

LUTTE CONTRE LA BRUCHE *ACANTHOSCELIDES OBTECTUS* ET LA MITE *TINEOLA BISSELLIELLA* PAR LES HUILES ESSENTIELLES EXTRAITES DE DEUX PLANTES AROMATIQUES D'ALGERIE

Z. Bouchikhi Tani, M. Bendahou¹ et M.A. Khelil

Laboratoire de valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique, Département de biologie et environnement, Faculté des sciences, Université Abou Bekr Belkaid, Rocade 2, B.P. 119, Tlemcen 13000, Algérie

¹ Laboratoire de biochimie appliquée, Faculté des sciences, Université Abou Bekr Belkaid, Rocade 2, B.P. 119, Tlemcen 13000, Algérie
bou_zoheir@yahoo.fr

(Received 1st October 2009 - Accepted 9 December 2009)

RESUME

Les huiles essentielles extraites par hydrodistillation de deux plantes aromatiques d'Ouest Algérien, *Cymbopogon schoenanthus* (Poacées) et *Artemisia herba-alba* (Lamiacées), ont été testées à différentes doses sur les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera : Bruchidae) et *Tineola bisselliella* (Tineidae : Lépidoptera), à une température de 26°C et à une humidité relative de 75 %. Ces huiles présentent une activité insecticide et entraînent chez les femelles des deux insectes étudiés une réduction très significative de la ponte par rapport à celle dans le témoin.

L'huile essentielle extraite de *Cymbopogon schoenanthus* est la plus toxique avec $DL_{50} = 1,16 \mu\text{L}/30\text{g}$ de graines pour *A. obtectus*, et $DL_{50} = 1,09 \mu\text{L}$ pour *T. bisselliella*, *Artemisia herba-alba* présente une toxicité un peu variable avec $DL_{50} = 1,69 \mu\text{L}/30\text{g}$ de graines pour *A. obtectus* et $DL_{50} = 1,25 \mu\text{L}$ pour *T. bisselliella*.

L'analyse de la composition chimique montre la richesse des deux huiles essentielles en composés connus pour leurs propriétés insecticides comme l' α -pinène et le camphène, ce qui explique les résultats obtenus.

Mots clés: *Acanthoscelides obtectus*, *Tineola bisselliella*, protection phytosanitaire, activité insecticide, CPG/SM

ABSTRACT

The essential oils extracted by hydrodistillation from two aromatic plants from the Algerian West, *Cymbopogon schoenanthus* (Poaceae) and *Artemisia herba-alba* (Lamiaceae), were tested with various amounts on the adults of *Acanthoscelides obtectus* and *Tineola bisselliella*, at a temperature of 26 °C and a relative humidity of 75 %. These oils present an insecticidal activity and induce in the females of the two studied insects a very significant reduction of the laying compared with that in the control.

The essential oil extracted from *Cymbopogon schoenanthus* is most toxic with $LD_{50} = 1,16 \mu\text{L}/30\text{g}$ of seeds for *A. obtectus*, and $LD_{50} = 1,09 \mu\text{L}$ for *T. bisselliella*, *Artemisia herba-alba* has a little variable toxicity with $LD_{50} = 1,69 \mu\text{L}/30\text{g}$ of seeds for *A. obtectus* and $LD_{50} = 1,25 \mu\text{L}$ for *T. bisselliella*.

The analysis of the chemical composition shows the richness of two essential oils in compounds known for their insecticidal properties like the α -pinene and Camphene, which explains the results obtained.

Keywords: *Acanthoscelides obtectus*, *Tineola bisselliella*, phytosanitary protection, insecticidal activity, CPG/SM

INTRODUCTION

Acanthoscelides obtectus (Say) est un insecte oligophage, de l'ordre des coléoptères et de la famille des bruchidae, dont le développement post-embryonnaire s'effectue dans les graines des légumineuses (Fabacées). *Phaseolus vulgaris* L. est considéré comme son principal hôte. Les pertes en poids occasionnées dans les stocks peuvent être estimées à plus de 80% après six ou sept mois de stockage (Idi, 1994) et celles-ci sont inconsommables.

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 kératophages, 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.

Les deux insectes nuisibles étudiés, sont répandus à travers le monde, leur distribution cosmopolite est démontrée par les comptes rendus publiés de nombreux pays, dont l'Algérie (Khelil, 1977 ; Bouchikhi Tani *et al.*, 2008), Togo (Ketoh *et al.*, 2002), Cameroun (Taponjou *et al.*, 2002), France (Regnault-Roger & Hamraoui, 1993), Italie (Francesco *et al.*, 2008), Suisse (Guido *et al.*, 2007), Pologne (Golebiowski *et al.*, 2008), Turquie (Irfan *et al.*, 2005), Brésil (Francislete *et al.*, 2003), Colombie (Schmale *et al.*, 2006), l'Inde (Daizy *et al.*, 2008), Tanzanie (Ursula *et al.*, 2009), Venezuela (Johnson & Siemens, 1995), Japon (Kenji & Toshiyuki, 1970) concernant la bruche du haricot, l'Australie (Robinson & Nielsen, 1993), Canada (Sinha & Watters, 1985), Égypte (El-Sawaf *et al.*, 1967), Europe (Hinton, 1956 ; Petersen, 1969 ; Lindroth *et al.*, 1973), Nouvelle-Zélande (Cox, 1986), Russie (Zagulyaev, 1960), Sud Est d'Asie (Kawamoto, 1975), Thaïlande (Aranyanak, 1993), et USA (Griswold, 1944) concernant la mite des vêtements.

Pour contrôler les deux insectes la lutte chimique à l'aide de fumigants (bromure de méthyle et phosphore d'hydrogène) est la plus couramment utilisée dans les pays développés. Cette méthode est très efficace mais nuisible pour l'environnement. La recommandation de l'OMS (1995) en faveur de l'élimination des fumigants classiques en 2005 dans les pays développés et en 2015 au plus tard dans les pays en voie de développement (Ketoh *et al.*,

2004), ouvre la voie à la recherche de nouveaux produits à faible répercussion écologique. Les recherches à l'heure actuelle s'orientent vers les plantes aromatiques contenant des huiles essentielles qui agissent comme des fumigants naturels. L'efficacité des huiles essentielles a été démontrée par les travaux de nombreux chercheurs Taponjoui *et al.* (2003), Kellouche (2005), Bouchikhi Tani *et al.* (2008).

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 *A. obtectus* et *T. bisselliella* aux moyens d'huiles essentielles extraites de deux plantes aromatiques d'Ouest Algérien qui n'ont subi aucune évaluation de leurs pouvoirs insecticides auparavant.

MATERIELS ET METHODES

Elevage des insectes

La bruche du haricot et la mite des vêtements sont donc des insectes particulièrement faciles à élever en laboratoire

L'élevage de masse de la bruche *A. obtectus* a été réalisé dans des bocaux en verre (15,5x8 cm). Dans chaque bocal 500 g des graines de haricot de la variété blanche provenant d'un entrepôt de stockage de la région de Tlemcen, ont été utilisées comme substrat alimentaire.

Concernant l'élevage de la mite *T. bisselliella* des toisons de moutons sont utilisées comme substrat alimentaire. Ces supports sont placés dans le fond des bocaux d'élevage en plastique transparent (20x25 cm).

Les élevages des deux insectes ont été placés dans une étuve réglée à une température de 26°C et une humidité relative de 75%.

Récolte et préparation du matériel végétal

Les feuilles d'*Artemisia herba-alba* ont été récoltées en Mars 2007, dans la région de Méchria (179 km au sud de Tlemcen), et les feuilles de *Cymbopogon schoenanthus* en juin 2006 dans la région de Aïn Sefra (environ 250 km au sud de Tlemcen). L'identification des deux espèces a été faite au laboratoire d'écologie végétale de Tlemcen où deux échantillons de chaque espèce sont déposés. Après récolte, les plantes sont nettoyées et séchées au laboratoire à la température ambiante de 24 à 26 °C pendant dix jours.

Doses et traitements

Concernant la bruche, 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 à 30g de graines contenus dans une boîte de Pétri en plastique, puis l'ensemble est convenablement mélangé. Toutes les boîtes sont infestées par cinq couples d'*A. obtectus* (âgés de 0 à 48h). Les essais sont répétés 3 fois pour chaque dose et le témoin (graines de haricot traitées avec l'acétone uniquement).

Concernant la mite dans des boîtes de Pétri on a utilisé comme substrat alimentaire les toisons de lapin. Pour chaque essai, 1mL d'une solution acétonique contenant chacune des huiles essentielles à 1, 2, 3, 4, 5 $\mu\text{L}/\text{mL}$ d'acétone est ajouté dans les boîtes de Pétri. Après évaporation du solvant toutes les boîtes sont infestées par cinq couples de *T. bisselliella* (âgés de 0 à 48h). Pour chaque dose et le témoin (toison traitée avec de l'acétone uniquement) les expériences ont été répétées trois fois.

Les comptages des bruches et mites mortes sont réalisés chaque 24 heures pendant une période de six jours, les mortalités observées sont exprimées 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), pour la comparaison de la toxicité des huiles essentielles testées. 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 huile essentielle à tester.

La fécondité est définie comme étant le nombre d'œufs pondus par femelle. Pour tester l'effet des huiles sur la fécondité des deux insectes testées, on dénombre les œufs pondus par les femelles d'*A. obtectus* et *T. bisselliella* en les comparant au témoin (trois répétitions sont réalisées).

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 analysés 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 μm) respectivement polaire (Rtx-Wax, polyéthylène glycol) 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 μL . 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 μm) 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' H.E

injectée est de 0,2µL. 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, on a 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'alcane de C₉ à C₂₅.
- les banques de données des spectres de masses : les spectres de masse obtenus sont comparés à ceux des bibliothèques informatisées : 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).

Ce type d'analyse a été utilisé pour tester l'effet de la dose et la durée d'exposition des huiles essentielles sur le taux de mortalité des deux insectes, ainsi que l'étude de l'effet de ces huiles essentielles à différentes doses sur la fécondité des bruches et mites.

L'étude statistique est réalisée sur le logiciel Microsoft Office Excel 2003.

RESULTATS

Effet des huiles essentielles sur la mortalité des insectes

Le taux de mortalité chez les adultes d'*A. obtectus* et *T. bisselliella* a nettement augmenté en utilisant les huiles essentielles extraites des plantes aromatiques testées par rapport au témoin.

Selon le facteur dose en huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus*, il existe une variation hautement significative entre les taux de mortalité avec $F = 46,38$ pour $P = 7,47 \cdot 10^{-12}$.

Selon le facteur durée d'exposition, l'analyse statistique a montré une différence entre les taux de mortalité des bruches avec $F = 5,42$ pour $P = 0,00$.

Selon les doses en huiles essentielles, les analyses de variance révèlent une différence très significative avec $F = 29,96$ pour $P = 3,42 \cdot 10^{-8}$.

Selon le facteur durée d'exposition, il existe également une variation avec $F = 10,63$ pour $P = 4,29 \cdot 10^{-5}$.

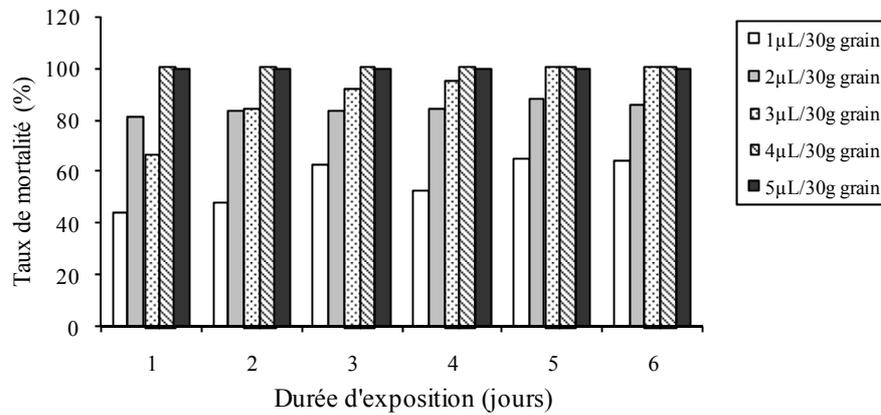


Figure 1. Evolution de la mortalité des adultes d'*A. obtectus* en fonction du temps et des doses d'huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus*.

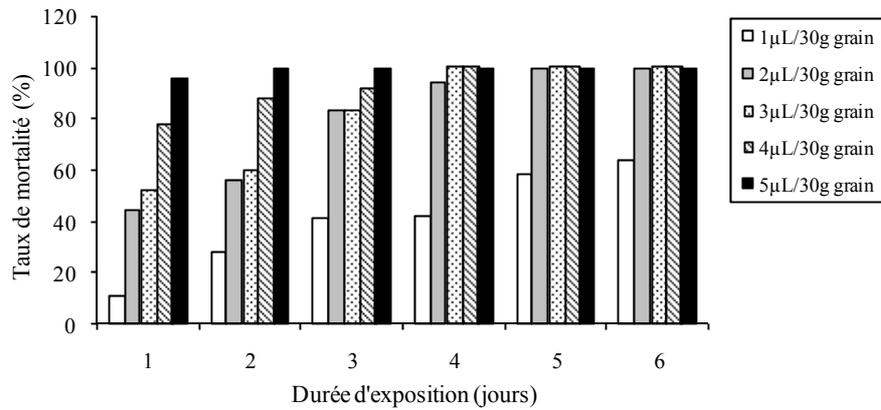


Figure 2. Evolution de la mortalité des adultes d'*A. obtectus* en fonction du temps et des doses d'huiles essentielles d'*Artemisia herba-alba*.

Donc il existe une variation concernant le taux de mortalité des bruches qui dépend de la dose utilisée et la durée d'exposition des huiles essentielles de *A. herba-alba*.

Selon le facteur dose en huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus*, il existe une variation significative entre les taux de mortalité avec $F = 5,87$ pour $P = 0,00$.

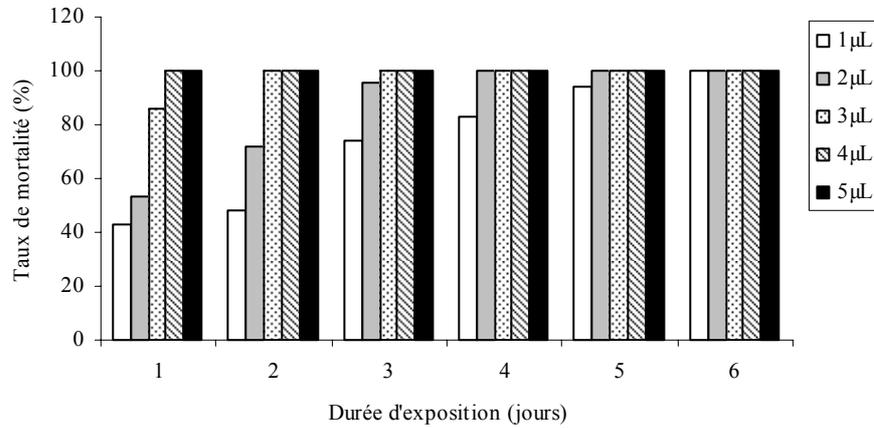


Figure 3. Evolution de la mortalité des adultes de *T. bisselliella* en fonction du temps et des doses d'huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus*.

Selon la durée d'exposition, l'analyse statistique a montré une différence entre les taux de mortalité des mites avec $F = 3,63$ pour $P = 0,01$.

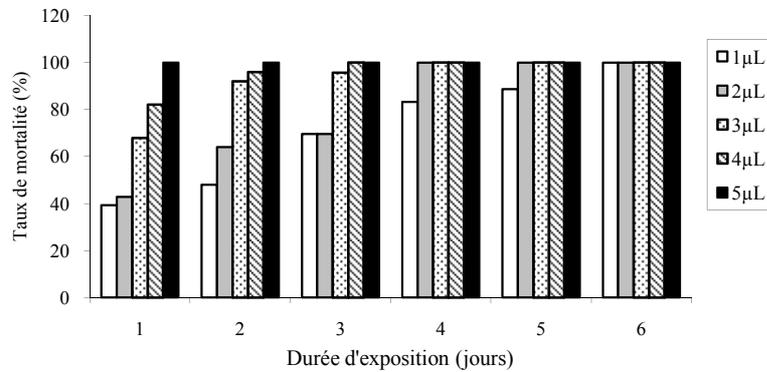


Figure 4. Evolution de la mortalité des adultes de *T. bisselliella* en fonction du temps et des doses d'huiles essentielles d'*Artemisia herba-alba*.

Selon les doses en huiles essentielles extraites de d'*Artemisia herba-alba*, il y a une différence significative avec $F = 6,69$ pour $P = 0,00$.

Selon la durée d'exposition, il existe également une variation significative avec $F=6,48$ pour $P = 0,00$.

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:

Sur *A. obtectus*

$$Y = 4,65835 x + 4,68599 \text{ (R}^2 = 83,5\%) \text{ } Cymbopogon \text{ schoenanthus.}$$

$$Y = 4,37708 x + 3,99689 \text{ (R}^2 = 72,6\%) \text{ } Artemisia \text{ herba-alba.}$$

Les DL₅₀ déterminées à partir de ces équations étaient de 1,16µL/30g de graines pour *Cymbopogon schoenanthus* et 1,69µL/30g de graines pour l'huile essentielle des feuilles d'*Artemisia herba-alba*.

Sur *T. bisselliella*

$$Y = 4,78357 + 5,23683 x \text{ (R}^2 = 85,3 \%) \text{ } Cymbopogon \text{ schoenanthus.}$$

$$Y = 4,58342 + 4,15924 x \text{ (R}^2 = 85,9 \%) \text{ } Artemisia \text{ herba-alba.}$$

Les DL₅₀ déterminées étaient de 1,09 µL pour *Cymbopogon schoenanthus* et 1,25 µL pour celle d'*Artemisia herba-alba*.

Effet des huiles essentielles sur la fécondité des insectes

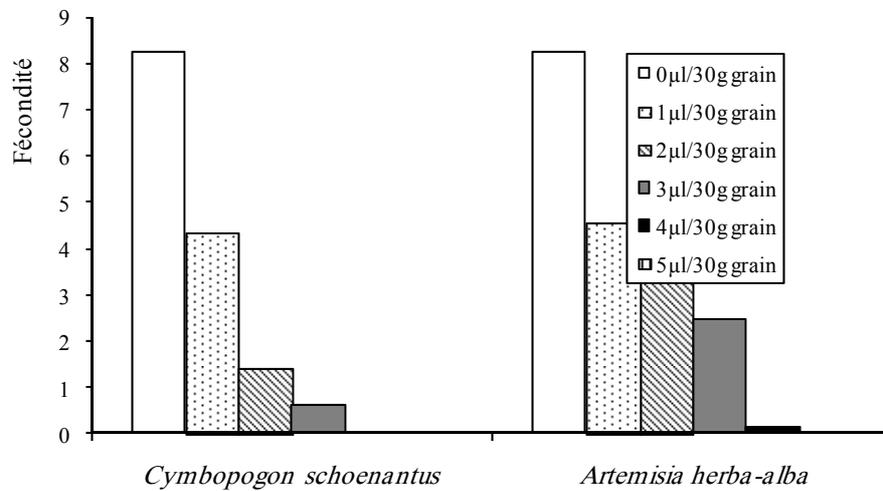


Figure 5. Fécondité des bruches en présence des huiles essentielles.

Concernant le facteur dose en huiles essentielles, l'étude statistique confirme une variation hautement significative entre les moyennes de fécondité avec $F = 33,14$ pour $P=0,00$.

Concernant le facteur plante, la différence n'est pas significative entre les moyennes avec $F=3,02$ pour $P=0,14$.

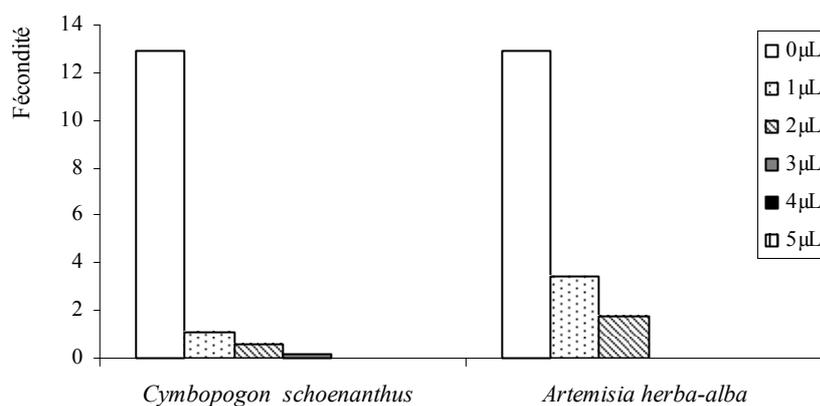


Figure 6. Fécondité des mites en présence des huiles essentielles.

Concernant le facteur dose en huiles essentielles, l'étude statistique confirme une variation hautement significative entre les moyennes de fécondité avec $F=98,73$ pour $P=5,40.10^{-5}$.

Concernant le facteur plante, il n'y a pas une différence significative entre les moyennes avec $F=1,92$ pour $P=0,22$.

Composition chimique des huiles essentielles

TABLEAU 1

Principaux Constituants Chimiques des Huiles Essentielles de *C. schoenanthus*

| Constituants | % |
|--------------------------------|-------------|
| cis-p-menth-2-en-1-ol | 18,6 |
| trans-p-menth-2-en-1-ol | 9,5 |
| élémol | 7,4 |
| cis-pipéritel | 7,2 |
| limonène | 7,0 |
| p-cymène | 5,9 |
| γ-terpinène | 5,1 |
| trans-pipéritel | 4,9 |
| α-eudesmol | 3,7 |
| γ-eudesmol | 3,1 |
| α-pinène | 0,4 |

TABLEAU 2

Principaux Constituants Chimiques des Huiles Essentielles d'*Artemisia herba-alba*

| Constituants | % |
|-----------------------------------|-------------|
| thymol | 41,2 |
| β-thujone | 41,2 |
| camphre | 22,2 |
| 1,8 cinéol | 3,7 |
| camphène | 3,2 |
| ρ -cymène | 0,8 |
| α -terpinéol | 0,4 |
| α -terpinène | 0,3 |
| γ -terpinène | 0,2 |
| β -pinène | 0,2 |
| α -pinène | 0,1 |

L'examen du Tableau 1, montre que l'huile essentielle brute de *C. schoenanthus* est caractérisée par la prédominance de composés monoterpéniques. Les composés majoritaires sont le cis-p-menth-2-en-1-ol (18,6%), trans-p-menth-2-en-1-ol (9,5%), élémol (7,4%), cis-pipéritol (7,2%), limonène (7,0%), ρ -cymène (5,9%), γ -terpinène (5,1%), trans-pipéritol (4,9%), α -eudesmol (3,7%) et γ -eudesmol (3,1%).

L'analyse de l'huile essentielle brute des parties aériennes de *A. herba-alba* (consignée dans le Tableau 2) par CPG/SM, a permis d'identifier les composés majoritaires de l'huile qui sont : β -thujone (41,2%), camphre (22,2%), 1,8 cinéol (3,7%), et camphène (3,2%). C'est donc une huile à chémotype β -thujone. En effet, d'après Benjilali (1986) et Boutedjiret *et al.* (1994), il existe plusieurs chémotypes d'huiles essentielles d'armoise blanche: camphène, cinéol 1,8, chrysanthénone, α et β -thujone, camphre et parfois l'acétate de chrysanthényl et la davanone.

DISCUSSION

Les plantes aromatiques sont réputées pour leurs richesses en composés phénoliques, et une corrélation existe entre la sécrétion de flavonoïdes et la production d'huiles essentielles (Wollenweber, 1988).

D'après les résultats obtenus, on constate que les huiles essentielles extraites de *Cymbopogon schoenanthus* et *Artemisia herba-alba*, présentent des propriétés insecticides qui d'une part exercent un effet létal sur les adultes et d'autre part manifestent une inhibition de la reproduction : diminution de la fécondité.

Les résultats obtenus concernant la toxicité des huiles essentielles, montrent qu'ils ont un effet insecticide qui varie selon la dose utilisée et la durée d'exposition. Les produits toxiques aux insectes adultes sont ceux qui provoquent une forte mortalité dans la population à faible concentration (Ketoh *et al.*, 2004). Il s'agit dans ces conditions de l'huile extraite de *C. schoenanthus*. L'activité adulticide de cette huile est due à la présence de la pipéritone. Ce

composant a montré, après séparation et purification, une activité insecticide très élevée sur la bruche *Callosobruchus maculatus* (Ketoh *et al.*, 2004). Les trois huiles essentielles étudiées contiennent des composants connus pour leurs propriétés insecticides, c'est le cas de l' α -pinène, β -pinène, le camphène, limonène et γ -terpinène. Selon Ojmelukwe et Adler (1999), α -pinène a révélé un effet insecticide intéressant contre *Tribulium confusum*, et des effets similaires ont été également notés avec le α -terpinéol, le cinéol et le limonène (Prates *et al.*, 1998). Les huiles essentielles extraites de *Rosmarinus officinalis* ont montré également une toxicité à l'égard d'*A. obtectus* avec $DL_{50} = 0,59\mu\text{L}/30\text{g}$ de graines et *T. bisselliella* avec $DL_{50} = 1,28 \mu\text{L}$ après 48h d'exposition (Bouchikhi Tani *et al.*, 2008).

L'effet insecticide des huiles, s'accompagne d'une diminution du nombre d'œufs pondus par femelle et la fécondité des deux insectes change selon la dose utilisée en huiles essentielles. Cependant, elle ne change pas significativement selon la plante utilisée. On remarque que *C. schoenanthus* inhibe complètement la fécondité d'*A. obtectus* à partir de la dose $4\mu\text{L}/30\text{g}$ graines, et *Artemisia herba-alba* inhibe complètement la fécondité de *T. bisselliella* à partir de la dose $3 \mu\text{L}$. Regnault-Roger & Hamraoui (1997) montrent que les huiles essentielles extraites de différentes plantes aromatiques ne provoquent pas toutes une inhibition de la fécondité d'*A. obtectus* : le citron est sans aucun effet et les activités des huiles essentielles du céleri et de l'aneth ne sont pas significatives à faible dose. Par contre, les huiles essentielles du *Rosmarinus officinalis* et *Thymus vulgaris* inhibent totalement la fécondité, l'huile essentielle extraite de *Rosmarinus officinalis* inhibe la fécondité d'*A. obtectus* et *T. bisselliella* et à une dose de $5\mu\text{L}/30\text{g}$ de graines (Bouchikhi Tani *et al.*, 2008). Selon Kellouche & Soltani (2004), sur les graines de pois chiche, les poudres des feuilles de quatre plantes riches en huiles essentielles (le figuier, l'olivier, le citronnier et l'eucalyptus) réduisent la fécondité des femelles de *Callosobruchus maculatus*, alors que les huiles essentielles extraites du girofle inhibent complètement la ponte.

On constate que les différences observées concernant l'efficacité entre les deux plantes testées vis-à-vis d'*A. obtectus* et *T. bisselliella* résultent des différences de concentration en composés majoritaires.

CONCLUSION

L'efficacité des huiles essentielles extraites des plantes aromatiques de cette région contre la bruche *A. obtectus* et la mite *T. bisselliella* a été montrée. En effet, elles influent sur la population d'insectes ravageurs par une double action : une toxicité exercée sur les adultes ainsi qu'une diminution de la fécondité.

L'utilisation des huiles essentielles aptes à contrôler les insectes nuisibles dans les pays en voie de développement pourrait constituer une approche alternative complémentaire aux traitements insecticides classiques. Des expériences complémentaires sont nécessaires pour préciser la nature du (ou des) composé(s) responsable(s) de cette activité, pour optimiser les doses efficaces, car il est bien connu que les composants isolés et purifiés agissent à faibles doses.

Malgré les résultats obtenus certes encourageants, l'efficacité de ces différentes huiles essentielles reste encore à démontrer en situations réelles (dans les entrepôts de stockage concernant la bruche et en maisons et les musées pour la mite).

RÉFÉRENCES

- Abbott, W.S. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal Ecological 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*. Allured Publishing, Illinois.
- Aranyanak, C. 1993. Biodeterioration of cultural materials in Thailand, In: K. Toishi, H. Arai, T. Kenjo, K. Yamano, *Proceedings of the Second International Conference on Biodeterioration of Cultural Property*, Yokohama, Japan, pp: 23–33.
- Benjlali, B. 1986. *Etude de trois plantes aromatiques et médicinales du Maroc: armoises, thym et origans. Chimie de leurs huiles essentielles, chimiotaxonomie et propriétés antimicrobiennes*. Doctorat ès-Sciences Agronomiques IAV Hassan II, Rabat, Maroc.
- Bouchikhi Tani, Z., Khelil, M.A. and Hassani, F. 2008. Fight against the bruchid beetle *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.
- Boutedjiret, C., Benhabilles, N.H. et Belabbes, R. 1994. Etude comparative de la composition de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* et *Rosmarinus de Tournefortii* d'Algérie. 13ème Journées Internationales des Huiles Essentielles, Dignes-les Bains, France. *Rivista Italiana EPPOS*, numero speciale, 95(6): 281-283.
- Cox, P.D. 1986. A survey of stored product Lepidoptera in New Zealand. *Journal of Experimental Agriculture*, 14: 71–76.
- Dagnelie, P. 1975. Théories et méthodes statistiques. *Les presses agronomiques de Gembloux*, 2: 245-249.
- Daizy, R.B., Harminder, P.S., Ravinder, K.K., Shalinder, K. 2008. Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecology and Management*, (256): 2166–2174.
- 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). *Journal of Agricultural Research*, 15: 307–331.
- Finney, D.J. 1971. *Statistical method in biological assay*. 2nd edition, London, Griffin, 333p.
- Francesco, N., Federico, V., Franco, F. 2008. Semiochemicals affecting the host-related behaviour of the dry bean beetle *Acanthoscelides obtectus* (Say). *Journal of Stored Products Research*, (44): 108–114.
- Francislete, R.M., Márcia, O.M., Octávio, L.F., Daniel, J.R., Luciane, V.M., Aline, M.G., Márcio, C.S., Steve, G., Maria, F., 2003. Use of phage display to select novel cystatins specific for *Acanthoscelides obtectus* cysteine proteinases. *Biochimica et Biophysica Acta*, (1651): 146– 152.
- Golebiowski, M., Maliński, E., Nawrot, J., Stepnowski, P. 2008. Identification and characterization of surface lipid components of the dried-bean beetle *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, (44): 386- 388.
- Griswold, G.H. 1944. *Studies on the biology of the webbing clothes moth (Tineola bisselliella)*. Memoirs of Cornell University Agricultural Experimental Station 262, pp. 1- 59.

- Guido, V., Anja, S.R., César, C., Silvia, D. 2007. The inhibitory effect of the natural seed storage protein arcelin on the development of *Acanthoscelides obtectus*. *Journal of Stored Products Research*, (43): 550–557.
- Hinton, H.E. 1956. The larvae of the species of Tineidae of economy importance. *Bulletin of Entomological Research*, 47: 251–346.
- Idi, A. 1994. *Suivi de l'évolution des populations de bruches et de leurs parasitoïdes dans les systèmes de stockage traditionnel de niébé au Niger*. Thèse Doc. Univ., Niamez, pp. 100.
- Irfan, A., Turgut, K., Ahmet, C.G., Gülaçti, T. 2005. Toxicity of acetone extract of *Sideritis trojana* and 7-epicandiciol, 7-epicandiciol diacetate and 18- acetylsideroxol against stored pests *Acanthoscelides obtectus* (Say), *Sitophilus granarius* (L.) and *Ephestia kuehniella* (Zell.). *Industrial Crops and Products*, (23): 171–176.
- Johnson, C.D. and Siemens, D.H. 1995. New host records from Ecuador and Venezuela for the genus *Acanthoscelides* (Coleoptera: Bruchidae). *J. Stored Prod. Res.*, 3(31): 261-269.
- Kawamoto, N. 1975. Storage of rice grains and pest control, with special reference to Sri Lanka and India. In: Kawamoto, N. (Ed.), *Rice in Asia, Association Japanese Agricultural Science Society*, University of Tokyo Press, Tokyo, Japan, pp. 523–536.
- Kellouche, A. and Soltani, N. 2004. Activité biologique des poudres de cinq plantes de l'huile essentielle d'une d'entre elles sur *Callosobruchus maculatus* (F.). *International Journal of Tropical Insect Science*, 24 (1): 184–191.
- Kellouche, A. 2005. *Etude de la bruche du pois-chiche, Callosobruchus maculatus (Coleoptera : bruchidae) : biologie, physiologie, reproduction et lutte*. Thèse doc. d'état., Univ. Tizi-Ouzou, Algérie, 154p.
- Kenji, U. and Toshiyuki, K. 1970. Studies on the comparative ecology of bean weevils V. Distribution of eggs and larvae of *Acanthoscelides obtectus* in relation to its oviposition and boring behaviour. *Researches on Population Ecology*, 1(12): 35-50.
- Ketoh, G.K., Gliho, I.A. and Huignard, J. 2002. Susceptibility of the bruchid *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and its parasitoid *Dinarmus basalis* (Hymenoptera: Pteromalidae) to three essential oils. *J. Econ. Entomol.*, 95(1): 174-182.
- Ketoh, G.K., Gliho, I.A., Koumaglo, H.K. 2004. Activité insecticide comparée des huiles essentielles de trois espèces du genre *Cymbopogon* genus (Poaceae). *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.*, 18: 21-34.
- Khelil, M.A. 1977. Influence de la chaleur utilisée comme moyen de lutte contre la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera Bruchidae) sur les différents états et stades de développement. Thèse ing. agr., INA, pp. 77.
- Köning, W.A., Hochmuth, D.H. et 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*, Chap. 7, 229-247.
- Lindroth, C.H., Anderson, H., Bodvarsson, H., 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.

- National Institute of Standards and Technology 1999. PC version 1.7 of the NIST/EPA/NIH, Mass Spectral Library, Perkin Elmer Corp, Norwalk, CT.
- Ojimelukwe, P.C., Adler, C. 1999. Potential of zimtadehyde, 4-allyl-anisol, linalool, terpineol and other phytochemicals for the control of confused flour beetle (*Tribolium confusum* J. D. V.) (Col: Tenebrionidae). *J. Pest. Sci.*, 72: 81-86.
- 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., Foster, J. 1998. Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzopertha dominica* (F) and *Tribolium castaneum* (H). *J. Stored Prod. Res.*, 34: 243-249.
- Regnault-Roger, C. and Hamraoui, A. 1993. Efficiency of plants from the south of France used as traditional protectants of *Phaseolus vulgaris* L. against its bruchid *Acanthoscelides obtectus* (Say). *J. Stored Prod. Res.*, 29(3): 259-264.
- Regnault-Roger, C. and Hamraoui, A. 1997. Lutte contre les insectes phytophages par les plantes aromatiques et leurs molécules allélochimiques. *Ed. Acta Bot. Gallica*, 144 (4): 401-412.
- Robinson, G.S., Nielsen, E.S. 1993. *Tineid genera of Australia*. Monographs on Australian Lepidoptera 2. CSIRO Publications, Melbourne, Australia, pp. 1–344.
- Schmale, I., Wäckersb, F.L., Cardona, C., Dorn, S. 2006. Biological control of the bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Col.: Bruchidae), by the native parasitoid *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hym.: Pteromalidae) on small-scale farms in Colombia. *Journal of Stored Products Research*, (42): 31.
- Sinha, R.N., Watters, F.L. 1985. *Insect pests of flour mills, grain elevators and feed mills and their control*. Research Branch Agriculture, Canada, pp. 1- 290.
- Tapondjou, L.A., Adler, C., Bouda, H., Fontem, D.A. 2002. Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. *Journal of Stored Products Research*, (38): 395-4
- Tapondjou, L.A., Adler, C., Bouda, H. and 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 Agricultures*, 12(6): 401-407.
- Ursula, V.P., Juma, S.L., Peter, J.E., Angelika, H. 2009. Effectiveness of products from four locally grown plants for the management of *Acanthoscelides obtectus* (Say) and *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (both Coleoptera: Bruchidae) in stored under laboratory and farm conditions in Northern Tanzania. *Journal of Stored Products Research*, (45): 97–100.
- Wollenweber, E. 1988. Occurrence of flavonoides aglycone in medicinal plant. In: *Plant flavonoids in biology and medicine II. Biochemical, cellular and medicinal properties*. E. Cody, J. B. Meddleton Jr. & A. Beretz (eds), Alan Riss, New York, pp: 45-56.
- Zagulyaev, A.K. 1960. Tineidae. Part 3-subfamily Tineinae. *Fauna SSSR*, 78: 1-267.