

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 d'Agronomie



Mémoire de fin d'étude

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

Sujet

**Evaluation de l'effet biocide de l'huile essentielle et de la poudre des
feuilles de la sauge (*Salvia officinalis* L. : Lamiacées) sur la bruche de
fève *Bruchus Rufimanus* Boh.(Coleoptera : Bruchinae).**

Présenté par : M^{me} BOUZIANE-ASSAM Samia

Devant le jury :

Soutenu le : 29-10-2015

Présidente :	M ^{me} GOUCEM-KHELFANE K.	MCB.	U.M.M.T.O.
Promotrice :	M ^{me} MEDJDOUB-BENSAAD F.	Prof.	U.M.M.T.O.
Co-promoteur:	M ^{me} AOUDJIT-HAMANI S.	Doct.	U.M.M.T.O.
Examinatrice :	M ^{elle} CHOUGAR S.	MAA.	U.M.M.T.O.
Examineur:	M ^r MEZANI S.	Doct.	U.M.M.T.O.

Année universitaire : 2014-2015

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A la mémoire de mon cher papa, et à ma très chère maman en témoignage de ma profonde affection. Je leurs suis très reconnaissante. Leurs fierté à mon égard aujourd'hui est pour moi la meilleure des récompenses, je ne les remercierai jamais assez, pour tout ce qu'ils m'ont fait.

A mon mari Abdelkader, pour sa patience, sa constante assistance et ses persévérants efforts fournis pour la réalisation de ce travail.

A khali Smail et Khalti Nadjia.

A mes petits poussins : Khaled, Razene, Said et Mohammed Amine

A mes très chers sœurs : Lynda, Sarah, Lycia et son mari Moh .

A mes très chers frères :Kamel, Yacine, Malik, Karim et sa femme Zahia ainsi que leurs petit : Romaissa, yanis, Fifi, et Islem.

A tout mes proches et mes amis.



Samia

REMERCIEMENTS

C'est avec l'aide de Dieu tout puissant que ce modeste projet a pu être réalisé, Dieu qui nous a donné fois, raison et lucidité. Dieu Merci.

Je tiens à exprimer tout d'abord mes remerciements les plus profonds et les plus chaleureux à madame MEDJDOUB-BENSAAD F. Professeur à l'U.M.M.TO, d'avoir proposé et dirigé ce travail, et d'avoir mis à ma disposition le matériel nécessaire à la réalisation de ce mémoire, pour sa disponibilité, ses conseils précieux et ses encouragements qu'elle m'a prodigués tout au long de ce mémoire.

Mes meilleurs, sincères et profonds remerciements s'adressent à M^{me} GOUCEM-KHELFANE K., maîtres de conférences B à l'U.M.M.T.O, pour avoir accepté de présider ce jury, pour sa simplicité et son aide précieuse, qu'elle trouve ici l'expression de mon profond respect.

Je tiens à remercier vivement M^r MEZANI S., Doctorant à l'U.M.M.T.O., pour son aide, ses conseils, son écoute et d'avoir accepté d'évaluer ce travail.

Mes chaleureux remerciements à M^{me} CHOUGAR S., maîtres assistante classe A au département de Biologie à l'U.M.M.T.O, qui a accepté de juger ce travail, pour ces encouragements et bonne humeur.

Je tiens à remercier également monsieur le Professeur KELLOUCHE A. d'avoir mis à ma disposition le matériel nécessaire à la réalisation de ce mémoire.

Un grand merci assez particulier s'adresse à Hassina et Karima l'équipe de laboratoire d'entomologie pour leur soutien. Je ne saurai oublier de remercier également, Fariza, Dihia, Sarah et toute ma promotion.

Que tous les enseignants ayant contribué à ma formation trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Mes remerciements les plus cordiaux s'adressent à ma voisine Chabha, elle m'a été autoriser de travailler dans leurs champs de fève.

Je n'oublierai pas de présenter mes vifs remerciements à ma famille, mon mari qui ont contribué à la réalisation ce mémoire.

Un grand merci à ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.

Liste des figures

Figure 1. Morphologie de la fève (<i>Vicia faba</i> L.).....	5
Figure 2. Racines de la fève avec des nodules.....	6
Figure 3. Dégâts de gel sur les feuilles, tiges, racines et graines.....	9
Figure 4. Fève souffrant d'un coup de chaud.....	9
Figure 5. Botrytis (<i>Botrytis fabae</i>) sur les feuilles, b) Foyer de Botrytis.....	11
Figure 6. Rouille (<i>Uromyces vicia-fabae</i>) sur les feuilles de la fève.....	11
Figure 7. Mildiou (<i>P. fabae</i>) sur feuille (face inférieur).....	12
Figure 8. Anthracnose sur les graines, les gousses et sur les feuilles.....	12
Figure 9. a et b) tige de fève déformée, par <i>Ditylenchus dipsaci</i> race géante. c) Symptômes de <i>D.dipsaci</i> sur graine de fève.....	13
Figure 10. a) Puceron noir (<i>Aphis fabae</i>), b) Puceron vert du pois (<i>Acyrtosiphon pisum</i>), sur la tige et les feuilles de la fève.....	14
Figure 11. Vue dorsale (à gauche) et vue de profil (à droite) de <i>Bruchidius incarnatus</i> . Le schéma en médaillon.....	18
Figure12. La morphologie de <i>B.rufimanus</i>	18
Figure13. Morphologie du stade œuf de <i>B.rufimanus</i>	19
Figure14. Les différents stades larvaires et nymphal de <i>B. rufimanus</i>	19
Figure15. Le cycle biologique de <i>B .rufimanus</i>	21
Figure16. Dégâts causés par la bruche de la fève (<i>B.rufimanus</i>).....	23
Figure17. Plante de la la sauge.....	28
Figure 18. Dispositif expérimentale du test par contact à l'égard de <i>B. rufimanus</i>	31
Figure 19. Dispositif expérimental du test par contact à l'égard de <i>B.rufimanus</i> diapausants.....	32
Figure 20. Dispositif expérimental du test par inhalation à l'égard de <i>B.rufimanus</i> diapausants.....	34
Figure21. Longévité moyenne des adultes de <i>B.rufimanus</i> diapausants traités par contact.....	35
Figure 22. Longévité moyenne des adultes de <i>B.rufimanus</i> traités par contact.....	36
Figure 23. Longévité moyenne des adultes reproducteurs de <i>B.rufimanus</i> traités par l'huile essentielle de la sauge par contact.....	37
Figure 24. Longévité moyenne des adultes diapausants de <i>B.rufimanus</i> traités par différentes doses d'huile essentielle de la sauge par inhalation.....	41

Liste des tableaux

Tableau I. Composition chimique moyenne pour 100 g net de fève.....7

Tableau II. Composition chimique de l'huile essentielle de la sauge *S.officinalis*.....28

Sommaire

SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale..... 01

Chapitre I : Généralités sur la plante hôte : *Vicia faba* L.

1. Introduction	03
2. Position systématique	03
3. Origine et répartition géographique	04
4. Description de l'espèce: <i>V. faba</i> L.....	04
5. Exigences de la culture de la fève.....	06
6. Intérêts cultureux de la fève.....	06
6-1- Intérêt agronomique	06
6-2- Intérêt alimentaire.....	06
6-3- Intérêt éco-toxicologique.....	08
7. Contraintes de la culture de la fève en Algérie.....	08
7.1. Contraintes abiotiques.....	08
7.2. Contraintes culturelles et socio-économiques.....	10
7.3. Contraintes biotiques.....	10
8. Principales mesures de lutte contre les maladies et les ravageurs.....	14

Chapitre II : Synthèse bibliographique sur la bruche de la fève : *Bruchus rufimanus*

1. Introduction.....	16
2. Position systématique.....	17
3. Origine et répartition géographique de <i>B. rufimanus</i>	17
4. Description de <i>B. rufimanus</i>	17
4.1. Adultes.....	17
4.2. Œufs.....	19
4.3. Larves.....	19
4.4. Nymphe.....	20
5. Biologie de <i>B. rufimanus</i>	20
5.1. Les conditions de la levée de la diapause reproductrice chez <i>B. rufimanus</i>	20

5.2. Ponte.....	21
5.3. Etat larvaire.....	21
5.4. Etat adulte.....	21
6. Dégâts causés par <i>B. rufimanus</i> sur la fève	22
7. Moyens de lutte contre <i>B. rufimanus</i>	23
7.1. Lutte préventive.....	23
7.2. Lutte curative.....	24

Chapitre III : Matériels et méthodes

1. Matériels.....	27
1.1. Matériels biologique.....	27
1.1.1. Fève.....	27
1.1.2. Bruche.....	27
1.1.3. Huile essentielle et poudre.....	27
2. Méthodes.....	30
2.1. Traitement par contact.....	30
2.1.1. Evaluation de l'effet biocide de l'huile esesentielle et de la poudre sur les adultes diapausants.....	30
2.1.2. Evaluation de l'effet biocide de l'huile esesentielle et de la poudre sur les adultes sexuellement actifs.....	33
2.2. Traitement par inhalation.....	33

Chapitre IV : Résultats et discussion

1. Evaluation de l'effet biocide d'huile essentielle et de la poudre par contact.....	35
1.1. Action d'huile essentielle de la sauge sur les adultes diapausants.....	35
1.2. Action de la poudre de la sauge sur les adultes diapausants.....	36
1.3. Action d'huile essentielle de la sauge sur les adultes non diapausants.....	37
1.4. Discussion.....	38
2. Evaluation de l'effet biocide d'huile essentielle par inhalation.....	40
2.1. Discussion	41
Conclusion générale.....	44

Références bibliographiques

Annexes

Introduction générale

En Algérie, les légumineuses occupent une place importante et constituent avec les céréales l'épine dorsale du système alimentaire (KHELIL, 1977).

Selon GIOVE et ABIS (2007), en 2005 les pays méditerranéens ont produit 1 093 000 tonnes de fèves, soit 25% de la production mondiale. L'Algérie, avec 27 900 tonnes occupent le 17^{ème} rang au niveau mondial et le 6^{ème} rang au niveau continental.

La fève est utilisée en tant qu'engrais vert, pour les sols pauvres dans les régions arides d'Algérie. Elle est exposée à des contraintes d'ordre abiotiques comme le froid hivernal, les gelées printanières, la chaleur et la salinité. Elle est également affectée par des contraintes d'ordre biotiques, notamment les mauvaises herbes, les maladies fongiques et virales ainsi que les insectes ravageurs qui restent des véritables obstacles, empêchant l'augmentation des rendements (MAATOUGUI ; 1996).

La bruche de la fève est l'un des ravageurs les plus nuisibles vis-à-vis de *V. faba* L, ses larves provoquent des modifications quantitatives et qualitatives des réserves, contenues dans les grains et réduisent leur pouvoir germinatif (GAIN, 1978).

Les graines endommagées par les trous et les galeries des bruches perdent leur valeur commerciale et ne sont plus commercialisables pour l'alimentation humaine qui a des standards de qualité stricts (LEPPIK et al, 2014). En France, le seuil de tolérance à l'exportation et à l'industrie agro-alimentaire est fixé entre 2% et 3% de graines bruchées, au-delà de cette valeur il y a refus de commercialisation (SADOUDI et IBOUKHOULEF, 2003).

En Europe occidentale et en Amérique du Nord où les techniques de lutte les plus perfectionnées sont mises en place, les insectes détruisent encore annuellement plus de 3 milliards de dollars de denrées agricoles ou forestières (THOMAS, 1999). Au Canada, les pertes que subissent les productions de céréales varient entre 35 à 45% (ANONYME, 2001a). Dans les pays en développement, les estimations des pertes varient de 30 à 50% des récoltes (HELBIG, 1995).

D'après MAGAN et OLSEN (2004), en raison de son efficacité et de son application facile et pratique, l'utilisation des produits chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée pour lutter contre les ravageurs.

Les produits chimiques sont utilisés d'une façon abusive et impropre dans la plupart des pays africains. Les paysans détournent souvent des pesticides à des usages autres que ceux

pour lesquels ils sont destinés et utilisent les pesticides toxiques sans mesures de protection adéquates à cause des taux d'analphabétisme élevés (ANONYME, 2003 ; ISMAN, 2006).

Ainsi, l'emploi intensif de ces produits a provoqué une contamination de la biosphère et de la chaîne alimentaire, une éradication des espèces non cibles telles que la faune auxiliaire et l'apparition des microorganismes résistants (MAGAN et OLSEN, 2004).

Plusieurs auteurs et organisations (ANONYME, 1991 ; ANNONIME, 2001b; FARR *et al.*, 2004 ; ISMAN, 2006) ont associé les pesticides à des problèmes de santé et de l'environnement. D'après eux, les pesticides chimiques sont des produits dangereux et toxiques même à très faibles doses.

ANONYME (2003) a rapporté aussi que près de 750 000 personnes de ces pays contractent chaque année une maladie chronique telle que les cancers, les maladies du foie et des reins, suite à une exposition prolongée à des pesticides. Il rapporte aussi que plus de 20 000 décès et 3 millions d'empoisonnement annuellement en Afrique sont liés aux pesticides.

Ces dangers ont conduit l'OMS à interdire l'usage de certains pesticides, c'est le cas des fumigants telque le Bromure de méthyl, qui est utilisé contre les ravageurs des denrées stockées (KHELIL, 1977). La recherche de molécules nouvelles en prenant en compte d'autres critères que l'efficacité, est devenue indispensable. La lutte biologique par l'utilisation de substances naturelles peut constituer une alternative aux produits chimiques. Parmi ces substances naturelles figurent les huiles essentielles extraites des plantes aromatiques (MAIHEBIAU, 1995).

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est d'évaluer l'effet toxique de l'huile essentielle et la poudre des feuilles de la sauge (*Salvia officinalis* L.) par contact, inhalation pour l'huile essentielle sur les adultes de *B. rufimanus* diapausants et sexuellement actifs.

Notre travail est scindé en quatre chapitres structurés comme suit:

Le premier chapitre et le deuxième présentent une synthèse bibliographique de la plante hôte *Vicia faba* L. et le ravageur *Bruchus rufimanus*. Le troisième chapitre porte sur le matériel utilisé et les méthodes adoptées. Le quatrième chapitre traite les résultats qui sont étayés par une discussion et ce présent document sera clos par une conclusion.

Chapitre I

**Généralités sur la plante hôte :
Vicia faba L.**

1. Introduction

La fève est une légumineuse annuelle qui appartient à la famille des *Fabaceae*. Cette famille possède 674 genres et plus de 18 000 espèces (POLHILL et *al.*, 1981). Les botanistes s'entendent à regrouper cette famille en trois sous-familles : *Mimosoideae*, *Caesalpinioideae*, *Papilionoideae* (GEPTS et *al.*, 2005).

DOYLE et LUCKOW (2003) rapportent que les *Papilionoideae* est la sous-famille la plus diverse avec 429 genres et environ 12000 espèces et qui regroupent les espèces cultivées les plus importantes économiquement. Trois groupes majeurs sont présents au sein de cette sous-famille : les *Phaseolides*, par exemple : le Soja (*Glycine max*), le Haricot (*Phaseolus vulgaris*), le groupe des *Aeschynomeneae* : comme l'Arachide (*Arachis hypogaea*), et enfin les *Galegoïdes* : comme la Fève (*Vicia faba* L.), le Pois (*Pisum sativum* L.), la Luzerne (*Medicago sativa*) et le Pois chiche (*Cicer arietinum* L.).

La fève, à l'image des autres légumineuses alimentaires (pois chiche, lentille...) est une plante très riche en protéines et constitue un aliment nutritif très important. Cette culture est très ancienne et largement pratiquée à travers le monde couvrant environ 2,3 millions d'Hectares (ALAOUI, 2009).

2. Position systématique

CRONQUIST (1981), rappelle la classification de la fève comme suit:

Règne :Végétal
Embranchement :Spermaphytes
Sous-embranchement :Angiospermes
Classe :Dicotyledones
Sous-classe :Dialypétales
Séries :Caliciflores
Ordre :Rosales
Famille :Fabacés
Sous-famille :Papilionacées
Genre :*Vicia*
Espèce :*Vicia faba* Linné, 1753

La fève est une espèce diploïde ($2n = 12$ chromosomes). Elle présente une assez grande variabilité morphologique (poids, forme, coloration du grain, hauteur des plantes) (MOULE, 1972).

D'après KOLEV (1976), selon la taille et la forme de la graine, et celles de la gousse, *V.faba* est subdivisée en trois sous-espèces :

Vicia faba major: les grains sont de grosses tailles larges et plates, les gousses sont très longues (nombre d'ovules de 8 à 13) aplaties et souvent recourbées en sabre. La fève est destinée à la consommation humaine.

Vicia faba minor : Avec des grains ovoïdes, réguliers et lisses et des gousses cylindrique et courtes (nombre d'ovules de 2 à 3). La féverole est utilisée pour principalement l'alimentation du bétail.

Vicia faba equina : les gousses de la févette sont plus aplatie longue, avec un nombre d'ovules de 3 à 4. La taille des grains est moyenne.

3. Origine et répartition géographiques

L'homme aurait très tôt utilisé la fève pour sa nourriture. L'espèce était déjà largement répandue au néolithique en Espagne, Italie, Hongrie et France (MOULE, 1972).

Selon ZAIDI et MAHIOUT (2012), la fève est une plante cultivée par l'homme depuis la plus haute antiquité, elle est originaire des régions d'Asie Centrale cultivait il y a près de 10.000 ans, elle se répandra ensuite à tout l'hémisphère Nord

En Egypte des graines de fève ont été trouvées dans les tombes de XXIIe dynastie des pharaons (2002-2004 avant J.C). Elle s'accommode à tous les types de sols (HUIGNARD et al., 2011).

4. Description de *Vicia faba* L.

La fève est une plante herbacée (Fig. 1) annuelle présentant une tige simple, dressée creuse et de section quadrangulaire, sans ramification se dressant à plus d'un mètre de haut (PERON, 2006).

Les feuilles composées et alternes de couleur vert glauque ou grisâtre, sont constituées de 2 à 6 folioles amples et ovales (LAUMONIER, 1979 ; CHAUX et FOURY, 1994).

Selon MAOUI et al(1990), la fève possède des inflorescences en grappe de 4 à 5 fleurs en moyenne, situées à l'aisselle des feuilles.

Les fleurs sont de couleur blanche ou faiblement violaces avec des ailes noires (BOND et al .,1985 ; CHAUX et FOURY, 1994).

Les fruits sont des gousses pendantes noircissant à maturité (LAUMONIER, 1979), et les graines sont charnue, verts et tendres à l'état immature, à complète maturité, elle

développe un tégument épais et coriace de couleur brun-rouge, à blanc verdâtre et prend une forme aplatie (CHAUX et FOURY, 1994).

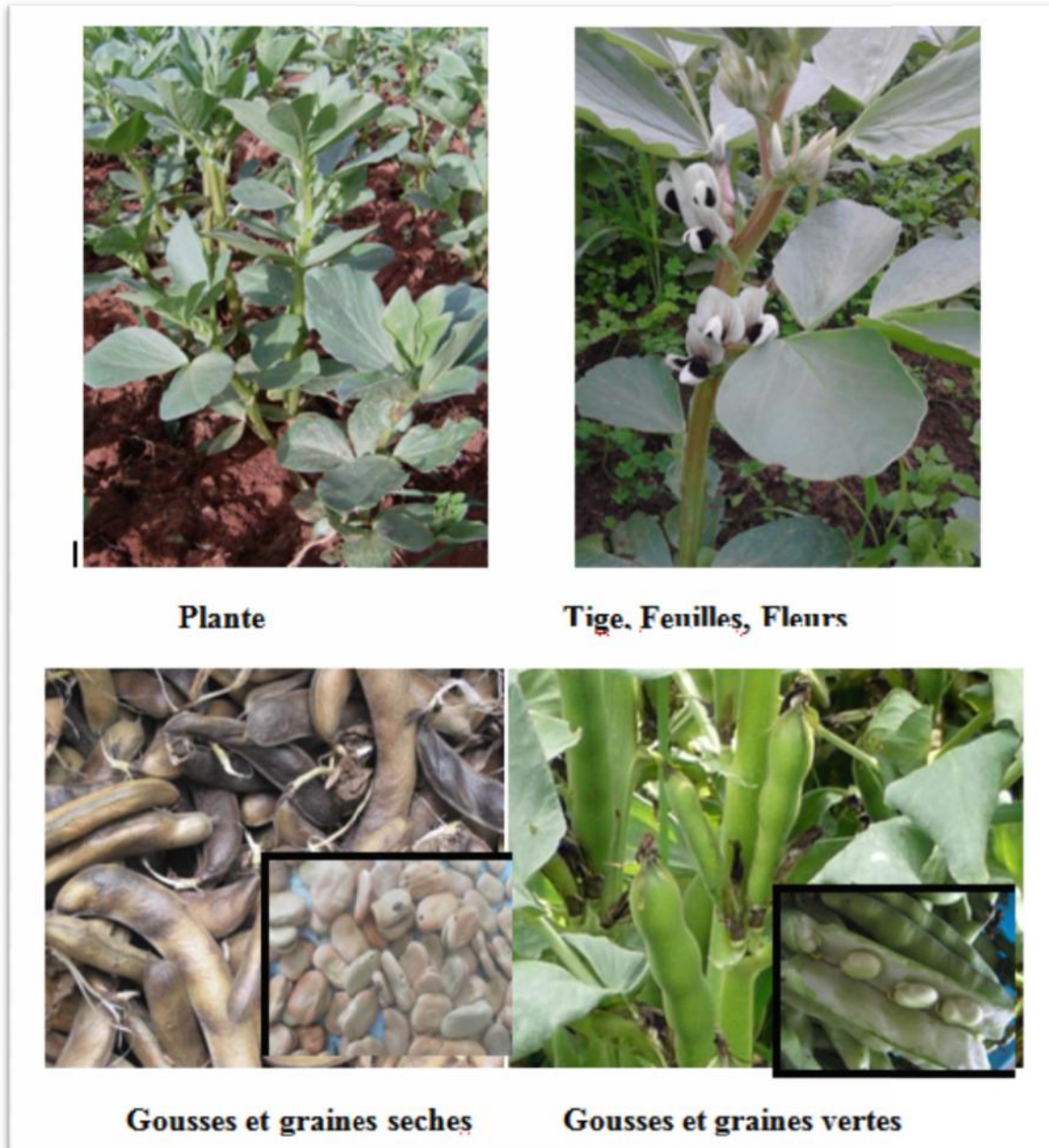


Figure 1. Morphologie de la fève (*Vicia faba* L) (ORIGINALE, 2015).

Selon FOLTETE (2010), les racines des légumineuses peuvent fixer l'azote atmosphérique grâce à son association avec *Rhizobium leguminosarum*, une bactérie qui infecte les racines des légumineuses et donne naissance à des excroissances de type tumoral appelées nodosités (Fig. 2).

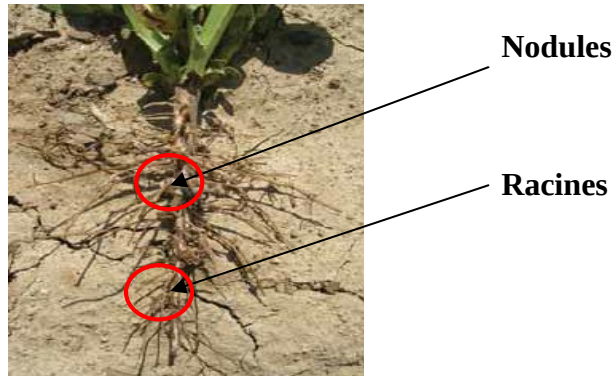


Figure 2. Racines de la fève avec des nodules (VANNETZEL et BOIZET, 2013).

5. Exigences de la culture de la fève

La fève est une plante méditerranéenne qui est peu exigeante sur le type de sol, à condition que ce dernier soit bien ensoleillé et pas trop acide. Elle tolère bien les ph compris entre 5,5 et 8 et température optimale est aux environs de 20°C (FOLTETE, 2010).

L'espèce est très exigeante en humidité du sol, surtout pendant les périodes initiales de son développement. Les phases de floraison et développement des gousses présentent une sensibilité élevée vis-à-vis d'un stress hydrique (CHAUX et FOURY, 1994).

6. Intérêts de la culture de la fève

6.1. Intérêt agronomique

V.faba, comme toutes les légumineuses alimentaires, contribue à l'enrichissement du sol en éléments fertilisants, dont l'incidence est positive sur les performances des cultures qui les suivent, notamment le blé (KHALDI et al., 2002). Elle améliore la teneur du sol en azote, avec un apport annuel de 20 à 40 kg /ha, par son système racinaire puissant et dense. Les résidus des récoltes enrichissent le sol en matières organiques (RACHEF et al., 2005).

6.2. Intérêt alimentaire

La fève est l'une des légumineuses à graines les plus communes, utilisée pour l'alimentation humaine et animale (GOYOAGA et al., 2011). L'utilisation de la fève est principalement orientée vers la consommation humaine en gousses fraîches à grande proportion et sous forme de graines sèches (MAATOUGUI, 1997).

Elle constitue un aliment nutritif très important surtout pour les populations à faible revenus, qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéines d'origine animale (DAOUI, 2007).

La féverole lorsqu'elle est disponible, est utilisée pour l'alimentation du bétail en graines concassées destinées aux bovins surtout pour l'engraissement. La fève peut être aussi utilisée en engrais vert dans les vergers (MAATOUGUI, 1996).

Selon DAOUI (2007), cette légumineuse a une teneur en protéine élevée et est une excellente source de fibres solubles et insolubles, de glucides complexes, de vitamines (B9 et C) et de minéraux (en particulière le potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium, le cuivre, le fer et le zinc).

La composition chimique moyenne pour 100 g net de fève est présentée dans le tableau suivant :

Compositions (g)	Vitamine (mg)
Glucides10,0	Acide ascorbique.....82,00
Protides5,40	Provitamine A (carotène).....0,100
Lipides0,30	B1 (thiamine).....0,300
Eau82,0	B2 (riboflavine).....0,200
Fibres alimentaire6,50	B3 (nicotamide).....1,800
Minéraux (mg)	Apports énergétiques
Potassium210,0	K calories.....64,00
Phosphore105,0	K joules.... 268,0
Calcium24,0	
Magnésium18,00	
Soufre27,00	
Sodium4,00	
Chlore14,00	

Tableau I : composition chimique moyenne pour 100g net de fève (DAOUI, 2007).

6.3. Intérêt éco-toxicologique

La fève est très sensible à la pollution du sol. Ce qui en fait un modèle végétal très utilisé en éco-toxicologie dans un grand nombre d'études. Du fait que son caryotype est simple, elle est utilisée dans un grand nombre d'études de mutagénèse pour le test des anomalies chromosomiques (KANAYA et al., 1994; DE MARCO et al., 1995 ; SANG et LI 2004). De plus, la grande quantité d'ADN contenue dans son noyau la rend très sensible aux molécules génotoxiques (BENNETT, 1976 ; FERRARA et al., 2004). *Vicia faba* est en outre aussi employée pour étudier les réponses des marqueurs du stress oxydant (RADETSKI et al., 2004).

Les auteurs sont donc partagés en ce qui concerne le choix du modèle biologique, mais la plupart reconnaissent que *Vicia faba* est une plante très intéressante dans les études de génotoxicité (FOLTETE, 2010).

7. Contrainte de la culture de la fève

La culture de la fève est soumise à un certain nombre de contraintes, qui limitent sa production, son développement, son extension et qui provoquent une instabilité du rendement. Cependant, leur importance relative varie en fonction de la localisation géographique et les conditions agros-écologiques de la production agricoles.

Ces contraintes sont résumées comme suit :

7.1. Contraintes abiotiques

Selon SAXENA (1991), les contraintes principales de la culture de la fève dans la région méditerranéenne sont :

- Le froid au début de la saison des récoltes
- La sécheresse à différents stades de croissance
- La chaleur lors de la croissance de la production et les étapes de remplissage des gousses
- La salinité est également une contrainte de production dans certaines zones côtières.

7.1.1. Froid hivernal et gelées printanières

D'après MAATOUGUI (1996), le froid hivernal et les gelées printanières sont les principales contraintes dans la zone des Hauts plateaux et les plaines intérieures. Ils provoquent la coulûre des fleurs et la mortalité des plantes (Fig. 3).



Figure 3. Dégâts de gel sur les feuilles, tiges, racines et graines sur les plants de fève (VANNETZEL et BOIZET, 2013)

7.1.2. Sécheresse

La sécheresse constitue le stress abiotique le plus important, pour l'instabilité et la production de la fève (EL BOUHAMDI et SADIKI, 2002). Le faible rendement de la culture de cette espèce en Algérie est du en grande partie à l'insuffisance des précipitations printanières et leur irrégularités (ZAGHOUANE et *al.*, 2000).

7.1.3. Chaleur

Les fortes chaleurs (au dessus de 22-25°C de moyenne journalière) causent un arrêt de croissance, une chlorose et peuvent même anéantir complètement la végétation ; à un degré moindre, elles nuisent à la qualité du grain, le rendant précocement amer et farineux (CHAUX et FOURY, 1994) (Fig. 4).



Figure 4. Fève souffrant d'un coup de chaud (VANNETZEL et BOIZET, 2013).

7.1.4. Salinité

La salinité du sol est un facteur de stress osmotique très limitant pour les plantes (LAZREK et *al.*, 2002). C'est une contrainte qui concerne notamment les zones sahariennes, où les fèves sont irriguées avec des eaux assez chargées en sodium. L'effet du sel sur les plantes et sur les propriétés physiques et chimiques du sol réduit la productivité de la fève (MAATOUGUI, 1996).

7.2. Contrainte culturelles et socio-économiques

7.2.1 Contraintes culturelles

Selon ZAGHOUE (1991), les contraintes sur la conduite culturale des fèves en Algérie se caractérisent par :

- L'absence de mécanisation.,
- Les semences cultivées sont souvent vectrices de plusieurs maladies.,
- L'indisponibilité de semences certifiées.,
- Les prix exorbitant et l'indisponibilité des intrants, tels que : les fertilisants, les herbicides et les pesticides.

7.2.2. Contraintes socio-économiques

D'après ZAGHOUE (1991), Les contraintes socio-économiques sont nombreuses:

- La production de semences certifiées est faible.
- Le semis est réalisé à la main et le manque de main-d'œuvre constitue une contrainte majeure à la production.
- La récolte et le battage sont également réalisés à la main. Il y a l'absence du mécanisme approprié pour la récolte et le battage (ZAGHOUE, 1991).

7.3. Contraintes biotiques

La fève est la principale légumineuse alimentaire cultivée en Algérie. Mais cette espèce est soumise à plusieurs maladies et ravageurs (les insectes, les nématodes etc...) qui constituent des contraintes majeurs pour son amélioration, son développement et la stabilité de la production.

7.3.1. Maladies fongiques

7.3.1.1. Taches chocolat (*Botrytis*)

Selon VANNETZEL et BOIZET (2013), la maladie est causée par *Botrytis fabae*, elle peut être observée sur les feuilles dès le début de végétation, deux phases de la maladie peuvent être distinguées :

- Une phase non agressive qui correspond au début de l'infection, de nombreuses petites taches de couleur brun-chocolat sont dispersées sur la feuille, souvent de 2-3 mm de diamètre (Figure 5).
- Une phase agressive, lorsqu'un climat doux et très humide persiste pendant plusieurs jours, les tâches foncent, s'accroissent, s'unissent et peuvent entièrement nécroser les organes attaqués.

Le botrytis induit des pertes de rendement variables, qui dépendent de la sévérité de l'infection ; les pertes de rendements sont faibles en phase non agressive. Cependant, lors d'une phase agressive durant la floraison, les pertes peuvent atteindre 30 à 50 % si aucun traitement n'est réalisé.

Les études menées durant ces dernières années ont montré que *B. fabae* et *B. cinerea* causent des symptômes similaires sur la fève (BOUZNAD et *al.*, 2001).

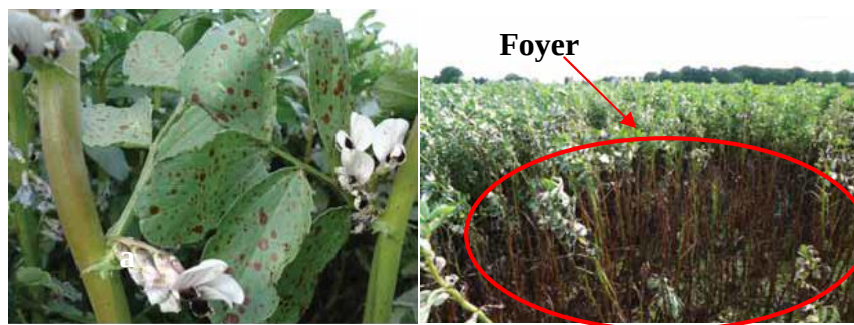


Figure 5. Botrytis (*Botrytis fabae*) sur les feuilles de la fève (VANNETZEL et BOIZET, 2013).

8.3.1.2. Rouille

Causée par *Uromyces fabae*, la rouille se manifeste par des tâches brunes à rougeâtres sur les feuilles (Fig 6), causant le dessèchement et la chute des feuilles (CHAUX et FAURY, 1994).

Selon MESSIAEN et *al.* (1991), la rouille conduit à l'affaiblissement des plantes et à la diminution du nombre et du remplissage des gousses, et à des dessèchements prématurés dans les cas les plus graves.



Figure 6. Rouille (*Uromyces vicia-fabae*) sur les feuilles de la fève (VANNETZEL et BOIZET, 2013).

7.3.1.3. Mildiou

Les agents responsables du mildiou sont *Peronospora fabae* et *Peronospora viciae*. Suite aux attaques précoces sur les plantes jeunes, le mildiou entraîne le nanisme et la déformation de la tige et des feuilles (CHAUX et FAURY, 1994). Les attaques tardives montrent la formation d'un feutrage gris à la face inférieure des folioles (Fig.7) (STODDARD et al., 2010).

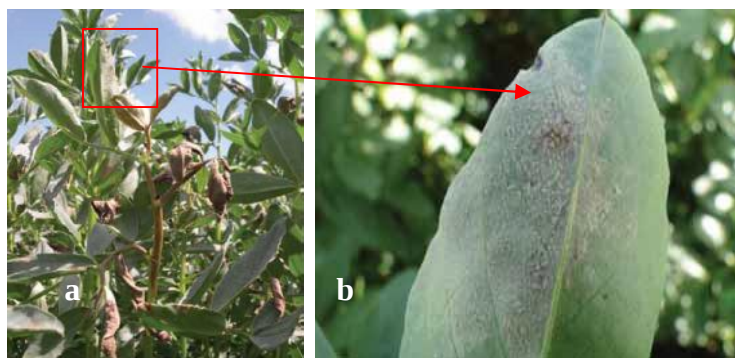


Figure 7. Mildiou (*P. fabae*) sur feuille (face inférieure) (VANNETZEL et BOIZET, 2013).

7.3.1.4. Anthracnose

L'anthracnose est causée par *Ascochyta fabae*, elle contamine la plante en période de floraison (CHAUX et FAURY, 1994). PLANQUAERT et GIRARD (1987) rapportent que cette maladie se manifeste par la formation des taches brunes sur les tiges et les gousses, en provoquant leurs éclatements. Les graines sont ensuite contaminées.



Figure 8. Anthracnose sur les graines (A), les gousses (B) et sur les feuilles (C) (VANNETZEL et BOIZET, 2013).

7.3.2. Sensibilité aux ravageurs

7.3.2.1. Nématodes

En Algérie, la fève présente des attaques de nématodes par *Ditylenchus dipsaci* communément appelé nématode des tiges (SELLAMI et BOUSNINA, 1996). Ils provoquent le gonflement et la déformation de la tige (fig. 9 a et b), avec la décoloration des différentes

parties de la plante (ABBAS ANDALOUSSI, 2001). Les plantes sont aussi chétives (croissance terminale stoppée), tordues et épaisses. La graine est plus petite et mal formée. En cas de forte attaque, il y a un noircissement et éclatement des téguments des graines (fig. 9c) (VANNETZEL et BOIZET, 2013).

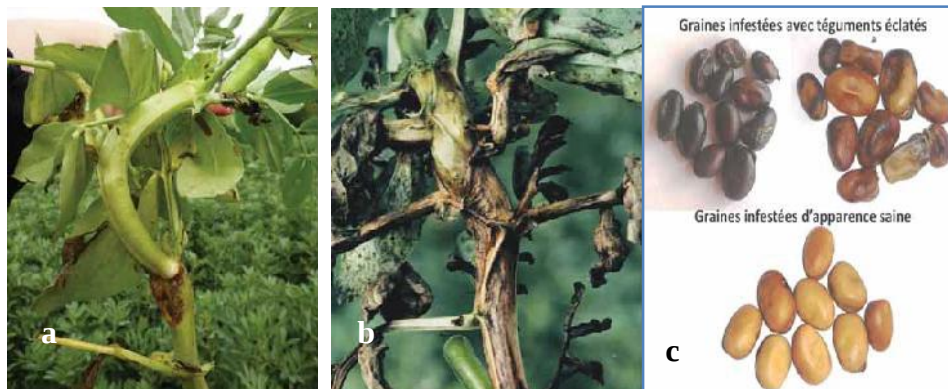


Figure 9. Plants de fève attaqués par une nématode *Ditylenchus dipsaci*
 a et b) tige de fève déformée, par *Ditylenchus dipsaci* race géante.
 c) Symptômes de *D. dipsaci* sur graine de fève (VANNETZEL et BOIZET, 2013).

7.3.2.2. Insectes

Puceron noir (*Aphis fabae*), est le principal ravageur de la fève. Cette espèce forme des colonies en manchon autour de tiges, il est à l'origine de pertes importantes de rendement. En présence de grandes colonies, les feuilles se rétrécissent sous l'effet des ponctions de sève, la croissance est altérée et la toxicité de la salive peut faire avorter les fleurs et l'éclatement des gousses fortement attaquées (DIDIER et GUYOT, 2012). Ce puceron est aussi le vecteur de maladies à virus, il peut transmettre plus de 30 virus pathogène (Fig. 10 a) (BLACKMAN et EASTOP, 2007).

Puceron vert du pois (*Acyrtosiphon pisum*), peut compromettre toute la récolte lorsque l'infestation survient avant la floraison. Il pompe la sève et cause des pertes de rendement non négligeables. (Figure, 10 b) (BOUHACHEN, 2002).

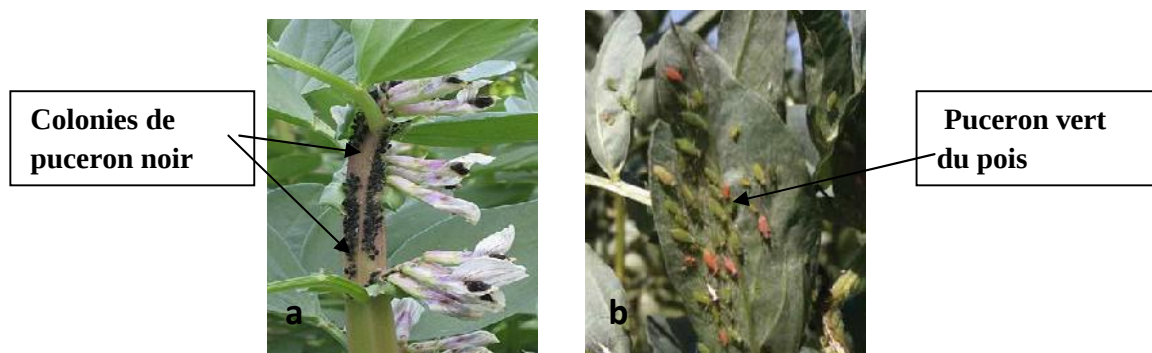


Figure 10. a) Puceron noir (*Aphis fabae*), b) Puceron vert du pois (*Acyrtosiphon pisum*), sur la tige et les feuilles de la fève féverole (VANNETZEL et BOIZET, 2013).

Les Sitone du pois (*Sitona lineatus*), est un charançon de 3,5 à 5mm de long de couleur brun-rougeâtre. Les adultes dévorent les feuilles sans grande incidence. Les larves de cet insecte consomment les nodosités, ce qui perturbe l'alimentation azotée (AVERSENQ et *al.*, 2008).

Lixe poudreux des fèves (*Lixus algerus*), ce charançon (Coleoptera, Curculionidae) provoque l'affaiblissement de la plante, la réduction du poids moyen des graines, ainsi que le dessèchement précoce et diminution du rendement (MAOUI et *al.*, 1990).

Bruche de la fève (*Bruchus rafimanus*), la femelle pond ses œufs sur les gousses, et les larves de ce coléoptère se développent aux dépens des graines, qui perdent leur pouvoir germinatif et leur poids (BOUGHADAD, 1994). Ce ravageur fait l'objet de cette présente étude.

8. Principales mesures de lutte contre les maladies et les ravageurs

D'après CHAUX et FOURY (2004), les principales mesures de lutte sont :

- Ne semer que des graines traitées, notamment contre l'anthracnose et le mildiou.
- Ne pas semer à densité excessive.
- Surveiller l'apparition des premiers symptômes de maladies du feuillage et engager une lutte précoce.
- Maîtriser le développement du puceron noir de la fève, notamment sur les cultures de printemps, par une lutte aphicide précoce.
- Utiliser des bouillies très mouillantes.

-En précoce de floraison ; choisir des produits inoffensifs sur butineurs et traiter de préférence le soir.

Chapitre II

Synthèse bibliographique sur la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (BOH.)

1. Introduction

Avec d'un million d'espèces décrites à ce jour et certainement plusieurs millions d'espèces à découvrir, les insectes représentent plus de la moitié des organismes vivants connus et il est ainsi le groupe qui a opéré la plus spectaculaire diversification sur terre. Plus de la moitié des espèces connues sont des phytophages. Les bruches ne représentent qu'une minorité des 135 000 espèces de Coléoptères phytophages (DALY et *al.*, 1998).

. Les bruches sont un groupe très homogène de Coléoptères cléthrophages. Leur développement se fait en général à l'intérieur des graines de légumineuses (DELOBEL et DELOBEL, 2003).

Les bruches présentent une spécialisation trophique marquée qui est en rapport avec leur développement larvaire qui a lieu dans les graines de leurs plantes-hôtes (BOROWIEC, 1987). Ainsi, la totalité des espèces dont le régime alimentaire est bien connu sont oligophages ou monophages et près de 84 % de leurs plantes-hôtes appartiennent à la famille des Fabaceae. Trois autres familles botaniques sont connues pour servir d'hôtes aux bruches : les Convolvulaceae (4.5 %), les Palmae (4.5 %) et les Malvaceae (2 %) (JOHNSON, 1981). Les 5 % restant correspondent à des plantes appartenant à près d'une trentaine de familles botaniques distinctes (KERGOAT, 2004).

Les bruches sont des coléoptères de petite taille entre 1,3-5 mm, elles sont caractérisées par une forme courte, ramassée et globuleuse moyenne (BALACHOWSKY, 1962). Au corps généralement trapu et de couleurs ternes (à dominance brunâtre). Leur tête est bien dégagée du prothorax. Les deux élytres recouvrent le ptérothorax, à l'exception d'un petit écusson de forme rectangulaire ou triangulaire, qui est le scutellum. Les élytres recouvrent également tous les tergites abdominaux à l'exception du dernier segment (le pygidium) (DALY et *al.*, 1998).

2. Position systématique :

Selon HOFFMAN et *al.* (1962), BUKEY(2010), la classification du bruche de la fève est la suivante :

Embranchement :.....Arthropoda
Sous embranchement :.....Pterygota
Classe :.....Insecta
Section :.....Neoptera
Sous section :.....Endopterygotes
Ordre :.....Coleoptera
Sous ordre :.....Phytophagae
Famille :.....Chrysomelidae (Bruchidea)
Sous famille :.....Bruchinae
Genre :.....*Bruchus*
Espèce :.....*Bruchus rufimanus* (BOHEMAN, 1833)

3. Origine et répartition géographique de *B.rufimanus*

B.rufimanus est originaire de l’Egypte, c’est un insecte cosmopolite , sa présence est signalée en Europe, Magreb, Moyen-Orient, Amérique (BALACHOWSKY, 1962). Son arrivée en Europe date d’environ 4000 ans (HOFFMAN, 1945).

D’après DELOBEL et DELOBEL (2003), les bruches sont très nombreuses dans toutes les zones tropicales du monde, où elles se sont particulièrement diversifiées, et sont moins nombreuses dans les zones tempérées, cette répartition géographique est liée à la relation qui existe entre les bruches et leurs plantes hôtes.

4. Description de *Bruchus rufimanus* (BOHEMAN, 1833)

4.1. Adulte

L’adulte de *B.rufimanus* mesurent 3 à 5 mm de long. Le Pygidium est de couleur gris pâle, il présente un pronotum aussi long que large avec une tache blanche très vague devant l’écusson. Les pattes antérieures entièrement jaunes, pattes moyennes et postérieures sont noires. Le tibia postérieur est muni d'une longue pointe à l'angle interne (Fig.11) (BALACHOWSKY, 1962).

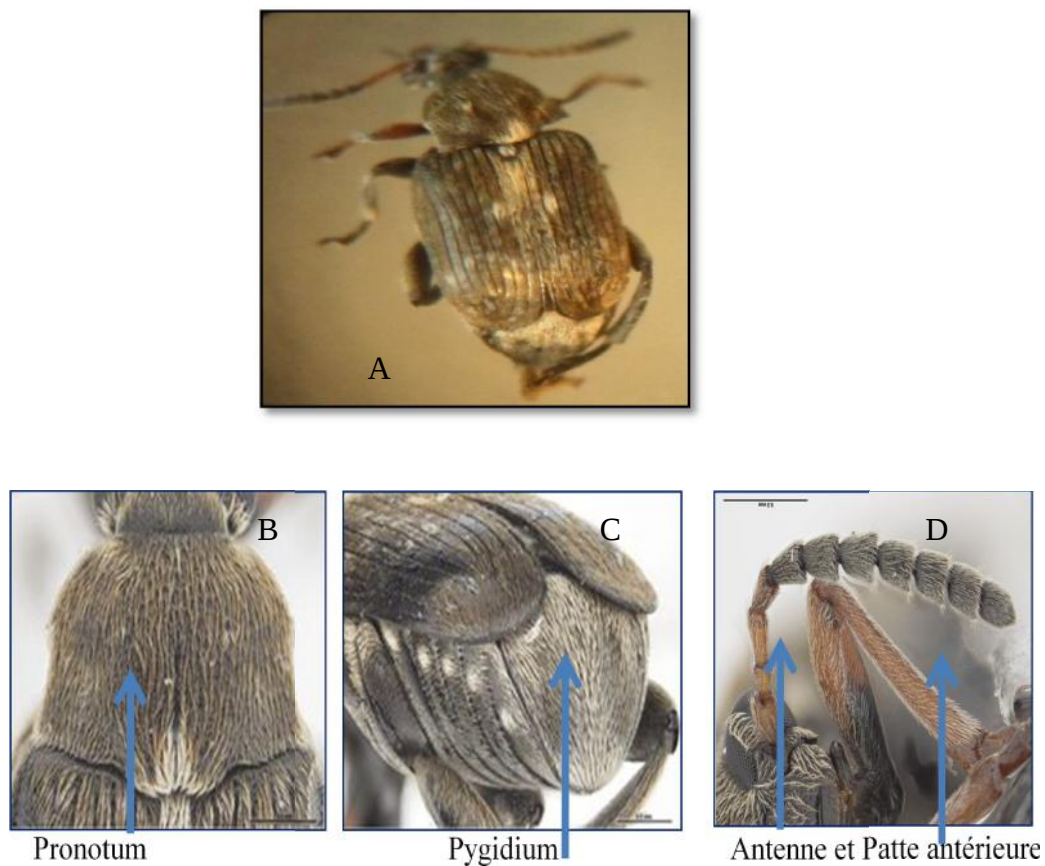


Figure11. La morphologie de *B.rufimanus* (A : ORIGINALE (2015) (GX8).

B, C, D : DELOBEL et TRAN (2011).

Selon BOUGHDAD (1994), les mâles présentent une échancrure à la face ventrale du dernier segment abdominal, ce qui permet de les différencier des femelles.

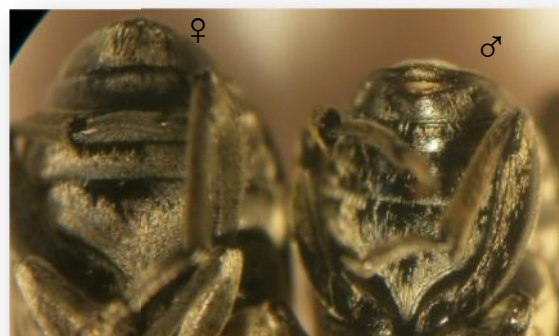


Figure12. Dimorphisme sexuel chez *B. rufimanus* (GX10) (ORIGINALE, 2015).

4.2. Œufs

Les œufs ont un aspect gélatineux de 0,5 mm de long et 0,25mm de large, ils sont lisses et de couleur jaune (DUPONT, 1990).



Figure13. Morphologie du stade œuf de *B.rufimanus*.

a) Les sécrétion permettant l'adhésion d'un œuf de *B.rufimanus* sur la gousse de *V.faba*, (observation au microscope électronique à balayage). (HUIGNARD et al., 2011).

b) Œuf de *B.rufimanus* pondu sur la gousse de *V.faba* (Originale, 2015).

4.3. Les larves

Les larves de *B.rufimanus* mesurent 5 à 6 mm de long, elles sont sub- cylindrique en forme C. Elles sont ovale, rétractées et aplaties dorso-ventalement (CASARI ET TEIXEIRA ,1997). Les larves sont caractérisées par une tête brune, leur couleur est d'un blanc ocre (HOFMANN, 1945).



Figure14. Les différents stades larvaires et nymphal de *B.rufimanus* (x12)
(MEDJDOUB-BENSAAD, 2007)

4.4. Nymphe

La nymphe ressemble à l'adulte mais qui n'a pas encore acquis sa couleur brune, cette dernière est d'un blanc crème, la tête n'est partiellement visible que du haut (Figure 14) (CASARI et TEIXEIRA, 1997).

5. Biologie de *B.rufimanus*

La bruche de la fève présente une génération par an (univoltine). Elle se développe aux dépens de légumineuses du genre *Vicia*, en particulier la fève *Vicia faba* qui est sa principale plante hôte (BLACHOWSKY, 1962 ; HUIGNARD et al., 2011). Son activité reproductrice est limitée à la période de végétation et de la fructification de la fève. D'après MEDJDOUB-BENSAAD (2007), les premières gousses formées sont généralement les plus contaminées (60 à 80% des gousses de fève formées au début de la phase de fructification ont reçu des œufs de *B. rufimanus*).

Lorsque les gousses sont sèches les femelles de *B.rufimanus* quittent les cultures et recherchent d'autres pieds de fève à floraison et fructification tardives (HUIGNARD et al., 2011).

Selon MEDJDOUB-BENSAAD et al, (2007), après la floraison, les adultes de *B. rufimanus* passent sur les fleurs d'autres plantes adventices sur lesquelles ils poursuivent leur activité alimentaire (*Linaria reflexa*, *Anagallis arvensis*, *Calendula arvensis*, *Chrysanthemum sp*, *Pisum sativum*...).

En dehors de cette période l'insecte est en diapause imaginale, et appelée aussi diapause reproductrice marqué par un arrêt du développement des organes reproducteurs, donc par un arrêt de l'activité reproductrice (MEDJDOUB-BENSAAD, 2007). Les bruches trouvent refuge dans les bois ou les écorces d'arbre, dans le sol ainsi que dans les entrepôts de stockages (Figure. 15 a) (HUIGNARD et al., 2011; LEPIK et al., 2014).

5.1. Les conditions de la levée de la diapause reproductrice chez *B.rufimanus*

Chez *B.rufimanus* la levée de la diapause a lieu au printemps, des études réalisées sur une population de *B.rufimanus* originaire de France, ont montrés que la levée de la diapause était due à l'interaction de trois facteurs ; photopériode de 16h:8 LD (L :la durée de la phase lumineuse, D : durée de la phase sombre) permet la levée de la diapause reproductrice chez 60 à 70% des males, la présence des fleurs de la plante hôte (consommation du pollen de la fève), et la durée de la phase de diapause reproductrice ; durant les premiers mois de diapause les facteurs stimulants n'ont aucun effet, ce n'est qu'après six à sept mois de diapause que les bruches réagissent et peuvent devenir reproductives (HUIGNARD et al., 2011).

5.2. Ponte

Selon HUIGNARD et al (2011), les bruches pondent les œufs sur les gousses dès leur apparition, à condition que le climat soit favorable (température supérieure à 20°C, absence de vent et de pluie). La ponte des œufs est concentrée dans les zones où les ressources trophiques sont les plus abondantes, au maximum 10 œufs par gousse. La fécondité des femelles serait d'au moins 50 œufs, mais les pertes d'œufs par décollement dû à la pluie semblent importantes (BOUGGHADAD, 1994).

5.3. Etat larvaire

Les œufs déposés sur les gousses vertes donnent naissance à des larves qui perforent le péricarpe puis recherchent les graines (Figure.15 b) (BOUGHDAD, 1996 ; HUIGNARD et al, 2011). Les larves sont donc inaccessibles aux traitements chimiques. La croissance larvaire dure trois mois. Pour sortir de la graine, la larve découpe un opercule, mais il faudra attendre la nymphose, qui dure une dizaine de jours, pour que l'adulte sorte de la graine (MEZANI, 2011).

5.4. Etat adulte

Du fait de l'étalement des accouplements et des pontes, les insectes peuvent sortir avant ou après la récolte. La plupart des individus émergeraient lors des deux premiers mois, quand la température est encore élevée (20-25°C) (HAMANI, 2013).

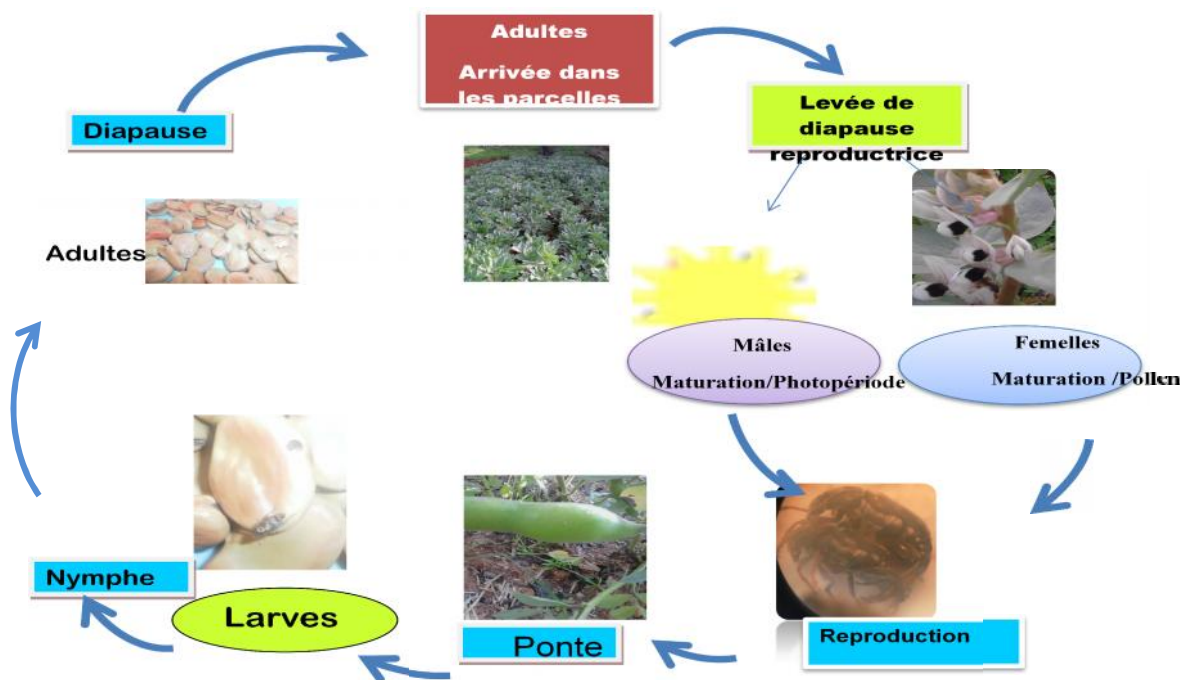


Figure 15a. Cycle biologique de *B. rufimanus* (ORIGINALE, 2015)

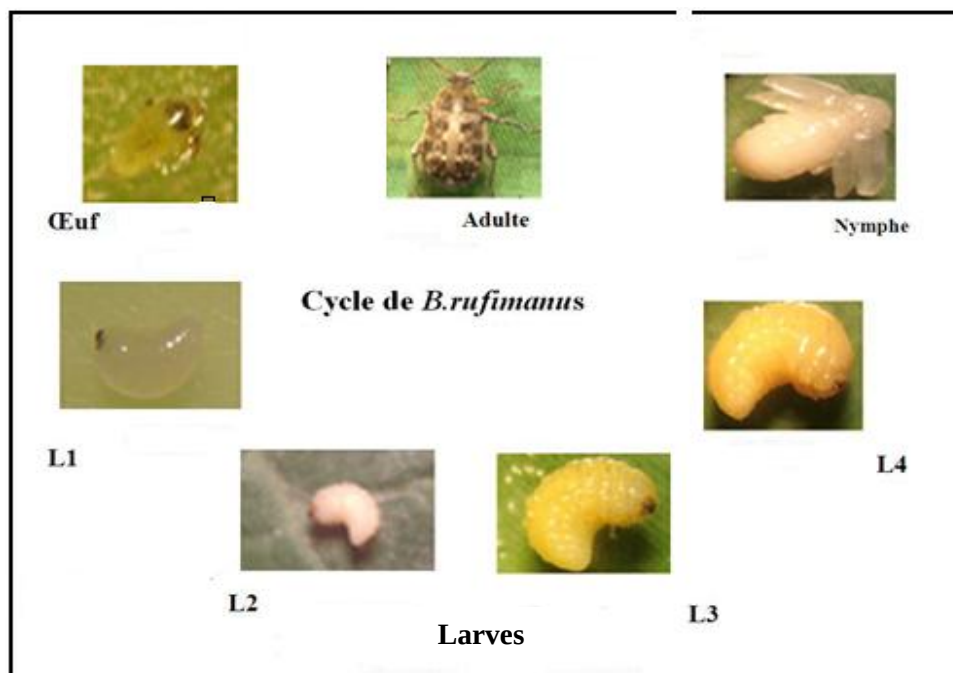


Figure 15 b. Cycle biologique de *B.rufimanus* (MEDJDOUB-BENSAAD, 2007)

6. Dégâts

Les dégâts sont dus exclusivement aux larves qui percent des trous au travers de la gousse pour se nourrir de la graine (LEPPIK et *al.*, 2014) (Figure 16), ils provoquent une perte qui varie entre de 2,8% à 14,15% du poids sec des graines et de 8% de leurs germination (BOUGHADAD et LAUGE, 1997). Cette dernière diminue au fur et à mesure que le nombre de bruches par graine augmente, elle serait de 84% pour les graines avec une seule bruche, 76% pour les graines avec deux bruches et 58% pour les graines avec trois bruches (MEDJDOUB-BENSAAD, 2007).

Selon BERNE et DARDY (1987) et BOUGHADAD (1994), ces dégâts gênent considérablement la vente du produit, le seuil toléré à l'exportation et l'industrie agro-alimentaire en France est fixé de 2 à 3% des graines bruchées. Ce seuil est de 10% pour l'alimentation animale.

Les larves se développent à l'intérieur des graines en consommant les réserves contenues dans les cotylédons, ce qui réduit la qualité nutritionnelle des graines en diminuant leur teneur protéique. et en favorisant la pénétration de champignons producteurs d'aflatoxines (HUIGNARD et *al.*, 2011). Selon BOUGHADAD et LAUGE (1997), les graines

non germées ont été couvertes de mycélium et de fructification de champignons, appartenant principalement aux genres *Penicillium* et *Aspergillus*.

De plus la libération d'acide urique à l'intérieur des graines affecte leur qualité gustative (HUIGNARD et *al.*, 2011).



Figure16. Dégats causés par la bruche de la fève (*B.rufimanus*)(Originale, 2015).

7. Moyens de lutte contre *B.rufimanus*

Les dommages phénotypiques causés par *B.rufimanus* et les pertes qu'elle provoque, tant au champ qu'en stockage, ne peuvent qu'exposer le producteur à l'insécurité et à la précarité. Il lui faut accroître les rendements, tout en limitant les pertes dues aux ennemis des plantes et notamment aux insectes ravageurs (HUIGNARD et *al.*, 2011).

La lutte contre ces insectes ravageurs des denrées stockées comprend deux méthodes, l'une est préventive, elle se pratique avant l'installation des ravageurs, et la deuxième méthode est curative, elle s'utilise quand les lots sont déjà infestés (BLACHOWSKY, 1962).

7.1.Lutte préventive :

Selon CHOUGOUROU et *al* (2011), certains paysans et commerçants utilisent des méthodes endogènes pour la conservation des légumineuses comme :

- L'utilisation du sable fin qui provient des ruissellements de pluie, dont lequel s'enrobent les graines, ainsi le déplacement des bruches est réduit ce qui provoque leur asphyxie. Le sable fin entraîne aussi une déshydratation qui provoque la mort des bruches.
- L'utilisation de la cendre.
- L'utilisation des organes végétaux comme les fruits du piment (*Capsicum frutescens* L), les feuilles sèches de neem (*Azadirachta indica* A) et d'*Hyptis suaveolens* L.

D'après MEDJDOUB-BENSAAD (2007), pour lutter contre *B.rufimanus*, il est préconisé de ne pas répéter trop souvent la culture de la fève ou féverole dans le même terrain d'utiliser des graines saines ou les désinsectiser de maintenir les locaux de stockage clos ou piéger les adultes à leurs sortie, ou encore semer les graines âgées de deux années.

Les associations culturales entre les céréales et les légumineuses peuvent limiter la contamination des gousses des légumineuses par les Bruchidae, il y a aussi le cerclage des cultures et la rotation qui empêche le développement de foyers d'infestation (LIENARD et SECH, 1994).

Utilisation des variétés résistantes (Giza 716) permet de réduire le taux d'infestation à 13,4% (EBADAH et *al.*, 2006).

7.2 Lutte curative

7.2.1. Lutte chimique

Pour protéger les denrées entreposées contre ces bruches, CARSON(2002), préconise l'utilisation des insecticides chimiques comme Pirimiphos méthyl(Actellic) ou le sofagrain (Pyrimiphos méthyl + Deltaméthrine) qui sont souvent intensivement utilisés.

Malheureusement, ces produits chimiques posent des problèmes de santé publique car leurs résidus se rencontrent dans la chaîne alimentaire et causent des intoxications (HUIGNARD et *al.*, 2011).

BALACHOWSKY (1962), TAUPIN (2003) et (HUIGNARD et *al.*, (2011), estiment que la lutte contre *B.rufimanus* au niveau des champs doit obligatoirement viser les adultes.

7.2.2. Lutte physique :

SERPEILLE (1991) indique que, l'utilisation du froid est un bon préventif, car à 2°C le développement des insectes est temporairement arrêté, le maintien des entrepôts de stockage à (-1°C) pendant un mois, entraîne la mortalité des bruches. Les températures supérieurs à 45°C sont létales pour les insectes.

7.2.3.Lutte biologique

Le contrôle biologique occupe une place de choix parmi les alternatives nouvelles de lutte. Il se définit comme étant l'utilisation d'organismes vivants (parasites, prédateurs, parasitoïdes et pathogènes), comme agents de régulation des populations des ravageurs (WAAGE, 1992).

Le développement post embryonnaire des Bruchidae s'effectue à l'intérieur des graines où les stades larvaires trouvent nourriture et protection pour effectuer rapidement leur développement. Plusieurs espèces d'hyménoptères ectoparasitoïdes, ont développés des adaptations comportementales et physiologiques, leur permettant de localiser et utiliser ces hôtes potentiels situés dans des graines en développement, ou sèches (MONGE et HUIGNARD., 1991).

BALACHOWSKY(1962) signale trois hyménoptères Braconidae ; *Sogaluphus pallipphus* Nees ; *S.thoracicus*Curt ; et *Chermylus rubiginosus* comme parasites de *B.rufimanus*, et la destruction d'œufs par l'acarien *Pediculoides ventricosus* New, et Reduviidae : *Zelus renardii* Kol.

Dans la région de TIZI OUZOU l'Hyménoptère : Braconidae, *Triaspis luteipes* réduit l'action du ravageur, avec un taux de 7,44% pendant l'année agricole 2003 (MEDJDOUB-BENSAAD, 2007).

Les stratégies de gestion des ravageurs des cultures et des denrées stockées basées sur l'utilisation de substances botaniques et de molécules végétales suscitent un intérêt qui va grandissant, et de nombreux travaux s'attachent à découvrir des propriétés d'intérêt de nombreuses espèces végétales (REGNAUL-ROGER et *al*, 2008).

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

L'usage des plantes dans la conservation des récoltes a été pratiqué avant même l'apparition des insecticides de synthèse. Les plantes sont utilisées contre les ravageurs pour leurs effets répulsifs, de contact ou fumigeant.

Les huiles essentielles testées contre *B.rufimanus* à savoir l'huile de nigelle et de moutarde ont montré leur efficacité avec un taux de 74,2% et 60,1% (SABBOUR et E-ABD-EL-AZIZ, 2007).

L'activité biologique des huiles essentielles sur les insectes phytophages s'exerce à plusieurs niveaux et limite le renouvellement des générations. Ainsi, il a été constaté que des huiles essentielles se révèlent insecticides ou inhibent le cycle de reproduction. Sur *Acanthoscelides obtectus*, leur toxicité s'exerce de plusieurs manières.

Les huiles essentielles ont des effets sur la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes et acariens (REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI, 1994). REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI (1999) ont observé l'effet du linalool, du thymol et du carvacrol sur la fécondité et le nombre d'œufs pondus du bruchus du haricot. Il y a eu également inhibition complète de la pénétration des larves dans les grains traités de linalool et de thymol. De plus, ce dernier produit s'est avéré inhibiteur de l'émergence des adultes.

Les huiles essentielles dégradent l'enveloppe externe de certains insectes et acariens. Le rôle de la cuticule est de prévenir les pertes hydriques. Elle est sécrétée par l'épiderme et comporte plusieurs couches dont la couche externe, composée de cires donnant les propriétés hydrofuges à la cuticule. Les molécules de cette couche cireuse présentent une rangée de groupes aliphatiques vers l'extérieur, créant ainsi une couche hydrofuge et imperméable (WIGGLESWORTH 1972). La nature lipophile de l'huile essentielle peut dégrader la couche cireuse et causer des pertes en eau. Les trachées et les sacs d'air des insectes sont enduits de cette couche cireuse et sont affectés par l'huile essentielle, ce qui peut entraîner l'asphyxie.

Chapitre III

Matériels et méthodes

Notre expérimentation a été réalisée au laboratoire d'Entomologie de la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, durant le mois de janvier jusqu'au mois de mai 2015.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet biocide de l'huile essentielle et la poudre de la sauge (*Salvia officinalis*; Lamiacées), sur les adultes diapausants de *B.rufimanus* à travers deux modes d'action par contact et par inhalation. Pour les bruches reproductrices, récoltées manuellement sur le terrain, nous avons effectué uniquement le test par contact et ce, pour l'huile essentielle seulement.

Le choix des méthodes d'études est établi en fonction des objectifs du travail

1. Matériels et méthodes

1.1. Matériels biologiques

1.1.1 Fève

Le matériel végétal mis en expérimentation au cours de notre étude est composé des graines de fève *Vicia faba* major récoltées en 2014, elles proviennent du marché local de Tizi-Ouzou, puis elles sont conditionnées dans des sachets en plastiques.

1.1.2. Bruche

L'espèce étudiée est *Bruchus rufimanus*, des adultes mâles et femelles diapausants sont utilisées après avoir été retirées manuellement des graines infestées de la fève au niveau du laboratoire, les bruches en activité reproductrice sont capturées dans des parcelles de fève dans la région de Tizi Ouzou (Bouhinoun), pendant la période de floraison et de fructification de la fève en 2015.

1.1.3. Huile essentielle et poudre

L'huile essentielle et la poudre testées durant cette étude sont celles de la sauge commune, (*Salvia Officinalis* L). D'après AUBINEAU et al, (2002) la sauge est une herbe aromatique appartenant à la famille des lamiacées. C'est un sous-arbrisseau originaire du bassin méditerranéen, mesurant 50 cm de hauteur qui apprécie les sols bien drainés et ensoleillés.

Cette plante présente des tiges quadrangulaires. Ses feuilles sont grandes, duveteuses et rugueuses, de couleur vert-blanc, recouvertes de poils blanc laineux. Ses fleurs sont de couleur bleu-violet regroupées verticalement le long de la tige, son arôme est amer (Figure17) (HANS, 2007).

Les feuilles de la sauge, utilisée comme herbe médicinale depuis l'Antiquité, sont riches en flavonoïdes et en huile essentielle qui, lui donne son goût épicé et son odeur aromatique.



Figure 17. Plante de la sauge (*Salvia Officinalis* L.) (ORIGINALE, 2015).

L'huile essentielle de la sauge testée est obtenue par l'hydrodistillation des feuilles. Elle provienne d'une extraction effectuée au laboratoire , conservée à 4°C dans un flacon à l'abri de la lumière.

Les différents composés chimiques de l'huile essentielle de la sauge sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau II. Composition chimique de l'huile essentielle de la sauge *S.officinalis* (TALEB-TOUDERT, 2015).

	Composés	Concentration (%)
1	Tricycline	0,18
2	α -pinene	0,08
3	α -thujene	2,37
4	Camphene	4,58
5	Sabinene	3,18
6	α -phellandrene	2,51
7	α -terpinene	0,08
8	β -nonene	0,22
9	β -phellandrene	3,21
10	E- β -ocimene	15,33
11	Tridecane	0,50
12	Terpinolene	1,20
13	δ -elemene	28,95
14	Campholene	6,09

15	β -bourbonene	0,06
16	Linalool	18,56
17	Longifolene	0,24
18	bornylacetate	0,07
19	α -fenchol	0,06
20	terpinene-4-ol	0,62
21	cis-p-menth-2-on-1-ol	3,71
22	Myrtenal	0,54
23	γ -muurolene	0,11
24	α -terpineol	0,20
25	Carvone	1,88
26	α -muurolenne	0,10
27	β -selinene	0,20
28	Verbenone	0,09
29	Borneol	0,35
30	Piperitone	1,15
31	δ -cadinene	0,07
32	α -cadinene	0,22
33	cuminaldehyde	0,09
34	Geraniol	0,09
35	cis-carveol	0,10
36	Caryophyllene	0,07
37	β -oploponone	0,48
38	Globulol	0,31
39	Spathulenol	2,12
40	β -bisabolol	0,04

La poudre provient des feuilles de la sauge récoltées au niveau de campus de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'Université Mouloud MAMMERI de Tizi Ouzou, durant le mois de Février et le mois de Mars 2015, puis elles sont nettoyées et séchées à l'ombre, à la température ambiante (25 à 27°C) pendant 7 jours. Les feuilles ont été moulues dans un broyeur électrique, puis tamisées à l'aide d'un tamis à maille

de 0,5mm de diamètre, en vue d'obtenir une poudre fine de granulométrie homogène. La poudre est conservée dans un flacon au frais, à l'abri de la lumière et de l'air.

1.2. Matériel de laboratoire

Pour réaliser notre étude nous avons utilisé le matériel suivant :

- Une loupe binoculaire de grossissement X10 pour sélectionner les mâles et les femelles.
- Des boîtes de Pétri en plastiques (6cm de diamètre).
- Une pipette graduée pour le dosage des huiles, ainsi qu'une micro pipette pour les micro-doses.
- Du papier filtre.
- La balance pour peser la poudre.
- Autres accessoires tels que : ciseaux, scotch, étiquettes...

1.3. Méthodes

1.3.1. Traitement par contact

1.3.1.1. Evaluation de l'effet biocide de l'huile essentielle et de la poudre de *S.officinalis* sur les adultes diapausants de *B.rufimanus*

Huile essentielle : pour chaque essai nous avons utilisé 20 individus de *B .rufimanus* diapausants qui sont dénombrés et sexés (10 mâles, 10 femelles), ces individus sont introduits séparément dans des boîtes de Pétri, contenant du papier filtre traitée par l'huile essentielle de la sauge à des doses de 2µl, 4µl, 6µl, 8µl. Ces dernières sont diluées respectivement dans 0,1 ml d'acétone pour que la répartition d'huile soit homogène.

Après évaporation du solvant (10-15mm), 10 individus mâles et 10 individus femelles qui sont traités séparément, sont mis dans les boîtes de Pétri.

Des lots témoins traités uniquement par 0,1 ml d'acétone, sont réalisés en parallèle.

Poudre : nous avons introduit séparément dans des boîtes de Pétri, 20 individus de *B.rufimanus* diapausants qui sont dénombrés et sexés (10 mâles, 10 femelles) avec 2g, 3g, 4g, 5g de la poudre de la sauge.

Quatre répétitions sont effectuées pour chaque dose et pour chaque lot témoin, les essais sont maintenus en conditions de laboratoire à une température de 20 à 25°C et une humidité de 84%.

Le dénombrement des individus vivants est effectué au bout de 1h, 2h, 3h, 24h, 48h, 72heures d'exposition pour chaque boîte (Figure 18 et 19).

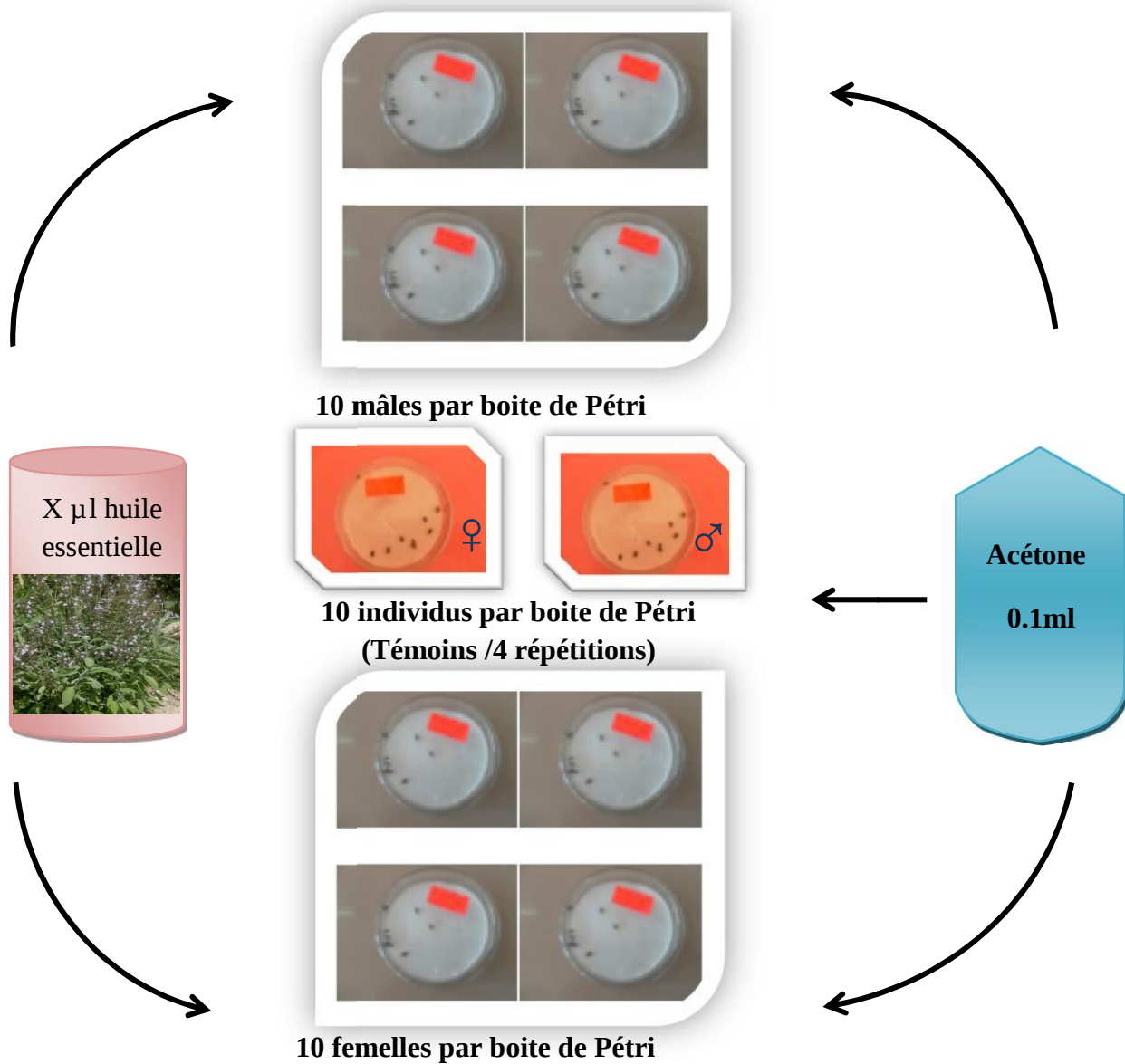


Figure 18. Dispositif expérimental du test par contact à l'égard de *B. rufimanus* (mâles et femelles diapausants) traités par différentes doses d'huile essentielle de la sauge (Originale, 2015).

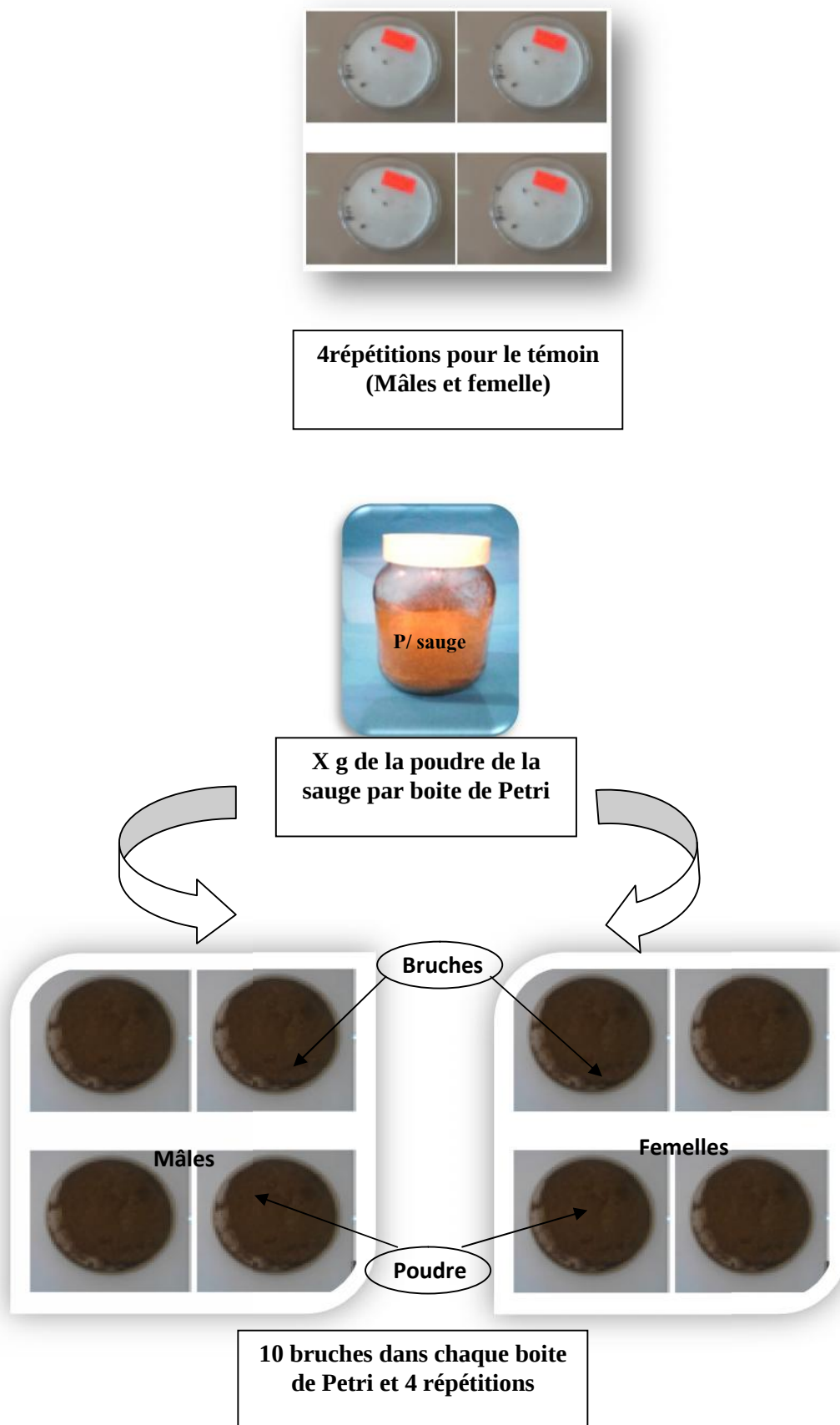


Figure 19. Dispositif expérimental du test par contact à l'égard de *B. rufimanus* (mâles et femelles diapausants) traités par différentes quantités de la poudre de la sauge (ORIGINALE, 2015).

1.3.1.2. Evaluation de l'effet biocide de l'huile essentielle de *S. officinalis* sur les adultes de *B.rufimanus* sexuellement actifs

La capture des adultes de *B.rufimanus* est réalisée dans des parcelles de fève le matin et le soir, deux fois par semaine. La recherche se fait manuellement au niveau de l'apex, des feuilles, des fleurs, des tiges et des gousses. Les bruches récoltées sont ensuite dénombrées et sexées au laboratoire à l'aide d'une loupe binoculaire.

Vu le nombre insuffisant des adultes de *B.rufimanus* récoltés sur le champ, seul le test par contact est effectué.

La même méthodologie que pour les bruches diapausantes a été adoptée et les paramètres ont été évalués. Cependant nous avons utilisé uniquement l'huile essentielle, avec les mêmes doses et même nombre de répétitions. Le dénombrement des individus vivants est effectué au bout de 1h, 2h, 3h, 24h, 48h, 72heures d'exposition dans chaque boîte (Figure 18).

1.3.2. Traitement par inhalation

Ce test consiste à étudier la longévité des adultes de *B.rufimanus* soumis à des traitements par inhalation d'huile essentielle de la sauge en fonction du temps. Pour cela nous avons utilisé des bocaux en plastiques de 750ml de volume, avec des cercles de papier filtre de 2cm de diamètre qui sont fixés par un fil du côté interne du couvercle. Des doses de 2µl, 4µl, 6µl, 8µl de l'huile essentielle de *S. officinalis* ont été injectés sur le papier filtre. Des bocaux témoins (sans l'huile) sont réalisés en parallèle, 10 individus mâles et 10 individus femelles sont mis séparément et rapidement dans chaque bocal. Quatre répétitions sont effectuées pour chaque dose et pour chaque lot de témoins. Les essais sont réalisés dans les mêmes conditions que citées précédemment.

Le dénombrement des individus vivants est effectué au bout de 1h, 2h, 3h, 24h, 48h, 72heures d'exposition dans chaque bocal (Figure 20).

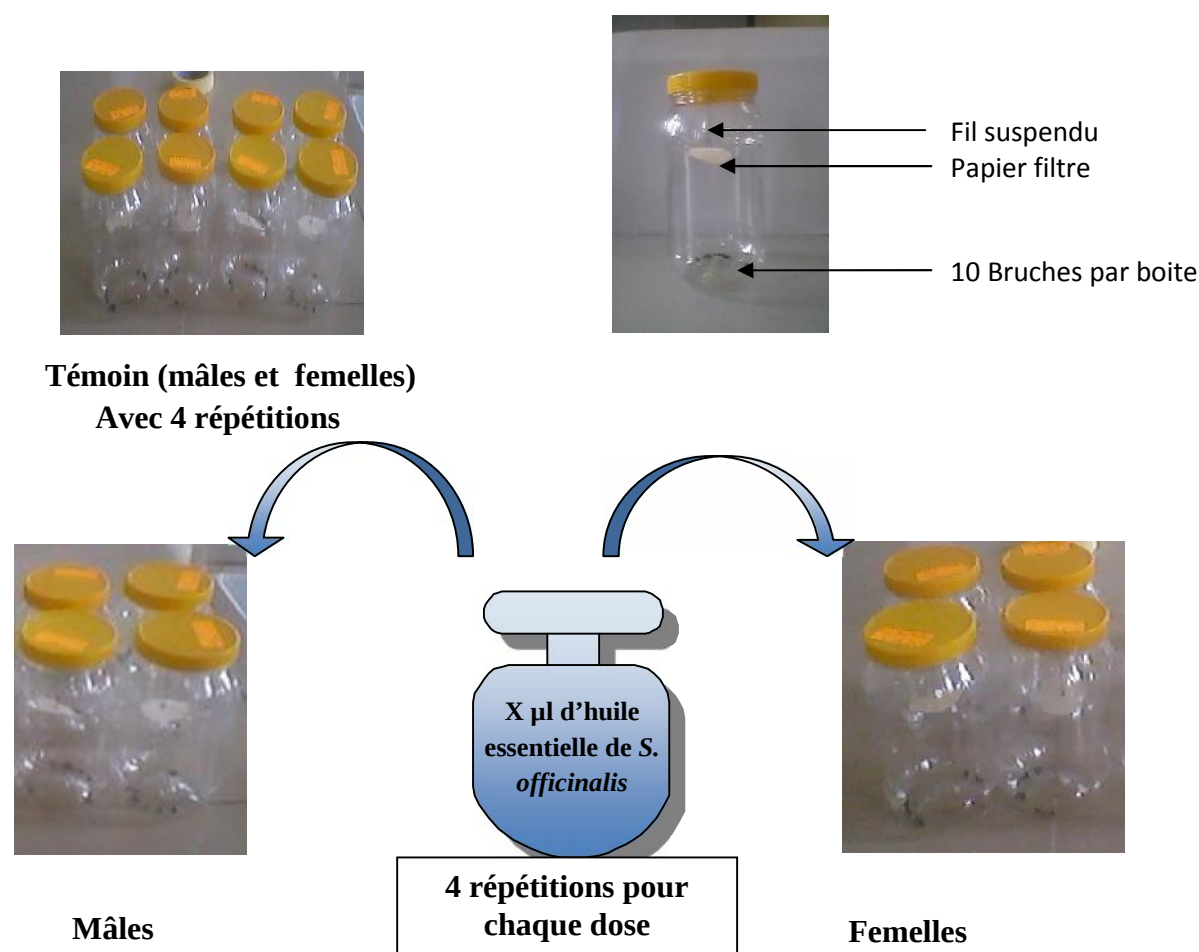


Figure 20. Dispositif expérimental du test par inhalation à l'égard de *B.rufimanus* (males et femelles diapausants) traités par différentes quantités d'huile essentielle de la sauge (Originale, 2015).

Analyse statistiques

Les résultats des différents essais sont soumis à l'analyse de la variance au seuil $P=5\%$, en utilisant le logiciel STAT BOX, version 6.4 pour déterminer l'action de huile et de la poudre vis-à-vis des adultes de *B.rufimanus*. Lorsque la probabilité (P) est :

$P \geq 0.05$: les variables ne montrent aucune différence significative.

$P \leq 0.05$: les variables montrent une différence significative.

$P \leq 0.01$: les variables montrent une différence hautement significative.

$P \leq 0.001$: les variables montrent une différence très hautement significative.

Lorsque cette analyse révèle des différences significatives, elle est complétée par le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5%, qui permet de déterminer les groupes homogènes.

Chapitre IV

Résultats et discussion

1. Evaluation de l'effet biocide d'huile essentielle et la poudre de *Salvia officinalis* par contact

1.1 .Action d'huile essentielle sur les adultes diapausants

Les résultats obtenus pour l'action d'huile essentielle sur la longévité des adultes de *B.rufimanus* diapausants, sont présentés dans la figure suivante :

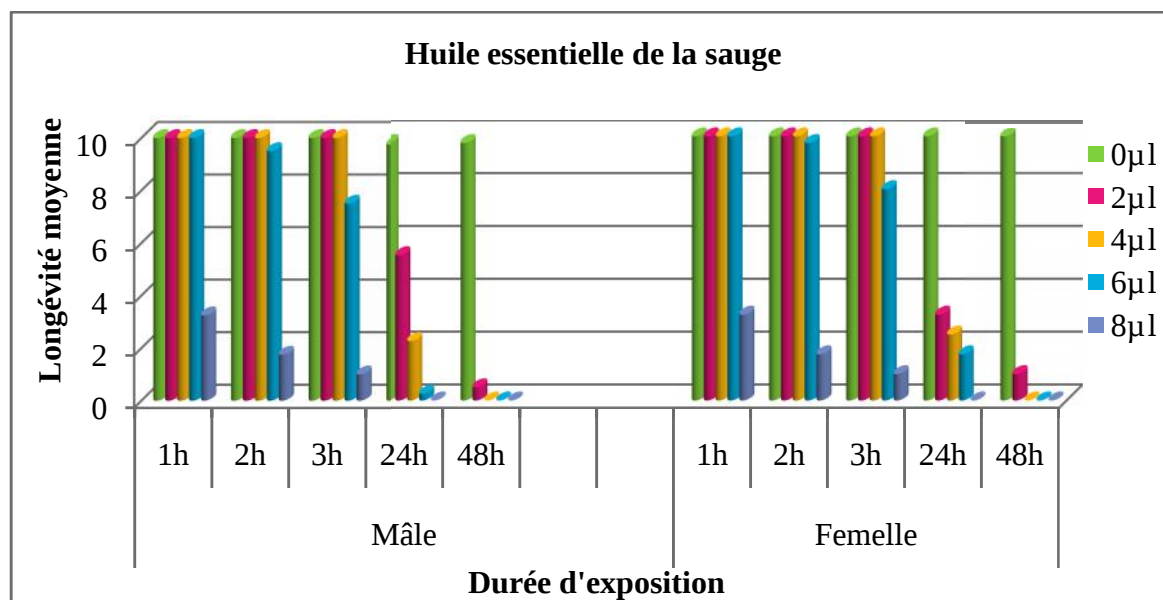


Figure 21. Longévité moyenne des adultes mâles et femelles de *B.rufimanus* diapausants traités par différentes doses d'huile essentielle de la sauge par contact.

La longévité moyenne des adultes diapausants de *B.rufimanus* diminue proportionnellement avec les doses de l'huile essentielle utilisée et la durée d'exposition.

Dès la plus faible dose 2µl l'huile essentielle montre un effet toxique qui s'exprime avec 0,5 jrs sur les mâles, et 1 jrs sur les femelles après 48h d'exposition.

A la plus forte dose, l'huilele traitement de sauge induit une mortalité totale des mâles et des femelles de *B.rufimanus* diapausants après 24h d'exposition.

Dès les plus faibles doses, il semble que les mâles sont plus sensibles que les femelles. Noutons que la longévité moyenne des adultes de *B.rufimanus* dans les lots témoins peut dépasser 3 mois.

L'analyse de la variance ne montre aucune différence significative pour le facteur sexe ($P=0,6958$). Cependant elle présente une différence très hautement significative pour le facteur dose et durée d'exposition ($P=0$) (Annexe, Tableau 1).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe les cinq doses utilisées dans cinq groupes homogènes (Annexe, Tableau 2), les durées d'exposition dans quatre groupes homogènes (Annexe, Tableau 3).

1.2. Action de la poudre sur les adultes diapausants

D'après nos résultats, nous remarquons que la longévité moyenne des adultes diapausants diminue avec l'augmentation des doses, sauf pour la plus faible quantité 2g l'effet est très faible pendant toute la durée d'exposition (Figure 22).

A la plus forte dose de 5g, la poudre enregistre une mortalité totale des mâles et des femelles de *B.rufimanus* après 96h de traitement.

Les résultats obtenus montrent que les mâles sont plus sensibles par rapport aux femelles, quelque soit la quantité de la poudre utilisée et la durée d'exposition.

En effet, l'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative pour le facteur dose de poudre, le facteur durée d'exposition et le facteur sexe avec des probabilités de $P=0$ (Annexe, tableau 4).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5% classe les différents facteurs en 2, 4, 7 groupes homogènes respectivement pour le facteur sexe, dose et durée d'exposition (Annexe, tableau 5, 6, 7).

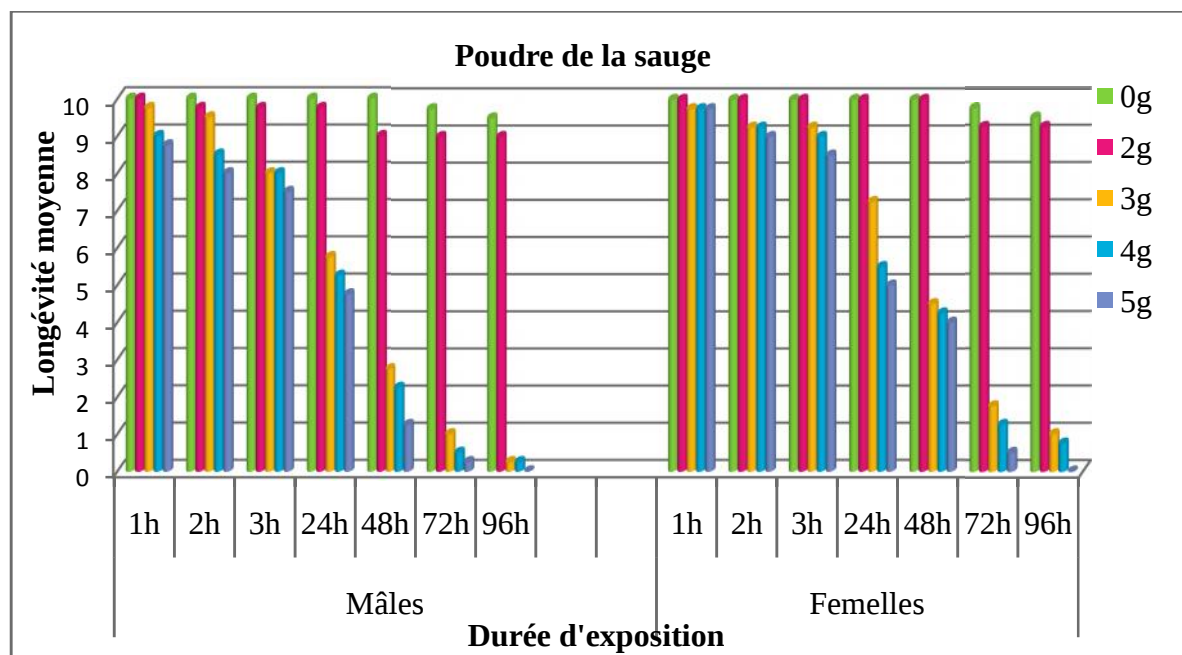


Figure 22. Longévité moyenne par jours des adultes mâles et femelles de *B.rufimanus* traités par différentes doses de la poudre de la sauge par contact.

1.3. Action d'huile essentielle sur les adultes non diapausants

Les résultats obtenus pour l'action de l'huile essentielle de la sauge testée à l'égard des mâles sexuellement actifs de *B. rufimanus* par contact sont illustrés dans la figure 23.

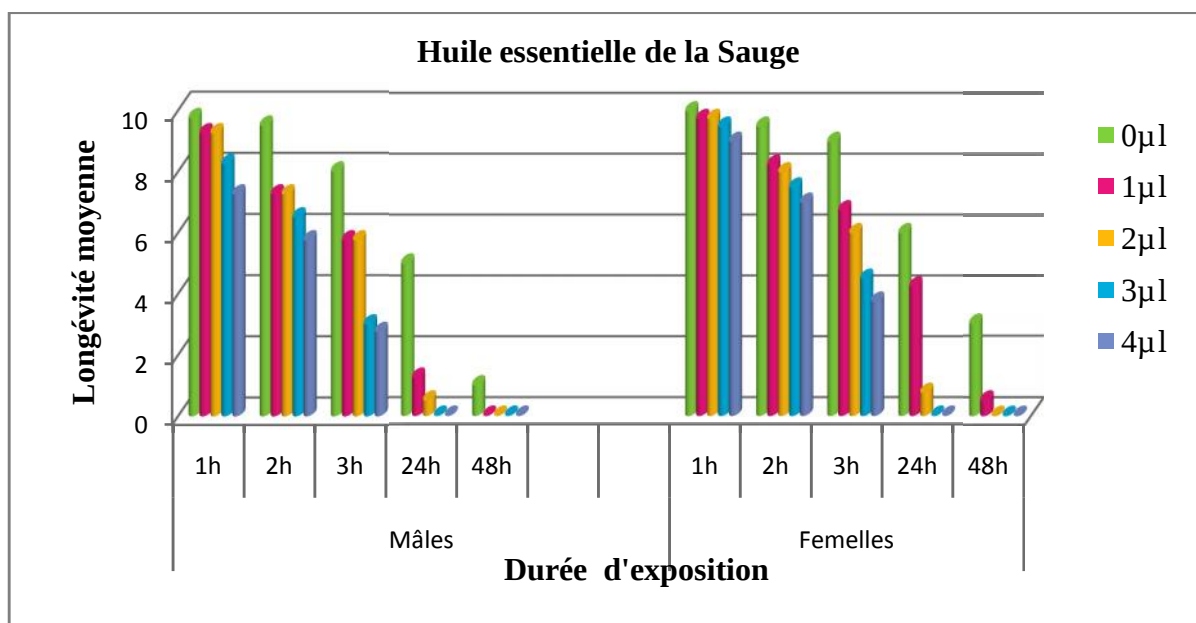


Figure 23. Longévité moyenne par jours des adultes mâles et femelles reproducteurs de *B. rufimanus* traités par différentes doses d'huile essentielle de la sauge par contact.

D'après nos résultats, nous pouvons remarquer que la longévité des mâles et des femelles reproducteurs de *B. rufimanus* varie avec les doses d'huile utilisée. La longévité moyenne la plus élevée est obtenue pour toutes les doses pendant 1heure d'exposition.

Nous observons une diminution de la longévité moyenne des adultes reproducteurs à la plus faible dose 1µl, qui est en moyenne de 9.25 et 9,75 jours après 1heure pour les mâles et les femelles respectivement. La plus forte dose de 4µl réduit la longévité moyenne à 0jours après 24heures d'exposition pour les deux sexes.

En effet l'analyse de la variance à trois critères de classifications révèle une différence très hautement significatif pour le facteur sexe ($P=0.00024$), pour le facteur poids et le facteur durée d'exposition avec des probabilités de $P=0$ (Annexe, Tableau9).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe les deux sexes dans deux groupes homogènes A et B, où les mâles se sont montrés significativement plus sensibles que les femelles, les quatre doses utilisées dans cinq groupes homogènes (Annexe, Tableau 2), et les durées d'exposition dans cinq groupes homogènes (Annexe, Tableau 10, 11, 12).

1.4. Discussion

Les recherches à l'heure actuelle s'orientent vers les plantes aromatiques contenant des huiles essentielles qui agissent comme des phytopesticides, l'efficacité des huiles essentielles a été démontrée par les travaux de nombreux chercheurs (REGNAULT-ROGER et HAMRIOUI, 1993 ; KETOH *et al.*, 1998 ; TAPONDJOU *et al.*, 2003 ; KELLOUCHE, 2005 ; GOUCEM-KHELFANE , 2014 ; TALEB-TOUDERT, 2015).

Les résultats obtenus dans cette étude montrent clairement que l'huile essentielle de *S.officinalis* A révélé un effet toxique très hautement significatif sur les adultes de *B.rufimanus* diapausants et sexuellement actifs par le test par contact, au fur et à mesure que la dose et la durée d'exposition augmentent. A la plus forte dose, l'huile enregistre une mortalité totale des mâles et des femelles de *B.rufimanus* après 24h d'exposition.

Nos résultats se rapprochent de ceux obtenus par plusieurs études qui ont démontré que l'utilisation des huiles essentielles extraites des plantes aromatiques, comme bio pesticides réduisent les pertes occasionnées par les insectes ravageurs des graines stockées.

Les travaux d'AKNINE et TAHENNI (2013) ont montré que la toxicité de l'huile essentielle du Citronnier sur les adultes de *B. rufimanus* diapausants augmente au fur et à mesure que les doses et la durée d'exposition augmentent pour les deux sexes. La plus forte dose de 10µl cause une mortalité de 100% au bout de 2heures d'exposition pour les femelles et 1h pour les mâles.

DJEDID et SAADA (2015) notent que l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a révélée un effet insecticide très hautement significatif sur la durée de vie de *B. rufimanus* par contact, la mortalité est de 100% après 24h d'exposition, à la dose 8µl. Les auteurs attestent que les traitements par contact avec l'huile testée s'est avéré efficace.

Selon KACEL et KACHA (2015), les huiles essentielles du thym et de la menthe poivrée ont montré une toxicité sur les adultes diapausants de *B. rufimanus*. La forte dose de 10µl cause une mortalité totale des femelles au bout de 9h d'exposition avec l'huile de thym, et 12heures d'exposition avec l'huile de la menthe poivrée

De nombreux travaux ont été réalisés sur d'autres espèces voisines polyvoltine de bruche de la fève telles que *Callosobruchus maculatus* et *A. obtectus*, confirment aussi nos résultats.

GOUCEM-KHELFANE (2014) montre que les huiles essentielles testées par contact, de *Citrus bergamia*, *Thymus satureioides*, *Mentha piperita*, *Laurus nobilis* semblent avoir toutes un effet toxique sur la longévité des adultes de *A.obtectus*, sont également inhibitrices de la reproduction.

Des résultats similaires sont obtenus par TALEB-TOUDERT (2015) qui a testé l'effet biocide des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et *Eucalyptus radiata* réduit la longévité des adultes de *C. maculatus*.

De même pour KELLOUCHE et al. (2010) sur la même espèce, ont montré qu'à partir de la dose de 10µl/50g de graines de niébé, les huiles essentielles de *Salvia officinalis*, *Eucalyptus globulus*, *E. citriodora*, *Myrtus communis*, *Melaleuca vidiflora*, *Mentha piperita*, *Bogostemom cablina*, *Cyperessus sempervirens*, *Sinnamomum zeylanicum* et de *Citrus mendurensis* ont réduit d'une manière très significative la longévité des adultes de ce ravageur. Cette durée de vie a été réduite à moins de 24h avec les huiles essentielles de cannelle et d'*Eucalyptus* à la dose de 15µl/50g alors que dans les lots témoins, les adultes vivent plus d'une semaine.

Selon COSIMI et al. (2009), les huiles essentielles de *Thymus vulgaris* et *Salvia officinalis* (Lamiacées), provoquent une mortalité de 100% après 2 à 6 jours d'exposition, à la dose de 5.10⁻²µl/cm³ sur les adultes d'*A. obtectus*.

L'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* (Lamiacées) à différentes doses présente un effet toxique sur les adultes de trois bruches *A. obtectus*, *C. maculatus* et *B. rufimanus*. Les DL50 calculées après 48h d'exposition montrent que l'huile essentielle testée est plus toxique sur *A. obtectus* (DL50 de 1,44µl/30g) et à *C. maculatus* (DL50 de 2,06µl/30g) et moins toxique sur *B. rufimanus* (DL50 de 7,72µl/30g de graine) (BOUCHIKHI-TANI et al., 2011).

D'après cette étude, la bruche de la fève semble être la plus résistante comparée aux autres bruches polyvoltines.

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe les deux sexes dans deux groupes homogènes A et B, où les mâles se sont montrés significativement plus sensibles que les femelles. Ceci est probablement dû à la reprise de l'activité par les mâles de *B. rufimanus* en premier (photopériode) par apport aux femelles qui deviennent reproductrices après consommation du pollen de *V. faba* et à l'utilisation des protéines de réserves pour le déplacement et la reproduction. Selon TRAN et HUIGNARD (1992), le passage au régime photopériodique 18 : 6h LD permet la levée de la diapause reproductrice chez 60 à 70% des mâles, mais il n'a aucun effet chez les femelles. Lorsque ces dernières sont placées dans les conditions photopériodiques de 18 : 6h LD en présence d'inflorescences de *V. faba*, plus de 90% des femelles sont devenues reproductrices après dix jours d'exposition.

Les réserves en protéines peuvent aussi être utilisées pour la survie et les déplacements des adultes qui sortent de leur léthargie et deviennent actifs, cela pourrait conduire à un

véritable épuisement physiologique (MEDJDOUB-BENSAAD, 2007). Donc il est probable qu'au moment de nos captures, les mâles ont utilisés leurs réserves par apport aux femelles.

Pour le test par contact avec la poudre de *Salvia officinalis*, à la plus forte dose de 5g, nous avons enregistré une longévité moyenne de 0 jours après 96 heures pour les femelles et les mâles.

DJEDID et SAADA (2015) ont montré que la poudre d'*Eucalyptus globulus*, exerce une toxicité importante à l'égard de *B.rufimanus*. Elle induit une mortalité de 100% à la plus forte dose de 6g, après 48h pour les femelles et après 24h pour les mâles.

SEKKAI et SEKOUR (2015) qui ont testé l'efficacité de la poudre d'origan (*Origanum vulgare*) contre *B.rufimanus* concluent que cette poudre est efficace à l'égard des adultes de la bruche de la fève, à la plus forte dose utilisée de 4g, qui induit une longévité moyenne de 0 jours après 144 heures pour les femelles et après 120 jours pour les mâles.

L'utilisation des poudres des feuilles du citronnier, de l'oranger, du pamplemoussier et du bigaradier, réduisent la longévité des adultes d'*A. obtectus*. L'huile de bigaradier induit une mortalité de 100% à la dose 10µl, avant 12, 18, 30 heures respectivement pour les huiles du citron, du pamplemousse et de l'orange (HAMDANI, 2012).

GOUCEM-KHELFANE (2014), a montré que les poudres de (thym, sauge, menthe et basilic) exercent une activité insecticide sur la viabilité des œufs d'*A. obtectus*, ainsi que sur la longévité moyenne des adultes, la plus forte dose (5%) induit une longévité moyenne de 4,75 jours pour la poudre de la sauge.

2. Evaluation de l'effet biocide d'huile essentielle de *Salvia officinalis* par inhalation sur les adultes diapausants de *B.rufimanus*

D'après les résultats présentés dans la figure 24, la longévité moyenne des adultes diapausants de *B. rufimanus* augmente en fonction de la dose et la durée d'exposition par inhalation.

A la plus faible dose 2µl l'huile essentielle de la sauge montre un effet toxique qui s'exprime avec une longévité moyenne de 2 jrs sur les mâles, et 4 jrs sur les femelles après 48h d'exposition.

A la plus forte dose de 8µl, l'huile enregistre une mortalité totale des mâles et des femelles de *B.rufimanus* après 48h d'exposition.

Ces résultats signalent clairement que les mâles sont plus sensibles par rapport aux femelles quelque soit la dose utilisée.

L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative pour le facteur sexe ($P=0.00023$), pour le facteur dose et durée d'exposition ($P=0$) (Annexe, Tableau 13).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe les deux sexes dans deux groupes homogènes A et B, où les mâles se sont montrés significativement plus sensibles que les femelles, les cinq doses utilisées dans cinq groupes homogènes (Annexe, Tableau 2), et les durées d'exposition dans cinq groupes homogènes (Annexe, Tableau 14, 15, 16).

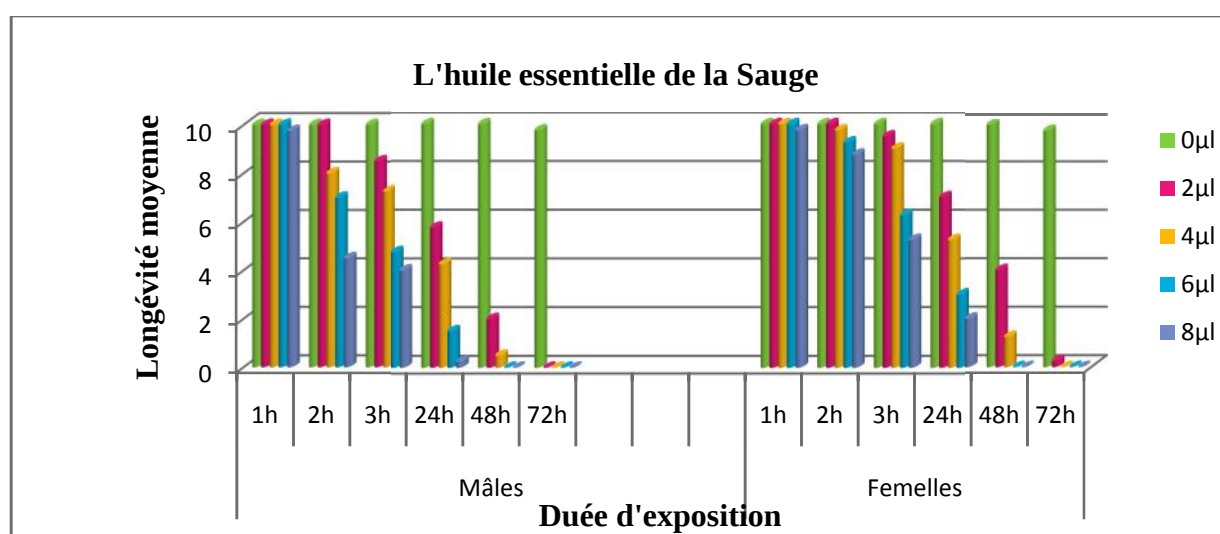


Figure 24. Longévité moyenne par jours des adultes mâles et femelles diapausants de *B. rufimanus* traités par différentes doses d'huile essentielle de la sauge par inhalation.

2.1. Discussion

L'huile essentielle que nous avons testée semble avoir un effet toxique sur la longévité des adultes diapausants de *B. rufimanus* par inhalation ou fumigation. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par plusieurs études.

SEKKAI et SEKOUR (2015), ont rapporté que l'huile essentielle d'*O. vulgare* affecte significativement la bruche de la fève, car avec la plus forte dose de 5 µl ils ont enregistré une longévité de 0 jrs après 72h et 96h de traitement respectivement pour les mâles et les femelles. Pour KACEL et KACHA (2015), l'huile essentielle de la menthe poivrée s'est avérée la plus efficace, elle a causée la mort des bruches à la dose 50 µl après 24 heures d'exposition.

Pour leur part, DJEDID et SAADA (2015) constatent que les huiles essentielles d'*E .globulus* a manifesté une toxicité sur la longévité moyenne des adultes *B. rufimanus*, car avec la plus forte dose de 8µl les auteurs ont enregistré une longévité de 0 jours après 24h et 48h de traitement respectivement pour les mâles et les femelles.

KHELIF et SALMI (2014) ont observé que l'huile essentielle du *Ocimum basilicum* et *Lavandula angustifolia* cause aussi 100% de mortalité chez les adultes de *B. rufimanus* à la dose de 100 µl après 9h et 12h de traitement respectivement pour les mâles et les femelles avec l'huile essentielle de basilic et après 24h chez les deux sexes pour l'HE de la lavande fine.

Des études similaires ont été réalisées sur une autre bruche monovoltine *Bruchus lentus* par EL IDRISSE et al.(2014) qui ont mis en évidence l'effet toxique de deux huiles essentielles (*Salvia officinalis* L. et *Origanum majorana* L.). La longévité de l'espèce diminue au fur et mesure que la concentration des huiles augmente (5, 10, 15, 20, 25 et 30 µl/l d'air), entraînant une mortalité de 50% des individus après 1 à 4 jours d'exposition.

TALEB-TOUDERT (2015) montre que parmi les dix huiles essentielles testées, celle d'*E .globulus*, *E .radiata*, *L .nobilis*, *O .basisilicum*, *M .spicata* et *Aloysia triphylla* ont un effet toxique par inhalation sur les adultes de *C.maculatus*. Elle enregistre la mortalité des bruches à la dose 16µl après 96heures d'exposition.

Des résultats également rapportés par GOUCEM-KHELFANE (2014) sur les adultes d'*A. obtectus* qui ont manifesté une mortalité de 100% à la dose de 10µl après 72heures d'exposition à l'huile essentielle de la menthe poivrée et de la lavande.

De même TITOUCHE (2015) montre que le taux de mortalité par fumigation augmente proportionnellement avec la dose de deux huiles essentielles, elle a observé que l'huile essentielle de la lavande et de basilic, cause aussi 100% de mortalité chez les adultes d'*A. obtectus* à la dose de 8µl après 24h et pour l'huile essentielle de la lavande et 4jours de traitement avec l'huile essentielle de basilic à la dose 6µl.

Les résultats obtenus dans nos essais ont montré clairement que l'huile essentielle et la poudre testées présentent une toxicité à l'égard des adultes diapausants et sexuellement actifs de *B.rufimanus* et que l'huile essentielle de la sauge (*S .officinalis* : Lamiacée) est plus efficace par contact par rapport au traitement par inhalation, avec une sensibilité marquée des mâles par rapport aux femelles. Cette efficacité peut s'expliquer par sa richesse en composition chimique (28,95% de δ -elemene, 18,56% de linalool, 15,33% de E- β -ocimene...). REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI (1995) ont observé l'effet du linalool, du thymol et du carvacrol sur la fécondité et le nombre d'œufs pondus de la bruche du

haricot. Il y a eu également inhibition complète de la pénétration des larves dans les grains traités de linalool et de thymol. De plus, ce dernier produit s'est avéré inhibiteur de l'émergence des adultes.

KARR et COATS (1990) ont démontré que l'application des d-limonène, linalool, β -myrcène et α -terpinéol a un effet sur la croissance et le développement de la blatte germanique, *Blattella germanica*(L.). Ces monoterpènes ont influencé significativement le temps requis par les nymphes pour atteindre le stade adulte. L'application de doses élevées de d-limonene et de linalool a diminué l'émergence des nymphes bien que la mortalité des femelles n'a pas été affectée.

Conclusion générale

Cette étude, portant sur l'évaluation des effets de la poudre et de ceux d'huile essentielle extraite des feuilles de la sauge (*Salvia officinalis* L.) sur la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* Boh.

A la lumière des résultats obtenus, nous pouvons conclure que l'huile essentielle et la poudre de *Salvia officinalis* L., se sont révélées très toxiques vis-à-vis des adultes de la bruche de la fève. Cette toxicité varie selon le type du test effectué (contact, inhalation pour l'huile essentielle et contact pour la poudre), le sexe et la durée d'exposition.

Il ressort de notre étude qu'au fur et à mesure que les doses du bio-insecticides testées augmentent, la longévité des adultes mâles et femelles diapausants et sexuellement actifs diminue, l'effet le plus marqué est obtenu pour les bruches sexuellement actives comparées à des bruches diapausantes.

En effet, les traitements par contact avec l'huile essentielle et la poudre testées se sont avérés efficaces. L'effet le plus marqué est observé chez les adultes de *B. Rufimanus* sexuellement actifs, les faibles doses de l'huile essentielle de la sauge (1, 2, μ l) ont induit des taux de mortalité chez les deux sexes avant 24heures, alors que les dose de 3 et 4 μ l se sont révélées létales pour tous les individus après 24h d'exposition. Concernant les adultes diapausants la longévité moyenne est nulle après 24h d'exposition à la dose 8 μ l. La poudre enregistre une mortalité totale des mâles et des femelles de *B.rufimanus* diapausants après 96h de traitement à la plus forte dose de 5g.

Le traitement par inhalation sur les adultes diapausants montre que la longévité moyenne diminue au fur et à mesure que la dose de l'huile essentielle augmente. A la plus forte dose 8 μ l nous avons enregistré une longévité moyenne de 0 jours après 24h d'exposition

D'après les traitements effectués, les mâles semblent être plus sensibles que les femelles, et la poudre présente un effet moindre par apport à l'huile essentielle.

Nos résultats confirment ceux déjà obtenus par d'autres études. Les huiles essentielles et les poudre végétales présentent une toxicité vis-à-vis de la bruche de la fève.

Il est donc très intéressant de poursuivre ces études dans le but d'identifier les principes actifs de ces plantes aromatiques, pour optimiser les doses efficaces, car il est bien connu que les composants isolés et purifiés agissent à faibles doses, et d'utiliser une gamme plus large d'huiles essentielles pour la protection des graines.

La lutte biologique par l'utilisation de ressources naturelles de nature végétale, reste une alternative qui se substitue aux pesticides d'origine chimique nocifs pour l'environnement et par conséquent à l'homme.

Références bibliographiques

1. **ABBAD ANDALOUSSI F., 2001.** Screening of *Vicia faba* for resistance to giant race of *Ditylenchus dipsaci* in Morocco. Nematol. Mediterr. N° 29: 29-33.
2. **AISSAT K., BERKANE N., 2014.** Effet insecticide des deux huiles essentielles de *Thymus zygis* L. et de *Mentha piperita* L. (Lamiacées) à l'égard de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* Boh. (Coleoptera : Chrysomelidae). Mémoire de Master II, U.M.M.T.O, 60p.
3. **AKNINE A. et TAHENNI T., 2013.** Effet de deux huiles naturelles de Mandarinier et de Citronnier et de l'huile essentielle de Citronnier à l'égard des adultes de la bruche de fève *Bruchus rufimanus* (BOH) (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire de Master en biologie, Spécialité : Entomologie Appliquée à la Médecine, l'Agriculture et la Foresterie. U.M.M.T.O. 42p. Biotechnol. Agro. Soc. Enveron, 14(1), 141-148.
4. **ALAOUI S. B. 2009.** Référentiel pour la Conduite Technique de la fève (*Vicia faba* L). 92-101.
5. **ANNONYME, 1991.** OMS. L'utilisation des pesticides en agriculture et ses conséquences pour la santé publique. Genève, Suisse, 150p.
6. **ANNONYME, 2001a.** Agriculture et Agroalimentaire Canada. Les insectes granivores. Université du Manitoba: Department of Biosystems Engineering, 13 p.
7. **ANNONYME 2001b.** FAO. Les pesticides périmés menacent l'Afrique d'une catastrophe sanitaire. *Afrique relance*. ONU, 15 :42 p.
8. **ANNONYME 2003.** PAN Africa (Pesticide Action Network). Les pesticides au Sénégal^{2^{ème}} édit. 56p.
9. **AUBINEAU M., BERMOND A., BONGLER J., ROGER-ESTARD J., 2002.** Larousse agricole, Larousse VUEF. Canada, 379p.
10. **AVERSENQ P., GOUTIER J. et GUEGUEN M., 2008.** Le truffaut. Anti-maladies et parasites. Larousse. Edition. Octavo. 224p.
11. **BALACHOWSKY A.S. 1962.** Entomologie appliquée à l'agriculture. Ed. Masson et Cies, Tome I. Vole I, 564 p.
12. **Delobel, A., Delobel, B., 2003.** Les plantes hôtes des bruches de la faune de France, une analyse critique (Coleoptera Bruchidae). Bull. Soc. Linn. Lyon 72, 199–221.
13. **BENNETT M D., 1976.** DNA amount, latitude, and crop plant distribution. Environ. Exp. Bot. 16(2-3):93-98, 99-108.
14. **BLACKMAN R.L. et EASTOP V.F., 2007.** Taxonomic issues (chapter I). in: *Van Edmen H F Harrington* eds: aphids as crop pests . CABI International, oxford shire, UK, 968-1003.
15. **BOND D.A., LAWS D.A., HAWTIN G.C., SAXENA M.C. ET STEPHENS J.H. 1985.** Faba bean (*Vicia faba* L.). In: *Grain Legume Crops*. R.J. Summer field and E.H. Roberts (Editors). Collins, London, 199-265.

16. **BOROWIEC, L., 1987.** The genera of seed-beetles (Coleoptera, Bruchidae). *Polskie Pismo Entomologiczne* 57 : 3–207.
17. **BOUCHIKHI TANI Z., 2011.** Lutte contre la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera, Bruchidae) et la mite *Tineola bisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) par des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles. Thèse doctorat d'état. Université de Tlemcen. 125p.
18. **BOUCHIKHI TANI Z, KHELIL M A, BEDAHOU M et PUJADE V., 2011.** Lutte contre les trois bruches *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831), *Bruchus rufimanus* Bohman, 1833, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera : Chrysomelidae : Bruchidae) par les huiles essentielles extraites d'*Origanum glandulosum* (Lamiacées). *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 76 : 177-186.
19. **BOUGHADAD A., 1994.** Statut de nuisibilité et écologie des populations de *Bruchus rufimanus* (Boh.) sur *Vicia faba* L. au Maroc : Thèse d'Etat en Sciences, (3628) Université de Paris-Sud Orsay, 182 p.
20. **BOUGHADAD A., 1996.** *Bruchus rufimanus*, un insecte ravageur des graines de *V. faba* L au Maroc. Réhabilitation of faba bean. Ed actes. pp 179-184.
21. **BOUGHADAD A. et LAUGE G., 1997.** Cycle biologique de *Bruchus rufimanus* Boh. (Coleoptera : Bruchidae) sur *Vicia faba* L. var. minor légumineuse au Maroc.
22. **BOUHACHEM S., 2002.** Les pucerons de la féverole en Tunisie. Proceedings du 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « *Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb* », Hammamet, Tunisie, 100p.
23. **BOUZNAD Z., LOUANCHI M., ALLALA L et MERABTI N., 2011.** Les maladies de la fève en Algérie : Cas de la maladie à tache chocolat causée par *Botrytis spp.* Quatrième journées scientifiques et techniques phytosanitaires. I.N.A. El Harrache, 2p.
24. **BUKJES A., 2010.** Materials to the knowledge of latvian seed-beetles (Coleoptera : Chrysomelidae : Bruchidae). *Baltic J. Coleopterol.*, 10(2) : 177-184.
25. **CASARI S.A. et TEIXEIRA E.P., 1997.** Description and biological notes of final larval instar pupa of some seed beetles (Coléoptère : Bruchidae), *Annales de la société entomologique de France*. Vol 33 (3), pp 295-323.
26. **CARSON R., 2002.** Silent spring. Mariner Books. USA
27. **CHAUX C. et FOURY C., 1994.** Production légumières, légumineuses potagères, légumes, fruits. Technique et documentation Lavoisier F75384 Paris Cedex 08, pp3-15.
28. **CHOUGOUROU D.C., 2011.** Systèmes de stockage et méthodes endogènes de lutte contre les insectes ravageurs des légumineuses à grains entreposées au Centre Bénin *Revue CAMES - Série A*, 12 (2) : 137-141, décembre 2011.

- 29. COSIMI S, ROSSI E, CIONI PL et CANALE A., 2009.** Bioactivity and qualitative analysis of some essential oils from Mediterranean plants against stored-products pests : Evaluation of repellency against *Sitophilus zeamais* Motschulsky, *Cryptolestes ferrugineus* Stephens and *Tenebrio molitor* L. J of Std Prod Rrch, 45 : 125-132.
- 30. CSEKE J. ET KAUFMAN P.B., 1999.** How and why these compounds are synthesized by plants. Natural products from plants. CRC Press, Boca Raton FL. Pp 37-90.
- 31. DAJOZ R., 2000.** Eléments d'écologie .Ed. Bordas Paris, 5ème édition, 540p.
- 32. DALY H.V., DOYEN J.T. et PURCELL III A.H., 1998.** Introduction to Insect Biology and Diversity, 2nd ed. Oxford University Press, Oxford, New York.
- 33. DAOUI K., 2007.** Recherche de stratégies d'amélioration de l'efficacité d'utilisation du phosphore chez la fève (*Vicia faba* L.) dans les conditions d'agriculture pluviale au Maroc. Thèse présentée de Doctorat en Sciences agronomiques et ingénierie biologique, 215p.
- 34. DE MARCO A, DE SIMONE C, RAGLIONE M, LORENZONI P., 1995.** Influence of soil characteristics on the clastogenic activity of maleic hydrazide in root tips of *Vicia faba*. Mutat. Res.-Genet. Toxicol. Environ. Mutag. 344(1-2):5-12.
- 35. DELOBEL A, et TRAN M., 1993.** Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, ORSTOMICTA, Paris: 425 p.
- 36. DELOBEL A. ET DELOBEL B., 2003.** Les plantes hôtes des bruches (Coleoptera Bruchidae) de la faune de France, une analyse critique". Bull. mens. Soc. Linn. Lyon, 72(6): 199-221.
- 37. DJEDID et SAADA ., 2015.** Action de la poudre et de l'huile essentielle de l'Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) sur la longévité des adultes de la Bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (Coleoptera : Bruchidae) durant la période de diapause. Mémoire master. Protection des plantes cultivées. 49p.
- 38. DIDIE B. et GUYOT H., 2012.** Des plantes et leurs insectes. Ed. Qu, Paris, 253p.
- 39. DOYLE JJ et LUCKOW MA. 2003.** The rest of the iceberg. Legume diversity and evolution in a phylogenetic context. Plant Physiol 131: 900-910.
- 40. DUPONT P., 1990.** Contribution à l'étude des populations de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (BOH). Analyse des relations spatio-temporelles entre la bruche et sa plante hôte. Thèse de doctorat d'état. Université de Tours, 168p.
- 41. EBADAH I .M.A., MAHMOUD Y.A., MOAWAD S.S., 2006.** Susceptibility of some faba bean cultivars to field infestation with some insect pests. Research journal of agriculture and biological sciences, 2 (6): 537-540.

- 42. EL BOUHAMDI K. et SADIKI M., 2002.** Evaluation d'une collection de populations Marocaines locales de fève et de féverole pour la tolérance à la sécheresse. Proceedings du 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE/REMAL, Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb, Hammamet, Tunisie, 100p.
- 43. EL IDRISSE M., HAMROUCHE G., AMECHOUQ A., 2014.** Chemical composition and biological activity of essential oils *origanum majorana* L. (Lamiaceae) and *Salvia officinalis* L.(Lamiaceae) under *Bruchus lentis* (coleoptera, chrysomelidae). Global Journal of Pure and Applied chemistry Research. Vol. 2, N° 2: 15-25.
- 44. FARR, S.L., COOPER, G.S., CAI, J., SAVITZ D.A et SANDLER D.P., 2004.** Pesticide use and menstrual cycle characteristics among premenopausal women in the agricultural health study. Am. J. Epidemiol, 160: 1194-1204.
- 45. FERRARA G., LOFFREDO E., SENESI N., 2004.** Anticlastogenic, antitoxic and sorption effects of humic substances on the mutagen maleic hydrazide tested in leguminous plants. Eur. J. Soil Sci. 55(3):449-458.
- 46. FOLTETE A S., 2010.** Effets génotoxiques et systèmes de détoxification chez *Vicia faba* (Fabaceae) dans le cadre de. L'évaluation des sols pollués. Thèse de doctorat. Université Paul Verlaine-Metz. Toulouse
- 47. GAIN E., 1978.** Note sur la germination des grains de légumineuses habitués par les bruches: C.R.1897, 2ème semestre, T-CXXV, 3, pp. pp. 195-197.
- 48. GEPTS P., BEAVIS WD., BRUMMER EC., SCHOEMAKER RC., STALKER HT., WEEDEN NF., et YOUNG ND., 2005.** Legumes as a Model Plant Family. Genomics for Food and Feed Report of the Cross-Legume Advances through Genomics Conference. Plant Physiology 137: 1228–1235.
- 49. GIOVE R M., et ABIS S., 2007.** Place de la Méditerranée dans la production mondiale de fruits et légumes. Les notes d'analyse du CIHEAM 23 : 1-21.
- 50. 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 (Coleoptéra ,Chrysomelidae), bruchinae et comportement de ce ravageur vis-a-vis des composés volatils de différentes variétés de la plante hôte (*Phaseolus Vulgaris* L). Thèse de doctorat d'état. U.M.M.T.O. 143p.
- 51. GOYOAGA C., BURBANO C., CAUDRADO C., ROMERO R., GUILLAMO'N E., VARELA A., PEDROSA M.M., MUZAUZ M., 2011.** Content and distribution of protein, sugars and inositol phosphates during the germination and seedling growth of two cultivars of *Vicia faba* . Journal of Food composition and analysis 24: 391-397.
- 52. HAMANI-AOUDJID S., 2014.** Bioécologie et diapause reproductrice de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* dans deux parcelles de la fève et féverole dans la région de Haizer (Bouira). Mémoire de Magister. Université de Tiziouzu, 79p.

53. **HAMDANI., 2012.** Action des poudres et des huiles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera: Bruchidae). Mémoire de Magister écologie animal à U.M.M.T.O 97p.
54. **HANS W .K., 2007.** 1000 plantes aromatique et médicinales. Terre édition.
55. **HELBIG, 1. 1995.** Écologie de *Prostephanus truncatus* au Togo examinée notamment du point de vue des interactions avec le prédateur *Teretriosoma nigriscens*. GTZ, Eschborn, Germany, 111p.
56. **HOFFMANN A., 1945.** Faune de France, Bruchidae, Ed. Paul le chevalier, Paris T44, 184p.
57. **HOFFMANN A. et LABEYRIE V., 1962.** Sous famille des Bruchidae. In Balachowsky A.S., Entomologie appliquée à l'agriculture. Coléoptère, Tome I, Volume I, Ed. Masson et Cie, pp 185-188.
58. **HOFFMANN A., LABEYRIE V. et BALACHOWSKY A.S., 1962.** Famille des Bruchidae in Entomologie appl. à l'agriculture, 434-494, (1), Balachowsky ed., Masson publ., Paris, 564p.
59. **HUIGNARD J., GLITHO I., MONGE J., ET REGNAULT-ROGER I., 2011.** Insectes ravageurs des graines de légumineuses, biologie des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique. Edition Quae .France. 147p.
60. **ISMAN, M.B. 2006.,** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Ann. Rev. Entomol, 51:45-66.
61. **JOHNSON C.D., 1981.** Seed beetle host specificity and the systematic of the Leguminisae in: Advances in Legume Systematics. POLHILL. R.M et REVEN, P.H. Eds. Royal Botanic Gardens. Kew, U. K: 995-1027.
62. **KACEL F. et KACHA D., 2015 .** Activité insecticide des huiles essentielles de Lamiacées et de Rutacées sur la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* Boh. (Coleoptera : Chrysomelidae : Bruchinae). Mémoire Master II Science Agronomique.53p.
63. **KANAYA N, GILL BS, GROVER IS, MURIN A, OSIECKA R, SANDHU SS, ANDERSSON H.C., 1994.** *Vicia faba* chromosomal aberration assay. Mutat. Res.-Fundam. Mol. Mech. Mutag.310 (2):231-247.
64. **KARR L.L. et J.R. COATS. 1990.** Effects of four monoterpenoids on growth and reproduction of the german cockroach (Blattodea : Blattellidae). J. Econ. Entomol. 85 : 424-429.
65. **KELLOUCHE A., 2005.** Etude de la bruche de pois chiche *C. maculatus* (Coleoptera : Bruchidae) biologie, physiologie, reproduction et lutte. Thèse de doctorat d'état en science naturelle, spécialité Entomologie 1-216p.
66. **KELLOUCHE A., AIT-AIDER F., LABDAOUI K., MOULA D., OUENDI K.,**

HAMADI N., OURAMDANE A., FREROT B et MELLOUK M., 2010. Biological activity of ten oils against cowpea beetle, *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera : Bruchidae), Int. J. Intg. Biol., 2010, vol 10 (2): 86-89.

67. KERGOAT, G.J., 2004. Le genre *Bruchidius* (Coleoptera, Bruchidae): un modèle pour l'étude des relations évolutives entre les insectes et les plantes. Thèse de Doctorat de l'Université Paris VI. 192 pp.

68. KETOH G.K., GLITHO L.A., KOUMAGLO K.H., et NUTO Y., 1998. Effets de quelques huiles essentielles sur les oeufs et les larves de *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidae). *Revue CAMES Sciences et Médecine*, 00: 16-20.

69. KHALDI R., ZEKRI S., MAATOUGUI M.E.H. et BEN YASSINE A., 2002. L'économie des légumineuses alimentaires au Maghreb et dans le monde. Proceedings du 2ème séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA « Le devenir des légumineuses alimentaires dans le Maghreb ». Hammamet, Tunisie, 100p.

70. KHELIL M.A., 1977. Influence de la chaleur utilisée comme moyen de lutte contre la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae) sur les différents états et stades de développement. Mémoire d'Ingénieur en Agronomie, INA El Harrach, 77p.

71. KHELIL .Y et SALMI. K., 2014. Effet biocide des huiles essentielles du Basilic (*Ocimum basilicum* L.) et la Lavande fine (*Lavandula angustifolia* L.) à l'égard de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* BOH. (Coleoptera : Chrysomelidae) Mémoire de master II.U.M.M.T.O, 45p.

72. KOLEV N., 1976. Les cultures maraîchères en Algérie ; légumes, fruits, Ed J. BAILLIERE. Paris. Vol I, 207p.

73. LAUMONNIER R., 1979. Cultures légumières et maraichères, Encyclopédie agricole. Tome III. Ed. J.-B. Baillière, Paris. 226 p.

74. LAZREK F., HUGUET T. et AOUANI M.E., 2002. Réponse au stress salin de lignées Tunisiennes de *Medicago truncatula*. Actes du Symposium Franco Maghrébin : Applications Biotechnologique de la Fixation de l'Azote, Hammamet, Tunisie, 15-18.

75. LAZREK - BEN FRIHA F., 2008. Analyse de la diversité génétique et symbiotique des populations naturelles tunisiennes de *Medicago truncatula* et recherche de QTL liés au stress salin. Thèse doctorat de l'Université Toulouse III - Paul Sabatier. 255p.

76. LAWRENCE B.M., 1982. Genuine essential oils: mother nature's chemical factory, Bulletin technique Gettefosse, N°103, pp. 31-50, 2010.

77. LEPPIK E., PINIER C., FREROT B., 2014. Paysage chimique d'une agrobiocenose : un exemple la feverole et son ravageur spécialiste *bruchus rufimanus*. Dixième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture Montpellier. 10p.

- 78. LIENARD V. et SECK D., 1994.** Revue des méthodes de lutte contre *Callosorbus maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidae), ravageur des graines de niébé *Vigna unguiculata* L. en Afrique Tropical, Insect Sci. Applic. 5(3), pp 301-311. 11p.
- 79. MAATOUGUI M.E.H., 1996.** Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance, in réhabilitation of *faba bean*. Ed. actes, Rabat (Maroc) 202 p.
- 80. MAATOUGUI M.E.H., 1997.** Situation de la culture des fèves en Algérie et principales contraintes. Céréaliculture, numéro spécial fève. Ed. ACTES Rabat. pp 6-15.
- 81. MACHU A., 2009.** Description de l'Origan. Fac-scie-Tech.LSVB, 2p.
- 82. MAGAN., et OLSEN M., 2004.** Mycotoxins in Food: Detection and Control Cambridge, UK: Whead Publishing Ltd.
- 83. MAIHEBIAU P., 1995.** La nouvelle aromathérapie: biochimie aromatique et influence psychosensorielle des odeurs. Lausanne. (1994) 635p.
- 84. MAOUI R., SAY B., EL HADJ B., FRIKH A. et GIRARD C., 1990.** La culture de la féverole en Tunisie. Ed. I.N.R.A.T, O.N.H., AGROPOL. et I.T.C.F., 16 p.
- 85. MEDJDOUB-BENSAAD F., 2007.** Etude bioécologique de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (BOH.1833) (Coleoptera : Bruchidae). Cycle biologique et diapause reproductrice dans la région de Tizi-Ouzou : Thèse de doctorat d'état. Université de Tizi-Ouzou. 130p.
- 86. MEDDJOUB-BENSAAD F., HUIGNARD. J., 2011.** Bioécologie de la bruche de la fève (*B.rufimanus*), relations spatio-temporelles entre la bruche et sa plante hôte (*Vicia faba*) dans deux parcelles situées à deux altitudes différentes dans la région de Kabylie (Algerie). Neuvième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture .26 et 27 octobre. Montpellier.
- 87. MESSAIEA C.M., CAHAT J., LERAUX J.I., PICHON M., BEYRIES A., 1993.** Les allium alimentaires reproduction par voie végétative. Edition INRA . pp228.
- 88. MEZANI S., 2011.** Bioécologie de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* Boh. (Coléoptère : bruchidae) dans deux parcelles de variétés de fève différentes et de féverole dans la région de Tizi-Rached. Mémoire de magister. Université. Tizi-Ouzou. 114p.
- 89. MONGE J.P., et HUIGNARD J. 1991.** Population fluctuations of two bruchid species *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) and *Bruchidus atrolineatus* (Pic) (Coleoptera: Bruchidae) and their parasitoids *Dinarmus basalis* (Randoni) and *Eupelmus vuilleti* (Crawford) (Hymenoptera: Eupelmidae) in a storage situation in Niger. Journal of African Zoology 105: 187-196.
- 90. MOULE C., 1972.** Plantes sarclées et diverses, tome III. *Phytotechnie spéciale*. (eds): La maison rustique, Paris,: 3-14

- 91. PERON J.Y., 2006.** Références. Production légumières. 2^{ème} Ed. 613 p.
- 92. PLANQUAERT P.H. et GIRARD G., 1987.** La féverole d'hiver, revue, *ITCF* 3^{ème} Tim, 32p.
- 93. POLHILL R., RAVEN M. et STIRTON C.H., 1981.** Evolution and systematic of leguminous in: *Advances in legume Systematic*. Eds. Polhill, R.M, and Royal, P. P. Botanic Gardens, Kew, UK. 191-208.
- 94. RACHEF S.A., OUMER F et OUFFROUKH A., 2005.** Inventaire des ravageurs de la fève en Algérie, 16.36-41.
- 95. RADETSKI C.M., FERRARI B., COTELLE S., MASFARAUD J.F. et FERARD J.F., 2004.** Evaluation of the génotoxic, mutagenic and oxidant stress potentials of municipal solid waste incinerator bottom ash leaf chates. *Sci. Total Environ.* 33: 209-216.
- 96. 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.
- 97. REGNAULT-ROGER C. et HAMRAOUI A., 1994.** Inhibition of reproduction of *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera), a kidney bean *Phaseolus vulgaris* bruchid, by aromatic essential oils. *Crop Protection*, 13 (8), PP 624-628.
- 98. 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.
- 99. REGNAULT-ROGER C., PHILOGENE B.J.R. ET VINCENT C., 2008.** Biopesticides d'origine végétale, 2^{ème} édition, Lavoisier, Paris. Édition, 550p.
- 100. SABBOUR M.M. et E-ABD-EL-AZIZ S., 2007.** Efficiency of some bioinsecticides against brood bean beetle, *Bruchus rufimanus* (Coleoptera : Bruchidae). *Research journal of agriculture and biological science*, 3 (2): 67-72.
- 101. SADOUDI F. et IBOUKHOULEF H., 2002.** Contribution à l'étude de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (Coleoptera : Bruchidae) dans deux stations de Kabylie Tizi Ouzou et Taboukert. *U.M.M.T.O.* 79p.
- 102. SANG N. et LI G., 2004.** Genotoxicity of municipal landfill leachate on root tips of *Vicia faba*. L, *Mutat. Res.-Genet. Toxicol. Environ. Mutag.* 560 (2):159-165.
- 103. SELLAMI S. et BOUSNINA A.Z., 1996.** Distribution de *Ditylenchus dispasaci* (hunk) sur la fève dans l'est de l'Algérie. *Céréaliculture : spéciale fèves* N° 29 pp 27-30.

- 104. SERPEILLE A., 1991.** La bruche du haricot : un combat facile ; bulletin. F.N.M.S N°116, pp32-54.
- 105. SEXENA M.C., 1991.** Statut and scope production of faba Bean in the Mediterranean contries. options mediteraniennes.
- 106. SEKAI et SEKOUR ., 2015.** Effet biocide d'huile essentielles et la poudre d'origan () sur la bruche de la fève *B. rufimanus* Boh. (Coleoptera : Bruchidae).Memoire de master en Agronomie. P.
- 107. STODDARD F.L., NICHOLAS A.H., RUBIALES D., THOMAS J. et VILLEGAS-FERNANDEZ A.M., 2010.** Integrated pest management in faba bean. Field crops research 115 :308-318.
- 108. TALEB-TOUDERT K. 2015.** Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérie). Evaluation de leur effet sur la bruche de niébé *callosubruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de Doctorat d'Etat en Science Biologique.U.M.M.T.O.160p.
- 109. TAPONDJOU L.A., ADLER C., BOUDA H. et FONTEM D.A., 2002.** Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. *J. Stored Prod. Res.*, 38, 395-402.
- 110. TAUPIN B., 2003.** La bruche de la fève. La fèverole fortement attaquée. Protéagineux d'hiver, pensé à diversifier ses rotations, N° 293, pp 72-73.
- 111. THOMAS, M.B., 1999.** Ecological approaches and the developement of truly integrated pest management. *Prac. Nat/. Acad Sei.*, 96: 5944-5951.
- 112. TITOUCHE S. 2015.** Etude de l'effet biocide de deux huiles essentielles de deux plantes aromatiques de la famille des Lamiacées la lavande (*Lavandula augustifolia*) et de basilic (*Ocimum basilicum*) sur les paramètres biologiques de la bruche du Haricot *Acanthoscelides obtectus* Say.(Coleoptera : Bruchidae).
- 113. TRAN B. et HUIGHARD J., 1992.** Interactions between photoperiod and food affect the termination in reproductive diapause in *Bruchus rufimanus*. *J. insect Physiol.*, 36: 633-642.
- 114. VANNETZEL et BOIZET., 2013.** Diagnostic des accidents de la fèverole et du pois. ARVALIS. Institue du végétale. P.
- 115. WAAGE J.K., 1992.** Introduction à la lute biologique contre les insectes nuisibles. In : Manuel de lute biologique. Tome 1, Markham R.H., Wodageneh A. et Agboola S. (eds), David, California, pp. 16-21.
- 116. WEEDEN N.F., et YOUNG N.D., 2005.** Legumes as a Model plant Family. Genomics for Food and Feed.

- 117. WIGGLESWORTH V.B., 1972.** The Principles of Insect Physiology, 7e Éd. Chapman and Hall, 325p.
- 118. ZAGHOUANE O., 1991.** The situation of Faba bean (*Vicia faba* L.) in Algeria. Options Méditerranéennes. Present statut and future perspects of faba bean production, I.C.A.R.D.A. Serie A, (10). pp 123-125.
- 119. ZAGHOUANE O., ADJOUT N., BOUCHATA K., BUHAOUCHINE L., BRANKI N. et SERAN N., 2000.** La réhabilitation et le développement des légumineuses alimentaires dans le cadre du plan national de développement agricole. Céréaliculture, N° 34, pp 61-67.
- 120. ZAIDI A. et MAHIOUT B., 2012.** Voyage au cœur des aliments. 200p.

Annexes

Tableau 1. Analyse de la variance à trois facteurs de classification (sexe, dose, temps) au seuil 5 % pour le paramètre longévité des adultes diapausants de *B. rufimanus* traités avec l'huile de *Salvia officinalis* par contact.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var.totale	942,226	49	19,229				
Var.facteur1:sexe	0,031	1	0,031	0,16	0,6958		
Var.facteur 2:dose	400,033	4	100,008	512,042	0		
Var.facteur 3:temps	363,808	4	90,952	465,674	0		
Var.inter f1*2	0,813	4	0,203	1,04	0,41808		
Var.inter f1*3	0,063	4	0,016	0,08	0,98441		
Var.inter f2*3	174,355	16	10,897	55,794	0		
Var.residuelle 1	3,125	16	0,195			0,442	7,29%

Tableau 2. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur sexe sur la longévité de *B. rufimanus* diapausants testés par contact.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes			
2.0	femelles	7,357	A			
1.0	males	6,743	B			

Tableau 3. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose sur la longévité de *B. rufimanus* diapausants testés par contact.

F2	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes			
1.0	d0µl	9,95	A			
2.0	d2µl	7,025		B		
3.0	d4µl	6,475			C	
4.0	d6µl	5,675				D
5.0	d8µl	1,2				E

Tableau 4. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur temps sur la longévité de *B. rufimanus* diapausants testés par contact.

F3	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes			
1.0	T1H	8,65	A			
2.0	T2H	8,275	A			
3.0	T3H	7,75		B		
4.0	T24H	3,525			C	
5.0	T48H	2,125				D

Tableau 5. Analyse de la variance à trois facteurs de classification (sexe, dose, temps) au seuil 5 % pour le paramètre longévité des adultes diapausants de *B. rufimanus* traités avec la poudre de *Salvia officinalis* par contact.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var.totale	892,7	69	12,938				
Var.facteur 1	6,604	1	6,604	57,482	0		
Var.facteur 2	346,218	4	86,554	753,428	0		
Var.facteur 3	345,75	6	57,625	501,607	0		
Var.inter f1*2	1,593	4	0,398	3,466	0,02259		
Var.inter f1*3	2,796	6	0,466	4,057	0,00608		
Var.inter f2*3	186,982	24	7,791	67,817	0		
Var.residuelle 1	2,757	24	0,115			0,339	4,81%

Tableau 6. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur sexe sur la longévité de *B. rufimanus* diapausants testés par contact.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes			
2.0	femelles	7,357	A			
1.0	males	6,743	B			

Tableau 7. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose sur la longévité de *B. rufimanus* diapausants testés par contact.

F2	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes			
1.0	d0g	9,875	A			
2.0	d2g	9,625	A			
3.0	d3g	5,696		B		
4.0	d4g	5,25			C	
5.0	d5g	4,804				D

Tableau 8. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur temps sur la longévité de *B. rufimanus* diapausants testés par contact.

F3	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes						
1.0	T1H	9,675	A						
2.0	T2H	9,325		B					
3.0	T3H	9			C				
4.0	T24H	7,3				D			
5.0	T48H	5,775					E		
6.0	T72H	4,3						F	
7.0	T96H	3,975							G

Tableau 9. Analyse de la variance à trois facteurs de classification (sexe, dose, temps) au seuil 5 % pour le paramètre longévité des adultes sexuellement actifs de *B. rufimanus* traités par l'huile essentielle de *Salvia officinalis* par contact.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	673,826	49	13,752				
VAR.FACTEUR 1sexe	7,801	1	7,801	22,871	0,00024		
VAR.FACTEUR 2 dose	76,933	4	19,233	56,387	0		
VAR.FACTEUR 3 temps	557,957	4	139,489	408,95	0		
VAR.INTER F1*2	0,918	4	0,229	0,673	0,62278		
VAR.INTER F1*3	0,293	4	0,073	0,214	0,92501		
VAR.INTER F2*3	24,468	16	1,529	4,483	0,00243		
VAR.RESIDUELLE 1	5,457	16	0,341			0,584	11,88%

Tableau 10. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur sexe sur la longévité de *B. rufimanus* sexuellement actifs testés par contact.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes			
2.0	femelles	5,31	A			
1.0	males	4,52	B			

Tableau 11. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose sur la longévité de *B. rufimanus* sexuellement actifs testés par contact.

F2	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes			
1.0	d0µl	7,075	A			
2.0	d1µl	5,3		B		
3.0	d2µl	4,725			C	
4.0	d3µl	3,925				D
5.0	d4µl	3,55				D

Tableau 12. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur temps sur la longévité de *B. rufimanus* sexuellement actifs testés par contact.

F3	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes			
1.0	T1H	9,175	A			
2.0	T2H	7,65		B		
3.0	T3H	5,525			C	
4.0	T24H	1,775				D
5.0	T48H	0,45				E

Tableau 13. Analyse de la variance à trois facteurs de classification (sexe, dose, temps) au seuil 5 % pour le paramètre longévité des adultes diapausants de *B. rufimanus* traités avec l'huile de *Salvia officinalis* par inhalation.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var.totale	661,745	49	13,505				
Var.facteur 1 sexe	9,68	1	9,68	22,971	0,00023		
Var.facteur 2 dose	193,545	4	48,386	114,821	0		
Var.facteur 3 temps	338,533	4	84,633	200,834	0		
Var.inter f1*2	2,895	4	0,724	1,717	0,19468		
Var.inter f1*3	3,932	4	0,983	2,333	0,0994		
Var.inter f2*3	106,418	16	6,651	15,783	0		
Var.residuelle 1	6,743	16	0,421			0,649	9,60%

Tableau 14. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur sexe sur la longévité de *B. rufimanus* diapausants testés par inhalation.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes			
2.0	femelles	7,2	A			
1.0	males	6,32	B			

Tableau 15. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose sur la longévité de *B. rufimanus* diapausants testés par inhalation.

F2	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes			
1.0	d0µl	10	A			
2.0	d2µl	7,675		B		
3.0	d4µl	6,525			C	
4.0	d6µl	5,175				D
5.0	d8µl	4,425				E

Tableau 16. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur temps sur la longévité de *B. rufimanus* diapausants testés par inhalation.

F3	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes			
1.0	T1H	9,95	A			
2.0	T2H	8,725		B		
3.0	T3H	7,45			C	
4.0	T24H	4,9				D
5.0	T48H	2,775				E

Résumé

L'huile essentielle et la poudre extraites de *Salvia officinalis* L. (Lamiacées) testées contre la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (Coleoptera : Chrysomelidae) manifestent un effet toxique à l'égard des adultes diapausants et sexuellement actifs. Les traitements par contact à l'huile essentielle et à la poudre testée se sont avérés efficaces. L'effet le plus marqué est observé chez les adultes de *B. rufimanus* sexuellement actifs, où les faibles doses de l'huile essentielle de la sauge (1, 2, μ l) ont induit des taux de mortalité chez les deux sexes avant 24 heures, alors que les doses de 3 et 4 μ l se sont révélées létales pour tous les individus après 24 h d'exposition. Concernant les adultes diapausants la longévité moyenne est nulle après 24 h d'exposition à la dose 8 μ l. La poudre enregistre une mortalité totale des mâles et des femelles de *B. rufimanus* diapausants après 96 h de traitement à la plus forte dose de 5 g. Le traitement par inhalation sur les adultes diapausants montre que la longévité moyenne diminue au fur et à mesure que la dose de l'huile essentielle augmente. A la plus forte dose 8 μ l nous avons enregistré une longévité moyenne de 0 jours après 24 h d'exposition. D'après les traitements effectués, les mâles semblent être plus sensibles que les femelles et la poudre présente un effet toxique moindre par rapport à l'huile essentielle.

Mots-clés: *Bruchus rufimanus*, sauge, adultes diapausants, sexuellement actifs, effet toxique.

Abstract

Essential oil and leaf powder extracted from *Salvia officinalis* L. (Lamiaceae) have a toxic effect against the broad bean beetle *Bruchus rufimanus* (Coleoptera:Chrysomelidae) upon adults diapausants and in reproductive state. Contact treatments with essential oil and powder tested proved to be effective. An effect more marked is observed in the adults of *B. rufimanus* sexually active, where low dose of the essential oil of the sage (1, 2, μ l) induced death rates upon the two sexes before 24 hours, whereas the amount of 3 and 4 μ l appeared lethal for all the individuals after 24 h of exposure. Concerning diapausants adults, average longevity recorded is null after 24 h of exposure to the amount of 8 μ l of essential oil. The powder records a total mortality of the males and females diapausants of *B. rufimanus* after 96 h of treatment with the higher amount of 5 g. Inhalation treatment upon the adults diapausants shows that average longevity decreases as the amount of essential oil increases. With the strongest amount 8 μ l we recorded an average longevity of 0 days after 24 h of exposure. According to the treatments carried out, the males seem to be more sensitive than the females and the powder presents a less toxic effect in comparison to the essential oil tested.

Key words: *Bruchus rufimanus*, sage, adult diapausants, reproductive state, toxic effect.