

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département de Biologie Animale et Végétale

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences biologiques

Spécialité : Biologie de la Conservation

Sujet :

L'effet insecticide de l'huile essentielle du pin maritime
(*Pinus pinaster*) sur la longévité des adultes mâles de la
bruche de la fève *Bruchus rufimanus* durant la période de
diapause.

Présenté par :

- M^{elle} BACHI Basma
- M^{elle} MAHMOUDI Nora

Soutenus devant le jury :

Président	M ^r AMROUN M.	Professeur	UMMTO
Promotrice	M ^{me} MEDJDOUB-BENSAAD F.	Professeur	UMMTO
Co-promotrice	M ^{elle} GUERMAH D.	Doctorante	UMMTO
Examinatrice	M ^{me} GOUCEM-KHELFANE K.	M.C.A	UMMTO
Examinatrice	M ^{me} AOUAR-SADLI M.	M.C.A	UMMTO

Promotion : 2016-2017

Remerciements

Ce travail à été réalisé au sein de l'équipe du laboratoire de l'Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, sous la direction de M^{me} MEDJDOUB-BENSAÏA F., Professeur à L' U.M.M.TO.

Nous tenons à la remercier en tout premier lieu pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de diriger ce travail, pour sa disponibilité, ses encouragements et sa simplicité. On espère que nous aurons l'occasion, les prochaines années, de travailler à nouveau ensemble.

Nous adressons de chaleureux remerciements à notre Co-promotrice M^{elle} GUERMAH D., Doctorante à L' U.M.M.TO, pour l'attention qu'elle a portée a ce travail. Ses nombreux conseils et sa confiance ont été pour nous un solide repère. Nous avons pris un grand plaisir de travailler avec elle.

Nous désirons aussi remercier le président du jury M^r AMROUN M., professeur à L' U.M.M.TO, de nous avoir fournis les outils nécessaires à la réussite de nos études durant c'est trois dernières années.

Nous tenons à remercier vivement M^{me} AOUAR et M^{me} GOUCEM Maitres de conférences classe A. d'avoir accepter avec une grande amabilité de siéger parmi notre jury.

Nous remercions très sincèrement M^{me} GOUCEM-KHELFANE K., d'avoir eu la patience de répondre à nos innombrables questions et M^{elle} METNA F. pour son aide pour les analyses statistiques.

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

Que tout les enseignants ayants contribués à notre formation trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance.



DEDICACE

Tout d'abord je remercie le bon dieu de m'avoir donné la santé pour réaliser ce travail, lequel je dédie à toutes les personnes qui me sont chères :

A la mémoire de mes grands- parents paternels

A mes chers parents, en témoignage de l'amour, du respect et de ma profonde et éternelle gratitude que je leurs porte en ma reconnaissance pour leur sacrifices et leur soutien, je ne les remercierai jamais assez, pour tout ce qu'ils ont fait pour moi.

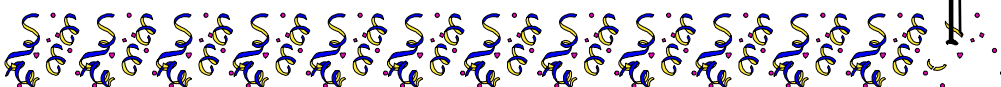
A ma très chère et unique sœur MAYA, a la qu'elle je souhaite succès et bonheur...

A mes grands- parents maternels, pour leur affection qui a été d'un grand secours au long de ma vie

A mon très cher fiancé, en reconnaissance de son soutien permanent, ses encouragements et ses conseils ont été pour moi un solide réconfort dans tous les moments ...

A mon binôme NORA, et toute sa famille.

BASMA



DEDICACE

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.

Je dédie ce travail à mes chers parents ; honorable, aimable : vous présentez pour moi le symbole de la bonté par excellence et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Aucune dédicace ne serait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez. Puisse dieux, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

A ma très chère grande sœur et son mari, en témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous. Malgré la distance vous serez toujours dans mon cœur. Je vous remercie pour votre affection si sincère.

A mes chères adorables sœurs, je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur de santé et de réussite.

A ma chère amie fidèle ; Dihia, tu es pour moi une sœur et une amie je te souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

A mon cher binôme, Basma et sa famille.

NORA

Liste des tableaux

Tableau 1 : Evaluation de la superficie de la fève en Algérie	8
Tableau 2 : Superficie et production de la fève dans la Wilaya de Tizi-Ouzou	9
Tableau 3 : Principales maladies virales de la fève	13
Tableau 4 : Principaux ravageurs de la fève	14
Tableau 5 : Les stations favorables du pin maritime	26
Tableau 6 : Caractéristiques organoleptique de l'huile	27
Tableau 7 : Analyse chromatographique de l'huile essentielle <i>P. pinaster</i>	27
Tableau 8 : Analyse de la variance a deux facteurs de classification (dose, temps) au seuil 5% pour le paramètre longévité des adultes mâles diapausants de <i>B. rufimanus</i> traité avec l'huile de <i>P. pinaster</i>	34
Tableau 9 : Résultat du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose sur la mortalité de <i>B. rufimanus</i> diapausants.	34
Tableau 10 : Résultat du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur temps sur la mortalité de <i>B. rufimanus</i> diapausants.....	34
Tableau 11 : Analyse de la variance a deux facteurs de classification (dose, temps) au seuil 5% pour le paramètre longévité des adultes mâles diapausants de <i>B. rufimanus</i> traité avec l'huile de <i>P. pinaster</i>	37
Tableau 12 : Résultat du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose sur la mortalité de <i>B. rufimanus</i> diapausants.	37
Tableau 13 : Résultat du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur temps sur la mortalité de <i>B. rufimanus</i> diapausants.....	37
Tableau 14 : Taux moyen de répulsion de l'huile de <i>P. pinaster</i> contre les adultes mâles de <i>B. rufimanus</i>	39
Tableau 15 : Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et al. (1970).....	40

Liste des figures

Figure 1 : Appareil végétatif de la fève. A : le système racinaire ; B : la tige, feuilles, fleurs et gousses	4
Figure 2 : Cycle biologique de la fève (<i>Vicia faba L.</i>).....	5
Figure 3 : Composition chimique de la fève.	6
Figure 4 : Variétés de la fève (<i>V. faba major L.</i>) et fêverole (<i>V. faba minor</i>) présente en Algérie.....	7
Figure 5 : Œufs déposés par la femelle de la bruche de la fève	16
Figure 6 : Larve de la bruche de la fève <i>B. rufimanus</i>	17
Figure 7 : Nymphe de la bruche de la fève <i>B. rufimanus</i>	17
Figure 8 : Forme du dernier segment abdominal de <i>B. rufimanus</i>	18
Figure 9 : Dégâts causés par <i>B. rufimanus</i> sur les graines de fève.....	20
Figure 10 : Graines de fève (<i>Vicia faba L.</i>).....	24
Figure 11 : Bruche de la fève (<i>B. rufimanus</i>).....	25
Figure 12 : Morphologie du pin maritime (<i>P. pinaster</i>).....	25
Figure 13 : Matériels expérimental	28
Figure 14 : (Dispositif expérimental) test par contact a l'égard des mâles de <i>B. rufimanus</i> traités par différentes doses d'huile essentielle de pin maritime	29
Figure 15 : Test par inhalation à l'égard des mâles de <i>B. rufimanus</i> traités par différentes doses d'huile essentielle de pin maritime	30
Figure 16 : Test de répulsion de l'huile essentielle de pin maritime a différentes doses a l'égard de la <i>B. rufimanus</i>	31
Figure 17 : Mortalité des adultes mâles de <i>B. rufimanus</i> diapausants traités par contact à différentes doses d'huile essentielle du pin maritime.	33
Figure 18 : Droite de régression des probits en fonction des log de doses après 96h d'application de l'huile de <i>P. pinaster</i> pour le test par contact.....	35
Figure 19 : Droite de régression des probits en fonction des logs de temps après l'application de l'huile de <i>P. pinaster</i> pour le test par contact.....	35

Figure 20 : Mortalité des adultes mâles de *B. rufimanus* diapausants traités par différentes doses d'huile essentielle du *P. pinaster* par inhalation. 36

Figure 21 : Droite de régression des probits en fonction des logs de doses après 96h d'application de l'huile de *P. pinaster* pour le test par inhalation. 38

Figure 22 : Droite de régression des probits en fonction des logs de temps après l'application de l'huile de *P. pinaster* pour le test d'inhalation. 38

Figure 23 : Taux moyen de répulsion des adultes de *B. rufimanus* en fonction des doses. 39

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I / Généralités sur la plante hôte : <i>Vicia faba</i> L.	
1. Origine de <i>Vicia faba</i>	3
2. Position systématique de la fève.	3
3. Description de la plante hôte.	4
4. Cycle biologique ou stade phréologique.	5
5. Composition chimique de la fève.....	5
6. Différentes variétés de la fève (<i>V. faba</i>).	6
6.1. Muchaniel.....	6
6.2. Séville.....	6
6.3. Aguadulce.....	6
6.4. Fève trois fois blanche.....	6
7. Intérêt culturaux de la fève	7
7.1. Intérêt agronomique	7
7.2. Intérêt alimentaire	7
8. Situation de la culture de la fève	8
8.1. En Algérie	8
8.2. Dans la Wilaya de Tizi-Ouzou	9
9. Contraintes de la culture de la fève en Algérie	10
9.1. Contraintes abiotiques	10

9.1.1 Le froid hivernal et les gelées printanières.....	10
9.1.2. La sécheresse terminale.....	10
9.1.3. La chaleur.....	10
9.1.4. La salinité.....	11
9.2. Contraintes culturelles et socio-économique.....	11
9.2.1. Contraintes culturelles.....	11
9.2.2 Contraintes socio- économiques.....	11
9.3. Contraintes biotiques.....	11
9.3.1. Principales maladies.....	12
9.3.1.1 Maladies fongiques.....	12
9.3.1.2 Maladies virales.....	12
9.3.2 Plantes parasites.....	13
9.3.3 Principaux ravageurs de la fève.....	14
Chapitre II : Données bibliographiques sur la bruche de la fève <i>B. rufimanus</i>	
1. Présentation de la bruche de la fève <i>B. rufimanus</i>	15
1.1. Origine et aire de répartition.....	15
1.2. Position systématique.....	16
1.3. Description de l'insecte.....	16
1.3.1. Œufs.....	16
1.3.2. Larves.....	16
1.3.3. Nymphes.....	17
1.3.4. Les adultes.....	17
2. Biologie de <i>B. rufimanus</i>	18

2.1. Hivernation.....	18
2.2. Maturité sexuelle	18
2.3. Ponte.....	19
2.4. Etat larvaire	19
2.5. Etat adultes	19
3. Diapause reproductrice.....	19
3.1. Modification anatomique	19
3.2. Modification physiologique	20
3.3. Modification biochimique	20
4. Dégâts causés par <i>B. rufimanus</i> sur la fève.....	20
4.1. Pertes pondérales.....	21
4.2. Pertes de germination	21
4.3. Dépréciation des graines	21
4.4. Baisse de rendement.....	21
5. Méthode de lutte contre <i>B. rufimanus</i>	22
5.1. Lutte préventive.....	22
5.2. Lutte curative.....	22
5.2.1. Lutte physique	22
5.2.2. Lutte chimique.....	23
5.3. Lutte biologique	23
Chapitre III : Matériels et méthodes	
1. Matériel	24
1.1. Matériel biologique	24

1.1.1. Graines de la fève	24
1.1.2. Bruches	24
1.1.3. Huile essentielle	25
1.2. Matériel de laboratoire	27
2. Méthode.....	28
2.1. Extraction des bruches	28
2.2. Identification des sexes	29
2.3. Test par contact	29
2.4. Test par inhalation	30
2.5. Calcul de la DL 50 et du TL 50	31
2.6. Test par répulsion	31
2.7. Longévité des individus	32
2.8. Analyses statistiques	32

Chapitre IV : Résultats et discussion

1. Evaluation de l'effet insecticide de l'huile essentielle <i>Pinus pinaster</i> par contact	33
2. Evaluation de l'effet insecticide de l'huile essentielle <i>Pinus pinaster</i> par inhalation	36
3. Evaluation de l'effet insecticide de l'huile essentielle <i>Pinus pinaster</i> par répulsion	39
4. Discussion	41
Conclusion	43

Références bibliographiques

Introduction

Présente dans le monde entier, la famille des légumineuses est très diversifiée, elle comprend environ 19000 espèces (ROLAND, 2002). La sous famille des Papilionoideae contient l'essentiel des espèces (14000) par rapport à celles des Mimosoideae et Caesalpinoideae.

Selon BAMOUH (1995), les principales légumineuses alimentaires cultivées au Maghreb (Maroc, Algérie, Tunisie) sont le pois chiche, les lentilles, les haricots, et la fève. Ces espèces couvrent plus de 80% de la superficie destinée aux légumineuses.

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

Caractérisées par leur capacité à fixer l'azote atmosphérique, les légumineuses présentent un double intérêt (SUSZKIW, 2016). D'un point de vue agro- environnemental, elles ne nécessitent aucune fertilisation et contribuent naturellement à enrichir le sol en azote. D'un autre point de vue, elles constituent des sources importantes de protéines à la fois pour l'homme et les animaux d'élevage (DURANTI, 2006)

Parmi ces légumineuses, la fève occupe la place la plus importante tant au niveau de la superficie que de la production ; elle est cultivée sur le territoire national là où les conditions climatiques le permettent (MAATOUGHY, 1996). Elle est pratiquée dans environ 58 pays (Singh et *al.*, 2012), elle est la quatrième culture légumière la plus importante dans le monde derrière les petits pois, les pois chiches et les lentilles (YAHIA et *al.* 2012).

Selon GIOUE 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 279 000 tonnes occupent le 17^{ème} rang au niveau mondial et le 6^{ème} rang au niveau continental.

Malgré cette forte production en Algérie la fève est exposée à des contraintes d'ordre biotiques notamment les mauvaises herbes, les maladies fongiques et virales ainsi que les ravageurs comme les insectes (MAATOUGUI, 1996).

Parmi les insectes ravageurs de la fève, nous citons la sitone du pois *Sitona lineatus*, le puceron noir *Aphis fabae* et la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (Boh).

Bruchus rufimanus (Coléoptère, Chrysomélidae) est l'un des ravageurs les plus nuisibles de la fève. Ses larves provoquent des modifications quantitatives et qualitatives des réserves, contenues dans les graines et réduisent leur pouvoir germinatif (GAIN, 1978).

Face à la menace que constituent ces bruches, les moyens de lutte sont essentiellement articulés autour de l'utilisation d'insecticides chimiques notamment les fumigants dont l'efficacité est certaine. Cependant, les innombrables nuisances associées à leur utilisation telle que leurs toxicités, la perturbation de l'équilibre biologique de l'écosystème et le développement de souches résistantes, imposent la recherche de nouvelles méthodes alternatives de lutte contre ce ravageur tel que les huiles essentielles et les poudres végétales (GOUCEM-KHELFANE, 2014).

L'activité des huiles essentielles décrites sur les insectes est variée : larvicides, adulticides, répulsifs ou inhibiteurs de croissance. Par leur volatilité et leur petite taille, beaucoup des constituants des huiles essentielles interagissent avec les récepteurs d'odeur des insectes, déclenchant des comportements variés : fuite, attraction, oviposition, etc. (BELLENOT et FURET, 2013).

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est d'évaluer la toxicité de l'huile essentielle du pin maritime (*Pinus pinsater*) par contact, inhalation et répulsion à l'égard des adultes mâles de *B. rufimanus* diapausants .

Notre travail est scindé en quatre chapitres structurés comme suit :

Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique de la plante hôte *Vicia faba* L.

Le deuxième chapitre porte sur le ravageur de la fève *Bruchus rufimanus*.

Le troisième chapitre cerne les principaux matériels et méthodes adoptés pour réaliser ce travail.

Le quatrième chapitre traite les résultats qui sont étayés par une discussion, et le travail est terminé par une conclusion.

Chapitre I

Généralités sur la plante hôte *Vicia faba*

La fève (*Vicia faba*) est une plante herbacée annuelle. C'est une espèce diploïde ($2n=12$ chromosomes). Elle présente un cycle phénologique, à trois phases qui sont : une phase de germination, une phase de développement végétatif et une phase de reproduction

1. Origine de *Vicia faba*

La fève est parmi les plus anciennes cultures domestiques et cultivée dans le monde entier (SUSZKIW, 2016).

Originnaire des régions méditerranéennes du Moyen-Orient, elle est cultivée par l'homme depuis le néolithique (7 000 ans avant J.C) (MATHON, 1985 ; DUPONT, 1990). Selon PERON (2006), la fève le pois et la lentille sont les plus vieilles espèces légumières introduites en agriculture (10 000 ans).

Selon CUBERO (2011), le centre d'origine de *V.faba* serait le Proche- Orient, cette plante aurait été disséminée d'abord vers l'Europe centrale et la Russie puis vers l'Est de la méditerranée et à partir de l'Égypte et les côtes arabes vers l'Abyssinie puis de la Mésopotamie vers l'Inde et la Chine. Au cours du 16^{ème} siècle, la culture de la fève a été introduite en Amérique par les espagnols et vers la fin du 20^{ème} siècle, elle a réussi à atteindre l'Australie.

2. Position systématique de la fève

D'après DAJOZ (2000), la fève est classée comme suit :

Embranchement :	Spermaphytes
Sous-embranchement :	Angiospermes
Classe :	Dicotylédones
Sous-classe :	Dialypétales
Ordre :	Rosales
Famille :	Fabacées (Légumineuses)
Sous-famille :	Papilionacées
Genre :	<i>Vicia</i>
Espèce :	<i>Vicia faba</i> L.

3. Description de la plante hôte

Vicia faba est une plante annuelle, à tige rugueuse et dressée, non ramifiée, de 20 à 60 cm de hauteur, elle produit une ou plusieurs tiges creusées à partir de la base.

Les racines sont pivotantes, puissantes et de taille importante allant jusqu'à 1 mètre de profondeur (LAUMONIER, 1979) (Figure 1 : A)

Les feuilles, alternes de couleur vert glauque ou grisâtre, composées, pennées, sont constituées par 2 à 4 paires de folioles amples et ovales (CHAUX et FOURY, 1994).

Les fleurs sont grandes, 2 à 3 cm prennent naissance en position axillaire (RAYNAUD, 1976), elles sont de type papilionacé, blanches maculées de noir ou de violet, en petite grappes (PERON, 2006). Les fruits sont des gousses pendantes noircissant à maturité (LAUMONIER, 1979). La graine est la plus volumineuse de toutes les espèces légumières, elle est charnue et vert tendre à l'état immature puis d'un brun-rouge à maturité et prend une forme aplatie à contour arrondi (CHAUX et FOURY, 1994) (Figure 1 : B)

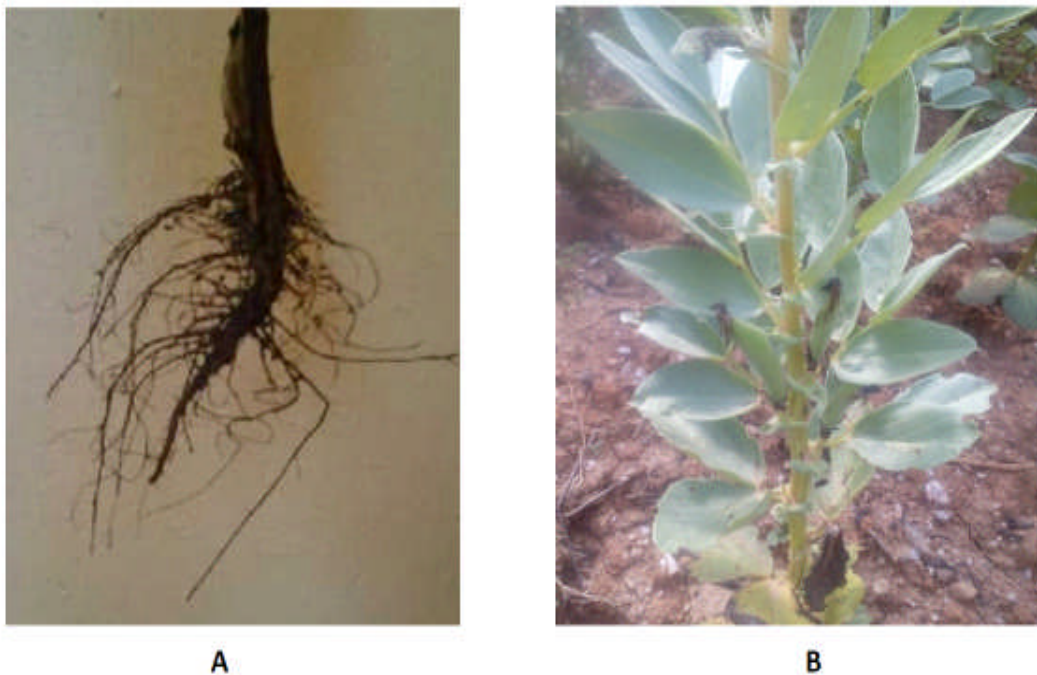


Figure 1 : Appareil végétatif de la fève. A : le système racinaire ; B : la tige, feuilles, fleurs et gousses (ORIGINALE, 2017).

4. Cycle biologique ou stade phénologique

La fève est une plante annuelle, son cycle complet, de la graine à la graine est d'environ 5 mois (CHAUX et FOURY, 1994).

D'après BRINK et BELAY (2006), le développement de la fève est caractérisé par cinq stades principaux : germination et levée, développement végétatif, sénescence de la gousse et sénescence de la tige (Figure 2).

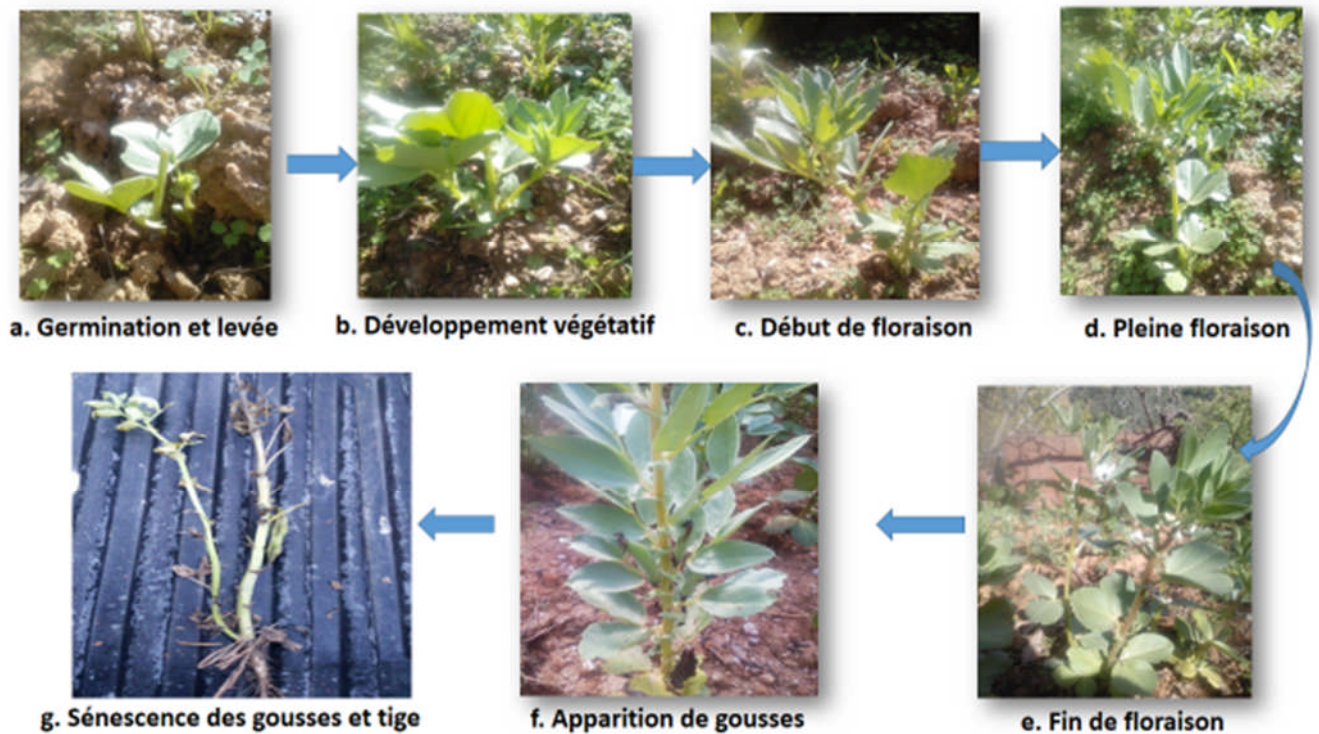


Figure 2 : Cycle biologique de la fève (*Vicia faba* L) (ORIGINALE, 2017).

5. Composition chimique de la fève

La valeur nutritive de fève a été traditionnellement attribuée à un contenu à haute valeur protéique, qui varie de 25 à 35% malgré le déséquilibre en acides aminés de soufre. La plupart de ces protéines sont les globulines (60%), les albumines (20%), la glutiline (15%) et les prolalines. C'est aussi une bonne source de sucre, minéraux et vitamines. Ainsi, l'analyse chimique de cette légumineuse révèle un taux de 50% à 60% de teneur en hydrate de carbone (Figure 3) (LARRALDE et MARTINEZ, 1991).

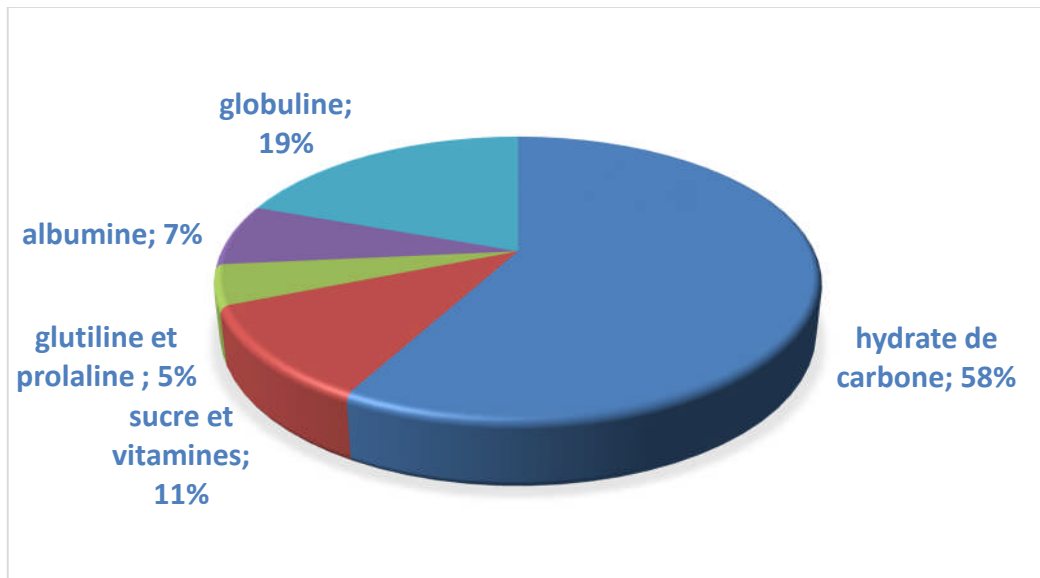


Figure 3 : Composition chimique de la fève (LARRALDE et MARTINEZ, 1991)

6. Différentes variétés de la fève (*V. faba*) en Algérie

Il existe quatre variétés de fèves, et la féverole en Algérie (Figure 4), qui sont :

6.1. Muchaniel : C'est une variété très précoce à gosses vert clair de 20cm de longueur en moyenne, contenant 05 à 06 grains blancs (OUSLIM, 2016).

6.2. Séville : C'est une variété précoce à gosses longues de 25cm environ, renfermant 5 à 6 grains volumineux, sa tige est d'une hauteur de 70cm (CHAUX et FOURY, 1995). Elle se distingue par le vert assez franc de son feuillage (LAUMONIER, 1979).

6.3. Agudulce : C'est une variété demi précoce, très reproductrice, très répandue en culture à végétation haute (1,10 à 1,20 m). Elles ont des gosses vertes, volumineuses et très longues pouvant atteindre 20 à 25 cm, contenant 07 à 09 grains (ARGOUARC'H, 2010).

6.4. Fève trois fois blanche : c'est une variété tardive de taille réduite, d'une hauteur moyenne de 85 cm, elles produisent de nombreuses gosses contenant 04 graines assez fines (BIARNES *et al.*, 2014).

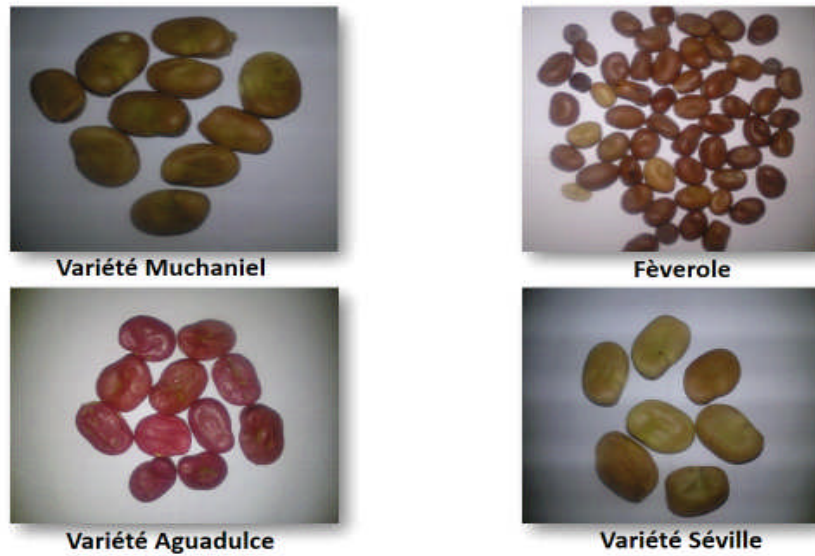


Figure 4 : Variétés de la fève (*V. faba major* L.) et fèverole (*V. faba minor*) présente en Algérie (ORIGINALE, 2016).

7. Intérêts cultureux de la fève

7.1. Intérêt agronomique

V. faba comme toutes les Légumineuses alimentaires eu rapport avec le fait qu'elles vivent en symbiose, 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). En plus de son intérêt nutritionnel, elle est introduite en rotation avec les céréales, où elle joue un rôle non négligeable dans l'enrichissement des sols en azote (RACHEF et al. 2005).

Selon HAMADACHE (2003), la fève améliore la teneur du sol en azote, avec un apport annuel de 20 à 40 kg/ha ; elle améliore aussi sa structure par son système racinaire puissant et dense. Les résidus des récoltes enrichissent le sol en matière organique.

7.2. Intérêt alimentaire

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

Les graines de la fève (*V. faba* : Variété major) sont incorporées dans la composition d'aliments du bétail lorsqu'elles sont disponibles en grandes quantités, quant aux graines (*V.*

faba : variété minor), elles sont utilisées pour l'engraissement des animaux (MAATOUGUI, 1996)

8. Situation de la culture de la fève

8.1-En Algérie

La fève est cultivée sur l'ensemble des zones agro-écologiques d'Algérie. En effet, elle se trouve dans la zone littorale jusqu'aux hauts plateaux et dans la zone sublittoral. À l'Ouest elle est cultivée dans les wilayas de Tlemcen, Mascara, Chlef ; à l'Est elle est cultivée à Skikda, Bejaia, Guelma ; dans la région de Biskra la fève est également très cultivée (FELIACHI, 2002).

Les données statistiques agricoles sur la superficie et la production de la fève en Algérie pour les décennies 1999-2009 sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Evaluation de la superficie et production de la fève et fêveroles en Algérie (ANONYME, 2009)

Compagne agricole	Superficie(ha)	Production (qx)	Rendement (qx /ha)
1999-2000	34250	128950	3,8
2000-2001	31450	212300	6,8
2001-2002	33610	229330	6,8
2002-2003	34050	307000	9,0
2003-2004	36777	320530	8,7
2004-2005	35082	268860	7,7
2005-2006	33537	242986	7,2
2006-2007	31284	279735	8,9
2007-2008	30688	235210	7,7
2008-2009	32278	364949	11,3
Moyenne	33300,6	258985	7,79

D'après le tableau 1, durant la décennie 1999-2009, la superficie moyenne réservée pour la culture de la fève en Algérie est de 33300,6 ha. Elle présente des variations d'une année à une autre, ce qui influe sur la production qui varie aussi, dont est de 258985 qx. Nous constatons également des fluctuations du rendement, qui présente une moyenne de 7,79qx/ ha.

Le rendement maximal a été noté durant la campagne agricole 2008-2009 avec 11,3qx/ ha, par contre le rendement minimal est enregistré durant l'année 1999-2000 avec 3,8qx/ ha. Ces variations de rendement peuvent être expliquées, par la mauvaise conduite des cultures, ainsi que les conditions climatiques défavorables.

En effet selon BOUGHADAD(1994), au Maroc, les superficies, les productions et les rendements de la fève varient d'une année à une autre, suivant les conditions climatiques.

8.2-Dans la wilaya de Tizi-Ouzou

La culture de la fève s'étend sur de grandes surfaces dans la wilaya de Tizi-Ouzou où elle occupe une place très importante, dans l'art culinaire de la région. Elle est cultivée soit par les agriculteurs dans le but de la commercialiser, soit dans des petits jardins cultivés traditionnellement pour l'autoconsommation. Les données statistiques agricoles sur la superficie et la production de la fève dans la région de Tizi-Ouzou pour la décennie (2006-2016) sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Superficie et production de la fève dans la wilaya de Tizi-Ouzou (ANONYME,2017)

Campagne agricole	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
2006-2007	815	53286	65.38
2007-2008	1055	72131	68.37
2008-2009	1107	83965	75.84
2009-2010	1205.5	95865.5	79.52
2010-2011	1099	73699	67.06
2011-2012	1269	99116	78.10
2012-2013	1239	100954	81.48
2013-2014	1128	97283	86.24
2014-2015	1009.1	76518	75.82
2015-2016	1001.1	82809	82.71
Moyenne	1092.7	83562.65	76.05

D'après le tableau ci-dessus, la superficie moyenne réservée pour la culture de la fève dans la wilaya de Tizi-Ouzou est de 1092,7 ha. Elle présente des variations d'une année à une autre, ce qui influe sur la production qui varie aussi, dont la moyenne de dix années est de 83562.65qx.

Nous constatons également des fluctuations du rendement, qui présente une moyenne de 76.05qx/ ha

Le rendement maximal est noté durant la campagne agricole 2013-2014, par contre le rendement minimal est enregistré durant l'année 2006-2007. Cette grande variabilité de rendement peut être liée à l'irrégularité interannuelle des précipitations, à la croissance démographique ayant entraîné l'augmentation de la demande en légumineuses alimentaires notamment la fève est au niveau des productions qui sont restées faibles, mais aussi à l'offre qui a été réduite à cause de différentes contraintes techniques et socioéconomiques ayant poussé les agriculteurs à limiter cette culture.

9. Contraintes de la culture de fève en Algérie

En Algérie la culture de la fève est soumise à un certain nombre de contraintes abiotiques (froid, gelées, chaleurs et salinité), et biotiques, qui limitent sa production, son développement et son extension.

9.1. Contraintes abiotiques

9.1.1. Le froid hivernal et les gelées printanières

Le froid hivernal et les gelées printanières causent la coulure des fleurs et la mortalité des plantes. C'est la principale contrainte dans la zone des hauts plateaux et les plaines intérieures (MAATOUGUI, 1996).

9.1.2. La sécheresse terminale

La sécheresse aussi bien sur les hauts plateaux qu'au niveau des plaines littorales est dûe à l'irrégularité et à l'insuffisance de pluviométrie dans ces zones.

9.1.3. La chaleur

La chaleur est une contrainte dans les zones sahariennes, les hauts plateaux et dans les plaines intérieures où les vents chauds et secs sirocco affectent la production.

9.1.4. La salinité

La salinité concerne notamment les zones sahariennes, où la fève est irriguée avec des eaux chargées en sodium d'où une réduction de la productivité par les effets néfastes du sodium sur les plantes.

KHON *et al.* (2010) signalent que la sécheresse est considérée comme la contrainte abiotique la plus importante qui nuit à la productivité des fèves.

9.2. Contraintes culturelles et socio-économiques

9.2.1 Contraintes culturelles

D'après ZAGHOUANE (1991), les contraintes sur la conduite culturale des fèves en Algérie se caractérisent par :

- l'insuffisance de contrôle des mauvaises herbes ;
- L'absence de mécanisation ;
- les semences cultivées sont souvent vectrices de plusieurs maladies ;
- L'indispensabilité de semences certifiées ;
- Les prix exorbitants et l'utilisation limitée des fertilisants, herbicides et pesticides

9.2.2 Contraintes socio-économiques

Ces contraintes constituent un handicap pour le développement intensif de la culture de la fève, car le niveau de technicité des agriculteurs est insuffisant. Le manque de main d'œuvre, ainsi que son coût très élevé freine les agriculteurs (ZAGHOUANE, 1991).

9.3. Contraintes biotiques

La fève est sujette à un très grand nombre de maladies fongiques, virales et aux attaques des ravageurs et parasites supérieurs.

9.3.1. Principales maladies

9.3.1.1. Maladies fongiques

La rouille : cette maladie est causée par *Uromyces fabae*, elle se manifeste par la présence, sur les deux faces de la feuille, de nombreuses petites pustules pulvérulentes de couleur brun-roux, aréolées de vert clair (CHAUX et FOURY, 1994).

Le botrytis (taches de chocolat) : cette maladie est causée par le champignon *Botrytis fabae*, qui prospère en climat humide. Elle se manifeste par la présence des ponctuations brun chocolat (AVERSENQ et al. 2008).

Le mildiou : les agents responsables sont : *Peronospora fabae* et *Peronospora viciae*. Les attaques précoces de mildiou entraînent le nanisme des plantes, ainsi qu'une déformation des tiges et des feuilles (CHAUX et FOURY, 1994). Les attaques tardives montrent la présence d'un feutrage blanc-gris à la face intérieure des folioles (STODDARD et al., 2010)

L'antracnose : cette maladie est causée par *Aschophyta fabae*, elle se manifeste par des petites taches claires, qui évoluent en grosse taches sur les feuilles. Cette maladie entraîne des dégâts dès la levée et la végétation et provoque l'éclatement des tiges et des gousses (PLANQAERT et GIRARD, 1987).

9.3.1.2 Maladies virales

Les virus sont des agents infectieux invisibles au microscope optique, qui envahissent leur plante hôte (MESSIAEN et al., 1991)

La fève peut être affectée par un nombre important de virus, qui sont pour la plupart transmis par des insectes, ainsi que les pucerons, le tableau suivant présente les différentes maladies virales.

Tableau 3 : Principales maladies virales de la fève (MAHMOUDI, 1991)

Agents	transmission
BYMV(BreadyellowMosaic virus)	<ul style="list-style-type: none"> - Virus non persistant transmis par plusieurs espèces de pucerons. - Transmission par semence.
BBMV(Brood Bean Mattle virus)	<ul style="list-style-type: none"> - Transmission par insectes (coléoptères) - Transmission par semence possible à faible pourcentage
BBSV(Brood Bean stain virus)	<ul style="list-style-type: none"> - Transmission par Coléoptères (sitone) - Transmission par semence possible si BYMV
BLRV(Brood leaf roll virus)	<ul style="list-style-type: none"> - Transmission par puceron. - Ce virus n'est pas transmis par semence.

9.3.2 Plantes parasites

L'orobanche : c'est une plante sans chlorophylle, à fleurs gamopétales qui vit en parasite sur les racines d'autres plantes dont elle dépend entièrement (RAMADE, 2008).

L'espèce la plus connue en Algérie est l'Orobanche spéicieuse (*Orobanche crenata* Forsk) (HAMAACHE, 2003).

9.3.3 Principaux ravageurs de la fève

Tableau 4 : Principaux ravageurs de la fève leurs dégâts et leurs moyens de lutte (MAOUI et *al.*, 1990)

Ravageurs	Dégâts	Lutte
Sitone du pois <i>Sitona lineatus</i>	Les adultes s'attaquent aux feuilles de plantules : ils provoquent des destructions des adultes, des coches semi-circulaires.	Traitement des semences décis (deltaméthine 25g/l=0.51/ha)
Nématodes des tiges <i>Ditylenchus dispaci</i>	Décoloration des tiges et nécrose localisées sur les entre nœuds Déformation des feuilles Eclatement des gousses et rabougrissement de la plante	Intervention phytosanitaire au début de la floraison Décis (deltaméthine 25g/l) 0,51/ha
Pucerons de la fève <i>Aphis fabae</i>	Diminution de nombre de graines, par gousse et du poids des graines dessèchement des feuilles	Intervention phytosanitaire Au début de la floraison 3 pieds portent des pucerons ailés. Décis (deltaméthine 25g/l=0.51/ha)
Lixus des fèves <i>Lixus aligerus</i>	Affaiblissement de la plante Réduction de poids moyen des graines Dessèchement précoce et diminution du rendement	Destruction des adultes a partir de la floraison Decis B (deltaméthine 25g/l Iheptenophos 400g /l=0.51L/ha)
La bruche de la fève <i>Bruchus rufimanus</i>	Perforation des grains et perte de leurs pouvoirs germinatifs.	Destruction des adultes Thiodan (endosulfan 350g /l=1.75a 21 /ha)

*

Chapitre II

Données bibliographiques sur la bruche de la fève *B.rufimanus*

Les bruchidea constituent un groupe homogène d'insectes cléthrographes, dont le développement se déroule généralement à l'intérieur d'une seule et même graine (DELOBEL et TRAN, 1993).

La bruche de la fève (*B. rufimanus*) est une bruche monovoltine (une seule génération par an), dont les principales plantes hôtes sont les légumineuses du genre *Vicia* notamment les variétés de fèves cultivées *Vicia faba* (HOFFMANN et LABEYRIE, 1962).

Les adultes femelles pondent les œufs sur les gousses de leur plantes hôtes, et les larves se développent en consommant les réserves contenues dans les graines (HOFFMANN et al. 1962)

C'est à l'état de larve que les bruches sont redoutables, en relevant toute valeur aux graines qu'elles ont choisies pour habitat (CALIXTE, 1898).

1. Présentation de la bruche de la fève *B. rufimanus*

1.1. Origine et aire de répartition

La bruche de la fève *B. rufimanus* est originaire du bassin méditerranéen, et plus particulièrement d'Égypte (HOFFMANN et LABERIE, 1962). Cette espèce est cosmopolite, sa présence est signalée dans toutes les parties du monde. Son aire de distribution géographique est très vaste, elle est rencontrée dans toute l'Europe moyenne et méridionale : Angleterre, France, Allemagne, Australie, Italie, Espagne et autour du bassin méditerranéen de l'Algérie jusqu'à l'Égypte (LEPESME, 1944 ; HOFFMAN, 1945).

Elle est aussi présente aux Iles Canaries, en Amérique et au Maroc (BALACKOUSKY, 1962 ; BOUGDAD, 1994).

1.2. Position systématique

Selon HOFFMANN et *al.* (1962), APPERT et DEUSE (1982), la systématique de la bruche de la fève est la suivante :

Embranchement :	Arthropodes
Sous/embranchement :	Ptérygotes
Classe :	Insectes
Section :	Néoptères
Sous/section :	Endoptérygotes
Ordre :	Coléoptères
Sous/ordre :	Phytophages
Famille :	Bruchidae
Genre :	<i>Bruchus</i>
Espèce :	<i>Bruchus rufimanus</i> BOHEMAN (1833).

1.3. Description de l'insecte

1.3.1. Œufs

Les œufs ont 0,55 X 0,25 mm ; ils ont un aspect gélatineux et sont collés à la gousse sur toute sa longueur (figure 5). Ils sont lisses et ne présentent pas d'ornementation visible du chorion (DUPONT, 1990).

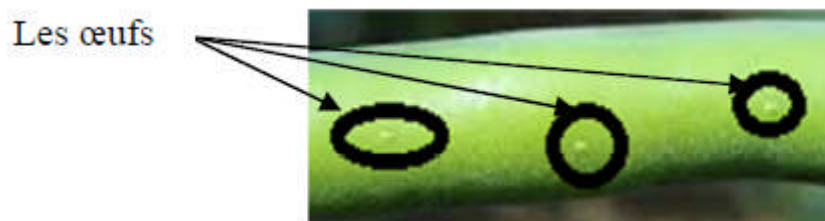


Figure 5 : Œufs déposés par la femelle de la bruche de la fève (HAMANI, 2014).

1.3.2. Larves

Lorsqu'elles ont acquis leurs développements entiers, ont de 5 à 7 millimètres de longueur ; un corps gras renflé, courbé en arc de cercle et très court. Elles sont jaunâtres, légèrement recourbées, fortes, massives ; leurs petite tête est revêtue d'un tégument coriace et armé de solides mandibules tranchantes (RAMPON, 1898)

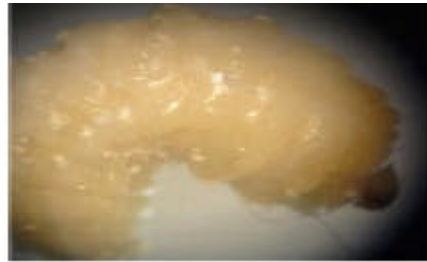


Figure 6 : Larve de la bruche de la fève *B. rufimanus* (HAMANI, 2014).

1.3.3. Nymphes

La nymphe est de couleur blanc crème, ressemble à l'adulte, mais n'a pas encore acquis sa couleur brune, la tête est partiellement visible du haut (TEIXEIRA, 1997).

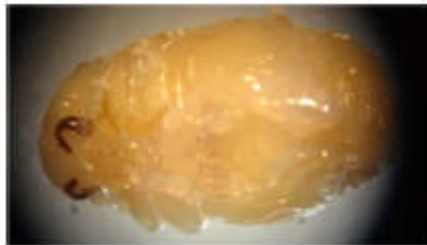


Figure 7 : Nympe de la bruche de la fève *B. rufimanus* (HAMANI, 2014).

1.3.4. Les adultes

Les adultes de *B. rufimanus*, mesurent de 3 à 5 mm, ils présentent un prothorax un peu moins long que large avec une tache blanche très vague devant l'écusson, une face dorsale avec pubescence tachetée, jaune et blanche, parfois uniformément grise et une grande longueur au niveau de sa base, dont les angles sont aigues et divergents (BALACHOWSKY, 1962). Les pattes antérieures sont entièrement jaunes, les pattes médianes et postérieures sont noires, le pygidium est de couleur gris pâle. Les mâles présentent une échancrure à la face ventrale du dernier segment abdominal, ce qui permet de les différencier des femelles (BOUGHADAD, 1994).

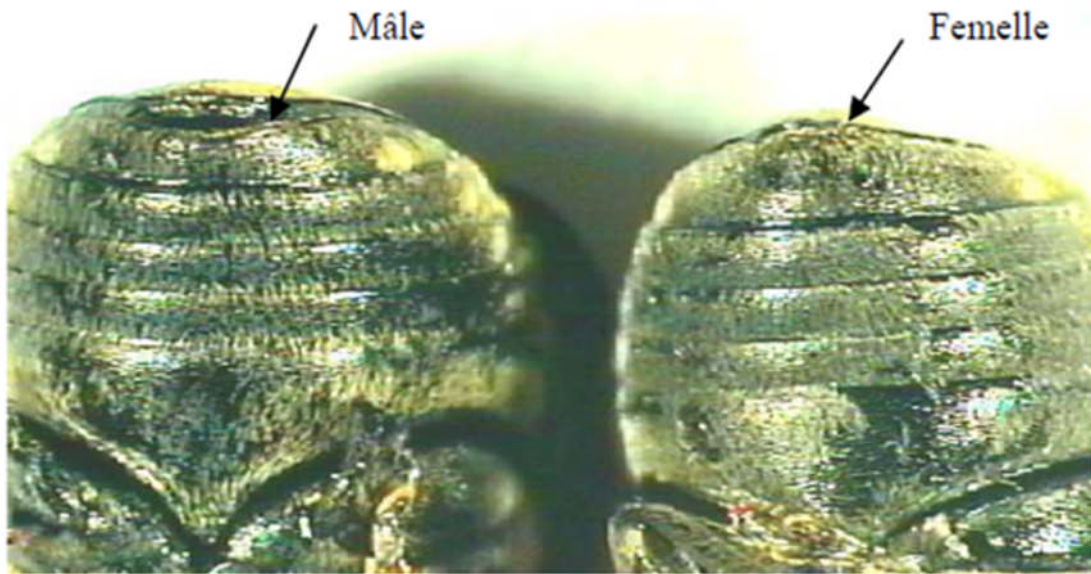


Figure 8 : Forme du dernier segment abdominal de *B. rufimanus* (MEDJDOUB-BENSAAD, 2007)

2. Biologie de *B. rufimanus*

La bruche ne présente qu'une génération par an (univoltine), elle se développe en culture et non dans les grains stockés, où elle achève seulement son développement larvaire (MEDJDOUB-BENSAAD, 2011)

2.1. Hivernation

Les adultes sont en diapause reproductive et trouvent refuge dans les bois ou les écorces d'arbre ; ils quittent leur lieu d'hivernation en avril/mai pour coloniser les cultures en fleur (MEDJDOUB-BENSAAD, 2011).

2.2. Maturité sexuelle

L'appareil reproducteur mâle est fonctionnel au moment de la colonisation (dû à une photopériode suffisamment longue). Par contre, les femelles sont encore en diapause reproductive lors de leur arrivée dans les parcelles. Seule la consommation de pollen de fève ou de féverole permet la maturation sexuelle et stimule le comportement reproductif des Bruchidés (BOUGHADAD, 1994).

2.3. Ponte

Les bruches femelles pondent leurs œufs sur les gousses dès leur apparition, soit 10 œufs par gousse à condition que le climat soit favorable (température supérieure à 20°C, absence de vent et de pluie). L'activité de ponte semble concentrée dans les zones où les ressources trophiques sont les plus abondantes. La fécondité des femelles serait d'au moins 50 œufs, mais les pertes par décollement dû à la pluie semblent importantes (JERMY, 1978)

2.4. Etat larvaire

La larve perce l'enveloppe de l'œuf par sa face collée à la gousse et pénètre directement dans celle-ci. La larve est donc inaccessible 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 (MEDJDOUB- BENSAAD et *al.*, 2015)

2.5. 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 comprise entre 20-25°C (MEDJDOUB- BENSAAD et *al.*, 2015).

3. Diapause reproductrice

Selon MEDJDOUB-BENSAAD (2007), quand les bruches les plus précoces abandonnent les graines, lorsque les pieds commencent à murir ou lorsqu'ils sèchent dans le champ pour aller hiverner dans des abris variés, les individus tardifs restent dans les grains jusqu'au printemps suivant ; l'insecte est en état de diapause imaginale, appelée diapause reproductrice.

La diapause reproductrice se caractérise non seulement par un arrêt de l'activité reproductrice, mais également par un ensemble de modifications physiologiques, comportementales, anatomiques et biochimiques complexes. Elle est observée pendant la saison sèche en zone tropicale ou pendant la période hivernale en zone tempérée lorsque les conditions sont défavorables, la nourriture et le substrat n'étant pas disponible (TRAN, 1992).

3.1. Modification anatomique

Il peut avoir d'importantes modifications anatomiques, comme la dégénérescence des muscles de vol chez certains nombres d'espèces diapausantes (WOLDA et DENLINGER, 1994).

3.2. Modification physiologique

Chez les bruches, les organes reproducteurs des femelles en diapause sont non fonctionnels et aucune phase de vitellogenèse n'est observée. Chez les mâles, la lumière des glandes annexes ne contient pas de sécrétion et leurs diamètre est inférieur à celui des mâles sexuellement actifs (TRAN, 1992).

3.3. Modification biochimique

D'après CHAKIR (1998), la quantité de corps gras, est abondante chez les adultes diapausants, et relativement faibles chez *B. rufimanus* sexuellement actifs. Elle diminue avec le déroulement de l'activité reproductrice. De même, la concentration des protéines totales et de proline dans l'hémolymphe semble évoluer avec la quantité de corps gras. Elle est relativement importante chez les adultes diapausants et connaît une réduction chez les adultes devenus sexuellement actifs.

4. Dégâts causés par *B. rufimanus* sur la fève

La bruche de la fève est un ravageur particulièrement préoccupant. Elle est présente là où la fève est cultivée, les dégâts se situent au moment de fructification, les larves constituent l'état nuisible de la bruche car elles s'alimentent au dépend des réserves cotylédonaire des graines (MOUHOUCHE, 1997).

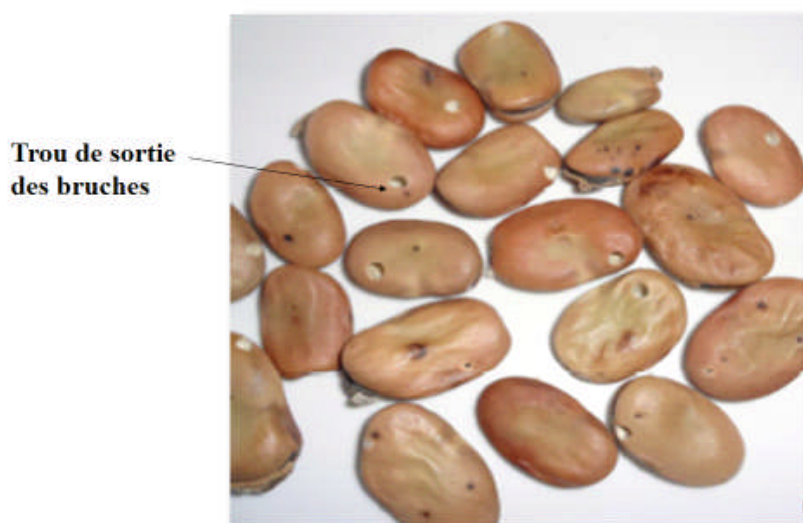


Figure 9 : Dégâts causés par *B. rufimanus* sur les graines de fève (ORIGINALE, 2016).

4.1. Pertes pondérales

D'après BOUGHADAD (1994 et 1996), ces pertes peuvent être analysées au niveau régional, suivant l'intensité de l'infestation des graines et le nombre de bruches adultes développées par graine. Elles dépendent aussi du poids sec de la graine au dépend de laquelle s'est développée la larve : plus la graine est légère, plus les pertes sont élevées.

En effet, les pertes moyennes en poids sec des cotylédons sont de 2,84%, pour les graines avec une seule bruche, 5,87% avec deux bruches, 8,27% avec trois bruches, 11,40% avec quatre bruches et 14,5% pour les graines avec cinq bruches.

4-2 Pertes de germination

CHITTENDEN (1912) cité par BALACHOWSKY (1962) a estimé que le pouvoir germinatif des graines est fortement diminué par les galeries larvaires. Il est de 60% lorsqu'il existe une seule galerie larvaire, et n'est plus que de 45% quand on en observe deux. MEDJDOUB-BENSAAD (2007) rapporte que le taux de germination diminue au fur et à mesure que le nombre de bruche par graine augmente. Il serait de 84% pour les graines avec une bruche, 76% pour les graines avec 2 bruches et 58% pour les graines avec 03 bruches.

4-3 Dépréciation des grains

B. rufimanus provoque la dépréciation gustative des graines de *V. faba* (BALACHOWSKY, 1962). Les dégâts sont de plus en plus importants avec l'accroissement du nombre moyen de bruches développées par graine (BOUGHADAD, 1994), gênant ainsi considérablement la vente de produit. Le seuil toléré en France pour l'exportation et l'industrie agro-alimentaire est fixé de 2 à de graines buchées. Ce seuil est de 10% pour l'alimentation animale (BERNE et DARDY, 1987 ; BOUGHADAD, 1994).

4-4 Baisse de rendement

Selon SADOU (1998), une graine buchée donne un rendement inférieur, à celle d'une graine saine qui, malgré une infestation par la bruche au niveau du champ, à la récolte, le rendement est peu affecté, ce n'est qu'au niveau des stocks que les baisses vont se révéler.

5-Méthode de lutte contre *B. rufimanus*

La maîtrise des bruches est indispensable pour respecter les critères de qualité exigés par le marché. En effet, le taux de grains bruchés ne doit pas dépasser 10 % pour un débouché vers l'alimentation animale et seulement 1 à 3 % à destination de l'alimentation humaine. Par ailleurs, pour respecter les conditions de marchandise « saine, loyale et marchande » les lots de féverole, comme les autres graines commercialisées, ne doivent comporter aucun insecte vivant.

5.1. Lutte préventive

Elles ont pour objectif de réduire l'infestation des gousses (fruit) au champ. Il s'agit de techniques culturales qui consistent en un ramassage des gousses à un stade phénologique précoce. 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 de piéger les adultes à leurs sorties ou semer les graines âgées de deux années.

Selon LIENARD et SECK (1994), les associations culturales entre céréale et légumineuse 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 foyer d'infestation.

5.2. Lutte curative

Cette dernière intervient une fois l'infestation est installée, elle regroupe les luttes suivantes :

5.2.1. Lutte physique

La lutte physique signifie l'élimination du ravageur ou la détérioration physique de l'environnement de manière à le rendre inhospitalier ou inaccessible pour l'insecte (KUMAR, 1991).

Selon BALACHOWKY (1962), il faut laisser le local hermétique clos en présence de vapeur de sulfure de carbone pendant 48h ou faire passer très lentement les graines dans un four à une température comprise entre 55 et 60°C pendant 30 minutes. Ces deux méthodes n'altèrent pas le pouvoir germinatif des graines, elles sont efficaces dans la mesure où le passage au four et la diminution de l'humidité des graines défavorisent le développement des insectes.

SERPEILLE (1991) indique que le maintien des entrepôts de stockage à (-1°C) pendant un mois, entraîne la mortalité des adultes. L'utilisation du froid est un bon moyen préventif, car à 2°C le développement des insectes est temporairement arrêté.

5.2.2. Lutte chimique

Selon BALACHOWSKY (1962), en absence de toute possibilité de traitement, la lutte chimique paraît nécessaire. Elle est indispensable pour contrôler efficacement les dégâts de la bruche de la fève au champ (SERPEILLE, 1991).

TAUPIN (2003) estime que la lutte contre *B. rufimanus* au niveau des champs doit obligatoirement viser les adultes. Tous les traitements doivent être réalisés, lorsqu'il y a eu au moins deux jours de très beau temps, et aux heures chaudes de la journée, il recommande d'utiliser 02 matières actives efficaces, qui sont l'endosulfan et la bifenthrine.

Un test d'efficacité utilisant cinq produits sur les différents stades de développement de *B. rufimanus* montre que parmi ces matières seules, l'amitrazé (4 ml/l) et le méthomyl (9,38 ml/l) possèdent une efficacité satisfaisante avec un pourcentage de mortalité des œufs de 54,31% et 49,14%, respectivement (MOUHOUCHE et SADOU, 2001).

5-3. Lutte biologique

Selon BALACHOWSKY (1945) in MEDJDOUB-BENSAAD (2007), les ennemis naturels de la bruche de la fève sont peu nombreux, il cite *Sigalphus pallipes* Nees, *Sigalphus thoracicus* Curt, *Chremylus rubiginosus* Nees (Hymenoptera : Braconidae), *Triaspis similis* Szelp.

D'après BOUGHADAD (1994), ce sont les parasitoïdes qui exercent l'impact régulateur le plus fort. *Sigalphus thoracicus* Szelp est considéré comme le Braconidae qui occasionne les plus fortes mortalités chez les larves âgées et les nymphes.

Des huiles essentielles testées contre *B. rufimanus* ont montré leur efficacité, à savoir l'huile de nigelle et de moutarde avec des taux de mortalité cumulé de 74,2% et 60,1% respectivement. Ces huiles montrent également une activité répulsive très significative contre ce ravageur (SABOUR et E-ABD-EL-AZIZ, 2007).

Matériels et méthodes

Durant notre expérimentation, nous avons testé l'effet de l'huile essentielle du pin maritime (*P. pinaster*) extraite à partir des aiguilles sur la longévité des adultes mâles de *B. rufimanus* durant la période de diapause reproductive à travers des modes d'action par contact, par inhalation et par répulsion.

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

1. Matériels

1.1 Matériels biologiques

1.1.1 Graines de la fève

- le matériel végétal utilisé est composé de graines de fève *Vicia faba* récoltées en 2016, qui proviennent du marché local de Tizi-Ouzou (Figure 10).
- Les graines infestées sont distinguées grâce à la présence d'un opercule à travers lequel il est possible de voir l'adulte de l'insecte par la transparence du tégument de la graine.



Figure 10 : Graines de fève (*Vicia faba* L), (ORIGINALE, 2016)

1.1.2 Bruches

Les adultes mâles de *B. rufimanus* diapausants sont utilisés après avoir été retirés manuellement des graines infestées à l'aide d'une aiguille au niveau du laboratoire.



Figure 11 : Bruche de la fève (*B. rufimanus*), (ORIGINALE, 2016).

1.1.3 Huiles essentielle

L'huile essentielle testée durant cette étude est celle du pin maritime.

Le pin maritime est un arbre d'assez grande taille, résineux qui peut dépasser 20 mètres de hauteur avec une cime étalée et peu compacte, son écorce, très épaisse et profondément crevassée est brun violacé.

Les aiguilles, groupées par deux, sont vert foncé et très longues (10 à 20 cm), la floraison du pin maritime a lieu en avril mai. Les fruits sont des cônes très gros (10 à 18 cm de long) (DOMINIQUE, 2007).



Aiguilles (feuilles) de pin maritime



Arbres de pin maritime

Figure 12 : Morphologie du pin maritime (*P. pinaster*), (ORIGINALE, 2017).

Il a une croissance rapide et sa longévité est de 200 ans environ. Essence de lumière, le pin maritime demande un climat assez chaud et supporte assez mal les hivers rigoureux. Une certaine humidité atmosphérique lui est nécessaire. Il se contente des sols les plus pauvres s'ils sont suffisamment profonds et dépourvus de calcaire (Tableau 5).

Très sec						
Sec						
Mésophile						
Frais						
Assez humide						
Humide						
Inondé						
	Très acide	Acide	Assez acide	Peu acide	Neutre	Calcaire

Tableau 5 : les stations favorables du pin maritime (DOMINIQUE, 2007).

P. pinaster est un élément du bassin Méditerranéen occidental et de la façade atlantique sud-ouest de l'Europe (PEYRIMHOFF, 1947, QUEZEL, 1980). En Algérie il se limite à la région littorale Est de l'Algérie : de la forêt de Beni-Mimoune, au sud de Bejaia, de Bougarouni près de Collo, ailleurs dans la forêt des Hamendas de la petite Kabylie, des Sanhadja à Jijel et près de Annaba et El-Kala (TAHIR., 1999)

Systématique

Le pin maritime est classé comme suit :

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Gymnospermes

Ordre : Coniferales

Famille : Pinacées

Genre : *Pinus*

Espèce : *Pinus pinaster L.*

L'huile essentielle utilisée dans notre expérimentation extraite des aiguilles de *P.pinaster* présente les caractéristiques suivantes :

Tableau 6 : Caractéristiques organoleptiques de l'huile

Huile essentielle	Aspect	Couleur	Odeur
<i>P. pinaster</i>	Liquide mobile limpide.	Incolore	fraîche, boisée, gin, camomille, fruité, genièvre

Tableau 7 : Analyse chromatographique de l'huile essentielle *P. pinaster*

Constituants principaux	Pourcentage
Pinene alpha	21.7
Pinene beta	2.0
Sabinene	2.5
Delta-3-carene	2.7
Mycène	27.5
Terpinolene	9.0
Limonene	1.0
Phellandrene beta	0.9
Terpinene gamma	1.8
Ocimenetrans	1.0
Caryophyllene beta trans	10.0
4-terpineol	1.3
Humulene alpha	2.0
Geranylacetate	0.9
Isocaryophylleneepoxyde	1.1
Phenylethylhexanoate	6.8
Guaiol	0.3

1.2 Matériel de laboratoire

Plusieurs outils sont nécessaires pour aborder notre travail expérimental (Figure13) :

Une loupe binoculaire de grossissement X10 en vue de sexer les bruches *B. rufimanus*

Des boîtes de pétri en plastique dans le but d'effectuer les tests par contact.

Des flacons en verre dont le volume est de 125ml dans le but d'effectuer les tests par inhalation.

Une pipette graduée pour le dosage de l'huile, ainsi qu'une micropipette pour les micro-doses.

Papier filtre pour les différents tests (contact et inhalation).

Acétone pour la dilution de l'huile (tests par contact).

Autres accessoires : ciseaux, rouleau adhésif, scotch, étiquettes...



Figure 13 : Matériel expérimental (ORIGINALE, 2017).

2. Méthodes

Le protocole expérimental est mis en pratique afin d'étudier l'effet de l'huile essentielle *P. pinaster* sur les adultes mâles de la bruche de la fève.

2.1 Extraction des bruches

Après la sélection des graines bruchées, l'extraction des bruches se fait à la main qui nécessite l'utilisation d'un outil dur (aiguille, ciseaux...).

2.2 Identification des sexes

L'identification des sexes se fait à l'aide d'une loupe binoculaire qui permet de séparer les mâles et les femelles en observant le dernier segment abdominal qui est largement échancré par le pygidium chez les mâles et entier chez les femelles

2.3 Test par contact

Afin de mener cet essai, des disques de papier filtre sont placés dans des boîtes de Pétri imprégnés chacun avec une concentration des huiles essentielles (0,5 μ l, 1 μ l, 1,5 μ l, 2 μ l, 3 μ l, 4 μ l, 5 μ l, 6 μ l, 7 μ l, 8 μ l) diluée dans 0,1ml d'acétone à l'aide d'une micropipette pour fixer l'huile essentielle.

Un lot de cinq individus mâles de *B. rufimanus* est introduit dans chacune des boîtes, quatre répétitions sont réalisées pour chaque dose à une température de 27°C et une humidité de 65% (Figure 14).

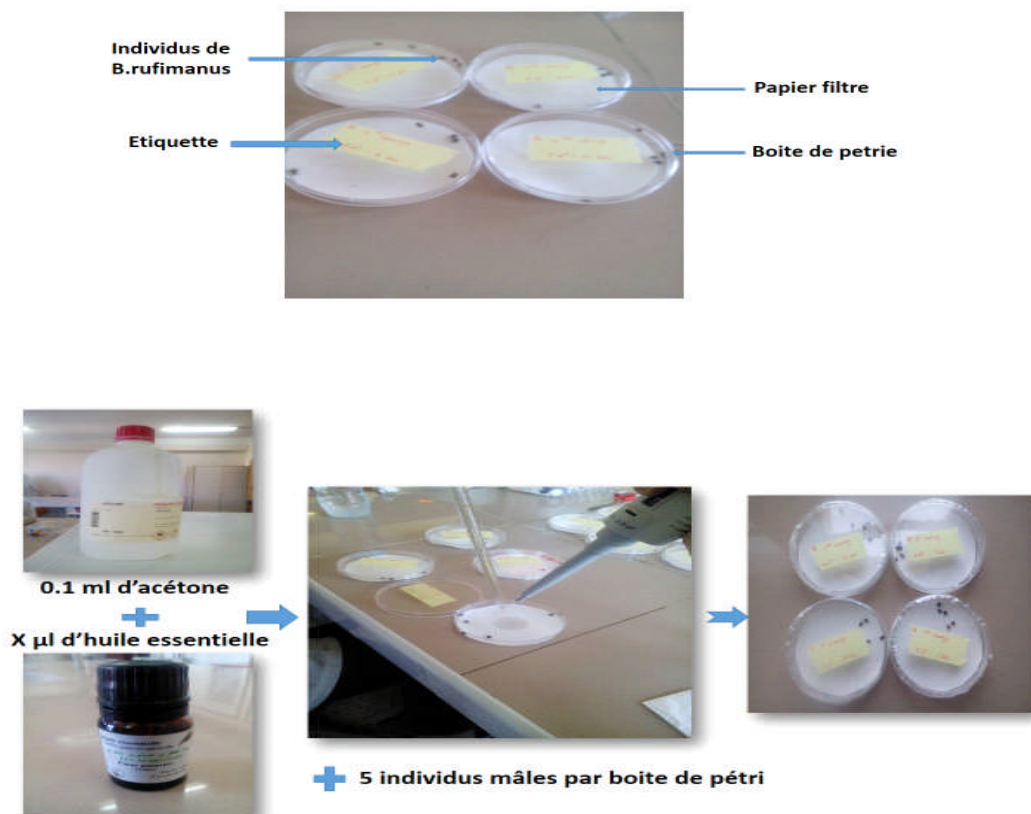


Figure 14 : (Dispositif expérimental) test par contact à l'égard des mâles de *B. rufimanus* traités par différentes doses d'huile essentielle de pin maritime (ORIGINALE, 2017).

2.4 Test par inhalation

Dans des bocaux de 125ml de volume, des disques de papier filtre (2cm) de diamètre sont suspendus à l'aide d'un fil à la face interne du couvercle et sont imprégnés de différents doses d'huiles essentielle : 0,5 μ l, 1 μ l, 1,5 μ l, 2 μ l, 3 μ l, 4 μ l, 5 μ l à l'aide d'une micropipette.

Cinq individus sont mis dans les bocaux aussitôt fermés. Quatre répétitions sont effectuées pour chaque dose.

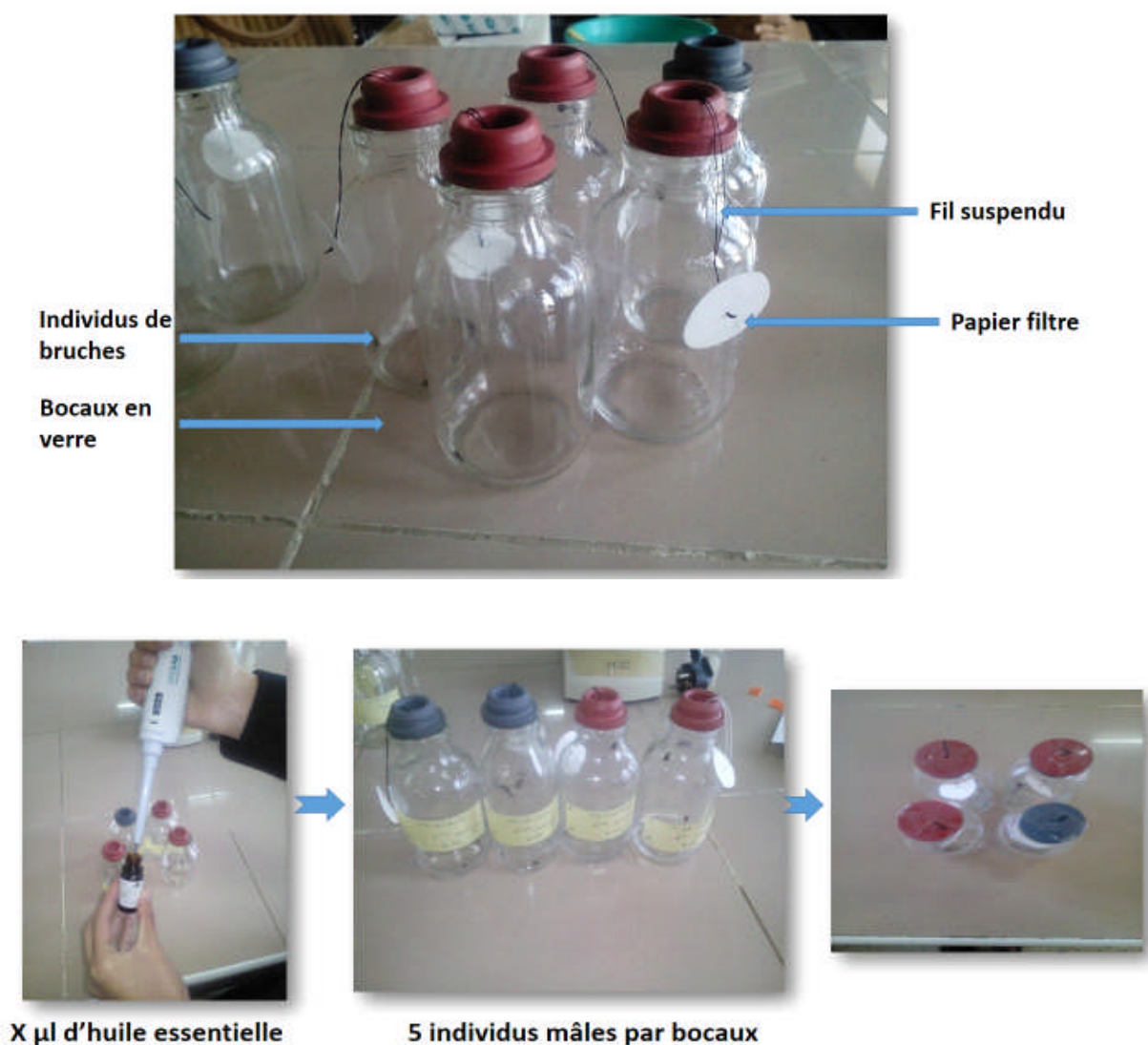


Figure 15 : Test par inhalation à l'égard des mâles de *B. rufimanus* traités par différentes doses d'huile essentielle de pin maritime (ORIGINALE, 2016).

2.5 Calcul de la DL 50 et du TL 50

Pour tracer la droite de régression de la DL 50 et celle du TL 50 pour les deux tests ; contact et inhalation, nous avons eu recours à certaines transformations, il faut d'abord calculer la mortalité corrigée (Mc %) à partir de la mortalité observée et celle du témoin (Mt%). Celle-ci est ensuite transformée en probits et les doses sont exprimées en logarithmes, et ce en utilisant la formule de SHNEIDER-ORELLI :

$$Mc (\%) = (Mo - Mt) / (100 - Mt) \times 100$$

Mc : pourcentage de mortalité corrigée.

Mo : pourcentage de mortalité observée dans la population étudiée.

Mt : pourcentage de mortalité dans le témoin.

2.6 Test par répulsion

Ce test consiste à préparer des disques de papier filtre coupés en deux parties égales, puis à préparer une dilution de 1 ml d'acétone. Sur une moitié d'un disque un volume de (0.5 µl, 1 µl, 2 µl, 3µl) d'huile essentielle est déposé avec un volume de 0.5 ml d'acétone pour chaque dose.

Les deux parties de chaque disque sont unies avec une bande adhésive, qu'on place dans une boîte de Pétri ou sont déposés 5 adultes de bruches au centre de la boîte, pour chaque dose.

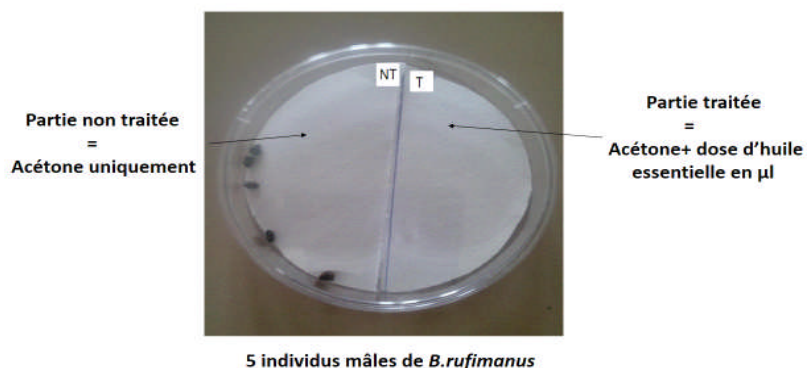


Figure 16 : Test de répulsion de l'huile essentielle de pin maritime à différentes doses à l'égard de la *B. rufimanus*

Après une demi-heure, les bruches présents sur chacune des parties du disque sont dénombrés (partie traitée et partie non traitée du témoin), ainsi nous pouvons calculer le pourcentage de répulsion selon la formule suivante :

$$\text{PR (\%)} = (\text{NC} - \text{NT}) / (\text{NC} + \text{NT}) * 100$$

NC : nombre d'insectes présents sur la partie traitée avec l'acétone

NT : nombre d'insectes présents sur la partie traitée avec la solution huileuse.

Le pourcentage de répulsion moyen pour l'huile est calculé et attribué à l'une des différentes classe répulsives variant de 0 à 5 (Mc Donald et al., 1970) , qui sont présentés dans le tableau.

2.7 La longévité des individus

Une fois le test lancé on dénombre les individus morts après 1h, 2h, 3h par la suite le dénombrement se fait chaque 24h jusqu'à la mort de tous les individus.

2.8 Analyse statistique

Les résultats obtenus sont soumis à une analyse de la variance à deux critères de classification pour l'action de l'huile essentielle sur le paramètre étudié. Lorsque ces analyses révèlent des différences significatives, elles sont complétées par le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5 % (logiciel STAT BOX, VERSION 6.4)

NB : si la probabilité (P) est :

$P > 0.05$ les variables montrent une différence non significative.

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

$P \leq 0.005$ les variables montrent une différence hautement significative.

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

Chapitre IV

Résultats et discussion

1. Evaluation de l'effet insecticide de l'huile essentielle *Pinus pinaster* par contact :

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

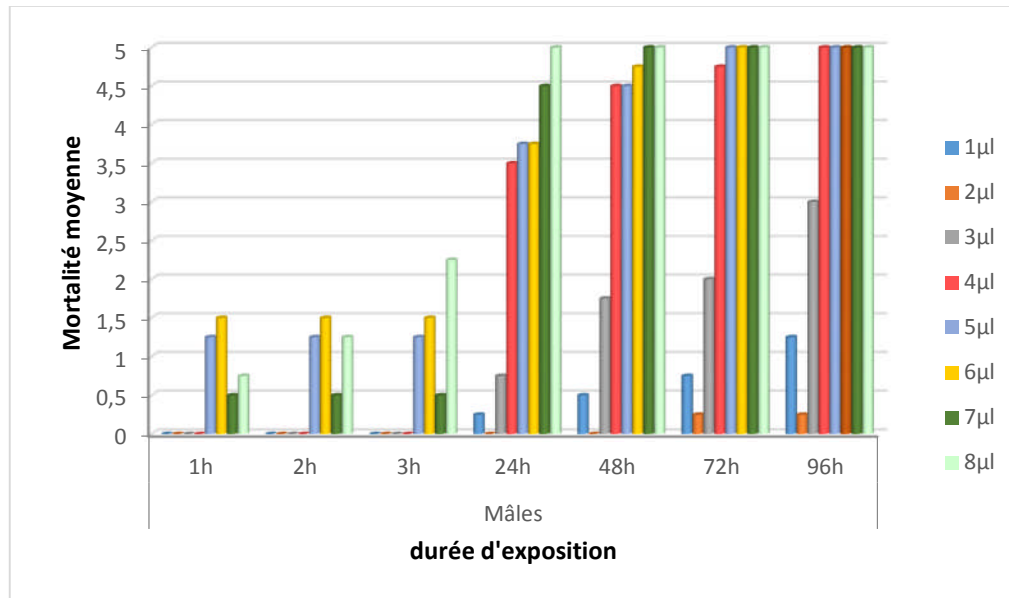


Figure 17 : Mortalité des adultes mâles de *B. rufimanus* diapausants traités par contact à différentes doses d'huile essentielle du pin maritime.

Les résultats obtenus montrent que la longévité des mâles diapausants de *B. rufimanus* diminue proportionnellement avec la dose d'huile essentielle testée et la durée d'exposition.

Dès la plus faible dose 1µl, l'huile essentielle montre un effet toxique qui s'exprime avec une longévité de 1,2 jours après 96heures d'exposition.

A la plus forte dose, l'huile essentielle induit une mortalité totale des individus après 24h d'exposition.

A partir de la cinquième dose (5µl), nous observons une forte diminution de la longévité des mâles de *B. rufimanus*.

L'analyse de la variance présente une différence très hautement significative pour le facteur dose et durée d'exposition ($P=0$) (tableau 8).

Tableau 8 : Analyse de la variance a deux facteurs de classification (dose, temps) au seuil 5% pour le paramètre longévité des adultes mâles diapausants de *B. rufimanus* traité avec l'huile de *P. pinaster*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1009,745	223	4,528				
VAR.FACTEUR 1	376,281	7	53,754	116,151	0		
VAR.FACTEUR 2	415,277	6	69,213	149,553	0		
VAR.INTER F1*2	140,438	42	3,344	7,225	0		
VAR.RESIDUELLE 1	77,75	168	0,463			0,68	32,08%

Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification 5%, classe les huit doses utilisées dans huit groupes homogènes (tableau 9), et les durées d'exposition dans huit groupes homogènes (tableau 10).

Tableau 9 : résultat du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose sur la mortalité de *B. rufimanus* diapausants.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
8.0	Do 8	3,464	A			
6.0	Do 6	3,286	A			
5.0	Do 5	3,143	A			
7.0	Do 7	3	A			
4.0	Do 4	2,536		B		
3.0	Do 3	1,071			C	
1.0	Do 1	0,393				D
2.0	Do 2	0,071				D

Tableau 10 : Résultat du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur temps sur la mortalité de *B. rufimanus* diapausants.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
7.0	T7	3,688	A			
6.0	T6	3,469	A	B		
5.0	T5	3,25		B		
4.0	T4	2,688			C	
3.0	T3	0,688				D
2.0	T2	0,563				D
1.0	T1	0,5				D

Pour compléter les résultats de ce test, nous avons procédé à l'évaluation de la DL_{50} , qui présente la dose induisant la mortalité de 50% des individus tel que le montre la figure suivante :

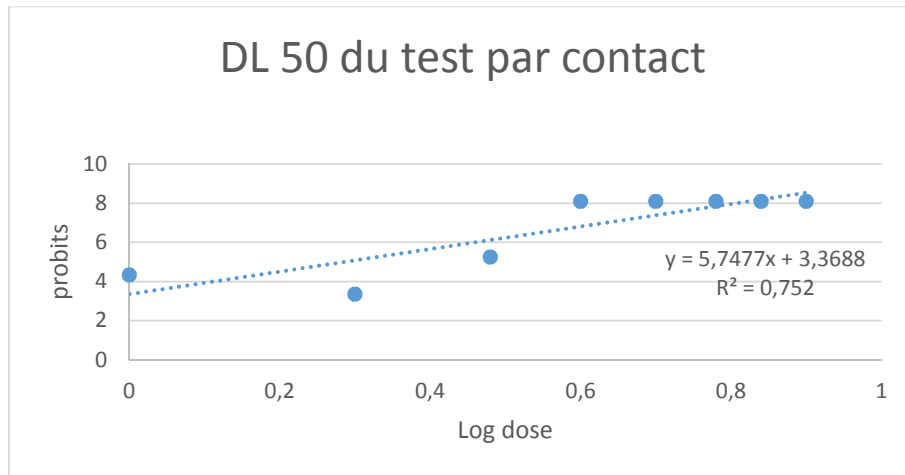


Figure 18 : Droite de régression des probits en fonction des log de doses après 96h d'application de l'huile de *P. pinaster* pour le test par contact.

En remplaçant y par 5 (probit de 50% de mortalité) dans l'équation de la courbe d'ajustement des probits en fonction des logarithmes des doses on obtient une DL_{50} de 1,925 μ l.

Pour calculer le TL_{50} , nous avons procédé de la même manière que pour la DL_{50} , mais cette fois-ci, la droite de régression est obtenue à partir des probits des taux de mortalités en fonction des logs temps. Les résultats obtenus sont traduits par la figure suivante :

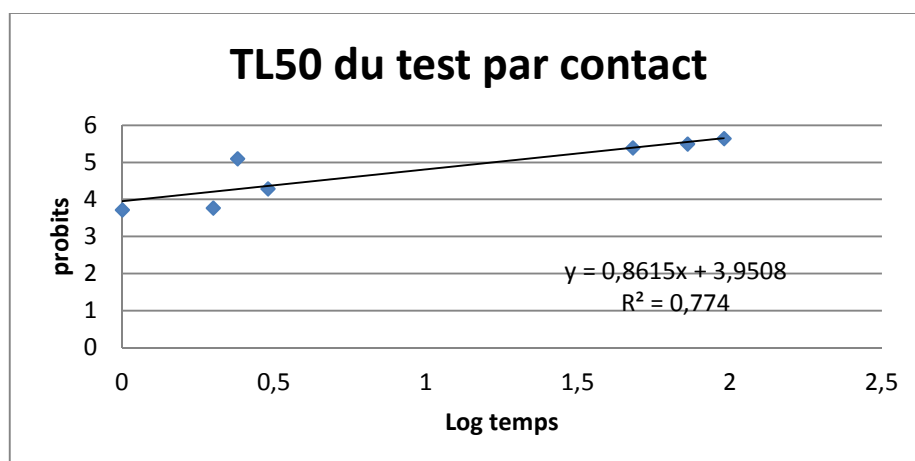


Figure 19 : Droite de régression des probits en fonction des logs de temps après application de l'huile de *P. pinaster* pour le test par contact

Le TL_{50} obtenue pour ce test est de 16h30mn.

2. Evaluation de l'effet insecticide de l'huile essentielle *Pinus pinaster* par inhalation :

D'après les résultats obtenus, la mortalité moyenne des adultes diapausants de *B. rufimanus* augmente en fonction de la dose et la durée d'exposition, qui sont représentés dans la figure suivante

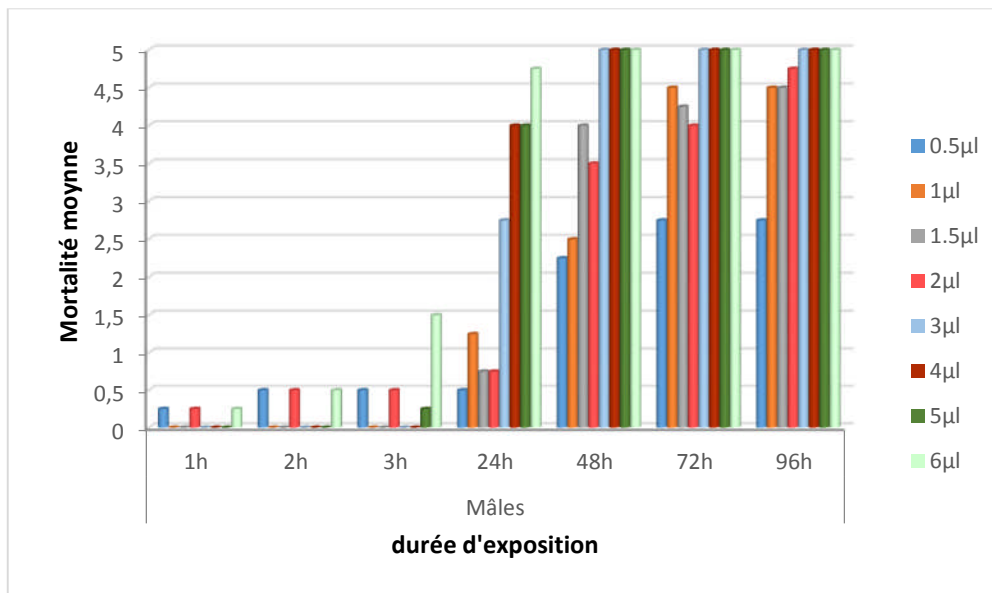


Figure 20 : Mortalité des adultes mâles de *B. rufimanus* diapausants traités par différentes doses d'huile essentielle du *P. pinaster* par inhalation.

A la plus faible dose (0,5µl), l'huile essentielle montre un effet toxique qui s'exprime avec une longévité moyenne de 3jours après 96 heures d'exposition.

A la plus forte dose de 6µl l'huile enregistre une mortalité totale des individus après 24heures d'exposition.

A partir de la cinquième dose (3µl), nous observons une forte diminution de la longévité des adultes mâles.

L'analyse de la variance présente une différence très hautement significative pour le facteur dose et durée d'exposition ($P=0$) (Tableau 11).

Tableau 11 : Analyse de la variance a deux facteurs de classification (dose, temps) au seuil 5% pour le paramètre longévité des adultes mâles diapausants de *B. rufimanus* traité avec l'huile de *P. pinaster*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1061,714	223	4,761				
VAR.FACTEUR 1	69	7	9,857	24,175	0		
VAR.FACTEUR 2	826,965	6	137,827	338,029	0		
VAR.INTER F1*2	97,25	42	2,315	5,679	0		
VAR.RESIDUELLE 1	68,5	168	0,408			0,639	27,94%

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, A classé les huit doses utilisées dans huit groupes homogènes (Tableau 12), et les durées d'exposition dans sept groupes homogènes (Tableau 13).

Tableau 12 : Résultat du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose sur la mortalité de *B. rufimanus* diapausants.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
8.0	Do 8	3,143	A			
7.0	Do 7	2,75		B		
6.0	Do 6	2,714		B		
5.0	Do 5	2,536		B		
4.0	Do 4	2,036			C	
3.0	Do 3	1,929			C	
2.0	Do 2	1,821			C	
1.0	Do 1	1,357				D

Tableau 13 : Résultat du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur temps sur la mortalité de *B. rufimanus* diapausants.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
7.0	T 7	4,563	A			
6.0	T 6	4,438	A			
5.0	T 5	4,031		B		
4.0	T 4	2,344			C	
3.0	T 3	0,344				D
2.0	T 2	0,188				D
1.0	T 1	0,094				D

Les résultats obtenus pour le calcul de la DL₅₀ à 96 h sont présentés dans la figure suivante

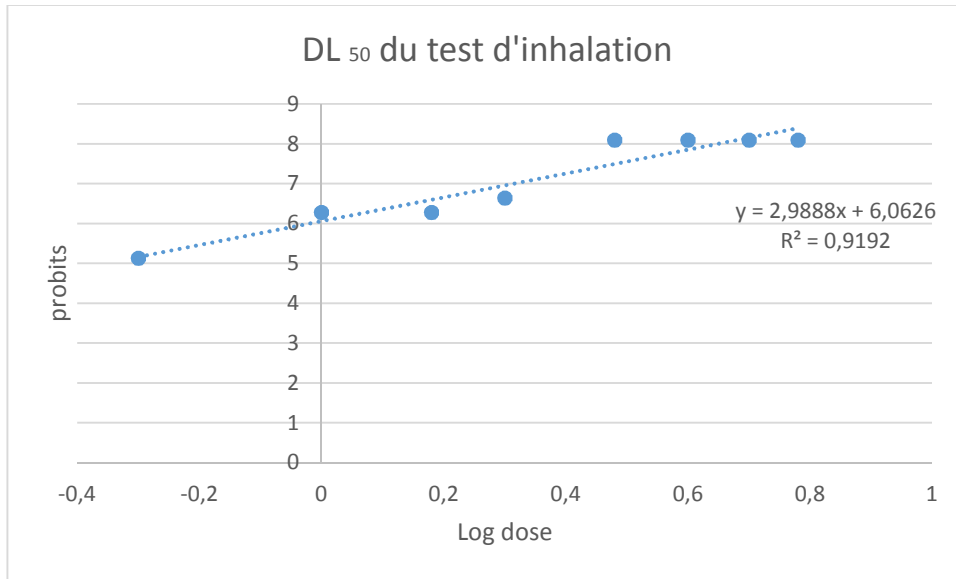


Figure 21 : Droite de régression des probits en fonction des logs de doses après 96h d'application de l'huile de *P. pinaster* pour le test par inhalation.

Dans cette droite de régression, on remarque que les taux de mortalité des adultes de *B. rufimanus* sont proportionnels aux doses utilisées.

Cependant la DL₅₀ obtenue pour cette huile après 96h est de 0,441 µl.

Le TL₅₀ obtenus pour ce test est représentée dans la figure suivante :

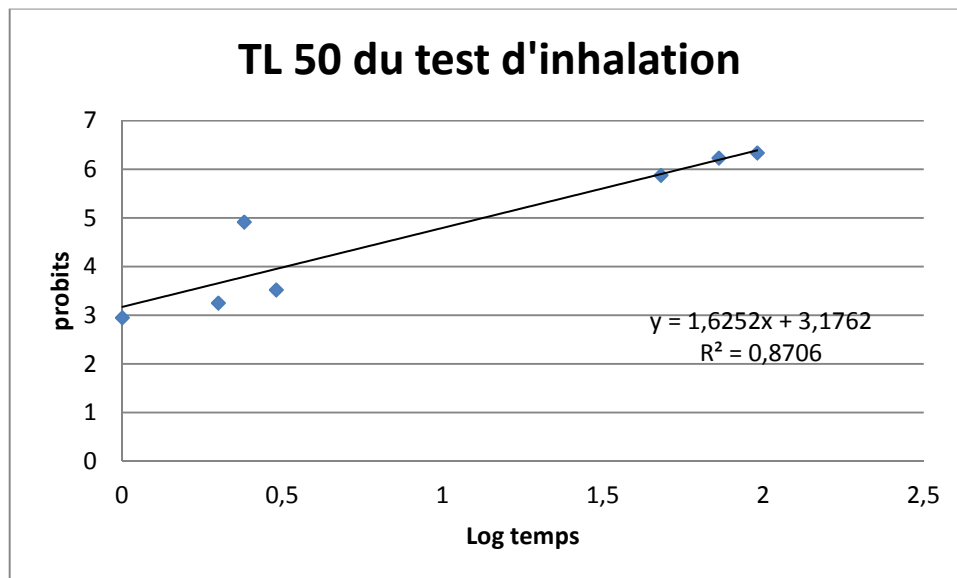


Figure 22 : Droite de régression des probits en fonction des logs de temps après l'application de l'huile de *P. pinaster* pour le test d'inhalation.

En remplaçant y par 5 (probit de 50% de mortalité) dans l'équation de la courbe d'ajustement des probits en fonction des logarithmes des temps la TL_{50} est de 22h30mn.

3. Evaluation de l'effet insecticide de l'huile essentielle *Pinus pinaster* par répulsion

Nous avons évalué l'effet répulsif de l'huile essentielle *P. pinaster*.

A cet effet, nous avons remarqué qu'aux différentes doses, le nombre de bruches présent dans la partie traitée est moins important que celui des bruches présentes dans la partie non traitée.

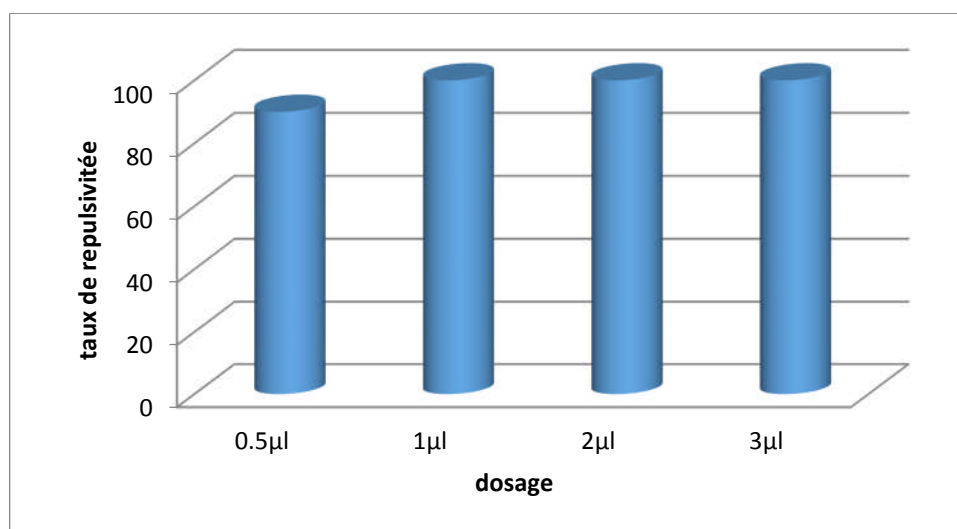


Figure 23 : Taux moyen de répulsion des adultes de *B. rufimanus* en fonction des doses.

Pour mieux évaluer l'effet répulsif de notre huile, nous avons calculé les pourcentages de répulsion selon la formule utilisée par Nerio et *al.* (2009) :

$$PR (\%) = (NC - NT) / (NC + NT) * 100$$

Tableau 14 : Taux moyen de répulsion de l'huile de *P. pinaster* contre les adultes males de *B. rufimanus*

huile	dose	moyenne d'individus presents dans la partie		pourcentage de repulsivité (%)
		partie traitée	partie non traitée	
Pinus Pinaster	0,5 ul	0,25	4,75	90
	1 ul	0	5	100
	2 ul	0	5	100
	3 ul	0	5	100

Nos résultats montrent que l'huile *P. pinaster* a un effet très répulsif vis-à-vis des adultes, avec des taux respectifs de 90 %, 100%, 100% et 100%. Selon la classification de Mc Donald elle appartient à la classe 5 ($80\% < PR \leq 100\%$).

Tableau 15: pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et *al.* (1970)

Classe	Intervalle de répulsion	Propriétés
Classe 0	$PR \leq 0.1 \%$	Très faiblement répulsif
Classe I	$0.1 \% < PR \leq 20 \%$	Faiblement répulsif
Classe II	$20 \% < PR \leq 40 \%$	Modérément répulsif
Classe III	$40 \% < PR \leq 60 \%$	Moyennement répulsif
Classe IV	$60 \% < PR \leq 80 \%$	Répulsif
Classe v	$80 \% < PR \leq 100 \%$	Très répulsif

4. Discussion

La difficulté à contrôler les populations des insectes ravageurs des graines stockés est renforcée par les limites et les conséquences liées à l'utilisation des pesticides de synthèse.

Notre étude rentre dans le cadre de la recherche de solutions alternatives qui permettent de réduire les pertes occasionnées par les insectes nuisibles comme la bruche de la fève, par l'utilisation de l'huile essentielle du pin maritime.

Au terme de notre étude, il ressort que l'huile essentielle de *P. pinsater* testée exerce un effet insecticide non négligeable vis-à-vis de *B. rufimanus* et ce à forte dose. Elle pourrait avantageusement être utilisée comme bio-insecticide pour conserver les graines de *Vicia faba*. Cet effet insecticide est lié à plusieurs paramètres comme la dose d'huile utilisée et la durée d'exposition.

L'huile utilisée exprime une importante toxicité par inhalation, en effet, elle réduit la durée de vie des adultes mâles diapausants de *B. rufimanus* d'une manière très hautement significative au fur et à mesure que la dose et la durée d'exposition augmente. À la plus forte dose l'huile enregistre une mortalité totale des mâles de *B. rufimanus* après 24H d'exposition.

En Algérie, aucune étude n'a été réalisée sur l'effet insecticide de l'huile essentielle *P. pinaster* sur les adultes mâles de *B. rufimanus* durant leur période de diapause. Cependant, nos résultats se rapprochent avec certains travaux qui ont été effectués sur d'autres huiles dans le cadre de lutte biologique contre ce ravageur.

Selon KACIMI (2016), l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* montre une toxicité à l'égard des adultes diapausants de *B. rufimanus*. la forte dose de 4 µl cause une mortalité totale au bout de 24 heures d'exposition.

AISSAT et BERKANE (2014) ont montré que les huiles essentielles de la menthe poivrée et celle du thym ont un effet insecticide par inhalation. En effet, dans les lots traités à la plus faible dose (40µl), la mortalité des adultes mâles de *B. rufimanus* augmente au fur et à mesure que les doses et le temps d'exposition augmente jusqu'à atteindre une mortalité totale de 100% à la plus forte dose (100µl) après 6h d'exposition pour le thym et la menthe poivrée.

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

ASSAM et BOUZIANE (2015) note que l'huile essentielle de *Salvia officinalis* a révélé un effet insecticide hautement significatif sur la durée de vie des adultes diapausants de *B. rufimanus* par contact, la mortalité est de 100% après 2 h d'exposition, à la dose de 8 μ l.

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 augmente, la plus forte dose de 10 μ l cause une mortalité de 100% au bout d'1 h d'exposition pour les mâles.

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 10 μ l cause une mortalité totale au bout de 9h d'exposition pour l'huile de thym, et 12h d'exposition avec l'huile d la menthe poivrée.

Le traitement par répulsion montre que l'huile de *Pinus pinaster* est très répulsive vis-à-vis de *B. rufimanus*. Cet effet répulsif de certaines huiles a été mis en évidence par de nombreux auteurs ; ainsi REMBOLD (1997) rapporte que les extraits de certaines plantes sont répulsifs contre les insectes.

AIT SLIMEN et HADJ SAID (2003), constatent que l'huile de genévrier s'est révélée très fortement répulsive avec un pourcentage de 92% vis-à-vis de *Collosobruchus maculatus* F.

BELKAI et BEN SIDHOUM (2009) montrent que le traitement par répulsion avec les huiles essentielle Pin d'Alep et Cyprés vert ont un effet très répulsif aux doses 25 μ l et 50 μ l respectivement vis-à-vis de *Collosobruchus maculatus* F.

Cependant le travail effectué n'est qu'une approche au laboratoire pour connaître l'effet de l'huile essentielle de *P. pinaster* à l'égard de *B.rufimanus*, mais pour évaluer son efficacité réelle des Eudes a grandes échelles.

Conclusion

Conclusion

Cette étude porte sur l'évaluation de l'effet de l'huile essentielle extraite des aiguilles de pin maritime sur la bruche de la fève.

A la lumière des résultats obtenus, nous pouvons conclure que l'huile essentielle utilisée exprime une toxicité vis-à-vis des adultes mâles diapausants de *B.rufimanus*, cette toxicité varie selon le type de test effectué (contact, inhalation et répulsion) et la durée d'exposition.

Il ressort de notre étude qu'au fur et à mesure que les doses bio-insecticides testées augmentent la longévité des adultes mâles diapausants diminue.

Le traitement par inhalation avec l'huile essentielle s'est avéré efficace, la longévité des individus diminue au fur et à mesure que la dose d'huile augmente, nous induisons les taux de mortalité à 24 heures d'exposition pour la dose 6µl.

Le traitement par contact montre une diminution de taux de survie. Une mortalité totale est obtenue à la plus forte dose de 8 µl au bout de 24 heures d'exposition.

Pour l'ensemble de tests effectués, le test par inhalation est avéré être le plus efficace pour lutter contre les adultes mâles de la bruche de la fève par rapport au test par contact.

Le test de répulsion montre que l'huile essentielle de *P. pinaster* est très répulsive vis-à-vis les adultes diapausants à la petite dose qui est 0,5 µl.

Par ailleurs, nous constatons que le calcul du pourcentage de répulsion par la méthode de Mc Donald et *al.*, (1970), permet d'avancer que l'huile essentielle de *P. pinaster* (90 %) est très répulsive

Nos résultats corroborent ceux déjà obtenus par d'autres études ; les huiles essentielles présentent une toxicité vis-à-vis de bruche de la fève, l'huile essentielle testée présente une DL50 différentes selon le mode d'action, elles sont plus élevées par contact que par inhalation; ceci nous permet de déduire que l'efficacité de cette huiles est plus intéressante par inhalation et par contact.

Conclusion

Toutefois, ce travail n'est qu'une contribution à la connaissance de l'effet insecticide des huiles essentielles à l'égard d'un ravageur des denrées stockées. Il est donc nécessaire de compléter ce travail par une étude de l'effet de l'huile essentielle de *P.pinaster* sur les femelles ainsi que sur les adultes de *B. rufimanus* durant la période d'activité reproductrice.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- 1- **ABA R., TAHIR K., 1999.** Apport des caractères morphologiques et anatomiques à l'étude de la variabilité du pin maritime (*Pinus pinaster* Ait) d'Algérie (El Kala) et d'Italie. Mémoire ingénieur d'état. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. 74 p.
- 2- **ABBAS ANDALOUSSI F., 2001.** Screening of *Vicia faba* for resistance to the « giant race » of *Ditylenchus dipsaci* in Morocco. Nemental. Mediterr. pp 29-33.
- 3- **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 bruche de la fève *Bruchus rufimanus* Boh. (Coleoptera:Chrysomelidae). Mémoire de Master II, U.M.M.T.O, 60p.
- 4- **AIT SLIMANE, HADJ SAID. 2003; in SLEYMI Y., 2008.** Contribution à l'étude de l'activité biologique de l'huile essentielle de genévrier et de carotte a l'égard de la bruche de niébé : *Callosobrochus macalatus* F. (Coléoptera : Bruchidae). Mémoire d'ingénieur. U.M.M.T.O, 44p.
- 5- **AKNINE A, et TAHENNI T., 2013.** Effet de deux huiles naturelles de Mandarinier et de Citronnier a l'égard des adultes de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (BOH) (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire de Master II. U.M.M.T.O, 42p.
- 6- **ANONYME 2013.** Statistiques agricole. Direction des services agricoles de la wilaya de Tizi-Ouzou. 1p.
- 7- **ANONYME, 2009.** Ministère de l'agriculture. Direction des statistiques agricoles et des enquêtes économiques. Analyse statistique de l'évolution de la culture des principaux produits agricoles durant la période 1999-2009, 60 p.
- 8- **ARGOUARC'H J., 2010.** Fève fabacée. *CFPPA RENNES LE RHEU*. pp 68-70.
- 9- **ASSAM., BOUZIANE., 2015.** Évaluation de l'effet biocide de l'huile essentielle et de la poudre de feuilles de sauge (*Salvia officinalis* L. : Lamiacées) sur la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* Boh. (Coléoptera : Bruchidae). Mémoire de Mater II. U.M.M.T.O, 45p.
- 10- **AUERSENQ P., GOUTIER J., GUEGUEN M., 2008.** Le Truffaut. Anti- maladies et parasites. La rousse. Edition Octavo. 224 p.
- 11- **BALACHOWSKY A.S., 1962.** Entomologie appliquée à l'agriculture. Ed. Masson et Cies. Tome I. Vole I, 564 P.
- 12- **BAMOUH A., 1995.** Les légumineuses alimentaires au Maghreb : de l'autosuffisance à l'importation. Institut Agronomique et vétérinaire Hassan 2, pp 1-7.
- 13- **BELKAI, BEN SIDHOUM., 2009; in SLEYMI Y., 2008.** Contribution à l'étude de l'activité biologique de l'huile essentielle de genévrier et de carotte a l'égard de la bruche de niébé : *Callosobrochus macalatus* F. (Coléoptera : Bruchidae). Mémoire d'ingénieur. U.M.M.T.O, 44p.
- 14- **BELLENOT D., FURET A., 2013.** Les huiles essentielles dans la protection des cultures : une voie en cours d'exploration. *Iteipmaj*, N°90545, pp 1-3.
- 15- **BERNE J.J. et DARDY J.M., 1987.** La bruche sur féverole : un ravageur bien difficile à maîtriser. *Phytoma. Défenses des cultures.* Phytoma, N° 338, pp 30-32.
- 16- **BIARNES V., CHAILLET I., CHATAIGNON M., FONTAINE L., 2014.** Fiche technique-la culture de la féverole en AB. Ed. France Agri Mer, Paris, 12 p.
- 17- **BOUGHDAD A., 1996.** *Bruchus rufimanus*, un insecte ravageur des graines de *V. faba* L., au Maroc. Réhabilitation of faba bean Ed Actes. pp 179-184.
- 18- **BOUGHDAD A., 1994.** Statut de nuisibilité et écologie des populations de *Bruchus rufimanus* (Boh.) sur *Vicia fabe* L. au Maroc. Thèse d'état en science, N°3628 Université de Paris Sud Orsay, 182p.

Références bibliographiques

- 19- **BOUGHDAD A., LAUGE G., 1994.** Statut de nuisibilité et écologie des populations de *Bruchus rufimanus* Boheman, 1833 sur *Vicia faba* au Maroc. N°160140.
- 20- **BRINK M, BELAY G., (2006).** Ressources végétales de l'Afrique tropicale 1 : Céréales et Légume secs, Prota, Pays bas, pp 221-223.
- 21- **CASARI S.A et TEIXEIRAE E.P 1997.** Description and bioecological notes of final larval instar pupa of some seed beetles (Coleoptera : Bruchidae), Annales de la société entomologique de France. Vol 33, N°3, pp 295-323.
- 22- **CHAKIR S., 1998.** Biologie de *Bruchus rufimanus* (BOH) (Coleoptera : Bruchidae) et processus d'infestation aux champs. Thèse de doctorat es-sciences agronomiques Institut Agro et vet HASSAN II Maroc 124 p.
- 23- **CHAUX C et FOURY C., 1994.** Production légumière. Légumineuses potagères, légumes, fruits. Technique et documentation Lavoisier, F 75384 Paris Cedex 08, pp 3-15.
- 24- **CHAUX CL. et FOURY CL., 1994.** Production légumières secs. Légumineuses potagères légumes et fruits. Tome III. Technique et documentation Lavoisier. PP 7-13.
- 25- **CHIPPENDALE C.M., 1982.** Insect diapauses, the seasonal synchronism of life cycle, and management strategies. Ent. Exp. & appl. 31: pp 24-35.
- 26- **CUBERO J.L., 2011.** The faba bean: a histories perspective. Gain Légumes. N° 56 : 5-7.
- 27- **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 de doctorat. Sciences agronomiques et ingénierie biologique. Louvain. 227 p.
- 28- **DENLINGER L., YOCUM G.D. et RENEHART J.P., 2005.** Hormonal control of diapause. Comprehensive molecular insect science. Edited by Lawrence L. Iatrou Sarjeet et S. Gill., pp 615-649.
- 29- **DOMINIQUE M., 2007.** Le pin maritime. *La forêt notre savoir faire*. Ed. institut pour le développement forestier. Paris, 4p.
- 30- **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.
- 31- **DURANTI M., 2006.** Grain légume protéines sans nutroceutical propriétés. Review. Ftoterapia, 77 : 67-82.
- 32- **FELIACHI K., 2002.** Le développement des légumineuses alimentaires et les perspectives de relance en Algérie. Proceeding du 2ème séminaire de réseau Remafève / Remaca. « Le devenir des légumineuses alimentaires dans le Maghreb », Hammamet, Tunisie, 100 p.
- 33- **FRANSSEN C.J.H., 1956.** De levenswijze en de besytijding van de tuinboonkeverversl. Landbouwe. Ondres. 62 (10) : pp 1-75.
- 34- **GEPTS P, BEAVIS W.D., BRUMMER E.C., SHOEMAKER R.C., STALKER H.T., WEEDEN N.F., YOUNG N.D., (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.
- 35- **GOUCEM-KHELFANE K., 2014.** Étude de l'activité insecticide des huiles essentielles et des poudres de quelques plantes à l'égard de la bruche du haricot *Acanthocelidobtectus* Say (Coléoptère, Chrysomelidae), bruchinae et comportement de ce ravageur vis-à-vis des composés volatils de différentes variétés de la plante hôte (*Phaseolus Vulgaris* L). Thèse de doctorat d'état. U.M.M.T.O.PP 61-62.
- 36- **Hamadache A., 2003.** La Féverole. Inst. Techn. Gr. Cult (T.T.G.C), 13 p.

Références bibliographiques

- 37- **HAMANI-AOUDJIT S., 2014.** Bioécologie et diapause reproductrice de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* dans deux parcelles de fève et féverole dans la région de Haizer (Bouira). Mémoire de Magister. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. 67p.
- 38- **HOFFMAN A., 1945.** Faune de France : coléoptères bruchides et anthribides. Fédération française des sociétés de science naturelles. 187p.
- 39- **HOFFMANN A., et LABEYRIE V., 1962.** Sous famille des Bruchidae in BALACHOWSKY A.S., entomologie appliquée à l'agriculture. Coléoptère, Tome III, Volume I, Ed., Masson et cie, pp185-188.
- 40- **HOFFMANN A., LABEYRIE V. BALACHOWSKY A.S., 1962.** Famille des Bruchidae in entomologie appl. A l'agriculture, 434-494, (1), BALACHOWSKY Ed. Masson publ., Paris, 564 p.
- 41- **HUIGNARD J., DUPONT P. et TRAN B., 1990.** Coevolutionary relations between bruchids and their host plants. The influence of the physiology of the insects. In K, Fuji et al (Eds) Bruchids and legume economics, ecology and coevolution, pp191-179.
- 42- **JERMY T., 1978.** THE ROLE OF INHIBITORY STIMULI IN THE CHOICE OF OVIPOSITION SITE BY PHYTOPHAGOUS INSECTS. Entomologia Experimentalis et Applicata. Volume 24, pp 458-471.
- 43- **JOHNSON C.D., 1981.** Seed beetle host specificity and the systematic of the leguminosaein :Advances in legume systematics POLHILL. R.M et REVEN, P.H. Eds. Royal Botanic Gardens. Kew, U.K: 995-102.
- 44- **JOHNSON C.D., 1994.** The enigma of the relationship between seeds, seeds beetles, elephants, cattle and other organisms. Aridus 6: 1-4.
- 45- **KACEL F., KACHA D., 2015.** Activité insecticide des huiles essentielles de Lamiacées et de Rutacées sur la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* Boh. (Coléoptera : Chrysomelidae : Bruchinae). Mémoire Master II Science Agronomique. 53p
- 46- **KACIMI N., 2016.** Activité insecticide de l'huile essentielle de *Eucalyptus globulus* sur les adultes de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* BOHN (1833) durant la période de diapause reproductrice.
- 47- **KHALDI R., ZEKRI S., MATOUGUI M.E.H. et BEN YASMINE A., 2002.** L'économie des Légumineuses Alimentaires au Maghreb et dans le Monde. Proceedings du 2ème séminaire du réseau REMAFEV/ REMALA, « Le dernier des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb », Hammamet, Tunisie, 100 p.
- 48- **KHAN H.R, PAUL J.G, SIDDIQUE K.H.M, STADDARD F.L (2010).** Faba bean breeding for drought - affected environments: A physiological and agronomic perspective. RiledCropsResearch. 115 : 279-286.
- 49- **KINGSOLVER J.M. 2004.** Handbook of the Bruchidae of the United States and Canada (Insecta :Coleoptera). U.S. Department, of Agriculture, Technical Bulletin Number 1912, 2 vol., 636 p.
- 50- **KINGSOLVER J.M., 2004.** Handbook of the Bruchidae of the united states and Canada (Insecta :Coleoptera). U.S. Département of agriculture, technicol Bulletin Number 1912, 2 vol, 636p.
- 51- **KUMARR., 1991.** La lutte contre les insectes ravageurs, 305 p.
- 52- **LARRALDEJ. et martinez J.A., 1991.** Nutritional value of faba bean: effects on nutrient utilization, protein turnover and immunity. Département de physiologie animale et nutrition. Université de Navarre. Espagne. Séminaire N°10 : 111-117.
- 53- **LAUMIER R., 1979 :** Culture légumières et maraichère, Tome III. Ed. J. B. BAILLIERE, 276 p.

Références bibliographiques

- 54- **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 solin. Thèse de doctorat. Science biologique université de Toulouse. 255 p.
- 55- **LEPESME P., 1944.** Les coléoptères de denrées alimentaires et des produits industriels entreposés Ed. Paul. Le chevalier, Paris 335 P.
- 56- **MAATOUGUI M.E., 1996.** Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance. Céréaliculture 29 : 6-18.
- 57- **MAHMOUDI P., 1991.** Journée forum sur la production des semences, maladies des légumineuses transmissibles par les semences. Document photocopié, Ed. I.T.G.C, 17p.
- 58- **MAOUI R., SAY B., EL HADJ B., FRIKH A., 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.
- 59- **MATHON C.C., 1985.** Liste de plantes utiles avec indication de leur aire probable de primo domestication. Faculté des sciences de l'université de Poitiers. 17 p.
- 60- **MATOUGUI M.E. H., 1996.** Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance. Céréaliculture-Numéro spécial fève, N°29, pp 6-44.
- 61- **MATOUGUI M.E.H., 1996.** Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance pp 17-32 in réhabilitation of faba bean. Ed. Actes, Rabat (Maroc) 202 p.
- 62- **MEDJDOUB F., 2007.** Etude de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (BOH. 1833) (Coleoptera :Bruchidae). Cycle biologique et diapause reproductrice dans la région de Tizi-Ouzou : Thèse d'état. Université de Tizi-Ouzou. 130 p.
- 63- **MEDJDOUB-BENSAAD F., FRAH N., KHELIL Ma., HUIGNARD J., 2015.** Dynamique des populations de la bruche de la fève, *Bruchus rufimanus* (Coleoptera:Chrysomelidae), durant la période d'activité reproductrice et de diapause. Nature & Technology;Chlef. pp 12-21.
- 64- **MOUHOUCHE F. et SADOU M.K., 2001.** Stratégie de lutte chimique contre la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (BOH). Revue céréaliculture N° 36, Ed. I.T.G.C., : 21-26.
- 65- **MOUHOUCHE F., 1997.** Principaux ravageurs des fèves en Algérie, P 33 cité dans les maladies, les adventices et ravageurs des fèves en Algérie. Manuel de formation Rés. Maghr. Rech. Sur fèves (Rémofoève), Inst. Tech. Agr. Inst. Nati. Pro., 52 P.
- 66- **OUSLIM S., 2016.** BNL associées aux légumineuses alimentaires (*Vicia faba* L) dans l'ouest Algérien "caractérisation et importance " : Thèse de doctorat LMD. Université d'Oran. 124p.
- 67- **PERON J-Y., 2006.** Références. Production légumineuse. 2ème Ed. Duc, Paris, 613 p.
- 68- **PLANQUART P.H. et GIRARD G., 1987.** La féverole d'hiver, Revue, I.T.C.F 3ème trim. 32 p.
- 69- **QUEZEL P., 1980.** Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranée. Actualité d'écologie forestière, compilées par PESSON, Bordas. Ed. paris : 205-256.
- 70- **RACHEF S.A., OUMER F. et OUFROUKH A., 2005.** Inventaire des ravageurs de la fève en Algérie (Identification et caractérisation). I.N.R.A., 16 : 36-41.
- 71- **RAYNAUD C., 1976.** Monographie et iconographie du genre *Vicia* L. au Maroc. Bull. Inst. Sci. N°1, pp147-183.
- 72- **REMBOLD H., 1997.** Efficacy of edible oils against pulse beetle, *Callosobruchus maculatus* (F.). Journal of insect Science. 7: 37-39.
- 73- **ROBERT Y., BOUCHRY., BOURNE VILLE R., CAUBEL G., DERDRYVER CH., RABASSE J.M. et STOCKEL J., 1975.** Inventaire des principaux ravageurs des cultures protéagineuses (féverole, Pois, soja), Phytatrie- Phytopharmacie, 24 : 107-122.
- 74- **ROLAND J.C., 2002.** Des plantes et des hommes. Ed. Vuibert, Paris, 165 p.
- 75- **SACCHI C.F. et TESTARD P., 1971.** Ecologie animal, organisme et milieu. 444 p.

Références bibliographiques

- 76- **SADOU M.K., 1998.** Mesure de l'intensité de l'infestation de la fève par *Bruchus rufimanus* Boh (Coleoptera : Bruchidea) dans la station expérimentale de oued Semar proposition d'une stratégie de lutte chimique. Thèse de magister, Ins. Agro. El Harrach, 96p.
- 77- **SAROUR M.M et E-ABD-EL-AZIZ S., 2007.** Efficiency of some bioinsecticides against brood bean beetle, *Bruchusrufimanus* (Coleoptera :Bruchidae). Research journal of agriculture acbiological sciences, 3 (2) : 67-72.
- 78- **SERPEILLE A., 1991.**La bruche du haricot : un combat facile, bulletin F.N.MS N° 116, pp 32-54.
- 79- **SLEYMI Y., 2008.** Contribution à l'étude de l'activité biologique de l'huile essentielle de genévrier et de carotte a l'égard de la bruche de niébé : *Callosobrochus macalatus* F. (Coléoptera : Bruchidae). Mémoire d'ingénieur. U.M.M.T.O, 44p.
- 80- **SOUTHGATE B.J., 1979.** Biology of the bruchidae. Ann. Revu. Entomol. 24, pp 449-473.
- 81- **STODDARD F.L., NICHOLAS A.H., RUBIALES D., THOMAS J. et VILLEGAS-FERNANDEZ A.M., 2010.** Integrated pest management in faba bean. Field cropsresearch 115 : 308-318.
- 82- **SUSZKIW J., 2016.** New faba beans offer multiple benefits. Agricultural Research Service, pp2.
- 83- **TAUBER M.J. et TAUBER C.A., 1976.** Insect seasonality diapause maintenance termination and post diapause developpement. Ann. Rev. Ent : pp 81-107.
- 84- **TAUBER M.J. et TAUBER C.A., 1984.** Adaptation to hazardous seasonal conditions: dormancy, migration and polyphenism. In Ecological Entomology. Huffaker, C.B et RABB, R.L. Ed. JOHN WILEY et SONS New York: PP 149-183.
- 85- **TAUPIN P., 2003.** La Bruche de la fève. La féverole fortement attaquée. Protéagineux d'hiver : penser à diversifier des relations, N°293, pp 72-73.
- 86- **YAHIA Y, GUETA A, EI FALLEH W, FEACHICHI A., YAHIA H, LOUMEREM M (2012).** Analysis of agromorphological devesity of southern Tunisia faba bean (*Viciafaba* L.) germplasm African Journal of Biothechnology. 11 (56): 11913- 11924.
- 87- **YAOK. et YANG C.T., 1985.** Bionomics of the broad weevil, *bruchusrufimanus*Boheman (Abstract). Act a Entomolgical, Sinica, 28(1) : 45-50.
- 88- **ZAGHOUANE O., 1991.** The situation of fababean (*Viciafaba* L.) in Algeria. Options mediterranéennes. Present statut and future perspets of faba bean production, I.C.A.R.D.A. Série A, N°10. pp. 123-125.

Résumé

L'huile essentielle extraite de la plante aromatique *Pinus pinaster* a été testée selon différents paramètres cependant ; par contact, par inhalation et par répulsion à différentes doses sur les adultes mâles diapausants de *Bruchus rufimanus*, à une température de 28°C et à une humidité de 65%. Cette huile présente une activité insecticide très répulsive et entraîne une réduction significative de longévité par rapport à celle du témoin. Le traitement par inhalation s'est avéré plus efficace, à la plus forte dose de 6µl nous avons enregistré une mortalité totale au bout de 24h d'exposition. Le traitement par contact ; à la plus forte dose de 8µl nous avons une mortalité totale au bout de 24h d'exposition. Les DL50 calculées après 96h d'exposition, montrent que l'huile essentielle testée est toxique avec une DL50 pour l'inhalation de DL50=0,441µl et un TL50=22h40mn. Pour le test par contact la DL50= 1,925µl et le TL50= 16h30mn. L'analyse chromatographique montre la richesse de l'huile essentielle en composés connu pour leurs propriétés insecticides comme; Pinène alpha, Myrcène et Caryophyllène.

Mots-clés : *Bruchus rufimanus*, *Pinus pinaster*, adultes mâles diapausants, toxicité.

Abstract

The essential oil extracted from the aromatic plant *Pinus pinaster* was tested according to different parameters however; by contact, by inhalation and by repulsion at different doses on the diapausant adult of *Bruchus rufimanus*, at a temperature of 28 ° C. and at a humidity of 65%. This oil exhibits a very repulsive insecticidal activity and results in a significant reduction in longevity compared to that of the control. Inhalation treatment was the most effective; at the highest dose of 6µl we recorded total mortality after 24h of exposure. The contact treatment shows that the average longevity decreases as the dose increases. At the highest dose of 8µl we recorded total mortality after 24 hours of exposure. The LD50 calculated after 96 h of exposure, show that the essential oil tested is toxic with an LD50 for inhalation of LD50 = 0.441 µl and a TL50 = 22h40mn. For the contact test the LD50 = 1.925µl and the TL50 = 16h30mn. Chromatographic analysis shows the richness of the essential oil in compounds known for their insecticidal properties such as; Pinene alpha, Myrcene and Caryophyllene.

Keywords: *Bruchus rufimanus*, *Pinus pinaster*, diapausant adult, toxicity.