

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département d'Agronomie



Mémoire de fin d'études

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

Sujet

**Activité insecticide des huiles essentielles de
Lamiacées et de Rutacées sur la bruche de la
fève *Bruchus rufimanus* Boh. (Coleoptera :
Chrysomelidae :Bruchinae).**

Présenté par :

Melle KACHA Dyhia
Melle KACEL Fariza

Devant le jury :

Présidente:	Mme MEDJDOUB-BENSAAD F	Prof.	U.M.M.T.O.
Promotrice :	Mme GOUCEM-KHELFANE K.	MCB	U.M.M.T.O.
Co-promoteur:	Mr MEZANI S.	Doct.	U.M.M.T.O.
Examinatrice:	Mme TALEB-TOUDERT K.	MCB	U.M.M.T.O.
Examinatrice:	Melle CHOUGAR S.	MAA	U.M.M.T.O.

Année universitaire: 2014-2015

REMERCIEMENTS

Nous souhaitons remercier en premier lieu notre promotrice Mme GOUCEM-KHELFANE K. Maître de Conférences Classe B. Sa constante disponibilité, sa simplicité, son honnêteté et son efficacité dans le travail ainsi que sa modestie font d'elle un exemple. Nous vous adressons l'expression de notre gratitude et respect pour nous avoir encadré et dirigé ce travail.

Nous adressons de chaleureux remerciements à notre co-promoteur Mr MEZANI S., Doctorant à l'U.M.M.T.O., pour son attention de tout instant sur nos travaux, pour ses conseils avisés et son écoute qui ont été prépondérants pour la bonne réussite de ce mémoire. Son énergie et sa confiance ont été des éléments moteurs pour nous. Nous avons pris un grand plaisir à travailler avec lui.

Nos remerciements vont également à tous les membres de jury, pour avoir accepté d'en faire partie et pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce mémoire.

Nous remercions Mme MEDJDOUB-BENSAAD F, Professeur à l'U.M.M.T.O., de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de soutenance malgré ses multiples charges, qu'elle trouve ici l'expression de notre profond respect.

Nous sommes très sensibles à l'honneur que nous fait Mme TALEB-TOUDERT K. Maître de Conférences Classe B. en acceptant de lire et de porter un jugement sur ce manuscrit. Sa compétence, sa gentillesse et sa courtoisie sont les compléments de ses hautes qualités d'enseignant. Nous tenons à lui exprimer toute notre gratitude.

Nous remercions très sincèrement Melle CHOUGAR S., maitre Assistante classe A à l'U.M.M.T.O. Ce fut à la fois un plaisir et une chance inouïe d'avoir bénéficié de votre enseignement. Votre bonne humeur, votre rigueur, votre énergie votre altruisme et votre esprit d'organisation sont un exemple. Des moments inoubliables partagés lors du séminaire de « Biotechnologie et Valorisation des Ressources » à TABARKA en Tunisie, vous avez su encadrer et diriger avec brio votre équipe d'étudiants. L'intérêt que vous portez à tous les étudiants explique l'affection qu'ils ont à votre égard. Merci pour l'honneur que vous nous faites, d'accepter de juger ce travail.

Nos remerciements s'adressent aux agriculteurs qui nous ont permis de travailler dans leurs champs de fève.

Un très grand merci pour la famille BELBEY pour leur accueil chaleureux et leur hospitalité.

Notre gratitude va également à notre amie SARAH qui nous a aidés par sa présence et son amitié.

Ce mémoire nous a donné l'occasion de rencontrer des personnes absolument épatantes et formidables. Nous faisons un point d'honneur très spécial à Melle ABROUS Hassina. et Melle ABDI Karima. De tout cœur, merci pour tous ces moments d'intense émotion, d'échange et des « pause-café ».

Enfin, et bien que des simples remerciements ne suffisent pas pour exprimer tout ce que nous leur devons, nos remerciements les plus chaleureux à nos parents.

Liste des figures

Figure 1. Aspect morphologique de <i>V. faba</i> L	3
Figure 2. Variétés de la fève (<i>V. faba</i> major L.) et la féverole (<i>V. faba</i> minor) présentes en Algérie	6
Figure 3. Les différentes maladies de la fève.....	12
Figure 4. Morphologie du stade œuf de <i>Bruchus rufimanus</i>	15
Figure 5. Morphologie des stades larvaires L1 (a), L2 (b), L3 (c) et L4 (d)	16
Figure 6. Morphologie du stade nymphal de <i>B. rufimanus</i> (Gx10), face ventrale (a) et face dorsale	16
Figure 7. Morphologie des adultes de <i>B. rufimanus</i>	17
Figure 8. Dimorphisme sexuel des adultes de <i>B. rufimanus</i> : le mâle (a) et la femelle (b)	17
Figure 9. <i>Bruchus rufimanus</i> sur fleur et feuille de <i>Vicia faba</i>	19
Figure 10. L'accouplement chez <i>B. rufimanus</i>	19
Figure 11. Les dégâts causés par <i>B. rufimanus</i> sur les graines <i>V. faba</i>	20
Figure 12. Test par contact effectué sur les adultes de <i>B. rufimanus</i> traités par différentes doses d'huile essentielle	28
Figure 13. Test d'inhalation effectué sur les adultes <i>B. rufimanus</i> traités par différentes doses d'huile essentielle	29
Figure 14. Test par répulsion effectué sur les adultes <i>B. rufimanus</i> traités par différentes doses d'huile essentielle.....	31
Figure 15. Taux de mortalité ($\pm$ écart type) des adultes diapausants mâles et femelles de <i>B. rufimanus</i> traités par contact avec l'huile essentielle de la menthe poivrée et du thym	33
Figure 16. Taux de mortalité ($\pm$ écart type) des adultes diapausants mâles et femelles de <i>B. rufimanus</i> traités par contact avec l'huile essentielle de l'orange douce et du pamplemousse	35
Figure 17. Taux de mortalité ($\pm$ écart type) des adultes non diapausants mâles et femelles de <i>B. rufimanus</i> traités par contact avec l'huile essentielle de la menthe poivrée et du thym	36

Figure 18. Etat du développement des organes reproducteurs des adultes de <i>B. rufimanus</i> capturés dans les différentes parcelles de <i>V. faba</i>	37
Figure 19. Taux de mortalité ($\pm$ écart type) des adultes diapausants mâles et femelles de <i>B. rufimanus</i> traités par inhalation avec l'huile essentielle de la menthe poivrée et du thym.....	44
Figure 20. Taux de mortalité ($\pm$ écart type) des adultes diapausants mâles et femelles de <i>B. rufimanus</i> traités par inhalation avec l'huile essentielle de l'orange douce et celle de pamplemousse	45

Liste des tableaux

Tableau 1. Evaluation de la superficie et production de la fève et féverole en Algérie.....	7
Tableau 2. Evaluation de la superficie et production de la fève dans la wilaya de Tizi-Ouzou	8
Tableau 3. Production et superficie agricole utile occupée par les différentes légumineuses pendant la saison agricole 2012/2013	9
Tableau 4. Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc DONALD et <i>al.</i> (1970)	31
Tableau 5. Taux moyen de répulsion des HE testées contre les adultes de <i>B. rufimanus</i> et leur classement selon la méthode de Mc DONALD et <i>al.</i> (1970).....	49

SOMMAIRE

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale..... 2

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

1. Description botanique de l'espèce position systématique de <i>Vicia faba</i>	03
2. Origine et répartition géographique.	04
3. Intérêt culturaux de la fève.....	05
3.1. Intérêt agronomique	05
3.2. Intérêt alimentaire	05
4. Ressources génétiques de <i>V. faba</i> en Algérie	05
5. Situation de la culture de la fève	07
5.1 Production de la fève en Algérie.	07
5.2. Importance régionale de la culture de la fève.....	07
6. Contraintes de la culture de la fève en Algérie	09
6.1. Contraintes abiotiques	09
6.2. Contraintes culturelles et socio-économiques	10
6.3. Contraintes biotiques.....	10

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

1. Introduction	14
2. Présentation de la bruche de la fève <i>B. rufimanus</i>	15
2.1. Origine et aire de répartition	15
2.2. Position systématique	15
2.3. Description de l'insecte	15
3. Biologie de <i>B. rufimanus</i>	17
4. Dégâts causés par <i>B. rufimanus</i> sur la fève	18
5. Méthodes de lutte contre <i>B. rufimanus</i>	20
5.1. Techniques culturales	20
5.2. Lutte chimique.....	21
5.3. Alternatives à la lutte chimique.....	21
5.3.1. Résistance variétale	21

5.3.2. Lutte physique	22
5.2.3. Lutte biologique	22
5.3.4. Lutte par les plantes ou phytothérapie.....	22

Chapitre III : Matériel et méthodes

1. Matériels et méthodes.....	25
1.1. Matériel biologique	25
1.1.1. Les bruches	25
1.1.2. Les huiles essentielles	25
1.2. Méthodologie	27
1.2.1. Traitement par contact.....	27
1.2.1.1. Evaluation de l'effet toxique sur les adultes diapausants.....	27
1.2.1.2. Evaluation de l'effet toxique sur des adultes non diapausants	28
1.2.2. Traitement par inhalation	29
1.2.3. Traitement par répulsion	30
1.3. L'analyse statistique	32

Chapitre IV : Résultats et discussion

1. Evaluation de l'effet biocide des huiles essentielles par contact	33
1.1. Action sur les adultes diapausants.....	33
1.1.1. Les huiles essentielles de la menthe poivrée et du thym.....	33
1.1.2. Les huiles essentielles de l'orange douce et pamplemousse	34
1.2. Action sur les adultes non diapausants.....	36
1.3. Etat reproducteur des adultes de <i>B. rufimanus</i> recueillis du terrain.....	37
1.4. Discussion	38
2. Evaluation de l'effet biocide des huiles essentielles par inhalation	43
2.1. Action sur les adultes diapausants.....	43
2.1.1. Les huiles essentielles de la menthe poivrée et du thym.....	43
2.1.2. Les huiles essentielles de l'orange douce et du pamplemousse	45
2.3. Discussion	46
3. Evaluation de l'effet biocide des huiles essentielles par répulsion	48
3.1. Résultats	48
3.2. Discussion	50

Conclusion générale	52
----------------------------------	-----------

Références bibliographiques

Annexe

Résumé

Abstract

Les Légumineuses alimentaires sont considérées comme des plantes à graines les plus cultivées par l'homme et occupent, depuis longtemps, une place importante dans l'alimentation humaine (STODDARD et *al.*, 2010 ; SINGH et *al.*, 2013).

Selon BAMOUH (1995), elles jouent un rôle important dans le développement de l'économie nationale, des pays du Maghreb (Maroc, Algérie, Tunisie) où les principales légumineuses alimentaires cultivées sont le pois chiche, la lentille, le haricot et la fève.

En Algérie, la fève reste la plus importante culture vivrière, elle couvre une surface de 58000 hectares avec un rendement total de 254000 tonnes (LAAMARI et *al.*, 2008). Elle est principalement cultivée dans les plaines et les régions sublittorales (MATTOUGUI, 1996).

A l'instar des autres légumineuses alimentaires, la fève est très riche en protéines (25 à 35%). Elle est aussi une bonne source de glucides (50 à 60%) (SHIRAN et MASHAYEKH, 2004 ; GNANASAMBANDAM et *al.*, 2012), et constitue un aliment nutritif très important surtout pour les populations à faible revenu qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéines d'origine animale (DAOUI, 2007). Elle est même utilisée en tant qu'engrais vert pour les sols pauvres des régions arides d'Algérie (CHAFI et BENSOLTANE, 2009).

En dépit des avantages offerts par cette légumineuse, les rendements en fèves à l'hectare demeurent très faibles. Les fluctuations des productions sont dues principalement aux aléas climatiques, à la salinité des sols, aux techniques culturales et à l'utilisation des variétés peu productives (BAMOUH, 1995). Selon MEDJDOUB-BENSAAD (2007), en plus de ces contraintes, les cultures de la fève sont affectées par différents organismes nuisibles, tels que les mauvaises herbes, les champignons et les insectes.

La bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae), espèce monovoltine, constitue un danger pour *Vicia faba*. Son importance économique réside dans sa spécificité trophique (LABORIUS et SABA, 1977). Les larves sont à l'origine de la dépréciation de la qualité commerciale et de la réduction de la faculté de germination des graines. Elles se développent aux dépens des graines fraîches au champ et finissent leur cycle dans les entrepôts de stockage (BOUGHADAD, 1994).

Face à ces problèmes, l'utilisation des insecticides représente l'une des méthodes de lutte la plus utilisée contre ce ravageur. Bien qu'efficaces, les produits chimiques utilisés sous forme de fumigants ou de poudres à mélanger directement avec les graines présentent souvent des inconvénients. En effet, une utilisation intensive et souvent sans discernement des pesticides s'est accompagnée de désordres écologiques à des multiples niveaux provoquant la pollution des eaux de surface ou souterraines, la rupture des chaînes trophiques par bioaccumulation ou bioamplification et des phénomènes de résistances (REGNAULT-

ROGER, 2005). Ainsi de nombreuses initiatives se sont déployées depuis plusieurs années pour développer des méthodes alternatives afin de diminuer leur utilisation (HUIGNARD et *al.*, 2011).

Dans cette optique, la valorisation des plantes aromatiques à effet insecticide prend de plus en plus de l'ampleur au niveau des programmes de recherches dans le monde entier et particulièrement en Afrique. Ces plantes sont exploitées sous plusieurs formes pour limiter les pertes post récoltes soit entières, soit sous formes de poudres végétales, d'huiles essentielles, d'huiles végétales ou d'extraits de végétaux (GOUCEM-KHELFANE, 2014).

De nombreux biopesticides d'origine végétale ont montré leur toxicité dans des conditions de laboratoire contre de nombreux ravageurs de denrées stockées, notamment pour les bruches polyvoltines (KELLOUCHE et SOLTANI, 2004; KELLOUCHE, 2005; BOUCHIKHI TANI, 2006; RIGHI, 2010; BOUCHIKHI TANI, 2011; HEDJAL-CHEBHEB, 2014; GOUCEM-KHELFANE, 2014; TALEB-TOUDERT, 2015). Cependant, très peu de travaux ont été mené sur les bruches monovoltines, tels ceux de SABBOUR et E-ABD-EL AZIZ (2007) en Egypte ; BOUCHIKHI TANI et *al.* (2011) et EL IDRISSE et *al.* (2014).

Dans ce contexte et à travers cette présente étude, nous évaluerons l'effet biocide des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques sur des adultes de *B. rufimanus*. Les huiles essentielles de deux Lamiacées: le thym et la menthe poivrée et deux Rutacées l'orange douce et le pamplemousse ont été testées sur des adultes diapausants, par contact, inhalation et répulsion. Des adultes recueillis du terrain ont été soumis uniquement au test par contact aux huiles essentielles de thym et de la menthe poivrée.

Ce présent travail est scindé en quatre chapitres structurés comme suit :

Les chapitres I et II rappelleront sur une synthèse bibliographique sur la fève et l'insecte ravageur *B. rufimanus*, le troisième chapitre présentera le matériel utilisé et les méthodes retenues, le dernier chapitre sera consacré à la présentation, à l'analyse et à la discussion des résultats obtenus, ils seront clos par une conclusion générale, suivi de quelques perspectives de recherche.

1. Description botanique et position systématique de *Vicia faba*

La fève est une plante annuelle, robuste, dressée, de section quadrangulaire, de tige (Fig. 1a) creuse qui peut atteindre 2 m de haut (RAYNAUD, 1976).

Selon LAUMONIER (1979), les racines sont pivotantes, puissantes et de taille importante allant jusqu'à un mètre de profondeur.

Les feuilles (Fig. 1b) stipulées, alternes, composées-pennées sont constituées de 2 à 6 folioles, amples, ovales, d'un vert glauque ou grisâtre. Le rachis se termine par une arête étroite droite ou courbe mais non enroulée en vrille qui représente la foliole terminale (BOYELDIEU, 1991).

Les fleurs (Fig. 1b) sont grandes, 2 à 3 cm de long, prennent naissance en position axillaire (RAYNAUD, 1976). Elles sont de type papilionacé, blanches maculées de noir ou de violet, formées en petites grappes (PERON, 2006).

Les fruits sont des gousses (Fig. 1c) de 25 à 30 cm de long (ZUANG, 1991); elles renferment trois à huit graines de grosseur et de teinte variable selon les variétés (BOYELDIEU, 1991).

La graine (Fig. 1d) est la plus volumineuse de toutes les espèces légumières; elle est charnue et de couleur vert tendre à l'état immature puis d'un brun-rouge à maturité et prend une forme aplatie au contour arrondi (CHAUX et FOURY, 1994).

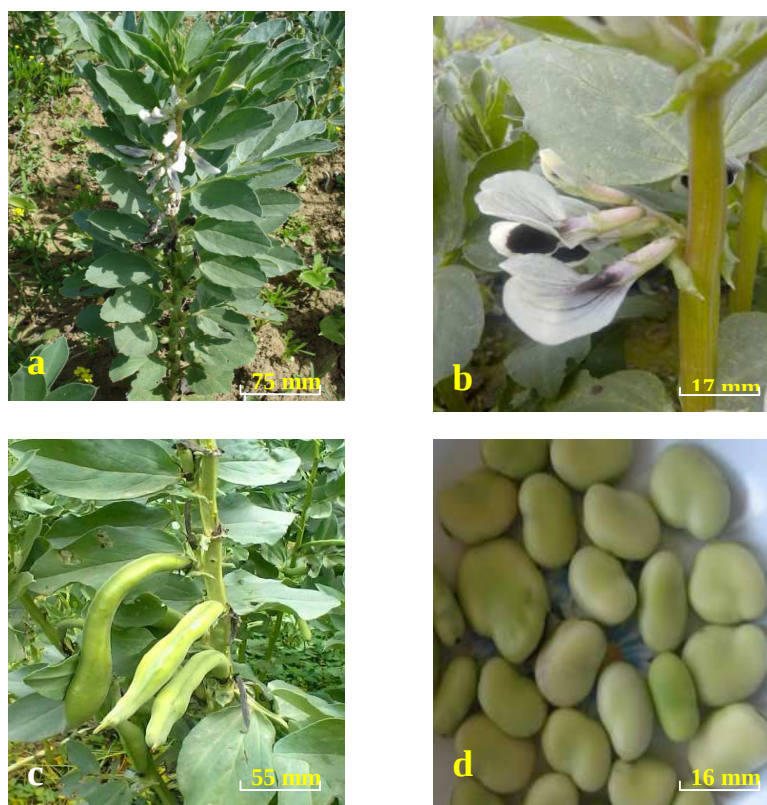


Figure 1. Aspect morphologique de *V. faba* L. (ORIGINALE, 2015).

Repartie dans le monde entier (ROLAND, 2002), la famille des légumineuses est très diversifiée avec trois sous familles: Mimosoideae, Caesalpinioideae et Papilionoideae (DOYLE et LUCKOW, 2003). Elle comprend environ 13000 espèces dont 200 sont destinées à la consommation humaine et animale (DAOUI, 2007).

La sous famille des Papilionoideae regroupe les espèces cultivées les plus importantes économiquement comme le soja, le haricot, le pois, l'arachide, le pois chiche et la fève (LAZREK BEN-FRIHA, 2008).

Selon CRONQUIST (1981), *V. faba* suit la classification suivante :

Règne	Végétal
Sous règne	Cormophytes
Embranchement	Spermaphytes
S/Embranchement.....	Angiospermes
Classe.....	Dicotylédones
S/Classe	Dialypétales
Ordre.....	Fabales
Famille	Fabacées (Légumineuses)
S/Famille.....	Papilionacées
Genre	<i>Vicia</i>
Espèce.....	<i>Vicia faba</i> Linné, 1753.

2. Origine et répartition géographique de la fève

Cette Fabaceae est cultivée dans tout le Bassin Méditerranéen pour ses graines qui sont utilisées soit pour l'alimentation humaine, soit pour l'alimentation animale (LAUMONIER, 1979). Cette plante a été cultivée depuis la plus haute antiquité et des graines de fève ont été trouvées en Egypte dans les tombes de la XXII^e dynastie des pharaons (2002-2004 av. J-C) (HUIGNARD et al., 2011).

Vicia faba L. est indigène au Proche-Orient et au Bassin Méditerranéen (BOYELDIEU, 1990; PÉRON, 2006 et JENSEN et al., 2010). Selon CUBERO (1974), à partir de son centre d'origine, la fève s'est propagée vers l'Europe et a été généralement incluse dans les régimes alimentaires des habitants de la Chine, de l'Ethiopie et de l'Inde.

3. Intérêts cultureux de la fève

3.1. Intérêt agronomique

D'après HUIGNARD et *al.* (2011), la culture des légumineuses est la plus respectueuse de l'environnement puisque ce sont les seules plantes à assurer leur propre approvisionnement en azote grâce à l'activité de bactéries symbiotiques, du genre *Rhizobium*. De ce fait, la fève joue un rôle non négligeable dans l'enrichissement des sols en azote. Selon HAMADACHE (2003), elle améliore la teneur du sol en azote, avec un apport annuel de 20 à 40 kg/ha. Elle est aussi appréciée en tant que bon précédent cultural pour la céréaliculture, notamment, via les reliquats d'azote laissés (RACHEF et OUFFROUKHA, 2005).

V. faba améliore les prélèvements phosphatés chez le maïs qui lui est associé, comme elle améliore, grâce à ses sécrétions racinaires, la disponibilité du phosphore du sol pour le blé qui la succède (AL-GHAMDI et AL-TAHIR, 2001).

3.2. Intérêt alimentaire de *V. faba*

Assez riches en protéine (22-35%) (PERON, 2006), les graines de fève permettent un apport protéique important pour l'homme et les animaux (DAOUI, 2007; GOYOAGA et *al.*, 2011). Les teneurs élevées en amidon et en protéines (30%) lui donnent une valeur énergétique nette élevée, proche de celle du blé (CHAIEB et *al.*, 2011).

BRINK et MELESE-BELAY (2006) rapportent que *V. faba* est une excellente source de fibres alimentaires, d'énergie et glucides complexes. Elle est également riche en vitamines C, B1, B2 et E et en minéraux dont le calcium, le cuivre, le fer et le phosphore (GORDON, 2004).

4. Ressources génétiques de *Vicia faba* en Algérie

D'après PERON (2006), les différents cultivars se distinguent par la hauteur de la plante, la précocité, la grosseur des graines ainsi que leur comportement à l'égard de la longueur du jour pour la floraison.

Il existe quatre variétés de fève et de la féverole en Algérie (Fig. 2).

4.1. La Séville ou *Vicia faba major* L.

C'est une variété précoce présentant une tige de 0,70 m de haut et de longues gousses groupées par 2 et contenant 6 graines (PERON, 2006). Elle se distingue des autres variétés par la couleur de son feuillage d'un vert assez franc. Elle est cultivée pour l'alimentation humaine (LAUMONIER, 1979).

4.2. L'Aguadulce

C'est une variété demi-précoce à gousses très longues, renfermant 8 à 9 graines bien charnues et d'un assez fort volume ; c'est une variété très productive (LAUMONIER, 1979).

4.3. La Muchaniel

C'est une variété très précoce, elle possède des gousses, de 20cm de longueur, d'un vert clair contenant 5 à 6 grains blancs ; elle est très productive (CHAUX et FOURY, 1994).

4.4. La Sidi Moussa

Selon ZAGHOUE (1991), la variété Sidi Moussa a été sélectionnée à EL Harrach en 1965 et convient à tous les sols. Elle peut résister aux maladies fongiques (*Botrytis*), aux insectes (*Aphis fabae*), aux plantes parasites (*Orobanche sp.*) et aux nématodes.

4.5. La Féverole

La féverole (*Vicia faba var. minor*) est l'une des espèces les plus utilisées dans les régions montagneuses de notre pays, particulièrement en Kabylie, pour l'alimentation humaine et animale (ANNONYME, 2007). Cette culture possède un système racinaire pivotant et très puissant. Elle résiste à des températures de -5°C , elle n'est donc pas sensible aux faibles gelées printanières (THOMAS, 2008).



Variété Séville



Variété Aguadulce



Variété Muchaniel



Féverole

Figure 2. Variétés de la fève (*V. faba major* L.) et la féverole (*V. faba minor*) présentes en Algérie (MEZANI, 2011).

5. Situation de la culture de la fève

5.1. Production de la fève en Algérie

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

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

Campagne 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

Il en ressort de ces données que la superficie moyenne réservée pour la culture de la fève en Algérie est de 33300,6ha, 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 258985qx. 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 du rendement peuvent être expliquées, par la mauvaise conduite des cultures ainsi que les conditions climatiques.

5.2. Production de la fève dans la wilaya de Tizi-Ouzou

La culture de la fève s'étend sur de grandes surfaces dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Elle occupe une place très importante, dans l'art culinaire de cette région. Elle est cultivée soit par des agriculteurs dans le but de la commercialiser, le plus souvent traditionnellement dans des petits jardins destinés à l'autoconsommation.

Les données statistiques agricoles sur la superficie et la production de la fève dans la région de Tizi-Ouzou pour la décennie (2003-2013) sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2. Evaluation de la superficie et production de la fève dans la wilaya de Tizi-Ouzou (ANONYME, 2013).

Campagne agricole	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
2003 - 2004	890	9260	10,09
2004 - 2005	917	8124	9,13
2005 - 2006	674	7133	10,58
2006 - 2007	667	7388	11,08
2007 - 2008	675	7440	11,02
2008 - 2009	727	8415	11,57
2009 - 2010	803	10222	12,73
2010 - 2011	819	10016	12,22
2011 - 2012	835	11644	14
2012 - 2013	894	11313	12,65
Moyenne	790,1	9095,5	11,51

D'après le tableau 2, la superficie moyenne réservée pour la culture de la fève dans la wilaya de Tizi-Ouzou est de 790,1 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 9095,5 qx. Nous constatons également des fluctuations du rendement, qui présente une moyenne de 11,51 qx/ha.

Le rendement maximal est noté durant la campagne agricole 2011-2012, par contre le rendement minimal est enregistré durant l'année 2004-2005 avec 9,13 qx/ha, qui correspond à la plus importante superficie 917 ha. Cette grande variabilité du rendement peut être liée à plusieurs facteurs qui peuvent être d'ordre climatique, agro-technique et phytosanitaire.

5.2.1. Production et superficie agricole utile occupée par la fève par rapport aux autres légumineuses

Les données de la production et de la superficie agricole utile occupée par la fève, par rapport aux autres légumineuses dans la région de Tizi-Ouzou sont présentées dans le tableau 3.

Tableau 3. Production et superficie agricole utile occupée par les différentes légumineuses pendant la saison agricole 2012/2013 (ANONYME, 2013).

Espèces	Fèves	Pois chiches	Pois secs	Haricot secs	Lentilles	Total
Production (qx)	11313	815	218	350	57	12753
Superficie semée (%)	88	6,6	1,96	2,95	0,49	100

D'après le tableau ci-dessus, nous remarquons que la production de la fève est très importante (11313qx), par rapport à la production des autres cultures.

La plus grande superficie semée est occupée par la fève avec 88%, par rapport aux autres légumineuses cultivées. La fève est donc le légume le plus cultivé, d'où son importance dans notre pays en général et dans la région de Tizi-Ouzou en particulier.

6. Contraintes de la culture des fèves en Algérie

La production de la fève en Algérie est marginalisée, les rendements sont très médiocres même si la superficie est importante.

Cette situation est induite par la conjugaison de plusieurs contraintes, certaines peuvent affecter la totalité de l'aire de production.

6.1. Contraintes abiotiques

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 dans les plaines intérieures (MAATOUGUI, 1996).

La sécheresse est l'un des facteurs limitant la productivité des cultures dans le monde. Le déficit provisoire de l'eau peut se produire presque à n'importe quelle étape de la croissance partout où la fève est cultivée; en climat méditerranéen, la sécheresse se produit pendant la période de floraison (KHAN et *al.*, 2010). C'est une contrainte majeure aussi bien sur les hauts plateaux que sur les plaines littorales (MAATOUGUI, 1996).

La chaleur est le facteur le plus néfaste dans les zones sahariennes ainsi que dans les hauts plateaux et les plaines intérieures. Dans ces zones, les vents chauds (sirocco) dessèchent et affectent la production des gousses et limitent aussi la grosseur des graines (MAATOUGUI, 1996).

La salinité est un problème spécifique aux zones sahariennes dans lesquelles la fève est irriguée à l'aide de l'eau assez chargée en sodium (MAATOUGUI, 1996).

6.2 Les contraintes culturelles et socio-économiques**6.2.1. Les contraintes culturelles**

Malgré ses différents avantages, la culture de la fève ne suscite pas l'intérêt qu'elle mérite. Sa productivité moyenne est variable et faible à cause de sa conduite culturale traditionnelle (MAATOUGUI, 1996). Cette conduite est caractérisée par :

- L'utilisation d'un matériel végétal de faible productivité ;
- La régression des superficies;
- Le manque de semences certifiées;
- Le contrôle insuffisant des adventices;
- L'absence de mécanisation.

6.2.2. Les contraintes socio-économiques

Selon ZAGHOUE (1991), les contraintes socio-techniques rencontrées dans la culture de la fève sont nombreuses, il y a :

- Le manque de mains d'œuvres,
- Les difficultés dans le financement ;
- La concurrence des produits importés souvent de meilleure qualité et bien emballé;
- Les prix exorbitant et l'indisponibilité des intrants, tels que: les fertilisants, les herbicides et les pesticides.

6.3. Les contraintes biotiques

Les principales contraintes biotiques entravant une meilleure productivité chez la fève en Algérie sont :

6.3.1. Les plantes supérieures parasites

L'Orobanche est une plante holoparasite sans chlorophylle, qui dépend totalement de son hôte pour accomplir son cycle biologique (CUBERO et HERNANDEZ, 1991).

La fève émet des exsudats racinaires favorisant la germination et la levée de la graine d'Orobanche à partir du mois d'avril. Cette plante parasite émet des suçoirs au niveau de la racine de la fève et détourne la sève élaborée à son profit (AIT ABDELLAH et HAMADACHE, 1996).

La présence de cette plante occasionne des pertes considérables pouvant entraîner la destruction totale de la culture de fève (GRENZ et *al.*, 2005 ; ABBES et *al.*, 2010).

6.3.2. Maladies fongiques

D'après MESSIAEN (1981), les maladies des plantes peuvent être provoquées par des organismes de nature très diverses (virus, bactéries et champignons).

Les principales maladies fongiques affectant la fève sont :

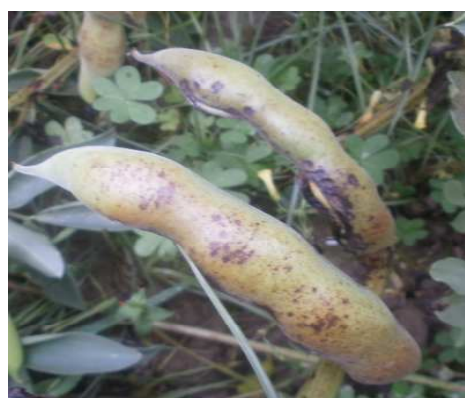
Le botrytis: la maladie des taches chocolatées causée par deux espèces de *Botrytis* : *B. fabae* et *B. cinerea* (Fig. 3a) est l'une des maladies les plus dévastatrices affectant la fève (FERNANDEZ-APARICIO et *al.*, 2011).

Selon BOYELDIEU (1991), elle se développe lorsque la température est douce et l'air humide. Les premiers symptômes sont des taches foncé-brunes invisibles, entourées par un anneau orange-brun sur les feuilles, les fleurs et les tiges. Elles finissent par provoquer des nécroses importantes à l'origine d'une chute précoce de feuilles. C'est lors de la floraison que la maladie est la plus nuisible, car elle provoque la coulure des fleurs (STODDARD et *al.*, 2010).

La rouille: est une maladie foliaire de la fève (Fig. 3b) causée par *Uromyces fabae* (BOYELDIEU, 1991). Elle se manifeste par la présence de petites pustules brun-rouilles sur les folioles (EMERAN et *al.*, 2011). Ces pustules finissent par recouvrir la totalité du feuillage et parfois des tiges, provoquant un dessèchement accéléré des plantes (PERON, 2006 ; STODDARD et *al.*, 2010).

L'antracnose: causée par *Ascochyta fabae*, la maladie se manifeste par des petites taches claires, qui évoluent en grosses taches sur les feuilles (Fig. 3c). Elle entraîne la mort des plants dès la levée et peut provoquer l'éclatement des tiges et des gousses (PLANQUAERT et GIRARD, 1987). Des semences atteintes constituent une source de propagation de cette maladie (BLANCARD et *al.*, 1991).

Le mildiou : les agents responsables de cette maladie sont *Peronospora fabae* et *Peronospora viciae*. Lors des attaques précoces, sur les plantes jeunes, le mildiou entraîne le nanisme et la déformation de la tige et des feuilles (CHAUX et FOURY, 1994), et un dessèchement de la partie terminale des plantes (BLANCARD et *al.*, 1991). Les attaques montrent la formation d'un feutrage gris à la face inférieure des folioles (STODDARD et *al.*, 2010). La maladie apparaît principalement à partir du début de la floraison jusqu'à la fin du développement des gousses (BOYELDIEU, 1991).

a. Le botrytis (*Botrytis fabae*)b. La rouille (*Uromyces fabae*)c. Feuilles et gousse de *V. faba* attaquées par l'anthracnose (*Ascochyta fabae*)**Figure 3.** Les différentes maladies de la fève (ORIGINALE, 2015).

6.3.3. Sensibilité aux déprédateurs

• Les nématodes

Ditylenchus dipsaci est un nématode qui constitue un sérieux problème sur les tiges de la fève en Algérie. Ce nématode provoque des gonflements et des déformations des tissus caulinaires ou bien des lésions qui virent au marron rougeâtre puis noires (SELLAMI et BOUSNINA, 1996).

• Les insectes

La fève est soumise à des attaques d'une gamme assez variée d'insectes qui limitent sa production, les plus répandus sont :

La Sitone du pois (*Sitona lineatus*) : c'est un charançon de 3,5 mm de long, de couleur brun-rougeâtre (BLANCARD et al., 1991), dont les larves consomment les nodosités ; les adultes s'attaquent aux feuilles sur lesquelles ils provoquent des encoches semi-circulaires sur le bord (AVERSENQ et al., 2008).

Le puceron noir du pois (*Aphis fabae*) est un homoptère de 2 mm de long avec un corps trapu. Il forme des colonies noir mat, disposé en manchon le long des tiges et principalement aux extrémités. Les prélèvements de sève provoquent un flétrissement des plantes, une moindre croissance et un avortement des fleurs (d'où une mauvaise fructification), ainsi qu'une déformation et une décoloration des tissus végétaux (AVERSENQ et al., 2008). *Aphis fabae* est l'une des espèces les plus polyphages qui soit : il peut évoluer sur plus 200 espèces de plantes. De plus, cet insecte peut transmettre plus de 30 virus pathogènes (BLACKMAN et EASTOP, 2007).

Le puceron vert de la fève (*Acyrtoriphon pisum*), ce gros puceron (Homoptera) de 3 à 6 mm suce la sève de la plante pour en extraire les éléments nutritifs dont il a besoin, et cause de pertes importantes de rendements en cas de pullulation (DIDIER et GUYOT, 2012), et peut même transmettre des virus qui tuent complètement la plante (BOUHACHEM, 2002). Il apparaît plus tardivement que le puceron noir et les deux espèces cohabitent sur tige et feuille (BOYELDIEU, 1991).

Le lixe poudreux des fèves (*Lixus algerus*), c'est un charançon (Coleoptera, Curculionidae), reconnu facilement par son corps souvent trapu et surtout ses pièces buccales transformées en une sorte de trompe, appelée rostre, qui supporte les antennes. Les symptômes sont des tiges cassées associées à un jaunissement et un flétrissement des feuilles du haut de la plante (MAOUI et al., 1990).

La bruche de la fève (*Bruchus rufimanus*) est un coléoptère Bruchidae noirâtre, de 3.5 à 5 mm de long (BOYELDIEU, 1991). Il est très préjudiciable pour la qualité des graines de la fève destinées à l'alimentation humaine ou à la production de semences. Il accomplit une partie de son cycle à l'intérieur des graines, qui se retrouvent trouées lors de la sortie des nouveaux adultes (BOUGHADAD, 1996). Une synthèse bibliographique sur cette espèce fera l'objet du second chapitre.

1. Introduction

D'après la classification moderne de LECOINTRE et LE GUYDER (2001), les bruches appartiennent à la famille des Chrysomelidae (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). Avec près de 1700 espèces, les bruches constituent un groupe assez peu diversifié au regard des 135000 espèces connues de coléoptères phytophages (JOHNSON, 1994). Ce sont des insectes extrêmement spécialisés (JOHNSON, 1981; DELOBEL et DELOBEL, 2003; KINGSOLVER, 2004).

Selon HUIGNARD et *al.* (2011), les Coléoptères Chrysomelidae Bruchinae sont des insectes séminivores qui se développent aux dépens des graines de légumineuses sauvages et cultivées. Les femelles vont chercher leur plante hôte, puis les gousses qui serviront de substrat de ponte et qui contiennent les graines où a lieu le développement larvaire. D'après JOHNSON (1981), il existe 33 familles végétales qui peuvent servir de plantes hôtes aux bruches, 84% d'entre elles sont des légumineuses.

Selon SERRANO (2013), les bruches se reconnaissent à leur corps de forme compacte, trapus, de petites tailles (4 mm en moyenne, bien que des espèces d'Amérique du sud atteignent 22mm), de couleur terne. Les larves molles, arquées, sont pourvus de mouvements ambulatoires, vivent aux dépens des graines de Fabacées (AYRAL, 1969; JOHNSON, 1981). Elles sont recourbées, blanches, dépourvues de pattes. Il y a généralement quatre stades larvaires au cours du développement post-embryonnaire (HOFFMANN et *al.*, 1962; HUIGNARD et *al.*, 2011).

Une vingtaine d'espèces de bruches sont économiquement nuisibles, car elles s'attaquent à des graines de légumineuses cultivées (DELOBEL et TRAN, 1993 ; TUDA, 2007). Plusieurs espèces du genre *Bruchus* s'attaquent ainsi aux cultures de la fève (*Vicia faba*), de la lentille (*Lens culinaris*) et du pois (*Pisum sativum*) en occasionnant principalement des dégâts aux champs (YUS RAMOS et *al.*, 2007). Les cultures de haricot commun (*Phaseolus vulgaris*) sont, quant à elles, préférentiellement attaquées par *Acanthoscelides obtectus* et *Zabrotes subfasciatus*, celles du pois chiche (*Cicer arietinum*) par *Callosobruchus chinensis* et celle du niébé (*Vigna unguiculata*) par *Callosobruchus maculatus*. Les dégâts qui en résultent peuvent avoir lieu au champ, mais les plus importants ont lieu dans les greniers de stockage (HUIGNARD et *al.*, 2011).

2. Présentation de la bruche de la fève

2.1. Origine et répartition géographique

Bruchus rufimanus serait originaire du Bassin Méditerranéen et plus particulièrement d’Egypte (BALACHOWSKY, 1962).

La bruche de la fève est un insecte cosmopolite dont les dégâts sont signalés dans toutes les parties du monde, particulièrement en Allemagne, au Japon, autour du Bassin Méditerranéen (HOFFMANN et LABERYRIE, 1962). KINGSOLVER (2004) signale sa présence en Amérique surtout en Californie et au Québec.

D’après BISHARA et WEIGAND (1991), ses dégâts sont signalés dans le continent asiatique. Elle est aussi présente aux Iles Canaries et au Maroc (HOFFMANN, 1945 ; BOUGHADAD, 1994).

2.2. Position systématique

Selon HOFFMANN et *al.* (1962); BUKEJS (2010), la systématique de la bruche de la fève est la suivante :

Embranchement	Arthropoda
Sous embranchement.....	Pterygota
Classe	Insecta
Section	Neoptera
Sous section	Endoptérygotes
Ordre	Coleoptera
Sous ordre	Phytophagae
Famille	Chrysomelidae (Bruchidae)
Sous famille	Bruchinae
Genre	<i>Bruchus</i>
Espèces	<i>Bruchus rufimanus</i> BOHEMAN (1833)

2.3. Description de *B. rufimanus*

2.3.1. Les œufs

Les œufs (Fig. 4) ont un aspect gélatineux de 0,5 mm de long et 0,25 mm de large, ils sont lisses et ne présentent pas d’ornementations visibles du chorion (DUPONT, 1990).



Figure 4. Morphologie du stade œuf de *Bruchus rufimanus* (Gx16) (ORIGINALE, 2015).

2.3.2. Les larves

Les larves de *B. rufimanus* mesurent 5 à 6 mm de long, caractérisées par une tête brune, un corps blanc légèrement jaunâtre et incurvé. Leur plaque pro-thoracique présente une série de dix dents (HOFFMANN, 1945; KINGSOLVER, 2004). Elles sont sub-cylindriques en forme de C. Leur couleur est d'un blanc ocre et la capsule céphalique est pigmentée. Elles sont ovales, hypognathes, rétractées et aplaties dorso-ventralement (CASARI et TEIXEIRA, 1997)

La larve néonate (Fig. 5a) est caractérisée par la présence de deux structures prothoraciques spécifiques : l'ovirupteur, et une épine située au-dessus du premier stigmate prothoracique, qui l'aident à sortir de l'œuf (DELOBEL & TRAN, 1993) .Elle est très mobile et elle peut percer des téguments très épais et durs de façon à pénétrer dans les graines (KINGSOLVER, 2004).

Selon YUS RAMOS et *al.* (2007), les stades larvaires suivants sont apodes et se développent dans la graine (Fig. b, c, d).

Les larves L₄ se transforment en nymphe dans la graine à l'intérieur d'une galerie tapissée d'acide urique (HUIGNARD et *al.* 211).

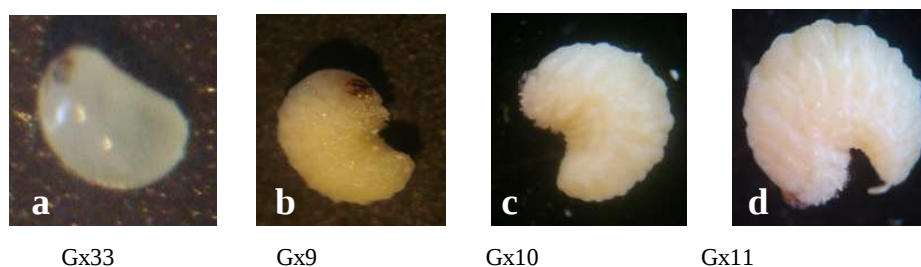


Figure 5. Morphologie des stades larvaires L1 (a), L2 (b), L3 (c) et L4 (d)(ORIGINALE, 2015).

2.3.3. Les nymphes

La nymphe (Fig. 6) est de couleur blanc crème et ressemble à l'adulte, mais n'a pas encore acquis sa couleur brune. La tête n'est partiellement visible que d'en haut (CASARI et TEIXEIRA, 1997).

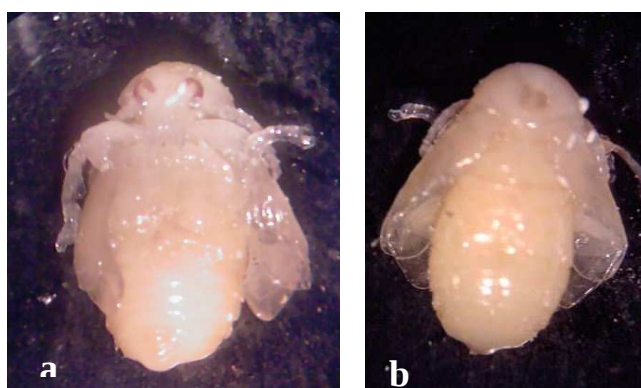


Figure 6. Morphologie du stade nymphal de *B. rufimanus* (Gx10), face ventrale (a) et face dorsale (b) (ORIGINALE, 2015).

2.3.4. Les adultes

Selon HOFFMANN (1945) et YUS RAMOS (1976), les adultes de *B. rufimanus* (Fig. 7) mesurent en longueur 3 à 5 mm. Leur largeur est de 1.7 à 2.9 mm (KINGSOLVER, 2004; YUS RAMOS et *al.*, 2007).

HOFFMANN (1945) signale qu'ils présentent un prothorax un peu plus long au niveau de la base que large, avec une tache blanche très vague devant l'écusson. Les élytres sont bruns avec des taches blanches et le tibia intermédiaire est roussâtre (AYRAL, 1969). Les pattes sont antérieures entièrement jaunes et les pattes médianes et postérieures sont noires. Le tibia postérieur est muni d'une grande pointe à l'angle interne, le pygidium est de couleur gris pâle (HOFFMANN, 1945).

BOUGHADAD (1994) rapporte que la distinction entre le mâle et la femelle est basée, comme chez les autres Bruchidae, sur l'examen du dernier segment abdominal, largement échancré par le pygidium chez le mâle, ce dernier segment est entier chez la femelle. De même l'orifice génital est plus apparent chez le mâle que chez la femelle (Fig. 8).



Figure 7. Morphologie des adultes de *B. rufimanus* (Gx8) (ORIGINALE, 2015).

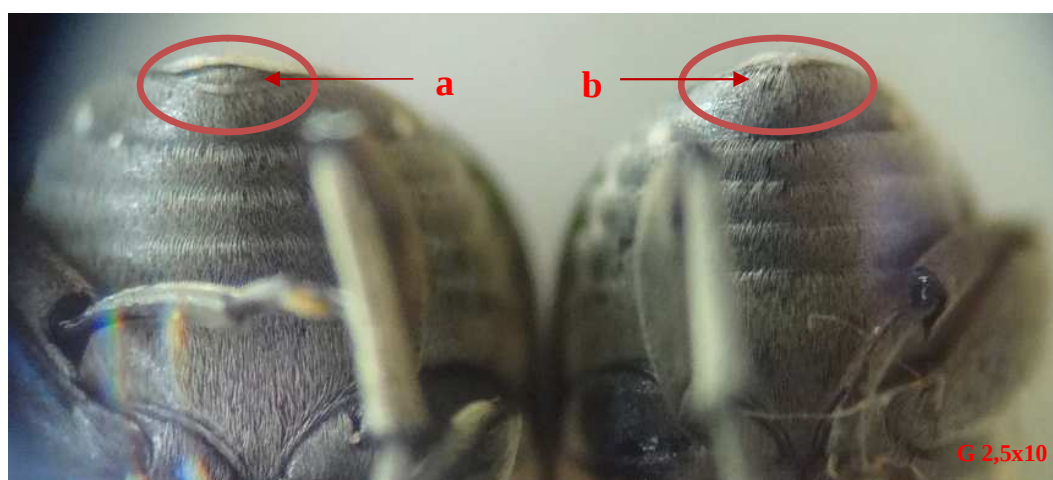


Figure 8. Dimorphisme sexuel des adultes de *B. rufimanus* : le mâle (a) et la femelle (b) (ORIGINALE, 2015).

3. Biologie de *B. rufimanus*

La bruche de la fève est un insecte spécialiste monovoltin selon la définition de BALACHOWSKY (1962). Il se développe, en culture et non dans les grains stockés, aux dépens des légumineuses du genre *Vicia* ; *Vicia faba* représente sa principale plante hôte.

Les adultes sont en diapause reproductive et trouvent refuge dans les bois ou les écorces d'arbre (YAO et YANG, 1985; HUIGNARD et *al.*, 1990 ; TRAN, 1992; CHAKIR, 1998). La diapause est marquée par un arrêt du développement des organes reproducteurs donc par un arrêt de l'activité reproductrice et s'accompagne de modifications éthologiques, physiologiques, anatomiques et biochimiques complexes (DENLINGER et *al.*, 2005). D'après TRAN (1992), les organes reproducteurs des femelles en diapause chez la bruche sont non fonctionnels et aucune phase de vitéllogénèse n'est observée. Chez les mâles, la lumière des glandes annexes ne contient pas de sécrétion et leur diamètre est inférieur à celui des mâles sexuellement actifs. De même, les travaux de MEDJDOUB-BENSAAD et *al.* (2011) sur le dosage des protéines totales et de la 20-hydroxyecdysone dans l'hémolymph de *B. rufimanus*, durant les périodes de diapause et l'activité reproductrice montrent que durant la période de diapause, la quantité élevée de protéines totales à l'émergence se maintient durant les 6 mois de diapause (de septembre à février) et diminue en mars aussi bien pour les mâles que pour les femelles.

Les adultes quittent leur lieu d'hivernation en avril/mai pour coloniser les cultures en fleur (MEDJDOUB-BENSAAD, 2007). Selon HUIGNARD et *al.* (2011), 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 du pollen de la féverole permet la maturation sexuelle et stimule le comportement reproductif des Bruchidae. En effet, selon HUIGNARD et *al.* (2011), elles explorent les différentes parties de la plante durant la journée et consomment d'importantes quantités de pollen et de nectar (Fig. 9). Elles deviennent progressivement sexuellement actives; elles s'accouplent puis commencent à pondre (Fig. 10).

HUIGNARD et *al.* (2011) signalent que les bruches pondent sur les gousses dès leur apparition, 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. Les femelles ne déposent des œufs que sur les gousses vertes (BOUGHADAD, 1994).

Après l'émission des œufs par les femelles de *B. rufimanus* sur les gousses de *V. faba* et après développement embryonnaire, la larve néonate pénètre le péricarpe de la jeune gousse en formation et se développe parallèlement à l'évolution de la graine.

Cette larve subit les différentes mues jusqu'à atteindre le stade adulte (DUPONT et HUIGNARD, 1990 ; HUIGNARD *et al.*, 2011).



Figure 9. *Bruchus rufimanus* sur fleur et feuille de *Vicia faba* (ORIGINALE, 2015).



Figure 10. L'accouplement chez *B. rufimanus* (ORIGINALE, 2015).

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

D'après BERNE et DARDY (1987), chez *B. rufimanus* c'est la larve qui cause les dégâts à l'intérieur des graines de *V. faba* (Fig. 11). En effet, les larves constituent l'état nuisible de la bruche car elles s'alimentent au dépens des réserves cotylédonaire des graines (MOUHOUCHE, 1997).

La bruche de la fève occasionne des pertes pondérales en fonction de l'intensité de l'infestation des graines et le nombre des bruches adultes développées par graine (BOUGHADAD, 1996). En effet, les pertes moyennes en poids sec des cotylédons sont évaluées à 2.84 % avec un seul adulte par graine, 5.87% avec deux adultes par graine, 8.27% avec trois adultes par graine et à 14.5% avec cinq adultes par graine (BOUGHADAD, 1994 et 1996).

Le pouvoir germinatif des graines attaquées est très fortement diminué par les galeries larvaires comme le signalent HOFFMANN et LABERYRIE (1962). Il n'est plus que de 60 % lorsqu'il existe une seule galerie larvaire et que de 45 % quand on observe deux. MEDJDOUB-

BENSAAD (2007) rapporte que le taux de germination diminue au fur et à mesure que le nombre de bruches 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 3 bruches.

De plus, la perforation des grains entraîne des attaques importantes par des germes pathogènes (GAIN, 1978). Par les déchets qu'ils produisent dans les graines, l'échauffement et le dégagement de vapeur d'eau qu'ils occasionnent par leur respiration, les insectes tendent à créer un milieu favorable au développement des micro-organismes qui vont accélérer le processus de dégradation (FLEURAT-LESSARD, 2011).

Bruchus rufimanus provoque la dépréciation gustative et la qualité commerciale des graines de *V. faba* (BALACHOWSKY, 1962).



Figure 11. Les dégâts causés par *B. rufimanus* sur les graines *V. faba* (ORIGINALE, 2015).

5. Méthodes de lutte contre *B. rufimanus*

Face à l'ampleur des dégâts causés par les bruches, une panoplie de méthodes sont utilisées pour éradiquer ce ravageur potentiel des graines de fèves ou au moins maintenir le niveau des attaques à un seuil économiquement acceptable.

5.1. Techniques culturales

Les méthodes de lutte préventive ont pour but de réduire, aux champs, l'infestation des gousses.

Pour lutter contre *B. rufimanus*, il est préconisé de ne pas répéter trop souvent la culture de la fève ou fèverole dans le même terrain, d'utiliser des graines saines ou les désinsectiser, de maintenir les locaux de stockage clos ou piéger les adultes à leur sortie ou semer les graines âgées de deux années (BALACHOWSKY, 1962 ; MEDJDOUB-BENSAAD, 2007).

Selon LIENARD et SECK (1994), les associations culturales entre une céréale et une légumineuse telles qu'elles sont pratiquées en Amérique du Sud et en Afrique peuvent limiter la contamination des gousses de légumineuses par les Bruchidae.

5.2. Lutte chimique

En raison de son efficacité et de son application facile et pratique, l'utilisation des produits chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée pour lutter contre les champignons et les insectes ravageurs des légumineuses (MAGANET et OLSEN, 2004).

Selon FLEURAT-LESSARD (2011), la lutte contre *B. rufimanus* passe par un traitement au champ avant la récolte au moment de la floraison ou au début de la formation des gousses (fructification) avec des insecticides à durée d'action prolongée comme la deltaméthrine, la cyperméthrine.

DUPONT (1990) préconise deux traitements insecticides au cours de la phase de fructification : un traitement au début de la phase de fructification, lorsque les gousses sont vertes, un second traitement 8 jours plus tard afin de détruire les adultes présents dans les cultures.

Selon UPADHYAY et AHMAD (2011), lors du stockage, la fumigation est un traitement insecticide curatif qui consiste à introduire un gaz dans une enceinte bien étanche et l'y maintenir à une concentration suffisante pendant un temps donné pour permettre la diffusion de celui-ci à travers toute la masse du grain. Son grand pouvoir pénétrant permet d'éliminer les formes cachées du ravageur (larves et nymphes).

Malheureusement, leur emploi est limité par de nombreuses contraintes, telles que leur coût élevé, les risques pour la santé humaine et animale encourus lors de leur utilisation ainsi que les résidus laissés dans les denrées (LIENARD et SECK, 1994).

5.3. Alternatives à la lutte chimique

Face aux nuisances de la lutte chimique et en dépit des succès enregistrés, plusieurs autres formes de lutte ont été développées.

5.3.1. Résistance variétale

L'utilisation de variétés résistantes permet de réduire le taux d'infestation des graines par la bruche. A cet effet, EBADAH et *al.* (2006) ont décrit la susceptibilité de six variétés de fève (Giza 714, G 716, G 843, G 429, G 643 et G 461) à l'infestation par *B. rufimanus* ; ils ont constaté que Giza 716 est la variété la plus résistante avec un faible taux d'infestation de 13,4%.

En Algérie, MEZANI (2011) a décrit la susceptibilité de la fèverole et de trois variétés de fève (Séville, Aguadulce, Muchaniel) à l'infestation par *B. rufimanus*. Il a constaté que la fèverole est la variété la plus résistante avec un faible taux d'infestation de 0.98%.

5.3.2. Lutte physique

Par divers procédés, il est possible de jouer sur la sensibilité des ravageurs aux radiations, aux températures extrêmes ainsi qu'à la teneur en oxygène et en dioxyde de carbone.

L'irradiation est un procédé qui permet de tuer tous les stades de développement de l'insecte à des doses élevées ou d'induire une stérilisation à des doses faibles. Les radiations X et Gamma ont un pouvoir de pénétration élevé entraînant une stérilité et une perturbation de la biologie de l'insecte (LIENARD et SECK, 1994).

Selon BALACHOWSKY (1962), la diminution de l'humidité des graines de fève après passage au four à une température comprise entre 55 et 60°C pendant 30mn, défavorise le développement des bruches, même si elles ne sont pas tuées à la sortie du four. L'exposition des bruches à des froids intenses (- 10 à - 30°C) pendant un temps court entraîne la mort des larves dans les graines (LEVOI et *al.*, 1990).

5.2.3. Lutte biologique

Le principe consiste à introduire dans le milieu de vie du ravageur un prédateur, un parasitoïde ou un microorganisme pathogène pour contrarier son développement ou le tuer. Les microorganismes (champignons, protozoaires, bactéries, virus) induisent des maladies chez les ravageurs (CAMARA, 1997).

D'après HOFFMANN (1945), les ennemis naturels de la bruche de fève sont peu nombreux. CHITHENDEN (1912) cité par BALACHOWSKY (1962) signale trois hyménoptères Braconidae parasites de *B. rufimanus*: *Sigalphus pallipes* Nees., *S.thoracicus* Curt., *Chremylus rubiginosus* Nees. En Algérie, LUCA (1965) rapporte la destruction des larves de *B. rufimanus* par *Triaspis thoracicus* (Hymenoptera: Braconidae).

Dans la région de Tizi-Ouzou, MEDJDOUB-BENSAAD (2007) signale que *Triapsis luteipes* (Hymenoptera: Braconidae.) réduit l'action du ravageur, avec un taux de parasitisme de 3,31 %, 7,44 % et 0,9 % noté durant les années agricoles 2002, 2003, 2004 respectivement.

5.3.4. Lutte par les plantes ou phytothérapie

Les stratégies de gestion des ravageurs des cultures et des denrées stockées, fondées sur l'utilisation de substances botaniques et de molécules végétales suscitent un intérêt qui va grandissant, et de nombreux travaux s'attachent à découvrir les propriétés insecticides de bon nombres d'espèces végétales (HUIGNARD et *al.*, 2011). Ces biopesticides se présentent sous plusieurs formes : extraits aqueux (AOUINTY et *al.*, 2006), extraits organiques (REGNAULT-ROGER et *al.*, 1993), huiles végétales (KELLOUCHE, 2005), poudres végétales (GOUCEM-KHELFANE, 2014) et huiles essentielles.

Les huiles essentielles sont des substances très volatiles et aromatiques contenues dans les différentes parties de la plante. Il peut s'agir de l'écorce, graines, feuilles, fleurs, racines et bois. Elles sont le plus souvent extraites par un entraînement à la vapeur d'eau ou par expression à froid (ILBOUDO, 2009).

CHIASSEON et BELOIN (2007) les définissent comme étant des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyens de défense contre les ravageurs phytophages.

Ces extraits contiennent en moyenne 20 à 60 composés qui sont pour la plupart des molécules peu complexes, soit des monoterpènes avec leurs phénols reliés ou des terpènes plus complexes, dont les sesquiterpènes. Bien qu'elles soient appelées huiles, ces substances ne contiennent aucun corps gras.

Un très grand nombre de plantes aromatiques d'origines géographiques différentes est étudié et ont révélé des effets biocides contre divers ravageurs de cultures et même contre les bactéries et les champignons (AMARTI et *al.*, 2010; LAIB, 2012; PARA et *al.*, 2012). Selon GUEYE et *al.* (2011), elles sont utilisées pour leurs effets répulsif, de contact ou inhalatoire.

L'efficacité des huiles essentielles des plantes méditerranéenne a été testée. Il apparaît qu'elles exercent un effet protecteur sur les graines de légumineuses soit en provoquant la mort de l'insecte, soit en inhibant sa reproduction (HUIGNARD et *al.*, 2011). Des plantes odorantes, appartenant à différentes familles -Myrtaceae, Poaceae, Umbelliferae, Lauraceae, Myristicaceae- manifestent cette activité. Les Lamiaceae sont les plus efficaces; c'est notamment le cas du thym et de serpolet (*Thymus vulgaris* L., *Thymus serpyllum* L.), du romarain (*Rosmarinus officinalis* L.) et de l'origan (*Origanum vulgare* L.) à l'égard des adultes *Acanthoscelides obtectus* (REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI, 1993). Les huiles essentielles de *Pogostemon heyneanus* (Solanaceae), d'*Ocimum basilicum* (Lamiaceae), et d'*Eucalyptus* sp. (Myrtaceae) ont montré une activité insecticide à l'égard du charançon du riz *Sitophilus oryzae*, du tribolium rouge de la farine *Tribolium castaneum* et de la bruche du pois chiche *Callosobruchus chinensis* (DESPHANDRE et *al.*, 1974). Les extraits de *O. basilicum* obtenus par hydrodistillation causent jusqu'à 80% de mortalité de *Callosobruchus maculatus* lorsque les huiles sont utilisées en fumigation. L'analyse chromatographique identifie les monoterpènes comme étant les composés majoritaires de ces huiles (KEITA et *al.*, 2001). Le linalool, très abondant chez la coriandre (*Coriandrum sativum*) est le composé le plus toxique sur *A. obtectus* (REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI, 1995).

Le mode d'action des huiles essentielles est de mieux en mieux connu chez les insectes. Les huiles essentielles ont des effets antiappétants, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes et acariens. REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI

(1995) ont observé l'effet du linalool, du thymol et du carvacrol sur la fécondité et le nombre d'œufs pondus par la bruche du haricot. Il y a eu également inhibition complète de la pénétration des larves dans les grains traités par le linalool et le thymol. De plus, ce dernier produit s'est avéré inhibiteur de l'émergence des adultes.

Selon HUIGNARD (2013), les huiles essentielles sont des mélanges de monoterpènes qui agissent sur les neurones à plusieurs niveaux :

Ils peuvent modifier l'activité électrique des membranes des neurones qui ne sont plus excitables. De ce fait, les informations ne sont plus transmises du cerveau vers les organes. Le linalool et l'estragol contenus dans l'huile essentielle de basilic (*O. basilicum*) agissent de cette façon.

Ils peuvent agir au niveau des synapses en empêchant la transmission de l'influx nerveux d'un neurone. L'eugénol produit par les boutons floraux du giroflier (*Syzygium aromaticum*, Myrtacées) se fixe sur les récepteurs de l'octopamine qui est un neurotransmetteur spécifique des invertébrés et l'empêche d'agir.

Les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des insectes et acariens à corps mou. Le rôle de la cuticule est de prévenir les pertes hydriques. Elle est sécrétée par l'épiderme et comporte plusieurs couches dont la couche externe, composée de cires donnant les propriétés hydrofuges à la cuticule. Les molécules de cette couche cireuse présentent une rangée de groupes aliphatiques vers l'extérieur créant ainsi une couche hydrofuge et imperméable (WIGGLESWORTH, 1972). La nature lipophile de l'huile essentielle peut dégrader la couche cireuse et causer des pertes en eau. Les trachées et les sacs d'air des insectes sont enduits de cette couche cireuse et sont affectés par l'huile essentielle ce qui peut entraîner l'asphyxie (CHIASSEON et BELOIN, 2007).

Les travaux expérimentaux sont réalisés dans le laboratoire d'Entomologie de l'Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, durant le mois de décembre 2014 jusqu'au mois d'avril 2015.

1. Matériel et méthodes

1.1. Matériel biologique

1.1.1. Les bruches

Notre expérimentation est réalisée sur des adultes mâles et femelles de la bruche de la fève *B. rufimanus* diapausants et non diapausants. Les individus diapausants, nous proviennent des graines d'un stock de 90kg de fève *Vicia faba* variété major, récoltées au champ dans la région de Tizi-Ouzou durant l'année agricole 2013-2014. Des adultes de *B. rufimanus* non diapausants sont récoltés dans six champs de fève dans la région de Tizi-Ouzou, pendant la période de floraison et de fructification de *V. faba*.

1.1.2. Les huiles essentielles

Les huiles essentielles du thym *Thymus zygis* L. (Lamiacées), de la menthe poivrée *Mentha piperita* L. (Lamiacées), de l'orange douce *Citrus sinensis* L. (Rutacées) et du pamplemousse *Citrus paradisi* L. (Rutacées) proviennent de France.

- **L'huile essentielle thym *Thymus zygis* L.**

Selon BOUGUET (2009), le genre *Thymus* (Lamiacées) comporte environ 215 espèces. C'est un arbuste odorant qui pousse spontanément dans la région méditerranéenne (PADRINI et LUCHERONI, 2006).

Thymus zygis L. est une plante de taille réduite de 10 à 30 cm, avec des tiges dressées ou couchées pourvus de petites pilosités. C'est une plante vivace rampante ou en coussinet à limbe entier, portant de petites fleurs rose pâles ou blanches. L'inflorescence formée, au moins dans sa partie supérieure, de glomérules rapprochés en forme de capitule ou d'épi dense (PADRINI et LUCHERONI, 2006).

Les huiles essentielles de thym sont largement utilisées comme agents antiseptiques dans plusieurs domaines pharmaceutiques et comme aromatisants pour de nombreux types de produits alimentaires (BOUGUET, 2009).

L'huile essentielle de thym testée est obtenue par la distillation à la vapeur d'eau de la partie aérienne fleurie. Elle se présente sous forme d'un liquide limpide de couleur jaune clair à jaune orangé avec une odeur agreste et herbacée (HUETE, 2012). Selon MOLDOO-MARTIN et al. (1998), elle est principalement riche en Thymol (31%) et en carvacrol (23%), en Geraniol (13%), et en Linalool (5%).

- **L'huile essentielle de la menthe poivrée *Mentha piperita* L.**

Appartenant à la famille des Lamiacées, la menthe poivrée serait issue d'un croisement entre *M. aquatica* et *M. spicata* (ANIMESH et *al.*, 2011). C'est une plante vivace à rhizome qui se propage sous terre, par des stolons. Ses feuilles mesurent de 4 à 10cm de long, elles sont ovales, de couleur vert foncé et se teignent de nuances rougeâtres au soleil et de rouge cuivre à l'ombre. Elles sont couvertes de gros poils sécréteurs arrondis dans lesquels s'accumulent les substances volatiles odorantes. Ses tiges sont violacées de section carrée. C'est une plante très aromatique qui préfère les sols frais et humides, bien drainés et humifères (AUBINEAU et *al.*, 2002).

L'huile essentielle de la menthe poivrée est obtenue par hydrodistillation des feuilles. Elle se présente sous forme d'un liquide limpide de couleur jaune clair avec une odeur agréable de menthe verte (ANIMESH et *al.*, 2011). Selon les mêmes auteurs, elle est majoritairement composée du menthol (37.9 %), menthone (12.7%).

- **L'huile essentielle du pamplemousse *Citrus paradisi* L.**

Originaire d'Asie, *Citrus paradisi* est un arbre, de forme arrondie, qui peut atteindre 6 à 12 m de hauteur (GUPTA et *al.*, 2011). Cet arbre produit de grandes feuilles vertes persistantes luisantes et coriaces. En forme de fuseau, elles sont portées par un pédoncule ailé. Ses fleurs blanches et cireuses, s'épanouissent à l'aisselle des feuilles, isolées en grappe. Les fleurs fécondées donnent des fruits ronds, largement aplaties, de 8 à 24cm de diamètre, leur couleur varie selon les variétés (PADRINI et LUCHERONI, 2006).

L'extraction de l'huile essentielle du pamplemousse testée est faite par pression à froid au laboratoire Sanoflore de France, la partie distillée étant le zeste des fruits. Elle est composée principalement de limonène (81.6%) et de p-cymène (3.6%) (GUPTA et *al.*, 2011).

- **L'Orange douce *Citrus sinensis* L.**

D'une hauteur de 2 à 3 m et d'une durée de vie de 300 à 400 ans, les orangeries prospèrent dans les régions tempérées disposant d'un hiver doux (HUETE, 2012). L'orange douce (*Citrus sinensis*) est un arbre, pouvant atteindre 10 m de hauteur, avec des feuilles persistantes ovales, longue de 3 à 12 cm légèrement ailée et d'un vert sombre. Les fleurs sont blanches très parfumées (ETEBU, et *al.*, 2014).

L'huile essentielle de l'orange douce utilisée est obtenue par pression à froid du zeste des fruits, au niveau du laboratoire de Sanoflore de France. Elle est de couleur jaune-orange et possède un parfum doux et fruité. Elle est majoritairement composée d'un monoterpène, le limonène (90.0%) (EL AKHAL et *al.*, 2014).

1.2. Méthodologie

L'objectif de ce travail est l'étude de l'effet toxique de quatre huiles essentielles sur des adultes mâles et femelles diapausants de *B. rufimanus* à travers trois modes d'action (contact, inhalation et répulsion). Pour les non diapausants, récoltés du terrain, seul le test par contact est effectué et ce pour les huiles essentielles de la menthe poivrée et celle du thym.

1.2.1. Traitement par contact

1.2.1.1. Evaluation de l'effet toxique sur les adultes diapausants

Le traitement est fait avec l'huile de la menthe poivrée et celle du thym à des doses de 2µl, 4µl, 6µl, 8µl et 10µl. Après des tests préliminaires, des doses plus élevées sont utilisées pour l'huile essentielle de l'orange douce et celle du pamplemousse soit, 15 µl, 18 µl, 21 µl, 24 µl, 27 µl. Pour favoriser sa diffusion dans le milieu de traitement, la charge d'huile est prélevée à l'aide de micropipettes (0.5-10 µl et 10-100 µl), déposée sur une rondelle de papier filtre placée au fond d'une boîte de Pétri (60 mm de diamètre). Toutes les doses utilisées sont diluées respectivement dans 0.1ml d'acétone pour que la répartition d'huile soit homogène (Fig. 12).

Nous laissons l'acétone s'évaporer, nous introduisons un lot de 10 individus adultes de *B. rufimanus* diapausants. Les mâles et les femelles sont traités séparément.

Des lots témoins (traités uniquement avec 0.1ml d'acétone) sont réalisés en parallèle. Quatre répétitions sont effectuées pour chaque dose et pour le lot témoin. L'ensemble des boîtes de Pétri est maintenu en conditions de laboratoire à une température de 20 à 25°C et une humidité de 60 à 84%.

Le dénombrement des individus morts est effectué au bout de 1h, 3h, 6h, 24h 48h, 72h d'exposition au traitement jusqu'à la mort de tous les individus. Les mortalités observées (M_0) sont exprimées en mortalités corrigées (M_c) en tenant en compte de la mortalité naturelle observée dans le lot témoin, après correction par la formule d'ABBOTT (1925):

$$M_c (\%) = [(M_0 - M_t) / (100 - M_t)] \times 100$$

1.2.1.2. Evaluation de l'effet toxique sur des adultes non diapausants

Nous procédons quatre fois par semaine à la capture des adultes de *B. rufimanus* présents dans les parcelles, le matin avant que la température ne dépasse 15°C, ce seuil correspond à la température d'activité imaginale de l'insecte (FRANSSSEN, 1956).

Les adultes sont recherchés à vue (manuellement) au niveau des fleurs et des feuilles, dans les cornets foliaires par écartement des jeunes feuilles situées à l'apex des tiges, et en utilisant un filet fauchoir pour les insectes en vol, pendant quatre heures de temps environ.

Vu le nombre insuffisant des adultes *B. rufimanus* récoltés pour l'ensemble des tests sur les champs, seul le traitement par contact a été effectué pour ces derniers. La même méthodologie a été adoptée et les paramètres ont été évalués que précédemment. Cependant, nous n'avons utilisé que les huiles essentielles du thym et celle de la menthe poivrée, avec les mêmes doses (2µl, 4µl, 6µl, 8µl et 10µl). Le dénombrement des adultes morts est effectué au bout d'h, 3h, 6h et 24h. Les mortalités sont ensuite corrigées par la formule d'ABOTT (1925). Aussitôt après la mort des bruches, celles-ci sont disséquées et les organes reproducteurs sont observés à la loupe binoculaire, afin de différencier les adultes sexuellement actifs et ceux en diapause reproductrice.

Chez les mâles, la présence des glandes annexes fonctionnelles est un critère qui permet de distinguer les mâles sexuellement actifs. Par contre, chez les femelles c'est la présence d'ovocytes, en cours de vitellogenèse dans les ovarioles, qui indique qu'il y a eu induction de l'activité ovarienne.

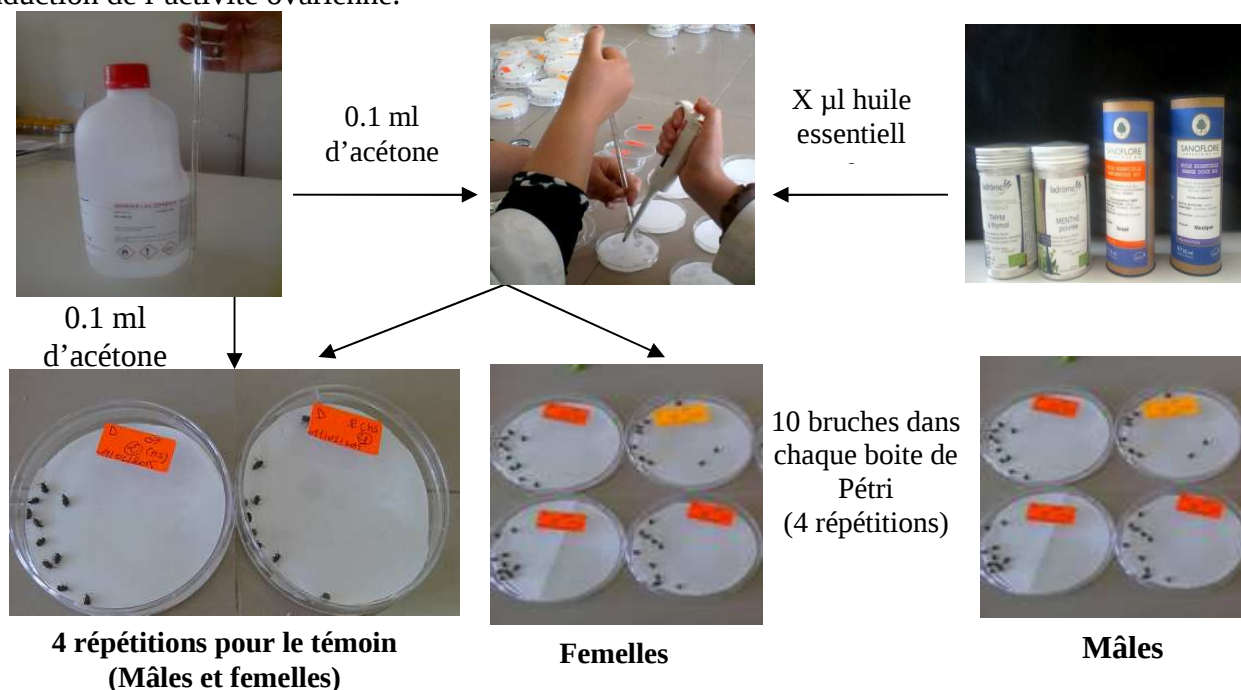


Figure 12. Test par contact effectué sur les adultes de *B. rufimanus* traités par différentes doses d'huile essentielle (ORIGINALE, 2015).

1.2.2. Traitement par inhalation

Ce test consiste à étudier l'effet par fumigation des quatre huiles essentielles sur la longévité des adultes de *B. rufimanus*.

Dans des bocaux en plastique de 750ml de volume, des bandes de papier filtre sont enroulées et fixées par un fil du côté interne du couvercle. Des doses de chaque huile 10 μ l, 20 μ l, 30 μ l, 40 μ l et 50 μ l sont injectées sur le papier filtre ; parallèlement un témoin n'ayant pas reçu d'huile, est réalisé.

Dix individus adultes mâles ou femelles sont mis rapidement dans des bocaux aussitôt fermés. Quatre répétitions sont effectuées pour chaque dose de chaque huile et pour le témoin.

Le dénombrement des individus morts est effectué au bout de 1h, 3h, 6h, 24h et 48h jusqu'à la mort totale des individus (Fig.13).

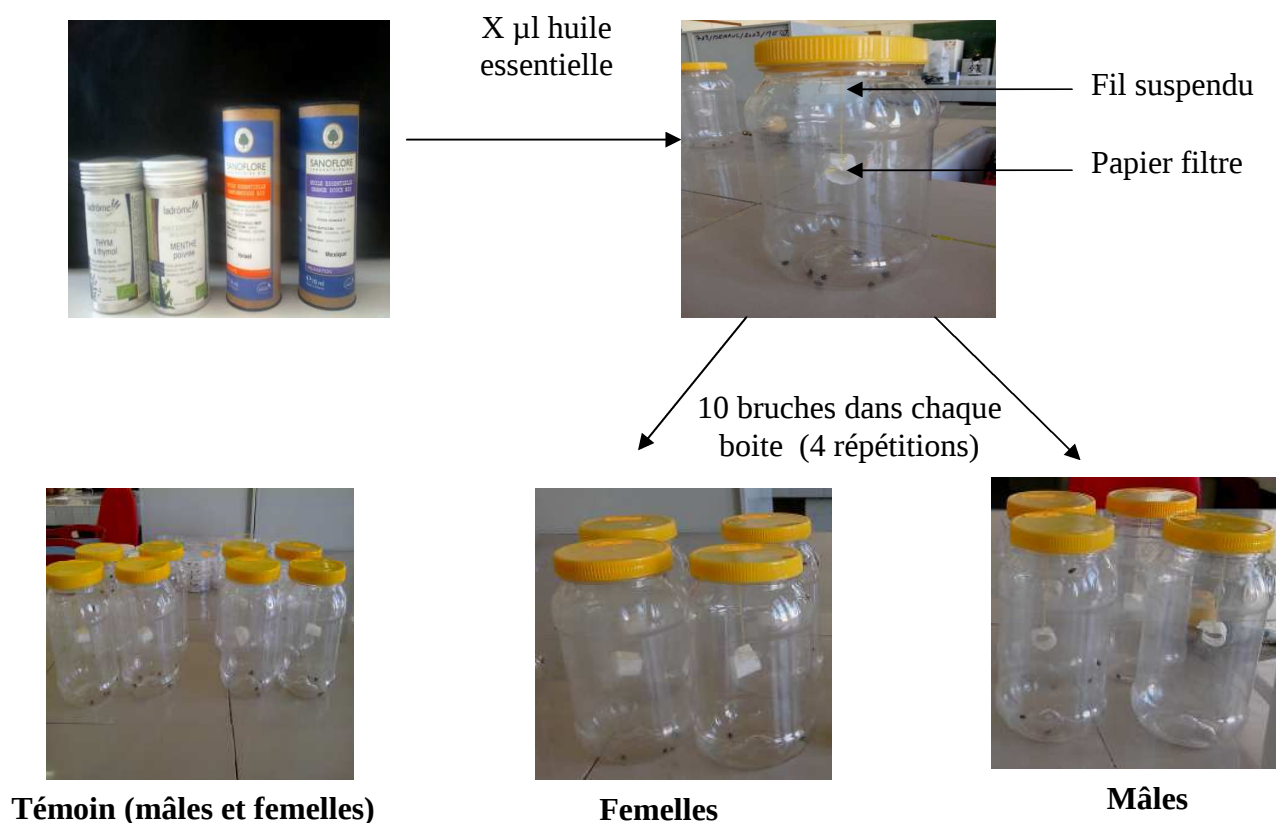


Figure 13. Test d'inhalation effectué sur les adultes *B. rufimanus* traités par différentes doses d'huile essentielle (ORIGINALE, 2015).

1.2.3. Traitement par répulsion

Ce test est réalisé pour évaluer l'effet répulsif des huiles essentielles par le calcul du pourcentage de répulsion de l'huile à l'égard de la bruche par la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre décrite par JILANI et SAXENA (1990).

Pour la réalisation de ce test, des disques de papier filtre de 11cm de diamètre, sont coupés en deux parties égales, une partie est traitée à l'huile plus l'acétone et l'autre moitié traitée uniquement avec de l'acétone.

Des doses de 2µl, 4µl, 6µl, 8µl et 10µl sont utilisées pour l'huile essentielle de la menthe poivrée et celle du thym. Pour l'orange douce et le pamplemousse, elles sont de 15 µl, 18 µl, 21 µl, 24 µl et 27 µl. Toutes les doses sont diluées dans 0.1ml d'acétone pour chaque huile, pour que la répartition soit homogène sur le papier filtre.

La solution dose huile + acétone est uniformément répartie sur un demi-disque du papier filtre et l'autre demi-disque reçoit de l'acétone uniquement 0.1ml. Après évaporation du solvant, les disques sont reconstitués à l'aide d'une bande adhésive et placés dans des boîtes de Pétri.

Dix individus adultes mâles et dix femelles de *B. rufimanus* sont déposés sur le papier filtre au milieu des boîtes de Pétri. Quatre répétitions sont réalisées pour chaque dose d'huile essentielle.

Après une demi-heure de traitement, le dénombrement des bruches présentes sur les deux demi disques est réalisé (Fig.14).

Le pourcentage de répulsion (PR) est ainsi calculé selon la formule utilisée par NERIO et al. (2009) :

$$PR (\%) = [(Nac-Nh) / (Nac+Nh)] \times 100$$

Nac: Nombre de bruches présentes sur le demi disque traité avec l'acétone.

Nh: Nombre de bruches présentes sur le demi-disque traité avec la solution huileuse.

Le pourcentage moyen de répulsion (PR) pour l'huile est calculé et attribué à l'une des différentes classes répulsives variant de 0 à V (MC DONALD et al., 1970), qui sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4. 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	$40\% < PR \leq 60\%$	Répulsif moyennement
Classe IV	$60\% < PR \leq 80\%$	Répulsif
Classe V	$80\% < PR \leq 100\%$	Très répulsif

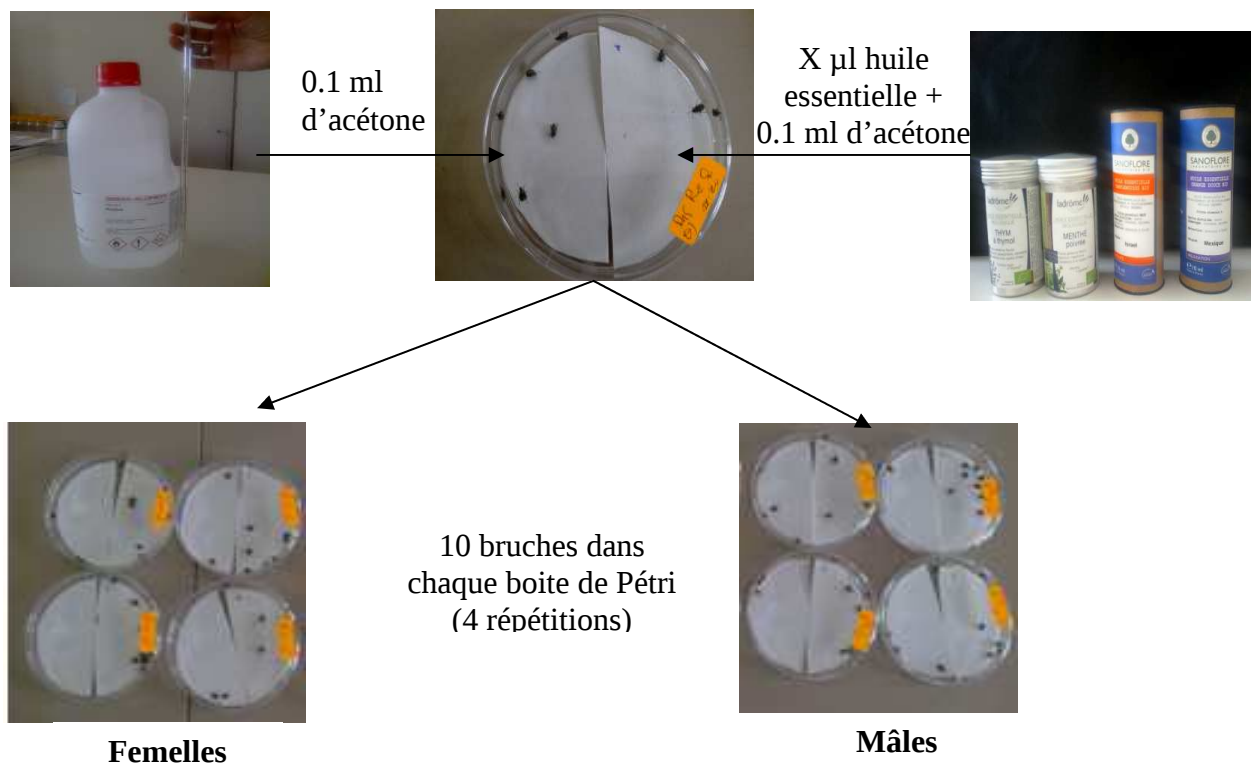


Figure 14. Test par répulsion effectué sur les adultes *B. rufimanus* traités par différentes doses d'huile essentielle (ORIGINALE, 2015).

1.3. L'analyse statistique

Les résultats obtenus lors des différents essais, sont soumis à une analyse de la variance au seuil $P=5\%$ en utilisant le logiciel STAT BOX version 6,3. Lorsque la probabilité (P) est :

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

$P < 0.05$: les variables montrent une différence significative.

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

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

Dans le cas où les différences s'avèrent significatives, nous faisons appel au test de comparaison des moyennes de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% afin de déterminer les groupes homogènes.

1. Evaluation de l'effet biocide des huiles essentielles par contact

1.1. Action sur les adultes diapausants

1.1.1. Les huiles essentielles de la menthe poivrée et du thym

Les résultats obtenus montrent que le taux de mortalité des adultes diapausants évolue proportionnellement avec la dose des huiles essentielles testées et la durée d'exposition (Fig. 15). Dès la dose la plus faible (2 μ l) les huiles essentielles montrent un effet toxique qui s'exprime avec 100% de mortalité après 72h pour la menthe poivrée sur les mâles et 96h sur les femelles. Pour l'huile essentielle du thym, le taux de mortalité maximal est enregistré après 96h d'exposition pour les mâles et les femelles.

Les huiles de la menthe poivrée et du thym utilisées aux doses 2 ; 4 ; 6 ; 8 et 10 μ l ont montré des valeurs de mortalité totales des mâles et des femelles de *B. rufimanus* après 24h d'exposition, à la plus forte dose (10 μ l).

Les mâles semblent être plus sensibles que les femelles, dès les plus faibles doses.

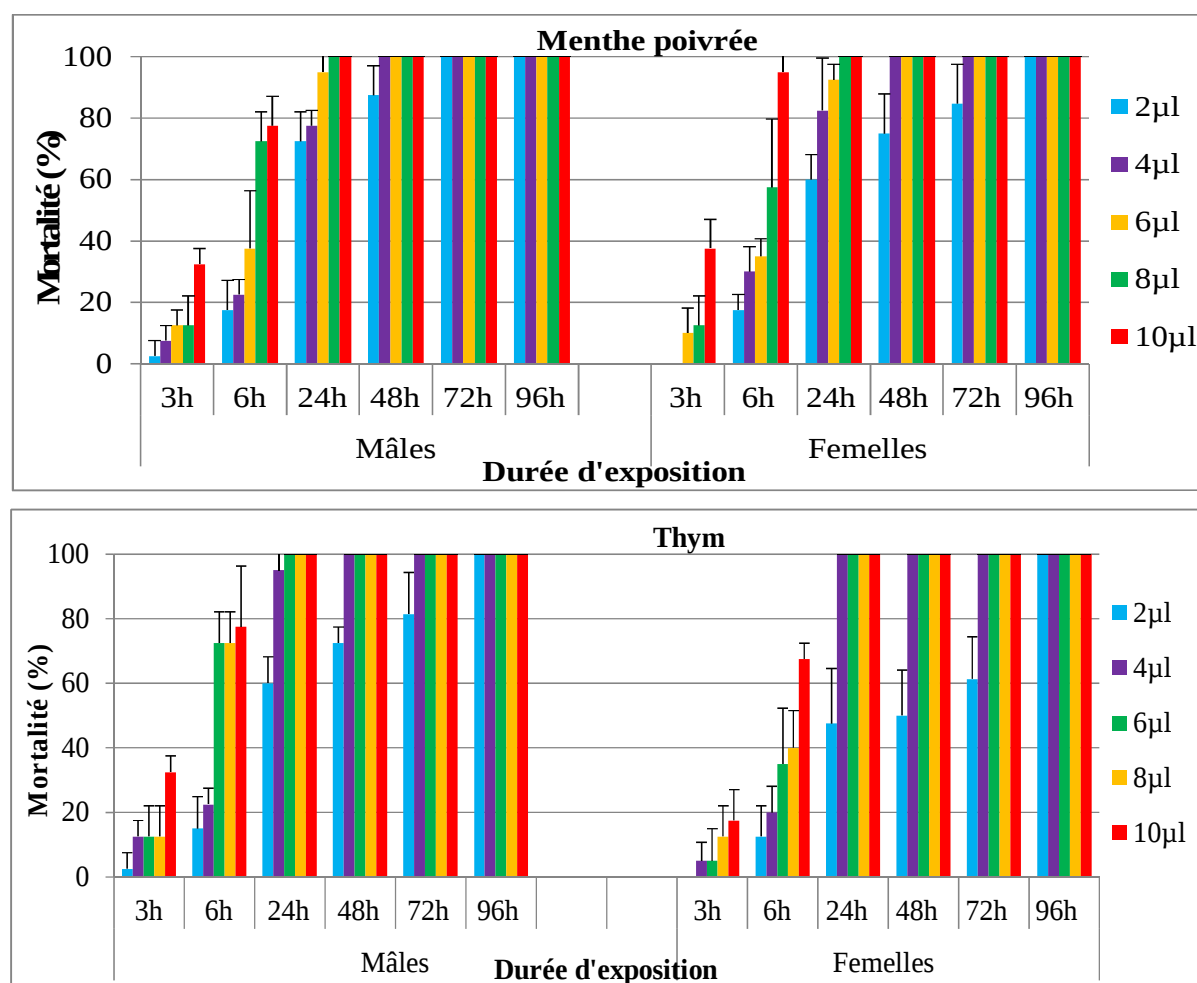


Figure 15. Taux de mortalité ($\pm$ écart type) des adultes diapausants mâles et femelles de *B. rufimanus* traités par contact avec l'huile essentielle de la menthe poivrée et du thym.

L'analyse de la variance à quatre facteurs de classification révèle qu'il y a une différence très hautement significative pour les facteurs huile ($P=0.007$), dose, sexe et temps avec des probabilités de $P=0$.

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe les deux huiles dans deux groupes différents A et B, où celle de la menthe poivrée s'est révélée la plus efficace que celle du thym. Le facteur temps est classé dans les groupes A, B, C, D, E et F (de la durée la plus longue à la plus courte) et le facteur dose dans cinq groupes homogènes A, B, C, D et E (de la dose la plus élevée à la plus faible).

De plus, ce test classe le facteur sexe dans deux groupes homogènes A et B, où les mâles sont significativement plus sensibles que les femelles (Annexe, Tab.1 à 5).

1.1.2. Les huiles essentielles de l'orange douce et du pamplemousse

Les huiles essentielles de l'orange douce et pamplemousse utilisées aux doses de 15 ; 18 ; 21 ; 24 et 27 μ l, se sont montrées moins efficaces que celles des Lamiacées (Fig. 16).

A la faible dose de 15 μ l, l'huile essentielle de l'orange douce tue la totalité des individus après 168heures d'exposition pour les mâles et les femelles, alors que l'HE de pamplemousse induit une mortalité totale après 192h et 216h d'exposition pour les mâles et les femelles respectivement.

Un taux de mortalité de 100% des mâles et femelles est enregistré à la plus forte dose de 27 μ l, après de 48 et 72heures d'exposition pour les HE de l'orange douce et celle du pamplemousse respectivement.

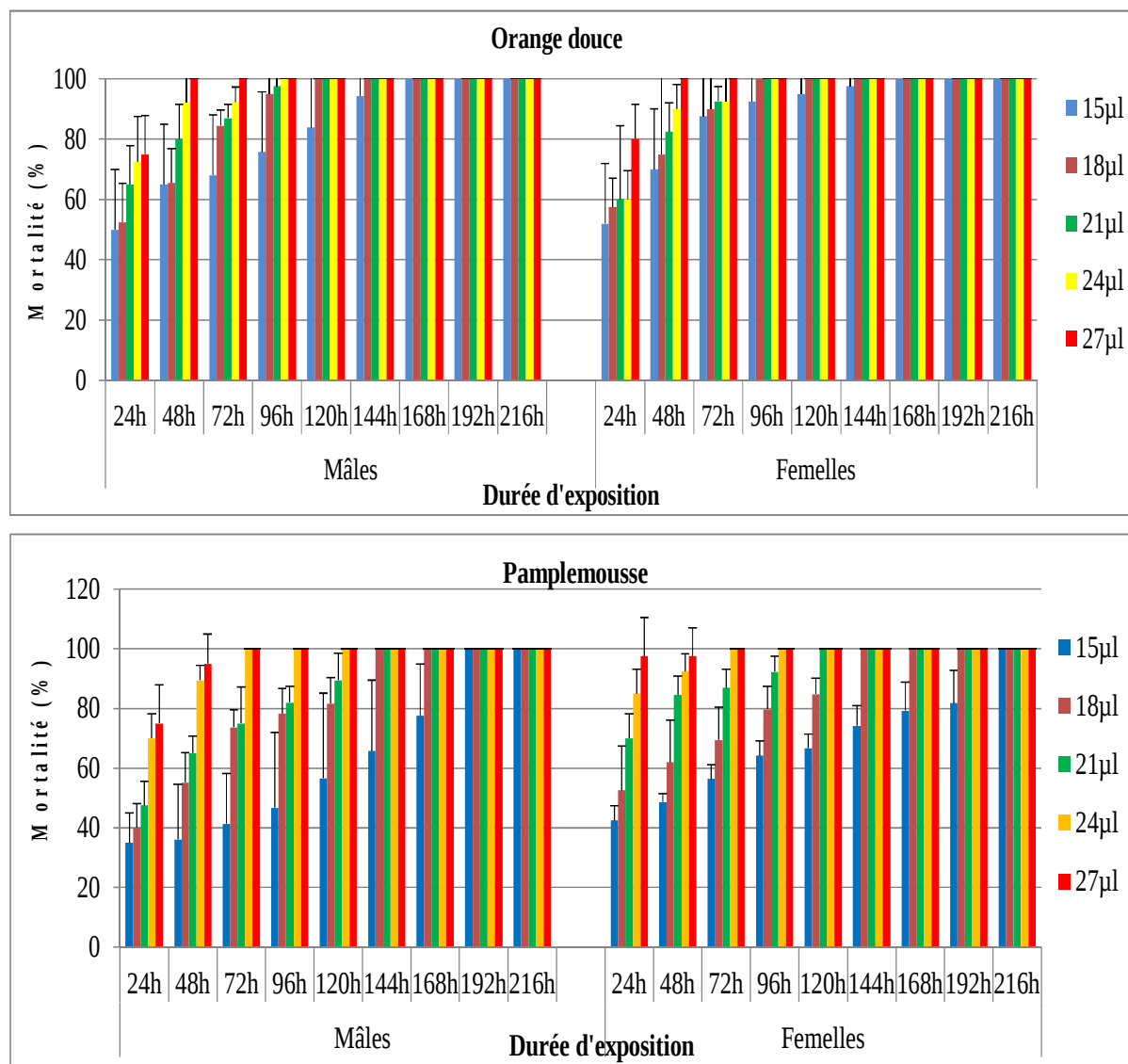


Figure 16. Taux de mortalité ($\pm$ écart type) des adultes diapausants mâles et femelles de *B. rufimanus* traités par contact avec l'huile essentielle de l'orange douce et de pamplemousse.

L'analyse de la variance à quatre facteurs de classification révèle qu'il y a une différence très hautement significative pour les facteurs huile, dose et temps avec des probabilités de $P=0$. Par contre, il n'y a pas une différence significative pour le facteur sexe ($P=0.29$).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe les deux huiles dans deux groupes différents A et B, où celle de l'orange douce s'est révélée la plus efficace que l'HE du pamplemousse. Le facteur dose est classé dans les groupes A, B, C, D et E et le facteur temps dans six groupes homogènes A, B, C, D, E et F (Annexe, Tab. 6 à 9).

1.2. Action sur les adultes non diapausants

Les huiles essentielles de la menthe poivrée et du thym testées réduisent de façon très significative la longévité des adultes non diapausants lorsque la dose augmente (Fig. 17).

A la plus faible dose (2 μ l), la menthe poivrée enregistre déjà une mortalité de 35 ± 17.32 pour les femelles et 25 ± 20.81 pour les mâles, après 6h d'exposition. Par contre, l'HE de thym enregistre des taux de mortalité de 32.5 ± 8.16 et 25 ± 12.9 pour les mâles et les femelles respectivement à la même durée d'exposition. La mortalité totale des mâles et femelles est notée après 24h d'exposition pour les deux HE.

A la plus forte dose de 10 μ l, l'huile essentielle de la menthe poivrée est la plus toxique, nous enregistrons des taux de mortalité des mâles et des femelles de 77.5 ± 26.29 et 85 ± 5.77 respectivement, après une durée d'exposition de 3heures. A la même dose l'huile essentielle du thym est également efficace, des taux de mortalité de 32.5 ± 9.57 pour les mâles et 40 ± 8.16 pour les femelles sont enregistrés après une durée d'exposition de 3h heures. Le taux de mortalité maximal (100%) des mâles et des femelles est noté après 6h et 24h d'exposition pour les HE de la menthe poivrée et celle du thym respectivement.

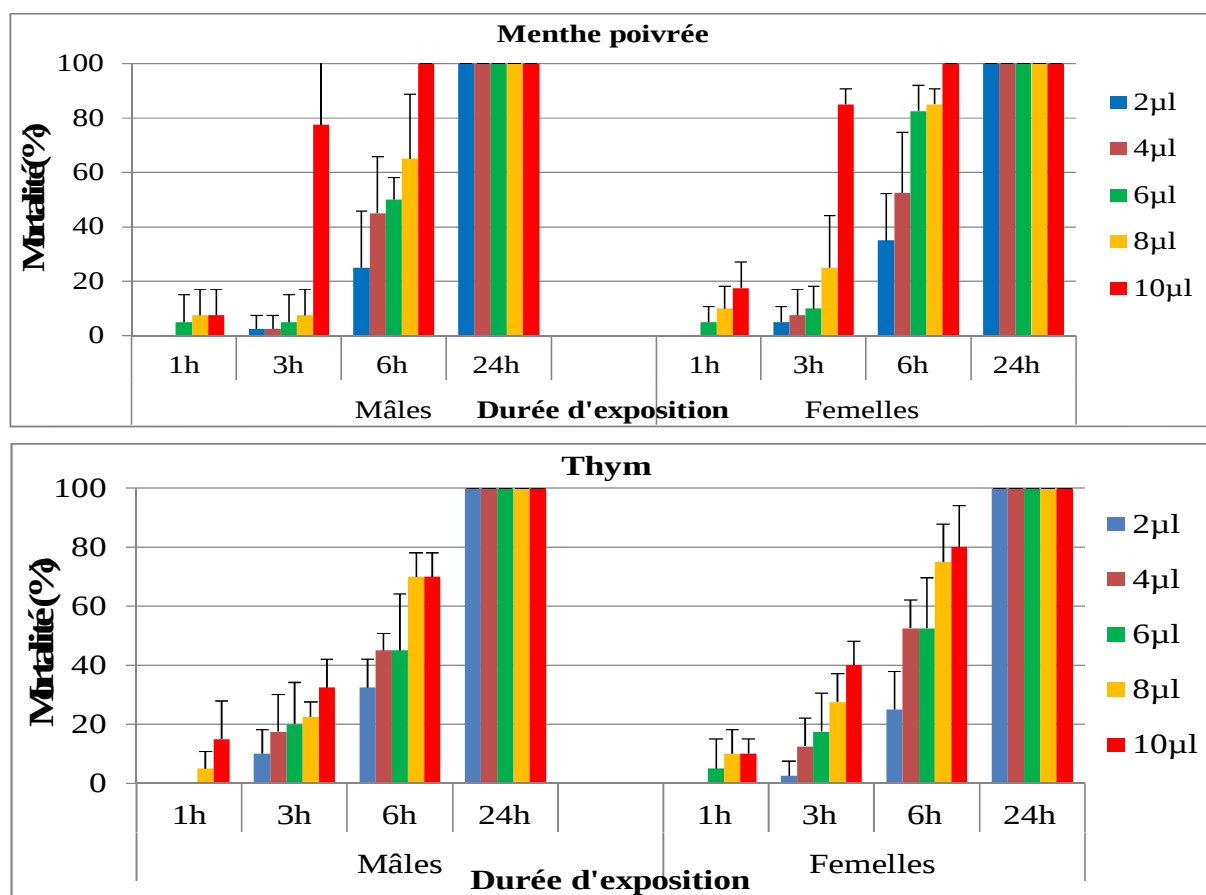


Figure 17. Taux de mortalité ($\pm$ écart type) des adultes non diapausants mâles et femelles de *B. rufimanus* traités par contact avec l'huile essentielle de la menthe poivrée et du thym.

L'analyse de la variance à quatre facteurs de classification révèle qu'il y a une différence très hautement significative pour les facteurs huile, dose et temps avec des probabilités de $P=0$ et une différence hautement significative pour le facteur sexe ($P=0.0018$).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe les deux huiles dans deux groupes différents A et B, où celle de la menthe poivrée s'est montrée la plus efficace par rapport à celle du thym. Le facteur dose est classé dans les groupes A, B, C et D et le facteur temps dans six groupes homogènes A, B, C et D.

Le facteur sexe est classé dans deux groupes homogènes A et B où les femelles se sont montrées significativement plus sensibles que les mâles (Annexe, Tab. 10 à 14).

1.3. Etat reproducteur des adultes de *B. rufimanus* recueillis du terrain

La dissection des adultes de *B. rufimanus* traités par l'huile essentielle de la menthe poivrée révèle que 82% des mâles ont des organes reproducteurs fonctionnels (testicules avec phase de spermatogenèse, glandes annexes sécrétrices), et seulement 18% sont en diapause reproductrice. Par contre, 79.5% des femelles prélevées ont des ovocytes mûrs dans les oviductes latéraux et 20.5 % sont en diapause reproductrice (Fig.18a). Pour l'huile essentielle du thym, les dissections montrent que 73% des mâles présentent des organes reproducteurs fonctionnels, et 37% sont en diapause reproductrice. Le pourcentage des femelles sexuellement actives est de 63.5% et celui des femelles en diapause reproductrice est de 35.5% (Fig. 18b).

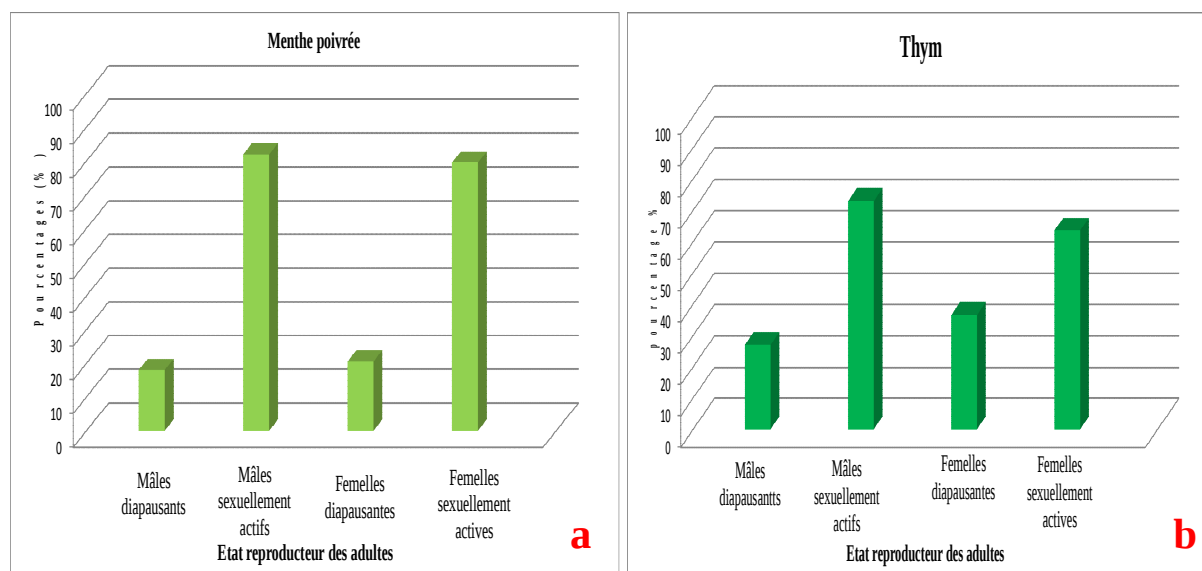


Figure 18. Etat du développement des organes reproducteurs des adultes de *B. rufimanus* capturés dans les différentes parcelles de *V. faba*.

1.4. Discussion

Nous avons cherché à vérifier l'effet biocide de quatre huiles essentielles extraites de plantes méditerranéennes sur les adultes de *B. rufimanus*. Cette étude est réalisée à travers l'évaluation de la mortalité des adultes diapausants et non diapausants exposés aux différentes doses.

L'action insecticide bien connue de certaines plantes aromatiques est suffisamment relayée dans la littérature (GOLOB et WEBLEY, 1980 ; LAMBERT *et al.*, 1985 ; GLITHO *et al.*, 1997 ; REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI, 1995 ; REGNAULT-ROGER, 2002). En outre, des essais de toxicité conduits en laboratoire avec les huiles essentielles rapportent des toxicités variables en fonction des huiles essentielles utilisées. Cette différence d'action serait liée à la composition chimique, qui à son tour dépend de la source, la saison, les conditions écologiques, la méthode d'extraction, le temps d'extraction et la partie de plante utilisée (SUNG-EUN LEE *et al.*, 2001). En effet, les huiles essentielles sont des mélanges de composés chimiques de nature et de fonctions différentes (KETOH, 1998 ; KEITA *et al.*, 2001).

Les HE que nous avons testées semblent avoir toutes un effet biocide sur les adultes diapausants de *B. rufimanus*. Les plus efficaces restent les HE des Lamiacées (la menthe poivrée et le thym). Par contre, les HE les moins efficaces sont celles de l'orange douce (Rutacées) et surtout du pamplemoussier (Rutacées).

En effet, les Lamiacées sont réputées pour leur richesse en huiles essentielles. Les huiles essentielles sont obtenues par entraînement à la vapeur d'eau, distillation sèche ou procédés mécaniques. Elles se distinguent des autres huiles végétales par leur volatilité. Leurs constituants appartiennent, de façon quasi-exclusive, à deux familles chimiques : les terpénoïdes (mono et sesquiterpènes de faible poids moléculaire) et, dans une moindre proportion, les phénylpropanoïdes. Quelquefois, des produits de dégradation de composés non volatils y sont également identifiés (BRUNETON, 1999).

Très peu de travaux sont réalisés sur l'efficacité des HE à l'égard de la bruche de la fève. Cependant, nos résultats sont en accord avec ceux rapportés par certains auteurs. C'est ainsi par exemple qu'AISSAT et BERKANE (2014) ont montré l'efficacité des HE de *Mentha piperita* et du *Thymus zygis* sur les adultes diapausants des *B. rufimanus*. Ils ont montré que l'HE de thym est la plus toxique. A la forte dose (10µl), la mortalité totale des femelles de *B. rufimanus* est enregistrée après 9heures d'exposition avec l'huile du thym, et 12heures après traitement avec l'huile de la menthe poivrée. Concernant les adultes mâles,

l'effet le plus marqué est observé pour l'HE du thym qui a montré une mortalité totale après 6 heures d'exposition, alors que l'huile essentielle de menthe poivrée n'assure la mort totale des individus qu'après 9 heures de traitement. Similairement à nos résultats, la même étude a relevé que les mâles se sont montrés plus vulnérables que les femelles quelque soit la dose utilisée.

Dans une étude similaire, KHELIF et SALMI (2014), testant l'efficacité de deux autres espèces de Lamiacées ont conclu que l'HE de basilic, est la plus efficace, enregistrant un taux de mortalité maximal après 0.28 jours pour les mâles et 1.62 jours pour les femelles à la plus forte dose de 10µl. A la même dose, les mêmes auteurs indiquent que l'HE de la lavande fine réduit la longévité moyenne à 2.3 jours pour les femelles et 1.6 jours pour les mâles. Quelque soit la dose utilisée, les mâles se sont révélés sensibles comparativement aux femelles.

Les travaux antécédents sur l'utilisation des HE à l'égard de la bruche de la fève ont effectué sur des adultes diapausants. La présente étude est la première qui met en évidence l'activité insecticide des HE sur des adultes recueillis du terrain.

L'activité biologique de *M. piperita* et *T. zygis* s'est avérée très intéressante sur des adultes recueillis du terrain. Elle réduit de manière très significative la longévité des mâles et femelles de *B. rufimanus*, en fonction des doses et des différentes durées d'exposition. A la plus forte dose (10µl), elles ont causé une mortalité totale des mâles et des femelles, après 6 heures d'exposition pour la menthe poivrée et après une durée d'exposition de 24 heures pour le thym. Cette activité insecticide est probablement attribuée aux différentes substances que contiennent les plantes aromatiques. Dotées d'une toxicité considérable, les HE sont des mélanges de monoterpènes, tuent presque instantanément les insectes par un effet choc neurotoxique, en bloquant le fonctionnement des canaux de sodium indispensables à la transmission de l'influx nerveux (REGNAULT-ROGER et al., 2012). Par exemple, le linalool et l'estragol modifient l'activité électrique des membranes des neurones et il n'y a plus de transmission d'influx nerveux en réponse à une excitation. L'eugénol et le thymol agissent au niveau des synapses et bloquent la production de neurotransmetteurs comme l'acétylcholine (HUIGNARD, 2013).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe le facteur sexe est dans deux groupes homogènes A et B d'où les femelles sont significativement plus vulnérables que les mâles. Ceci est probablement dû à la reprise d'activité par les adultes de *B. rufimanus* et à l'utilisation des protéines de réserves pour la reproduction. En effet, les dissections des adultes de *B. rufimanus* recueillis du terrain traités par les HE des Lamiacées

révèlent que la plupart des individus ne sont plus en diapause reproductrice. Nos résultats montrent que 82% des mâles ont des organes reproducteurs fonctionnels et 79.5% des femelles prélevées ont des ovocytes mûrs dans les oviductes latéraux, pour la menthe poivrée. Après le traitement avec l'huile essentielle du thym, les dissections montrent que 73% des mâles présentent des organes reproducteurs fonctionnels. 63.5% des femelles sont sexuellement actives. Selon MEDJDOUB-BENSAAD (2007), la production d'ovocytes (avec synthèse importante de vitellogénine) et des sécrétions durant la vie imaginale, doivent nécessiter un effort métabolique important au moment de la reproduction de la bruche. Une quantité importante des réserves doit être mobilisée pour l'activité reproductrice. Les réserves en protéines peuvent aussi être utilisées pour la survie et les déplacements des adultes qui sortent de leur léthargie et deviennent actifs. Cela pourrait conduire à un véritable épuisement physiologique pour les femelles. Il est probable qu'au moment de nos captures, ces dernières n'ont pas pu reconstituer toutes les réserves protéiques nécessaires non seulement pour assurer la ponte mais aussi leur survie. Pour cela, elles se sont montrées plus sensibles.

Nos résultats montrent que parmi les Rutacées, l'HE de l'orange douce qui s'est révélée la plus toxique sur les adultes de *B. rufimanus* par rapport à celle du pamplemoussier. Les mâles et les femelles semblent agir de la même façon vis-à-vis de ces HE.

Les travaux d'AKNINE et TAHENNI (2013) réalisés sur la même espèce, ont montré que pour l'ensemble des tests effectués sur les adultes diapausants de *B. rufimanus*, l'huile essentielle du citronnier s'avère être plus efficace par rapport aux huiles naturelles de mandarinier et de citronnier ; à la plus forte dose de 10µl, une longévité de 2 heures pour les femelles et 1 heure pour les mâles est enregistrée. Un effet moins marqué pour les huiles naturelles est observé, la longévité de ces individus est de 9 et 24 heures respectivement pour les mâles et femelles après traitement avec l'huile du citronnier à la dose de 200µl. A la même dose, les adultes vivent moins de 24 et 20 heures respectivement pour les mâles et femelles traités avec l'huile de mandarinier. Les auteurs attestent que les traitements par contact avec les trois huiles testées se sont avérés efficaces. Les mâles sont plus sensibles que les femelles à l'égard de ces huiles.

Par ailleurs, de nombreux travaux relatifs à l'activité des huiles essentielles sont connus sur les différents ravageurs des denrées stockées. BOUCHIKHI TANI et al. (2011) ont testé l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* (Lamiacées) à différentes doses sur les adultes de trois bruches *Acanthoscelides obtectus*, *Bruchus rufimanus* et *Callosobruchus maculatus*. Ces huiles présentent une activité insecticide et entraînent chez les femelles des bruches du haricot

et du niébé une réduction significative de la longévité par rapport à celle du témoin. Les DL50 calculées après 48h d'exposition, montrent que les huiles essentielles testées sont moins toxiques sur *B. rufimanus* (DL50=7.72µl/30g) en comparaison à *C. maculatus* (DL50=2.06µl/30g) et à *A. obtectus* (DL50=1.44µl/30g).

Les huiles essentielles extraites par hydrodistillation de trois plantes aromatiques de l'Ouest algérien –*Trachyspermum ammi* (Apiacées), *Thymus capitatus* (Lamiacées) et *Cymbopogon schoenanthus* (Poacées)– ont été testées à différentes doses sur les adultes de *Tineola bisselliella*. Ces huiles présentent une activité insecticide et entraînent, chez les femelles de *T. bisselliella*, une réduction très significative de la ponte par rapport à celle dans le témoin. L'huile essentielles extraite de *Cymbopogon schoenanthus* est la plus toxique avec DL50= 1.09 µL, *Thymus capitatus* présente une toxicité un peu variable avec DL50 = 1.29 µL, et la toxicité la plus faible présentée par *Trachyspermum ammi* avec DL50= 2.36 µL (BOUCHIKHI TANI et al., 2009).

RIGHI-ASSIA (2010) a constaté que l'HE de thym (*T. vulgaris*) provoque une mortalité des adultes de *Callosobruchus chinensis* après une heure d'exposition à la dose de 10µl.

KELLOUCHE et al. (2010) ont montré qu'à partir de la dose 10µl/50g de graines de niébé, les huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus citriodora* (Myrtaceae), *Myrtus communis* (Myrtaceae), *Melaleuca vidiflora* (Myrtaceae), *Mentha piperita* (Lamiaceae), *Pogostemon cablin* (Lamiaceae), *Cupressus sempervirens* (Cupressaceae), *Salvia officinalis* (Labiaceae), *Cinnamomum zeylanicum* (Lauraceae) et *Citrus mendurensis* (Rutaceae) réduisent d'une manière très significative la longévité des adultes de *Callosobruchus maculatus*. Cette durée de vie a été réduite à moins de 24h avec les huiles essentielles de cannelle et d'eucalyptus à la dose de 15µl/50g, alors que dans les lots témoins les adultes vivent plus d'une semaine.

L'effet bioinsecticide de trois Lamiacées (*Origanum glandulosum* L., *Rosmarinus officinalis* L., et *Thymus fontanaseei* L.) sur *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera : Bostrychidae) testés par KHALFI-HABES et al. (2008) ont montré que les trois plantes expérimentées se sont révélées très toxiques aux plus fortes doses (1.8 et 3.6 mg/cm²). Les mortalités enregistrées 24heures après traitement, affichent une dose létale de l'ordre de 0.23 mg/cm² avec l'huile essentielle de l'origan ; 0.42 mg/cm² avec l'huile essentielle du romarin et 0.52 mg/cm² avec celle du thym.

REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI (1994) ont testé l'efficacité des huiles essentielles extraites de vingt-quatre plantes aromatiques appartenant à de plusieurs familles botaniques sur la bruche du haricot *A. obtectus*. Les résultats ont montré que les huiles de sept plantes (de la famille des Lamiacées) *Thymus serpyllum*, *Origanum vulgare*, *Satureia hortensis*, *Lavandula angustifolia*, *Rosmarinus officinalis*, *Origanum majorana* et *Ocimum basilicum*, sont les plus toxiques provoquant une mortalité de 100 % après 1 à 4 jours d'exposition, à faible dose soit 10^{-2} µl/cm³. L'étude d'OUCKEKDHIDH-OURLISSANE (2014) sur l'action des huiles essentielles de trois Lamiacées à l'égard d'*Acanthoscelides obtectus* a démontré que l'HE du thym est la plus efficace enregistrant un taux de mortalité maximal après de 24heures d'exposition, à la dose de 8µl.

Des résultats similaires sont obtenus par GOUCEM-KHELFANE (2014), qui a testé l'efficacité des HE extraites de neuf plantes aromatiques sur *A. obtectus*. L'auteur a montré que c'est surtout les HE des Lamiacées qui sont les plus toxiques. En effet, les HE du thym et de la menthe poivrée sont utilisées aux doses plus faibles (0 ; 0.25 ; 0.5 ; 0.75 ; 1 et 2µl), elles se sont montrées beaucoup plus efficace en enregistrant une longévité respectivement de 1.75 ± 0.95 et 3.5 ± 0.57 jours à la plus forte dose de 2 µl. De plus, la même étude fait ressortir que, parmi les Rutacées, l'HE du bergamotier (Rutacées) est la plus efficace, elle réduit le taux de survie à $10.51 \pm 0.89\%$ dès la plus faible dose de 0.75 µl pour s'annuler à partir de 1µl.

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

La toxicité des huiles essentielles sur les insectes est induite par l'action de leurs composés majoritaires (SERI-KOUASSI et al., 2004). La richesse des huiles essentielles de Rutacées en limonène (90%) explique leur action sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus* et sur d'autres ravageurs. Selon IBRAHIM et al. (2001), la toxicité du limonène a été démontrée sur différents insectes ravageurs des conifères *Pissodes strobi* (Coleoptera: Curculionidae), *Diaphania nitidalis* (Lepidoptera: Pyralidae). Le linalool extrait des huiles essentielles de la plante aromatique *Ocimum canum* (Lamiacées) agit directement sur la longévité des adultes de la bruche tropicale du pois *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae), la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae), le ravageur des céréales *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) et le charançon du riz *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae), avec des DL50 après 48 heures d'exposition

de 428 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 405 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 428 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 427 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ respectivement (WEAVER et *al.*, 1991).

REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI (1993) constatent que les composés les plus actifs sur un insecte ne sont pas forcément les plus toxiques pour une autre espèce. Ainsi, le linalool qui est un des composés les plus toxiques sur *Acanthoscelide obtectus* est l'un des moins toxiques sur *Ceratitis capitata* ; de même l'anéthole qui est peu actif sur *A. obtectus* est très efficace pour les autres insectes. En conséquence, il apparaît que les insectes appartenant à des espèces différentes manifestent des sensibilités diverses à une même molécule.

2. Evaluation de l'effet biocide des huiles essentielles par inhalation

2.1. Action sur les adultes diapausants

2.1.1. Les huiles essentielles de la menthe poivrée et du thym

D'après les résultats présentés dans la figure 19, les taux de mortalité des adultes de *B. rufimanus* augmentent en fonction de la dose et du temps d'exposition par inhalation.

A plus faible dose (10 μl), l'HE de la menthe poivrée induit des taux de mortalité de 57.5 $\pm$ 17.07 pour les mâles et 72.5 $\pm$ 9.57 pour les femelles, après 48h d'exposition. A la même dose, l'HE du thym tue 47.5% des mâles et des femelles, après une durée d'exposition de 48h. Le taux de mortalité maximal (100%) est noté après 96h d'exposition pour les deux sexes.

A la plus forte dose de 50 μl , l'HE de la menthe poivrée s'est montrée la plus toxique, après 24h d'exposition, la mortalité des adultes mâles et femelles atteint son maximum. Par contre, l'HE du thym provoque un taux de mortalité maximal des mâles et des femelles après 48h d'exposition à la même dose.

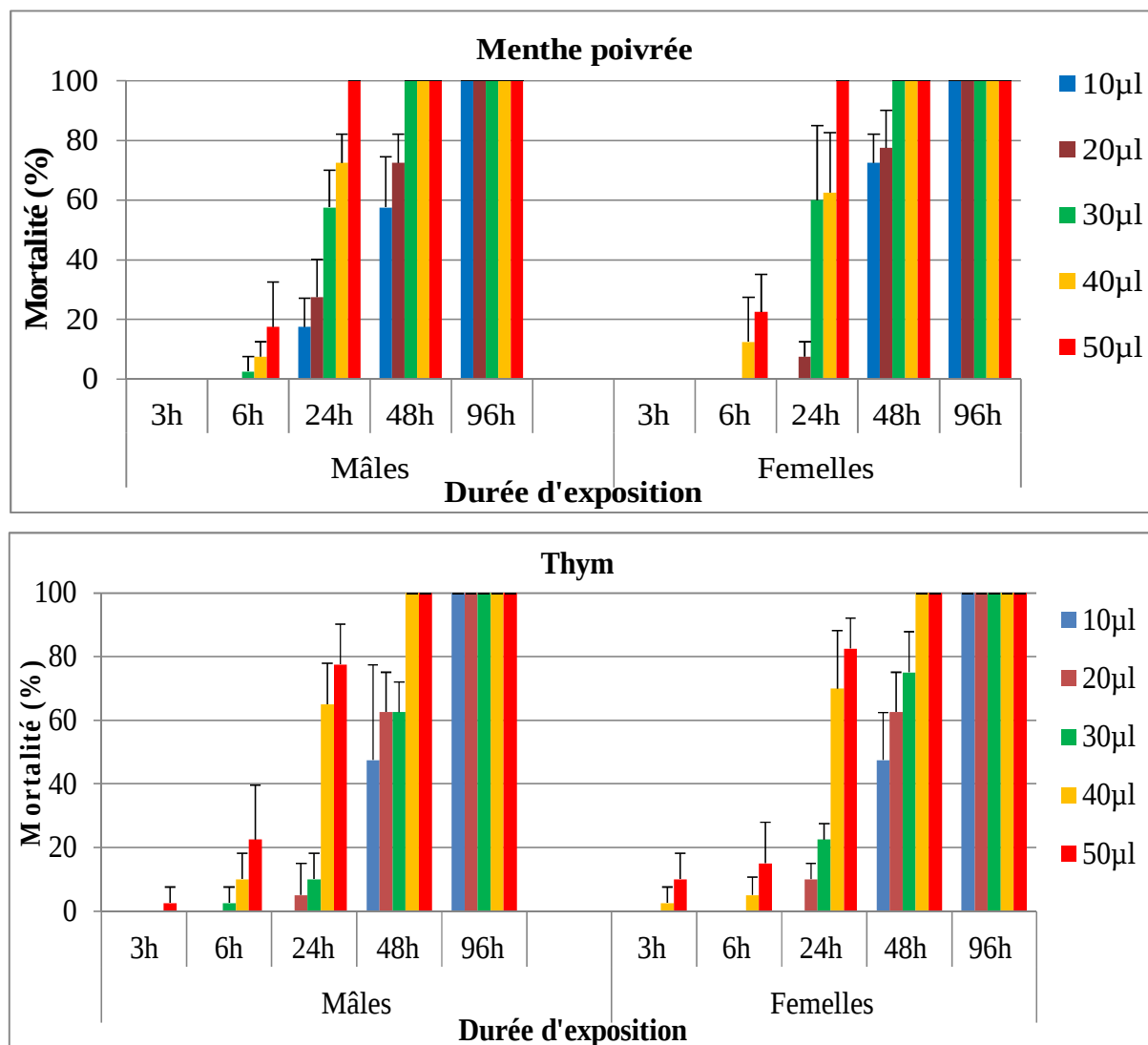


Figure 19. Taux de mortalité ($\pm$ écart type) des adultes diapausants mâles et femelles de *B. rufimanus* traités par inhalation avec l'huile essentielle de la menthe poivrée et thym.

L'analyse de la variance pour les huiles utilisées aux doses a montré des différences très hautement significatives ($P=0$) pour les facteurs huile, dose et temps. Cependant, elle ne révèle pas une différence significative pour le facteur sexe ($P=0.68$). Le test de NEWMAN et KEULS est non significatif dans ce cas.

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe la menthe poivrée dans le groupe A et le thym dans le groupe B. Le facteur dose est classé dans les groupes A, B, C, D et E et le facteur temps dans six groupes homogènes A, B, C, D et E (Annexe , Tab. 15 à 18).

2.1.2. Les huiles essentielles de l'orange douce et du pamplemousse

Les résultats illustrés par la figure 20 montrent que les deux huiles essentielles sont aussi dotées d'une activité insecticide par inhalation. Cependant, cette activité est moins efficace que celle enregistrée pour les huiles des Lamiacées.

A la plus faible dose (10 μ l), les mâles et les femelles vivent jusqu'à 216h, pour les deux Rutacées.

L'huile de l'orange douce a montré un effet biocide le plus important, puisque la mortalité totale des mâles et femelle est notée après 24h d'exposition et ce à la plus forte dose de 50 μ l. Par contre, l'huile essentielle de pamplemousse montre une action biocide moindre, car le taux de mortalité maximal des mâles et des femelles est enregistré après 48heures d'exposition, à la plus forte dose (50 μ l)

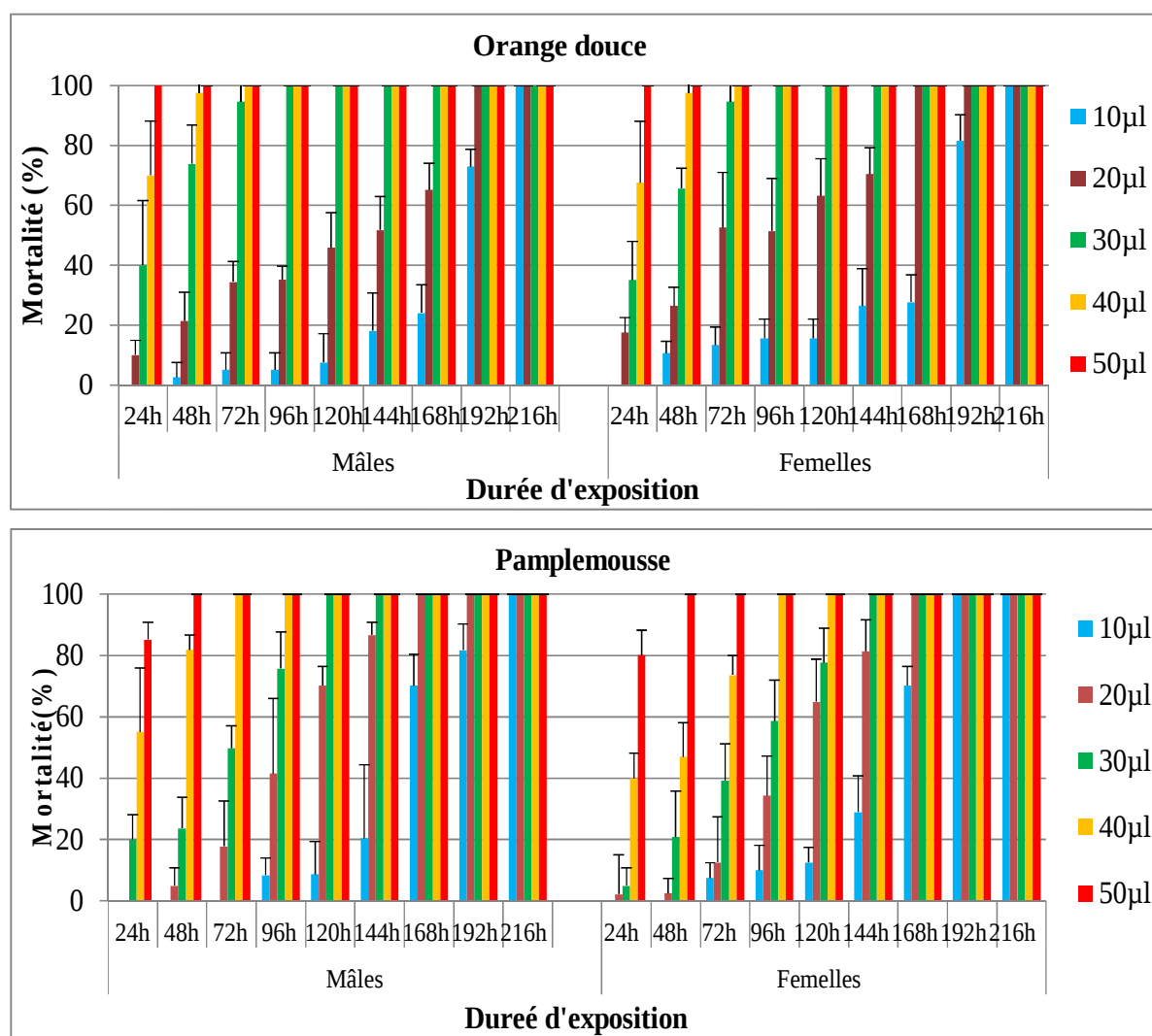


Figure 20. Taux de mortalité ($\pm$ écart type) des adultes diapausants mâles et femelles de *B. rufimanus* traités par inhalation avec l'huile essentielle de l'orange douce et celle de pamplemousse.

Le tableau de l'analyse de variance au seuil de 5% indique une différence très hautement significative pour le facteur huile, dose et pour facteur temps ($P=0$). Par contre, il ne montre pas de différence significative pour le facteur sexe ($P=0.38$). Le test de NEWMAN et KEULS est non significatif dans ce cas.

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe l'orange douce dans le groupe A et le pamplemousse dans le groupe B. Le facteur dose est classé dans les groupes A, B, C, D et E et le facteur temps dans sept groupes homogènes A, B, C, D, E, F et G (Annexe, Tab. 19 à 22).

2.3. Discussion

Les résultats obtenus dans cette étude montrent nettement que toutes les huiles ont révélé un effet toxique très hautement significatif sur les adultes de *B. rufimanus* au fur et à mesure que la dose et le temps d'exposition augmentent.

Parmi les plantes testées, la famille des Lamiacées a montré un effet toxique important par fumigation sur les adultes de *B. rufimanus*, qui serait la conséquence de leur richesse en composés monoterpeniques. Selon REGNAULT-ROGER et *al.* (1993) et REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI (1995), la toxicité par inhalation des huiles essentielles et de leurs composés volatils majoritairement les monoterpènes a été largement décrite. Les HE exercent des effets insecticides et réduisent ou perturbent la croissance de l'insecte à différents stades de leur vie (REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI, 1994).

Dans notre cas, l'HE de la menthe poivrée s'est avérée la plus efficace. En effet, elle cause la mort des bruches après une exposition de 24heures, à la dose (50µl).

Nos résultats s'accordent avec ceux obtenus sur la bruche de la fève par ASSAIT et BERKANE (2014) qui ont montré que les huiles essentielles de la menthe poivrée et celle de thym ont un effet insecticide par inhalation. En effet, dans les lots traités à la plus faible dose (40µl), la mortalité des adultes femelles de *B. rufimanus* augmente au fur et à mesure que les doses et le temps d'exposition augmentent jusqu'à atteindre une mortalité totale de 100% à la plus forte dose (100µl) après 6 et 9 heures d'exposition respectivement pour le thym et la menthe poivrée. Quant aux mâles, la mortalité totale (100%) est enregistrée après 6heures d'exposition pour le thym et la menthe poivrée, à la plus forte dose de 100µl.

Des études similaires ont été réalisées par EL IDRISSEI et *al.* (2014) sur une autre bruche monovoltine, ont mis en évidence l'effet toxique de deux HE de Lamiacées (*Origanum majorana* L. et *Salvia officinalis* L.) à l'égard des adultes de *Bruchus lentis*. La survie des

adultes diminue au fur et à mesure que la concentration (5, 10, 15, 20, 25 et 30µl/l d'air) des huiles essentielles augmente. Les temps de survie de 50% des adultes exposés aux différentes concentrations des huiles essentielles varient de 1 à 4 jours.

Sur la même bruche, EL HOURRI et *al.* (2014) ont testé l'activité insecticide des huiles essentielles de *Dysphania ambrosioides* L. et de *Daucus carota* L., par fumigation. Ils ont constaté que l'huile essentielle de *D. ambrosioides* présente un effet insecticide plus fort que celui de *D. carota*.

OUCHEKDHIDH-OURLISSANE (2014) a démontré l'action des huiles essentielles de trois Lamiacées l'égard d'*A. obtectus*. L'HE du thym s'est révélée la plus efficace en enregistrant une mortalité moyenne de 70.62 % pour toutes les doses et durées d'exposition, suivi de celle la menthe avec une moyenne de 59.68%, puis le romarin avec un taux moyen de mortalité de 57.18%. Pour GOUCEM-KHELFANE (2014), ce sont les huiles essentielles de la menthe poivrée et de la lavande qui ont montré des taux de mortalité les plus élevés vis-à-vis d'*A. obtectus* par fumigation. Une mortalité moyenne de 100% est enregistrée dès la faible dose (10µl) après une durée d'exposition de 72 heures.

Les travaux de HEDJAL et *al.* (2013) qui ont mis en évidence un effet biocide des huiles essentielles de six plantes de provenance d'Algérie et de Tunisie sur les adultes de *Callosobruchus maculatus*, ont montré que dans le test par inhalation, l'huile essentielle la plus efficace est celle d'*Eucalyptus cenerea*, à la plus forte dose 25µl. Elle cause 100% de mortalité, après 24h d'exposition. KELLOUCHE et *al.* (2010) ont obtenu le même résultat avec l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* et *Eucalyptus citriodora*, et cela à partir de la dose 25µl, après 24h d'exposition. Par ailleurs, TALEB-TOUDERT (2015) montre que parmi les dix HE testées, celles *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus radiata* et *Laurus nobilis*, *Ocimum basisilicum*, *Mentha spicata* et *Aloysia triphylla* ont un effet toxique par fumigation sur les adultes de *C. maculatus*. Elles causent la mort des bruches après 96heures d'exposition, à la dose 16µl.

Nos résultats ont montré que les huiles essentielles de Rutacées semblent agir faiblement sur la mortalité des adultes *B. rufimanus*. Par ailleurs, l'HE de l'orange douce s'est montrée plus efficace que celle du pamplemoussier.

HAMDANI (2012) a comparé l'effet insecticide de plusieurs huiles de Rutacées sur les adultes de la bruche du haricot faisant ressortir l'huile essentielle de bigaradier comme étant la plus efficace en enregistrant une mortalité des 100% à la dose de 16µl après 24heures d'exposition. De même, GOUCEM-KHELFANE (2014) constate que l'huile essentielle de

bergamote a un effet biocide par inhalation le plus important sur les adultes d'*A. obtectus*. Des taux de mortalité de 100%, sont enregistrés à la plus forte dose utilisée (40µl) après 96 heures d'exposition. REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI (1995), pour leur part, ont observé un effet toxique de monoterpènes (le linalool étant le plus toxique et l'estragole l'étant le moins) par fumigation avec *A. obtectus*.

Les travaux de KHALFI-HABES et *al.* (2008) montrent que les 3 huiles essentielles testées sont dotées d'une activité insecticide par inhalation sur les adultes de *Rhyzopertha dominica*. Cette activité est proportionnelle aux doses quelque soit l'extrait expérimenté. L'huile de l'origan est la plus efficace sur le capucin des grains avec une CL50 égale à 0,345 mg/cm³, suivie de celle du romarin avec une CL50 égale à 0,64mg/cm³; par contre l'huile essentielle du thym montre une action biocide moindre avec une CL50 de l'ordre de 0,751 mg/cm³.

3. Evaluation de l'effet biocide des huiles essentielles par répulsion

3.1. Résultats

Les résultats du test de répulsion sont présentés dans le tableau 5. L'ensemble des huiles essentielles ont montré une activité importante vis-à-vis des adultes de *B. rufimanus*. En effet, elles ont toutes eu un effet répulsif même à la plus faible dose (2µl). L'activité répulsive des huiles étudiées, après une durée d'exposition de 30min, est donc dépendante de la dose ; elle augmente au fur et à mesure que les doses de l'HE augmentent et varie entre 50 à 90%.

Comparons les deux Lamiacées, le taux de répulsion de l'huile essentielle de thym est plus élevé (90% pour les mâles et 80% pour les femelles) que celui de la menthe poivrée (80% pour les deux sexes), à la dose de 10µl.

Concernant les Rutacées, l'HE de l'orange douce s'est montrée la plus répulsive avec des taux de répulsion de 60% et 65 % respectivement, pour les mâles et les femelles de *B. rufimanus*. Par contre pour le pamplemousse, nous enregistrons un taux moyen de répulsion de 50% pour les deux sexes.

L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P=0$ pour les Lamiacées ; $P= 0.00002$ pour l'orange douce et le pamplemousse). Pour les quatre huiles, elle ne montre aucune différence significative pour le facteur sexe.

Par ailleurs, il y a une différence hautement significative pour le facteur huile ($p=0,005$) pour les Rutacées.

Pour les huiles essentielles des Lamiacées, le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification de 5% classe le facteur dose dans quatre groupes homogènes A, B, C et D (Annexe, Tab. 23 et 24).

Concernant l'orange douce et le pamplemousse, le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification de 5% classe les facteurs huile et dose en deux groupes homogènes A et B (Annexe, Tab. 25 à 27).

Par le calcul du pourcentage de répulsion (Tab.5) par la méthode de Mc DONALD et *al.* (1970), nous remarquons que les HE de la menthe (51% pour les mâles et 54 % pour les femelles) et thym (51% pour les mâles et 54 % pour les femelles) sont modérément répulsives) et les HE de l'orange douce (39% pour les deux sexes) et de pamplemousse (28% pour les mâles et 25 % pour les femelles) sont faiblement répulsives.

Tableau 5. Taux moyen de répulsion des HE testées contre les adultes de *B. rufimanus* et leur classement selon la méthode de Mc DONALD et *al.* (1970).

Huiles	Doses (µl)	Moyen d'individus présents dans la partie				Pourcentage de répulsion(%)	
		Partie non traitée		Partie traitée		Mâles	Femelles
		Mâles	Femelles	Mâles	Femelles		
Menthe poivrée	2µl	5,75	6	4,25	4	15	20
	4µl	6,5	7,5	3,5	2,5	30	50
	6µl	8	8,25	2	1,75	60	65
	8µl	8,5	7,75	1,5	2,25	70	55
	10µl	9	9	1	1	80	80
Taux moyen de répulsion						51	54
Classe						III	III
Effet						Modérément répulsive	Modérément répulsive
Thym	2µl	7	7	3	3	40	40
	4µl	7,25	6,75	2,75	3,25	45	35
	6µl	7,25	7,25	2,75	2,75	45	45
	8µl	8	8,75	2	1,25	60	75
	10µl	9,5	9	0,5	1	90	80
Taux moyen de répulsion						56	55
Classe						III	III
Effet						Modérément répulsive	Modérément répulsive
Orange douce	15µl	6,25	6,25	3,75	3,75	25	25
	18µl	7	6,25	3	3,75	40	25
	21µl	6,5	7	3,5	3	30	40
	24µl	7	7	3	3	40	40
	27µl	8	8,25	2	1,75	60	65
Taux moyen de répulsion						39	39
Classe						II	II
Effet						Faiblement répulsive	Faiblement répulsive
Pamplemousse	15µl	5,75	5,5	4,25	4,5	15	10
	18µl	5,75	6,25	4,25	3,75	15	25
	21µl	6,5	6	3,5	4	30	20
	24µl	6,5	6	3,5	4	30	20
	27µl	7,5	7,5	2,5	2,5	50	50
Taux moyen de répulsion						28	25
Classe						II	II
Effet						Faiblement répulsive	Faiblement répulsive

3.2. Discussion

Dans cette étude, nous avons tenté d'évaluer l'effet répulsif des huiles essentielles sur les adultes de *B. rufimanus* en fonction des doses, après une exposition d'une durée de 30min.

A la dose 10 μ l, l'ensemble des huiles testées ont montré une activité répulsive variant de 50 à 90% à l'égard des adultes de *B. rufimanus*.

Nos résultats concordent avec ceux trouvés par AISSAT et BERKANE (2014) qui constatent que l'HE de thym présente un effet répulsif important avec un taux de répulsion de 64% et 62% pour les mâles et les femelles respectivement. La menthe poivrée a montré une activité moyennement répulsive avec un taux de répulsion de 54% et 49% respectivement pour les mâles et les femelles. KHELIF et SALMI (2014), pour leur part, indiquent que l'HE de basilic a un effet modérément répulsive pour les mâles et répulsive pour les femelles avec un taux moyen de 57% et 67% respectivement et l'HE de la lavande fine montre un pourcentage moyen de répulsion de 51% (classe III) pour les mâles et de 62% (classe IV) pour les femelles.

OUCHEKDHIDH-OURLISSANE (2014) a montré l'activité répulsive des huiles essentielles extraites de la menthe, du thym et du romarin à l'égard de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus*. Il a enregistré le taux de répulsion les plus élevés pour le thym et la menthe, respectivement 71.25% et 68.75%. Le romarin présente un effet très faiblement répulsif, avec un taux de répulsion de 20%.

Des travaux similaires réalisés par GOUCEM-KHELKANE (2014) sur l'effet répulsion des HE de neuf plantes aromatiques contre *A. obtectus* font ressortir que les HE de *Laurus nobilis*, *Mentha piperita*, *Lavandula angustifolia*, *Citrus reticulata* et *Citrus aurantium ssp. bergamia* sont répulsives avec des taux respectifs de 73.75, 71.25%, 63.75%, 63.75% et 61.78% et les HE de *Thymus saturioides* (53.75%), *Eucaliplus globulus* (51.25%) et *Citrus limonum* (43.75%) sont moyennement répulsive. L'HE de *Cerdus atlantica* est modérément répulsive montrant le pourcentage de répulsion le plus faible (31.25%). HAMDANI (2012), pour sa part, ayant étudié l'effet répulsif de quatre espèces de Ruatacées sur la même bruche, montre que l'HE de bigaradier est la plus répulsive (PR=70%). Contrairement à nos résultats, l'HE de l'oranger s'est avérée très faiblement répulsive (PR=17.5%).

L'effet répulsif de nombreuses autres huiles essentielles comme celles de *Cinnamomum Zeylanicum* et d'*Eucalyptus citriodora* sont étudiées et se sont révélées très répulsives à l'égard de *C. maculatus* avec des taux de répulsion respectifs de 90% et 86,6% (classe IV). *Mentha officinalis*, *Mentha piperita*, *Citrus mendurensis* et *Melaleuca vidiflora* se sont

montrées répulsives vis-à-vis de *C. maculatus*. Alors que les huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*, de *Myrtus communis*, de *Pogostemonn cablin* et de *Cupressus sempervirens* ont été modérément répulsives (classe III) (KELLOUCHE et al., 2010).

TAPONDJOU et al. (2003) ont évalué les effets répulsifs des huiles essentielles de *Chenopodium ambrosioides* et d'*Eucalyptus saligna* vis-à-vis des adultes de *C. maculatus*. Ils ont constaté que le pourcentage de répulsion de ces huiles augmente en fonction de la dose. Cependant, l'huile essentielle de *C. ambrosioides* aurait des propriétés répulsives relativement plus élevées (PR=89%) que celles d'*E. saligna* (PR=74%), bien que les deux soient fortement répulsives.

Les résultats obtenus par KHALFI-HABES et al. (2008) pour le test de répulsion des huiles essentielles avec des concentrations subletales mettent en évidence l'effet répulsif des trois plantes contre *R. dominica*. Les pourcentages de répulsion varient de 45 à 66 % pour le thym, de 80 à 89 % pour l'origan et de 55 à 71 % pour le romarin. Selon le classement de McDonald et al. (1970), l'huile essentielle de l'origan possède des propriétés répulsives plus élevées que celle du romarin et du thym.

Les plantes aromatiques et leurs HE agissent par répulsion en émettant des substances volatiles (terpènes) qui constituent une barrière empêchant les insectes et les autres arthropodes de se mettre en contact avec la surface de l'hôte (BROWN et HERBERT, 1997). Selon KIM et al. (2003), les propriétés répulsives des huiles essentielles sont souvent associées à la présence de monotérpénoides et des sesquiterpènes bien que les effets toxiques dépendent de l'espèce d'insecte, de la plante et du temps d'exposition à l'huile essentielle.

Les différents tests réalisés sur l'action des huiles essentielles par contact, inhalation et répulsion ont donné des résultats différents sur la bruche de la fève. Nos résultats indiquent que l'utilisation des huiles essentielles en fumigation pour le contrôle des populations de *B. rufimanus* est possible. Les HE sont en majeure partie constituées de matières volatiles et d'après BOURREL et al. (1995), le traitement par contact ne leur est pas applicable. En effet, le traitement par contact ne prend pas en compte les problèmes liés à l'évaporation des principes actifs, d'où les difficultés rencontrées pour déterminer la concentration efficace. La fumigation permet de traiter de grandes masses de graines sans les déplacer. FRENCH (1985) souligne que ce sont les propriétés comme la volatilité et la biodégradation qui constituent les avantages d'une utilisation des HE comme pesticides.

Les dégâts causés par les insectes sur les récoltes et les cultures sont immenses et compromettent sérieusement la disponibilité alimentaire. Pour cela, les chercheurs explorent depuis plus de deux décennies de nouvelles alternatives de lutte contre ces ravageurs. Parmi ces alternatives, l'usage des biopesticides d'origine végétale répond quelques fois à cet impératif. Les expérimentations menées à travers cette étude et utilisant les huiles essentielles suggèrent la possibilité de leur emploi dans la protection des graines stockées.

À la lumière des résultats obtenus, nous pouvons conclure que les huiles essentielles testées ont une activité insecticide à l'égard de la bruche de la fève *B. rufimanus*.

Il ressort de notre étude qu'au fur et à mesure de l'augmentation des doses testées, la mortalité des adultes mâles et femelles diapausants et non diapausants augmente aussi.

Les huiles essentielles des 4 plantes aromatiques que nous avons testées par contact semblent avoir toutes un effet toxique à l'égard des adultes diapausants de *B. rufimanus*.

Les faibles doses d'HE de la menthe poivrée et du thym, à raison de 2 ; 4 ; 6 et 8 μ l ont induit des taux de mortalité aussi bien chez les mâles que les femelles, après 24h. La plus forte dose de 10 μ l s'est révélée létale pour tous les individus testés et ce après 24h d'exposition. Par ailleurs, les huiles essentielles de l'orange douce et pamplemousse utilisées aux doses plus élevées (15 ; 18 ; 21 ; 24 et 27 μ l), se sont montrées moins efficaces enregistrant un taux de mortalité de 100% des mâles et femelles à la plus forte dose de 27 μ l, qu'après de 48 et 72heures respectivement. Dans tous les cas, il ressort de notre étude, que les mâles sont significativement plus sensibles que les femelles.

Pour les adultes non diapausants, les huiles essentielles des Lamiacées testées réduisent de façon très significative la longévité des adultes non diapausants, lorsque la dose augmente. L'huile essentielle de la menthe poivrée est la plus toxique, nous enregistrons des taux de mortalité des mâles et des femelles de 77.5 ± 26.29 et 85 ± 5.77 respectivement à la plus forte dose (10 μ l), après une durée d'exposition de 3h et un taux de mortalité maximal (100%), après 6h d'exposition. L'HE du thym est également efficace, une mortalité de 10 ± 9.57 pour le mâles et 2.5 ± 8.16 pour les femelles est déjà notée dès la faible dose de 2 μ l, après une durée d'exposition de 3heures. Le taux de mortalité maximal (100%) des mâles et femelles est noté après 24heures d'exposition, à la plus forte dose (10 μ l). Pour les bruches recueillis du terrain, les femelles sont significativement plus vulnérables que les mâles.

Les résultats des traitements par inhalation sur la bruche de la fève montrent que les taux de mortalité augmentent au fur et à mesure que la dose d'HE augmente. L'huile essentielle de la menthe poivrée s'est montrée la plus efficace. En revanche, les huiles essentielles des Rutacées semblent agir faiblement sur la mortalité des adultes de ce ravageur.

Le calcul du pourcentage de répulsion par la méthode de Mc DONALD et *al.* (1970), permet de constater que les HE de la menthe poivrée (51% pour les mâles et 54 % pour les femelles) et thym (51% pour les mâles et 54 % pour les femelles) sont modérément répulsives et les HE de l'orange douce (39% pour les deux sexes) et de pamplemousse (28% pour les mâles et 25 % pour les femelles) sont faiblement répulsives.

Les résultats obtenus nous montrent que les substances naturelles utilisées ont une action insecticide à l'égard de la bruche de la fève. Leur toxicité varie selon le type du test effectué (contact, inhalation ou répulsion) et le sexe des adultes.

Il ressort globalement que les huiles essentielles qui manifestent une toxicité par contact sont les plus toxiques aussi par inhalation et par répulsion.

L'utilisation des HE comme biopesticides dans la lutte phytosanitaire représente une stratégie particulièrement adaptée aux préoccupations actuelles de l'humanité. Il serait donc intéressant d'extraire les huiles essentielles à partir des plantes aromatiques locales et d'identifier leurs principes actifs. Il est également utile de poursuivre ces travaux, en mettant en évidence l'action synergique de ces huiles essentielles dans la lutte contre la bruche de la fève et d'autres insectes ravageurs des grains stockés. La lutte contre les adultes de *B. rufimanus* doit débiter au champ. D'un point de vue pratique, il serait intéressant de tester les extraits des plantes en plein champ afin d'évaluer leur efficacité avant les récoltes.

- ABBES Z., KHARRAT M., SHAABAN K., BAYAA B., 2010.** Comportement de différentes accessions améliorées de féverole (*Vicia faba* L.) vis-à-vis d'*Orobanche crenata* Forsk. et *Orobanche foetida* Poir. Cah Agric, Vol. 19, N° 3:194-199.
- ABBOT W.S., 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18 : 265-267.
- AISSAT K., BERKANE N., 2014.** Effet insecticide des deux huiles essentielles de *Thymus zygis* L. et de *Mentha piperita* L. (Lamiacées) à l'égard des adultes de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* Boh (Coleoptera : Chrysomelidae). Mémoire de Master II, U.M.M.T.O, 60p.
- AIT ABDELLAH F., HAMADACHE A., 1996.** Effet de la période de semis, de la variété et de l'utilisation du Glycophosphate sur le contrôle de l'Orobanche chez la fève (*Vicia faba*) dans une zone subhumide numéro spécial fève N° 29: 27-30.
- AKNINE L., TAHENNI T., 2013.** Effet de deux huiles naturelles de Mandarinier et de Citronnier et de l'huile essentielle de Citronnier à l'égard des adultes de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (Boheman) (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire de Master en Biologie, Spécialité : Entomologie Appliquée à la Médecine, l'Agriculture et la Foresterie. U.M.M.T.O. 42p. Biotechnol. Agron. Soc. Environ, 14(1), 141-148.
- AL-GHAMDI S.S., AL-TAHIR O.A., 2001.** Temperature and Solar Radiation effects on Faba Bean (*Vicia faba* L.) Growth and Grain Yield. Saudi. J. Biol. Sci., Vol 8, N°2: 171-183.
- AMARTI F., SATRANI B., GHANMI M., AAFI A., AARAB L., EL AJJOURI M., CHAOUCH A., 2010.** Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. du Maroc.
- ANIMESH D., RITA P., 2011.** An updated overview on peppermint (*Mentha piperta* L.). IRJP 2(8): 1-10.
- ANONYME, 2007.** La féverole de la plante à ses utilisations. Intérêt culturel de la fève, 15p.
- 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, 60p.
- AOUINTY B., OUFARA S., MELLOUKI F., MAHARI S., 2006.** evaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés : *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). Biotechnol. Agro. Soc. Eniron. 10(2) :67-71.
- AUBINEAU M., BERMOND A., BONGLER J., ROGER-ESTRAD J., 2002.** Larousse agricole, Larousse VUEF .Canada, 379p.

- AVERSENQ P., GOUTIER J., GUEGUEN M., 2008.** Le truffaut. Anti-maladies et parasites. Larousse. Ed.Octavo. 224p.
- AYRAL H., 1969.** Zoologie agricole. Vol.1. Ed. J-B Bailliere et Fils, Paris, 288p.
- BALACHOWSKY A.S., 1962.** Entomologie appliquée à l'agriculture. Ed. Masson et Cies, Tome I. Vol I, 564p.
- BAMOUEH A., 1995.** Les légumineuses alimentaires au Maghreb: de l'autosuffisance à l'importation. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II : 1-7.
- BERNE J.J., DARDY J.M., 1987.** La bruche sur fève : Un ravageur bien difficile à maîtriser. Phytoma. Défense des cultures. Phytoma, N° 338 : 30-32.
- BISHARA A., WEIGAND C., 1991.** Statut of insect pests of faba bean in the Mediterranean region and methods of control. Options méditerranéennes. Present statut and future persects of faba bean production, I.C.A.R.D.A. Serie A, N° 10: 67-74.
- BLACKMAN R.L., EASTOP V.F., 2007.** Taxonomic issues (Chapter 1). In: VAN EMDEN H.F., HARRINGTON R. (Eds.), Aphids as Crop Pests. CABI International, Oxford shire, U.K. 968-1003.
- BOUCHIKHI TANI Z., 2006.** Bioefficacité de la substance des feuilles de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* sur les différents états et stades de développement de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus*, (Coleoptera, Bruchidae). Thèse Magister. Univ. Tlemcen, 86 p.
- BOUCHIKHI TANI Z., 2011.** Lutte contre la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera, Bruchidae) et la mite *Tineola bisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) par des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles. Thèse de doctorat d'état. Université de Tlemcen.125p.
- BOUCHIKHI TANI Z., KHELIL M.A., BENDAHOUE M., MESTARI M., 2009.** Action des huiles essentielles de trois plantes aromatiques de l'Ouest Algérien sur la mite *Tineola bisselliella*. Rev. Ivoir. Sci. Technol., 14:175 – 186.
- BOUCHIKHI TANI Z., KHELIL M. A., BENDAHOUE M., JULI P.V., 2011.** Lutte contre les trois bruches *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831), *Bruchus rufimanus* Boheman, 1833 et *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera : Chrysomelidae : Bruchinae) par les huiles essentielles extraites d'*Origanum glandulosum* (Lamiacées). Butll. Inst. Cat. Hist. Nat., 76: 177-186.
- BOUGHDAD A., 1994.** Statut de nuisibilité et écologie des populations de *Bruchus rufimanus* (Boh.) sur *Vicia faba* L. au Maroc : Thèse d'Etat en Sciences, N° 3628 Université de Paris-Sud Orsay, 182 p.
- BOUGUET G., 2009.** La cueillette du thym dans les garrigues : décrire un savoir écologique traditionnel, l'intégrer dand un processus d'ingénierie écologique. Rapport de stage 2me.Master IEGB a l'Université de Montpellier 2 Sciences et Techniques, 66p.

- BOUHACHEM S., 2002.** Les pucerons de la féverole en Tunisie. Proceedings du 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « *Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb* », Hammamet, Tunisie, 100p.
- BOUHDID S., ZHIRI A., BAUDOUYX D., SKALI N.S., ARIRIO J., 2006.** *Thymus*; essential oils : chimical composition in vitro antioxidant and antibacterial Activity. Congrès international de Chimie, Agadir, Maroc, pp 324-327.
- BOURRELC., VILAREMG., MICHEL G., GRASETA.1995.** Etude des propriétés bactériostatiques et fongistatiques en milieu solide de 24 huiles essentielles préalablement analysées. *Rivista Italiana*, EPPOS : 3-12.
- BOYELDIEU J., 1991.** Produire des grains oléagineux et protéagineux. Ed. Lavoisier IC et DOC, Paris,228p.
- BRINK M., MELESE-BELAY G., 2006.** Céréales et légumes secs : ressources végétales de l'Afrique tropicale 1.Ed. Prota .wagenengen, Pays-Bas ,328p.
- BROWN M., HERBERT A.A., 1997.** Insect repellents: an Overview. *J .Am. Acad. dermatol.*36: 243-249.
- BRUNETON J., 1999.** Pharmacognosie. 3èmeédition Editions Tec et Doc Lavoisier, Paris,123p.
- BUKEJS A., 2010.** Materials to the knowledge of Latvian seed-beetles (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). *Baltic J. Coleopterol.*, 10 (2): 177-184.
- CAMARA M., 1997.** Recherche sur les nouvelles substances biocides végétales. Application au contrôle des bruches du niébé *Callosobruchus maculatus* (F.) et de l'arachide *Caryedon serratus* O.I. Thèse de magister. Ecol. Nation. Super. d'Agriculture Sénégal, 102p.
- CASARI S.A., TEIXEIRA E.P., 1997.** Description and biological notes of final larval instar pupa of some seed beetles (Coléoptère : Bruchidae), *Annales de la société entomologique de France*. Vol 33, N°3: 295-323.
- CHAFI M.H., BENSOLTANE A., 2009.** *Vicia faba* (L.), A Source of Organic and Biological Manure for the Algerian Arid Regions. *World J. Agric. Sci.*, 5 (6): 698-706.
- CHAIEB N., BOUSLAMA M., MARS M., 2011.** Growth and yield parameters variability among faba bean (*Vicia faba* L.) Genotypes. *J. Nat. Prod. Plant Resour.*, 1 (2):81-90.
- CHAUX C., FOURY C., 1994.** Production légumière. Légumineuses potagères, légumes, fruits. Technique et documentation Lavoisier, F 75384 Paris Cedex 08 :3-15.
- CHIASSEON H., BELOIN N., 2007.** Les huiles essentielles, des biopesticides « nouveau genre ». *Bulletin de la Société d'entomologie du Québec Antennae*, vol. 14, No1 :1-6.

- CHITTENDEN F.H., 1898.** Nsects injurious to Beans and Peans. In BALACHOWSKY A.S., 1962. Entomologie appliquée à l'agriculture. Ed. Masson et Cies, Tome I. Vol I,564p.
- CRONQUIST A., 1981.**An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press NY.EEUU, 1262p.
- CUBERO J.I., HERNÁNDEZ L., 1991.** Breeding faba bean (*Vicia faba* L.) for resistance to *Orobanche crenata* Forsk. Options Méditerranéennes - Série Séminaires–N°. 10: 51-57.
- CUBERO J.L, 1974.** On the evolution of *Vicia faba*, theory-app- Paris, 503p.
- DAOUI K., 2007.** Recherche de stratégies d'amélioration de l'efficience d'utilisation du phosphore chez la fève (*Vicia faba* L.) dans les conditions d'agriculture pluviale au Maroc. Thèse de doctorat. Science agronomiques et ingénierie biologique. Louvain. 227 p.
- DELOBEL, A., TRAN, M., 1993.** Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, Paris, 424p.
- DELOBEL A., DELOBEL B., 2003.** Les plantes hôtes des bruches (Coleoptera Bruchidae) de la faune de France, une analyse critique. Bull. mens. Soc. Linn. Lyon ,72 (6) :199-221.
- DESPHANDRE R.S., ADHIKARY P.R., TIPNIS H.P., 1974.** Stored grain pest control agents from *Nigella sativa* and *Pogostemon heyneanus*. Bull. Grain Technol. 12 : 232-234.
- DIDIER B., GUYOT H., 2012.** Des plantes et leurs insectes. Ed Quæ, Paris, 253p.
- DOYLE J.J., LUCKOW M.A., 2003.** The rest of the iceberg. Legume diversity and evolution in a phylogenetic context. Plant Physiol 131: 900-910.
- DUPONT P., 1990.** Contribution a 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.
- EBADAH I.M.A., MAHMOUD Y.A., MOAWAD S.S., 2006.** Suceptibility of some faba bean cultivars to field infestation with some insect pests. Research journal of agriculture and biological sciences, 2 (6): 537-540.
- EL IDRISSE M., HARMOUCH G., AMECHROUQ A., 2014.** chemical composition and biological activity of essential oils of *Origanum majorana* l. (Lamiaceae) and *Salvia officinalis* (L.) (Lamiaceae) under *Bruchus lentis* (Coleoptera, Chrysomelidae). Global Journal of Pure and Applied Chemistry Research. Vol.2,No.2: 15-25.
- EL IDRISSE M., HARMOUCH G., AMECHROUQ A., 2014.** chemical composition and biological activity of essential oils of *Origanum majorana* L. (Lamiaceae) and *Salvia officinalis* (L.) (Lamiaceae) under *Bruchus lentis* (Coleoptera, Chrysomelidae). Global Journal of Pure and Applied Chemistry Research Vol.2, N°2: 15-25.

- EL-AKHAL F., GUEMMOUH R., GRECHE H., EL OUALI-LALAMI A., 2014.** Valorisation en tant que bioinsecticide de deux huiles essentielles de *Citrus sinensis* et *Citrus aurantium* cultivées au centre du Maroc. J. Mater. Environ. Sci. 5 (S1) : 2319-2324.
- EL HOURRI E., AMECHROUQ A., EL IDRISSE M., BOUGHD A., 2014.** Etude de la composition chimique et de l'activité Insecticide des huiles essentielles de *Dysphania Ambrosioides* (L.) (Chenopodiaceae) et de *Daucus carota* (L.) Ssp. *Carota* (apiaceae) sur *Bruchus lentis* (Coleoptera : Chrysomelidae). Science Lib Editions Mersenne : Vol 6, N° 140118 : 2111-4706.
- EMERAN A.A., SILLOERO J.C., FERNANDEZ -APARICI M., RUBIALES D., 2011.** Chemical control of faba bean rust (*Uromyces viciae-fabae*). Crop Protection journal homepage; 1-6.
- ETEBU E., NWAUZOMA A.B., 2014.** A review on sweet orange (citrus sinensis l osbeck): health, diseases and management. American Journal of Research Communication. 2(2): 33-70.
- FERNANDEZ-APARICIO M., SHTAYA M.J.Y., EMERAN A.A., ALLAGUI M.B., KHARRAT M., RUBIALES D., 2011.** Effects of crop mixtures on chocolate spot development on faba bean grown in mediterranean climates. Crop Protection, 1-9.
- FLEURAT-LESSARD F., 2011.** Les stratégies de lutte chimique en pré-et-post-récolte en Afrique. In HUIGNARD et al., Insectes ravageurs des grains de légumineuses. Biologie des Bruchinae et lute raisonnée en Afrique. Ed. Quæ, Paris, 145p.
- FRANSSEN C.J.H., 1956.** De levenswijze en de besytijding van de tuinboonkeverversl. Landbbouke. Onders.62 (10): 1-75.
- FRENCH R. C., 1985.** The bioregulatory action of flavour compounds on fungal spores and other propagules. Annu. Rev. Phytopathol, 23:175-199.
- GAIN E., 1978.** Note sur la germination des graines de légumineuses habitées par les bruches. C.R. 1897, 2^{ème} semestre, T-CXXV, 3 : 195-197.
- GLITHO I.A., KETOHKG., KOUMAGLOH.K., 1997.** Effets et quelques huiles essentielles sur l'activité reproductrice de *Callosobruchus maculatus* Fab. Annales de l'Université de Ouagadougou Série B, Vol., 5 : 174-185.
- GNANASAMBANDAM A., PAULL J., TORRES A., KAUR S., LEONFORT T., ZONG H., TAND Y., MATERNE M., 2012.** Impact of Molecular Technologies on Faba Bean (*Vicia faba* L.) Breeding Strategies. Agronomy (2): 132-166.
- GOLOB P., WEBLEY D., 1980.** The used of plants and minerals as traditional protectants of stored products. Rép. Trop. Prod. Inst. G 138, Vi + 32 pp.
- GORDON M.M., 2004.** Haricots secs: Situation, Prospective et Agroalimentaire. Canada, 1-7.

- GOUCEM-KHELFANE K., 2014.** Etude de l'activité insecticides des huiles essentielles et des poudres de quelques plantes à l'égard de la bruche du haricot *Acanthocelides obtectus* Say (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) et comportement de ce ravageur vis-à-vis des composés volatils de différentes variétés de la plante hôte (*Phaseolus vulgaris* L.). Thèse de doctorat d'état. Université de Tizi-Ouzou.144 p.
- GOYOAGA C., BURBANO C., CUADRADO C., ROMERO R., GUILLAMO'N E., VARELA A., PEDROSA M.M., MUZQUIZ M., 2011.** Content and distribution of protein, sugars and inositol phosphates during the germination and seedling growth of two cultivars of *Vicia faba*. Journal of Food Composition and Analysis 24: 391–397.
- GRENZ J.H ., MANSCHADI A.M., UGYUR F.N., SAUERBORN J.,2005.** Effects of environment and sowing date on the competition between faba bean (*Vicia faba*) and the parasitic weed *Orobanche crenata*. Field Crops Research 93: 300–313.
- GUEYE M.T., SECK D., WATHELET J.P, LOGNAY G., 2011.** Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale: synthèse bibliographique .Biotechnol. Agron. Soc.Environ.15(1), 183-194.
- GUPTA V., KOHLI K., GHAIYE P., BANSAL P., LATHER A., 2011.** Pharmacological potentials of *Citrus paradisi* - an overview. International Journal of Phytotherapy Research. Vol 1: 8-17.
- HAMADACHE A., 2003.** La féverole. Inst. Techn. Gr. Cult (T.T.G.C),13p.
- HAMDANI D., 2012.** Action des poudres et des huiles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire de Magister écologie animale à l'U.M.M.T.O. 97p.
- HEDJAL-CHEBHEB M., TALEB-TOUDERT K., KHOUIJA M.L., BENBDESSELAM R., MELLOUK M., KELLOUCHE A., 2013.** Essential oils compositions of six conifers and their biological activity against the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* Fabricius, 1775 (coleopteran Bruchidae) and *Vigna unguiculata* seeds. African Entomology .Vol 21(2):243-254.
- HEDJAL-CHEBHEB M., 2014.** Identification des principes actifs des huiles essentielles de quelques résineux et de plantes aromatiques de provenance Algérienne et Tunisienne. Etude de leur activité biologique à l'égard d'un insecte ravageur des graines stockées, *Callosobruchus maculatus* F.1775 (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de Doctorat d'état. Université de Tizi-Ouzou.99p.
- HOFFMANN A., 1945.** Faune de France, Bruchidae, Ed. Paul le chevalier, Paris T44, 184p.
- HOFFMANN A., LABEYRIE V., 1962.** Sous famille des Bruchidae. In Balachowsky A.S., Entomologie appliquée à l'agriculture. Coléoptère, Tome I, Volume I, Ed. Masson et Cie, 185-188.

- HOFFMANN A., LABEYRIE V., BALACHOWSKY A.S., 1962.** Famille des Bruchidae -in Entomologie appl. à l'agriculture, 434-494, (1), Balachowsky ed., Masson publ., Paris,564p.
- HUETE A., 2012.** Des huiles essentielles pour tous les jours- le bon réflexe-. Ed. Artémis. Losange, France, 223p.
- HUIGNARD J., 2013.** Les plantes et les insectes: une lutte permanente -1Les défenses des plantes. INSECTES, N°168: 1-8.
- HUIGNARD J., GLITHO A., MONGE J.P., REGNAULT-ROGER C., 2011.** Insectes ravageurs des grains de légumineuses. Biologie des Bruchinae et lute raisonnée en Afrique. Ed. Quæ, Paris, 145p.
- IBRAHIM M.A., KAINULAINEN P., AFLATUNIA., TILIKKALA K. HOLOPAINEN J. K., 2001.** Insecticidal, repellent antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: with special reference to limolene and its suitability for control of insect pests. Agricultural and Food Science in Finland, 10(3): 243-259.
- ILBOUDO Z., 2009.** Activité Biologique de quatre huiles essentielles contre *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera : Bruchidae), insecte ravageur des stocks de niébé au Burkina Faso. Thèse de doctorat d'état. Université de Ouagadougou ; 135p.
- JENSEN E.S., PEOPLES B., NIELSEN H., 2010.** Faba bean in cropping systems. Field Crops Research, 115: 203–216.
- JILANI G. et SAXENA R.C., 1990.** Repellent and feeding deterrent effects of turmeric oil, sweetflag oil, neem oil and neem based insecticide against lesser grain borer (Coleoptera: Bostrychidae). Journal of Economic Entomology 83: 629-634.
- JOHNSON C.D., 1981.** Seed beetle host specificity and the systematic of the Leguminisae in: Advances in Legume Systematics POLHILL. R.M et REVEN, P.H. Eds. Royal Botanic Gardens. Kew, U. K: 995-1027.
- JOHNSON C.D., 1994.** The enigma of the relationships between seeds, seeds beetles, elephants, cattle and other organisms. Aridius 6: 1-4.
- KEITA S.M., VINCENT C., SCHMIDT J.P., ARNASON J.T., BELANGER A., 2001.** Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Stored Products Research 37(4): 339-349.
- KELLOUCHE A., SOLTANI N., 2004.** Activité biologique des poudres de cinq poudres et des huiles essentielle d'une d'entre elles sur *Callosobruchus maculatus* (F.) .international journal of tropical insect science vol 24, N° 1 : 184-191.
- KELLOUCHE A., 2005.** Etude de la bruche du pois chiche *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Biologie, physiologie, reproduction et lutte. Thèse de doctorat d'état. Université de Tizi-Ouzou.154 p.

- KELLOUCHE A., AIT AIDER F., LABDAOUI K., MOULA D., OUENDI K., HAMADI N., OURAMDANE A., FREROT B et MELLOUK M., 2010.** Biological activity of ten essential oils against cowpea beetle, *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera: Bruchidae), *Int. J.Integ. Biol.*, 2010, Vol 10(N°2): 86-89.
- KETOH K., 1998.** Utilisation des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques du Togo comme biopesticides dans la gestion des stades de développement de *Callosobruchus maculatus*. Thèse de Doctorat, Université du Bénin, Lomé, Togo.168p.
- KHALFI-HABES O., BOUTEKEDJIRET C., SELLAMI S., 2008.** Activité biologique de trois huiles essentielles extraites de plantes algériennes sur *Rhyzopertha dominica* (F.) (Colcoptera : Bostrychidae). *Br* 5708:1-8.
- KHAN H.R., J.G. PAULL H.R., SIDDIQUE K.H.M., STODDARD F.L., 2010.** Faba bean breeding for drought-affected environments: A physiological and agronomic perspective. *Field Crops Research*, 115 pp 279–286.
- KHELIF Y., SALMI K., 2014.** Effet biocides des huiles essentielles du Basilic (*Ocimum basilicum* L.) et de lavande fine (*Lavandula angustifolia* L.) à l'égard de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* BOH. (Coleoptera : Chrysomelidae). Mémoire de Master II.U.M.M.T.O, 45p.
- KIM, S., J. ROH, D. KIM, H. LEE ET Y. AHN.2003.** Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. *J. Stored Prod. Res.* 39 : 293-303.
- 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.,636p.
- LAAMARI M., KHELFA L., CŒUR D'ACIER A., 2008.** Resistance source cowpea aphid (*Aphis craccivora* Koch) in broad bean (*Vicia faba* L.) Alegerian landrace collection. *African Journal of Biotechnology*. 7 (14): 2486-2490.
- LABORIUS A., SABA F., 1977.** Les insectes nuisibles aux graines des légumineuses au Maroc et leur importance économique. *Comm. Journ. Phytiairie et phytopharmacie. Cvi. Med. A Rabat*, pp71-73.
- LAIB A., 2012.** Etude des activités antioxydante et antifongique de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis*: application aux moisissures des légumes secs. *Revue « Nature & Technologie »*. N° 07 : 44 -52
- LAMBERT J.D.H., GALE J., ARNASON J.T., PHILOGÈNE, B.J.R., 1985.** Bruchid control with traditionally used insecticidal plants Hyptis spicigera and Cassia Nigricans *Insect Sci. Applic.* 6, 2 : 167-170.
- LAUMONIER R., 1979.**Cultures légumières et maraîchères, Tome III. Ed. J.B. BAILLIERE, 276p.

- LAZREK-BEN FRIHA F., 2008.** Analyse de la diversité génétique et symbiotique des populations naturelles tunisiennes de *Medicago truncatula* et recherche de QTL liés au stress salin. Thèse de doctorat. Sciences biologiques. Université de Toulouse, 255p.
- LECOINTRE J.F, LE GUYARDER H., 2001.** Classification phylogénétique du vivant .Ed. Belin, Paris, 543p.
- LEVOI B., PICHARD B., BONET A., MONTES J., 1990.** Les stocks familiaux de haricots au Mexique et la lutte contre les bruches. In Proceeding 5th International working Conference on Stored Product Protection. ED. Fleur - Lessard et P. Ducom September 9-14. Bordeaux. (3) : 1639-1647.
- MAATOUGUI M.E.H., 1996.** Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance, in rehabilitation of faba bean. Ed. actes, Rabat (Maroc), 202p.
- MAOUI R., SAY B., EL HADJ B., FRIKH A., GIRARD C., 1990.** La culture de la fèverole en Tunisie. Ed. I.N.R.A.T, O.N.H., AGROPOL. et I.T.C.F., 16p.
- Mc DONALD L.L. GUY R.H., SEPEIRS R.D., 1970.** Preliminary evaluation of new candidta materiels as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. Marketing Research Repot.N 882. Washington : Agricultural Research Service , United States Department of Agriculture. 183p.
- MEDJDOUB-BENSAAD F., 2007.** Etude bioécologique de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (BOH.1833) (Coleoptera : Bruchidae). Cycle biologique et diapause reproductrice dans la région de Tizi-Ouzou : Thèse de doctorat d'état. Université de Tizi-Ouzou.130p.
- MEDJDOUB-BENSAAD F., KHELIL M.A., HUIGNARD J., 2007.** Bioecology of broad bean Bruchid *Bruchus rufimanus* Boh. (Coleoptera:Bruchidae) in a region of Kabylia. Algeria. AJAR. Vol 2 (9):412-417.
- MEDJDOUB-BENSAAD F., KHELIL M.A., 2008.** Bioecologie de la bruche de la fève (*Bruchus rufimanus* BOH.) dans la région de Tizi-Ouzou. Résumé. Valorisation des actions de l'homme pour la sur la protection de l'environnement et application en santé publique. Univ.Tlemcen.12p.
- MEDJDOUB-BENSAAD F., KHELIL M.A., HUIGNARD J., 2011.** Biologie de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* et changements biochimiques chez les adultes en diapause et en activité reproductrice. Revue de la faculté des sciences de Bizerte. Université de Carthage. Volume IV : 89-96.
- MESSIAEN C.M., 1981.** Les variétés résistantes : méthodes de lutte contre les maladies et les ennemies des plantes. I.N.R.A, Paris, 396p.
- MEZANI S., 2011.** Bioécologie de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* Boh. (Coléoptère : bruchidae) dans des parcelles de variétés de fève différentes et de fèverole dans la région de Tizi- Rached. Mémoire de magister. Université .Tizi-Ouzou.114p.

- MOLDOO-MARTIN M. BIEROO DE COSTA M.L., BERNARDO-GIL G., ABECASSIS EMPIS J., ROUZET M., SANTOS R., LU T., KING M., GONDINHO R., BASTOS J., 1998.** *Thymus zugis* L. Un Thym du Nord Portugal, Instituto Superior Tecnico, Lisboa, 77p.
- 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.Mghr.Rech.surfèves(Rémafève)Inst.Tech.Agr.Inst.Nati.Pro.Vég.Inst.Agro.,52p.
- NERIO L.S., OLIVERO-VERBEL J., STASHENKOE., 2010.** Repellent activity of essential oils: a review .Bioresour.Techno.101: 372-378.
- OUCHEKDHIDH-OURLISSENE W., 2014.** Effets biocides des poudres et des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire de Magister. Université .Tizi-Ouzou.95p.
- PADRINI F., LUCHERONI M.T., 2006.** Le grand livre des huiles essentielles. Ed. de Vecchi S.A. Paris, 206p.
- PAPAGEORGIO V., 1980.** GLC-MS computer analysis of the essential oil of *Thymus capitatus*. Planta Medica Suppl., 29-33.
- PARA S., THULASI M.S., CHALLAGUNDLA J.; VARADARAJULU N., 2012.** Antibacterial Activity and Phytochemical Analysis of *Mentha piperita* L. (Peppermint). An Important Multipurpose Medicinal Plant. American Journal of Plant Sciences, 4: 77-83.
- PERON J.Y., 2006.** Références. Production légumières.2^{ème} Ed. DUC, Paris, 613p.
- PLANQUAERT P.H., GIRARD G., 1987.** La fèverole d'hiver, Revue, I.T.C F 3^{ème} Trim.32p.
- RACHEF S.A., OUFFROUKHA A., 2005.** Inventaire des ravageurs de la fève en Algérie (identification et caractérisation) .I.N.R.A. 34-41.
- RAYNAUD C., 1976.** Monographie et iconographie du genre *Vicia* L. au Maroc. Bull. Inst. Sci .N°1: 147-183.
- REGNAULT-ROGER C., HAMRAOUI A., 1993.** Efficiency of plants from south of France used as traditional protectant of *Phaseolus vulgaris* L. against its bruchid *Acanthoscelides Obtectus* Say. Journal of Stored Product Research , 29: 259-264.
- REGNAULT-ROGER C., HAMRAOUI A., HOLEMAN M., THERON E., PINEL R., 1993.** Insecticidal effect of essential oils from Metitertanean plants upon *Acanthoscelides obtectus*, a pest of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Chemical Ecology*, 19 : 1232-1244.

- REGNAULT-ROGER C., HAMRAOUI A., 1994.** Antifeedant effect of Mediterranean plant essential oils upon *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera), bruchid of kidney beans, *Phaseolus vulgaris* L. In : stored product protection, Cabi publications, 837-840.
- REGNAULT-ROGER C., HAMRAOUI A., 1995.** Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes upon *Acanthoscelides obtectus*, bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal Of Stored Product Research, 31: 291-299.
- REGNAULT-ROGER C., 2002.** De nouveaux phytoinsecticides pour le troisième millénaire. In : Philogène BJR, Regnault-Roger C, Vincent C. coord. Biopesticide d'origine végétale. Paris: Lavoisier-Editions Tec et Doc : 19-39.
- REGNAULT-ROGER C., 2005.** Molécules allélochimiques et extraits végétaux dans la protection des plantes: nature, rôles et bilan de leur utilisation au XXI^e siècle. In Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Tec & Doc Lavoisier, Paris, 625-650.
- REGNAULT-ROGER C., VINCENT C., ARNASON J.T., 2012.** Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annual Review of Entomology* 57: 405-424.
- RIGHI-ASSIA F., 2010.** Etude de la relation plante-insecte chez les Bruchidées : Cas de la bruche du pois chiche *Callosobruchus chinensis* L. Thèse de doctorat d'état. Université de Mascara.124p.
- ROLAND J.C., 2002.** Des plantes et des Hommes. Ed. Vuirert, Paris, 165p.
- SABBOUR M.M., E-ABD-EL-AZIZ S., 2007.** Efficiency of some bioinsecticides against brood bean beetle, *Bruchus rufimanus* (Coleoptera: Bruchidae). Research journal of agriculture and biological sciences, 3 (2): 67-72.
- SELLAMI S., BOUSNINA A.Z., 1996.** Distribution de *Ditylenchus dipsaci* (hunk) sur la fève dans l'est d'Algérie. Céréaliculture : spéciale fèves N° 29 : 27-30.
- SERRANO A.R., 2013.** Estudio faunístico de bruchidos (Coleoptera: Bruchidae) en el estado de México, México. Thèse de doctorat d'état. Université de Mexico.139p.
- SHIRAN B. et MASHAYEKH A.M., 2004.** Evaluation of the chloroplast dna among *Vicia faba* l.germplasm using restriction- site analysis. Iranian journal of science & technology,trans. A, Vol (28): 51-54.
- SINGH A.K., BHARATI R. C., MANIBHUSHAN N.C., PEDPATI A., 2013.** An assessment of faba bean (*Vicia faba* L.) current status and future prospect. Afr. J. Agric. Res: 6635-6641.
- SERI-KOUASSI B. P., KANKO C., ABOUA L. R. N., BEKON K. A., GLITHO A. I., KOUKOUA G., GUESSAN Y. T., 2004.** Action des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Côte-d'Ivoire sur *Callosobruchus maculatus* F. du niébé. C. R. Chimie 7: 1043–1046.

- STODDARD F.L., NICHOLAS A.H., RUBIALES D., THOMAS J., VILLEGAS - FERNANDEZ A.M., 2010.** Integrated pest management in faba bean. *Field Crops Research* 115: 308–318.
- SUNG-EUN LEE., BYOUNG-HO, L., WON-SIK, C., BYEOUNG-SOO, P., JEONG-GYU, K., BRUCE, C. C., 2001.** Fumigant toxicity of volatile natural products from Korean spices and medicinal plants towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae*(L.), *Pest. Mang. Sci*, 57 :548-553.
- TALEB-TOUDERT K., 205.** Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérien). Evaluation de leurs effets sur la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de doctorat, U.M.M.T.O. 160p.
- TAPONDJOU L. A., ADLER C., BOUDA H., FONTEM D.A., 2003.** Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et *eucalyptus saligna* à l'égard de la bruche du niébé, *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidae). *Cahiers Agricultures* ; 12. P401-407.
- THOMAS F., 2008.** La féverole confirme son intérêt. *Techniques culturales simplifiées* N°48. 4^{ème} Ed.102p.
- TUDA M., 2007.** Applied evolutionary ecology of insects of the subfamily Bruchinae (Coleoptera: Chrysomelidae). *App. Entomol. Zool*, 42 (3):337-346.
- UPADHYAY R.K., AHMAD S., 2011.** Management Strategies for Control of Stored Grain Insect Pests in Farmer Stores and Public Ware Houses. *World Journal of Agricultural Sciences* 7 (5): 527-549.
- WEAVER D. K., DUNKEL F. V., NTEZURUBANZA L., JACKSON L. L., STOCK D. T., 1991.** The efficacy of linalool, a major component of freshly-milled *Ocimum canum* Sims (Lamiaceae), for protection against postharvest damage by certain stored product Coleoptera. *J. stored Prod. Res*, 27 (4): 213-220.
- WIGGLESWORTH, V.B., 1972.** *The Principles of Insect Physiology*, 7e Ed. Chapman and Hall, 325p.
- YUS RAMOS R., KINGSOLVER J.M., NAPOLES J.R., 2007.** Sobre el estatus taxonómico actual de los brúquidos (Coleoptera: Bruchidae) en los Chrysomeloidea. *Dugesiana* 14(1): 1-21.
- ZAGHOUANE O., 1991.** The situation of Faba bean (*Vicia faba* L.) in Algeria. Options méditerranéennes. Present statut and future perspets of faba bean production, I.C.A.R.D.A. Serie A, N°10:123-125.
- ZUANG H., 1991.** *Mémento : nouvelles espèces légumières* .Ed. Lavoisier, Paris, 360p.

Tableau 1. Analyse de la variance au seuil 5% pour le paramètre mortalité des adultes de *B. rufimanus* diapausants traités par contact avec l'huile essentielle des Lamiacées.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var.residuelle 1	167	360	0,4639			0,6811	9,36%
Var.facteur 1	3,3335	1	3,3335	7,186	0,00758		
Var.facteur 2	481,6973	4	120,4243	259,5973	0		
Var.facteur 3	5203,668	5	1040,734	2243,498	0		
Var.facteur 4	14,0103	1	14,0103	30,2018	0		
Var.inter f1*2	23,1045	4	5,7761	12,4515	0		
Var.inter f1*3	6,042	5	1,2084	2,6049	0,02474		
Var.inter f1*4	5,6338	1	5,6338	12,1447	0,00069		
Var.inter f2*3	357,103	20	17,8552	38,4902	0		
Var.inter f2*4	9,4697	4	2,3674	5,1034	0,0006		
Var.inter f3*4	6,7153	5	1,3431	2,8952	0,01415		
Var.inter f1*2*3	51,145	20	2,5573	5,5126	0		
Var.inter f1*2*4	1,8438	4	0,4609	0,9936	0,41183		
Var.inter f1*3*4	12,9902	5	2,598	5,6006	0,00007		
Var.inter f2*3*4	45,1797	20	2,259	4,8697	0		
Var.int.f1*2*3*4	11,6572	20	0,5829	1,2565	0,20524		
Var.totale	6400,593	479	13,3624				

Tableau 2. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur huile sur la mortalité des adultes diapausants de *B. rufimanus*.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes	
1.0	Menthe poivrée	7,3625	A	
2.0	Thym	7,1958		B

Tableau 3. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

F2	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes				
5.0	d10ul	8,4896	A				
4.0	d8ul	7,875		B			
3.0	d6ul	7,5417			C		
2.0	d4ul	6,9479				D	
1.0	d2ul	5,5417					E

Tableau 4. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur temps sur la mortalité des adultes diapausants de *B. rufimanus*.

F3	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes					
6.0	t6	10	A					
5.0	t5	9,65		B				
4.0	t4	9,425			C			
3.0	t3	8,9125				D		
2.0	t2	4,4875					E	
1.0	t1	1,2						F

Tableau 5. Résultats du test de NEWMAN et KEULS pour l'effet du facteur sexe sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

F4	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes	
1.0	M	7,45	A	
2.0	F	7,1083		B

Tableau 6. Analyse de la variance au seuil 5% pour le paramètre mortalité des adultes de *B. rufimanus* diapausants traités par contact avec l'huile essentielle des Rutacées.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var.residuelle 1	334,5	540	0,6194			0,787	8,82%
Var.facteur 1	52,2734	1	52,2734	84,3876	0		
Var.facteur 2	344,3813	4	86,0953	138,988	0		
Var.facteur 3	1002,42	8	125,3025	202,2821	0		
Var.facteur 4	0,6726	1	0,6726	1,0858	0,2984		
Var.inter f1*2	130,6016	4	32,6504	52,7092	0		
Var.inter f1*3	25,0016	8	3,1252	5,0452	0,00001		
Var.inter f1*4	7,199	1	7,199	11,6217	0,00085		
Var.inter f2*3	156,7186	32	4,8975	7,9062	0		
Var.inter f2*4	30,7302	4	7,6826	12,4023	0		
Var.inter f3*4	3,7024	8	0,4628	0,7471	0,6513		
Var.inter f1*2*3	73,9984	32	2,3125	3,7331	0		
Var.inter f1*2*4	22,3983	4	5,5996	9,0397	0		
Var.inter f1*3*4	6,4757	8	0,8095	1,3068	0,23659		
Var.inter f2*3*4	45,5198	32	1,4225	2,2964	0,0001		
Var.int.f1*2*3*4	45,052	32	1,4079	2,2728	0,00012		
Var.totale	2281,645	719	3,1734				

Tableau 7. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur huile sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes	
1.0	Orange douce	9,1917	A	
2.0	Pamplemousse	8,6528		B

Tableau 8. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

F2	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes				
5.0	d27ul	9,7153	A				
3.0	d21 ul	9,3194		B			
4.0	d24 ul	9,0694			C		
2.0	d18 ul	8,8403				D	
1.0	d15 ul	7,6667					E

Tableau 9. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur temps sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

F3	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes					
9.0	t9	10	A					
8.0	t8	9,9125	A					
7.0	t7	9,8	A					
6.0	t6	9,6875	A					
5.0	t5	9,3375		B				
4.0	t4	9,0375			C			
3.0	t3	8,5375				D		
2.0	t2	7,7875					E	
1.0	t1	6,2						F

Tableau 10. Analyse de la variance au seuil 5% pour le paramètre mortalité des adultes de *B. rufimanus* non diapausants traités par contact avec l'huile essentielle des Lamiacées.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var.residuelle 1	217	240	0,9042			0,9509	18,64%
Var.facteur 1	125,0005	1	125,0005	138,2494	0		
Var.facteur 2	342,2378	4	85,5595	94,628	0		
Var.facteur 3	4031,575	3	1343,858	1486,295	0		
Var.facteur 4	9,1138	1	9,1138	10,0798	0,00187		
Var.inter f1*2	158,562	4	39,6405	43,842	0		
Var.inter f1*3	117,5244	3	39,1748	43,327	0		
Var.inter f1*4	4,5112	1	4,5112	4,9894	0,02502		
Var.inter f2*3	262,9873	12	21,9156	24,2385	0		
Var.inter f2*4	25,3237	4	6,3309	7,002	0,00003		
Var.inter f3*4	8,0112	3	2,6704	2,9534	0,0328		
Var.inter f1*2*3	136,1631	12	11,3469	12,5496	0		
Var.inter f1*2*4	14,3013	4	3,5753	3,9543	0,00413		
Var.inter f1*3*4	11,1641	3	3,7214	4,1158	0,00731		
Var.inter f2*3*4	19,3013	12	1,6084	1,7789	0,05211		
Var.int.f1*2*3*4	16,0234	12	1,3353	1,4768	0,13292		
Var.totale	5498,8	319	17,2376				

Tableau 11. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur huile sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes	
1.0	Menthe poivrée	5,725	A	
2.0	Thym	4,475		B

Tableau 12. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

F2	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes			
4.0	d8ul	6,0469	A			
5.0	d10ul	6,0469	A			
3.0	d6ul	5,5469		B		
2.0	d4ul	4,4844			C	
1.0	d2ul	3,375				D

Tableau 13. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur temps sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

F3	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes			
4.0	t4	10	A			
3.0	t3	6,525		B		
2.0	t2	3,4125			C	
1.0	t1	0,4625				D

Tableau 14. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur sexe sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

F4	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes			
1.0	F	5,2688	A			
2.0	M	4,9313			B	

Tableau 15. Analyse de la variance au seuil 5% pour le paramètre mortalité des adultes de *B. rufimanus* diapausants traités par inhalation avec l'huile essentielle des Lamiacées.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var.residuelle 1	215,25	300	0,7175			0,8471	18,55%
Var.facteur 1	19,8023	1	19,8023	27,599	0		
Var.facteur 2	481,4897	4	120,3724	167,7665	0		
Var.facteur 3	6366,115	4	1591,529	2218,159	0		
Var.facteur 4	0,124	1	0,124	0,1729	0,68107		
Var.inter f1*2	24,7105	4	6,1776	8,6099	0		
Var.inter f1*3	32,1851	4	8,0463	11,2143	0		
Var.inter f1*4	0,1211	1	0,1211	0,1688	0,68447		
Var.inter f2*3	572,3853	16	35,7741	49,8593	0		
Var.inter f2*4	1,0391	4	0,2598	0,362	0,83696		
Var.inter f3*4	14,2134	4	3,5533	4,9524	0,00079		
Var.inter f1*2*3	47,6148	16	2,9759	4,1476	0		
Var.inter f1*2*4	1,04	4	0,26	0,3624	0,83673		
Var.inter f1*3*4	6,4668	4	1,6167	2,2532	0,06257		
Var.inter f2*3*4	9,186	16	0,5741	0,8002	0,68603		
Var.int.f1*2*3*4	22,4346	16	1,4022	1,9542	0,01595		
Var.totale	7814,178	399	19,5844				

Tableau 16. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur huile sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

f1	Libelles	moyennes	groupes homogènes	
1.0	Menthe poivrée	4,79	A	
2.0	Thym	4,345		B

Tableau 17. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

F2	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes				
5.0	d50 µl	6,05	A				
4.0	d40 µl	5,525		B			
3.0	d30 µl	4,5			C		
2.0	d20 µl	3,5875				D	
1.0	d10 µl	3,175					E

Tableau 18. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur temps sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

F3	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes				
5.0	t5	10	A				
4.0	t4	8,2		B			
3.0	t3	4,0375			C		
2.0	t2	0,5875				D	
1.0	t1	0,0125					E

Tableau 19. Analyse de la variance au seuil 5% pour le paramètre mortalité des adultes de *B. rufimanus* diapausants traités par inhalation avec l'huile essentielle des Rutacées.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var.residuelle 1	220,75	540	0,4088			0,6394	8,73%
Var.facteur 1	34,2412	1	34,2412	83,7611	0		
Var.facteur 2	3975,141	4	993,7852	2431,003	0		
Var.facteur 3	2880,912	8	360,114	880,9131	0		
Var.facteur 4	0,3154	1	0,3154	0,7716	0,38403		
Var.inter f1*2	114,1821	4	28,5455	69,8283	0		
Var.inter f1*3	215,3721	8	26,9215	65,8556	0		
Var.inter f1*4	22,3955	1	22,3955	54,784	0		
Var.inter f2*3	1611,685	32	50,3651	123,2035	0		
Var.inter f2*4	21,4131	4	5,3533	13,0952	0		
Var.inter f3*4	8,3975	8	1,0497	2,5677	0,00946		
Var.inter f1*2*3	125,3921	32	3,9185	9,5855	0		
Var.inter f1*2*4	8,9727	4	2,2432	5,4872	0,0003		
Var.inter f1*3*4	10,5161	8	1,3145	3,2156	0,00148		
Var.inter f2*3*4	27,8115	32	0,8691	2,126	0,00041		
Var.int.f1*2*3*4	28,8032	32	0,9001	2,2018	0,00022		
Var.totale	9306,3	719	12,9434				

Tableau 20. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur huile sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes	
1.0	Orange douce	7,5444	A	
2.0	Pamplemousse	7,1083		B

Tableau 21. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

F2	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes				
5.0	d50 µl	9,9028	A				
4.0	d40 µl	9,2639		B			
3.0	d30 µl	8,0556			C		
2.0	d20 µl	5,9167				D	
1.0	d10 µl	3,4931					E

Tableau 22. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur temps sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

F3	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes						
9.0	t9	10	A						
8.0	t8	9,7		B					
7.0	t7	8,8625			C				
6.0	t6	8,1625				D			
5.0	t5	7,475					E		
4.0	t4	6,8625						F	
3.0	t3	6,15							G
2.0	t2	5,0625							
1.0	t1	3,6625							

Tableau 23. Analyse de la variance à trois critères de classification au seuil 5% pour le taux de répulsion des adultes de *B. rufimanus* traités par l'huile essentielle des Lamiacées.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var.residuelle 1	31200	60	520			22,8035	42,23%
Var.facteur 1	179,9961	1	179,9961	0,3461	0,56565		
Var.facteur 2	28269,99	4	7067,497	13,5913	0		
Var.facteur 3	19,9805	1	19,9805	0,0384	0,83971		
Var.inter f1*2	3270,004	4	817,501	1,5721	0,19224		
Var.inter f1*3	80,0117	1	80,0117	0,1539	0,69815		
Var.inter f2*3	230,0195	4	57,5049	0,1106	0,97518		
Var.inter f1*2*3	1869,988	4	467,4971	0,899	0,4719		
Var.totale	65119,99	79	824,3036				

Tableau 24. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

F2	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes			
5.0	d 10ul	82,5	A			
4.0	d 8ul	65		B		
3.0	d 6ul	53,75		B	C	
2.0	d 4ul	40			C	D
1.0	d 2ul	28,75				D

Tableau 25. Analyse de la variance à trois critères de classification au seuil 5% pour le taux de répulsion des adultes de *B. rufimanus* traités par l'huile essentielle des Rutacées.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var.residuelle 1	22100	60	368,3333			19,192	58,60%
Var.facteur 1	3124,996	1	3124,996	8,4842	0,00504		
Var.facteur 2	12770	4	3192,499	8,6674	0,00002		
Var.facteur 3	44,9961	1	44,9961	0,1222	0,72782		
Var.inter f1*2	50,0039	4	12,501	0,0339	0,99		
Var.inter f1*3	45,0039	1	45,0039	0,1222	0,7278		
Var.inter f2*3	130,0039	4	32,501	0,0882	0,98262		
Var.inter f1*2*3	1129,996	4	282,499	0,767	0,55333		
Var.totale	39395	79	498,6708				

Tableau 26. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur huile sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

F1	Llibelles	Moyennes	Groupes homogènes	
1.0	Orange douce	39	A	
2.0	Pamplemousse	26,5		B

Tableau 27. Résultats du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose sur la mortalité des adultes de *B. rufimanus*.

F2	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes	
5.0	d 27ul	56,25	A	
4.0	d 24ul	32,5		B
3.0	d 21ul	30		B
2.0	d 18ul	26,25		B
1.0	d 15ul	18,75		B

Résumé

L'effet bioinsecticide des huiles essentielles extraites de *Mentha piperita*, *Thymus vulgaris*, *Citrus sinensis* et *Citrus paradisi* sur les adultes diapausants de *B. rufimanus* est évalué par contact, par inhalation et par répulsion. Pour les adultes non diapausants, un test par contact est effectué pour les huiles de la menthe poivrée et celle du thym.

L'étude révèle que toutes les doses induisent des mortalités des adultes quelque soit l'huile essentielle utilisée. Celles de la menthe poivrée et de thym se sont montrées les plus efficaces par contact montrant des valeurs de mortalité les plus élevées pour les mâles et les femelles diapausants de *B. rufimanus* après 24h d'exposition, à la plus forte dose (10µl). Les huiles essentielles de l'orange douce et du pamplemousse le sont moins enregistrant un taux de mortalité de 100% pour les mâles et les femelles à la plus forte dose de 27µl, après de 48 et 72heures d'exposition respectivement. Pour les adultes non diapausants, les huiles essentielles des Lamiacées testées réduisent de façon très significative la longévité des adultes. L'huile essentielle de la menthe s'est révélée la plus toxique enregistrant un taux de mortalité maximal (100%) après 6h d'exposition. Le taux de mortalité maximal des mâles et femelles est noté après 24heures d'exposition, à la plus forte dose (10µl) pour celle du thym.

Le classement de Mc DONALD et *al.* (1970) place les huiles essentielles des Lamiacées dans la classe III (modérément répulsive) et celles des Rutacées dans la classe II (faiblement répulsive).

Les résultats des traitements par inhalation sur la bruche de la fève montrent qu'au fur et à mesure que la dose augmente, les taux de mortalité augmentent. L'huile essentielle de la menthe poivrée s'est montrée la plus efficace. En revanche, les huiles des Rutacées semblent agir faiblement sur la mortalité des adultes de ce ravageur.

Mots clés: *Bruchus rufimanus*, *Vicia faba*, huiles essentielles, Lamiacées, Rutacées, toxicité.

Summary

The bioinsecticide effect of essential oils extracted from *Mentha piperita*, *Thymus vulgaris*, *Citrus sinensis* and *Citrus paradisi* upon *B. rufimanus* diapausing adults is evaluated by contact, inhalation and repulsion. For non-diapausing adults, only contact test is performed for peppermint and thyme essential oils.

The study showed that all doses induce adult mortality regardless of HE used. Those of peppermint and thyme have proved most effective by contact showing the highest mortality values for males and females of *B. rufimanus* diapausing adults after 24 hours of exposure at the highest dose (10 ul). Orange and grapefruit essential oils are less effective recording a mortality rate of 100% for males and females, respectively at the highest dose of 27µl after 48 and 72 hours of exposure. For non diapausing adults, the Lamiaceae essential oils tested reduce very significantly the longevity of adults. The essential oil of peppermint proved most toxic recording a maximum mortality rate (100%) after 6 hours of exposure. Concerning thyme essential oil, the maximum mortality rate for males and females is observed after 24 hours of exposure at the highest dose (10 ul).

The classification of Mc DONALD et al. (1970) puts Lamiaceae essential oils in class III (moderately repulsive) and those of Rutaceae in Class II (weakly repulsive).

The results of inhalation therapy on broad bean weevil show that as far as the dose increases, mortality rates rise. Peppermint essential oil showed a most effective activity. However, Rutaceae essential oils seem to act weakly upon adult mortality of this pest.

Keywords: *Bruchus rufimanus*, *Vicia faba*, essential oils, Lamiaceae, Rutaceae toxicity.