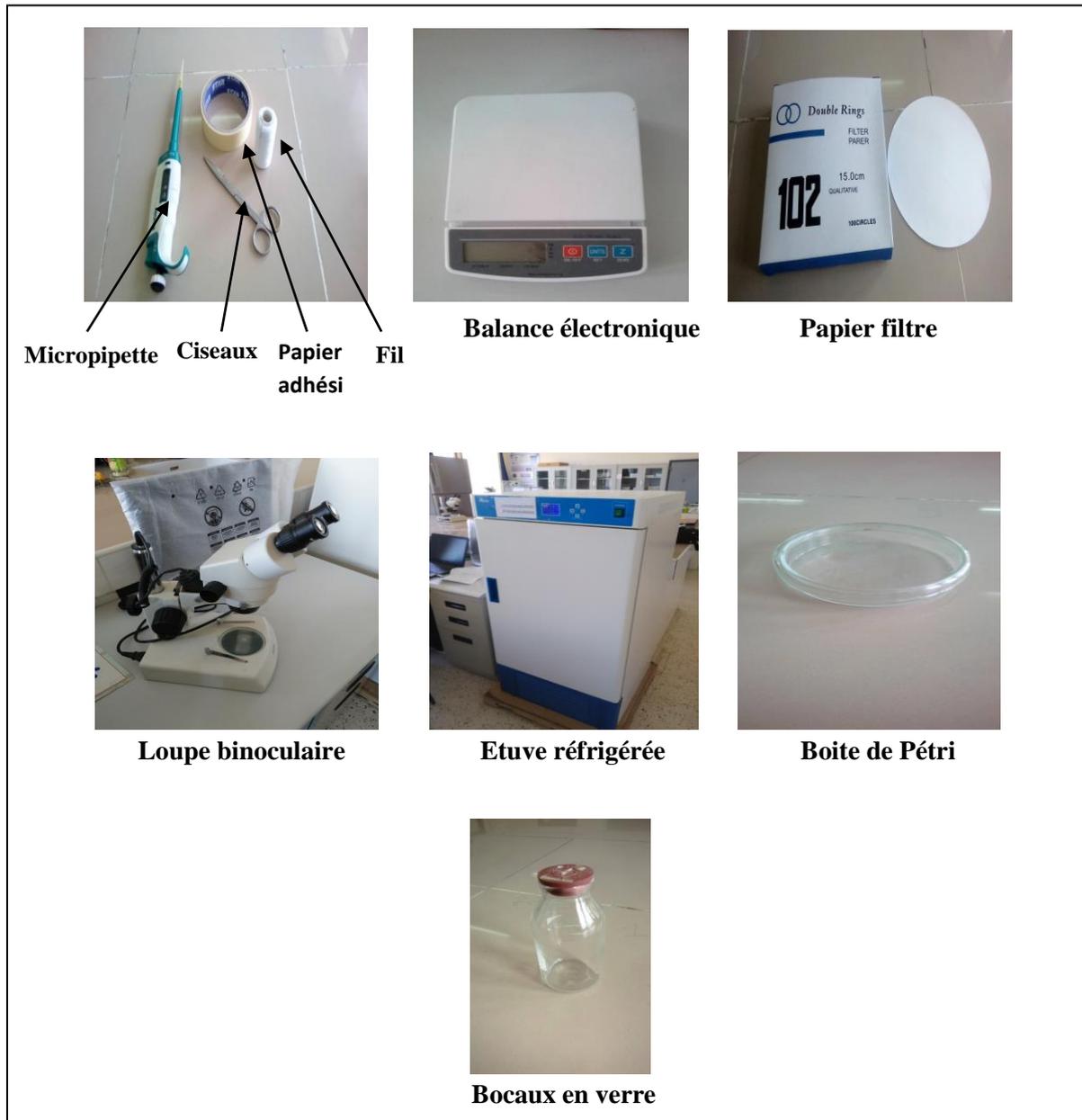


Figure 8. Matériels de laboratoire utilisés dans les différents bio-essais (ORIGINALE, 2018).

1.2. Matériel biologique

1.2.1. Les bruches

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

1.2.2. Les graines du haricot

Les graines du haricot (variété Rognon blanc) pour l'élevage de masse et les différents tests expérimentaux proviennent du marché local de la région de Tizi-Ouzou. Les graines sont lavées et séchées avant utilisation.

1.2.3. L'huile essentielle du Romarin

a. Description de Romarin

Le Romarin, *Rosmarinus officinalis* L. est un arbrisseau de la famille des Lamiacées originaire des pourtours de la méditerranée. Le Romarin peut atteindre jusqu'à 1,50 m de hauteur. Il possède des feuilles persistantes sans pétiole, coriaces, légèrement enroulés aux bords, vert sombre luisant sur le dessus, blanchâtres en dessous, avec une odeur très camphrée. Les fleurs varient du bleu pâle au violet (WILLIAMS, 1997) (Fig. 9).

Il possède de nombreuses vertus phytothérapeutiques, mais c'est aussi une herbe condimentaire et une plante mellifère, ainsi qu'un produit fréquemment utilisé en parfumerie.



Figure 9. Morphologie générale du Romarin (ORIGINALE, 2018).

b. Systématique

Selon CRONQUIST (1981), le Romarin est classé comme suit :

Règne :	Plantae
Division:	Magnoliophyta
Classe:	Magnoliopsida
Ordre :	Lamiales
Famille :	Lamiaceae
Genre:	<i>Rosmarinus</i>
Espèce:	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.

c. Composition chimique

L'huile essentielle de *R. officinalis* (Fig. 10) provient du marché local (Tizi-Ouzou). C'est une huile liquide et limpide, de couleur jaune pâle à jaune ambré. Elle est extraite par hydrodistillation des feuilles de Romarin récoltés en Algérie. D'après l'indication sur les flacons, cette huile essentielle présente le verbénone comme composé volatil majeur.

D'après ANONYME (2018), l'huile essentielle de romarin à verbénone est composée essentiellement de alpha pinène (15-40%) ; verbénone (4-14%) ; camphre (1-18%) ; acétate de bornyle (1-13%) et de 1,8-cinéole (4-18%).



Figure 10. L'huile essentielle de Romarin (*Rosmarinus officinalis*) (ORIGINALE, 2018).

2. Méthodes

2.1. Elevage de masse

L'élevage de masse est réalisé dans des bocaux en plastique (1 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).

Les bocaux sont maintenus à l'obscurité dans une étuve réglée à une température de 27°C et une humidité relative de 70±5%. Pour accélérer l'élevage de masse nous avons utilisé des couples d'insectes sans détermination du nombre et des graines de haricots préalablement contaminées (bruchées).

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



Figure 11. Elevage de masse de la bruche du haricot dans des bocaux en plastiques (ORIGINALE, 2018).

2.2. Le test par contact

Des masses de 25 grammes des graines de haricots sont placées dans des boîtes de Pétri en verre puis traitées avec l'huile essentielle de Romarin aux doses de 1µl, 2µl, 3µl, 4µl, 5µl et 6µl prélevées à l'aide d'une micropipette (Fig. 12).

Cinq couples d'*A. obtectus* âgés de moins de 24 heures sont introduits dans chaque boîte de Pétri. Parallèlement un témoin n'ayant pas reçu de traitement à l'huile essentielle est réalisé. 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 70±5%.

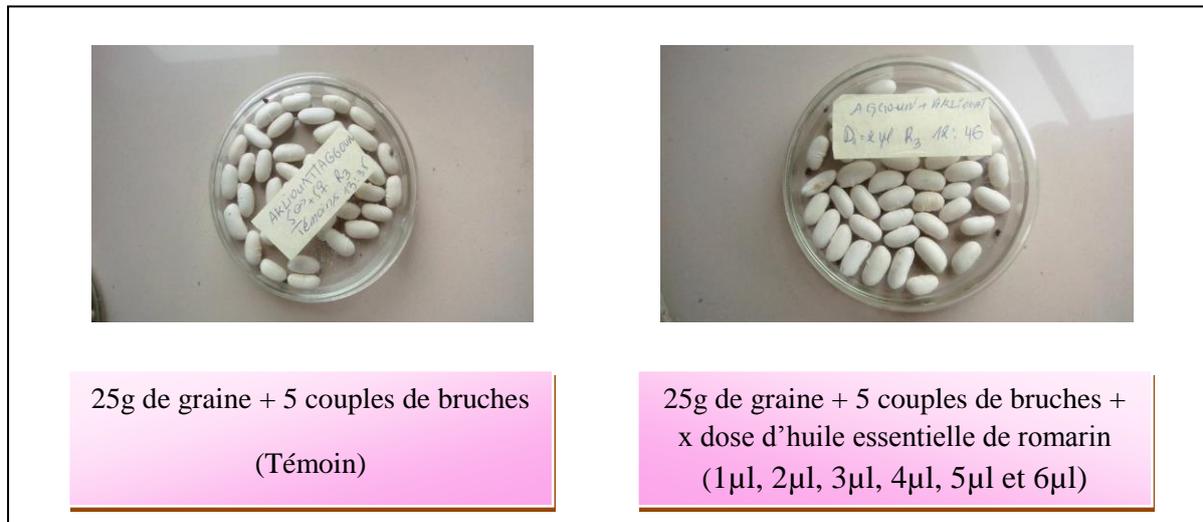


Figure 12. Test par contact de l'huile essentielle du Romarin à l'égard des adultes d'*A. obtectus* (ORIGINALE, 2018).

2.2.3. Paramètres étudiés

2.2.3.1. Paramètres biologiques de la bruche

- **Longévité des adultes**

Elle consiste à dénombrer tous les adultes morts pour toutes les doses jusque à la mort totale des individus et cela dès le lancement des tests.

- **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 :

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

- **Taux d'émergence**

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

Le taux de viabilité des adultes est calculé comme suit :

$$\text{Taux de viabilité} = (\text{nombre des individus émergés} / \text{nombre total des œufs}) \times 100$$

2.2.3.2. Paramètres agronomiques

- **Perte en poids**

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

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

- **Faculté germinative**

Une fois le test par contact est achevé, les différents lots de graines sont soumis au test de germination. Il consiste à prendre 25 graines au hasard de chaque échantillon traité par l'huile essentielle, du témoin et à les placer dans du coton imbibé d'eau dans des boîtes de Pétri en verre (Fig. 13). Au bout de quatre jours, les graines germées sont dénombrées pour chaque échantillon. Le taux de germination est donné par la formule suivante :

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



Figure 13. Test de germination des graines traitées avec l'huile essentielle de Romarin (ORIGINALE, 2018).

2.3. Test par répulsion

L'effet répulsif de l'huile essentielle de Romarin est évalué en utilisant la méthode de la zone préférentielle. Des disques de papier filtre sont divisés en deux parties égales et cinq doses de huile essentielle : 1 μ l, 2 μ l, 3 μ l, 4 μ l et 5 μ l sont préparées (prélevées à l'aide d'une micropipette).

Une partie du papier filtre est traitée avec l'huile essentielle de Romarin et l'autre partie est non traitée (témoin). Les disques sont reconstitués au moyen d'une bande adhésive puis placés dans des boîtes de Pétri au centre de laquelle cinq couples d'*A. obtectus* sont déposés. Quatre répétitions sont réalisées pour chaque dose d'huile essentielle (Fig. 14).

Après une demi-heure de traitement, les individus sont dénombrés sur chaque partie du disque.

En adoptant la méthode de Mc DONALD *et al.* (1970), le pourcentage de répulsion est calculé par la formule suivante :

$$PR(\%) = \frac{[Nt - Nh]}{[Nt + Nh]} \times 100$$

Nt : Nombre d'individus présents sur la partie non traitée (témoin).

Nh : Nombre d'individus présents sur la partie traitée avec l'huile essentielle.

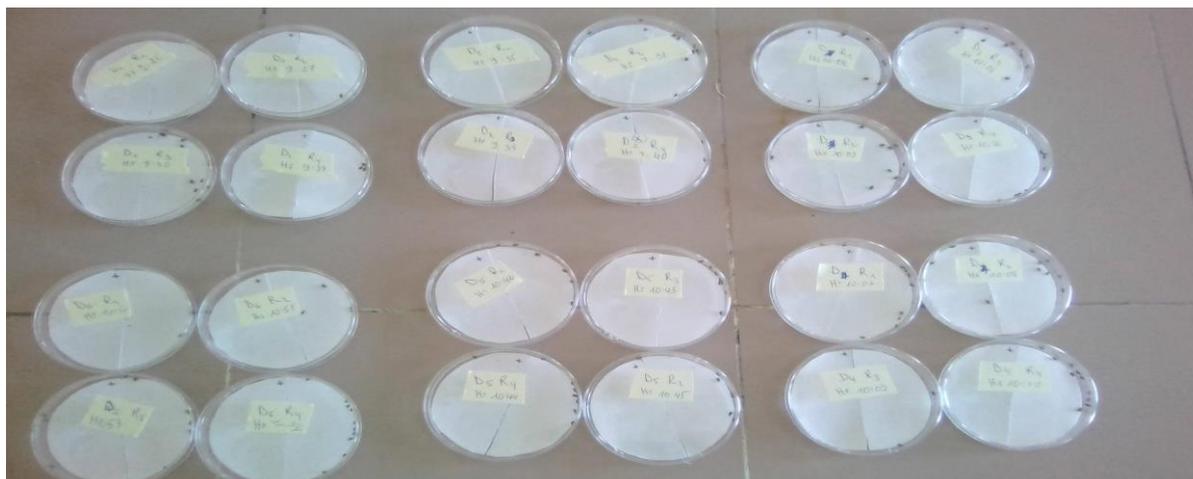


Figure 14. Dispositif expérimental du test de répulsion de l'huile essentielle de Romarin à l'égard de la bruche du haricot (ORIGINALE, 2018).

Selon le même auteur, le pourcentage de répulsion moyen calculé permet d'attribuer l'huile essentielle à l'une des différentes classes indiquées dans le tableau 7.

Tableau 7 : Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc DONALD *et al.* (1970).

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

2.4. Le test par inhalation

Il consiste à étudier la toxicité par inhalation de l'huile essentielle de Romarin à l'égard des adultes d'*A. obtectus*, aux différentes doses testées en fonction du temps. Il est réalisé selon le protocole suivant :

Dans des bocaux en verre de 125 ml de volume ; des disques de papier filtre de 2cm de diamètre sont suspendues à l'aide d'un fil fixé à la face externe du couvercle. Des doses de 1µl, 2µl, 3µl, 4µl, 5µl et 6µl sont injectées dans les disques de papier filtre à l'aide d'une micropipette. Cinq mâles et cinq femelles de bruches adultes âgés de moins de 24 heures sont introduits dans les bocaux en verre dont la fermeture est parfaitement étanche. En parallèle, un lot témoin n'ayant reçu aucun traitement est effectué. Quatre répétitions sont réalisées pour chaque dose et pour le témoin (Fig. 15).

Le dénombrement des individus morts est effectué pour chaque dose après 1H, 2H, 3H, 24H, 48H, 72H et 96H du lancement de l'expérience et cela pour chaque dose et pour chaque répétition.



Figure 15. Dispositif expérimental du test d'inhalation de l'huile essentielle utilisée à l'égard des adultes d'*A. obtectus* (ORIGINALE, 2018).

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 en utilisant le logiciel STATBOX, version 6.3 pour déterminer l'action de l'huile essentielle vis-à-vis de bruche du haricot.

Si la probabilité (**P**) est :

$\mathbf{P} > 0,05$, il n'y a pas de différence significative.

$0,01 < \mathbf{P} \leq 0,05$, il y a une différence significative.

$0,001 \leq \mathbf{P} \leq 0,1$, il y a une différence hautement significative.

$\mathbf{P} \leq 0,001$, il y a 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 (DAGNELIE, 1975).

1. Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle de Romarin sur *A. obtectus*

1.1. Effet par contact

1.1.1. Action sur la longévité des adultes

D'après les résultats obtenus (Figure 16), la longévité des adultes d'*A. obtectus* est inversement proportionnelle à la dose de huile essentielle testée. Ainsi au fur et à mesure que les doses augmentent, la longévité diminue. Elle est en moyenne de 13,75 jours dans les lots témoins.

L'huile essentielle de Romarin, affecte la longévité des adultes d'*A. obtectus* qui diminue à partir de la dose de 5 μ l enregistrant une durée de vie de 10 jours celle-ci atteint 8 jours à la plus forte dose utilisée (6 μ l).

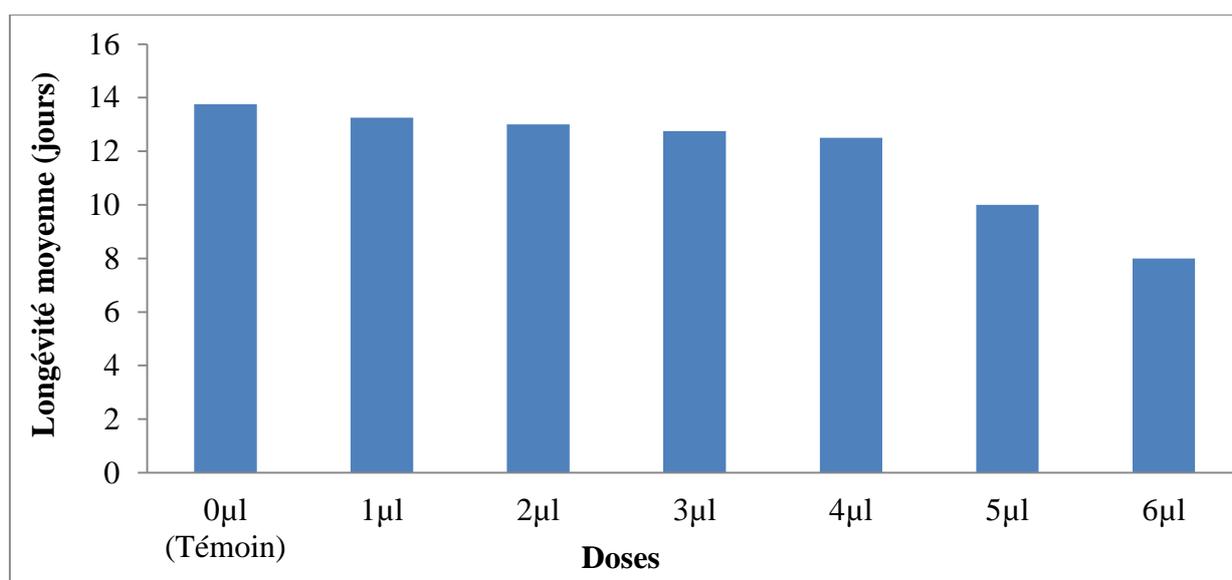


Figure 16. Longévité moyenne des adultes d'*A. obtectus* en fonction des doses de l'huile essentielle de Romarin et la durée de traitement.

Cependant, l'analyse de la variance ne révèle aucune différence significative pour le facteur dose ($P=0.61141$) concernant le paramètre longévité (Annexe, Tab. 1).

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

D'après BOUCHIKHI TANI et al. (2008), les huiles essentielles à base de *Rosmarinus officinalis* et *Artemisia herba-alba* sont toxiques à l'égard d'*A. obtectus*. Ainsi, un taux de mortalité de 100% est enregistré par le traitement à l'huile du romarin à 4µl/30g de grain après une durée d'exposition de 3 jours ; ce taux de mortalité est enregistré dans les lots traités par *Artemisia herba-alba* par la même dose mais après une durée d'exposition de 4 jours.

Ce même auteur a montré que l'huile essentielle extraite de *Rosmarinus officinalis* a montré à la fois une toxicité à l'égard d'*A. obtectus* avec $DL_{50} = 0,59\mu\text{L}/30\text{g}$ de graines et une toxicité à l'égard du mite *Tineola bisselliella* avec $DL_{50} = 1,28\mu\text{L}$ après 48h d'exposition.

La longévité des adultes d'*A. obtectus* est aussi affectée par les traitements avec les poudres végétales d'*Artemisia herba-alba* (Asteracées), *Rosmarinus officinalis* (Lamiacées) et *Origanum glandulosum* (Lamiacées), qui se sont montrés les plus efficaces (BOUCHIKHI TANI, 2011).

BOUCHIKHI TANI et al. (2011) ont testé l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* (Lamiacée) à différentes doses sur les adultes de trois bruches *A. obtectus*, *B. rufimanus* et *C. maculatus*. Ces huiles présentent une activité insecticide et entraînent chez les femelles des bruches du haricot et du niébé une réduction significative de la ponte par rapport à celle du témoin. Les DL_{50} calculées après 48H d'exposition, montrent que l'huile essentielle testée est moins toxique sur *B. rufimanus* avec $DL_{50} = 7,72\mu\text{l}/30\text{g}$ de graines en comparaison à *C. maculatus* ($DL_{50}=2,06\mu\text{l}/30\text{g}$) et *A. obtectus* ($DL_{50}=1,44\mu\text{l}/30\text{g}$).

L'étude de l'effet bio-insecticide des huiles essentielles de trois Lamiacées (*Origanum glandulosum* L., *Rosmarinus officinalis* L. et *Thymus fontanaseei* L.) sur *Rhyzopertha dominica* (F.) (Colcoptera : Bostrychidae) a montré que les trois plantes expérimentées se sont révélées très toxiques aux plus fortes doses (1,8 et 3,6 mg/cm²). Les mortalités enregistrées 24 heures après traitement affichent des doses létales de l'ordre de 0,23 mg/cm² avec l'huile essentielle de l'origan; 0,42 mg/cm² avec l'huile essentielle du romarin et 0,52 mg/cm² avec celle du thym (KHALFI-HABES et al., 2008).

GOUCEM-KHELFANE (2014) montre que la longévité des adultes de la bruche du haricot varie en fonction de l'huile essentielle appliquée par contact. Parmi les huiles utilisées aux doses de 0 ; 2 ; 4 ; 6 ; et 8µl, le laurier noble, le mandarinier et la lavande (Lamiacées) ont montré les valeurs de la longévité les plus faibles qui sont respectivement de 0.19 ± 0.011 ; 1 ± 0 et 1.75 ± 0.95 jours à la plus forte dose utilisé (8µl). A la même dose, les huiles essentielles

d'Eucalyptus, cèdre et citronnier réduisent aussi la longévité des adultes mais avec un effet moindre. Les huiles de bergamote, thym et menthe poivrée se sont montrées beaucoup plus efficaces en enregistrant des longévités respectives de 0 ± 0 , 1.75 ± 0.95 et 3.5 ± 0.57 jours à la plus forte dose de $2\mu\text{l}$.

OUCHEKDHIDH-OURLISSENE (2014) montre que la mortalité des adultes d'*A. obtectus* évolue proportionnellement avec la dose des huiles testées et la durée de leur exposition ; l'huile essentielle de thym est montrée la plus efficace, enregistrant un taux maximal de mortalité de 100% après une durée d'exposition de 24 heures à la dose $8\mu\text{l}$. Les huiles essentielles de la menthe et du romarin ont montré une efficacité moins importante sur le taux de mortalité d'*A. obtectus*. La mortalité totale des individus est enregistrée après 24 heures d'exposition à la dose $10\mu\text{l}$ pour les deux huiles.

BITTNER et al. (2008) ont testé l'efficacité des huiles essentielles de cinq plantes aromatiques sur *A. obtectus* (Coleoptera: Bruchidae) et *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). Les résultats montrent que les huiles extraites d'*Eucalyptus globulus* (Myrtacées) et *Thymus vulgaris* (Lamiacées) sont les plus toxiques sur *S. zeamais*, alors que les huiles de *Gomortega keule* (Gomortegacées) et *Laurelia sempervirens* (Monimiacées) sont les plus toxiques sur *A. obtectus*.

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

1.1.2. Action sur la fécondité des femelles

D'après les résultats obtenus, la fécondité dans les lots témoins est en moyenne de 87,25 œufs par 5 femelles, elle diminue de façon notable et progressive avec l'augmentation de la dose de l'huile essentielle de *R. officinalis* (Figure 17).

Les résultats montrent qu'à la plus faible dose utilisée ($1\mu\text{l}$), la fécondité enregistrée est de 65,25 œufs/5 femelles. Le nombre d'œufs pondus diminue à 26,5 œufs/ 5 femelles à la dose de $6\mu\text{l}$.

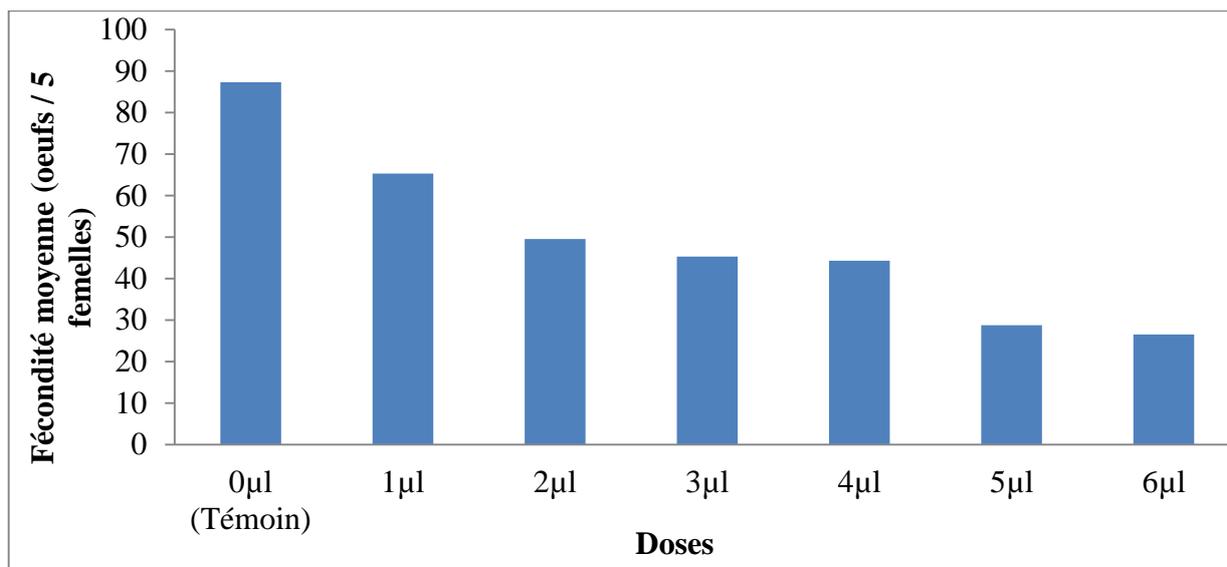


Figure 17. Fécondité moyenne des femelles d'*A. obtectus* traitées par contact avec différentes doses de l'huile essentielle de Romarin.

L'analyse de la variance ne révèle aucune différence significative pour le facteur dose ($P=0.07557$) concernant le paramètre fécondité (Annexe, Tab. 2).

Nos résultats corroborent plusieurs conclusions de divers auteurs qui ont essayé de mettre en évidence l'activité insecticide des plantes aromatiques sur la fécondité des ravageurs des grains entreposés.

Les travaux de REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI (1993) ont montré que les plantes de la famille des Labiées (Lamiacées) telles que *Mentha piperata*, *Origanum serpyllum*, *Satureia hortensis*, *Rosmarinus officinalis*, *Thymus vulgaris* et *Thymus serpyllum* entraînent une diminution significative d'oviposition des femelles d'*A. obtectus*.

L'étude de PAPACHRISTOS et STAMOPOULOS (2002) sur la toxicité via-à-vis d'*A. obtectus* des huiles essentielles de 13 plantes aromatiques (*Apium graveolens*, *Citrus sinensis*, *Eucalyptus globulus*, *Juniperus oxycedrus*, *Laurus nobilis*, *Lavandula hybrida*, *Mentha microphylla*, *Mentha viridis*, *Ocimum basilicum*, *Origanum vulgare*, *Pistacia terebenthus*, *Rosmarinus officinalis* et *Thuja orientalis*) a montré que les huiles essentielles *M. viridis*, *M. microphylla*, *E. globulus*, *R. officinalis* et *L. hybrida* réduisent fortement la fécondité des femelles de *A. obtectus*. Cette réduction serait due à des taux de rétention des œufs élevés plutôt qu'à une réduction de la production totale des œufs ; en effet, en présence de ces HE, les pourcentages des œufs retenus dans les oviductes latéraux des femelles étaient

élevés. Les mêmes auteurs ont enregistré une réduction significative des taux d'éclosion des œufs en présence des huiles essentielles *E. globulus* et *O. vulgare*.

Pour leur part, BOUCHIKHI TANI et *al.* (2008) ont noté que les huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* et *Thymus vulgaris* inhibent totalement la fécondité des femelles d'*A. obtectus* ; l'huile essentielle extraite de *Rosmarinus officinalis* inhibe à la fois la fécondité d'*A. obtectus* et de *T. bisselliella* à la dose de 5µl/30g de graines de haricot.

REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI (1994 b) ont testé l'efficacité des huiles essentielles extraites de vingt-quatre plantes aromatiques de plusieurs familles botaniques sur *A. obtectus*. Les résultats ont montré que les huiles de sept plantes de la famille des Lamiacées (*Thymus serpyllum*, *Origanum vulgare*, *Satureia hortensis*, *Lavandula angustifolia*, *Rosmarinus officinalis*, *Origanum majorana*, *Ocimum basilicum*) et *Petroselinum sativum* de la famille des Apiacées sont les plus toxiques provoquant une mortalité de 100% après 1-4 jours d'exposition, et à faible dose soit 10^{-2} µL/cm³, *Thymus vulgaris* et *Salvia officinalis* (Lamiacées), *Laurus nobilis* et *Cinnamomum verum* (Lauracées) provoquent une mortalité de 100% après 2-6 jours d'exposition, à la dose de $5 \cdot 10^{-2}$ µL/cm³, alors que parmi les vingt-quatre huiles essentielles testées, l'huile essentielle de *Citrus limon* (Rutacées) est la moins toxique et provoque après 8 jours d'exposition une mortalité de 43% et 67% à des doses de 10^{-2} µL/cm³ et $5 \cdot 10^{-2}$ µL/cm³ respectivement.

OUCHEKDHDH-OURLISSENE (2014) a montré qu'il ya une diminution de la moyenne des pontes pour les traitements en présence des doses des huiles essentielles de romarin, du thym et de la menthe. La fécondité passe de 152.25 ± 41.81 dans les lots témoin à 90.250 ; 60.75 et 5.5 œufs/5femelles correspondant respectivement aux huiles essentielles de romarin, du thym et de la menthe.

1.1.3. Action sur l'éclosion des œufs

Pour les lots témoins, nous avons constaté un taux d'éclosion de 50,14% qui est supérieur à celui enregistré dans les lots traités (Figure 18).

Dès la plus faible dose (1µl), le taux d'éclosion des œufs subit une réduction, il est de l'ordre de 45,97% puis à la plus forte dose de 6µl le taux d'éclosion enregistrée est de 21,69%.

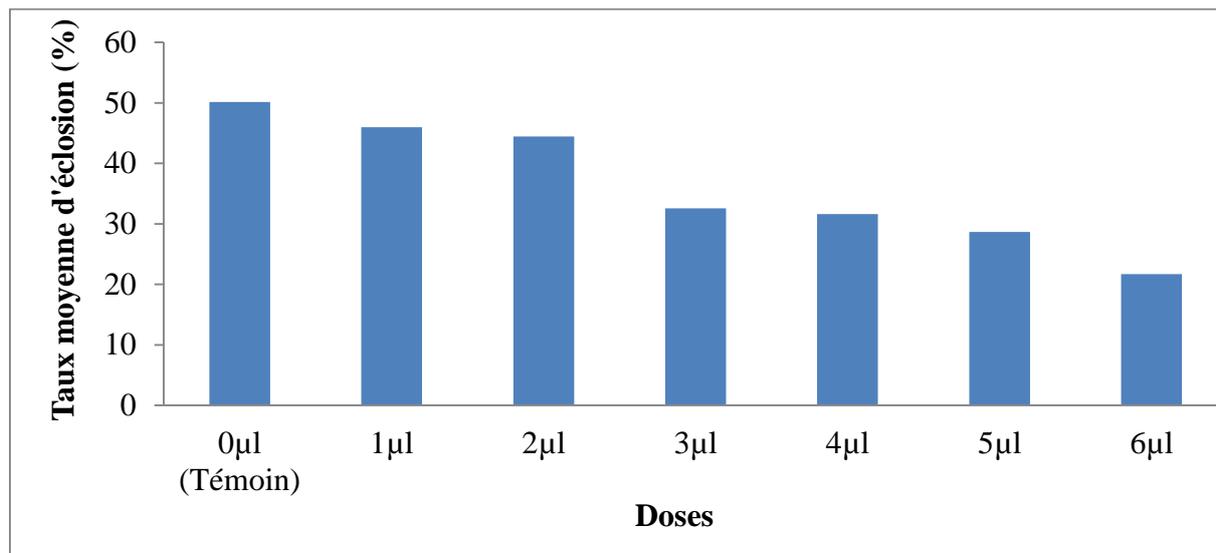


Figure 18. Taux moyen d'éclosion des œufs d'*A. obtectus* après traitement à différentes doses de l'huile essentielle de Romarin.

Cependant, l'analyse de la variance ne révèle aucune différence significative pour le facteur dose ($P=0.30644$) concernant le paramètre éclosion (Annexe, Tab. 3).

Nos résultats corroborent ceux de plusieurs auteurs concernant l'action des huiles essentielles sur la fertilité des ravageurs des grains entreposés.

D'après KEÏTA et *al.* (2001), les huiles essentielles extraites d'*O. basilicum* (Lamiacées) et d'*O. gratissimum* inhibent de façon très considérable l'éclosion des œufs, celle-ci est réduite à un taux de 3% avec *O. basilicum* et 15% avec *O. gratissimum*, alors qu'il est de 95% dans le test témoin.

Selon CREDLAND (1992), il s'agit d'une asphyxie par obstruction du tunnel de l'œuf qui est la voie des échanges gazeux avec le milieu extérieur, c'est ainsi que l'huile et ses constituants ont un effet toxique, étant donné qu'ils peuvent pénétrer à travers le chorion de l'œuf. En outre DON PEDRO (1989), constate qu'il ya une accumulation du métabolite toxique et une insuffisance de l'activité respiratoire chez l'embryon.

OUCHEKDHIDH-OURLISSENE (2014) a montré que le taux d'œuf éclos diminue sous l'effet de toutes les doses pour les huiles essentielles de romarin, thym et menthe, soient les valeurs respectives de 80.20% ; 54.59% ; et 18.05% à plus faible dose 2µl. Alors que les

individus qui n'ont pas subi de traitement ont enregistré un taux de fertilité plus élevé de 94.68%.

1.1.4. Action sur le taux d'émergence des adultes

Les résultats présentés dans la figure 19, montrent que le traitement effectué par l'huile essentielle du Romarin présente un effet sur le taux de viabilité des adultes d'*A. obtectus* et qu'il diminue proportionnellement avec l'augmentation de la dose de l'huile utilisée. Il réduit nettement le nombre de descendants comparativement à la série témoin, où le taux moyen est de 54.43%. Une diminution progressive allant respectivement de 47.12% ; 45.45% ; 40.32% ; 25.41% ; 7.82% ; 7.54% d'individus émergés est enregistrée aux doses respectives de 1 μ l, 2 μ l, 3 μ l, 4 μ l, 5 μ l et 6 μ l.

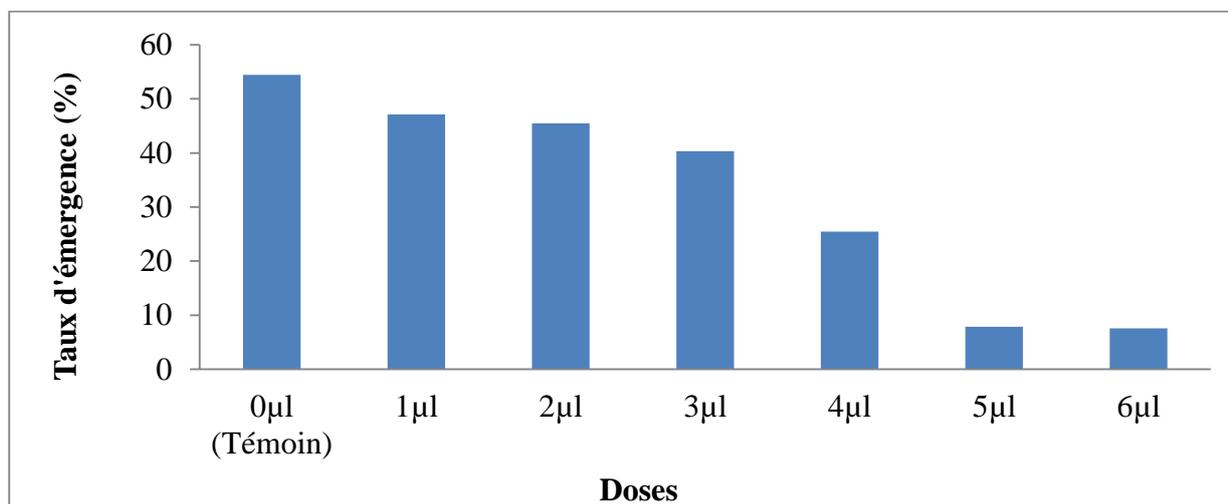


Figure 19. Taux moyen d'émergence des adultes d'*A. obtectus* après traitement aux différentes doses de l'huile essentielle de Romarin par contact.

L'analyse de la variance montre que l'huile essentielle testée affectent d'une façon significative ($P=0.02693$) le taux de viabilité des œufs d'*A. obtectus* (Annexe, Tab. 4).

Le test NEWMAN et KEULS, au seuil de signification de 5% classe les 7 doses de l'huile essentielle utilisée pour le paramètre émergence des adultes dans un seul groupe homogène (Annexe, Tab. 5).

Nos résultats corroborent ceux de plusieurs auteurs qui ont mené leurs travaux sur l'effet des huiles essentielles sur les émergences des adultes des ravageurs des denrées stockées.

BOUCHIKHI TANI et *al.* (2008) ont constaté que les taux d'émergence d'*A. obtectus* sont nuls dans les graines traitées par les deux huiles essentielles de *R. officinalis* et d'*A. herba-alba* à une dose supérieure ou égale 5µl/30g de graines de haricot, ce qui signifie que la ponte est complètement inhibée.

REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI (1995) ont notés un effet toxique des monoterpènes sur la bruche *A. obtectus*, celle-ci étant plus sensible au linalool. C'est ainsi, que REGNAULT-ROGER et *al.* (2002) ont conclu que le linalool, le carvacrol, l'eugénol, le thymol, et le terpinéol affectent considérablement l'émergence des adultes d'*A. obtectus*.

Les travaux de KELLOUCHE et SOLTANI(2004), sur une espèce voisine à savoir la bruche du niébé, ont révélé que la poudre de clous de girofle a un effet très considérable sur l'émergence des adultes de *C. maculatus*. En effet, cette poudre empêche toute émergence dès la plus faible dose de 0.2%. En outre l'huile essentielle extraite de la même plante entraine la suppression de la première génération à partir de la dose de 0.1 %.

La réduction des descendants de la première génération est supérieure à 90% dans les traitements réalisés avec la poudre de feuilles de figuier et varie de 80 à 100% dans les traitements effectués avec l'eugénol (1 à 5µl). La plus faible dose (0,1ml/50g) d'huile d'olive de la première pression et de tournesol empêche toute émergence des adultes de bruches de *C. maculatus* (KELLOUCHE, 2005).

1.1.5. Action sur la perte en poids des graines

La figure 20 montre que l'utilisation des différentes doses de l'huile essentielle de Romarin réduit considérablement les pertes en poids des graines de *P. vulgaris* au fur et à mesure que les doses augmentent. En effet, les pertes en poids maximales sont enregistrées dans les lots témoins non traités à l'huile essentielle de Romarin où une moyenne de 12.52%.

Une diminution progressive allant respectivement de 10.87% ; 6.90% ; 5.28% ; 3.96% ; 2.82% ; 2.25% d'individus émergés est enregistrée aux doses respectives de 1µl, 2µl, 3µl, 4µl, 5µl et 6µl.

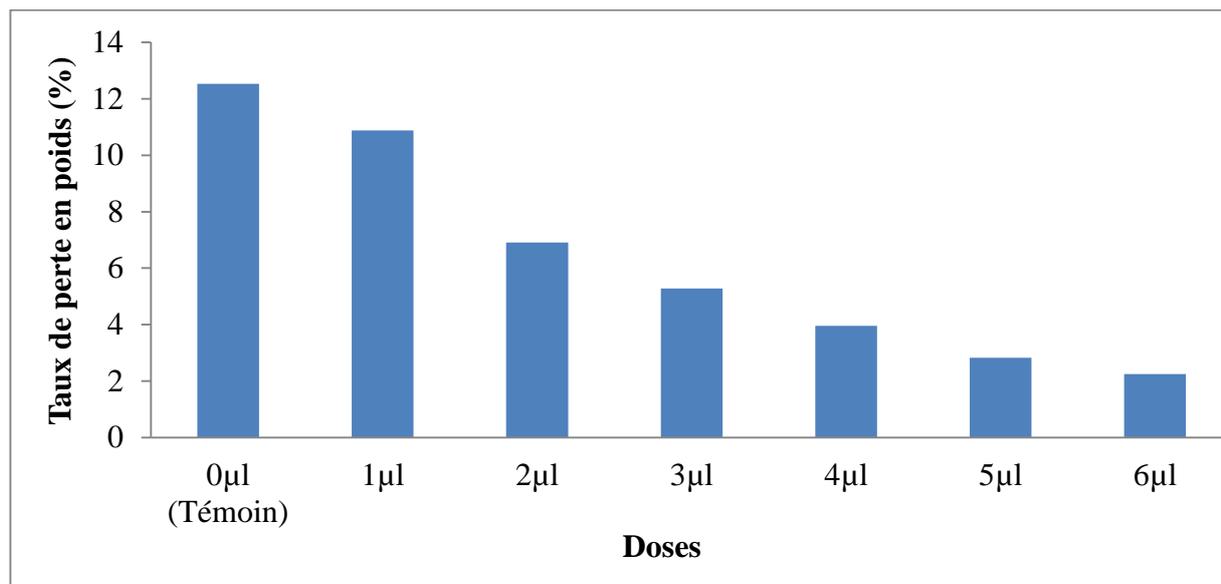


Figure20. Perte en poids (%) des graines du haricot en fonction des doses d'huile essentielle du Romarin.

L'analyse de la variance révèle qu'il ya une différence très hautement significative pour les 7 doses utilisées ($P=0$) en ce qui concerne la perte en poids des graines de *P. vulgaris* (Annexe, Tab. 6).

Le test NEWMAN et KEULS, au seuil de signification de 5% classe les 7 doses de l'huile essentielle utilisée pour le paramètre perte en poids des graines dans 7 groupes homogènes (Annexe, Tab. 7).

La majorité des travaux antérieurs ont montré que les traitements par les huiles essentielles contre les Bruchidées réduisent fortement les pertes en poids des grains de légumineuses.

Selon HAMDANI (2012), dans les lots non traités avec les huiles une perte considérable a été enregistrée pour les graines du haricot, elle est d'une moyenne de 8,25g, soit un taux de perte de 33%. Alors que dans les lots traités avec les différentes doses des différentes huiles essentielle, il ya eu une réduction notable de cette perte, elle est inférieure à 2g à la dose de 2µl d'huile de bigaradier et s'annule dès la dose de 4µl, tandis qu'elle est inférieure à 2g à la dose de 6µl et s'annule à partir de la dose de 8µl pour les huiles des autres espèces de *Citrus* utilisées.

AIBOUD (2011) a traité les graines du niébé avec les huiles essentielles extraite du myrte, du thym (Lamiacées), de l'origan, de l'eucalyptus, du bois d'inde et des clous de girofle en vue d'estimer la perte en 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.

OUEDRAGO (2004) a estimé les pertes occasionnées par la bruche du niébé *C. maculatus* dans les entrepôts stockés à plus de 800g/1Kg de graine dans une durée de 7 mois.

La perte pondérale se traduit par la réduction du poids et du volume des graines attaquées par ces insectes pour s'en nourrir (HUIGNARD et *al.*, 2011). En Afrique tropicale, les pertes causées par ces ravageurs sont estimées 30 à 80 % du fait que le développement post-embryonnaire s'effectue dans les graines induisant ainsi des dégâts importants dans les stocks alimentaires ainsi que lors de la conservation des semences (MUSHAMBANYI et *al.*, 2005).

1.1.6. Action sur la faculté germinative des graines

Les résultats du test de germination des graines de *P. vulgaris* sont présentés dans la figure 21 qui montre que le pouvoir germinatif des graines saines non traitées et non infestés par la bruche est estimé à une valeur de 91%. Par contre, les lots témoins enregistrent un taux de germination le plus faible (68%) ; celui-ci augmente ensuite après traitement par contact avec l'huile essentielle de Romarin jusqu'à atteindre un taux maximal de 80% obtenu à la dose la plus forte de 6µl.

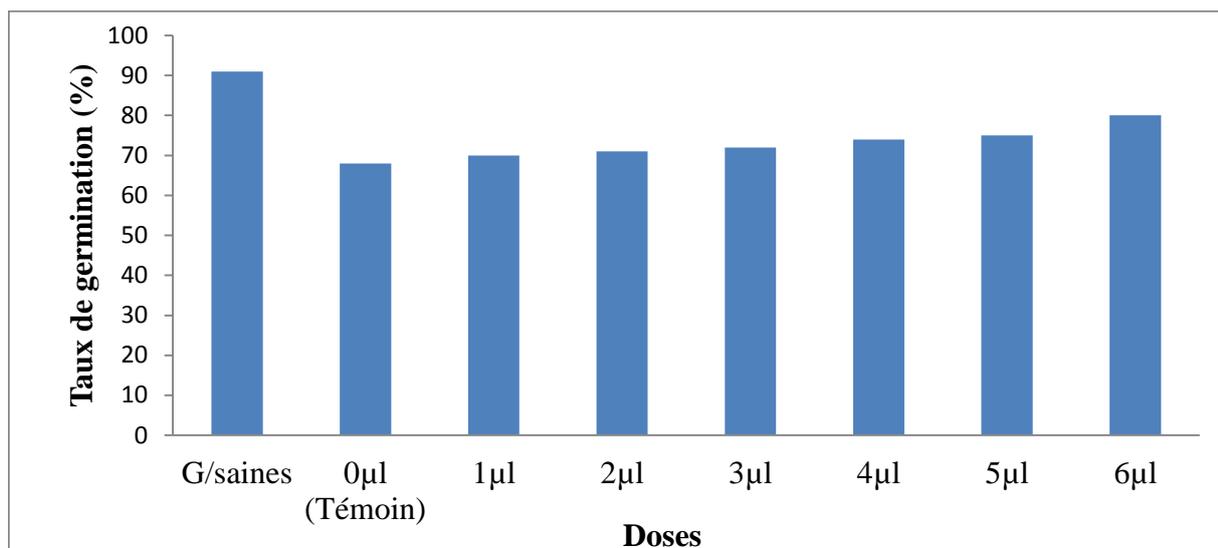


Figure 21. Taux de germination des graines *P. vulgaris* en fonction des doses de l'huile essentielle du Romarin utilisées par contact.

Cependant, l'analyse de la variance ne révèle aucune différence significative pour le facteur dose ($P=0.88552$) concernant le paramètre germination (Annexe, Tab. 8).

Nos résultats ont montré que les huiles essentielles utilisées n'ont aucun effet négatif sur la faculté germinative des graines. Plutôt l'huile essentielle de Romarin agit positivement sur le pouvoir germinatif des graines en réduisant les dommages causés par la bruche sur l'embryon et l'albumen et cela a été démontré par plusieurs auteurs.

Selon GAIN (1897), le pouvoir germinatif des graines attaquées par les bruches est fortement diminué, cela se traduit par l'imbibition des cotylédons qui accompagne la germination et entraîne chez les graines perforées des attaques importantes par des germes pathogènes. Après l'attaque des insectes, les moisissures peuvent altérer, voire détruire, la vigueur et le pouvoir germinatif des semences si ce n'est pas l'attaque de ces insectes qui les causent.

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%.

D'après HAMDANI (2012), le taux de germination est en relation directe avec le nombre de larves développées par la graine et l'émergence des adultes d'*A. obtectus*. La

faculté germinative des graines du haricot traitées avec les plus fortes doses des huiles essentielles de Rutacées est considérablement élevée vu que l'émergence des adultes est faible ou nulle. Ainsi, le taux de germination est supérieur à 90% à partir de la dose 4 μ l pour l'huile de bigaradier et il est supérieur à 80% dès la dose de 6 μ l pour les autres huiles (de citron, pamplemousse, et d'orange), alors qu'il est inférieur à 10% pour les lots non traitées.

Selon STAMOPOULOS et HUIGNARD (1980), à cause de l'absence de phagostimulants, la plantule est rarement consommée au cours du développement post-embryonnaire. Nous avons remarqué que malgré la plantule soit indemne, le pouvoir germinatif des graines est souvent en relation avec le degré d'attaque de la bruche et le nombre de graines touchées.

En outre, les attaques de la bruche provoquent des diminutions de la capacité germinative dues au développement abondant des moisissures dans les lieux de stockage (HUIGNARD *et al.*, 2011).

1.2. Effet par répulsion

Les résultats de l'effet par répulsion de l'huile essentielle de Romarin sont illustrés dans tableau 16.

Tableau 9: Nombre moyen de bruches recensées dans les parties traitées et non traitées et le pourcentage de répulsion de l'huile essentielle de *R. officinalis*.

Huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i>				
Moyenne d'individus présents dans		Partie traitée	Partie non traitée	Pourcentage de répulsion
Dose	1 μ l	2	8	60%
	2 μ l	1,7	8,25	65%
	3 μ l	1,2	8,75	75%
	4 μ l	0	10	100%
	5 μ l	0	10	100%
Taux moyenne de répulsion		80%		
Classe		V		
Effet		Très répulsif		

D'après le tableau ci-dessus le nombre de bruches présentes dans les parties non traitées (témoin) est plus élevé par rapport aux parties traitées par huile essentielle. Il augmente avec l'augmentation des doses.

Les effets les plus considérables sont enregistrés à la dose de 4 μ l et 5 μ l où le taux de répulsion a atteint 100% pour l'huile essentielle de Romarin (*R. officinalis*), alors qu'aux faibles dose 1 μ l et 2 μ l, les taux de répulsion sont respectivement de 60% et 65% (Figure 22).

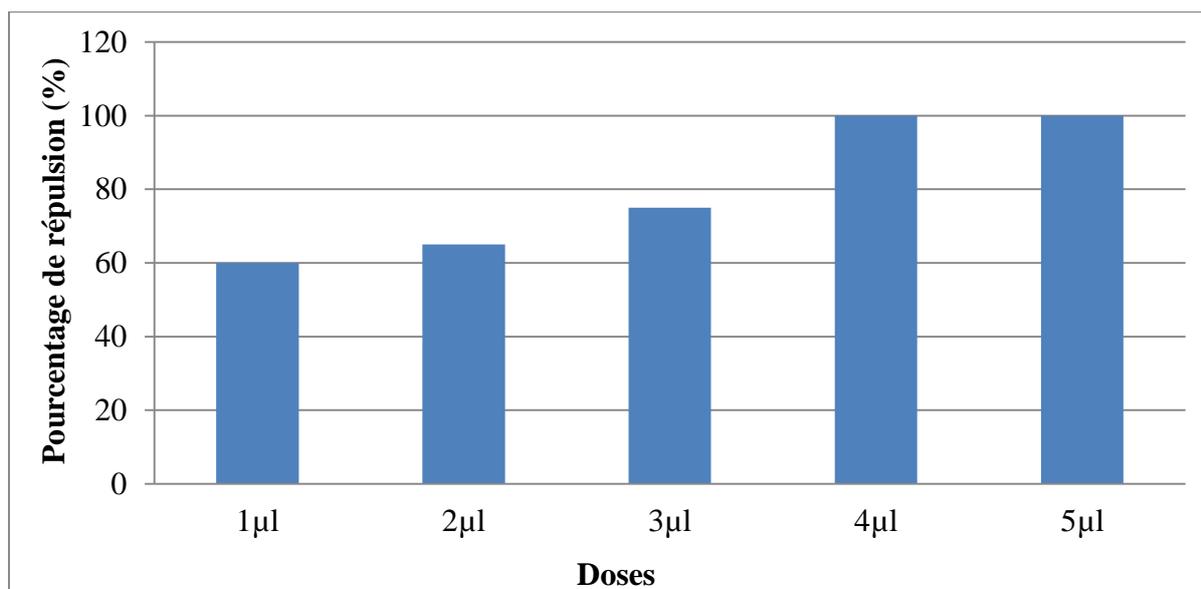


Figure 22. Taux de répulsion des adultes d'*A. obtectus*en fonction de l'huile essentielle *Rosmarinus officinalis*.

En appliquant la méthode de Mc DONALD et *al.* (1970), le taux moyen de répulsion de l'huile essentielle de Romarin à verbénone est de 80% ce qui nous permet de noter qu'elle appartient à la classe V par conséquent son effet est très répulsif.

Nos résultats rejoignent ceux de plusieurs auteurs qui ont révélé le pouvoir répulsif de plusieurs plantes aromatiques. Ainsi, selon GOUCEM-KHELFANE (2014), les huiles essentielles de nombreuses plantes aromatiques se sont montrées répulsives à l'égard des adultes d'*A. obtectus* même à la plus faible dose. L'activité répulsive des huiles étudiées, après une exposition de 30 minutes, est dépendante de la dose ; elle augmente au fur et à mesure que les concentrations des huiles augmentent variant entre 60% et 100% à la dose de 80 μ l (*Laurus nobilis*, *Citrus reticulata*, *Lavandula angustifolia*).

L'effet répulsif des huiles essentielles à l'égard des Bruchidées a été constaté aussi par PAPACHRISTOS et STAMOPOULOS (2002) qui 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.

NDOMO et al. (2009) rapportent qu'après deux heures d'exposition, différentes doses de l'huile essentielle des feuilles de *Callistemon viminalis* (de 0,031 à 0,25 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$) ont occasionné une répulsion de 36,6 à 80% vis-à-vis des adultes d'*A. obtectus* (Coleoptera : Bruchidae). Ceci montre clairement que le pourcentage de répulsion augmente en fonction de la dose.

1.3. Effet par inhalation

La figure 23 montre que les taux de mortalité des adultes d'*A. obtectus* soumis au test par inhalation sont proportionnels aux deux facteurs dose et temps pour l'huile essentielle utilisée.

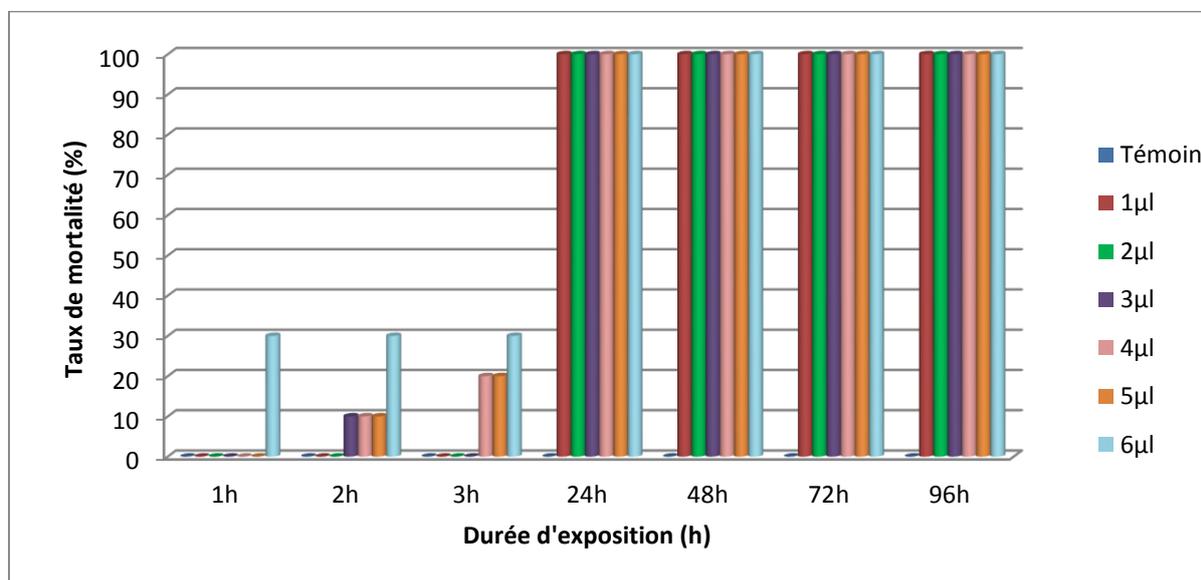


Figure 23. Mortalité en (%) des adultes d'*A. obtectus* traités par l'huile essentielle de Romarin en fonction des doses et de la durée d'exposition.

Dans les lots témoins, une mortalité de 0% est enregistrée après 96 heures d'exposition.

Après 24 heures d'exposition à toutes les doses (1µl, 2µl, 3µl, 4µl, 5µl et 6µl), nous avons enregistré une mortalité de 100% pour l'huile essentielle du Romarin.

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre une différence significative pour le facteur dose ($P=0.01354$) et une différence très hautement significative pour le facteur temps ($P=0$) (Annexe, Tab. 10).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification de 5% classe le facteur dose dans deux groupes homogènes A pour 4µl, 5µl et 6µl ; et B pour 1µl, 2µl, 3µl, 4µl et 5µl et deux groupes homogènes A et B pour facteur temps (Annexe, Tab. 11) ; (Annexe, Tab. 12).

Nos résultats concordent avec ceux obtenus sur la bruche du haricot par de nombreux auteurs notamment REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI (1995) et BOUCHIKHI TANI et *al.* (2008) qui ont montré que les huiles essentielles de nombreuses plantes aromatiques ont un effet insecticide par inhalation mais aussi par contact et par répulsion.

Selon REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI (1993), les différentes huiles essentielles extraites par hydrodistillation de plantes de la famille des Lamiacées, des Myrtacées, des Lauracées et des Graminées présentent une toxicité inhalatrice sur *A. obtectus*, notamment les huiles essentielles de *T. serpyllum*, *T. vulgaris* et *L. angustifolia* (Lamiacées) qui causent une mortalité de 95% après 24 heures et une mortalité de 100% après 48 heures pour des concentrations respectives de 160 mg/dm³, 136,1 mg/dm³ et 145 mg/dm³.

Selon PAPACHRISTOS ET STAMOPOULOS (2002), sur 13 huiles essentielles testées par fumigation contre les adultes d'*A. obtectus*, c'est surtout les espèces de Lamiacées qui sont les plus toxiques : les mâles sont plus sensibles que les femelles avec des valeurs de la CL50 de 1,1 ; 1,2 ; 1,6 et 2,1 µl/Lair pour les huiles essentielles de *Mentha microphylla*, *M. viridis*, *L. hybrida* et *R. officinalis*. Les femelles semblent être moins sensibles avec une CL50 de 2,3 ; 3,3 ; 4,4 et 5,1 µl/Lair respectivement pour *L. hybrida*, *R. officinalis*, *M. viridis* et *M. microphylla*.

Par ailleurs, ROZMAN et *al.* (2007) ont évalué l'activité insecticide par fumigation des composés essentiels (1,8-cinéole, camphor, eugénol, linalool, carvacrol, thymol, borneol, bornyl acetate et linalyl acetate) des plantes aromatiques de *L. angustifolia*, *R. officinalis*, *T. vulgaris* et *L. nobilis* contre les adultes de trois ravageurs des denrées stockées, *Sitophilus oryzae*, *Rhyzoperta dominica* et *T. castaneum*. Les résultats ont montré que *S. oryzae* est

beaucoup plus affectée par le 1,8-cinéole, borneol et thymol à la plus faible dose (0,1µl/720ml volume) après 24h alors que pour *R. dominica*, c'est le camphor et le linalool qui se sont montrés efficaces engendrant une mortalité de 100% dans les mêmes conditions. Cependant, aucun des composés n'a dépassé 20% de mortalité après 24h d'exposition même avec les plus fortes doses utilisées (100µl/720ml volume) pour *T. castaneum*. Après 7 jours d'exposition, le 1,8-cinéole induit une mortalité de 92,5% suivi du camphor (77,5%) et du linalool (70%).

Des effets toxiques similaires des substances volatiles contenues dans les huiles essentielles de laurier, romarin et lavande ont été déjà décrits pour *Oryzaephilus surinamensis* (L.) *S. oryzae* (F.) et *R. dominica* (L.) avec une mortalité de 85 à 100% est rapportée après 4 jours d'exposition à une dose de 70µl/L air ; cependant, les valeurs de CL50 sont beaucoup plus élevées que celles enregistrées sur *A. obtectus* (SHAAYA et al., 1997).

D'après REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI (1995), les différentes huiles essentielles extraites par hydrodistillation des plantes de la famille des Lamiacées, Myrtacées, Lauracées et des Graminées présentent une toxicité inhalatrice sur *A. obtectus*, notamment les huiles essentielles de *Thymus serpyllum*, *Thymus vulgaris* et *Lavandula angustifolia* (Lamiacées) qui causent une mortalité de 95% après 24 heures et une mortalité de 100% après 48 heures pour des concentrations correspondant respectivement à 160 mg/dm³, 136,1 mg/dm³ et 145 mg/dm³.

L'efficacité de l'huile essentielle de la menthe poivrée sur la longévité des adultes de la bruche du haricot *A. obtectus* varie selon la dose utilisée, une mortalité de 100% dans les premières 24 heures d'exposition à la dose de 6µl est enregistrée (AGGOUN et HASSANI, 2013).

Sur des ravageurs des denrées stockées, BENAZZEDINE (2010) a montré que les huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis*, *Mentha viridis* et *Thymus vulgaris* agissent par inhalation sur les adultes de *Sitophilus oryzae* et *Tribolium confusum*. En effet, les huiles de Romarin et de la Menthe provoquent une mortalité de 100% à la dose 9.10⁻³µl/cm³ après 24 heures de traitement des adultes de *T. confusum*. L'huile essentielle de Thym provoque une mortalité totale des adultes de *T. confusum* après 120 heures à la même dose.

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

A la lumière des résultats obtenus nous pouvons conclure que l'huile essentielle de Romarin a un effet toxique sur *Acanthoscelides obtectus* pour les différentes doses évaluées.

L'activité de cette huile est évaluée par trois tests différents: contact, répulsion et inhalation.

Il ressort de notre étude qu'au fur et à mesure que les doses de l'huile essentielle testée par contact et inhalation augmentent, montrant un effet relativement important sur les taux d'émergence où le nombre de descendants est nettement réduit comparativement à la série témoin; la fécondité des femelles diminue avec la dose sans révéler de différence significative entre les doses. De même, le taux d'éclosion des œufs ainsi que le taux d'émergence des individus sont inversement proportionnel aux doses évaluées.

L'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* joue un rôle de protection envers les graines de haricot car en augmentant les doses, les pertes en poids des graines diminuent jusqu'à ce qu'elle soit négligeable aux plus fortes doses.

L'utilisation de cette huile essentielle n'a pas affecté la faculté germinative des graines aux plus fortes doses comparativement à celles des graines bruchées qui ont montré un taux de germination faible, la plus forte dose de 6µl s'est avérée plus efficace avec un taux de germination maximal de 80%.

L'effet par répulsion de l'huile de *R. officinalis* s'est révélé très répulsive (Classe V) sur les adultes de cette bruche avec un taux de répulsion moyen de 80%.

L'huile essentielle de Romarin exerce aussi un effet par inhalation à l'égard des adultes d'*A. obtectus* en fonction de la dose et de la durée d'exposition; la mortalité maximale enregistrée est de 100% à la dose de 1µl après 24 heures d'exposition pour l'huile essentielle de Romarin.

Il serait également judicieux d'entamer des expériences ayant pour objectif de vérifier dans des conditions aussi proches de la pratique les conclusions des travaux précédents surtout concernant les plantes qui ont révélé une certaine efficacité, puis affiner les recherches pour identifier et isoler leurs matières actives

D'autres investigations doivent être envisagées afin de découvrir des plantes dotées de propriétés insecticides et non toxiques pour l'homme, surtout que la flore algérienne est riche en espèces végétales connues pour leurs diverses propriétés.

Quelle que soit la forme de lutte, il faut accepter que les insectes ravageurs prennent leur part de récoltes, le but de cette forme de lutte est de diminuer le taux de parasitisme au dessous d'un seuil acceptable.

AGGOUN N. et HASSANI S., 2013. Etude de l'effet insecticide de l'huile essentielle de la menthe poivrée (*Mentha piperita*) et de la sauge (*Silvia officinalis*) sur la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire d'Ingénieur en biologie. UMMTO, 52p.

AIBOUD K., 2011. Etude de l'efficacité de quelques huiles essentielles à l'égard de la bruche de niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae) et impacts des traitements sur la germination des graines de *Vigna unguiculata*, Mémoire de Magister en sciences ecologie. U.M.M.T.O. 58p.

ANONYME, 2002. Le bulletin bimensuel. Direction des politiques de commercialisation, Agriculture et Agroalimentaire Canada. 4 p.

ANONYME, 2009. Haricot. Microsoft Encyclopedia [DVD]. Microsoft Corporation 2008.

ANONYME., 2018. La compagnie des sens, caractéristiques biochimiques de Romarin à verbénone.

AOUINTY B., OUFARA S., MELLOUKI F. et MAHARI 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 EDITEUR. Paris. 494 p.

BALON N. et KIMON H., 1985. Nutrition azotée des légumineuses : Nitrogen nutrition of légumes. Institut National de Recherche Agronomique. 281p.

BENNAZEDINE S., 2010. Activité insecticide de cinq huiles essentielles vis-à-vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera; Curculionidae) et *Tribolium confusum* spécialité protection des végétaux zoophytiatrice. Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach ; Alger. 78p.

BITTNER M.L., CASANUEVA M.E., ARBERT C.C., AGUILERA M.A., HERNANDEZ V.J., 2008. Effects of essential oils from five plant species against the granary weevils *Sitophilus zeamais* and *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera). Journal of the Chemical Society. Vol. 53(1). 1444-1448.

BONNEMAISON L., 1962. Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forêts. Ed. SEP, Paris, pp.503p.

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* (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire de Magister en Biologie. Option Ecologie Animal. Faculté des sciences. Université Abou Baker Belkaid Tlemcen. 74p.

BOUCHIKHI TANI Z., 2011. Lutte contre la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera : Bruchidae) et la mite *Tineola bisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) par des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles. Thèse. Doctorat. En Bio. Eco. Ani. Univ. Tlemcen, 125p.

BOUCHIKHI TANI Z., KHELIL M.A., BENDAHOU M. et JULI P.V., 2011. Lutte contre les trois bruches *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1893), *Bruchus rufimanus* BOUHEMAN, 1833 et *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera : Chrysomelidae : Bruchidae). REGIMENT DE LA COSA NATURAL, Butll. Inst. Cat. Hist. Nat., 76 : p 177-186.

BOUCHIKHI TANI, Z., KHELIL, M.A. and HASSANI, F., 2008. Fight against the bruche bean *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae) and the mite *Tineola bisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) by the essential oils extracted from *Rosmarinus officinalis*. *Biosciences, Biotechnology Research Asia*, 5(2): 651-656.

BOUGHDAD A., GILLON Y. et GAGNEPAIN C., 1986. Influence du tégument des graines murs de *Vicia faba* sur le développement larvaire *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire de D. E. S. en Biologie U.M.M.T.O. 98p.

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

BULTER M. J., DAY A. W., 1998. Fungal melanins. *Canadian Journal Microbiology* 44 : 1115-1136.

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

CHINERY M., 2012. Les 1_ Insectes de France et d'Europe occidentale, Paris, Flammarion, 320p. (ISBN 978-2-0812-8823-2), p 282.

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

CREDLAND P.F., 1992. The structure of bruchid eggs may explain the ovocidal effects of oils. *Journal of Stored Product Research*. 28 (1), PP 1-9.

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

CRUZ J. F., TRONDE F., GRIFFON D. et HEBER J. P., 1988. Conservation des graines en régions chaudes « techniques rurale en Afrique ». 2 ed, Ministère de la coopération et du développement, Paris France, 545p.

DAGNELIE P., 1975. Théories et méthodes statistiques. Les presses agronomiques de Gembloux, 2 : 245-249.

DAJOZ R., 2002. Dictionnaire d'entomologie, anatomie, systématique, biologie. P 169-170.

DELOBEL A. et TRAN B., 1993. Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions tropicales. Les presses agronomiques de Gembloux, Belgin. PP 351-392.

DEMOL J., 2002. Amélioration des plantes. Application aux principales espèces cultivées en régions tropicales. Les Presses Agronomiques de Gembloux, Gembloux, Belgium. PP 351–392.

DJOSSOU J., 2006. Etude des possibilités d'utilisations des formulations à base de fruits secs de *Xylopi aethiopia* Dural (Amonacées) pour la protection des stoks de niébé contre *Callusobruchus maculatus* Fabricuis (Coleoptera : Bruchidae), Master complémentaire, Faculté des Sciences Agronomiques de Gemblouse Belgique, 70p.

DOUCET R., 1992. La science agricole : climat, sol et production végétale du Québec. Deuxième édition revue. Ed. Berger. 653p.

DUPRIEZ H. et DELEENER P., 1987. Jardins et vergers d'Afrique. Ed. Terres et Vie. 354p.

Références bibliographiques

EL-BADRY E. A. et AHMED M. Y. Y., 1975. Effets of gamma radiation on the egg stage of southern Cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (F.). Z. Angew. Entomol. PP 79-32.

FANNY B. 2008. Effet larvicide des huiles essentielles sur *Stomoxys calcitrans* à la Réunion. Thèse pour obtenir le grade de Docteur vétérinaire. Université Paul-Sabatier de Toulouse. 78p.

GAIN E., 1897. Sur la germination des grains de légumineuses habitués par les bruches C. R. Ac. Sc. Paris. PP 195-197.

GAKURU N. et FOUA-BI K., 1993. Effet d'extraits de plantes sur la Bruche du niébé (*Callosobruchus maculatus* F.) et de charançon de riz (*Sitophilus oryzae* L.) tropiculatura 13, pp143-146.

GALLAS A. Et BENNFORT H., 1992. Amélioration des espèces végétales cultivées, objectifs et critères de la sélection- Paris. Ed : INRA. PP 75-142.

GEERTS P. TOUSSAINT A. MERGEAI G. et BAUDOIN J. P., 2011. Phaseolus immature embryo rescue technology. Methods In Molecular biology clifton, pp 117-129.

GENTRY H. S., 1969. Origin of the common bean, *Phaseolus vulgaris*. Economic Botany. 23PP 55-69.

GOIX J., 1986. Défense des cultures. Phytoma. November 1986. PP 48-49.

GORDON MM., 2000. Haricots secs : Situation et perspectives. Canada. Vol. 13 N°16. PP: 1-6.

GOUCEM-KHELFANE K., 2014. Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles et des poudres de quelques plantes à l'égard de la bruche du haricot *Acanthocelides obtectus* Say (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) et comportement de ce ravageur vis-à-vis des composés volatils de différentes variétés de la plante hôte (*Phaseolus vulgaris* L.).Thèse de doctorat. U.M.M.T.O. 144p.

GUEYE M., SECK D., WATHELEL J. et LOGMAY G., 2010. Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale. Biotechnol. Agron, Soc. Environ. Pp183-194.

GUIGNARD J. L., 1998. Botanique, Ed. Masson, 159p.

GUY P., 1985. Nutrition azotes des légumineuses. INRA. N° 37. P 7-9. 199-217.

GWINNER J., HAMISCH R. et MÜCK., 1996. Manuel sur la manutention et la conservation des grains après récolte. GTZ, Eschborn. Pp : 368.

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). Mem. Magister. Bio. Eco. Ani. Univ. U.M.M.T.O. 126p.

HOFFMAN A., 1945. Coléoptères Bruchides et anthribides (faune de France) Paris, 184 p.

HOSSAERT – Mc KEY. et ALVAREZ N., 2003. Influence de facteur écologique sur la répartition de deux espèces.

HUIGNARD J., GLITHO I. A., MONGE J. P. et REGNAULT-ROGER C., 2011. Insectes ravageurs des graines de légumineuses. Biologie des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique. Ed, Quae, Versailles Cedex, France. 145p.

IBRAHIM M. A., KAI NULAI NEN P., AFATUNI A., TILIKKALAK. et HOLOPAINEN J. K., 2001. Insectical, repellent anti microbial 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.

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'ingénieur en biologie U.M.M.T.O, pp 43- 59.

KASSEMI N., 2006. Relation entre un insecte phytophage et sa principale plante hôte. Cas de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera : Bruchidae). Mém. Magistère. Agro. Univ. TLEMEN. 77p.

KEÏTA S.M., VINCENT C., SCHMIDT J.P., ARNASONJ. T. et BELANGER A., 2001. Efficacy of Essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an *Bruchus maculatus* (Fab.) J. Stored Prod. Res. 37, PP 339-349.

Références bibliographiques

KELLOUCHE A. et SOLTANI N.D., 2004. Activité biologique des poudres de cinq plantes et de l'huile essentielle d'une d'entre elles à l'égard de *Callosobrucus maculatus*. International journal of tropical insecte science. Vol 24, n°01, PP 184-191.

KELLOUCHE A., 2005. Etude de la bruche du pois chiche *Callosobrucus maculatus*.F (Coleoptera : Bruchidae) ; Biologie, physiologie, reproduction et lutte, Thèse de Doctorat d'état en sciences naturelles, spécialité entomologie. U.M.M.T.O.154p.

KERGOAT G.J., 2004. Le genre *Bruchidius* (coléoptera, Bruchidae) un model pour l'étude des relations évolutives entre les insectes et les plantes , thèse –doct –en bio- univ Paris6 167p.

KHALFI-HABES O., BOUTEKEDJIRET C., et SALLAMI S., 2008. Activité biologique de trois huiles essentielles extraites de plantes Algérienne sur *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera : Bostrychidae). Br. 5708. 6p.

KHELLIL M. A., 1977. Influence de la chaleur utilisée comme moyen de lutte contre la bruche de haricot *Acanthoscelides obtectus* say. Coléoptères bruchides sur les différents états et stades de développemen . Mém d'ing en agronomie, INA. PP 14-26.

LABEYRIE V., 1962. Les *Acanthoscelides obtectus*, entomologie appliquée à l'agriculture dans : BALACHOWSKY T1. Ed. Masson publ. Paris. Pp 469-484.

LICTHENSTEIN E. P., 1996. Insecticides occuring naturelly in crops. *Adv. Chem. Ser.* 53, PP 34-38.

MALLAMAIRE A., 1968. Les bruches des légumineuses au Sénégal. O.R.S.T.O.M. Collection de références NB/2566.

Mc DONALD L. L., GUY R.H. et SPEIRS R. D., (1970): preliminary evaluation of new candidats materials as toxicants, repellents and attractans against stored product insects. Marketing Research report. N° 882. Washington : Agricultural. Reasearch Service, United States Department of Agriculture, 183p.

MUSHAMBANYI T. M., BALEZY N. et ASAKAMBA M., 2005. L'utilisation des poudrages de plantes médicinales dans la lutte contre la bruche du haricot au Kivu. PABRA Millenium Workshop Novotel Mount. Menu, Arusha, Tanzanie .28 May.

- NDOMO A. F., TAPONDJOU A. L., TENDONKENG F. et TCHOUANGUEP F. M., 2009.** Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callisteron viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera : Bruchidea). *Tropicultura*. 27, 3, PP 137-143.
- NGAMO L. et HANCE T., 2007.** Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. *Tropicultura*. PP 212-214.
- NYABYENDA P., 2005.** Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitudes d'Afrique. Ed. Tec et Doc, les presses Agronomique de Gembloux. PP 38-42.
- OUCHEKDHIDH-OURLISSENE O., 2014.** Effets biocides des poudres et des huiles essentielles de quelque plantes aromatique les paramètres biologiques sur la bruche du haricot commun *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera : Chrysomelidae). Mémoire, en vue de l'obtention du diplôme de Magister en sciences biologique. Université de Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. P : 61-67-74.
- OUEDRAGO E., 2004.** L'utilisation des insecticides naturels dans la protection des cultures au Burkina Faso. Communication faite au CTR de l'INERA Di. 20-22 déc. 2004 Ouagadougou CEAS, 56 p. in. BAMBARA D et TIEMTORE J., 2008- Efficacité biopesticide de *Hyptis spicigera* Lam, *Azadirachta indica* A. Juss. et *Euphorbia balsamifera* Ait. sur le niébé *Vigna unguiculata* L. Walp. *TROPICULTURA*, vol 26 (N°1), PP 53-55.
- PAPACHRISTOS D.P. et STAMOPOULOS D.C., 2002.** Reppelent, toxic and reproduction inhibitory effect of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera : Bruchidae). *Journal of Stored Products Research* 38: 117-128.
- PERON J. Y., 2006.** Production légumière. 2^{ème} édition. Lavoisier. 389p.
- PERRIS F. (1874)** : Biologie de quelques Coléoptères- ANN. Soc. Ent. France. P 171.
- RAJA N., ALBERT S., IGNACIMUTHU S. et DORN S., 2001.** Effect of plant volatile oils in protecting stored copea *Vigna unguiculata* (L.) Walpers against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae) infestation. *The journal of Stored Products Research*. Vol. 37. 125-132.

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 *Acanthoscelides obtectus* (Say). *J. Stored Prod. Res.* 29, PP 259-264.

REGNAULT-ROGER C. et HAMRAOUI A. 1997. Lute contre les insectes phytophages par les plantes aromatiques et leurs molécules allélochimiques. Ed. *Acta bot. Gallica*, pp 401-412.

REGNAULT-ROGER C. et HAMRAOUI A., 1994 a. Inhibition of reproduction of *Acanthoscelides obtectus* Say (coleoptera) a kidney bean (*phaseolus vulgaris* L.) bruchid, by aromatic essential oils. *Crop protection*13: 624-628.

REGNAULT-ROGER C. et HAMRAOUI A., 1994 b. Modification of physiological behaviour of *Acanthoscelides obtectus* Say, Bruchidae, Coleoptera, by flafonoids and phenolic acid. In: *Polyphenols 1994*. R. Brouillard, M. Jay & A. Scalbert (Eds.). *Les Colloques de l'INRA*, 69, PP 417-418.

REGNAULT-ROGER C. et HAMRAOUI A., 1995. Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Stored Prod. Res.* 31, PP 291-299.

REGNAULT-ROGER C., HAMRAOUI A., 1993. Insecticidal effect o essential oils from Mediteranean plants upon. *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera : Bruchidae) a pest of Kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L). *J. chem. Ecol.* 19 : 1233-1244.

REGNAULT-ROUGER C., BERNARD J. R. et PHILOGENE C. V., 2002. Biopesticides d'origine végétale. Ed. Tec. Et Doc. Lavoisier, Paris. P20-37.

RIGUI F., 2010. Etude de la relation plante-insecte chez les Bruchidées. Cas de la bruche du pois chiche. Thèse de Doctorat en Biologie. Ecologie Animal. Université. Mascara. 124p.

ROLAND J. C., 2002. Des plantes et des hommes. Ed. Vuibert. PP 45-46.

ROZMAN V., KALINOVIC I., KORUNIC Z., 2007. Toxicity of naturally occurring compounds of Lamiaceae and Lauraceae to three stored- product insects. *Journal of stored Products Resaerch* 43: 349-355.

Références bibliographiques

SANON A., SGABRA M., AUGER J. et HUIGNARD J., 2002. Activity of *methyliocynate* on *Callubruchus* (F) (Coleoptera : Bruchidae) and its parasitoid *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae). J. Stor. Prod. Res. 38, pp129-138p.

SAPUNARU T., FILIPESCU C., GEORGESCUY T. et BILD V. C., 1999. Bioecology and control of bean weevil (*Acanthoscelides obtectus* Say). Bioecology of bean weevil, P5-12.

SHAAYA E., KOSTIJUKOVSKI M., EILBERG J., SUKPRAKARN C., 1997. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored product insects. *Journal of Stored Products Research*. 33: 7-15.

SILUE S., JACQUEMIN J. M. ET BAUDOIN J. P., 2010. Utilisation des mutations induites pour l'étude de l'embryogenèse chez le haricot *Phaseolus vulgaris* L. et deux plantes modèles, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. et *Zea mays* L. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2011. 15(1), 195-205.

SOUKEYNA C., 1999. Evaluation de la résistance variétale du niébé *Vigna unguiculata*. *Callosobruchus maculatus* L. Mém. D'Ing. En production végétale. Ecole Nat. Sup. D'Agro. SENEGAL. 58P.

STAMOPOULOS D.C., et HUIGNARD J., 1980. Influence de diverses parties de la graine de haricot *P. vulgaris* sur le développement des larves d'*A. obtectus* (Coleoptera, Bruchidae). *Ent. Exp. & Appl.* 28 : 38-46.

STRONG D. R., LAWTON J. H., SOUTHWOOD T. R. E., 1984. Insects on plants : Community Patterns and Mechanisms. Blachwell Science, Oxford, Royaume-Uni.

WILLIAMS D. G., 1997. The chemistry of essential oils. Micelle Press. England.

ZAGHOUANE O., 1997. La situation actuelle et les perspectives de développement des légumineuses en Algérie ; Revue Céréaliculture, 34, PP 27-30.

Tableau 1 : Analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre longévité des adultes d'*A. obtectus* traité avec l'H.E de *R. officinalis*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	114,679	27	4,247				
VAR.FACTEUR 1	20,429	6	3,405	0,759	0,61141		
VAR.RESIDUELLE 1	94,25	21	4,488			2,119	17,81%

Tableau 2 : Analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre fécondité des femelles d'*A. obtectus* traité avec l'H.E de *R. officinalis*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	27220,96	27	1008,184				
VAR.FACTEUR 1	10713,21	6	1785,536	2,271	0,07557		
VAR.RESIDUELLE 1	16507,75	21	786,083			28,037	56,60%

Tableau 3 : Analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre éclosion des œufs d'*A. obtectus* traité avec l'H.E de *R. officinalis*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	9803,058	27	363,076				
VAR.FACTEUR 1	2632,094	6	438,682	1,285	0,30644		
VAR.RESIDUELLE 1	7170,963	21	341,475			18,479	50,70%

Tableau 4 : Analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre émergence des adultes d'*A. obtectus* traité avec l'huile essentielle de *R. officinalis*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	19007,56	27	703,984				
VAR.FACTEUR 1	8823,064	6	1470,511	3,032	0,02693		
VAR.RESIDUELLE 1	10184,5	21	484,976			22,022	67,58%

Tableau 5 : Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* traité par contact sur l'émergence des adultes d'*A. obtectus*.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
1.0	D0 μ L	54,435	A
2.0	D1 μ L	47,125	A
3.0	D2 μ L	45,45	A
4.0	D3 μ L	40,323	A
5.0	D4 μ L	25,418	A
6.0	D5 μ L	7,823	A
7.0	D6 μ L	7,545	A

Tableau 6 : Analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre perte en poids des graines de *P. vulgaris* traité avec l'huile essentielle *Rosmarinus officinalis*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	382,483	27	14,166				
VAR.FACTEUR 1	380,073	6	63,346	552,119	0		
VAR.RESIDUELLE 1	2,409	21	0,115			0,339	5,31%

Tableau 7 : Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de huile essentielle du *R. officinalis* traité par contact sur la perte en poids des graines.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES						
1.0	D0 μ l	12,528	A						
2.0	D1 μ l	10,875		B					
3.0	D2 μ l	6,905			C				
4.0	D3 μ l	5,28				D			
5.0	D4 μ l	3,962					E		
6.0	D5 μ l	2,823						F	
7.0	D6 μ l	2,253							G

Tableau 8 : Analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre germination des graines de *P. vulgaris* traité avec l'huile essentielle *Rosmarinus officinalis*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	3819,428	27	141,46				
VAR.FACTEUR 1	371,428	6	61,905	0,377	0,88552		
VAR.RESIDUELLE 1	3448	21	164,191			12,814	17,59%

Tableau 9: Nombre moyen de bruches recensées dans les parties traitées et non traitées et le pourcentage de répulsion de l'huile essentielle de *R. officinalis*.

Huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i>				
Moyenne d'individus présents dans	Partie traitée	Partie non traitée	Pourcentage de répulsion	
Dose	1µl	2	8	60%
	2µl	1,7	8,25	65%
	3µl	1,2	8,75	75%
	4µl	0	10	100%
	5µl	0	10	100%
Taux moyenne de répulsion	80%			
Classe	V			
Effet	Très répulsif			

Tableau 10 : Analyse de la variance au seuil de 5% pour le paramètre mortalité des adultes d'*A. obtectus* pour les deux facteurs (Dose et temps).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	87761,9	41	2140,534				
VAR.FACTEU R 1	819,039	5	163,808	3,475	0,01354		
VAR.FACTEU R 2	85528,56	6	14254,76	302,371	0		

Tableau 11 : Résultats du test NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose sur la mortalité des adultes d'*A. obtectus*.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
6.0	D6 μ l	70	A	
4.0	D4 μ l	61,429	A	B
5.0	D5 μ l	61,429	A	B
3.0	D3 μ l	58,571		B
1.0	D1 μ l	57,143		B
2.0	D2 μ l	57,143		B

Tableau 12 : Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de facteur temps sur la mortalité des adultes d'*A. obtectus*.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
6.0	72H	100	A	
7.0	96H	100	A	
4.0	24H	100	A	
5.0	48H	100	A	
3.0	3H	11,667		B
2.0	2H	10		B
1.0	1H	5		B

Résumé

L'huile essentielle de Romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) a été testée à différentes doses (1 µl, 2 µl, 3 µl, 4 µl, 5 µl et 6 µl) et dans des conditions de laboratoire sur la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say âgées de moins de 42 heures afin d'évaluer sa toxicité à l'égard de ce ravageur. Des paramètres biologiques de l'insecte et agronomiques des graines ont été étudiés pour le test par contact à savoir la mortalité, la fécondité des femelles, le taux d'éclosion des œufs, le taux d'émergence, la perte en poids et le pouvoir germinatif des graines de haricot. L'huile essentielle est également évaluée par répulsion et par inhalation.

Dans l'ensemble des tests par contact, l'huile essentielle de Romarin montre un effet biocide important à l'égard d'*A. obtectus*, les différentes doses sont toxiques au fur et à mesure qu'elles augmentent. La plus forte dose, est la plus efficace enregistrant un taux de mortalité de 100% des individus après 8 jours d'exposition. La fécondité des femelles et le taux d'éclosion des œufs sont significativement réduits à la dose de 6 µl, montrant un effet relativement important sur le taux d'émergence où le nombre de descendants est nettement réduit comparativement à la série témoin. L'utilisation de ces substances, a montré un effet protecteur des graines de haricot traitées, puisque les pertes en poids enregistrées sont de 2.25% à la plus forte et le pouvoir germinatif des graines est préservé au fur et à mesure que la dose de l'huile essentielle testée augmente. Le test par répulsion révèle que l'huile essentielle de Romarin est placée dans la classe V ; C'est donc une huile très répulsive avec un taux moyen de répulsion de 80%. Toutes les doses d'huile essentielle testées par inhalation ont révélé un effet insecticide significatif pour le facteur dose et une différence très hautement significative pour le facteur temps sur la mortalité des adultes d'*A. obtectus* à la dose 1 µl après 24 h d'exposition.

Il ressort globalement de notre étude que l'huile essentielle du Romarin a une activité insecticide très marquée exerçant un effet létal sur les adultes d'*A. obtectus* et un effet inhibiteur sur la reproduction en diminuant la fécondité. Par conséquent, cette huile essentielle pourrait être utilisée comme moyen de lutte alternative dans les stocks.

Mots- clés : *Acanthoscelides obtectus*, *Phaseolus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*, bioinsecticides, huiles essentielles.

Summary

Rosemary essential oil (*Rosmarinus officinalis* L.) was tested at different doses (1 µl, 2 µl, 3 µl, 4 µl, 5 µl and 6 µl) and under laboratory conditions upon *Acanthoscelides obtectus* Say bean weevil aged less than 24 hours to assess its toxicity to this pest. Biological parameters of the insect and seeds were studied for the contact test namely mortality, female fertility, egg hatching rate, emergence rate, weight loss and germination capacity of bean seeds. The essential oil was also evaluated by repulsion and by inhalation.

In all contact tests, Rosemary essential oil showed a significant biocidal effect on *A. obtectus*; the different doses were toxic as they increase. The highest dose, is the most efficient recording a mortality rate of 100% of individuals after 8 days of exposure. Female fecundity and hatching rate of eggs were significantly reduced at 6 µl dose, showing a relatively large effect on the emergence rate where the number of offspring compared to the control series was significantly reduced. The use of these substances, showed a protective effect of treated bean seeds, since the weight loss recorded was of 2.25% at the highest dose and the germination capacity of the seeds is preserved as the dose of the tested essential oil increases. The repulsion test revealed that Rosemary essential oil is placed in class V; It is therefore a very repulsive oil with an average repellency of 80%. All doses of essential oil tested by inhalation revealed a significant insecticidal effect for the dose factor and a very highly significant difference for the time factor on the mortality of *A. obtectus* adults at 1 µl dose after 24 hours of exposure.

Our study showed that Rosemary essential oil has a very strong insecticidal activity exerting a lethal effect on *A. obtectus* adults and an inhibitory effect on reproduction by decreasing fertility. Therefore, this essential oil could be used as a means of alternative control in stocks.

Key words: *Acanthoscelides obtectus*, *Phaseolus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*, bioinsecticides, essential oils.