

EVALUATION DES PROPRIETES LARVICIDES DES HUILES ESSENTIELLES EXTRAITES DE CINQ PLANTES AROMATIQUES D'ALGERIE: ESSAI SUR LA MITE *TINEOLA BISSELLIELLA* (LEPIDOPTERA: TINEIDAE)

Zoheir Bouchikhi-Tani^{1*}, Mohamed Anouar Khelil¹, Mourad Bendahou²

¹ Laboratoire de valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique. Département d'écologie et environnement, Faculté SNVTU, Université Abou Bekr Belkaid - Rocade 2 B.P 119 Tlemcen, Algérie.

² Laboratoire de biochimie appliquée, Faculté SNVTU, Université Abou Bekr Belkaid - Rocade 2 B.P 119 Tlemcen, Algérie.

bou_zoheir@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Bouchikhi-Tani, Zouheir. Anouar Khelil, Mohamed. Bendahou, Mourad. 2018. Evaluation des propriétés larvicide des huiles essentielles extraites de cinq plantes aromatiques d'Algérie : essai sur la mite *Tineola bisselliella* (Lepidoptera: Tineidae). Journal Scientifique Libanaise, 19(2): 187-199.

Les huiles essentielles extraites par hydrodistillation de cinq plantes aromatiques d'Ouest Algérien – Ammoïdes verticillata (Apiacées), Origanum glandulosum (Lamiacées), Thymus capitatus (Lamiacées), Rosmarinus officinalis (Lamiacées), et Artemisia herba-alba (Asteracées), ont été testées à différentes doses sur les larves de Tineola bisselliella, dans les conditions de laboratoire (Température de 26°C et humidité relative de 75 %). Ces huiles présentent une activité larvicide importante.

Les huiles essentielles extraites d'Artemisia herba-alba, Rosmarinus officinalis, Origanum glandulosum sont les plus toxiques avec des DL₅₀ de 5,92µL/50,24cm², 6,66µL/50,24cm², et 7,16µL/50,24cm² respectivement, Ammoïdes verticillata présente une toxicité un peu variable avec une DL₅₀ = 7,95µL/50,24cm², alors que l'huile essentielle de Thymus capitatus est la moins toxique sur les larves de T. bisselliella avec une DL₅₀ de 9,81µL/50,24cm².

L'analyse de la composition chimique montre la richesse de ces huiles essentielles en composés connus pour leurs propriétés insecticides comme l' α -pinène, β -pinène, p-cymène, carvacrol, camphre, γ -terpinène, et 1,8-cineole, ce qui explique les résultats obtenus.

Mot-clés: *Tineola bisselliella*, lutte biologique, huiles essentielles, biopesticide, CPG/SM.

ABSTRACT

Bouchikhi-Tani, Zouheir. Anouar Khelil, Mohamed. Bendahou, Mourad. 2018. Evaluation of the larvicidal effect of the essential oils extracted from five aromatic plants of Algeria: test on the mite *Tineola bisselliella* (Lepidoptera: Tineidae). Lebanese Science Journal, 19(2): 187-199.

*The essential oils extracted by hydrodistillation from five aromatic plants from Algerian West – *Ammoïdes verticillata* (Apiaceae), *Origanum glandulosum* (Lamiaceae), *Thymus capitatus* (Lamiaceae), *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae), *Artemisia herba-alba* (Asteraceae), were tested with various amounts on the larvae of *Tineola bisselliella*, under the conditions of laboratory (Temperature of 26°C and with a relative humidity of 75 %). These oils caused a significant larvicidal activity. The essential oils extracted from *Artemisia herba-alba*, *Rosmarinus officinalis*, *Origanum glandulosum* are most toxic with LD₅₀ of 5,92 μ L/50,24cm², 6,66 μ L/50,24cm², and 7,16 μ L/50,24cm² respectively, *Ammoïdes verticillata* present a little variable toxicity with LD₅₀ = 7,95 μ L/50,24cm², whereas the essential oil of *Thymus capitatus* is the least toxic on the larvae of *T. bisselliella* with one LD₅₀ de 9,81 μ L/50,24cm².*

The analysis of the chemical composition shows the richness of five essential oils in compounds known for their insecticidal properties like α -pinène, β -pinène, p-cymène, carvacrol, camphre, γ -terpinène, and 1,8-cineole, what explains the results obtained.

Keywords: *Tineola bisselliella*, biological fight, essential oils, bio-pesticide, CPG/SM.

INTRODUCTION

La mite (ou teigne) des vêtements, *Tineola bisselliella*, est un insecte holométabole de l'ordre des lépidoptères et de la famille des Tineidae. Les mites des vêtements appartiennent aux insectes kérotophages, c'est-à-dire qu'elles sont capables de digérer la kératine qui est la protéine de constitution que l'on trouve dans le cuir, les cheveux, les poils, la laine, les fourrures, les plumes,...etc. Dans la nature, ces insectes sont utiles puisque ce sont des bio-décomposeurs. En effet, ils ont un rôle important dans la décomposition des cadavres d'animaux, mais dès que les mites s'introduisent dans les maisons elles deviennent nuisibles, causant des dommages aux vêtements, ameublement et autres articles fabriqués à partir de matières d'origine animale, dans les musées, des

objets de collections historiques faits de plumes, de poils, de fourrures et de textiles sont susceptibles d'être ravagés par les mites.

Tineola bisselliella a été un sérieux problème pour des milliers d'années (Cox & Pinniger, 2007), son origine est le sud d'Afrique avant d'être réparti à travers le monde par l'homme (Meyrick, 1927).

Tineola bisselliella est répandue à travers le monde, sa distribution cosmopolite est démontrée par les comptes rendus publiés de nombreux pays différents, dont les États-Unis (Griswold, 1944 ; Ebeling, 1975), en Europe (Hinton, 1956 ; Petersen, 1969 ; Lindroth *et al.*, 1973 ; Parker, 1988), la Russie (Zagulyaev, 1960), l'Égypte (El-Sawaf *et al.*, 1967), le Zimbabwe (Gozmany & Vari, 1973), le Canada (Monteith, 1973; Sinha and Watters, 1985), en Asie du Sud-Est (Kawamoto, 1975), la Nouvelle-Zélande (Cox, 1986), l'Australie (Robinson & Nielsen, 1993), et la Thaïlande (Aranyanak, 1993).

Les méthodes de lutte contre cette mite utilisées jusqu'à ces dernières années pour traiter les objets infectés étaient des méthodes dérivées du domaine agro-alimentaire qui consistaient en des fumigations avec du bromure de méthyle. Ces méthodes sont très efficaces mais malheureusement les insecticides chimiques peuvent induire une résistance chez les ravageurs, avoir un impact négatif sur l'environnement, et perte de la biodiversité (Ngamo & Hance, 2007 ; Regnault-Roger *et al.*, 2008).

Les recherches à l'heure actuelle s'orientent vers les plantes aromatiques contenant des huiles essentielles qui agissent comme des biopesticides, l'activité insecticide des huiles essentielles a été démontrée par les travaux de nombreux chercheurs (Tapondjou *et al.*, 2003; Kellouche, 2004; Bouchikhi-Tani *et al.*, 2008; Ndomo *et al.*, 2009; Hedjal-Chebheb, 2014).

C'est dans le but d'améliorer ce dernier mode de lutte que cette étude est réalisée, il s'agit plus précisément de lutter contre les larves de *T. bisselliella* aux moyens d'huiles essentielles extraites de cinq plantes aromatiques d'Ouest Algérien qui n'ont subi aucune évaluation de leur pouvoir larvicide auparavant.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Élevage des insectes

Pour l'élevage de masse de la mite *Tineola bisselliella*, des toisons de lapin sont utilisées comme substrat alimentaire. Ces toisons sont placées dans le fond des bocaux d'élevage en plastique transparent de 20 x 25 cm, l'élevage des insectes se fait dans une étuve réglée à une température de 26°C et une humidité relative de 70%.

Récolte et préparation du matériel végétal

Nous avons utilisé pour nos tests des plantes aromatiques appartenant aux différentes familles botaniques, récoltées de la région de Tlemcen (située à l'Ouest Algérien) (Tableau 1).

Au laboratoire les plantes sont nettoyées et séchées à la température ambiante de 21 à 24 °C pendant dix jours.

Tableau 1. Présentation des plantes aromatiques testées.

Espèce végétale	Famille	Rendement en huiles (%)
<i>Ammoides verticillata</i>	Apiacées	2.58 ± 0.03
<i>Origanum glandulosum</i>	Lamiacées	2.43 ± 0.09
<i>Thymus capitatus</i>	Lamiacées	2.55 ± 0.09
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Lamiacées	0.61 ± 0.03
<i>Artemisia herba-alba</i>	Astéracées	0.55 ± 0.08

Doses et traitements

Dans des boîtes de Pétri de 8 cm de diamètre, nous avons utilisé comme substrat alimentaire des toisons de lapin, Pour chaque essai, 1mL d'une solution acétonique contenant chacune des huiles essentielles à 1, 2, 3, 4, 5 µL/mL d'acétone est ajouté dans les boîtes de Pétri.

Les doses testées sur les larves de *T. bisselliella* sont 1µL/50,24 cm², 2µL/50,24 cm², 3µL/50,24 cm², 4µL/50,24 cm², et 5µL/50,24 cm². Après évaporation du solvant, les boîtes sont infestées par dix larves âgées de 20 jours (stade larvaire L4).

Pour chaque dose et le témoin (toison traitée avec de l'acétone uniquement) les expériences ont été répétées trois fois.

Les comptages des larves mortes sont réalisés après 48 heures d'exposition aux huiles essentielles.

La mortalité observée est exprimée après correction par la formule d'Abbott (Abbott, 1925).

$$Pc = \frac{Po - Pt}{100 - Pt} \times 100$$

Avec Pc : mortalité corrigée en %,

Pt : mortalité observée dans le témoin

Po : mortalité observée dans l'essai.

La dose létale pour 50% de la population d'insectes DL_{50} est calculée par la méthode des probits (Finney, 1971). Les pourcentages de mortalité sont transformés en probits, la régression du logarithme de la dose en fonction des probits des mortalités à l'aide de logiciel MINITAB (version 12) a permis de déterminer la DL_{50} pour chaque huiles essentielles.

Extraction et analyse chimique des huiles essentielles

L'extraction des huiles essentielles est réalisée par hydrodistillation pendant 5 heures.

Les échantillons d'huiles essentielles ont été analysées à l'aide d'un chromatographe de type Perkin Elmer Autosystem GC, équipé de deux détecteurs à ionisation de flamme (FID) permettant la détection des composés, d'un injecteur diviseur et de deux colonnes (60 m x 0,22 mm d.i ; épaisseur du film : 0,25 μ m) respectivement polaire (Rtx-Wax, polyéthylèneglycol) et apolaire (Rtx-1, polydiméthyl-siloxane). Le gaz vecteur est l'hélium (1 ml/min) avec une pression en tête de colonne de 25 psi. La température de l'injecteur est de 250°C et celle du détecteur de 280°C. La programmation de la température consiste en une élévation de 60 à 230°C, à 2°C/min, puis un palier de 45 min à 230°C. L'injection se fait par mode split avec un rapport de division de 1/50. La quantité d'huile injectée est de 0,2 μ L. La quantification a été faite par intégration électronique directe des aires des pics.

Pour la CPG/SM, les analyses ont été réalisées à l'aide d'un chromatographe Perkin Elmer, autosystem XL, doté d'un injecteur automatique et de deux colonnes (60 m x 0,22 mm d.i ; épaisseur du film : 0,25 μ m) polaire (Rtx-Wax) et apolaire (Rtx-1), couplé à un détecteur de masse Perkin Elmer TurboMass. Le gaz vecteur est l'hélium (1 mL/min) avec une pression en tête de colonne de 25 psi. La température de l'injecteur est de 250°C. La programmation de la température consiste en une élévation de 60 à 230°C, à 2°C/min, puis en un palier de 35 min à 230°C. L'injection se fait par mode split avec un rapport de division de 1/80. La quantité d'huile essentielle injectée est de 0,2 μ L. La détection se fait par un analyseur quadripolaire constitué d'un assemblage de quatre électrodes parallèles de section cylindrique. La température de la source est de 150°C. L'appareil fonctionne en impact électronique et la fragmentation est réalisée dans un champ électrique de 70eV. Les spectres de masse obtenus ont été acquis sur la gamme de masse 35-350 Da.

Pour l'identification des constituants des huiles essentielles étudiées, nous avons utilisé:

- la méthode d'identification par indice de Kovats, (1965): les indices de rétention polaires et apolaires sont calculés à partir des temps de rétention d'une série d'alcanes de C_9 à C_{25} .
- les banques de données des spectres de masses : les spectres de masse obtenus sont comparés à ceux des bibliothèques informatisés : NBS 75K, Köning *et al.*,

(2001), NIST (1999), Mc Lafferty et Stauffer, (1994), Adams, (1995), la bibliothèque du laboratoire de Corse et les spectres de masse publiés dans la littérature (Adams, 2001).

Analyse statistique des données

Les résultats sont soumis aux tests de l'analyse de la variance à deux critères de classification, utile pour l'étude de l'action de deux facteurs (Dagnelie, 1975).

Nous avons utilisé ce type d'analyse pour tester l'effet des cinq huiles testées à différentes doses sur la mortalité larvaire de *Tineola bisselliella*.

RÉSULTATS

Rendement en huiles

Les huiles essentielles ont été obtenues par hydrodistillation des échantillons végétaux avec des rendements variant de 0,55% à 2,58% (Tableau 1), *A. verticillata* est légèrement plus riche en huiles essentielles (2,58%) que *T. capitatus* (2,55%), *O. glandulosum* (2,43%), *R. officinalis* (0,61%) et *A. herba-alba* (0,55%).

Activité larvicide des huiles essentielles

Les résultats des tests d'activités larvicides réalisés avec les huiles essentielles indiquent une relation directe des pourcentages de mortalité des larves L4 avec la concentration en huiles essentielles (Fig.1).

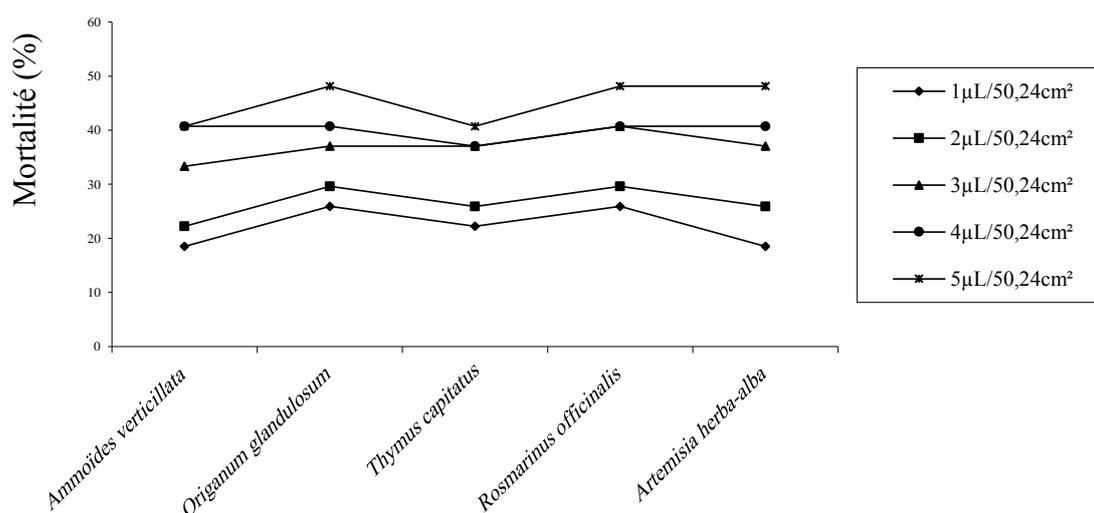


Figure 1. Effet larvicide après deux jours d'exposition aux huiles essentielles.

Selon le facteur plante, l'analyse statistique a montré une différence entre les taux de mortalité larvaire avec $F = 6,58$ pour $P = 0,00$.

Selon le facteur dose en huiles essentielles, il existe également une variation hautement significative entre les taux de mortalité avec $F = 97,12$ pour $P = 5,20 \cdot 10^{-11}$.

Comparaison entre la toxicité des huiles essentielles

La transformation des pourcentages de mortalité après deux jours d'exposition en probits, et la régression de ces données en fonction du logarithme de la dose des huiles essentielles, a permis d'obtenir les équations suivantes (Tableau 2):

Tableau 2. Comparaison de l'efficacité des huiles essentielles.

Espèce végétale	Equation	DL ₅₀
<i>Ammoïdes verticillata</i>	$Y = 4.04210 + 1.06329X$	7.95µL/50.24cm ²
<i>Origanum glandulosum</i>	$Y = 4.30363 + 0.814162X$	7.16µL/50.24cm ²
<i>Thymus capitatus</i>	$Y = 4.20482 + 0.801674X$	9.81µL/50.24cm ²
<i>Rosmarinus officinalis</i>	$Y = 4.31408 + 0.832333X$	6.66µL/50.24cm ²
<i>Artemisia herba-alba</i>	$Y = 4.06474 + 1.21092X$	5.92µL/50.24cm ²

L'effet toxique des cinq huiles essentielles testées est également clairement mis en évidence avec les valeurs des CL₅₀ (Tableau 2), l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* demeure la plus efficace, avec DL₅₀ = 5,92µL/50,24cm².

Composition chimique des huiles essentielles

Tableau 3. Principaux constituants chimiques des cinq huiles essentielles.

Constituants	Pourcentage (%)				
	<i>A. verticillata</i>	<i>O. glandulosum</i>	<i>T. capitatus</i>	<i>R. officinalis</i>	<i>A. herba-alba</i>
α-thujène	0.3	0.7	-	0.2	-
α-pinène	1.0	0.6	-	7.8	0.1
β-pinène	0.1	1.4	-	7.1	0.2
myrcène	0.6	-	1.79	1.5	0.5
p-cymène	15.6	12.5	7.81	-	0.8
limonène	15	2.5	-	-	-
linalol	0.1	1.2	4.16	2.7	-
terpinène-4-ol	0.2	0.4	-	-	0.2
thymol	50.1	55.6	-	-	0.1
carvacrol	8.8	2.7	55.66	-	-
γ-terpinène	6.6	11.2	11.12	0.6	0.2

1,8-cineole	-	-	-	48.8	3.7
camphre	-	-	-	18.3	20.2
β -thujone	-	-	-	-	41.2
camphène	-	-	3.26	-	3.2

- = Composé non identifié.

DISCUSSION

Nos résultats montrent que les huiles essentielles extraites des feuilles des plantes aromatiques testées présentent un effet larvicide sur *Tineola bisselliella*, en effet l'analyse statistique a montré que la toxicité des huiles essentielles varie selon la plante aromatique testée et la dose utilisée. Selon Kim *et al.* (2003) les effets toxiques des huiles essentielles dépendent de l'espèce d'insecte, de la plante et du temps d'exposition.

Dans notre étude l'huile essentielle extraite d'*Artemisia herba-alba* s'est révélée la plus toxique, avec une DL₅₀ de 5,92 μ L/50,24cm². Selon Bouchikhi-Tani *et al.*, (2010) l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* présente une propriété insecticide vis-à-vis des adultes de *T. bisselliella* avec une DL₅₀ de 1,25 μ L/50,24cm². Selon Ngamo & Hance (2007) ; Bouchikhi-Tani, (2011) 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. Sim *et al.* (2006) ont étudié la toxicité de quarante-quatre huiles essentielles extraites des plantes aromatiques sur les larves de la pyrale *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae), leurs résultats montrent que les huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* sont les plus toxiques avec une DL₅₀ de 64,6 mg/litre d'air.

L'efficacité biologique des huiles essentielles de *Laurus nobilis* (Lauracées), *Citrus bergamia* (Rutacées), et *Lavandula hybrida* (Lamiacées) à été démontré par Cosimi *et al.* (2009) sur les adultes des charançons du maïs *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), les charançons du blé *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae), et sur les larves des charançons du riz *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae).

La toxicité des huiles essentielles sur les insectes est induite par l'action de leurs composés majoritaires (Seri-Kouassi *et al.*, 2004). Les composés majoritaires des huiles essentielles ont des efficacités insecticides soit singulière ou lorsqu'elles sont mises ensemble (Ngamo & Hance, 2007). Selon Asawalam *et al.*, (2008), l'action toxique combinée des composants majoritaires d'une huile essentielle est plus remarquable que l'action individuelle de ces composants. Selon Ojimekwe & Adler (1999), α -pinène a révélé un effet insecticide intéressant contre le ténébrion brun de la farine *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae), des effets similaires ont été également notés avec

le α -terpinéol, le cinéole et le limonène (Prates *et al.*, 1998). Selon Ibrahim *et al.* (2001) la toxicité du limonène a été démontrée sur différents insectes ravageurs des conifères *Pissodes strobi* (Coleoptera: Curculionidae), *Diaphania nitidalis* (Lepidoptera: Pyralidae), *Trioza apicalis* (Homoptera: Psyllidae), *Dioryctria zimmermanni* (Lepidoptera: Pyralidae).

Le linalol extrait des huiles essentielles de la plante aromatique *Ocimum canum* (Lamiacées) agit directement sur la longévité des adultes de la bruche tropicale du pois *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae), la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae), le ravageur des céréales *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) et le charançon du riz *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae), avec des DL₅₀ après 48 heures d'exposition de 428 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 405 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 428 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 427 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ respectivement (Weaver *et al.*, 1991). Le thymol et carvacrol présentent une forte activité larvicide sur *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae) avec CL₅₀ de 36 $\text{mg}\cdot 10^{-1}$ et 37,6 $\text{mg}\cdot 10^{-1}$ respectivement (Tchoumboungang *et al.*, 2009).

Les méthodes d'analyse des huiles essentielles ont beaucoup évolué depuis 10 ans et il est maintenant possible d'isoler et d'identifier des composés auparavant inconnus; ceci permet le développement de nouveaux mélanges pouvant avoir un effet additif ou synergique (Chiasson & Beloin, 2007).

L'analyse de l'huile essentielle brute des parties aériennes des plantes aromatiques les plus toxiques, par CPG/SM montre que les composés majoritaires d'*A. herba-alba* sont β -thujone 41,2%, camphre 22,2%, 1,8-cineole 3,7%, les composés majoritaires de *R. officinalis* sont 1,8-cineole 48,8%, le camphre 18,3%, α -pinène 7,8%, β -pinène 7,1%, et les composés majoritaires d'*O. glandulosum* sont le thymol 55,6%, γ -terpinène 11,2%, *p*-cymène 12,5%, carvacrol 2,7%, et limonène 2,5%.

D'après la composition chimique des huiles essentielles les plus toxiques sur les larves de *T. bisselliella*, on remarque la présence des composants majoritaires connus pour leurs propriétés insecticides, ce qui explique les résultats obtenus. Les mécanismes d'action des huiles essentielles sont méconnus et relativement peu d'études ont été réalisées à ce sujet (Isman, 2000). Les travaux récents montrent que les monoterpènes agissent au niveau des récepteurs de l'acétyl-cholinestérase des jonctions neuromusculaires (Ngamo & Hance, 2007). En effet, d'après les travaux de Obeng-Ofori *et al.* (1997), le 1,8-cinéole au contact avec les insectes agit en bloquant la synthèse de l'hormone juvénile, il inhibe l'acétyl-cholinestérase en occupant le site hydrophobique de cet enzyme qui est très actif. En général, les huiles essentielles sont de nos jours connues comme des neurotoxines (Ngamo & Hance, 2007).

RÉFÉRENCES

Abbott, W.S. 1925. A method for computing effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265-267.

- Adams, R.P. 1995. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy, Allured Publishing Corporation, Carol Stream, Illinois.
- Adams, R.P. 2001. Software library called identification of essential oil. Components by Gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy. Illinois: Allured Publishing.
- Aranyanak, C. 1993. Biodeterioration of cultural materials in Thailand. Pp. 23-33 *In*: Toishi K., Arai H., Kenjo T., Yamano K. (Eds.), Proceedings of the Second International Conference on Biodeterioration of Cultural Property, Yokohama, Japan, 5-8 October 1992.
- Asawalam, E., Emosairue, S., & Hassanali, A. 2008. Contribution of different constituents to the toxicity of the essential oil constituents of *Vernonia amygdalina* (Compositae) and *Xylopia aetiopica* (Annonaceae) on maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *African Journal of Biotechnology*, 7(16): 2957-2962.
- Bostanian, N.J., Akalach M., and Chiasson H. 2005. Effects of a *Chenopodium* based botanical insecticide/acaricide on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae). *Pest Manag. Sci*, 61: 979-984.
- Bouchikhi-Tani, Z., Khelil, M.A., and Hassani, F. 2008. Fight against the bruche bean *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae) and the mite *Tineola bisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) by the essential oils extracted from *Rosmarinus officinalis*. *Biosciences, Biotechnology Research Asia*, 5(2): 651-656.
- Bouchikhi-Tani, Z., Bendahou, M., Khelil M.A. 2010. Lutte contre la bruche *Acanthoscelides obtectus* et la mite *Tineola bisselliella* par les huiles essentielles extraites de deux plantes aromatiques d'Algérie. *Lebanese Science Journal*, 11(1): 55-68.
- Bouchikhi-Tani, Z. 2011. *Lutte contre la bruche du haricot Acanthoscelides obtectus (Coleoptera, Bruchidae) et la mite Tineola bisselliella (Lepidoptera, Tineidae) par des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles*. Thèse de doctorat, Univ. Tlemcen, Algérie, 147 pp.
- Chiasson, H., & Beloin, N. 2007. Les huiles essentielles, des biopesticides « nouveau genre ». *Antennae*, 14(1): 3-6.
- Cosimi, S., Rossi E., Cioni, P.L., and Canale, A. 2009. Bioactivity and qualitative analysis of some essential oils from Mediterranean plants against stored-product pests: Evaluation of repellency against *Sitophilus zeamais* Motschulsky, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) and *Tenebrio molitor* (L.). *Journal of Stored Products Research*, 45: 125–132.
- Cox, P.D. 1986. A survey of stored product Lepidoptera in New Zealand. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 14: 71–76.
- Cox, P.D. and Pinniger, D.B. 2007. Biology, behaviour and environmentally sustainable control of *Tineola bisselliella* (Hummel) (Lepidoptera: Tineidae). *Journal of Stored Products Research*, 43: 2-32.

- Dagnelie, P. 1975. Théories et méthodes statistiques. Les presses agronomiques de Gembloux, Belgique, 2: 245-249.
- Ebeling, W. 1975. Urban Entomology. University of California, Division of Agricultural Science, USA, 695 pp.
- El-Sawaf, S.K., Donia, A.R., Abdel Rahim, W.A., 1967. The effect of different combinations of temperature and humidity on the oviposition behaviour of the clothes moths *Tineola bisselliella* (Lepidoptera: Tineidae). *Alexandria Journal of Agricultural Research*, 15: 307-331.
- Finney, D.J. 1971. Statistical method in biological assay, 2nd edition. London: *Griffin*, 333 pp.
- Gozmany, L.A. and Vari, L. 1973. The Tineidae of the Ethiopian Region. *Memoirs of the Transvaal Museum*, 18: 1-283.
- Griswold, G.H. 1944. Studies on the biology of the webbing clothes moth (*Tineola bisselliella*). *Memoirs of Cornell University Agricultural Experimental Station*, 262: 1-59.
- Hedjal-Chebheb, M. 2014. Identification des principes actifs des huiles essentielles de quelques résineux et plantes aromatiques de provenance Algérienne et tunisienne. Etude de leurs activités biologiques à l'égard d'un insecte ravageur des graines stockées *Callosobruchus maculatus* F. 1775 (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de doctorat, Univ. Tizi-ouzou, Algérie, 81 pp.
- Hinton, H.E. 1956. The larvae of the species of Tineidae of economic importance. *Bulletin of Entomological Research*, 47: 251-346.
- Ibrahim, M.A., Kainulainen, P., Aflatuni, A., Tilikkala, K. and Holopainen, J.K. 2001. Insecticidal, repellent antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: with special reference to limolene dits suitability for control of insect pests. *Agricultural and Food Science in Finland*, 10(3): 243-259.
- Isman, M.B. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Prot*, 19: 603-608.
- Kawamoto, N. 1975. Storage of rice grains and pest control, with special reference to Sri Lanka and India. Pp. 523-536 *In*: Kawamoto, N. (Ed.), *Rice in Asia*. Association of Japanese Agricultural Science Society. University of Tokyo Press, Tokyo, Japan.
- Kim, S., Roh, J., Kim, D., Lee, H., and Ahn, Y. 2003. Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. *Journal of Stored Products Research*, 39: 293-303.
- Köning, W.A., Hochmuth, D.H. and Joulain, D. 2001. Terpenoids and related constituents of essential oils, University of Hambourg, Institute of Organic Chemistry, Hambourg, Germany.
- Kovats, E. 1965. Gas Chromatographic characterisation of organic substances in the retention index system, *Advances in Chromatography*, 229-247.
- Lindroth, C.H., Anderson, H., Bodvarsson, H. and Richter, S.H. 1973. Surtsey, Iceland. The development of a new fauna, 1963-1970. Terrestrial invertebrates. *Entomologica Scandinavia*, 5: 1-280.

- Mc Lafferty, F.W., Stauffer, D.B. 1994. Wiley Registry of Mass Spectra Data, 6th Ed. Mass spectrometry Library Search System Bench-Top/PBM, Version 3.10d. Palisade: Newfield.
- Meyrick, E. 1927. A Revised Handbook of British Lepidoptera. *Watkins and Doncaster*. London, UK. 914 pp.
- Monteith, L.G. 1973. Ontario (Quinte District). Various pests. *Canadian Agriculture Insect Pest Review*, 51: 25–29.
- Ndomo, A.F., Taponjougou, A.L., Tendonkeng, F., Tchouanguép, F.M. 2009. Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae). *Tropicicultura J.*, 27(3): 137-143.
- Ngamo, L. S. T., and Hance, T. 2007. Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical, *Tropicicultura J.*, 25(4): 215-220.
- National Institute of Standards and Technology. 1999. PC version 1.7 of the NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library, Perkin Elmer Corp: Norwalk, CT.
- Obeng-Ofori, D., Reichmuth, C.H., Bekele, J. and Hassanali, A. 1997. Biological activity of 1,8-cineole, a major component of essential oil of *Ocimum kenyense* (Ayobangira) against stored product beetles, *Journal of Applied Entomology*, 121: 237-243.
- Ojimekwe, P.C., and Adler, C. 1999. Potential of Zimtadehyde, 4-allyl-anisol, linalool, terpeneol and other phytochemicals for the control of confused Flour Beetle (*Tribolium confusum* J. D. V.) (Col: Tenebrionidae). *Journal of Pesticides Science*, 72:81-86.
- Parker, T.A. 1988. Lutte intégrée contre les agents de détérioration biologique dans les bibliothèques et les archives. Programme général d'information et UNISIST, Paris, UNESCO, 56 pp.
- Petersen, G. 1969. Beiträge zur insekten-fauna de DDR: Lepidoptera-Tineidae. *Beiträge zur Entomologie*, 19: 311–388.
- Prates, H.T., Santos, J.P., Waquil, J.M., Fabris, J.D., Oliveira, A.B. and Foster, J. 1998. Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzopertha dominica* (F) and *Tribolium castaneum* (H). *J Stored Prod Res*, 34(4): 243-249.
- Regnault-Roger, C., Philogène, B.J.R. and Vincent, C. 2008. Biopesticides d'origine végétale. 2^{ème} Ed, *Lavoisier*, 546 pp.
- Robinson, G.S. and Nielsen, E.S. 1993. Tineid Genera of Australia. Monographs on Australian Lepidoptera Tome 2. CSIRO Publications, Melbourne, Australia, 344 pp.
- Seri-Koussi, B.P., Kanko, C., Aboua, L.R.N., Bekon, K.A., Glitho, A.I., Koukoua, G. et Guessan, Y.T. 2004. Action des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Côte-d'Ivoire sur *Callosobruchus maculatus* F. du niébé. *C. R. Chimie*, 7: 1043-1046.
- Sim, M.J., Choi, D.R. and Ahn, Y.J. 2006. Vapor phase toxicity of plant essential oils to *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of economic entomology*, 99(2): 593-598.

- Sinha, R.N., Watters, F.L. 1985. Insect Pests of Flour Mills, Grain Elevators and Feed Mills and their Control. *Research Branch Agriculture*, Canada, 290 pp.
- Tapondjou, L.A., Adler, C., Bouda, H., et Fontem, D.A. 2003. Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et *Eucalyptus saligna* à l'égard de la bruche du niébé, *Callosobruchus maculatus* Fab (Coleoptera, Bruchidae). *Cahiers d'études et de recherches francophones, Agricultures*, 12(6): 401-407.
- Tchoumboungang, F., Dongmo, P.M.J., Sameza, M. L., Mbanjo, E.G.N., Fotso, G.B.T. et Zollo, P.H.A., Menut, C. 2009. Activité larvicide sur *Anopheles gambiae* Giles et composition chimique des huiles essentielles extraites de quatre plantes cultivées au Cameroun. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 13(1): 77-84.
- Weaver, D.K., Dunkel, F.V., Ntezurubanza, L., Jackson, L.L. and Stock, D.T. 1991. The efficacy of linalool, a major component of freshly-milled *Ocimum canum* Sims (Lamiaceae), for protection against postharvest damage by certain stored product Coleoptera. *J. stored Prod. Res*, 27(4): 213-220.
- Zagulyaev, A.K. 1960. Tineidae. Part 3-subfamily Tineinae. *Fauna SSSR*, 78: 1-267.