

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



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de master académique en biologie

Spécialité : Biologie et contrôle des populations d'insectes.

Thème

Effet insecticide de trois huiles essentielles de la famille des myrtacées sur les adultes et les larves âgées de *Tribolium confusum*.

Présenté par :

Melle :Yennek Yasmina

Melle : Belhadj Zineb

Promotrice : M^{me} Hedjal-Chebheb Maître de conférences classe A. UMMTO

Co promotrice: M^{elle} Kheloul Lynda Doctorante UMMTO

Devant le jury

Présidente : M^{me} Bouaziz yahyaten MCB UMMTO

Examinatrice: M^{elle} Guermah Dyhia Doctorante UMMTO

Promotion : 2017 / 2018

Remerciement

*Nous remercions, du plus profond de notre cœur, **Dieu** le tout puissant de nous avoir donné le courage et la volonté d'achever ce travail.*

*Nous remercions, très chaleureusement Madame **Hedjal-chebheb** notre promotrice*

Merci pour votre encadrement efficace et votre disponibilité.

*Nous remercions aussi particulièrement notre co-promotrice **Kheloul lynda***

*Sans oublier les membres De jury : **M^{me} Bouaziz yahiyaten** présidente du jurés, et **M^{lle} Guermah Dyhia** examinatrice*

Mes remerciements vont également à tous ceux qui nous aidé, à un titre ou un autre, qu'il s'agisse de la fourniture d'informations précieuses, ou du conseil

Un grand merci à tous





Dédicace

*À*vant tous, Grâce à Dieu qui nous a aidés durant
toutes les années de notre cursus universitaire
À toute ma famille

À tous les amis

À tous ceux et celles qu'il m'aide de près comme de loin.

Linel

Je dédie ce modeste travail à :

*La source de tendresse et d'amour ma très chère maman Fatma, la plus
merveilleuse et la plus courageuse des mères du monde, que dieu la protège à chaque
moment,*

*Amon chère père, Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le respect que
j'ai pour eux.*

*Rien au monde ne vaut les efforts que tu as fournis jour et nuit pour mon
éducation et mon bien être. A mes très chères sœurs et frères*

Yasmina

D : Dose

E. coli : Escherichia coli

E. globulus : *Eucalyptus globulus*

H : Heure

M. communis : *Myrtus communis*

P : Probabilité

T confusum : *Tribolium confusum*

T : Temps

μl : Micro-litre

Figure 1 : Antenne de <i>T. Castaneum</i>	2
Figure 2 : Antenne de <i>T. confusum</i>	2
Figure 3 : Œuf de <i>T. confusum</i>	3
Figure 4 : Larve de <i>T. confusum</i>	4
Figure 5 : Nymphe de <i>T. confusum</i>	4
Figure 6 : Adulte de <i>T. confusum</i>	5
Figure 7 : Feuilles d'arbre d' <i>Eucalyptus globulus</i>	12
Figure 8 : Feuilles et fruits de myrte	13
Figure 9 : Clou de girofle	14
Figure 10 : Matériels de laboratoire	17
Figure 11 : Elevage de masse des adultes de <i>T. Confusum</i>	18
Figure 12 : Test par inhalation pour les adultes	19
Figure 13 : Taux de mortalités des adultes de <i>T. Confusum</i> sous l'effet l'huile essentielle d' <i>E. globulus</i>	20
Figure 14: Taux de mortalités des adultes de <i>T. Confusum</i> sous l'effet <i>M. communis</i>	20
Figure 15 : Taux de mortalités des adultes de <i>T. Confusum</i> sous l'effet de l'huile essentielle du clou de girofle.....	20
Figure 16: Taux de mortalités des adultes de <i>T. Confusum</i> sous l'effet des trois huiles essentielles	21
Figure 17 : Taux moyen de mortalité des larves de <i>T.confusum</i> sous l'effet de l'huile essentielle d' <i>E. globulus</i>	23
Figure 18 : Taux moyen de mortalité des larves de <i>T. confusum</i> sous l'effet de l'huile essentielle <i>M.communis</i>	24
Figure 19 : Taux moyen de mortalité des larves de <i>T. confusum</i> sous l'effet de l'huile essentielle du Clou de girofle	24
Figure 20 : Taux moyen de mortalité (%) des larves de <i>T. traitée</i> avec les trois huile essentielle... ..	25

Figure 21 : Taux moyen d'émergence des adultes de <i>T.confusum</i> traités avec l'huile essentielle de <i>M.communis</i>	27
Figure 22: Taux moyen d'émergence des adultes de <i>T.confusum</i> traités avec l'huile essentielle d' <i>E.globulus</i>	28
Figure 23 : Taux moyen d'émergence des adultes de <i>T.confusum</i> traités avec l'huile essentielle du clou de girofle	29

Abréviation**Liste des figures**

Introduction générale	1
1. Synthèse bibliographique	
1.1. <i>Tribolium confusum</i>	2
1.1.1. Etude du genre <i>Tribolium</i>	2
1.1.2. Position systématique de <i>Tribolium confusum</i>	3
1.1.3. Répartition géographique.....	3
1.1.4. Description des différents stades de développement.....	3
1.1.5. Cycle évolutif	5
1.1.6. Alimentation et dégâts causés par le <i>T. Confusum</i>	6
1.1.7. Lutte contre le <i>T. Confusum</i>	6
1.1.7.1. Lutte curative.....	6
1.1.7.2. Lutte Préventive	7
1.2. Etude des huiles essentielles testé	8
1.2.1. Définition	8
1.2.2. Localisation	8
1.2.3. Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles	8
1.2.4. Composition chimique des huiles essentielles	9
1.2.5. Méthodes d'extraction des huiles essentielles.....	9
1.2.6. Les différents types d'activités des huiles essentielles.....	10
1.2.7. Présentation des huiles essentielles testées	11
1.2.7.1. <i>Eucalyptus globulus</i>	11
1.2.7.1.1. Description botanique de la plante d'eucalyptus.....	11
1.2.7.1.2. Position systématique	12
1.2.7.1.3. Huile essentielle d' <i>eucalyptus globulus</i> et sa composition chimique	12

1.2.7.1.4. Propriétés de l'huile essentielle d' <i>eucalyptus globulus</i>	12
1.2.7.2. Myrte commun : <i>Myrtus communis</i>	13
1.2.7.2.1. Description botanique de la plante	13
1.2.7.2.2. Position systématique	13
1.2.7.2.3. Composition chimique	14
1.2.7.2.4. Utilisations	14
1.2.7.3. Clou de girofle.....	14
1.2.7.3.1. Caractéristiques botaniques de la plante	14
1.2.7.3.2. Répartition géographique	14
1.2.7.3.3. Position systématique	15
1.2.7.3.4. Caractéristiques et composition chimique.....	15
1.2.7.3.5. Propriétés médicale	15
2. Matériels et méthodes	16
2.1. Matériels de laboratoire.....	16
2.2. Matériel végétal.....	17
2.3. Matériel animal	17
2.4. Elevage des insectes	17
2.5. Tests biologiques.....	17
2.5.1. Test par inhalation pour les adultes	17
2.5.2. Test par inhalation pour les larves.....	18
2.6. Analyse statistique.....	18
3 .Résultats et discussion.....	19
3.1. Efficacité des huiles essentielles sur les adultes de <i>T. Confusum</i> par inhalation	19
3.2. Effet des trois huiles essentielles sur les larves de <i>Tribolium confusum</i>	23
3.3. Effet de trois huiles essentielles sur l'émergence des larves de <i>T. confusum</i>	26
Conclusion.....	31
Références bibliographiques	
Annexe	

Introduction

Les céréales et leurs dérivés constituent la principale source de protéines dans de nombreux pays en voie de développement et les pertes causées à ce type de denrées lors de leur stockage sont estimés à 100 millions de tonnes dont 13 millions sont provoqués par les insectes (KOUMAGALOU, 1992). Dans les pays développés, ces pertes avoisinent les 3 %, alors qu'en Afrique elles atteignent les 30 % (SILVY, 1992). En Algérie, les produits céréaliers, dont le blé, occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (DJERMOUN, 2009).

Tribolium confusum est l'un des ravageurs cosmopolites les plus sérieux dans les céréales stockées. C'est un ravageur plutôt important dans les farines et les produits à base de farine. C'est une espèce polyphage qui pénètre facilement dans les produits, et peut affecter directement la quantité et la qualité du produit colonisés et provoque d'énormes pertes économiques chaque année (LI et ARBOGAST, 1991). Il est constamment trouvé dans les greniers, les usines, les entrepôts (BOUSSAADA et al., 2008).

En raison de son efficacité et de son application facile et pratique, l'utilisation d'insecticides chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée pour lutter contre les insectes nuisibles (SOEJARTO et al., 1989). De plus, les insecticides de synthèse pénètrent dans les grains stockés et deviennent souvent toxiques pour le consommateur (OGENDO et al., 2004). L'usage très répandu de ces pesticides a entraîné l'apparition de formes de résistances chez les insectes traités (LEONARD et NGAMO, 2004).

Les plantes aromatiques sont parmi les insecticides d'origine botanique les plus efficaces, et leurs huiles essentielles constituent une source riche de produits chimiques bioactifs. Les biopesticides à base des huiles essentielles peuvent être des outils de choix dans les programmes de gestion de la résistance des ravageurs aux pesticides (ISMAN, 2000).

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail dont l'objectif est d'évaluer l'activité insecticide de trois huiles essentielles des trois plantes (*Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis* et le clou de girofle (*Eugenia caryophyllata*) sur *Tribolium confusum*.

Ce travail comprend 3 parties:

- La première partie comprend une étude bibliographique sur l'insecte de *T.confusum*, et sur les huiles essentielles utilisés;
- La deuxième partie consiste à présenter matériels et méthodes.
- La troisième partie comporte résultats et discussion.

Synthèse bibliographique

1. Synthèse bibliographique

1.1. *Tribolium confusum*

1.1.1. Etude du genre *Tribolium*

Sont des petits coléoptères extrêmement communs en France et en Afrique du nord. A l'état adulte, ils sont de couleur rouge brun plus ou moins foncé. *Tribolium castaneum* et *Tribolium confusum* sont les espèces les plus communs des insectes des denrées entreposées dans le monde entier. Ces deux espèces se distinguent comme suit :

- *T. castaneum* : Il possède des antennes dont les 3 derniers articles sont brusquement élargie, beaucoup plus grands que les précédents (Figure 1).
- *T. Confusum* : contient des antennes (Figure 2) dont les articles s'élargissent progressivement (CHAMP et DYTE ,1976).



Figure 1: Antenne de *T. Castaneum* (ANONYME, 2015).



Figure 2 : Antenne de *T. confusum* (ANONYME, 2015).

1.1.2. Position systématique de *Tribolium confusum*

LEPESME (1944), classe cet insecte comme suit:

Règne.....	Animalia
Embranchement.....	Arthropoda
Classe	Insecta
Ordre.....	Coleoptera
Famille.....	Tenebrionidae
Genre	<i>Tribolium</i> .
Espèce	<i>Tribolium confusum</i>

1.1.3. Répartition géographique

T. confusum est une espèce cosmopolite, très vaste dans le monde. LEPESME (1944) note que son foyer d'origine est l'Inde, néanmoins, il a été également trouvé rarement en Amérique du Nord. C'est un insecte des climats chauds et se trouve aussi dans les régions tempérées, où il survit en hiver dans les lieux protégés.

1.1.4. Description des différents stades de développement

➤ **œuf**: l'œuf est ovalaire, sans sculpture, il mesure en moyenne 0,6 mm de long (Figure 3) (STEFFAN, 1978). Il est oblong et blanchâtre, presque transparent, sa surface est lisse et recouverte d'une substance visqueuse qui lui permet d'adhérer à la denrée infestée (BALACHOWSKY, 1939).



Figure 3 : Œuf de *T. confusum* (DIDIER, 2013).

➤ **larve:** L'éclosion de l'œuf donne naissance à une larve vermiforme de couleur blanche, de petite taille ne dépassant pas 1.4 mm. Elle passe ensuite par différents stades larvaires différenciés par la taille (Figure 4) (STEFAN, 1936). A son complet développement, la larve mesure de 6 à 7 mm de long, elle présente une couleur jaunâtre avec des bandes brun pale, de courtes soies couvrant son corps qui se termine par deux paires urogomphes (DELOBEL et TRANS, 1993).



Figure 4 : Larve de *T. confusum* (DIDIER, 2013).

➤ **nymphe:** Les nymphes sont blanches et nue, les segments de son abdomen sont explantés latéralement en lames rectangulaires à bords crénelés. Selon LEPESME (1944), La nymphe femelle possède à la face ventrale, au-dessus de la paire d'urogomphes à extrémité très aiguë et brun foncée, deux petites cornes qui, chez le mâle, se réduisent à un légèrement protubérance déprimée. La nymphe reste sans protection et est incapable de se déplacer (Figure 5).



Figure 5 : Nymphe de *T. confusum* (DIDIER, 2013).

➤ **imago:** La nymphe subit une mue imaginale et donne naissance à un imago. A son émergence, l'imago est de couleur claire.

T. confusum (adulte) est un coléoptère blanc jaunâtre, son tégument se pigmente 2 à 3 jours après son émergence. La couleur devient brun rouge, sa taille atteint 3 à 4 mm aplati et ovale dont la tête et la partir antérieure du thorax sont densément couverts de points minuscules et les élytres

allongés, parallèles et arrondis à l'extrémité postérieure (Figure 6). Les antennes sont moniliformes avec les trois derniers articles élargis. Les pattes sont courtes et courbées, les tarsi postérieurs sont formés de quatre articles (BALACHOWSKY, 1939).



Figure 6 : Adulte de *T. confusum* (DIDIER, 2013).

1.1.5. Cycle évolutif

L'insecte hiverne à l'état adulte et il reprend son activité, en général au printemps. Le premier accouplement a lieu environ 2 jours après l'émergence des imagos et dure de 3 à 15 minutes. Les femelles pondent 300 à 400 œufs dans les aliments qu'elles infestent (semoule, farine...), au moyen de 2 à 3 œufs par jour. Ces œufs sont collants et s'agglutinent autour des particules alimentaires, ce qui les rend difficiles à distinguer (ROBECCA et *al.*, 2003). Les larves éclosent environ 10 jours plus tard et se circulent et nourrissent dans les denrées infestées; ce n'est qu'après 7 ou 8 mues qu'elles passent au stade nymphal. La durée du stade larvaire varie de 22 jours à plus de 100 jours, selon la température ambiante, le taux d'humidité et la nourriture disponible (BALACHOWSKY, 1939).

A la fin du dernier stade larvaire, la larve s'immobilise, cesse de se nourrir et se transforme en nymphe immobile. Le stade nymphal dure en moyenne 8 jours et se transforme rapidement en adulte (LEPESME, 1944). Dans des conditions optimales (environ 30-35°C), Le développement de l'œuf à l'adulte dure environ 6 semaines, mais le cycle évolutif est fortement prolongé par temps froid. La longévité de cet insecte peut atteindre deux ou trois ans (BALACHOWSKY, 1939).

1.1.6. Alimentation et les dégâts causés par *T. Confusum*

Le *Tribolium* brun de la farine est un insecte qui se déplace rapidement lorsqu'il est dérangé, mais il ne vole pas. Sa petite taille et ses pièces buccales de broyeur lui permettent de s'infiltrer dans les contenants et les emballages fermés. Les adultes et les larves se nourrissent de farines de céréales. Ils sont incapables de perforer les grains non moulus. Ils sont abondants dans les minoteries, les usines alimentaires, les boulangeries et les habitations où ils infestent les céréales et autres produits de mouture. Lorsqu'ils se retrouvent en grand nombre, la farine prend un aspect grisâtre et moisit rapidement. Ils laissent une odeur désagréable dans les aliments, les rendant impropres à la consommation (BENZZEDDINE, 2010).

1.1.7. Lutte contre le *T. Confusum*

La lutte contre les insectes ravageurs des denrées stockées comprend deux méthodes, L'une est préventive et se pratique avant l'installation des ravageurs et l'autre est curative, et s'utilise quand les lots sont déjà infestés (BALACHOWSKY, 1939).

1.1.7.1. Lutte curative

❖ Lutte biologique

La lutte biologique peut être définie par :

-l'usage d'organisme vivants ou de leurs produits pour empêcher ou réduire les pertes ou dommages causés par des organismes nuisibles, s'appuie sur une stratégie de défense écologique et durable.

Les organismes vivants utilisés, communément appelés auxiliaires, antagonistes ou agents de lutte, peuvent être des parasitoïdes, des prédateurs (insectes, acariens, nématodes) ou bien des pathogènes (virus, bactéries, champignons) (VANHUIS, 1991).

Selon LEPESME (1944), quelques arthropodes tendent à limiter l'activité des *Tribolium* en particulier les acariens et Béthylides :

Acariens : *Pyemotes ventricosus* Newp = (*Pediculoides ventricosus* Newp). *Acarophenax triboli* Newp.et Duv.

Béthylides : (Ordre : Hyménoptère) *Rhabdepyris zae* Turn.et Waterst, *Scleroderma immigrans* Bridw qui parasite les larves.

- Lutte avec les huiles végétales

Sont utilisées très tôt dans la lutte contre les insectes ravageurs des denrées alimentaire par leurs propriétés physiques et chimiques. Leur extraction se fait par pression et qui présentent une toxicité de contact induite par la formation d'un film imperméable isolant l'insecte de l'air et provoquant son asphyxie (REGNAULT-ROGER *et al.*, 1997).

- Lutte avec les Poudres des plantes

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

- Lutte avec les huiles essentielles

Les huiles essentielles sont connues dès l'antiquité pour leurs propriétés médicinales. Elles ont constitué petit à petit un outil remarquable de défense contre les insectes nuisibles en général et ceux des denrées stockées en particulier (KEITA *et al.*, 2001). Elles ont un effet antiseptique et antifongique. Certaines huiles essentielles dont les constituants principaux possèdent des propriétés répulsives ou dissuasives bien connues, sont utilisées depuis longtemps pour la protection du grain entreposé (REGNAULT-ROGER *et al.*, 1993).

1.1.7.2. Lutte Préventive

La prévention est le moyen le plus sûr, et le plus efficace pour éviter l'infestation des denrées par les ravageurs. La lutte préventive nécessite une hygiène rigoureuse des locaux de stockages, et pour ce faire, il faut respecter les consignes suivantes :

- Examinez tous les aliments rapportés à la maison ;
- Il faudra assurer la fraîcheur des aliments achetés ;
- N'achetez que des petites quantités de produits céréaliers périssables, surtout l'été ;
- Il faudra gardé les excédents alimentaires dans des contenants hermétiquement fermés afin d'éviter la propagation d'insectes aux autres aliments ;
- Ne prolongez pas l'entreposage des aliments durant une trop longue période ;
- Lorsque ces insectes sont présents, on doit en premier lieu déterminer la source d'infestation et éliminer tous les aliments contaminés ;
- Il est important d'examiner l'ensemble des produits entreposés, même si les emballages n'ont pas été ouverts ;
- Il faut ensuite nettoyer la zone infestée (DOUMANDJI, 1983).

1.2. Etude des huiles essentielles testées

1.2.1. Définition

Le terme huile essentielle (HE) dérive de « quintaessentia » un nom donné par le médecin suisse paracelsus aux extraits de plantes obtenues par distillation (DE BILLERBECK et *al.*, 2002).

Une huile essentielle est un liquide concentré en substances végétales, obtenu par distillation de molécules volatiles de la plante d'origine. Les huiles essentielles ont des propriétés et des modes d'utilisation particuliers et ont donné naissance d'une branche nouvelle de la phytothérapie nommée **aromathérapie** (SANON et *al.*, 2002).

1.2.2. Localisation

Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux. Au niveau des fleurs, des feuilles, des écorces, des bois, des racines, des rhizomes, des fruits, et des graines. Si tous les organes d'une même espèce peuvent renfermer de l'huile essentielle, la composition de cette dernière peut varier selon sa localisation (FIGUEREDO, 2012). Les huiles essentielles sont produites dans le cytoplasme des cellules sécrétrices et s'accumulent en général dans des cellules glandulaires spécialisées situées en surface de la cellule et recouvertes d'une cuticule (BRUNETTON, 1987).

1.2.3. Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont en général liquides à température ambiante (leur volatilité augmente avec la chaleur), volatiles, d'odeurs très forte, incolores, jaunes pâles. Elles sont insolubles dans l'eau mais solubles dans les solvants, les huiles. Elles s'oxydent au contact de l'air et de la lumière (CHARPENTIER et *al.*, 2008).

Le terme « huile » s'explique par la propriété que présentent ses composés de se solubiliser dans les graisses et par leur caractère hydrophobe (TEUSHER et *al.*, 2005). La densité de ses huiles est inférieure à 1, sauf pour les huiles essentielles du clou de girofle (*Syzygium aromaticum*) et Cannelle (*Cinnamomum zeylanicum*). Leur odeur sont plus ou moins forte, suave, piquante ou par fois désagréable,

Elles ont parfois un toucher gras ou huileux mais ce ne sont pas des corps gras. Par évaporation. Ils peuvent retourner à l'état de vapeur sans laisser de traces, ce qui n'est pas le cas des huiles fixes (olive, tournesol ...) qui ne sont pas volatiles et laissent sur le papier une trace grasse persistante (BOUSBIA, 2011).

1.2.4. Composition chimique des huiles essentielles

Ceux sont des mélanges complexes de composants appartenant principalement à deux groupes :

➤ Composés terpéniques

Les composés de type terpénique sont largement rencontrés dans les huiles essentielles, ils sont formés d'un multiple pair ou impair d'unités de 2-méthylbuta-1,3-diène ou appelé encore Isoprène.

Les terpènes sont constitués exclusivement de carbone et d'hydrogène. Ce sont les principaux constituants des huiles essentielles. On distingue :

- Les monoterpènes à dix carbones ;
- Les sesquiterpènes à quinze carbones ;
- Les diterpènes à vingt carbones (GEORGETTI *et al.*, 2003).

➤ Composés phénoliques

Les composés phénoliques dérivés du phénylpropane (C₆ - C₃) sont beaucoup moins fréquents que les terpènes. Cette classe comporte des composés odorants bien connus comme la vanilline, l'eugénol, l'anéthole, l'estragole et bien d'autres (EUGENIA *et al.*, 2009).

1.2.5. Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Les principales méthodes d'extraction sont:

➤ Distillation

Selon PIOCHON (2008), cette méthode est la plus dans l'extraction des huiles essentielles.

➤ Extraction à froid

Elle constitue le plus simple des procédés, mais ne s'applique qu'aux agrumes (citron, orange...) dont l'écorce des fruits comporte des poches sécrétrices d'essences. Ce procédé consiste, à broyer à l'aide de presses, les zestes frais pour détruire les poches afin de libérer l'essence (ROUX, 2008).

➤ Extraction assistée par micro-onde

Dans ce procédé, la matière végétale est chauffée par micro-ondes dans une enceinte close. Les composés volatils sont entraînés par la vapeur d'eau formée à partir de l'eau propre à la plante. Ils sont ensuite récupérés à l'aide des procédés classiques condensation, refroidissement, et décantation (ATMANI et BAIRA, 2015).

1.2.6. Les différents types d'activités des huiles essentielles

➤ **Activité biologique**

Les huiles essentielles sont connues pour être douées de propriétés antiseptiques et antimicrobiennes. Beaucoup d'entre elles, ont des propriétés antitoxiques, antivenimeuses, antivirales, anti-oxydantes, et antiparasitaires. Plus récemment, leur reconnaît également des propriétés anticancéreuses (VALNET, 2005).

➤ **Activité antioxydant**

Le pouvoir antioxydant de ces huiles est développé comme substitut dans la conservation alimentaire. Ce sont surtout les phénols et les polyphénols qui sont responsables de ce pouvoir. Des études de Laboratoire de Recherche en Sciences Appliquées à l'Alimentation (RESALA) de l'INRS-IAF, ont montré que l'incorporation des huiles essentielles directement dans les aliments (viandes hachées, légumes hachés, purées de fruit, yaourts...) où l'application par vaporisation en surface de l'aliment (pièce de viande, charcuterie, poulet, fruits et légumes entiers...) contribuent à préserver l'aliment des phénomènes d'oxydation (RICHARD, 1992).

➤ **Activité antimicrobienne**

Des études sont faites pour évaluer l'effet antimicrobien des extraits d'épices: clou de girofle, cumin et safran contre les bactéries pathogènes d'origine alimentaire telle que *E.coli*, *pseudomonas fluorescens*, *Staphylococcus aureus*...

Parmi les groupes diversifiés des constituants chimiques des huiles essentielles, le carvacrol, qui est le plus actif de tous, reconnu pour être non toxique. Qui exerce une action antimicrobienne bien distinguée, est additionné à différents produits alimentaires en industrie agro-alimentaire comme agent de conservation et pour améliorer le goût et comme arôme alimentaire dans les boissons, friandises et autres préparations (PAULI, 2001).

➤ **Activité antifongique**

Le pouvoir antifongique des huiles essentielles des plantes aromatiques a été mis en évidence par de nombreux auteurs contre les moisissures allergisantes (OURAINI et *al.*, 2005), et contre les dermatophytes et les champignons pathogènes et opportunistes tels que *Candida albicans* (levure). Des travaux similaires ont été réalisés par OMIDBEYGI et *al.* (2007) ont démontré que les huiles essentielles du thym, de la sarriette et du clou de girofle présentent une activité antifongique « *in vitro* » contre *Aspergillus flavus* (HELLAL, 2011).

➤ **Activité antivirale**

Les virus sont généralement fortement sensibles aux molécules aromatiques des HEs telles que les monoterpènes. De nombreuses pathologies virales sévères traitées avec des HEs ont montrées des améliorations importantes (SCHUHMACHER et REICHLING, 2003).

➤ **Activité anti-inflammatoire**

Les huiles essentielles sont également utilisées en milieu clinique pour soigner des maladies inflammatoires telles que les rhumatismes, les allergies ou l'arthrite (INOUYE et ABE, 2007).

➤ **Activité insecticide des huiles essentielles**

Les huiles essentielles ont des effets antiappétants, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes et des acariens (ENAN, 2001).

Les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des insectes et acariens à corps mou. Selon ISMAN (1999) plusieurs huiles essentielles semblent plus efficaces sur les arthropodes à corps mou. La nature lipophile de l'huile essentielle peut dégrader la couche cireuse de la cuticule et causer des pertes en eau (CSEKE et KAUFMAN, 1999). Les trachées et les sacs d'air des insectes sont enduits de cette couche cireuse et sont affectées par l'huile essentielle ce qui peut entraîner l'asphyxie (WIGGLESWORTH, 1972).

1.2.7. Présentation des huiles essentielles testées

1.2.7.1. *Eucalyptus globulus*

1.2.7.1.1. Description botanique du genre *Eucalyptus*

Le genre *Eucalyptus* appartient à la famille des Myrtacées. Il est endémique en Australie et en Tasmanie. Il est cultivé de nos jours dans quelques régions subtropicales d'Afrique, d'Asie (Chine, Inde, Indonésie) et d'Amérique du Sud ainsi qu'en Europe méridionale et aux États-Unis (BOUAMER, 2004).

L'*Eucalyptus* est un arbre de 30 à 35 m, jusqu'à 100 m dans son milieu naturel. Le tronc comprend une écorce à la base foncée et rugueuse (Figure 7). L'épiderme est long lambeaux souple et odorant. Il possède également des lenticelles gorgées de gomme balsamique avec un bois rouge (GOETZ, 2008).



Figure 7 : Feuilles d'arbre d'eucalyptus globulus (CHAIB, 2015).

1.2.7.1.2. Position systématique

Selon BOUAMER (2004) classe *E. globulus* comme suit :

Embranchement.....Spermaphytes

Classe.....Dicotylédones

Ordre.....Myrtales

Famille.....Myrtaceae

Genre.....*Eucalyptus*

Espèce.....*Eucalyptus globulus*

1.2.7.1.3. Huile essentielle d'eucalyptus *globulus* et sa composition chimique

E. globulus possède une huile essentielle riche en **1,8-cinéole** aussi appelé **eucalyptol**, elle contient environ 18 % de monoterpènes et environ 7 % de sesquiterpènes (FRANCHOMME et *al.*, 2003). Selon BRUNETON (1993), Le 1,8 - cinéole ou eucalyptol est le constituant majoritaire (70-80%) ; les autres constituants sont majoritairement terpéniques.

1.2.7.1.4. Propriétés de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*

Selon SCHNITZLER(2001), l'huile essentielle d'*E.globulus*, spécifique des voies respiratoires basses est utile pour tout le système broncho-pulmonaire et est largement utilisée contre les affections comme la bronchite.

La présence de 1,8-cinéole, l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* va lui conférer des propriétés antibactériennes et cicatrisantes (SUGUMAR, 2014).

De même BATISH et *al.*, (2008) rapporte que la présence du 1,8-cinéole dans l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* va lui conférer des propriétés répulsives et insecticides.

Des études ont démontré aussi que les huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* possèdent une forte activité antivirale contre Herpes Simplex Virus (HSV) (SCHNITZLER, 2001).

VILELA et *al* (2009) ont démontré également une activité antifongique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* sur deux espèces d'aspergillus : *Aspergillus flavus* et *Aspergillus parasiticus*.

1.2.7.2. Myrte commun : *Myrtus communis*

1.2.7.2.1. Description botanique

Le genre *Myrtus* appartient à la famille des Myrtaceae. Elle est Originaires du bassin méditerranéen, il comprend une cinquantaine d'espèces dont certaines sont également présentes en Asie occidentale, en Amérique du sud et en Australie. *Myrtus communis* L (myrte commun) est un arbrisseau aromatique toujours vert mesurant de 1 à 3 mètres à feuilles opposées, très rapprochées. Les fleurs blanches, axillaires, solitaires, longuement pédonculées apparaissent à partir de la mi-juin. Les baies d'un noir bleuâtre sont ovoïdes (environ 5 mm de diamètre), charnues, à graines peu nombreuses et couronnées par le calice (Figure 8). La pleine maturité de ces fruits est atteinte au mois de novembre (JEANMONOD et GAMISANS, 2007).



Figure 8 : Feuilles et fruits de myrte (BARBONI, 2006).

1.2.7.2.2. Position systématique

TOUAIBIA et CHAOUCH, 2014, classent cette plante comme suit :

Embranchement.....	Spermaphytes
Classe.....	Dicotylédones
Ordre.....	Myrtales
Famille.....	Myrtaceae
Genre.....	<i>Myrtus</i>
Espèce.....	<i>Myrtus communis</i> L

1.2.7.2.3. Composition chimique

Les principaux composants actifs de l'huile essentielle de *Myrtus communis* sont des monoterpènes (-pinène), des alcools monoterpéniques (linalol) de 15 à 20%, des esters monoterpéniques (acétate de myrtényle de 15 à 20 %) et des oxydes terpéniques 40% (1,8-cinéole) (RAMEAU, 2008).

1.2.7.2.4. Utilisations

Elle est couramment utilisée pour ses propriétés digestives et antispasmodiques, antiseptiques et antimicrobiennes, astringentes et tonifiantes, ainsi que ses propriétés antiparasitaires. Le myrte est très connu aussi pour ses propriétés anti-génotoxiques, en plus il est anti-hyperglycémiant, hypocholestérolémiant et anti-inflammatoire (TOUAIBIA et CHAOUCH, 2014).

1.2.7.3. Clou de girofle

1.2.7.3.1. Caractéristiques botaniques de la plante

Le giroflier est un grand arbre au tronc gris clair de 12 à 15 mètres de hauteur pouvant atteindre jusqu'à 20 mètres de haut. Il présente un port érigé et pyramidal. Son feuillage est aromatique, coriace, persistant vert sombre et vernissé au revers plus clair (RAKOTOATIMANANA et *al.*, 1999).

Ces clous (Figure 9) sont récoltés, après 6 à 8 ans de culture de l'arbre, 2 fois par an. Ce sont des boutons auxquels on ôte le pédicelle manuellement et que l'on met sécher au soleil jusqu'à ce qu'ils deviennent brun rouge (KOROCH et *al.*, 2007).



Figure 9 : Clou de girofle (KOROCH et *al.*, 2007).

1.2.7.3.2. Répartition géographique

Elle est originaire de Madagascar, le giroflier est également cultivé en Indonésie et en Tanzanie. Les clous de girofle Américains sont réputés d'être de qualité inférieure à cause de leur plus faible teneur en huile essentielle (ALICE, 2011).

1.2.7.3.3. Position systématique

ALICE, 2011 classe le clou de girofle comme suit :

Embranchement.....	Spermatophytes
Classe.....	Dicotylédones
Ordre.....	Myrtales
Famille.....	Myrtaceae
Genre.....	<i>Eugenia</i>
Espèce.....	<i>E. caryophyllata</i>
Nom commun	Giroflier

1.2.7.3.4. Caractéristiques et composition chimique

D'après la pharmacopée européenne, l'huile essentielle de giroflier est un liquide limpide, jaune foncé virant au brun-noir lorsqu'il est exposé à l'air. Elle possède une odeur caractéristique d'eugénol (VELE HELENE, 2015). La composition de l'huile essentielle de clou de girofle varie en fonction de son origine, du climat et des pratiques agricoles (HAMED, 2012).

L'huile essentielle extraite des boutons floraux contient 75 à 85 % d'eugénol (l'acétate d'eugényle) de 8 à 10%. Elle contient également des sesquiterpènes de 5 à 15% avec le *caryophyllène*, ainsi que des monoterpènes, monoterpénols, cétones, des oxydes et des acides sous forme de traces. Par contre l'huile essentielle extraite des feuilles du giroflier contient seulement 2 à 3% (LAMENDIN, 2004).

Celle des tiges (4 à 6%), l'huile essentielle renferme (6% de protéines, 20% de lipide...) (LEUNG, 1980).

1.2.7.3.5. Propriétés médicale

- ✓ Stimulant général : Fatigue physique (impuissance, frigidité) ou intellectuelle (manque de concentration) ;
- ✓ Anti-infectieux puissant : Aphtes, abcès dentaires, diarrhées, angines, sinusites etc...;
- ✓ Tonique utérine : Facilite l'accouchement (VELE, 2015).
- ✓ Utilisé pour le traitement des troubles digestifs.
- ✓ Soulage le mal de dents.
- ✓ possèdent une forte activité antioxydant (DORMAN et al., 2000).

Matériels et méthodes

2. Matériels et méthodes

2.1. Matériels de laboratoire

Pour la réalisation de nos expériences, nous avons utilisé le matériel suivant :

- Une étuve dans laquelle sont réalisés les différents essais. Elle est réglée aux conditions optimales de développement de *T.confusum* à savoir une température de $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$ et une humidité relative de $70 \pm 5\%$;
- Des bocaux en verre pour les élevages de masse ;
- Des boites de pétrie en plastique de 10 cm de diamètre et 1,8 cm de hauteur pour les tests ;
- Une micropipette pour pipeter les huiles essentielles ;
- Un tamis pour la récupération des *Tribulium* dans les élevages de masse ;
- Une balance de précision pour peser la semoule ;
- D'autres outils de manipulation (pinceau, ciseaux, scotch, étiquètes.....) ont été également utilisés ;
- Du papier filtre pour les tests par inhalation (Figure 10).

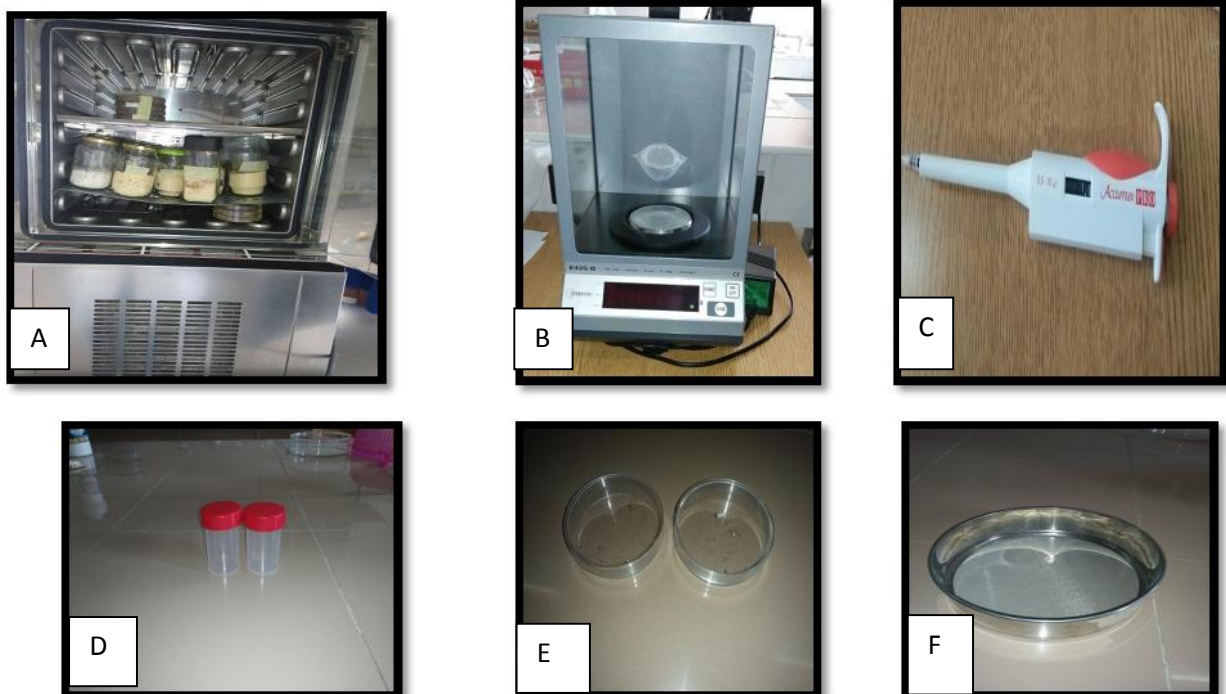


Figure 10 : matériels de laboratoire : (A) Etuve réfrigérée (B) Balance de précision (C) Micropipette (D) Boite en plastique (E) Petite boite de pétri en plastique (F) Tamis.

2.2. Matériel végétal

Nous avons testé trois huiles essentielles qui proviennent de France. Ces huiles essentielles sont issues de plantes qui appartiennent à la famille botanique de Myrtacées.

- Huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* ;
- Huile essentielle de *Myrtus communis* ;
- Huile essentielle de clou de girofle.

2.3. Matériel animal

La souche d'origine de *T. Confusum* provient du laboratoire d'entomologie II de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

2.4. Elevage des insectes

L'élevage de masse de *T. confusum* est réalisé dans des bocaux en verre. Chaque bocal contient (~150 g) de semoule (substrat alimentaire). Qui est conditionnée dans des sachets en plastique. Les bocaux étaient maintenus à l'obscurité dans une étuve réglée à une température de $30 \pm 1^\circ \text{C}$ et avec une humidité relative de $70 \pm 5 \%$. Cet élevage permet de fournir un nombre suffisant d'adultes pour les différents essais biologiques (figure 11).



Figure 11 : Elevage de masse des adultes de *T. Confusum* (photo originale, Avril 2018).

2.5. Tests biologiques

2.5.1. Test d'inhalation sur les adultes

Un bout de papier filtre suspendu à la face interne du flacon avec du fil, puis nous avons introduit 20 adultes âgées de 0 à 7 jours. Dans chaque flacon nous avons injecté les doses suivantes (0, 4, 8, 16, 32 μ l) d'huile essentielle. 5 répétitions sont réalisées pour chaque dose utilisée et pour chaque temps (24, 48, 72, 96h) (Figure 12).



Figure 12 : Test d'inhalation sur les adultes de *T.confusum* (photo originale, Avril 2018).

2.5.2. Test d'inhalation sur les larves

Concernant les larves de dernier stade (27 - 30 jours) de *T. Confusum*, nous avons utilisé la même démarche expérimentale que celle utilisée pour l'évaluation de l'efficacité des huiles essentielles sur les adultes, avec les mêmes doses et les mêmes temps. Les comptages des larves mortes ont été réalisés après 24 h de chaque temps d'exposition (24, 48, 72, et 96 h).

Une deuxième lecture est faite sur les larves vivantes pour voir l'efficacité des huiles essentielles sur l'émergence des adultes (2-3 semaines).

2. 6. Analyse statistique

Les résultats obtenus sont soumis à une analyse de la variance en utilisant le logiciel STAT BOX, version 6.3 pour déterminer l'action des huiles essentielles vis-à-vis de *Tribolium confusum*. Lorsque cette analyse montre des différences significatives, elle est complétée par le test de NEWMAN et KEULS.

Résultats et discussion

3. Résultats et discussion

3.1. Efficacité des huiles essentielles sur les adultes de *T. Confusum* par inhalation

➤ Effet de l'huile essentielle d'*E globulus* à l'égard de *T.confusum*

La toxicité d'huile essentielle d'*E globulus* augmente avec l'augmentation de la dose. Elle est très toxique à partir de la dose 16 μ l où les ravageurs atteignent 100% de mortalité après 24 h d'exposition. Les doses 4 et 8 μ l sont moins toxique (6% à 72 h et 3% à 96h) et ces résultats, sont proches à ceux du témoin (Figure 13).

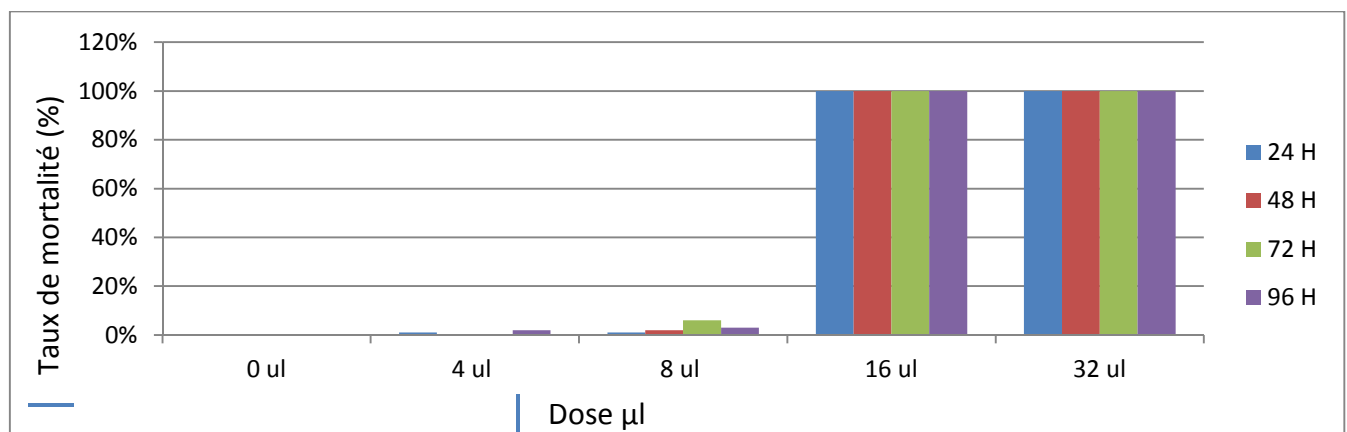


Figure 13 : Taux de mortalités des adultes de *T. Confusum* sous l'effet de l'huile essentielle d' *E globulus*.

➤ Effet de l'huile essentielle de *Myrtus communis* à l'égard de *T. confusum*

L'efficacité de l'huile essentielle de *M. communis* augmente en fonction de l'augmentation de la dose. Aux doses 4 et 8 μ l, le taux de mortalité est proche du témoin. Le taux de mortalités le plus élevé a été enregistré à la dose 16 μ l (100%), et à partir de 24 h (Figure 14).

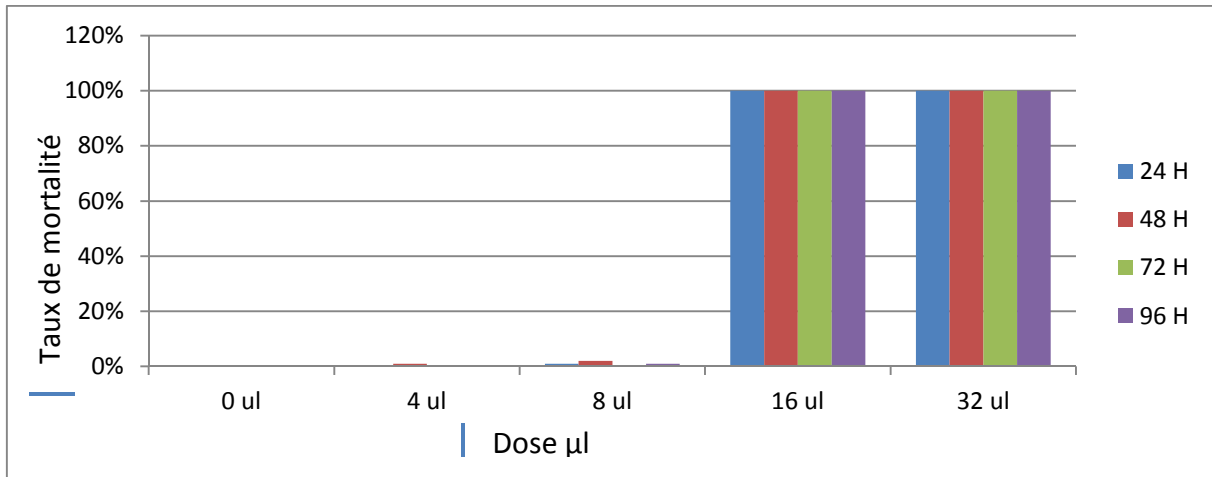


Figure 14 : Taux de mortalités des adultes de *T. Confusum* sous l’effet *M communis*

➤ **Effet de l’huile essentielle du clou de girofle**

L’huile essentielle du clou de girofle est moins d’efficacité sur le tribolium. Nous avons enregistré un très faible taux de mortalité aux doses 8 et 32µl avec respectivement 1% et 8% (Figure 15).

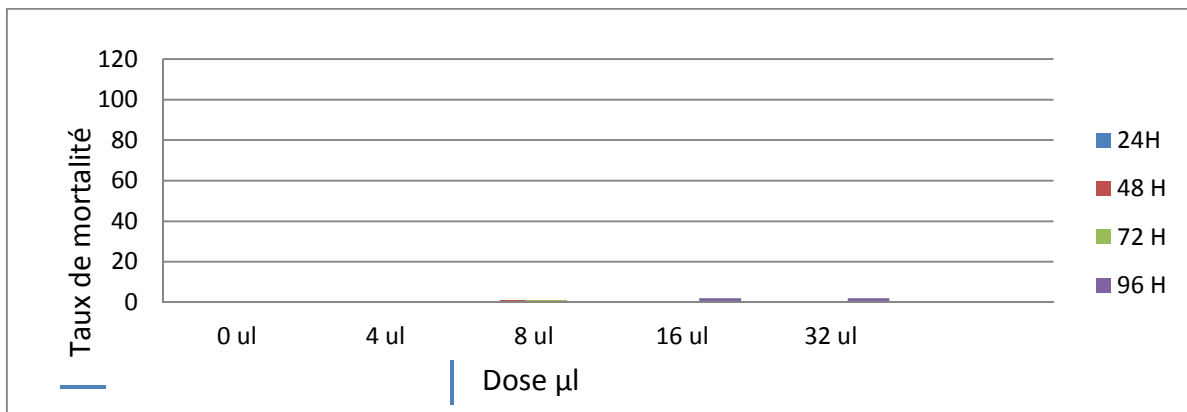


Figure 15 : Taux de mortalités des adultes de *T. Confusum* sous l’effet de l’huile essentielle clou de girofle.

➤ **Etude comparative de l’effet des trois huiles essentielles à l’égard du *T.confusum***

D’après les résultats obtenus, nous constatons que les huiles essentielles de *M.communis* et *E.globulus* sont les plus toxiques à l’égard de cet insecte, avec un taux moyen de mortalité de 100% à partir de la dose 16µl. Quant à l’huile essentielle du clou de girofle, le taux de mortalité est faible à partir la dose 16µl, et au-dessus de cette dose, le taux est proche du témoin (Figure 16).

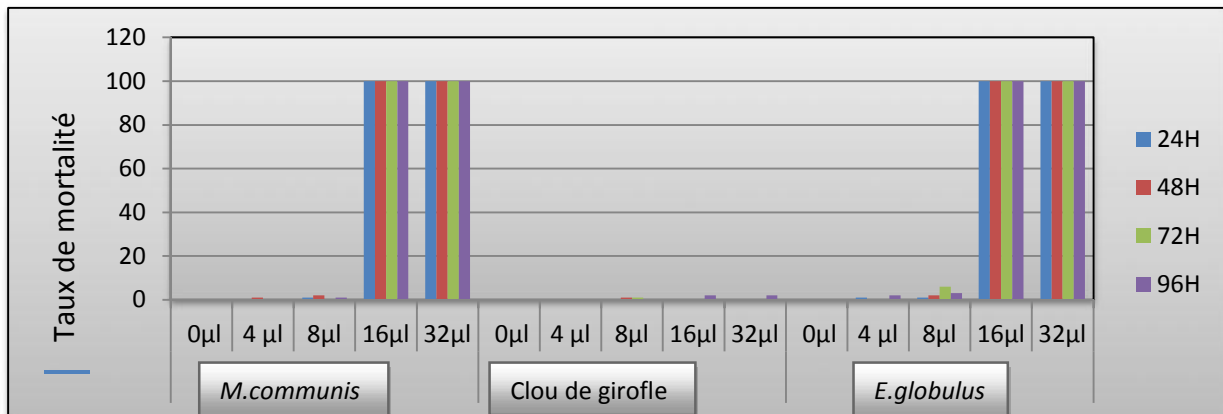


Figure 16 : Taux de mortalités des adultes de *T. Confusum* sous l’effet des 3 huiles essentielles.

L’analyse de la variance à trois critères de classification révèle une différence très hautement significative pour le facteur huile essentielle ($P = 0,0000$), et facteur dose ($P = 0,0000$), avec une différence non significative pour le facteur temps ($P = 0,36637$) concernant le paramètre toxicité des huiles essentielles sur les adultes de *T. confusum*.

L’analyse de la variance révèle aussi que l’interaction du facteur huile et du facteur dose est très hautement significative ($p=0,0000$), l’interaction du facteur huile et facteur du temps n’est pas significative ($p=0,34817$), de même l’interaction du facteur dose et du temps n’est pas significative ($p=0,62119$). L’analyse révèle aussi que l’interaction des trois n’est pas significative ($p=0,2068$) sur la mortalité des adultes (Annexe, tableau 1).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe les 3 huiles essentielles utilisées (Annexe, Tableau 2), les 5 doses étudiées (Annexe, Tableau 3), et les interactions entre les facteurs (huiles et doses) étudiés (Annexe, Tableau 4) dans 3 groupes homogènes.

Les résultats obtenus montrent nettement que les huiles essentielles testées ont révélé un effet très hautement significatif sur la mortalité des adultes de *T. confusum*, au fur et à mesure que la dose et le temps d’exposition augmentent, particulièrement les huiles essentielles de l’*E. globulus* et de *M. communis*, qui demeurent les plus toxiques.

EWETE et al., (1996), signale que le fort taux de mortalité provoqué dans une population de ravageurs traités est un indicateur de la toxicité du produit utilisé. Notre expérience a permis

ainsi de constater un effet insecticide à la limite de la toxicité à 24 h à la dose 16 µl. En particulier dans notre cas l'huile essentielle d'Eucalyptus et du myrte s'avère la plus toxique. Nos résultats sont proches de ceux trouvés par HAJI (2013), qui a montré que l'extrait de *M. communis* atteint une mortalité maximum de 11,1% après 48 h avec respectivement quatre concentrations (4, 6, 8 et 10%). En effet, BOLAND *et al.*, (1991), ont enregistré que l'huile essentielle d'eucalyptus à la base du cinéole est utilisée comme biopesticide, ils ont également ajouté que dans les Etats Unis, l'huile d'eucalyptus est le premier qui a été enregistré en 1948 comme insecticide. OBENG-OFORI *et al.*, (1997) ont démontré l'effet répulsif du 1,8-cinéole contre les charançons des denrées alimentaires stockées, *Sitophilus granarius* et *S. zeamais*.

L'activité insecticide de plusieurs huiles essentielles comme celle d'*Eucalyptus* a été mise également en évidence par plusieurs auteurs, BENAZZEDDINE (2010) qui a montré que l'huile essentielle d'*E globulus* a provoqué 100% de mortalité sur *T.confusum* après 6 jours à une dose de 9.10^{-3} µl/cm³ par inhalation. La plante d'*Eucalyptus globulus* est prometteuse comme source de bioinsecticide et se prête bien à des investigations dans le domaine de la lutte biologique (GHENAIET et AOUIDET, 2016). Selon les mêmes auteurs l'activité de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* pourrait constituer une bonne base pour le développement d'insecticides agricoles plus respectueux de l'environnement. Les deux huiles essentielles de la Menthe verte et du Romarin ont été très toxiques par inhalation sur *T.confusum*, après 24 h de traitement. Ils ont provoqué 100% de mortalité, l'Eucalyptus et le Thym ont agit également au bout de 24 h d'exposition donnant de taux de mortalités estimées à 54,55% et 50,65% de mortalité respectivement ; les mortalités se sont échelonnées dans le temps pour atteindre un taux de 100% après 144 h. Concernant l'huile essentielle de la citronnelle son efficacité ne se révèle qu'après 96 h de traitement et ne dépasse pas un taux de 56 % après 144 h (BENAZZEDDINE, 2010).

Selon SALVADORS *et al.*, (2007), l'huile de clou de girofle avait une activité répulsive sur trois importants insectes ravageurs des grains entroposés, *Rizoperlla dominica*, *Sitophilus oryzaea* et *T.cataneum*. WRIGHT et CHANDLER, (1996) rapporte que Les monoterpènes sont des insecticides et inhibent la reproduction des insectes.

3.2. Effet des trois huiles essentielles sur les larves de *Tribolium confusum*

➤ Effet de l'huile essentielle d'*E. globulus* sur les larves

L'effet de l'huile essentielle d'*E. globulus* commence à partir de la dose de 8 μ l, et elle augmente progressivement en fonction de la dose jusqu'à atteindre la mortalité total (100 %) avec la dose 16 μ l (Figure 17).

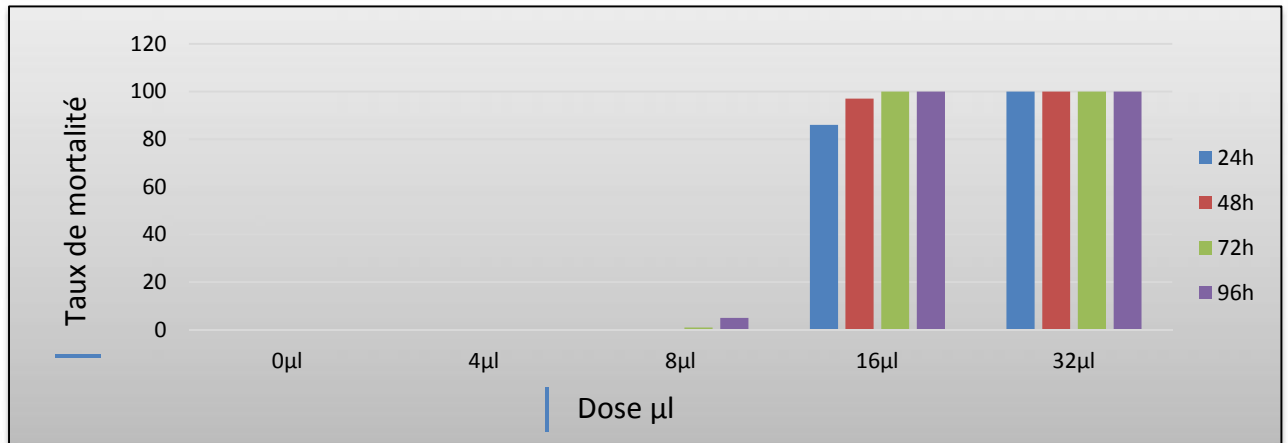


Figure 17 : Taux de mortalités des larves de *T. Confusum* sous l'effet de l'huile essentielle d'*E. globulus*.

➤ Effet de l'huile essentielle de *M. communis* sur les larves de *T. confusum*

L'huile essentielle de *M. communis* a un effet très faible aux doses 4 μ l, 8 μ l et le taux de mortalité est de 50% à la dose 32 μ l à 48h (Figure 18).

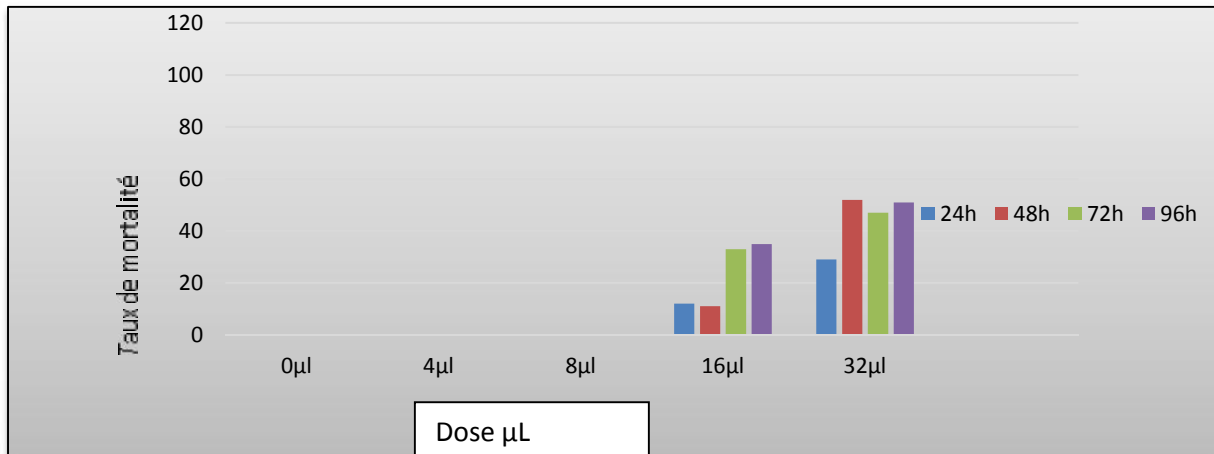


Figure 18 : Taux de mortalités des larves de *T. Confusum* sous l’effet de l’huile essentielle *M.communis*.

➤ **Effet de l’huile de clou de girofle sur la mortalité larvaire**

La mortalité des larves augmente en fonction de la dose (de 1 avec la dose 4µl à 48h au 5 avec la dose 32µl à 96h d’exposition) (Figure 19).

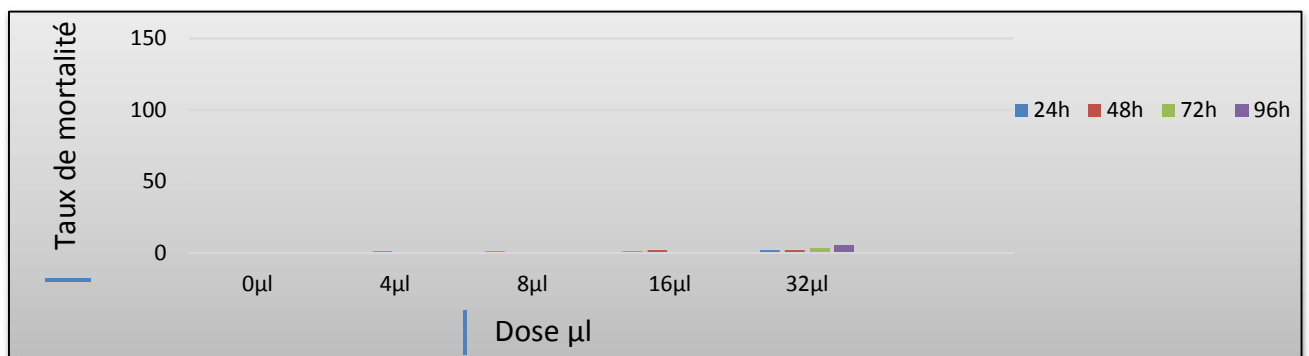


Figure 19 : Taux de mortalités des larves de *T. Confusum* sous l’effet de l’huile essentielle du clou de girofle.

➤ **Effet des trois huiles essentielles (*E.globulus*, *M.communis*, clou de girofle) sur les larves de *T. confusum***

Le test d’inhalation sur les larves de *T.confusum* par les trois huiles essentielles montre que l’huile d’*E. globulus* est toxique à la dose 8µl après 96h de traitement avec une moyenne de mortalité de 5 , et elle atteint 100 à partir de la dose 16µl après 72h de traitement. L’huile essentielle de *Myrtus communis* est toxique sur les larves a la dose 16µl après 24h avec une

moyenne de 12 de mortalité et sa augmente en fonction de dose et de temps jusqu'à atteindre 51 pour la dose 32µl après 96h.

Par contre l'huile essentielle de clou de girofle présente une faible toxicité avec les quatre doses utilisées (Figure 20).

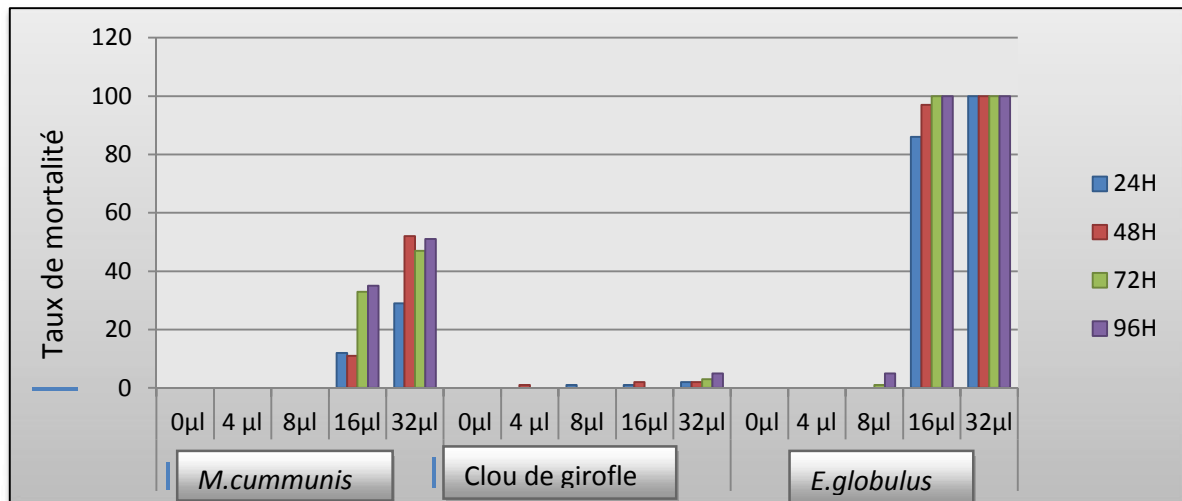


Figure 20 : Taux de mortalité (%) des larves de *T.confusum* traitée par inhalation avec les trois huiles essentielles.

L'analyse de la variance à trois critères de classification révèle une différence très hautement significative ($P = 0,0000$) pour le facteur huile essentielle, facteur dose, et le facteur temps. L'analyse de la variance aussi que l'interaction entre le facteur huile et le facteur dose est très hautement significative ($p=0,0000$), l'interaction du facteur huile et de facteur temps est très hautement significative ($p=0,00029$), de meme l'interaction du facteur dose et du facteur temps est hautement significative ($p=0,0000$), l'interaction des trois facteurs est également très hautement significative ($p=0,0000$) sur la mortalité larvaire (Annexe, tableau 5).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe les facteurs suivant dans 3 groupes homogènes : les trois huiles utilisées (Annexe, tableau 6), le facteur dose (Annexe, tableau 7) et le facteur temps (Annexe, tableau 8)

L'interaction huile-dose (Annexe, tableau 9), facteur dose-temps (Annexe, tableau 11) sont classée en 5 groupes homogènes, l'interaction huile-temps est classée en 6 groupes (Annexe, tableau 10).

Les résultats obtenus sur la mortalité des larves de *T.confusum* avec l'huile essentielle d'*E.globulus*, montre que le début de mortalité a été observé dans la dose 8µl après 96h de traitement (5 %), et il devient très toxique à partir de la dose 16µl arrivant à 100 % de mortalité après 48h.

Quant à l'huile essentielle de *M.communis*, le taux de mortalité aux doses 0,4 ,8µl est nuls. À partir de la dose 16µl elle augmente progressivement en fonction de la dose et du temps jusqu'à atteindre 51 % à la dose 32µl après 96h.

Par contre les larves testées avec l'huile essentielle du clou de girofle, les résultats obtenues sont proches des résultats du témoin et sont même égales (pour les doses 4, 8 et 16µl le taux de mortalité est de nul). Nous avons enregistré un taux de 5 % de mortalité avec la dose 32µl après 96h.

ELGUEDOUI (2003) a testé l'efficacité de l'huile essentielle de thym et de romarin sur les larves de *T. confusum* et il a trouvé que l'huile essentielle de romarin est efficace par inhalation à la dose 10µl avec 89 % de mortalité. Alors que celle de thym provoque 100 % de mortalité avec la même dose. D'après nos résultats les larves de *T. confusum* sont plus résistantes aux trois huiles essentielles comparativement aux adultes.

3.3. Effet de trois huiles essentielles L'émergence des adultes de *T. confusum*

Une deuxième lecture est réalisée entre 28 et 30 jours pour compléter les tests précédents et vérifier l'effet des huiles essentielles sur l'émergence des adultes.

➤ Effet de l'huile essentielle de *Myrtus communis*

Les résultats montrent que le taux de mortalité des larves après 30 jours est nul dans les lots de témoins et les doses 4 et 8µl. Ce taux atteint 44% avec la dose 32µl à 96h d'exposition (Figure 21).

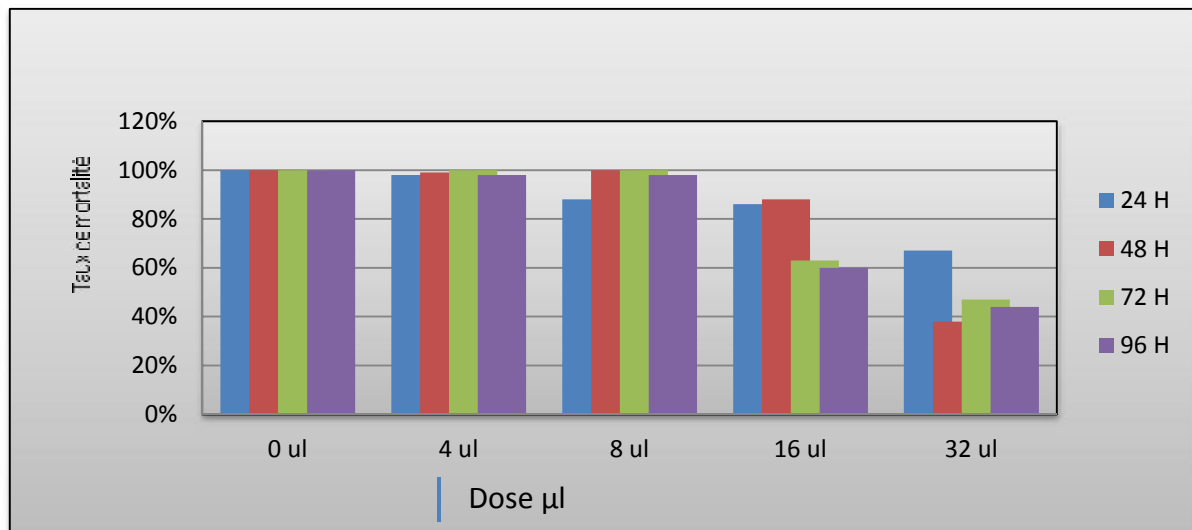


Figure 21 : Taux moyen d'émergence de *T.confusum* traitées avec l'huile essentielle de *M. communis*.

L'analyse de la variance, montre une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P = 0,0000$) et une différence hautement significative pour le facteur temps ($P = 0,02771$) et ainsi qu'une différence significative pour l'interaction des deux facteurs ($P = 0,00001$) (Tableau 12).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5 %, classe le facteur dose (Tableau 13), le facteur temps (Tableau 14) en 3 groupes homogènes, et le facteur temps en 2 groupes homogènes (Tableau 15).

➤ Effet de l'huile essentielle d'*E. globulus* à l'égard de *T.confusum*

Les résultats montrent que le taux d'émergence des adultes testés par l'huile d'*E globulus* après 30 jours est de 100 dans les lots de témoins, et elle diminue jusqu'à atteindre 0 à partir de la dose 16 µl à 72 h (Figure 22).

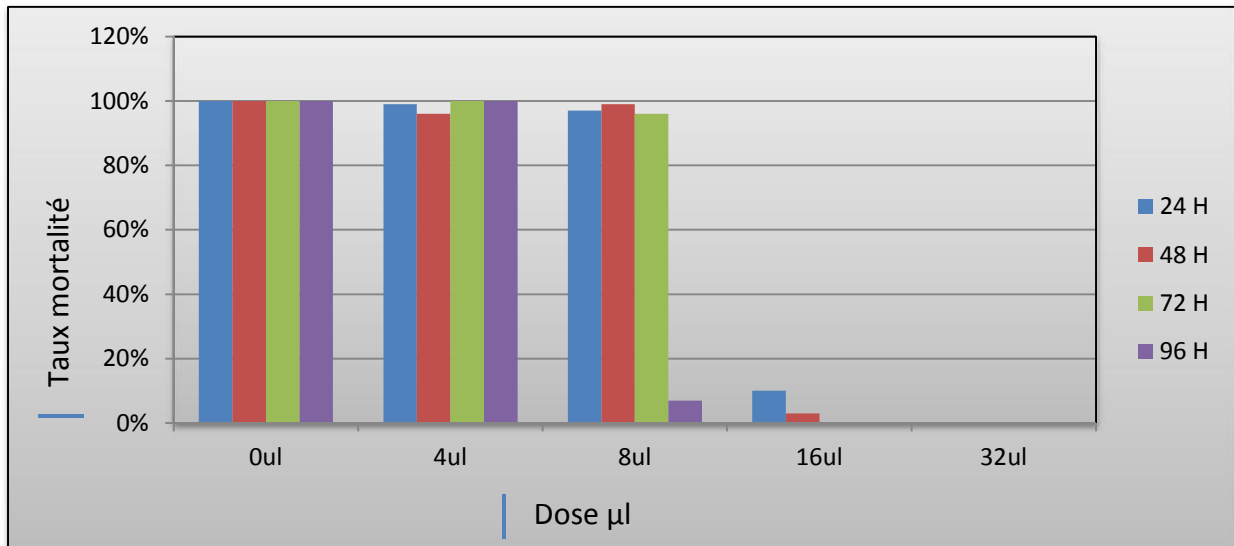


Figure 22: Taux moyen de l'émergence des adultes de *T.confusum* traités avec l'huile essentielle d'*E.globulus*.

L'analyse de la variance, montre une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P = 0,0000$), une différence non significative pour le facteur temps ($P = 0,06027$) et une différence significative pour l'interaction des deux facteurs dose-temps ($P = 0,00008$) (Tableau 16).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5 %, classe le facteur dose en 4 groupes homogènes (Tableau 17), et l'interaction facteur dose-temps en 3 groupes homogènes (Tableau 18).

➤ **Effet de l'huile essentielle du clou de girofle à l'égard de *T.confusum***

Le taux de d'émergence des adultes dans les lots testés par l'huile essentielle de clou de girofle, montrent que n'y a pas une grande différence à celle de témoins (Figure 23).

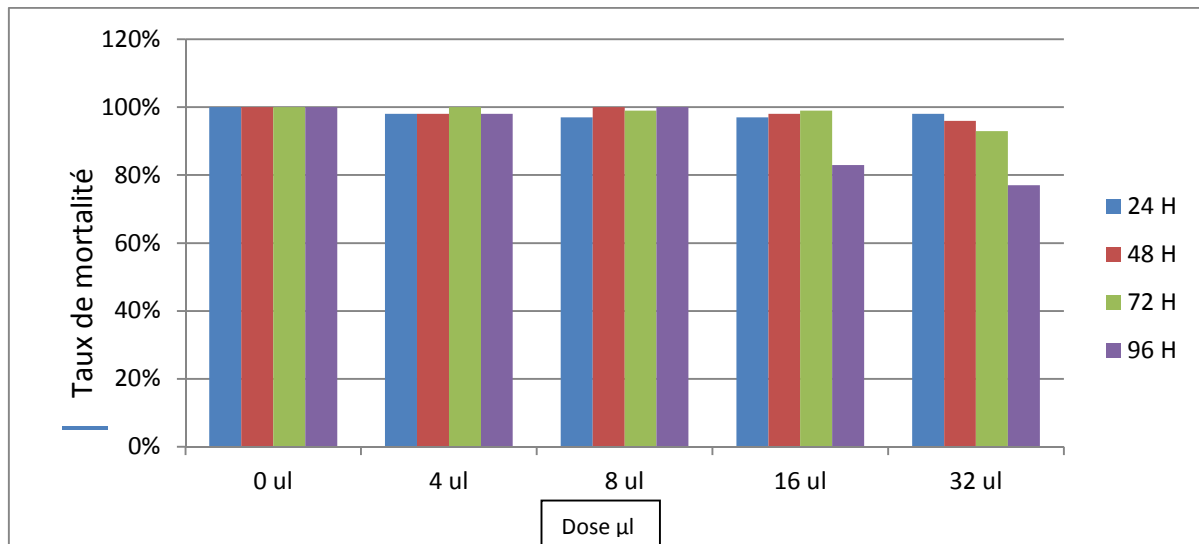


Figure 23 : Taux moyen d'émergence des adultes de *T.confusum* traités par l'huile essentielle du clou de girofle.

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une différence très hautement significative pour le facteur dose et le facteur temps, de même pour l'interaction des facteurs dose et temps ($P = 0,0000$) concernant l'effet de l'huile essentielle de clou de girofle sur l'émergence des adultes *T. confusum* (Tableau 19).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5 %, classe les 5 doses utilisées dans 3 groupes homogènes (Tableau 20), les 4 temps étudiés dans 2 groupes homogènes (Tableau 21). Et classe les interactions entre les deux facteurs dose et temps dans 3 groupes homogènes (Tableau 22).

Les résultats indiquent que l'effet des huiles essentielles est très faible des huiles essentielles sur l'émergence a été observé chez *T. confusum* soumis aux traitements.

L'huile essentielle d'*E. globulus* s'est donc révélée efficace sur les adultes et les larves, mais peu sur l'émergence des larves traités. Les taux de viabilité observés sur adultes sont très proche à ceux des témoins (100%), c'est le cas de la dose 4 µl (100% à 96 h) et la dose 8 µl (96% à 72 h), qui présentent le plus fort niveau d'émergence

Pour l'huile essentielle de *M. communis*, il y a eu émergence pour tous les traitements ; avec une différence significative au niveau des traitements 16 et 32 µl. Pour la dose 4 et 8 µl, nous remarquons que la moyenne de mortalité enregistrée est statistiquement proche à celle

des témoins. Toutes les quantités d'huile ont également produit des taux d'émergence significativement différents.

Dans le cas du clou de girofle, la dose 4 μ l a produit un taux d'émergence très proche à celui du témoin, par contre les doses 16 et 32 μ l présentent des moyennes d'émergence différentes du témoin.

Conclusion

Notre étude a permis d'évaluer l'activité insecticide de trois huiles essentielles (*E. globulus*, *M. communis* et clou de girofle) sur les adultes, les larves de *T. confusum*.

Les tests réalisés sur *T. confusum* par inhalation en présence de la semoule montre que l'huile essentielle d'*E. globulus* à un effet hautement significatif sur la mortalité des adultes avec 100 % de mortalité à partir la dose 16µl. Elle est toxique même pour les larves du dernier stade où la mortalité augmente jusqu'à atteindre 100 % avec la dose 16µl après 72 h de traitement.

L'effet de l'huile essentielle de *M. communis* sur les adultes est proche de celle des résultats trouvés par l'huile essentielle d'*E. globulus*. Nous avons obtenu une mortalité des adultes de 100% avec la dose 16µl, mais il est moins toxique sur les larves, ou on n'a pas trouvé la totalité de mortalité même avec la dose 32µl après 96 h d'exposition.

Par contre l'huile essentielle de clou de girofle présente une faible toxicité sur les adultes et les larves de *T. confusum* avec seulement 2 % de mortalité des adultes et 5 % de mortalité larvaire après traitement avec la dose 32 µl et un temps d'exposition de 96 h. L'effet de cette huile essentielle sur l'émergence des adultes est très faible.

En effet, Le classement d'efficacité des huiles essentielles change selon le stade traité (adulte ou larve de *T. confusum*) et varie selon la dose utilisée et la durée d'exposition.

Devant la menace de plus en plus grande que représente ce ravageur pour nos stocks. Il est indispensable d'entreprendre des mesures concrètes en effectuant un programme de lutte intégrée tel que l'utilisation des huiles essentielles.

Ce modeste travail ne constitue qu'une contribution à la connaissance de l'effet insecticide de certaines huiles essentielles.

Les huiles essentielles peuvent se substituer aux insecticides chimiques dans le domaine de la lutte contre le *T. confusum*, mais, des applications dans des conditions réelles de stockage restent encore à démontrer.

Références bibliographiques

- **AGOUNK D., 1996** : conception du programme de lutte contre le grand capucin du maïs (Coleoptère, Bostichidae) au togo.
- **ALICE D., 2011** : Faisabilité de la mise en place d'une indication géographique sur le clou de girofle à Madagascar. Ecole supérieure d'Agro-Développement International ISTOM. Thèse de doctorat. 65-72 p.
- **AMLLAL F., 1980** : Etude de la valeur insecticide de quelques produits dans la lutte contre *Tribolium castaneum* des denrées alimentaires stockées. INA EL HARRACHE .84p.
- **ANONYME., 2015** : La conservation et le traitement des denrées stockées, 321p.
- **ATMANI H. BAIRA K., 2015** : Mise en évidence de l'activité antibactérienne et antifongique et l'étude des caractères Physico-chimique de l'huile essentielle du clou de girofle *Syzygium aromaticum* L. Université Frères Mentouri 1, Faculté des Sciences de la vie. Constantine. Mémoire de master.
- **BALACHOWSKY A., 1939** : Entomologie appliquée à l'agriculture. Les coléoptères .Ed. Masson et Cie, Paris T1. 1921p.
- **BENAZZEDDINE M.S., 2010** : Activité insecticide de cinq huiles essentielles vis-à-vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera ; Curculionidae) et *Tribolium confusum* (Coleoptera ; Tenebrionidae). Ecole nationale supérieure agronomique el- harrach, Alger. Département : Zoologie agricole et forestière. En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'État en sciences agronomiques.
- **BRUNETTON J., 1987** : Éléments de phytochimie et de Pharmacognosie, Tec. et Doc. Lavoisier, Paris. 230 p.
- **BRUNETTON J., 1993** : Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Paris, Lavoisier. 623 p.
- **BRUNETTON J., 2009** : Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. 4e éd. Paris. Tec & Doc. 1269 p.
- **BOUAMER A., BELLAGHIT M et MOLLAY AMERA. 2004**: Etude comparative entre l'huile essentielle de la Menthe vert et la Menthe poivrée de la région d'Ouargla. Mémoire de master .Université de Ouargla.2-5 ; 10 ; 19; 21-22 p.

- **BOUSBIA N., 2011:** Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires. Grade de Docteur en spécialité Chimie. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse & Ecole Nationale Supérieure Agronomique. p 3.
- **BOUSSAADA., BEN HALIMA KAMEL M., AMMAR S., HAOUAS D., MIGHRI Z., NOUREDDINE HELAL A., 2008:** Insecticidal activity of some Asteraceae plant extracts against *Tribolium confusum*. Bull. Insect., **61** (2): 283-289 p.
- **CHAIB A., 2015 :** Guide des plantes phytothérapeutique. Ed. Thala. El-Biar, Alger.
- **CHAMP B & DYTE E., 1976:** Report of the FAO global survey of pesticide susceptibility of stored grain pests, 297p.
- **CHARLENE B., 2013 :** Aromathérapie à l'officine. Traitement des maux de l'hiver. Université de Lorraine. Faculté de pharmacie. Thèse de doctorat.
- **CHARPENTIER B., HAMON-LORLEAC'H F., HARLAY A., HUARD A., RIDOUX L., CHANSELLE S., 2008:** Guide du préparateur en pharmacie. 3^{ème} édition, Elsevier Masson, 1358 p.
- **CSEKE L.J. et KAUFMAN P.B., 1999:** How and why these compounds are synthesized by plants. 37-90 p in P.B. Kaufman, L.J. Cseke, S. Warber, J.A. Duke et H.L. Brielmann (eds.), Natural Products from Plants. CRC Press, Boca Raton, FL.
- **DE BILLERBECK V.G., ROQUES C., VANIERIE P et MARQUIER P., 2002 :** Activité antibactérienne et antifongique de produits à base d'huiles essentielles. Revue hygiène, 10(3):248-254 p.
- **DELOBEL A., TRAN M., 1993 :** Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. ORSTOM/CTA. Faune tropicale 32. Paris. 424pdésertiques méridionales, Tome II, Ed. CNRS. Paris.
- **DIDIER P., 2013:** Développement embryonnaire du ver de la farine. Souche initiale aimablement fournies par le Dr Harmony Baldwin. University of biology.
- **DJERMOUN A., 2009 :** La production céréalière en Algérie. Les principales caractéristiques. Revue Nature et technologie, N °1. 45 – 53 p.
- **DORMAN HJD., FIGUEIREDO AC., BARROSO JG and DEANS SG., 2000:** In vitro evaluation of antioxidant activity of essential oils and their components. Flavour and Fragrance Journal. 15, 12-16 p.
- **DOUMANDJI S.E., 1993:** insects des denrées stockées. Fiche technique n 2. p5.

- **ELGUEDOU R., 2003** : Extraction des huiles essentielles du Romarin et du thym comportement insecticide de ces deux huiles sur *Rhyzoperthadorninica* (Fabricus) (Coleoptera, bostrychidae). Thèse ing. E.N.P., El-Harrach, Alger. 76 p.
- **ENAN E., 2001**: Insecticidal activity of essential oils. Octopaminergic sites of action. Comp. Biochem. Physiol. Part C 130: 325-337 p.
- **EUGÉNIA P., LUÍS V.S., CARLOS C., LÍGIA S., 2009**: Antifungal activity of the clove essential oil from *Syzygium aromaticum* on *Candida*, *Aspergillus* and dermatophyte species.
- **FIGUEREDO G., 2012** : Etude chimique et statistique de la composition d'huiles essentielles d'origans (Lamiaceae) cultivés issus de graines d'origine méditerranéenne. Thèse de docteur. Université (Spécialité: Chimie organique).56 p.
- **FLEURAT-LESARD F., 1978** : description et biologie des acariens. Les insectes des céréales stockées coed. A. F. N. O. R. Paris. pp 81.
- **FRANCHOMME P., PENOËL D & JOLLOIS R., 2003** : L'aromathérapie exactement. Ed. Jollois, Bayeux, 490 p.
- **GEORGETTI S.R., CASAGRANDE R., DI MAMBRO V.M., AZZOLINI A., FONSECA J.V., 2003**: Evaluation of the antioxidant activity of different flavonoids by the Chemiluminescence Methode. AAPS Pharm Sci, 5 (2):1-5 p.
- **GHENAIET IHSSENE et AOUIDET SAOUSSEN., 2016** : Etude de l'impacte des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* sur *Rhyzopertha dominica* : Aspect toxicologique et biomarqueur. Université de Larbi Tébessi –Tébessa. Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie Département : Sciences de la Nature et de la Vie. Mémoire de master.
- **GOETZ P; JEUNE R., 2008** : *Eucalyptus Globulus Labill.* Phytothérapie .6: 197-20 p.
- **GWINNER J., HARMISCH R. et MUER F., 1996**: Manuel sur manutention et la conservation des grains après récolte. Ed, GT2. Esehborn. 368p.
- **HELLAL Z., 2011** : Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des *Citrus*. Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*). Magister en BIOLOGIE Option : Biochimie Appliquée et Biotechnologies. Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou.8, 9, 10, 12 p.
- **HAMED SF., SADEK Z., and EDRIS A., 2012**: Antioxidant and antimicrobial activities of clove bud essential oil and eugenol nanoparticles in alcohol-free microemulsion. Journal of Oleo Science. 6, 641-648 p.

- **INOUYE S., ABE S., 2007** : Nouvelle approche de l'aromathérapie anti-infectieuse-Phytothérapie, Vol. 1.2, 4 p.
- **ISMAN M., 1999**: Pesticides based on plant essential oils. Pesticide Outlook. 68-72 p.
- **ISMAN M., 2000**: Plant essential oils for pest and disease management. Crop Prot. 19: 603-608 p.
- **JEANMONOD D., GAMISANS J., CORSICA F., 2007** : Aix-en-Provence. Edisud, 920 p.
- **KALLACHE F., 1989** : Efficacité de quelques insecticides vis-à-vis de *sitophilus ryzae* L ., *Tribilium castaneuum* sur blé stoké.Th.Ing .INA El Harrach. 74p.
- **KEITA S. M., VINCENT C., SCHMIDT J.P., ARNASONJ.T. et BELANGER A., 2001** : Efficacy of Essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an *T.confusum* (Fab.)J. Stored Prod.Res. 37, PP 339-349.
- **KOUMAGALOU B., 1992** : Le stockage des produits agricoles et tropicaux. 4^{eme} ED. Fondation A gromisa, Wageningen.8-18 p.
- **KOROCH A., RANARIVELO L., BEHRA O., JULIANI H.R., and SIMON J.E., 2007**: Quality Attributes of Ginger and Cinnamon Essential Oils from Madagascar in: Issues in new crops and new uses. Ed by Janick and A. Whipkey. ASHS Press, Alexandria, VA, 338-341p.
- **LAHLOU M., 2004**: Methods to study phytochemistry and bioactivity of essential oils. Phytoth. Res.18:435-448 p.
- **LAMENDIN H, TOSCANO G, REQUIRAND P., 2004**: Phytothérapie et aromathérapie buccodentaires. EMC - Dentisterie.1:179-92 p.
- **LEONARD S. et NGAMO T., 2004** : Conseil phytosanitaire interafricain, bulletin d'informations phytosanitaires. ed. F.A.0 Rome N: 44-58 p.
- **LEPESME P., 1944**: Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Ed. P. Le chevalier, Paris. pp. 61 - 67.
- **LEUNG A.Y., 1980**: Encyclopedia of common natural ingredients used in food drugs and cosmetics. Wiley-Interscience Publication New York.
- **LI L., & ARBOGAST R.T., 1991**: The effect of grain breakage on fecundity, development, survival, and population increase in maize of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Stored Products Research, 27(2), 87-94 p.
- **MARALHAS A, MONTEIRO A, MARTINS C et al., 2006**: Genotoxicity and endoreduplication inducing activity of the food flavouring eugenol. Mutagenesis. 21(3):199-204 p.
- **OGENDO J.O., DENG A.L., BELMAIN S.R., WALKER D.J. and MUSANDU A.A.O., 2004**: Effect of Insecticidal Plant Materials, *Lantana camara* L. and *Tephrosia vogelii* Hook, on the Quality Parameters of Stored Maize Grains. *J. Food Techn. Africa*, 9(1): 29-36 p.

- **OMIDBEYGI M., BARZEGAR M., HAMIDI Z., and NAGHDIBADI H., 2007:** Antifungal activity of tyme, summer savory and clove essential oils against *Aspergillus xavus* in liquid medium and tomato paste. *Food Control*, 18, 1518-1523 p.
- **OURAÏNI D., AGOUMI A., ALAOUI M.I., ALAOUI K., CHERRAH Y., BENLEMLIH M., ALAOUI M., BELABBAS M.A., 2005 :** Approche thérapeutique des dermatophyties par les huiles essentielles de plantes aromatiques marocaines- Phytothérapie, Vol. 1,3, 12 p.
- **PAULI A., 2001:** Antimicrobial properties of essential oil constituents. *International Journal of Aromatherapy*, 11, 126-133 p.
- **PIOCHON M., 2008 :** Etude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore Laurentienne: composition chimique, activités pharmacologiques et héli-synthèse. Mémoire de master. Université du Québec à Chicoutimi, Canada.
- **RAKOTOATIMANANA B.V. et al., 1999 :** Contribution à l'optimisation d'une unité de production d'huiles essentielles. Mémoire de fin d'études, Département Génie Chimique, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo ESPA, Université d'Antananarivo.
- **RAMEAU J. C., MANSION D., DUME G. & GAUBERVILLE C., 2008 :** Flore forestière française. Guide écologique illustré. Région méditerranéenne (Vol. 3) Paris: Institut pour le développement forestier. 771 p.
- **REGNAULT-ROGER C. et HAMRAOUI A., 1994 :** Modification of physiological behaviour Of *Acanthoscelides obtectus* Say, Bruchidae, Coleoptera, by flavonoids and phenolic acid. In: Polyphenols 1994. R. Brouillard, M. Jay & A. Scalbert (Eds.). Les Colloques de l'INRA, 69. PP 417-418.
- **RICHARD F. 1992:** Manuel des corps gras, Paris, Ed: Lavoisier, Tec. & Doc.1228-1242 p.
- **ROBECCA B., THOMAS F., ANDREW K., 2003 :** Guide de gestion de la Floride d'insectes ravageurs des grains entreposés. Université de la Floride.
- **ROUX D. 2008 :** Conseil en aromathérapie. 2ème édition, Pro-Officina. 187 p.
- **SALVADORES Y. U., SILVA G. A., TAPIA M. V., & HEPP R. G., 2007:** Spices powders for the control of maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, in stored wheat. *Agricultura Technica* 67:147-154.
- **SANON A, GARBA M, AUGER J., 2002:** *Journal of Stored Products Research*. 38, 129 p.
- **SCHNITZLER, P., SCHÖN, K. et REICHLING, J., 2001:** Antiviral activity of Australian tea tree oil and eucalyptus oil against herpes simplex virus in cell culture. *Die Pharmazie*. Vol. 56, n°4, pp. 343-347 p. PMID: 11338678.

- **SCHUHMACHER A., REICHLING P., 2003:** Virucidal effect of Peppermint oil on the enveloped viruses *Herpes Simplex Virus* type 1 and type 2 *in vitro*. *Phytomedicine*, 10(6-7), 504-510 p.
- SOEJARTO D et FARNSWORTH NR., 1989:** Tropical rainforsts: potential sources of new drugs. *Perspectives in Biology and Medicine*. 32:244-258 p.
- STEFFAN J.R., 1978-**Description et Biologie des insectes et les acariens des céréales stockées. Ed. AFNOR et I.T.F.C., Paris. pp. 1-62.
- **SUGUMAR S., GHOSH V., NIRMALA M., JOYCE M., AMITAVA et CHANDRASEKARAN N., 2014:** Ultrasonic emulsification of eucalyptus oil anoemulsion: Antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* and wound healing activity in Wistar rats. *Ultrasonics Sonochemistry*. Vol. 21, n° 3. 1044-1049 p.
- **TEUSHER E., ANTON R., LOBSTEIN A., 2005 :** Plantes aromatiques. Eplices, aromates, condiments et huiles essentielles. Tec & Doc, Paris, 522 p.
- **TOUAIBIA M et CHAOUCH F Z., 2014 :** Pouvoir antioxydant des extraits de *Myrtus communis* l. obtenus *in situ* et *in vitro*. Revue « Nature & Technologie ». B- Sciences Agronomiques et Biologiques, 10, 03-08 p.
- **VALNET M., 2005:** Antibacterial activity of 11 essential oils against *Bacillus cereus* in tyndallized carrot broth International. *Journal of Food Microbiology*.85. 73-81 p.
- **VANHUIS D., 1991:** Biological method of Bruchid control in the tropic. *Areviewe insect scion*. *Applic*. 12(1-2-3). PP 87-102.
- **VILELA G, DE ALMEIDA G., 2009 :** Activity of essential oil and its major compound, 1,8-cineole, from *Eucalyptus globulus Labill.*, against the storage fungi *Aspergillus flavus Link* and *Aspergillus parasiticus Speare*. *Journal of Stored Products Research*. Vol. 45, n° 2. 108-111 p.
- **VELÉ H., 2015:** Valorisation officinale des huiles essentielles autorisées dans les phytomédicaments. UFR sciences pharmaceutiques et Ingenierie de la santé. Thèse de doctorat.
- **WIGGLESWORTH V.B., 1972:** The Principles of Insect Physiology, 7e éd. Chapman and Hall.
- **Wright J.E. & Chandler L.D., 1996:** Biopesticide composition and process for controlling insect pests. *Biotechnology advances*. 14, 3. 285p.

Tableau 1 : Analyse de la variance au seuil 5% pour le paramètre mortalité des adultes de *T. Confusum* pour les trois huiles.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var.totale	580677,1	299	1942,064				
Var.facteur 1	107748,6	2	53874,31	20202,87	0		
Var.facteur 2	315822,1	4	78955,53	29608,32	0		
Var.facteur 3	8,5	3	2,833	1,063	0,36637		
Var.inter f1*2	156333,9	8	19541,73	7328,15	0		
Var.inter f1*3	18	6	3	1,125	0,34817		
Var.inter f2*3	26,531	12	2,211	0,829	0,62119		
Var.inter f1*2*3	79,469	24	3,311	1,242	0,2068		
Var.residuelle 1	640	240	2,667			1,633	6,03%

Tableau 2 : Résultat du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur huile, sur la mortalité des adultes de *T. Confusum*.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	HE	40,75	A		
1.0	HM	40,25		B	
2.0	HC	0,3			C

Tableau 3 : Résultat du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose d'huile, sur la mortalité des adultes de *T. Confusum*.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
4.0	D3	66,833	A		
5.0	D4	66,833	A		
3.0	D2	1,5		B	
2.0	D1	0,333			C
1.0	D0	0			C

Tableau 4 : Résultat du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur huile-dose, sur la mortalité des adultes de *T. Confusum*.

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
1.0 4.0	HM D3	100	A		
1.0 5.0	HM D4	100	A		
3.0 5.0	HE D4	100	A		
3.0 4.0	HE D3	100	A		
3.0 3.0	HE D2	3		B	
1.0 3.0	HM D2	1			C
3.0 2.0	HE D1	0,75			C
2.0 4.0	HC D3	0,5			C
2.0 5.0	HC D4	0,5			C
2.0 3.0	HC D2	0,5			C
1.0 2.0	HM D1	0,25			C
1.0 1.0	HM D0	0			C
2.0 1.0	HC D0	0			C
3.0 1.0	HE D0	0			C
2.0 2.0	HC D1	0			C

Tableau 5 : Analyse de la variance au seuil 5% pour le paramètre mortalité des larves de *T. Confusum* pour les trois huiles.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var.totale	347592,1	299	1162,516				
Var.facteur 1	77241,34	2	38620,67	1825,025	0		
Var.facteur 2	143800,3	4	35950,08	1698,826	0		
Var.facteur 3	807,125	3	269,042	12,714	0		
Var.inter f1*2	116547,5	8	14568,44	688,434	0		
Var.inter f1*3	569,875	6	94,979	4,488	0,00029		
Var.inter f2*3	1463,75	12	121,979	5,764	0		
Var.inter f1*2*3	2083,375	24	86,807	4,102	0		
Var.residuelle 1	5078,813	240	21,162			4,6	25,69%

Tableau 6 : Résultat du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur huile, sur la mortalité des larves de *T. Confusum*.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	HE	39,4	A		
1.0	HM	13,45		B	
2.0	HC	0,86			C

Tableau 7 : Résultat du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose d'huile, sur la mortalité des larves de *T. Confusum*.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
5.0	D4	49,183	A		
4.0	D3	39,75		B	
3.0	D2	0,5			C
2.0	D1	0,083			C
1.0	D0	0			C

Tableau 8 : Résultat du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur temps, sur la mortalité des larves de *T. Confusum*.

F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
4.0	T4	19,667	A		
3.0	T3	18,933	A	B	
2.0	T2	17,667		B	
1.0	T1	15,347			C

Tableau 9 : Résultat du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur huile - dose, sur la mortalité des larves de *T. Confusum*.

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES					
3.0 5.0	HE D4	100	A					
3.0 4.0	HE D3	95,75		B				
1.0 5.0	HM D4	44,75			C			
1.0 4.0	HM D3	22,5				D		
2.0 5.0	HC D4	2,8						E
3.0 3.0	HE D2	1,25						E
2.0 4.0	HC D3	1						E
2.0 2.0	HC D1	0,25						E
2.0 3.0	HC D2	0,25						E
1.0 1.0	HM D0	0						E
2.0 1.0	HC D0	0						E
1.0 2.0	HM D1	0						E
3.0 2.0	HE D1	0						E
1.0 3.0	HM D2	0						E
3.0 1.0	HE D0	0						E

Tableau 10 : Résultat du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur huile – temps, sur la mortalité des larves de *T. Confusum*.

F1 F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES					
3.0 4.0	HE T4	40,8	A					
3.0 3.0	HE T3	40,2	A	B				
3.0 2.0	HE T2	39,4	A	B				
3.0 1.0	HE T1	37,2		B				
1.0 4.0	HM T4	17			C			
1.0 3.0	HM T3	16			C			
1.0 2.0	HM T2	12,6				D		
1.0 1.0	HM T1	8,2					E	
2.0 4.0	HC T4	1,2						F
2.0 2.0	HC T2	1						F
2.0 1.0	HC T1	0,64						F
2.0 3.0	HC T3	0,6						F

Tableau 11 : Résultat du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose - temps, sur la mortalité des larves de *T. Confusum*.

F2 F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
5.0 4.0	D4 T4	52	A			
5.0 2.0	D4 T2	51,333	A			
5.0 3.0	D4 T3	50	A			
4.0 4.0	D3 T4	45		B		
4.0 3.0	D3 T3	44,333		B		
5.0 1.0	D4 T1	43,4		B		
4.0 2.0	D3 T2	36,667			C	
4.0 1.0	D3 T1	33				D
3.0 4.0	D2 T4	1,333				E
3.0 3.0	D2 T3	0,333				E
2.0 2.0	D1 T2	0,333				E
3.0 1.0	D2 T1	0,333				E
2.0 3.0	D1 T3	0				E
1.0 3.0	D0 T3	0				E
2.0 1.0	D1 T1	0				E
1.0 1.0	D0 T1	0				E
3.0 2.0	D2 T2	0				E
1.0 4.0	D0 T4	0				E
2.0 4.0	D1 T4	0				E
1.0 2.0	D0 T2	0				E

Tableau 12: Analyse de la variance au seuil 5 pour le paramètre adultes survivants des larves de *T. confusum* traités par l'huile essentielle de *M.communis*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	52481	99	530,111				
VAR.FACTEUR 1	38988,5	4	9747,124	106,381	0		
VAR.FACTEUR 2	876,996	3	292,332	3,191	0,02771		
VAR.INTER F1*2	5285,504	12	440,459	4,807	0,00001		
VAR.RESIDUELLE 1	7330	80	91,625			9,572	11,44%

Tableau 13: Résultats du test de NEWMAN et KAULS pour le facteur dose

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
5.0	D4	49,5	A		
4.0	D3	25		B	
3.0	D2	1,25			C
2.0	D1	0,75			C
1.0	D0	0			C

Tableau 14: Résultats du test de NEWMAN et KAULS pour le facteur temps

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	T1	87,8	A	
2.0	T2	85	A	B
3.0	T3	82	A	B
4.0	T4	80		B

Tableau 15: Résultats du test de NEWMAN et KAULS pour le facteur dose-temps

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
1.0 4.0	D0 T4	100	A		
1.0 3.0	D0 T3	100	A		
1.0 2.0	D0 T2	100	A		
1.0 1.0	D0 T1	100	A		
2.0 3.0	D1 T3	100	A		
3.0 3.0	D2 T3	100	A		
3.0 2.0	D2 T2	100	A		
2.0 2.0	D1 T2	99	A		
3.0 4.0	D2 T4	98	A		
2.0 4.0	D1 T4	98	A		
2.0 1.0	D1 T1	98	A		
3.0 1.0	D2 T1	88	A		
4.0 2.0	D3 T2	88	A		
4.0 1.0	D3 T1	86	A		
5.0 1.0	D4 T1	67		B	
4.0 3.0	D3 T3	63		B	
4.0 4.0	D3 T4	60		B	
5.0 3.0	D4 T3	47			C
5.0 4.0	D4 T4	44			C
5.0 2.0	D4 T2	38			C

Effet de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* sur l'émergence des larves de dernier stade de *T. Confusum*

Tableau 16: Analyse de la variance au seuil 5 pour le paramètre des adultes survivants de *T. confusum* traités par l'huile essentielle d'*E. globulus*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	227874,8	99	2301,765				
VAR.FACTEUR 1	226973,5	4	56743,38	8565,038	0		
VAR.FACTEUR 2	50,75	3	16,917	2,553	0,06027		
VAR.INTER F1*2	320,5	12	26,708	4,031	0,00008		
VAR.RESIDUELLE 1	530	80	6,625			2,574	4,29%

Tableau 17: Résultats du test de NEWMAN et KAULS pour le facteur dose.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
1.0	D0	100	A			
2.0	D1	99,25	A			
3.0	D2	97,25		B		
4.0	D3	3,25			C	
5.0	D4	0				D

Tableau 18: Résultats du test de NEWMAN et KAULS pour le facteur dose-temps.

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
1.0 4.0	D0 T4	100	A			
1.0 2.0	D0 T2	100	A			
1.0 3.0	D0 T3	100	A			
2.0 3.0	D1 T3	100	A			
1.0 1.0	D0 T1	100	A			
2.0 4.0	D1 T4	100	A			
2.0 2.0	D1 T2	99	A			
3.0 2.0	D2 T2	99	A			
2.0 1.0	D1 T1	98	A			
3.0 4.0	D2 T4	97	A			
3.0 1.0	D2 T1	97	A			
3.0 3.0	D2 T3	96	A			
4.0 1.0	D3 T1	10			B	
4.0 2.0	D3 T2	3				C
5.0 3.0	D4 T3	0				C
5.0 4.0	D4 T4	0				C
5.0 1.0	D4 T1	0				C
5.0 2.0	D4 T2	0				C
4.0 3.0	D3 T3	0				C
4.0 4.0	D3 T4	0				C

Tableau 19 : Analyse de la variance au seuil 5% pour le paramètre adulte survivant de T. Confusum sous l'effet de l'huile essentielle de clou de girofle.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	4604	99	46,505				
VAR.FACTEUR 1	1091,5	4	272,875	18,041	0		
VAR.FACTEUR 2	776,001	3	258,667	17,102	0		
VAR.INTER F1*2	1526,5	12	127,208	8,41	0		
VAR.RESIDUELLE 1	1210	80	15,125			3,889	4,03%

Tableau 20 : Résultat du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose de l'huile essentielle de clou de girofle sur les adultes survivants de *T. Confusum*.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
1.0	D0	100	A		
2.0	D1	98,5	A		
3.0	D2	98,25	A		
4.0	D3	94,25		B	
5.0	D4	91			C

Tableau 21: Résultat du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur temps de l'huile essentielle de clou de girofle sur les adultes survivants de *T. Confusum*.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	T2	98,4	A	
1.0	T1	98	A	
3.0	T3	97,6	A	
4.0	T4	91,6		B

Tableau 22 : Résultat du test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet du facteur dose - temps de l'huile essentielle de clou de girofle sur les adultes survivants de *T. Confusum*.

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
1.0 4.0	D0 T4	100	A		
3.0 4.0	D2 T4	100	A		
1.0 2.0	D0 T2	100	A		
1.0 3.0	D0 T3	100	A		
2.0 3.0	D1 T3	100	A		
1.0 1.0	D0 T1	100	A		
3.0 2.0	D2 T2	100	A		
4.0 3.0	D3 T3	99	A		
2.0 2.0	D1 T2	98	A		
4.0 2.0	D3 T2	98	A		
2.0 1.0	D1 T1	98	A		
5.0 1.0	D4 T1	98	A		
2.0 4.0	D1 T4	98	A		
4.0 1.0	D3 T1	97	A		
3.0 1.0	D2 T1	97	A		
3.0 3.0	D2 T3	96	A		
5.0 2.0	D4 T2	96	A		
5.0 3.0	D4 T3	93	A		
4.0 4.0	D3 T4	83		B	
5.0 4.0	D4 T4	77			C

Résumé

L'objectif principal de ce travail consiste à évaluer dans les conditions de laboratoire, l'effet bio-insecticide de trois huiles essentielles de myrtaceae (*Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis* et Clou de girofle) à l'égard d'un coléoptère ravageur des grains stockées : *Tribolium confusum* (Coléoptère : Tenebrionidae).

La semoule traitée avec les trois huiles essentielles, à différentes doses (0, 4, 8, 16 et 32 µl), ont été exposées aux adultes et larves de *T. confusum* durant quatre temps d'expositions (24, 48, 72 et 96 h).

Les résultats montrent que deux substances testées (huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et *Myrtus communis*) présentent un effet insecticides très hautement significative, à la dose 16 µl sur les adultes, et à la dose 16 µl et 32 µl sur les larves sous l'effet d'eucalyptus et myrte respectivement. Et moins efficaces sur le paramètre d'émergence.

Une faible efficacité a été observée par rapport à la troisième huile essentielle (Clou de girofle) sur la mortalité et l'émergence de *tribolium*.

Mots clé : bio-insecticide, *T. confusum*, *Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis*, Clou de girofle.