



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



Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa –
Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie
Département des êtres vivants

MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Option : Ecophysiologie animale

Thème

Etude de la toxicité d'huiles essentielles sur
Tribolium confusum et *Sitophilus oryzae*

Présenté Par :

Khadidja TEBBOUCHE

Ikhlas MENASRIA

Devant le jury

Dr. Guedri Kamilia	MCA	Université Echahid Chikh Larbi Tébessi	Président
Dr. Bouzeraa Hayette	MCA	Université Echahid Chikh Larbi Tébessi	Rapporteur
Dr. Hanachi Mohamed Saleh.	MCB	Université Echahid Chikh Larbi Tébessi	Examineur

Date de soutenance: 04/06/2023



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



Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa –

Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie

Département des êtres vivants

MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Option : Ecophysiologie animale

Thème

Etude de la toxicité d'huiles essentielles sur
Tribolium confusum et *Sitophilus oryzae*

Présenté Par :

Khadidja TEBBOUCHE

Ikhlas MENASRIA

Devant le jury

Dr. Guedri Kamilia	MCA	Université Echahid Chikh Larbi Tébessi	Président
Dr. Bouzeraa Hayette	MCA	Université Echahid Chikh Larbi Tébessi	Rapporteur
Dr. Hanachi Mohamed Saleh.	MCB	Université Echahid Chikh Larbi Tébessi	Examineur

Date de soutenance: 04/06/2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer tous nos remerciements à Allah le tout puissant de nous avoir donné la santé, la force et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide de Mme. Bouzeraa Hayette, nous la remercions pour la qualité de son encadrement exceptionnel, sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant le long chemin de ce mémoire.

Nous remercions infiniment Dr.Guedri K d'avoir accepté de présider ce jury.

Nos remerciements vont également à Dr.Hannachi MS d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les professeurs du département des êtres vivants.

Dédicace :

Je dédie cet humble et modeste mémoire avec grand amour, sincérité et fierté :

A mon chère grand-père qui a quitté la vie mais jamais nos cœurs.

A mes chers parents, source de tendresse, de noblesse et d'affection. Puisse cette étape constituer pour vous un motif de satisfaction.

A mon frère et mes sœurs de m'avoir toujours supporté, merci pour votre confiance.

A toute ma famille, mes amis et tous ceux qui me sont chers...

Khadidja

Dédicace :

Aucune expression, aussi élaborée soit-elle, ne pourrait traduire ma profonde gratitude et ma reconnaissance pour toutes ces années.

Je dédie ce modeste travail ;

-A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi mon père «Amara».

-A la lumière de ma vie, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, mon bonheur ; maman que j'adore « Bariza ».

-A ma chère grande mère «Sabra ».

-A celle qui je considère comme ma deuxième mère « Bariza » et sa famille.

-A mon frère aîné« Mohamed », sa femme «Soumia » et ses enfants « Ayat Erahmen et Abd Erahmen».

-Aussi à mon frère «khaled ».

-A mon petit frère« Merouane» qui a été toujours à mes côtés.

-A mes chères sœurs «Sabrina, Zahra» et leurs enfants «Baha, Yacine, Hadil, Ritel».

-A ma belle copine qui je considère comme ma sœur et qui avec elle nous avons réussi à gagner la bataille «khadidja ».

-A l'âme de nous regretter qui nous ont quitté mon oncle «Abd Elmalek » mon oncle «Abd Erahmen» et ma tante «Nadjiya».

-A toute ma famille.

-A tous mes amis et mes proches «Nessrine, Ikram, Safa, Abir, Anfel, Aida, Ichraf, Khawla, Hadjer, Nour, Sabrin, Aya, Mariem, Manal, Roufaida, Salwa et Kawther.

Pour leurs conseils, aides, et encouragements durant mes études.

Ikhlas

Table des matières

Liste des figures

1. Introduction.....	01
2. Matériels et méthodes.....	05
2.1. Présentation des insectes.....	05
2.1.1. <i>Tribolium confusum</i>	05
2.1.2. <i>Sitophilus oryzae</i>	08
2.2. Présentation des plantes.....	11
2.2.1. <i>Origanum vulgare</i>	11
2.2.2. <i>Cinnamomum cassia</i>	12
2.3. Méthodes d'étude.....	13
2.3.1. Techniques d'élevage au laboratoire.....	13
2.3.2. Méthode d'extraction des huiles essentielles.....	14
2.3.3. Calcul du rendement en huile essentielle.....	15
2.3.4. Traitement et test de toxicité des huiles essentielles.....	15
2.3.5. Traitement statistique.....	16
3. Résultats.....	18
3.1. Rendement en huile essentielle.....	18
3.2. Détermination de la toxicité d'un mélange d'huiles essentielles.....	18
3.2.1. Toxicité des huiles essentielles sur <i>T. confusum</i> après 24h, 72h et 120h d'exposition.....	18
3.2.2. Toxicité des huiles essentielles sur <i>S. oryzae</i> après 24h, 72h et 120h d'exposition.....	19
4. Discussion.....	23
5. Conclusion et perspectives.....	30
Résumés	32
Références bibliographiques.....	36

Liste des figures	
Figure 1. <i>Tribolium confusum</i>	06
Figure 2. Œuf de <i>Tribolium confusum</i>	06
Figure 3. Larve de <i>Tribolium confusum</i>	07
Figure 4. Nymphe de <i>Tribolium confusum</i>	07
Figure 5. Adulte de <i>Tribolium confusum</i>	08
Figure 6. <i>Sitophilus oryzae</i>	09
Figure 7. Larve de <i>Sitophilus oryzae</i>	10
Figure 8. Adulte <i>Sitophilus oryzae</i>	10
Figure 9. <i>Origanum vulgare</i>	12
Figure 10. <i>Cinnamomum cassia</i>	13
Figure 11. Appareillage d'hydrodistillation	15
Figure 12. Test de toxicité	16
Figure 13. Pourcentage de mortalité corrigée des insectes de <i>T. confusum</i> , et <i>S. oryzae</i> après 24h, 72h et 120h d'exposition à un mélange d'huile essentielle d' <i>O. vulgare</i> .et <i>C. cassia</i> à la concentration de 256µl/l air (m±SEM, n=3 répétitions comportant chacune 10 larves). Trib-A (Tribolium Adult), Trib-L (Tribolium Larve), Ch-A (Charonçon Adulte), Ch-L (Charonçon Larve).....	21
Figure 14. Pourcentage de mortalité corrigée des insectes de <i>T. confusum</i> , et <i>S. oryzae</i> après 24h, 72h et 120h d'exposition à un mélange d'huile essentielle d' <i>O. vulgare</i> .et <i>C. cassia</i> à la concentration de 512µl/l air (m±SEM, n=3 répétitions comportant chacune 10 larves). Trib-A (Tribolium Adult), Trib-L (Tribolium Larve), Ch-A (Charonçon Adulte), Ch-L (Charonçon Larve).....	21
Figure 15. Pourcentage de mortalité corrigée des insectes de <i>T. confusum</i> , et <i>S. oryzae</i> après 24h, 72h et 120h d'exposition à un mélange d'huile essentielle d' <i>O. vulgare</i> .et <i>C. cassia</i> à la concentration de 1024µl/l air (m±SEM, n=3 répétitions comportant chacune 10 larves). Trib-A (Tribolium Adult), Trib-L (Tribolium Larve), Ch-L (Charonçon Larve).....	21

Introduction



1. Introduction

Les céréales (blé, orge, maïs...), les oléagineux (tournesol, colza, soja...) et les protéagineux (Pois, féveroles...) composent le secteur des grandes cultures dans le monde. (ANEFA WEB)

Les céréales représentent une ressource importante assurant la consommation humaine et l'alimentation animale (ROSENTRATER & EVERS, 2018). Elles détiennent la première place quant à l'occupation de 70% des surfaces agricoles mondiales. (RILEY *et al.*, 2009 ; FAO, 2018)

En Algérie, les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire, elles fournissent plus de 60% de l'apport calorique et 75% de l'apport protéique de la ration alimentaire nationale (FEILLET, 2000). La consommation des produits céréaliers se situe à un niveau d'environ 205kg/habitant/an. (CHEHAT, 2007)

Afin de satisfaire cette demande alimentaire ; les agriculteurs ont essayé de doubler la productivité et le stockage des denrées (CHERFI & GASSI, 2020) mais malheureusement au cours du stockage plusieurs facteurs biotiques et abiotiques peuvent affecter la quantité et la qualité des céréales.

Les insectes nuisibles sont le plus souvent considérés comme la principale cause des pertes (KESKINA & OZKAYA, 2015). Ces pertes peuvent atteindre 50% de la récolte totale (FORNAL *et al.*, 2007). Dans ce cadre, il existe plus de 1663 espèces d'insectes ravageurs de produits stockés (HAGSTRUM & SUBRAMANYAM, 2016). Les coléoptères représentent le principal groupe dont environ 200 espèces ont été associés à des problèmes de stockage. (BELL, 2011)

La nature des dommages causés par les insectes des denrées stockées est très variable. Non seulement ils dévorent une quantité importante de nourriture, mais ils contaminent aussi ces denrées avec leurs fèces, leurs odeurs, leurs toiles de soie, leurs cadavres et leurs mues. Cela peut entraîner, parfois, des réactions allergiques chez les consommateurs. Leur présence peut aussi entraîner une humidité suffisante pour le développement de microorganismes.

Tous les organismes vivants doivent connaître le monde environnant afin d'y évoluer et de s'y reproduire, ou tout simplement d'y survivre. Chez les insectes, l'olfaction joue un rôle vital, ils recourent à des signaux chimiques dans la détection de nourriture, de nid ou de site



d'oviposition, dans l'établissement de relations interindividuelles, sociales et sexuelles, et dans l'appréhension du danger (reconnaissance d'un prédateur, d'une substance toxique). (BREER *et al.*, 2003)

Le contrôle des insectes des produits stockés dans le monde entier dépend principalement de l'application d'insecticides qui interviennent en éliminant ou en empêchant la reproduction de ces derniers, différents types existent: les neurotoxiques, les régulateurs de croissance et ceux qui agissant sur la respiration cellulaire (TOMLIN, 2003). Néanmoins, l'utilisation de ces insecticides chimiques conventionnels est efficace mais il existe plusieurs problèmes tels que la toxicité pour les organismes non cibles, la contamination résiduelle des produits, la toxicité élevée pour les manipulateurs, l'émergence de nouveaux ravageurs et de nouvelles populations résistantes dues à des applications indiscriminées (CAMAROTI *et al.*, 2018 ; GONG & REN, 2020) conduisant à une efficacité diminuée de la lutte chimique (DENHOLM & DEVINE, 2013). Ce danger a conduit l'OMS (organisation mondiale de la santé) à interdire l'usage de certains insecticides chimiques de synthèse, d'autres vont être prohibés dans un futur proche.

Face à cette situation, la recherche de nouvelles méthodes susceptibles de remplacer les insecticides chimiques s'avère donc nécessaire tout en restant efficace, non toxique et respectueux de l'environnement. L'alternative se réside aujourd'hui entre plusieurs formes de la lutte biologique, une méthode particulière fait l'objet d'un intérêt croissant est celle qui est basée sur l'utilisation des molécules d'origines végétales. En effet, les plantes sont naturellement dotées de substances chimiques dans certaines ne sont pas directement bénéfiques pour la croissance et le développement de l'organisme (SAID-AL AHL *et al.*, 2017). Parmi ces substances les huiles essentielles qui ont généralement été considérées comme faisant partie d'un système de défense contre les prédateurs (RAHMAN *et al.*, 2015 ; SHARIFI-RAD *et al.*, 2017). Les huiles essentielles sont produites à partir d'environ 17500 espèces de plantes appartenant principalement aux familles des Lauracées, des Astéracées, des Myrtacées et Lamiacées. (REGNAULT-ROGER, 2012)

Avec une superficie de 2381741km², l'Algérie le plus grand pays de la Méditerranée est reconnue par sa diversité biologique élevée avec une diversité variétale en plantes aromatiques et médicinales. Cette richesse compte 16000 espèces (713 espèces floristique



aquatiques, 784 espèces végétales en zones humides) qui renferment un arsenal d'insecticides capables de protéger les denrées stockées. (MATE *et al*, 2014)

Dans notre travail nous évaluons la toxicité d'un mélange d'huiles essentielles de deux plantes aromatiques *Origanum vulgare* et *Cinnamomum cassia* sur deux principaux insectes ravageurs des céréales stockées, *Tribolium confusum* un ravageur secondaire et *Sitophilus oryzae* un ravageur primaire.

Matériels et méthodes



2. Matériels et méthodes

2.1. Présentation des insectes

2.1.1. *Tribolium confusum*

Tribolium confusum a été décrite pour la première fois par JACQUELIN DUVAL (1868). Le nom commun français attribué à ce ravageur est : Tribolium brun de la farine ou le petit ver de la farine. En langue anglaise il est connu comme Confused flour beetle, Mason beetle. Le Tribolium est un insecte coléoptères de la famille des Ténébrionidés, à répartition cosmopolite (ANONYME, 1955). Un ravageur commun connu pour attaquer et infester les denrées alimentaires stockées notamment la farine et les grains de céréales, dans les silos, les entrepôts, les boulangeries, les épiceries. C'est une espèce cosmopolite (ZERROUGUI & BOUKHATEM, 2021). Bien qu'elle soit d'origine strictement africaine, en particulier en Égypte (DELOBEL & TRAN, 1993), cette espèce a été transportée par l'homme avec des produits alimentaires et se rencontre maintenant dans le monde entier par suite de sa résistance plus grande aux basses températures. Elle est nuisible aussi bien à l'état adulte qu'à l'état larvaire (LEPIGER, 1966). Le Tribolium recherche surtout les denrées amylacées pulvérulentes comme la farine, le son, les issues, etc. (LEPESME, 1944). Les adultes secrètent une odeur persistante et désagréable aux produits alimentaires envahis. La substance émise affecte les propriétés de la pâte faite avec de la farine contaminée, cette substance est irritante pour l'homme et elle peut causer des désordres gastriques (ROGER, 2002). D'après (STEFFAN IN SCOTTI, 1978), les adultes sont très polyphages, ce sont des cléthrophages secondaires, car les larves et les adultes se nourrissent surtout de brisures, elles attaquent les grains endommagés, escortent souvent les charançons ou parachèvent leurs dégâts.



Position systématique

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous-embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Sous-classe : Pterygota

Superordre : Holometabola

Ordre : Coleoptera

Famille : Tenebrionidae

Genre : Tribolium

Espèce : *Tribolium confusum* (DUVAL, 1868)



Figure 1. *Tribolium confusum*

Cycle biologique. Le cycle de vie de *Tribolium confusum* peut s'étendre sur 24 à 26 jours, à 32,5°C et une humidité relative de 70% l'optimum thermique se situe entre 32°C et 35°C, son développement s'arrête au-dessous de 22°C. En absence d'alimentation, *Tribolium confusum* exerce le cannibalisme, dévore les œufs et les larves de leurs congénère (SCOTTI, 1978). Le cycle comprend quatre stades distincts: Œuf, larve, pupa et adulte (BENOIT *et al.*, 1998).

Œuf ovalaire, sans sculpture, il mesure en moyenne 0,6 mm de long (STEFFAN, 1978). Il est long et blanchâtre, presque transparent, sa surface lisse est recouverte d'une substance visqueuse qui lui permet d'adhérer à la denrée infestée (LEPESME, 1944).



Figure 2. Œuf de *Tribolium confusum* X30 (Photo personnelle)



Larve. Le corps de la larve est recouvert d'un tégument assez mou. Elle est étroite, mobile et de couleur blanche à jaune-brun (ANONYME, 2001) taché de jaune sur le dessus et couvert de nombreuses soies, s'achève par une paire d'urogomphes de couleur rousse. Les larves, qui ne dépassent pas 1,4 mm lors de l'éclosion, atteignent 6 à 7 mm à l'achèvement de leur croissance. Le nombre de mues, 4 au minimum, 11 au maximum, varie selon de nombreux facteurs : température, humidité, qualité de l'alimentation, etc. (STEFFAN, 1978). La larve passe par 7 ou 8 stades larvaires (DELOBEL & TRANS, 1993).



Figure 3. Larve de *Tribolium confusum* X20 (photo personnelle)

Nymphe blanche et nue, les segments de son abdomen sont explantés latéralement en lames rectangulaires à bords crénelés. La nymphe reste sans protection et est incapable de se déplacer jusqu'à l'apparition de l'imago (BALACHOWSKY & MENSIL, 1935). Le stade nymphal est d'environ 8 jours.



Figure 4. Nymphe de *Tribolium confusum* X40 (Photo personnelle)

Adulte ou imago. La nymphe subit une mue imaginale et donne naissance à un imago (ANONYME, 1955). L'adulte est de couleur brun rouge, long d'environ 3,5 mm, aplati et ovale dont la tête et la partie antérieure du thorax sont densément couverts de points minuscules et les élytres sont striés dans le sens de la longueur avec de rares punctuations



entre les stries. Les antennes sont moniliformes avec les 3 derniers articles élargis. (BALACHOWSKY, 1962). La longévité de l'insecte dépasse généralement 6 mois et peut atteindre près de 4 ans. La femelle pondent entre 500 et 1400 œufs dans des conditions optimales de 30 ou 33°C pour 70% d'humidité relative, les œufs sont déposés en vrac sur les graines et sont difficiles à déceler. (DELOBEL & TRAN, 1993)



Figure 5. Adulte de *Tribolium confusum* X 30 (photo personnelle)

2.1.2. *Sitophilus oryzae*

Sitophilus oryzae est une espèce d'insectes coléoptères de la famille des *Curculionidae*, famille la plus importante du groupe des *Rhynchophora*, est composée d'insectes facilement identifiables à leurs têtes prolongées en un bec allongé en rostre à l'extrémité duquel se trouvent les organes buccaux broyeurs (LEPESME, 1944). Il se caractérise principalement par deux grosses taches ocres sur chaque élytre, le rostre moins long que le pronotum, est peu arqué et cylindrique dans sa partie antérieure. Cette famille a été étudiée par (HOFFMAN, 1954), elle compte environ 60.000 espèces; elle est divisée en 9 sous familles. C'est un groupe très hétérogène, caractérisé par une systématique interne très complexe (PAULIAN, 1988). *Sitophilus oryzae* est une espèce rencontrée surtout dans les zones tropicales et subtropicales, bien que le pays d'origine de cette espèce soit la région indienne. Cet insecte a une répartition mondiale à cause des échanges internationaux (LEPESME, 1944). *Sitophilus oryzae* est un charançon aux mœurs essentiellement nocturne, se montre plus actif la nuit que le jour. Il peut vivre en permanence dans l'obscurité complète, ces déplacements sont relativement rapides, il peut voler, d'où leur rapide dissémination dans un entrepôt (STEFFAN IN SCOTTI, 1978). Le charançon de riz s'alimente et se multiplie aux dépens de nombreuses céréales: Seigle, avoine, orge, blé, riz, maïs, etc. (DELOBEL & TRANC, 1993). Ce charançon peut néanmoins causer des dégâts dans les stocks de céréales dans les pays chauds, même s'il ne survit pas (THOMSON, 1966).



Position systématique

Règne :Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous-embr : Hexapoda

Classe :Insecta

Sous-classe : Pterygota

Ordre :Coleoptera

Famille : Curculionidae

Sous-famille : Dryophthorinae

Genre :Sitophilus

Espèce : *Sitophilus oryzae* (LINNAEUS, 1763)



Figure 6. *Sitophilus oryzae*

Cycle biologique. Le cycle complet dure environ 6 mois selon les espèces. Il comprend quatre stades distincts : Œuf, larve, pupes et adulte. (BENOIT *et al.*, 1998)

Œuf ovale ou piriforme, sa couleur est d'un blanc opaque et brillant. Il mesure 0,6 à 0,7 mm de longueur et 0,2 à 0,3 mm de largeur (STEFFAN IN SCOTTI, 1978 ; BAR *et al.*,1995). Il porte une protubérance à son extrémité qui lui permet de se fixer au substrat, elle se trouve à l'intérieur des trous de ponte. Après 8 à 11 jours, les œufs éclosent en donnant naissance à de petites larves.

Larve blanche, globuleuse et se caractérise par sa forme ramassée. Au terme de son développement, elle mesure 2,5 à 3 mm de long. La larve développe entièrement à l'intérieur du grain. La plupart des larves sont endophages et ont une durée de vie de 4 à 6 semaines, entre 18 et 20°C. Le nombre des mues est à la fois constant et peu élevé de 3 à 4 stades larvaires (APPERT & DEUSE, 1982). La larve du dernier stade aménage une sorte de chambre de nymphose où elle passe d'abord par un stade pré nymphal qui dure de 20 à 50 heures avant de se transformer en nymphe. (LEPESME, 1944)



Figure 7. Larves de *Sitophilus oryzae* X 20 (photo personnelle)

Nymphe de forme cylindrique, mesure 3,75 à 4 mm de long, sa couleur passe du blanc au brun à mesure qu'elle évolue. Elle subit la mélanisation et la sclérotinisation de la cuticule. Elle a presque la taille de l'imago. (LEPESME, 1944)

Adulte ou imago. Petit coléoptère de 2,5 à 5 mm de longueur, Le mâle se distingue de la femelle par un rostre plus épais, plus court et plus profondément ponctué, les derniers sternites abdominaux sont plus courbés ventralement chez le mâle que chez la femelle (LEPESME, 1944). Les adultes émergent après 5 à 16 jours supplémentaires et vivent environ 9 mois (STEFFAN IN SCOTTI, 1978). Certains adultes peuvent voler. Les adultes s'accouplent peu après leur sortie des grains. Une à deux semaines après l'accouplement, la ponte s'effectue à une certaine profondeur du grain. La femelle pond 200 œufs à une vitesse de 2 à 3 œufs par jour en fonction de la température et de l'humidité. Elle creuse avec son rostre sa loge de ponte dans les graines par la suite elle bouche le trou de ponte avec du mucus sécrété par l'oviducte. Au cours de sa vie, la femelle pond 300 œufs en moyenne avec un maximum, dépassant 500 œufs. (PAULIAN, 1988)



Figure 8. Adulte *Sitophilus oryzae* X 30 (photo personnelle)



2.2. Présentation des plantes

2.2.1. *Origanum vulgare*

L'Origan ou Origan commun (*Origanum vulgare*) est une espèce de plantes herbacées vivaces de la famille des Lamiacées, également nommée, entre autres, Marjolaine sauvage ou Marjolaine vivace. Sa taille est de 30 à 60 cm de hauteur, au feuillage et aux fleurs très odorants quand on les froisse. Elle est ainsi reconnaissable à son odeur et à sa saveur phénolée, épicée et chaude (ARVY & GALLOUIN, 2003 ; TEUSCHER *et al.*, 2004). Les tiges dressées, souvent rougeâtres et velues, portent les feuilles ovales opposées et espacées. Celles-ci possèdent des glandes sécrétrices sessiles non apparentes. Les fleurs blanches ou rose sont groupées en inflorescences. (BOUHADDOUDAN, AOUADI & LABIOD, 2016) Chaque fleur est située à l'aisselle d'une bractée ovale, et dépassant le calice. Ce calice est lui-même en tube gamosépale et persistant. La corolle, plus grande que le calice, est quant à elle bilabiée à tube saillant à la base et gamopétale. Le fruit est constitué d'akènes. La floraison se prolonge de mai à octobre. (BABA AISSA, 2000). L'*Origanum vulgare* comporte les flavonoïdes, les terpènes, les tanins catéchiques les anthocyanes et les saponosides (BOUHADDOUDA, 2016). En Algérie, communément appelé zaàter; elle est une plante essentiellement médicinale qui jouit d'une grande ferveur populaire (BABA AISSA, 2011) et utilisée comme tisane par la population locale pour guérir plusieurs maladies telles que : rhumatismes, toux, rhume et troubles digestifs. (MAHMOUDI & NOSRATPOUR, 2013). Elle pousse depuis le niveau de la mer jusqu'à 4000 m d'altitude, principalement sur les substrats calcaires, la floraison se prolonge de mai à octobre. (BABA, 1990 ; TEUSCHER *et al.*, 2004 ; FIGUEREDO, 2007)

L'origan est une plante très répandue en Algérie, endémique d'Algérie. Elle pousse en pâturage et surtout en montagne, dans les garrigues et broussailles, espèce rare dans le sous-secteur du littoral et le secteur de Kabylie. (QUEZEL & SANTA, 1963)



Position systématique

Règne : Plantae

Embranchement : Spermatophyta

Sous-embranchement : Angiospermea

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Asteridae

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Genre : *Origanum*

Espèce : *Origanum vulgare* (LABILL, 1753)



Figure 9. *Origanum vulgare*

2.2.2. *Cinnamomum cassia*

Le cannelier est un arbre d'une dizaine de mètres de haut, le tronc est muni d'une écorce épaisse et rugueuse. Une fois le tronc est incisé, son écorce est délicatement détachée puis séchée. Les nombreuses branches sont pourvues de feuilles vertes persistantes opposées de 10 à 15cm de long, ses petites fleurs blanchâtres ont une légère odeur assez désagréable. Le fruit est une baie ellipsoïde de 1.5 cm de long de couleur bleu-noir (BARBIER, 2014). *Cinnamomum cassia* est une espèce à feuilles persistantes très connue par son écorce aromatique et goût sucré (RAVINDRAN ET AL, 2004). Les feuilles sont simples et en hélice, les fleurs sont blanchâtres, régulières à six pétales et se présentent en grappe très ramifiées. Le fruit (baie) ressemble à celle du laurier noble. (ZHIR, 2005)

L'écorce de cannelle est composée de 0.5 à 2.5% d'huile essentielle, des flavonoïdes (quercétine, kaempferol, quercitrine), des oses et polyols tels que du mannitol, des mucilages, de l'amidon, des diterpènes (cincassiols, cinnzeylanine), du β -sitostérol, des oligomères proanthocyanidoliques sous forme de tanins condensés, des acides phénols (acide protocatéchique, acide vanillique et gentsique) ainsi que des vitamines et des oligoéléments comme K, P, S, Mn, Fe, Zn, Se (GOETZ & GUEDIRA, 2012; DERABLA & ZAMOUCHE, 2016). La production mondiale de cannelle de Chine est limitée aux régions basses et humides de l'Asie du Sud et Sud-est. La cannelle est idéale pour soigner tous les maux de l'hiver :



rhume, toux, grippe et autres virus. En effet, ses propriétés anti-inflammatoires et anti oxydantes, sa forte teneur en minéraux et vitamines, elle renforce le système immunitaire, possède des propriétés antivirales et antimicrobiennes (KOH *et al.*, 1998 ; KALOUSTIANE *et al.*, 2008 ; BRODOWSKA *et al.*, 2016). Calmer les brûlures d'estomac, lutter contre les problèmes de digestion et les maux intestinaux (ballonnements, diarrhée, indigestions, nausées, vomissements, remontés gastriques). C'est un aliment qui permet de soigner les infections et inflammations de la flore intestinale tout en stimulant les sécrétions gastriques (BENZEGGUTA, 2005), maintenir le taux de la glycémie et le cholestérol à la normale (LEE *et al.*, 2003 ; LEE & DUGOUA, 2011), stimuler l'activité cérébrale et aide à éliminer la tension nerveuse, prévenir les maladies dégénératives comme la maladie de Parkinson ou d'Alzheimer (DERABLA & ZAMOUCHE, 2016), apaiser le stress et l'anxiété et lutter contre la fatigue. (LYNCK *et al.*, 2009 ; BUREAU, 2010)

Position systématique

Règne : Plante

Embranchement : Spermaphytes

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous classe : Magnolidées

Ordre : Laurales ou magoliales

Famille : Lauracées

Genre : *Cinnamomum*

Espèce : *Cinnamomum cassia* (EDET, 2004)



Figure 10. *Cinnamomum cassia*

2.3. Méthodes d'étude

2.3.1. Techniques d'élevage au laboratoire

L'élevage en masse est prélevé de l'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales (OAIC) station de stockage route Constantine–Tébessa et d'un dépôt de stockage. Les individus d'insectes sont ramenés au laboratoire pédagogique de Biologie Animale, Faculté



des Sciences de la Nature et de la Vie, où ils ont subi un tamisage à l'aide d'un tamis à mailles de dimensions 2mm pour la sélection d'espèces ciblée.

Les individus du charançon sont déposés séparément dans des bocaux en verre dont chacun contient 500g des grains sains de blé dur et d'orge non infesté ou traité, utilisés comme substrat alimentaire provenant de la coopérative des céréales et des légumes secs de l'OAIC de Annaba. Pour le *Tribolium confusum*, son élevage a été réalisé dans de la farine tamisée et désinfectée. Les bocaux sont recouverts d'un morceau de tulle maintenu par un élastique à une température (T°) de 27 ± 5 °C, une humidité (HR) relative de 50% et une photopériode de 6H (jour) :18h (nuit).L'élevage est suivi quotidiennement et les larves du dernier stade ainsi les adultes nouvellement exuvies sont utilisées pour toutes les expérimentations.

2.3.2. Méthode d'extraction des huiles essentielles

L'extraction de l'huile essentielle de la cannelle et de l'origan a été réalisée au niveau du laboratoire pédagogique Biologie Animale, de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. La méthode d'extraction des deux plantes utilisées a été réalisée par hydrodistillation dans un appareil de type cleverger. Le protocole d'extraction est le suivant :

Une quantité de 150g de la poudre de cannelle et 100g de la partie aérienne séchée de l'origan sont pesés et mis séparément dans un ballon de 2000 ml. La matière végétale est ensuite été mélanger avec 1200ml d'eau distillée, celle-ci est ensuite déposée dans un chauffe-ballon avec thermostat connecté à un tube réfrigérant. Au bout d'une demi-heure de chauffage régulier, commence l'évaporation. La vapeur d'eau chargée ainsi d'essence retourne à l'état liquide par condensation. Le produit de la distillation se sépare donc en deux phases : l'huile et l'eau condensée que l'on appelle eau florale ou hydrolat (BELAICHE, 1979). Après 3 heures de temps, selon l'espèce de la plante, l'huile essentielle (surnageant) d'origan et cannelle est séparée de l'eau par décantation. La première phase aqueuse est libérée dans un bécher et l'huile essentielle est récupérée dans un flacon en verre opaque fermé hermétiquement pour éviter tout risque d'altération. L'HE est conservée à 4°C jusqu' à utilisation.



Figure 11. Appareillage d'hydrodistillation (photo personnelle)

2.3.3. Calcul du rendement en huile essentielle

La quantité d'huile obtenue est pesée pour le calcul du rendement de la plante, qui s'agit du rapport entre le poids de l'huile extraite et le poids de la matière sèche de la plante (AFNOR, 1987), évalué à partir de 3 échantillons. Le rendement, exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$R = \left[\frac{\sum PB}{\sum PA} \right] \times 100$$

R : Rendement en huile en %

PA : Poids de la matière sèche de la plante en g

PB : Poids de l'huile en g.

2.3.4. Traitement et test de toxicité des huiles essentielles

Après un screening préalable, différentes concentrations : 256, 512 et 1024 $\mu\text{l/l}$ air d'un mélange d'huile essentielle (90% d'origan et 10% de la cannelle) ont été appliquées sur un disque de papier filtre de 2 cm de diamètre suspendue à l'aide d'un fil à la face interne du couvercle. Dix larves et dix adultes de *T. confusum* et de *S. oryzae* ont été mis séparément dans des flacons en verre de 125 ml de volume contenant 10 g de farine et 10 g d'orge pour assurer les conditions favorable à leur survie, respectivement. Trois répétitions ont été réalisées pour chaque concentration. Une série témoin a été conduite en parallèle avec des disques sans traitement. Le test a été maintenu à une température de 27 ± 3 et une humidité 50%. Les larves et les adultes ont été exposés aux différentes concentrations d'huile pour une durée de 24h, 48h et 120h et le taux de mortalité a y été déterminé.



Les pourcentages de mortalité observée sont corrigés selon la formule d'Abbott (1925) qui permet d'éliminer la mortalité naturelle et de déterminer la toxicité réelle de l'huile essentielle :

$$\% \text{ de mortalité corrigée} = \frac{Mt (\%) - Mc (\%)}{100 - Mc (\%)} * 100$$

Mt: mortalité dans traitées

Mc: mortalité dans control



Figure 12. Test de toxicité (photo personnelle)

2.3.5. Traitement statistique

Les données de nos résultats sont exprimées statistiquement par la moyenne plus ou moins l'écart-type ($m \pm SD$). Les moyennes des différentes séries sont comparées par l'analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA) avec un seuil de signification $P \leq 0,05$ et le test de Tukey pour le groupement des moyennes.

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel GRAPH PAD PRISM 7.

Résultats



3. Résultats

3.1. Rendement en huile essentielle

L'hydrodistillation de la partie aérienne sèche de la plante *O. vulgare* a permis d'obtenir un rendement en huile essentielle de 3%. L'huile essentielle obtenue est de couleur jaune orangée et d'une odeur puissante, aromatique, épicée et proche de celle du thym. Deux extractions (200g de plante séchées) ont été réalisées pour l'expérimentation.

Concernant la plante *C. cassia* son rendement en huile essentielle est de 0,34%. L'huile est d'une couleur qui va du jaune au marron rougeâtre et d'une odeur plutôt sucrée et chaude. Le rendement est plus au moins faible pour cela nous avons utilisées 500g de poudre de la cannelle pour terminer les essais biologiques.

3.2. Détermination de la toxicité d'un mélange d'huiles essentielles

Le test de toxicité a permis de déterminer l'activité insecticide d'un mélange d'huiles essentielles de *O. vulgare* et de *C. cassia* sur *T. confusum* et *S. oryzae* à partir de la mortalité corrigée des adultes et des larves après avoir été sous traitement par fumigation pendant 24h, 72h et 120h. Différentes concentrations du traitement ont été testées (256, 512 et 1024 $\mu\text{l/l}$ air).

3.2.1. Toxicité des huiles essentielles sur *T. confusum* après 24h, 72h et 120h d'exposition

Les mortalités corrigées sont mentionnées dans le tableau 1. Les résultats montrent une augmentation du taux de mortalité corrigée avec l'augmentation de la concentration, relation dose-réponse.

Selon le test ANOVA, une différence significative a été enregistrée entre les concentrations utilisées pour la durée d'exposition de 72h ($P=0,007$; $F= 13$) et 120h ($P=0,02$; $F=8$) chez les adultes de *T. confusum*. Les résultats montrent une absence de mortalité aux concentrations utilisées après 24h de traitement. L'efficacité du traitement a commencé après 72h et 120h d'exposition à la concentration la plus élevée (1024 $\mu\text{l/l}$ air) avec un taux de 27%.

Chez les larves, le traitement par le mélange d'huile de l'origan et d'huile de la cannelle a provoqué 3% de mortalité à la concentration la plus faible (256 $\mu\text{l/l}$ air) après 24h



d'exposition. Le taux de mortalité des larves augmente progressivement pour marquer plus de 50% de mortalité après 120h d'exposition à la concentration la plus élevée (1024 μ l/l air).

Une différence significative a été enregistrée (72h : P=0,03 ; F=6,12) (120h : P= 0,006 ; F=13,87).

3.2.2. Toxicité des huiles essentielles sur *S.oryzae* après 24h, 72h et 120h d'exposition

Les mortalités corrigées sont mentionnées dans le tableau 1. Les résultats montrent une augmentation du taux de mortalité corrigée avec l'augmentation de la concentration, relation dose-réponse.

Le test ANOVA a révélé des différences significatives (24h : P=0,02 ; F=7,92) (72h : P=0,004; F=16,64) (120h : P=0,004; F=16,64) enregistrées entre les concentrations chez les larves de *S. oryzae*. L'application d'un mélange d'huile d'Origan et de la cannelle par fumigation sur les larves de cette espèce a provoqué un taux de 10%, 40% et 46% de mortalité après 24h d'exposition à la concentration de 256, 512 et 1024 μ l/l air respectivement. Le taux de mortalité augmente avec le temps. Un taux de mortalité estimé à plus de 46%, 60% et plus de 67% à la concentration la plus élevée (1024 μ l/l air) respectivement.

Aucun effet significatif n'a été signalé lors de l'exposition des charançons adultes au traitement. Cependant, les adultes sont apparus plus résistants avec un taux de mortalité enregistré à 6% contre 40% chez les larves après 24h d'exposition à la concentration de 512 μ l/l air.



Tableau 1. Pourcentage de mortalité corrigée des insectes de *T. confusum* et *S. oryzae* après 24h, 72h et 120h d'exposition à un mélange d'huile essentielle d'*O. vulgare* et *C. cassia* (m±SEM, n=3 répétitions comportant chacune 10 larves)

Insectes	Concentrations (µl/l air)	% Mortalité		
		24H	72H	120H
<i>T. confusum</i> Adulte	256	00.00 ± 00.00 ^A	00.00 ± 00.00 ^B	00.00 ± 00.00 ^B
	512	00.00 ± 00.00 ^A	03.00 ± 04.70 ^A	03.00 ± 04.70 ^A
	1024	00.00 ± 00.07 ^A	27.00 ± 17.00 ^A	27.00 ± 17.0 ^A
<i>T.confusum</i> Larve	256	03.33 ± 04.07 ^A	13.79 ± 04.70 ^B	20.69 ± 09.04 ^B
	512	06.67 ± 04.70 ^A	17.24 ± 08.02 ^{AB}	24.14 ± 04.70 ^B
	1024	23.33 ± 04.70 ^A	37.93 ± 08.02 ^A	58.62 ± 08.02 ^A
<i>S. oryzae</i> Adulte	256	00.00 ± 00.70 ^A	13.03 ± 04.07 ^A	23.03 ± 04.07 ^A
	512	06.07 ± 04.70 ^A	30.00 ± 14.10 ^A	36.67 ± 12.50 ^A
	1024	-	-	-
<i>S. oryzae</i> Larve	256	10,00 ± 00,00 ^B	13,30 ± 04,70 ^B	17,86 ± 04,70 ^B
	512	40,00 ± 16,30 ^{AB}	56,60 ± 12,50 ^A	64,29 ± 20,50 ^A
	1024	46,70 ± 04,70 ^A	60,00 ± 08,20 ^A	67,86 ± 08,20 ^A

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont sensiblement différentes

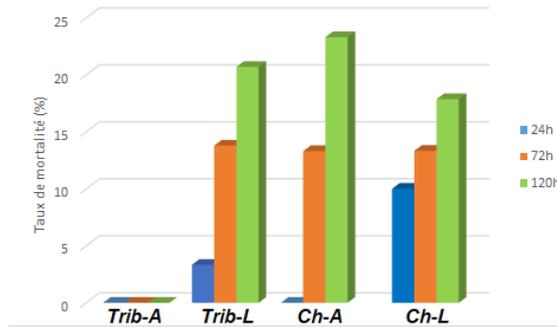


Figure 13. Pourcentage de mortalité corrigée des insectes de *T. confusum*, et *S. oryzae* après 24h, 72h et 120h d'exposition à un mélange d'huile essentielle d'*O. vulgare*.et *C. cassia* à la concentration de 256µl/l air ($m \pm SEM$, n=3 répétitions comportant chacune 10 larves). Trib-A (Tribolium Adult), Trib-L (Tribolium Larve), Ch-A (Charonçon Adulte), Ch-L (Charonçon Larve)

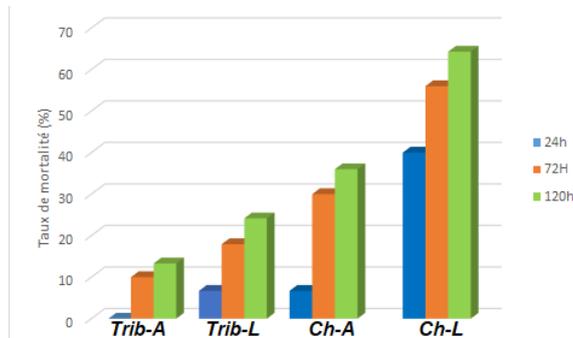


Figure 14. Pourcentage de mortalité corrigée des insectes de *T. confusum*, et *S. oryzae* après 24h, 72h et 120h d'exposition à un mélange d'huile essentielle d'*O. vulgare*.et *C. cassia* à la concentration de 512µl/l air ($m \pm SEM$, n=3 répétitions comportant chacune 10 larves). Trib-A (Tribolium Adult), Trib-L (Tribolium Larve), Ch-A (Charonçon Adulte), Ch-L (Charonçon Larve)

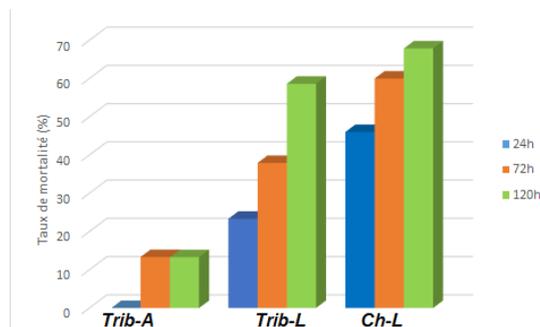


Figure 15. Pourcentage de mortalité corrigée des insectes de *T. confusum*, et *S. oryzae* après 24h, 72h et 120h d'exposition à un mélange d'huile essentielle d'*O. vulgare*.et *C. cassia* à la concentration de 1024µl/l air ($m \pm SEM$, n=3 répétitions comportant chacune 10 larves). Trib-A (Tribolium Adult), Trib-L (Tribolium Larve), Ch-L (Charonçon Larve)

Discussion



4. Discussion

La lutte biologique est considérée comme la solution adéquate contre les ravageurs des denrées stockés (NCIBI, 2020). L'utilisation de composés naturels (bio pesticides) comme une option prometteuse est une meilleure alternative aux pesticides synthétiques permettant un contrôle plus sûr des populations de ravageurs (CAMPOS *et al.*, 2016). Dans ce contexte, l'utilisation des huiles essentielles des plantes aromatiques dans la protection des cultures devient importante en raison de leur sécurité, de leur efficacité et de leur propriétés écologiques (PRIYA *et al.*, 2016; JAYAKUMAR *et al.*, 2017; EBRAHIMIFAR *et al.*, 2020). Par ailleurs, certains travaux visent à utiliser les variétés sauvages pour la mise en place de certaines méthodes de lutttes non polluantes pour protéger les denrées stockées car chaque plante est dotée d'un arsenal de composés défensifs généraux dont le rôle est d'assurer la protection des graines des denrées stockées. (KARBACHE, 2009)

L'objectif de ce présent travail consiste à mettre en évidence et à évaluer l'activité insecticide (adulticide et larvicide) d'un mélange d'huiles essentielles de deux espèces végétales *Origanum vulgare* plante indigène originaire de la wilaya de Médéa et *Cinnammum cassia* achetée chez un herboriste, originaire de la Chine sur un ravageur secondaire, *Tribolium confusum* et un ravageurs primaire, *Sitophilus oryzae* des denrées stockées.

Dans notre étude, l'extraction des huiles essentielles des deux plante (*O. vulgare* et *C. cassia*) a été réalisée par méthode d'hydro distillation.

L'Huile essentielle obtenu de la partie aérienne d'*O.vulgare* a donné un rendement de 3%. Une différence entre les rendements d'extractions, de l'espèce étudiée, a été observée dans d'autres régions et pays. Le rendement en huile essentielle de la plante *O. vulgare* originaire de Sétif est de 3,8% (SAHRAOUI & SAADI, 2020). Le rendement en huile essentielle de la sous espèce d'*O.vulgare glandulosus* originaire de la région de Nechmaya wilaya de Guelma et celle de la wilaya de Sétif est estimé à 2.52% (SAHRAOUI *et al.*, 2007 ; BOUHADDOUDA & AOUADI, 2016). Ce rendement est important comparé à celui rapporté par (BERREHAL *et al.*, 2010) indiquant que les parties aériennes d'*O. Glandulosum* récolté en période de floraison dans la région de Jijel et de Constantine, ont une teneur en huiles essentielles de 2.0%. Même constatation quant aux résultats de (SEMRA *et al.*, 2013) avec un rendement en huile essentielle de 2.2% de la même espèce récoltée dans la région de



Zighoud Youcef (wilaya de Constantine) en période de floraison. Cependant un rendement plus élevé a été rapporté par (BENDAHOU *et al.*, 2008) sur cette même espèce récoltée dans la région de Tlemcen, le résultat était estimé à 4.8%. Dans les autres pays des rendements estimés à 1,15% (Maroc) (DERWICH *et al.*, 2010), entre 0,1-0,7% (Tunisie). (MECHERGUI *et al.*, 2010)

L'hydro distillation de notre deuxième plante *C.cassia* a donné un rendement faible en huile essentielle 0.34%. Cette valeur est très loin de celle obtenue par (LI *et al.*, 2013) comprise entre 0,72 à 3,08% et reste relativement inférieurs à ceux obtenue par (BENGHENIMA, 2017) (1.18%), (KASKATEPE *et al.*, 2016) (1,5%), et aussi (BOUNGAB, 2014) (1.5%).

Les travaux de (DJEBAILI ,2013) ont signalé des différences dans le rendement en huile essentielle selon la partie de la plante ou l'organe qui a subi l'extraction car ils ont noté un rendement de 1,66% dans les feuilles, 1,07 % dans les fruits, et 0,45% dans la plante entière. (GUENTHER, 1972) a confirmé que la quantité et la qualité des huiles diffèrent selon les parties de la plante examinées. Les variations de rendement, peut donc s'expliquer par différents facteurs : d'origine intrinsèque, liés au bagage génétique de la plante ou extrinsèque, liés aux conditions de la croissance et du développement de la plante (BOUGUERRA, 2012). D'autres facteurs peuvent également influencer ce rendement : l'espèce, la période de récolte, les pratiques culturales, la technique d'extraction, la température et l'état physiopathologique de la plante.

(SVOBODA & HAMPSON, 1999; SMALLFIELD, 2001; TCHOUMBOUGNANG *et al.*, 2005)

Par ailleurs, plusieurs études ont montré que le rendement des huiles essentielles est faible au niveau des parties végétales fraîches. Ceci pourrait être expliqué par la grande proportion d'eau présente. Néanmoins, ce rendement est optimisé pour les parties végétales qui ont été préalablement séchées pendant 7 jours. Au-delà de cette période, ils ont obtenu un rendement significativement inférieur. Ce déclin est probablement lié à l'évaporation des composés volatils lors d'un séchage prolongé. (BENDIMERAD *et al.*, 2005)

L'activité insecticide des huiles essentielles dépend de leurs compositions chimiques et les interactions entre les différents composants majeurs et mineurs (ABAGLI & ALAVO,



2011; GNANKINE & BASSOLE, 2017). (BEN ABDELKADER, 2012) a montré que l'efficacité insecticide d'une huile essentielle est due à la nature et à la structure chimique de ses constituants terpéniques. Cette activité peut être attribuée aux effets synergiques de ses principaux composants. (WU *et al.*, 2015)

Les études de (BELYAGOUBI, 2005) d'huile essentielle d'*Origanum vulgare* ont identifiés à 99.9% de ses composés par chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG/SM). Les principaux constituants de l'huile essentielle d'Origan sont : thymol, carvacrol, linalol, bornéol, pinène, caryollène, résine, flavonoïdes, stérol ... ; et le pourcentage des constituants majoritaires sont : la carvacrol (41,1 %), le thymol (26,4 %), le p-Cyméné (9,7 %). L'importante bio-activité d'huile essentielle de l'origan est en relation avec sa teneur élevée en carvacrol et en thymol. En effet, les huiles essentielles riches en dérivés phénoliques (carvacrol et thymol) possèdent une forte activité insecticide (AMARTI *et al.*, 2011). En effet, plusieurs auteurs (KINTZIOSN, 2002 ; CARNEIRO DE BARROS *et al.*, 2008 ; LEITE DE SOUZA *et al.*, 2009), ont montré que l'activité insecticide est due à la présence dans l'huile essentielle de ces composés phénoliques (carvacrol et ou thymol).

La composition de l'huile essentielle de cannelle varie considérablement selon l'espèce mais également selon les conditions de culture, l'âge du cannelier et le mode de préparation de l'écorce. Jusqu'à 63 composés d'arômes y ont été identifiés. Le cinnamaldéhyde, composé d'impact de l'arôme cannelle, représente de 45 à 95 % des huiles essentielles de *C. cassia*. Il est principalement associé au caryophyllène, à l'alcool cinnamique, à l'eugénol, au bornéol, au linalol, au thymol, au 1,8-cinéol (eucalyptol), au safrol, au benzaldéhyde, à l'hydroxycinnamaldéhyde, au salicylaldéhyde et à l'acétate de cinnamyle. (VERNON & RICHARD, 1976)

Les huiles essentielles sont riches en monoterpènes et cause la mort des insectes par inhibition de l'activité de l'acétylcholinestérase au niveau du système nerveux. (HOUGHTON *et al.*, 2006)

(GUO *et al.*, 2009) ont constaté que les monoterpénoïde, le terpinène-4-ol, ont un fort pouvoir inhibiteur de l'activité de Na⁺, K⁺ et l'ATPase.

Selon (ITRIPMAI, 2013), les huiles essentielles interagissent avec les récepteurs d'odeurs des insectes, déclenchant des comportements variés: fuite, attraction, oviposition, etc.



D'autres chercheurs rapportent que les mécanismes d'action des huiles essentielles sont d'ordre physiologique ou physique. Les huiles essentielles ont des effets anti- appétant, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes. (TIRAKMET, 2015)

Le taux de pénétration à travers la cuticule, le transport dans les tissus de l'organisme, le métabolisme (BESARD *et al.*, 2011) mais aussi la régulation des récepteurs membranaires ou encore les canaux ioniques ciblés par les insecticides peuvent jouer un rôle crucial pour expliquer les différences de sensibilité des insectes aux pesticides. (LAVIALLE-DEFAIX *et al.*, 2010)

D'après (HAMRAOUI *et al.*, 1997), les niveaux de toxicité des composés sont très variables: les cinnamaldéhydes sont peu actifs sur *Ceratitis capitata*, *Tribolium confusum*, *Sitophilus oryzae* et sont très toxiques sur *Rhopalosiphum padi*. Le carvacrol et l'eugénol sont plus toxiques pour *C. capitata* que pour *T.confusum*.

Cependant dans notre étude, le mélange d'huiles essentielles d'*Origanum vulgare* et de *Cinammomum cassia* a une faible activité toxique sur les adultes de *Tribolium confusum*. Une mortalité nulle a été enregistrée à des concentrations élevées après les premières 24h. L'efficacité du traitement a commencé après 72h et 120h d'exposition à la concentration la plus élevée (1024µl/l air) pour un taux de mortalité de 27%.

Par contre chez les larves du *Tribolium confusum*, le taux de mortalité augmente progressivement pour marquer plus de 50% de mortalité après 120h d'exposition à la concentration la plus élevée (1024µl/l air).

L'application du même mélange d'huiles essentielles sur *S.oryzae* n'a donné aucun effet significatif chez les adultes. Cependant chez les larves de la même espèce, un taux de mortalités estimée à plus de 46% à la concentration la plus élevée (1024µl/l air).

Des études similaires sur l'activité insecticide, plus au moins faible, de différentes huiles essentielles et leurs composants sur *T.confusum* et *S.oryzae* sont décrites dans un certains nombres de publications.

Les travaux de (KHANI & AL. ,2017) ont montré la toxicité des huiles de *Juniperus polycarpus* et de *J.sabina* contre *T. confusum*, avec des CL50 de 368,4 et 301,9 µl/l air respectivement. La toxicité de l'huile essentielle de *C.sinensis* a été déterminée avec une



CL50 de 259 $\mu\text{l/l}$ air chez *T. confusum* (TANDOROST & KARIMPOUR, 2012). (RUSSO *et al.*, 2015) ont testé l'activité insecticide d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* à l'égard de *T. confusum*, et ils ont trouvé que la concentration 1,25 $\mu\text{l/cm}^2$ a éliminé 90% des ravageurs après 30 minutes d'exposition. Des études antérieures ont montré que la toxicité des huiles essentielles par fumigation dépendait du stade de développement de l'insecte.

Des études effectuées sur l'activité insecticide des huiles essentielles extraites d'*Origanum vulgare* sur différents ordres d'insectes ont démontré que la toxicité de l'huile est plus prononcée par fumigation (TUNC *et al.*, 2000; ERLER & TUNC, 2005; ERLER, 2005). Les mêmes auteurs ont déterminé les composants major de ces huiles en carvacrol, thymol, γ -terpinen et terpinen-4-ol comme des agents toxiques.

D'après les recherches faites par (DELETRE & MARTIN, 2014) sur vingt sortes d'huiles essentielles, celui de la cannelle (*Cinnamomum zeylanicum*) était parmi les plus irritants et le plus toxique contre l'Aleurode *Bemisia tabaci* une espèce des lépidoptères.

D'après (DERRADHI-HEFFAF, 2013), les huiles essentielles d'*Artemisia campestris* et *Thymus algeriensis* testé sur *Sitophilus oryzae* ont enregistré des taux de mortalités de 100% au bout de 72h, avec la plus grande dose qui est de 16 μl , alors que l'huile de *Teucrium polium* n'a provoqué aucune mortalité. (SAHAF & SES COLLABORATEURS, 2007) ont constaté une forte activité insecticide de l'huile essentielle de *Carum copticum* (Apiaceae) sur *Sitophilus oryzae* et *Tribolium confusum* (Tenebrionidae) avec un taux de mortalité de 100% à la plus grande concentration qui est de 185,2 $\mu\text{l} / \text{l}$ et pendant 12h d'exposition. Par ailleurs, Selon (NGAMO & HANCE, 2007), une huile essentielle n'exerce pas forcément la même activité aux différents stades du cycle biologique d'un insecte, comme il existe une grande variation dans la sensibilité des espèces d'insectes pour une même huile essentielle.

Selon (BOSTANIAN *et al.*, 2005) les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des insectes et acariens à corps mou, ils sont moins efficaces avec des insectes à carapace dure tels que les coléoptères et hyménoptères adultes, ce qui pourrait expliquer dans notre travail la sensibilité des larves par rapport aux adultes de la même espèce.

Les mélanges d'huiles essentielles en synergie augmentent les bienfaits des huiles essentielles par rapport à Une indication précise. (GROSJEAN, 2015)

Cependant dans notre étude, l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* mélangé avec ceux de *Cinamomum cassia* a montré d'après les pourcentages de mortalités corrigées une



activité insecticide plus faible sur les larves et les adultes de *Tribolium confusum* et de *sitophilus orizae*.

Des résultats similaires montrent qu'un mélange des huiles essentielles de *Securidaca longepedunculata*, *Ocimum basilicum*, *Lippia multijlora*, *Cymbopogn schoenanthus* et *C. giganteus* n'est plus efficace que lorsqu'elles sont utilisées séparément contre *Calosobruchus macuttlatus* (ABLASSE & RIGOBERT, 2009) ; cependant le mélange formé par les huiles essentielles de *O. Basilicum* et de *C. schoenanthus* montre un effet insecticide plus élevé que chacune des huiles essentielle prise séparément.

Une autre étude antérieure réalisée par (DJERBOUB, 2019) a montré que 40% des souches d'*Escherichia coli* étaient sensibles à l'huile essentielle du citron, 80% étaient extrêmement sensible vis-à-vis de celle de lavande et 53,33% étaient extrêmement sensibles pour le mélange. Cependant, quand à *Staphylococcus aureus*, 100% de souches testées étaient extrêmement sensibles à ces deux huiles essentielles ainsi qu'à leur mélange.

Conclusion et perspectives



5. Conclusion et perspectives

Les insectes *Tribolium confusum* et *Sitophilus oryzae* sont considéré comme des ravageurs communs et redoutables des denrées stockées. La recherche d'une lutte efficace et naturelle nous a conduits à l'étude de l'efficacité des huiles essentielles à propriétés insecticides dans la lutte contre ces ravageurs de céréales stockées en Algérie.

Les deux huiles essentielles utilisées dans notre travail *Origanum vulgare*, plante endémique à l'Algérie et *Cinnamomum cassia*, cannelle de Chine, ont montré leur potentiel insecticide par fumigation contre les adultes et les larves des insectes cités ci-dessus.

Selon plusieurs études antérieures, l'efficacité des huiles essentielles d'*O. vulgare* et de *C. cassia* est certaine sur l'ensemble des insectes ravageurs ciblés mais elle peut être non efficace sur certains insectes devenus résistants quel que soit le stade de vie de l'insecte. Le potentiel insecticide de chaque huile essentielle a été discuté dans ce document.

Cependant, le mélange de ces deux huiles essentielles *O. vulgare* et *C. cassia* (90 :10) a montré une très faible toxicité envers les adultes de *T. confusum* et *S. oryzae*. Des taux de mortalité nul à faible ont été enregistrés après 24h de traitement aux concentrations les plus élevés utilisées dans ce travail.

Après l'application du mélange sur les larves des mêmes espèces, le taux de mortalité augmente progressivement pour marquer plus de 40% de mortalité après 120h d'exposition à la concentration la plus élevée.

Les résultats obtenus sont en accord avec des résultats antérieurs qui confirment la résistance de *T. confusum* et de *S.oryzae* envers plusieurs variétés de plantes aromatiques et avec d'autres résultats qui ont montré que la toxicité des huiles essentielles par fumigation dépend du stade de développement de l'insecte ce qui pourrait expliquer la résistance élevée des adultes par rapport aux larves.

Par ailleurs, les résultats de cette étude montrent qu'un mélange de deux huiles essentielles différentes ne donne pas nécessairement une activité insecticide plus élevée. Parfois un mélange, n'est pas plus efficace que l'huile essentielle la plus active de ce mélange, certaines espèces ne sont plus efficaces que lorsqu'elles sont utilisées séparément.

En perspectives, il serait intéressant de compléter le présent travail en évaluant les activités insecticides de ces deux plantes séparément, leur potentiel reproducteur, leur développement, le dosage enzymatique de détoxification et l'identification des composants antagonistes.

Résumé



Résumé

Afin de rationaliser l'usage des plantes aromatiques pour les appliquer comme bio-insecticides alternatifs aux produits chimiques à risque éco toxicologique, nous nous sommes intéressées dans le présent travail à l'activité insecticide d'un mélange de deux huiles essentielles extraites de la plante Origan, *Origanum vulgare*, endémique à l'Algérie et de l'écorce de la cannelle de chine, *Cinnamomum cassia*, sur les adultes et les larves de deux insectes ravageurs communs des céréales stockées en Algérie, *Tribolium confusum* et *Sitophilus oryzae*. Le test de toxicité de ce mélange d'huiles essentielles a été réalisé par fumigation à différentes concentrations (256, 512, 1024 $\mu\text{l/l}$ air) sur différentes durée d'exposition 24h, 72h et 120h, dans les conditions du laboratoire. Les résultats obtenus montrent un taux de mortalité nul à très faible des adultes de *S. oryzae* et de *T. confusum* à la concentration la plus élevée (1024 $\mu\text{l/l}$ air) dans les premières 24h. Cependant, la fumigation a exercé un effet toxique considérable sur les larves. Un taux enregistré à 24% et à 46% après 24h de traitement. Il atteint plus de 58.62% et 67.86% après 120h d'exposition à la concentration la plus élevée (1024 $\mu\text{l/l}$ air) chez *T.confusum* et *S. oryzae* respectivement. Le potentiel insecticide du mélange d'huile d'*O. vulgare* et de *C. cassia* est considérable après une exposition prolongée à la fumigation. Ces résultats s'ajoutent à ceux obtenus par d'autres auteurs sur l'utilité et l'efficacité des huiles essentielles dans le contrôle des différents ordres d'insectes nuisibles des denrées stockées et s'intègrent dans le programme de lutte contre les nuisibles de culture.

Mots clés: plantes aromatiques, huile essentielles, *origanum vulgare*, *cinnamomum cassia*, test de toxicité, *tribolium confusum*, *sitophilus oryzae*, ravageurs des céréales stockées.



Abstract

In order to rationalize the use of aromatic plants to apply them as alternative bio-insecticides to chemical products with eco-toxicological risk, we are interested in the present work in the insecticidal activity of a contact between two essential oils extracted from the Oregano plant, *Origanum vulgare*, endemic to Algeria, and Chinese cinnamon bark, *Cinnamomum cassia*, on the adults and the larvae of two common insect pests of stored cereals in Algeria, *Tribolium confusum* and *Sitophilus oryzae*. The toxicity test of this mixture of essential oils was carried out by fumigation at different concentrations (256, 512, 1024 $\mu\text{l/l}$ air) over different exposure times 24h, 72h and 120h, in laboratory conditions. The results of obtained show a zero to very low mortality rate of adults of *S. oryzae* and *T. confusum* at the highest concentration (1024 $\mu\text{l/l}$ air) in the prime 24h. However, the fumigation exerted a considerable toxic effect on the larvae. Unregistered between 24% and 46% after 24 hours of treatment. It reaches more than 58.62% and 67.86% after 120h of exposure to the highest concentration (1024 $\mu\text{l/l}$ air) at *T.confusum* and *S. oryzae* respectively. The insecticidal potential of the oil mixture of *O. vulgare* and *C. cassia* are considerable after prolonged exposure to fumigation. These results in addition to those obtained by other authors on the usefulness and effectiveness of essential oils in the control of different orders of insect pests of stored commodities and are integrated into the pest control program of culture.

Key words: aromatic plants, essential oil, *Origanum vulgare*, *Cinnamomum cassia*, toxicity test, *Tribolium confusum*, *Sitophilus oryzae*, stored grain pests.



ملخص

من أجل ترشيد استخدام النباتات العطرية كمبيدات حشرية حيوية بديلة للمنتجات الكيميائية ذات المخاطر السمية البيئية ، فإننا مهتمون بالعمل الحالي في نشاط المبيدات الحشرية لمزيج بين اثنين من الزيوت الأساسية المستخرجة من نبات الأوريغانو، *Origanum vulgare* ، مستوطن في الجزائر ، ولحاء القرفة الصيني ، *Cinnamomum cassia* . على البالغين ويرقات اثنين من الآفات الحشرية الشائعة للحبوب المخزنة في الجزائر، *Sitophilus* و *Tribolium confusum* ، *oryzae* . تم إجراء اختبار السمية لهذا المزيج من الزيوت الأساسية عن طريق التبخير بتركيزات مختلفة (256 ، 512 ، 1024 ميكرو لتر / لتر هواء) على فترات تعرض مختلفة 24 ساعة ، 72 ساعة ، 120 ساعة ، في ظروف مخبرية. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها معدل وفيات من صفر إلى منخفض للغاية للبالغين من *S. oryzae* و *T. confusum* عند أعلى تركيز (1024 ميكرو لتر / لتر هواء) في 24 ساعة. ومع ذلك، كان للتبخير تأثير سام شبه كبير على اليرقات. غير مسجلة بين 24٪ و 46٪ بعد 24 ساعة من العلاج. وصلت إلى أكثر من 58.62٪ و 67.86٪ بعد 120 ساعة من التعرض لأعلى تركيز (1024 ميكرو لتر / لتر هواء) عند *T.confusum* و *S. oryzae* على التوالي. إمكانات المبيدات الحشرية لخليط الزيت من *O. vulgare* و *C. cassia* كبيرة بعد التعرض الطويل للتبخير. ينتج عن هذا بالإضافة إلى تلك التي حصل عليها مؤلفون آخرون حول فائدة وفعالية الزيوت الأساسية في مكافحة الطليبات المختلفة للآفات الحشرية للسلع المخزنة ويتم دمجها في برنامج الاستزراع لمكافحة الآفات.

الكلمات المفتاحية: نباتات عطرية ، زيت عطري ، *Origanum vulgare* ، *Cinnamomum cassia* ، اختبار السمية ، *Sitophilus oryzae* ، *Tribolium confusum* ، آفات الحبوب المخزنة.

Références bibliographiques



Références bibliographiques

- Abd Rahman, A., Asrarhaghighi, E. and Ab Rahman, S. (2015), "Consumers and Halal cosmetic products: knowledge, religiosity, attitude and intention", Journal of Islamic Marketing, Vol. 6 No. 1, pp. 148-163.
- Abdel-Latif, A. M., & Al-Moaiel, N. H. (2004). Some biochemical effects of natural mint oil on some species of stored grain pests. Mansoura Journal of Agricultural Sciences. 9(9).
- Aissaoui, A. B., El Amrani, A., Zantar, S., & Toukour, L. (2018). Activité acaricide des huiles essentielles du Mentha pulegium, Origanum compactum et Thymus capitatus sur l'acarien phytophage Tetranychus Urticae Koch (Acari: Tetranychidae). European Scientific Journal January. 14(3) : 119-124.
- anthelminthiques de la Haute-Guinée (République de Guinée) Revue Med. Pharm. Afr., 13, 49-64.
- Balachowsky, A. S., & Mesnil, L. (1935). Les insectes nuisibles aux plantes cultivées : leurs mœurs, leur destruction. 1ère édition. Paris : Etablissement Busson, 1722-1724p.
- Beenackers, A. T., Bloemen, R. E. B., De Vlieger, T. A., Van der Horst, D. J., & Van
- Bell, J.M. (2011, January 18). My 10 favorite relationship books .
- Bendimerad R. (2005). Effets d'un biopesticide, l'azadirachtine, sur un modèle de référence, Drosophila melanogaster (Diptera) : Toxicité, Développement et Digestion. Thèse de Doctorat en Sciences biologique. Biologie Animale, Université Larbi Tébéssi, Tébéssa. 101p.
- Benoît, H. P., Mc Cauley, E., & Post, J. R. (1998). Testing the demographic consequences of cannibalism in Tribolium confusum. Ecology. 79(2839-2851.
- Bernfeld, P. (1955). Amylases, alpha and beta. Methods in Enzymology. I : 149-158.
- Bett, P. K., Deng, A. L., Ogendo, J. O., Kariuki, S. T., Kamatenesi-Mugisha, M., Mihale, J. M., & Torto, B. (2016). Chemical composition of Cupressus lusitanica and Eucalyptus salignaleaf essential oils and bioactivity against major insectpests of stored food grains. Industrial Crops and Products. 82 : 51-62.
-



- Bostanian NJ, Larocque N, Chouinard G and Coderre D, Baseline toxicity of several pesticides to *Hyaliodes vitripennis* (Say) (Hemiptera: Miridae). *Pest Manag Sci* 57: 1007– 1010 (2001).
- Camaroti et al., 2018 J.R.S.L. Camaroti, W.A. Almeida, B.R. Belmonte, A.P.S. Oliveira, T.A. Lima, M.R.A. Ferreira, P.M.G. Paiva, L.A. Soares, E.V. Pontual, T.H. Napoleão *Sitophilus zeamais* adults have survival and nutrition affected by *Schinus terebinthifolius* leaf extract and its lectin (SteLL) *Indust. Crops Prod.*, 116 (2018), pp. 81-89.
- Chehat, . (2007). A study of the larvicidal activity of *Origanum* (Labiatae) species from southwest Turkey. *Journal of Vector Ecology*, 31(1): 118-122.
- Cherfi, N., & Gassi, N., 2020 Effets insecticides des extraits de *Globularia alypum* et de *Retama sphaerocarpa* sur deux ravageurs des denrées stockées *Tribolium confisum* et *Ephestia kuehniella*. Master en physiologie animale, université de Bouira. 85p.
- Choi, W. S., Park, B. S., Ku, S. K., & Lee, S. E. (2002). Repellent activities of essential oils and monoterpenes against *Culex pipiens pallens*. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 18(4) : 348-351.
- Cohen, A., Nugegoda, D., & Gagnon, M. M. (2001). Metabolic responses of fish following exposure to two different oil spill remediation techniques. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 48(3) : 306-310.
- Degryse, A. C., Delpla, I., & Voinier, M. A. (2008). Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. Rapport de stage en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur du génie sanitaire. Atelier Santé et Environnement -IGS-EHESP. 9p.
- Delobel, A., & Tran, M. (1993). Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes (Vol. 32). IRD Editions. Paris. 275, 424p.
- Denholm, I & Devine, G J 2013, Insecticide Resistance . in S A Levin (ed.) , *Encyclopedia of Biodiversity* . 2 edn , Academic Press , Waltham, MA , pp. 298-307 .
- DJERBOUB, I. (2019). Extraction et caractérisation de l'huile essentielle de l'*Eucalyptus*.



- Djermoun, A. (2009). La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Nature & Technology*. (1) : 45.
- Feillet, . (2000). Acetyl cholinesterase inhibition in estuarine fish and invertebrates as an indicator of organophosphorus insecticide exposure and, effects. *Environ Toxicol Chem* 20, 37-45.
- Frías, J., Fornal, J., Ring, S. G., & Vidal-Valverde, C. (2007). Effect of germination on physico-chemical properties of lentil starch and its components. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie-Food Science and Technology*, 31, 228–236.
- Globulus : Application comme insecticide. Master en Génie des Procédés. Génie Chimique.
- GOETZ,& GUEDIRA, (2012). Efficacy of Azadirachta indica leaf extract on the biochemical estimation of a lepidopteran pest Pericalliaricini (Lepidoptera: Arctiidae). *World Applied Sciences Journal*. 35(2) : 177-181
- Grosjean, F. (2015). The bilingual individual. *Interpreting: International Journal of Research and Practice in Interpreting*, 2, 163–87.
- Guo A., Bonneton F., 2009. The beetle by the name of Tribolium Typology and etymology of
- Hagstrum, D. W. and B. Subramanyam, 2016. *Stored-product insect resources*. AACC International Inc., St. Paul, MN.
- Hamraoui R., Amri H., Bouayad N., Ghailani N., Ennabili A. et Sayah F., 1997. Insecticidal effects of extracts of seven plant species on larval development, a-amylase activity and offspring production of Tribolium confusum (Herbst) (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae) *Bioresource Technology*, 99, 959–964.
- Hoppe, R., Breer, H., and Strotman, J. 2003. Organization and evolutionary relatedness of OR37 olfactory receptor genes in mouse and human. *Genomics* 82: 355–364.
- Isman M.B., 1998. Neem and related Natural Products, in *Biopesticides. Use and Delivery* (Franklin R. H. Et 1.1. Menn), Eds.Humana Press, Totowa, New Jersey, 139-154.



- Isman M.B., 2000. Plant essential oils for pest diseases management. *Crop Protection*,
- Karbache 2009., Etude ethnopharmaologique traditionnelle de quelques plantes médicinales
- Keely, L.L. (1985). Physiology and biochemistry of fat body, pp. 211-248. In Kerkut, G. A., & Gilbert, L. I: *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology* (Vol. 9). Oxford: Pergamon.
- Keskin. S, Ozkaya.H. 2015. Effect of storage and insect infestation on the technological properties of wheat. *CYTA - J Food*. 13(1):134–139.
- KOH, B. A. (1998). The biochemistry of the insect fat body. In *insect physiology* Academic Press. 1 : 111-174.
- Lee, B. H., Annis, P. C., & Choi, W. S. (2004). Fumigant toxicity of essential oils from the Myrtaceae family and 1, 8-cineole against 3 major stored-grain insects. *Journal of Stored Products Research*. 40(5) : 553-564.
- Lepesme, P. (1944). Coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Paul Le chevalier éditeur, Paris, 336 p., 12 p.
- Lepiger, A.L. (1966). La Désinsectisation des stocks de céréales Ed. Offinter prof des céréales paris. 406 p.
- Marrewijk, W. J. A. (1985b). Insect adipokinetic hormones. *Peptides*. 6 : 437-444.
- Mate, S. S., Amr, E. M., & Salem, N. Y. (2014). Effect of some plant oils on biologicalphysiological and biochemical aspects of *Spodoptera littoralis* (Boisd.). *Research Agriculture and Biological Sciences*. 5(1) : 103-107.
- Nation, J.L. (2008). *Insect physiology and biochemistry*, 2nd edition. CRC Press, London, UK. 560 p.
- Ngamo LST, Hance B, Jirovetz L, Adjoudji O, Nukenine E, Mukala EO, 2007. Protection of stored maize against *Sitophilus zeamais* (Motsch) by the use of essential oil of spice from Cameroon. *Med. Fac. Land-bouw. Univ. Gent*, 66/2a, 19-39.



- Nguyen, T. T. A. (2008). Étude des réponses des insectes aux stress environnementaux par une approche protéomique. Thèse de doctorat. Université Laval Québec. 174P.
- Oboh, G., Ademosun, A. O., Olumuyiwa, T. A., Olasehinde, T. A., Ademiluyi, A. O., & Adeyemo, A. C. (2017). Insecticidal activity of essential oil from orange peels (*Citrus sinensis*) against *Tribolium confusum*, *Callosobruchus maculatus* and *Sitophilus oryzae* and its inhibitory effects on acetylcholinesterase and Na⁺/K⁺-ATPase activities. *Phytoparasitica*. 45(4) : 501- 508.
- PAULIAN , T., & Frank. (1988). The fecundity and development of the flour beetles, *Tribolium confusum* and *Tribolium castaneum*, at three constant temperatures. *Ecology*. 29(3) : 368-374.
- Regnault-Roger C., Philogene A. et Vincent H., 2008. Biopesticides d'origine végétale, 2ème édition, Lavoisier, 576 p.
- Roger C., Regnault Philogene A. et Vincent H., 2008. Biopesticides d'origine végétale, 2ème édition, Lavoisier, 576 p.
- ROGER, C. A., & Schimleck, L. R. (2002). Development of near infrared reflectance analysis calibrations for estimating genetic parameters for cellulose content in *Eucalyptus globulus*. *Canadian Journal of Forest Research*. 32(1) : 170-176.
- Roger. D., 2002. Les coléoptères carabidés et ténébrionidés : écologie et biologie. Ed.Lavoisier, Paris. 154p.
- Rosentrater, K. A., and Evers, A. D. (2018). "Feed and industrial uses for cereals," in: Kent's Technology of Cereals, Fifth Edition, K. A. Rosentrater, A. D. Evers (eds.), Woodhead Publishing, Cambridge, UK, pp. 785-837.
- Roya, K., & Jalal, J.S. (2013). Toxicity, development and physiological effect of *Thymus*
- Scotti, G. (1978). Les insectes et les acariens des céréales stockées. (ed.); Institut Technique des Cereales et des Fourrages, Paris (France); Association Française de Normalisation, Parisla-Défense (France).
- Steffan, J. (1978). Les insectes et les acariens des céréales stockées. 1ère édition. Paris : ITCF Afnor, 237p.



- Steffan, J. (1978). Les insectes et les acariens des céréales stockées. 1ère édition. Paris : ITCF Afnor, 237p
- Tendorodt, A. K., Prajaoati, V., Khanuja, S. P. & Karimpour, S. 2012. Effect of d-Limonene on three stored-product beetles. *Journal of Economic Entomology*, 96: 990-995.
- THOMSON. (1966). Text book of clinical chemistry, CA Burtis, ER Ashwood. WB Saunders. 652 : 1431.
- Tirakmet, S. (2015). Étude comparative entre l'activité insecticide des huiles essentielles extraites à partir de deux espèces de la famille des Astéracées récoltées dans la région de Makouda et l'activité insecticide d'un pesticide organique de synthèse sur le ravageur secondaire du blé tendre stocké *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidea) (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri). 76p.
- Tomlin, B. 2003. Supply chain design: Capacity, flexibility and wholesale price strategies. Ph. D. thesis, Sloan School of Management, MIT, Cambridge, MA.
- *Tribolium confusum* Herbst, 1797. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 38, 377–379.
- *vulgaris* and *Lavandula angustifolia* essential oils on *Xanthogaleruca luteola* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of King Saud University-Science*. 25(4) : 349-355.
- Wu, R. S., & Lam, P. K. (2015). Glucose-6-phosphate dehydrogenase and lactate dehydrogenase in the green-lipped mussel (*Perna viridis*): possible biomarkers for hypoxia in the marine environment. *Water Research*. 31(11) : 2797-2801.
- Zemouche, A., Derabla, Ch., (2016) Etude de l'activité antibactérienne des extraits alcooliques d'ail (*Allium sativum*) et de cannelle (*Cinnamomum zeylanicum*) université guelma 75p .
- Zerrougui, N., & Boukhatem, A. (2021). Activité adulticide et larvicide de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* sur un ravageur secondaire des denrées stockées, *Tribolium confusum*. Master en Ecophysiologie Animale. Université Larbi Tébessa-Tébessa. 55p.



- Zohry, N. M. H. (2007). Scanning Electron Morphological Studies of *Tribolium confusum* Jacquelin Du Val (Coleopteran:Tenebrionidae). *The Journal of Basic and Applied Zoology*. 78(6) : 13.