

Effets des huiles essentielles d'*Artemisia herba-alba* sur la survie des criquets adultes d'*Euchorthippus albolineatus* (Lucas, 1849)

Assia ZAIM¹, Lahsen EL GHADRAOUI¹ & Abdellah FARAH²

1. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle et Environnement, Route d'Imouzzar B.P. 2202, Fès. e-mail : assiazaim@yahoo.fr, lahelghadraoui@yahoo.fr

2. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Institut National des Plantes Médicinales et Aromatiques, Laboratoire PAMSN, B.P. 159, Taounate. e-mail : hybride_farah@yahoo.fr

Résumé. L'extraction des huiles essentielles d'*Artemisia herba-alba* a été effectuée par hydrodistillation et analysée par CG et CG-MS. Les constituants majoritaires sont le chrysanthène (28,10%), le camphre (26,67%), l' α -thujone (9,26%), l' α -pinène (6,07%) et le β -thujone (5,60%). L'activité acridicide de cette essence végétale a été testée et elle a révélé un effet toxique sur la survie des criquets adultes. Le temps létal 50 (TL50) est de l'ordre de 1,67 j pour les mâles et 1,45 j pour les femelles. Cette toxicité se montre liée à une synergie entre les éléments de la composition chimique de cette essence végétale.

Mots clés : *Artemisia herba-alba*, huiles essentielles, activité antiacridienne.

Effects of *Artemisia herba-alba* essential oils on the survival of adult locusts of *Euchorthippus albolineatus* (Lucas, 1849).

Abstract. The essential oils extracted from *Artemisia herba-alba* by hydrodistillation were analyzed by GC and GC-MS. The main compounds were chrysanthenone (28.10%), camphor (26.67%), α -thujone (9.26%), α -pinene (6.07%) and β -thujone (5.60%). The anti-locust activity of this vegetal oil was tested; it revealed a toxic effect on the survival of the adult locusts. The lethal time (LT50) is about 1.67 days for males and 1.45 days for females. The toxicity of the studied essential oil can be related to a synergy of these constituents.

Key words: *Artemisia herba-alba*, essential oils, anti-locust activity.

INTRODUCTION

Au Maroc, l'agriculture constitue un secteur sur lequel se basent de nombreuses activités économiques et dont la majorité de la population en dépend directement ou indirectement. Elle contribue d'une manière décisive aux grands équilibres macro-économiques et à la balance commerciale du pays. Ce secteur agricole, déjà éprouvé par les conditions climatiques et la succession des sécheresses, doit faire face aux problèmes causés par certains insectes nuisibles et des maladies qui pèsent sur sa stabilité et sa rentabilité. Les criquets ravageurs, en particulier, constituent une menace permanente pour la production agricole et pastorale marocaine. Ainsi, des milliers d'hectares sont traités par an, contre certains acridiens ravageurs, tels que le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forskål, 1775 (Louveaux *et al.* 1996) et le criquet marocain *Dociostaurus maroccanus* Thunberg, 1815 (El Ghadraoui *et al.* 2002).

Pour faire face à ce problème acridien, la lutte chimique est souvent la méthode la plus utilisée. Malheureusement, celle-ci, semble néfaste pour l'homme et pour son environnement (Barnard *et al.* 1997, Salamei *et al.* 2007). En outre, elle présente des effets négatifs sur d'autres insectes représentant une source de fertilisation des sols et d'une importance dans les réseaux trophiques (Thiam 1991). De multiples alternatives ont été proposées ces dernières décennies pour remplacer ces pesticides chimiques, notamment la lutte biologique utilisant des

microorganismes, des ennemis naturels ou autres. Cependant, celles-ci restent d'une utilisation très limitée, et sont encore dans leur phase préliminaire ou en expérimentation.

Actuellement, beaucoup d'espèces végétales ont fait l'objet de nombreuses recherches. Leurs métabolites secondaires ont été formulés en tant que pesticides botaniques pour la protection des végétaux, car ils ne laissent pas de résidus toxiques pour l'homme et son environnement (Duke 1985).

L'Armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) « Chih » fait partie du genre *Artemisia* qui regroupe plus de 450 espèces (McArthur 1979, Jung *et al.* 2007, Yin *et al.* 2008), réparties sur les cinq continents. Celle-ci semble d'un grand intérêt économique au Maroc, qui détient 90% du marché mondial pour l'huile essentielle extraite de la plante (USAID 2005). Cette plante est l'une des espèces qui sont largement utilisées en médecine classique.

Au Maroc, elle est représentée par 19 espèces (Ibn Tattou & Fennane 2008) dont les plus importantes sont : *Artemisia alba* subsp. *chitachensis*, *A. atlantica* var. *maroccana*, *A. flahauti*, *A. mesatlantica*, *A. negrei*, *A. ifranensis*, *A. herba-alba*, *A. arborescens* et *A. absinthium*.

Les infusions de ces espèces ont été utilisées comme analgésique, antiplasmodique, antidiarrhéique ou comme

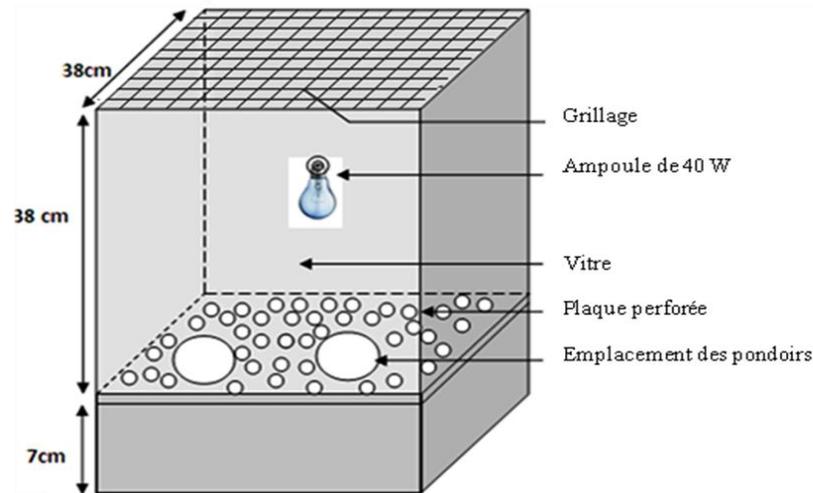


Figure 1. Cage d'élevage massif pour les criquets

agent diurétique (Darias *et al.* 1986, Benjumea *et al.* 2005), tandis que plusieurs extraits et huiles essentielles de ces plantes ont montré des activités biologiques, telles que l'activité antimicrobienne (Setzer *et al.* 2004), antioxydante (El-Massry *et al.* 2002, Kim *et al.* 2003, Kordali *et al.* 2005), anti-inflammatoire (Guardia *et al.* 2003) et insecticide (Negahban *et al.* 2007).

Dans le présent travail, nous nous sommes intéressés à l'espèce *Artemisia herba-alba* collectée dans la région d'Ouarzazate (Sud du Maroc). Nous avons recherché à mettre l'accent sur les potentialités de cette plante en tant que biopesticide pour lutter contre les acridiens ravageurs. Ainsi, nous avons extrait les huiles essentielles de ses feuilles et de ses fleurs et nous avons déterminé leur rendement, la composition chimique ainsi que leur activité antiacridienne.

MATERIEL ET METHODES

Matériel biologique

Les échantillons d'*Artemisia herba-alba* ont été récoltés dans la région d'Ouarzazate par une équipe du Centre de Recherche Forestière de Rabat. Dans ce travail, nous nous sommes intéressés seulement à la partie aérienne.

Les individus utilisés sont des jeunes imagos de l'espèce *Euchorthippus albolineatus*, récoltés dans le site Al Azaghar du Moyen Atlas, qui constitue l'un des foyers grégaires du criquet marocain *Doclostaurus maroccanus* (El Ghadraoui *et al.* 2002). Les criquets ont été maintenus en élevage massif au laboratoire dans des cages vitrées sur les trois faces, recouvertes d'une toile moustiquaire et comportant des portes coulissantes pour faciliter les différentes manipulations (Fig. 1).

L'élevage a été maintenu à une température diurne de 30°C et nocturne de 25°C, à une humidité relative de 70% avec une alternance de 12 h/12 h d'éclairage et d'obscurité.

Les criquets ont été nourris de jeunes pousses de graminées cultivées au laboratoire et de son de blé.

Méthodes d'étude

Extraction des huiles essentielles

L'extraction des huiles essentielles de la partie aérienne de la plante (tiges, feuilles et fleurs) a été effectuée par hydrodistillation dans un appareil de type Clevenger (Clevenger 1928).

Nous avons réalisé trois distillations par ébullition de 200 g de matériel végétal sec. La durée d'extraction est de l'ordre de 3 heures en moyenne. Les rendements obtenus sont exprimés en ml par 100 g de matière sèche.

Ce rendement est calculé par rapport à la matière végétale sèche, exprimé en ml de distillat pour 100 g de matière sèche et donné par l'équation suivante :

$$\text{Rdt}(\%) = \left[\frac{V}{m_s} \times 100 \right] \pm \left[\frac{\Delta V}{m_s} \times 100 \right]$$

Rdt (%) : rendement en huile essentielle ; V : volume d'huile essentielle recueilli ; ΔV : erreur sur la lecture ; m_s : masse végétale sèche.

L'huile essentielle obtenue est déshydratée par le sulfate de sodium anhydre puis stockée à basse température (inférieure à 4°C) et à l'obscurité avant son utilisation.

Analyses chromatographiques

Les analyses ont été effectuées sur un chromatographe en phase gazeuse à régulation électronique de pression de type Hewlett Packard (série HP 6890), équipé d'une colonne capillaire HP-5 (30 m x 0,25 mm) avec une épaisseur du film de 0,25 μm , d'un détecteur FID réglé à 250 °C et alimenté par un mélange de gaz H₂/Air et un

injecteur split-splitless réglé à 250°C. Le mode d'injection est de type split (rapport de fuite : 1/50, débit : 66 ml/min). Le gaz utilisé est l'azote avec un débit de 1,7 ml/min. La température de la colonne est programmée de 50 à 200°C à raison de 4°C/min. L'appareil est piloté par un système informatique de type "HP ChemStation", gérant le fonctionnement de l'appareil et permettant de suivre l'évolution des analyses chromatographiques.

L'identification des constituants a été réalisée en se basant sur leurs indices de Kováts (IK) et sur la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG-SM). Cette dernière est réalisée sur un chromatographe en phase gazeuse de type Hewlett-Packard (série HP 6890) couplé avec un spectromètre de masse (série HP 5973). La fragmentation est effectuée par impact électronique sous un champ de 70eV. La colonne utilisée est une colonne capillaire HP-5MS (30 m × 0,25 mm), l'épaisseur du film est de 0,25 µm. La température de la colonne est programmée de 50 à 250°C à raison de 4°C/min. Le gaz vecteur est l'hélium dont le débit est fixé à 1,5 ml/min. Le mode d'injection est split (rapport de fuite : 1/70 débit 112 ml/min. L'appareil est relié à un système informatique gérant une bibliothèque de spectre de masse NIST 98.

Etude de l'effet acaricide des huiles essentielles

Les imagos de criquets ont été répartis dans des boîtes en plastique de forme carrée et de volume de 1.5 l, tapissées de papier filtre, à raison de 10 individus par boîte. Trois lots sont ainsi constitués avec 30 individus chacun :

- lot d'individus nourris de graminées imprégnées d'eau (témoin 1) ;
- lot d'individus nourris de graminées imbibées d'éthanol à 75% (témoin 2) ;
- lot traité, constitué d'individus nourris de graminées imbibées d'HE additionnée d'éthanol à 75% (1V/9V).

Trois répétitions ont été effectuées pour chacun des lots étudiés. Les mâles et les femelles ont été séparés afin d'étudier le facteur sexe. Nous avons utilisé 90 mâles et 90 femelles, soit au total 180 individus.

Les individus étudiés ont été préalablement mis à jeûne, pendant 24 heures, avant de les nourrir aux régimes alimentaires précités. Des observations comportementales ont été effectuées tout au long de cette expérience. Le nombre de morts est ainsi relevé une fois par jour jusqu'à mortalité totale des individus traités. Les graminées ont été remplacées chaque jour, afin d'éviter toute évaporation de l'huile essentielle, de l'eau et de l'éthanol utilisés.

RESULTATS ET DISCUSSION

Rendement et composition chimique des huiles essentielles (HE)

Le rendement moyen obtenu des huiles essentielles extraites de la plante *Artemisia herba-alba* étudiée est de

l'ordre de 1,2%. Ce taux est relativement supérieur à celui des HE extraites de la même espèce récoltée dans la région de Matmata en Tunisie (0,65%) (Akrouf 2004) et de Biskra (0,95%) (Bezza *et al.* 2010) et de M'sila (1,02%) (Dob & Benabdelkader 2006) en Algérie. Il est sensiblement inférieur à celui de la Jordanie (1,3%) (Hudaiba & Aburjai 2006). Par contre, le taux de rendement de HE de l'espèce *Artemisia herba-alba* varie en fonction de la période de récolte dans la région du Guercif au Maroc ; il est entre 0,56% et 1,23% (Ghanmi *et al.* 2010) ; en Espagne, il varie selon les provenances, de 0,41% à 2,30% (Salido *et al.* 2004). L'identification des constituants des HE a été effectuée en se basant sur la CG et la CG-SM en combinaison avec les IK. Le tableau I montre ces constituants en ordre de leurs éluions.

Cette étude a permis d'identifier 30 constituants (présentant 99,42% de l'huile), dont 9 sont, pour la première fois à notre connaissance, décrits comme constituants d'une huile essentielle d'armoise (astérisque dans le tableau I). En outre, parmi les 300 composés volatiles reportés dans la littérature (Vernin & Merad 1994), environ 280 n'ont pas été détectés dans le présent travail.

Tableau I. Composition chimique de l'HE d'*Artemisia herba-alba* étudiée. IK = Indice de Kováts ; (*) composé reporté pour la première fois dans l'HE d'*A. herba-alba*.

IK	Constituants	Pourcentages
926	tricyclène	0,14
931	α -thujène	0,45
939	α -pinène	6,07
953	camphène	0,16
980	β -pinène	1,09
991	myrcène	0,31
1018	α -terpinène	0,25
1031	limonène	1,17
1062	γ -terpinène	0,21
1102	α -thujone	9,26
1114	β -thujone	5,60
1123	chrysanthène	28,10
1136	cis- β -dihydroterpinéol	0,15
1143	camphre	26,67
1158	trans- β -dihydroterpinéol	1,80
1163	trans- β -terpinéol	3,17
1177	terpin-4-ol	1,39
1189	α -terpinéol	0,24
1205	trans piperitol	0,40
1258	trans myrtanol*	0,56
1271	neo-3-acétate de thujyl*	0,57
1282	α -terpin-7-al	0,46
1315	neo-iso-acétate isopulegol*	0,61
1339	trans-dihydro- α -acétate de terpinyl*	0,42
1373	β -elemène*	3,86
1480	b-germacrène*	3,15
1499	α -munrolène*	1,41
1568	alcool α caryophyllène*	0,25
1574	germacrène D-4-ol*	0,37
1586	davanone	1,13

Les analyses chromatographiques des HE extraites (Tab. I) ont mis en évidence la prédominance des deux monoterpènes oxygénés : le chrysanthène (28,10%) et le camphre (26,67%). Certains monoterpènes sont présents avec des pourcentages relativement importants comme l' α -thujone (9,26%), l' α -pinène (6,07%) et le β -thujone (5,60%). D'autres constituants sont mineurs : tricyclène (0,14%), cis- β -dihydroterpinéol (0,15%) et camphène (0,16%). Des observations similaires ont été faites par Paolini *et al.* (2010) avec 16 échantillons de l'Est Marocain, dont le chrysanthène, le camphre, l' α - et le β -thujone sont des composés majoritaires.

Des résultats relativement différents ont été obtenus par certains auteurs, notamment Benjlali & Richard (1980). Ces derniers, en travaillant sur 48 plantes du Haut et Moyen Atlas ont montré la dominance du camphre (>50%) dans 18 échantillons de la région de Souss. Le camphre et l' α -thujone (30% et 40% respectivement) sont des composés majoritaires dans 18 spécimens de Marrakech. Cependant, le chrysanthène, majeur constituant de notre HE était absent dans l'ensemble des échantillons analysés par ces chercheurs. En outre, Dahmani-Hamzaoui & Baaliouamer (2010) ont mis en exergue le camphre (49,3%) dans les HE du nord du Sahara Algérien. Le chrysanthène (3,2%) demeurant mineur dans ces extraits.

Toutefois, certains éléments chimiques secondaires dans la présente étude ont été décrits par d'autres chercheurs comme composés majoritaires des huiles essentielles d'*A. herba-alba*. C'est le cas de l' α -thujone, principal constituant des HE extraites par Ouyahya *et al.* (1990) et de celles obtenues par Kadri *et al.* (2011) à Bir Elhfy en Tunisie et du davanone souligné par Benjlali *et al.* (1982) et Salido *et al.* (2001).

En outre, sont absents dans nos échantillons le cis-chrysanthényl acétate (25,12%), qui est considéré comme le constituant le plus abondant des HE de Biskra en Algérie (Bezza *et al.* 2010), le pinocarvone (38,8%) de Tataouine en Tunisie et le 1,8-cinéole, l'un des constituants les plus communs des huiles essentielles d'*A. herba-alba*, notamment celles de l'Egypte (El-Sayed & Seida 1990), de l'Algérie (Boutekdjiret *et al.* 1992, Vernin *et al.* 1995, Dahmani-Hamzaoui & Baaliouamer 2010), de la Tunisie (Haouari & Ferchichi 2009, Mighri *et al.* 2010, Kadri *et al.* 2011), etc.

Il semble que l'espèce *A. herba-alba* soit caractérisée par une variabilité intra-spécifique importante dans le profil chimique de ses huiles essentielles. Ainsi, les chimiotypes au chrysanthène-camphre (présent travail), à α -thujone-camphre (Benjlali & Richard 1980), à camphre, à thujone (Benjlali & Richard 1980, Salido *et al.* 2004, Paolini *et al.* 2010), à chrysanthène (Paolini *et al.* 2010), à davanone (Benjlali *et al.* 1982, Salido *et al.* 2004) et au cis-chrysanthényl acétate (Salido *et al.* 2004) sont décrits au Maroc ; ceux à 1,8-cinéole et au cis-chrysanthénol en Egypte ; le chrysanthène (Vernin *et al.* 1995) en Algérie ; le camphre se trouve dans les armoises des quatre pays : Maroc, Égypte, Algérie et Espagne. Les chimiotypes à davanone, au 1,8-cinéole, au chrysanthène, au cis-chrysanthénol et au cis-chrysanthényl acétate sont présents dans d'autres zones méditerranéennes (Salido *et al.* 2004, Hurabielle *et al.* 1981).

La variabilité intra-spécifique existante au sein de l'espèce *A. herba-alba* peut être d'origine géographique, génétique (Karousou *et al.* 2005, El Ajjouri *et al.* 2008), saisonnière (Ghanmi *et al.* 2010) ou même écologique (sol, humidité, etc..).

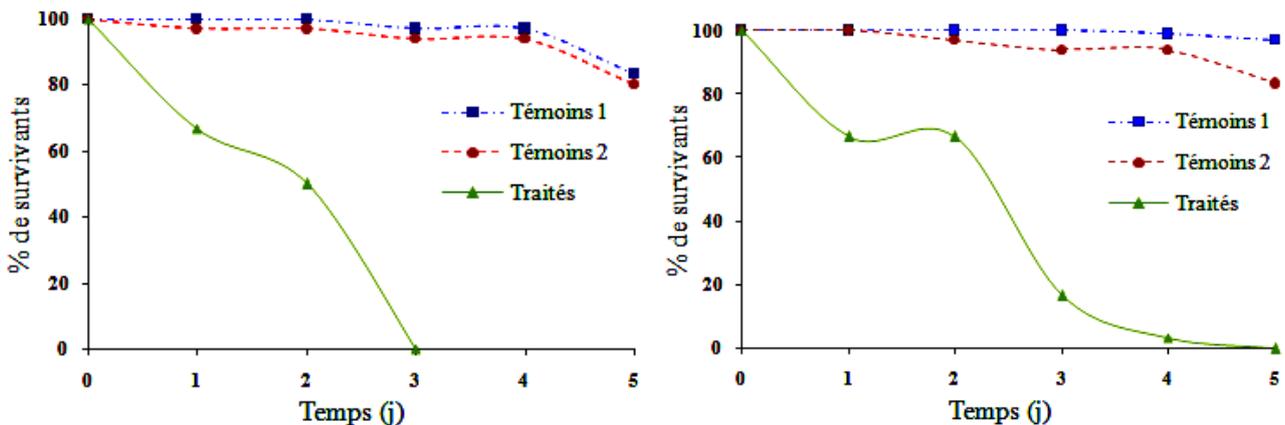


Figure 2. Pourcentage de survivants mâles (a) et femelles (b) en fonction du temps.

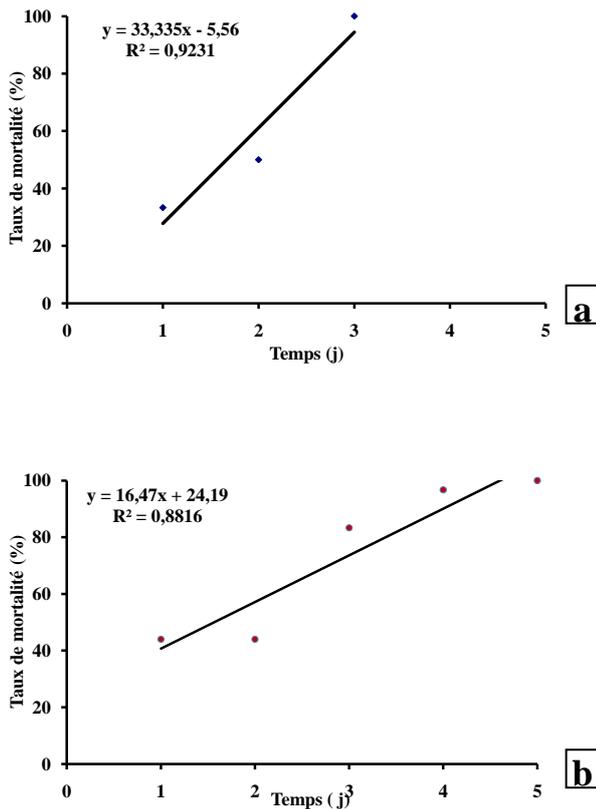


Figure 3. Droites de régression des taux de mortalité des criquets mâles (a) et femelles (b) en fonction du temps.

Etude de l'activité acridicide des huiles essentielles

L'effet acridicide des huiles essentielles d'*A. herba-alba*, est exprimé en pourcentage de mortalité cumulée des individus (mâles et femelles), traités en fonction du temps (Fig. 2).

Les huiles essentielles de l'espèce étudiée montrent un effet néfaste sur la survie des criquets et ont entraîné une importante mortalité chez les criquets (mâles et femelles). Cet effet s'exprime dès le premier jour du traitement avec un taux de mortalité de 33,3%. Celui-ci augmente progressivement pour atteindre son maximum le troisième jour chez les mâles et le cinquième jour chez les femelles. A la fin de l'expérience, chez les individus témoins (nourris de graminées imbibées d'eau ou d'éthanol), le taux de mortalité enregistré est resté largement inférieur à 20% chez les mâles comme chez les femelles.

L'importance de la toxicité de ces huiles essentielles vis-à-vis des criquets traités est estimée par la détermination du TL50 (temps léthal 50), en se basant sur la droite de régression des taux de mortalité en fonction du temps (Fig. 3). Le TL50 obtenu est de l'ordre de 1,67 j chez les mâles et de 1,45 j chez les femelles.

Au cours de cette étude, nous avons effectué des observations comportementales sur les individus durant la période du traitement. Nous avons ainsi remarqué que les criquets traités présentent un ralentissement de leur activité locomotrice, suivi d'une diminution de la prise de nourriture. Ceci peut être généré par l'effet antiappétant de l'huile essentielle d'*A. herba-alba*. En outre, leurs fèces se sont révélées plus humides par rapport aux témoins, ce qui pourrait être expliqué par des perturbations digestives et par un dérèglement du processus de la régulation hydrique des individus traités suite à l'inhibition de la résorption de l'eau par le rectum, d'où l'augmentation de l'urine sous forme de fèces hydratées. Ce phénomène a été souvent constaté chez les criquets de *Locusta migratoria* exposés à des insecticides de synthèse (Moréteau 1991, Proux *et al.* 1993) et ceux de *Schistocerca gregaria* qui sont traités par *Peganum harmala* (Abbassi *et al.* 2003).

Les troubles comportementaux et physiologiques que présentent les criquets traités par l'huile essentielle d'*A. herba-alba*, ne peuvent être expliqués que par l'effet de certains composés toxiques de cette essence végétale. Ainsi, il a été démontré que le monoterpène β -pinène a une activité insecticide (Lee *et al.* 2001), le pipéritone a montré une activité insecticide contre *Callosobruchus maculatus* (Ketoh *et al.* 2006). En outre, la toxicité du Myrcène a été rapportée sur *Sitophilus oryzae* (Coats *et al.* 1991).

CONCLUSION

Le contrôle des acridiens ravageurs reste très limité en raison de la non disponibilité des acridicides sans effet néfaste sur l'environnement. La recherche de nouvelles molécules bioacridicides plus efficaces et moins polluantes s'avère donc nécessaire. Ainsi, l'utilisation des huiles essentielles des plantes médicinales et aromatiques marocaines semble d'une grande importance dans la substitution des pesticides chimiques qui sont largement utilisés pour lutter contre ces insectes ravageurs.

L'analyse chromatographique de l'huile essentielle d'*A. herba-alba* a permis d'identifier 30 constituants différents avec des teneurs qui s'étalent de 0,14% à 28,1% dont le chrysanthène est le composé prédominant.

La toxicité remarquable de l'huile essentielle d'*A. herba-alba* vis-à-vis des criquets testés semble être le résultat de l'un ou de plusieurs éléments constituants de cette essence végétale.

Ces composés naturels pourraient donc constituer une base pour la synthèse de molécules en meilleure harmonie avec l'environnement et dont l'usage serait bénéfique pour la lutte contre les acridiens ravageurs.

Remerciements

Nous remercions vivement les évaluateurs anonymes pour les nombreuses améliorations du texte.

Références

- Abbassi K., Mergaoui L., Atay-Kadiri Z., Stambouli A. & Ghaout S. 2003. Effets des extraits de *Peganum harmala* (*Zygophyllaceae*) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775. *J. Orthopt. Res.*, 12, 71-78.
- Akrout A. 2004. Essential oil study of some pastoral plants from Matmata (south Tunisia) [in French]. *Cah. Options. Med.* 62: 289-292.
- Barnard M., Padgett M. & Uri N.D. 1997. Pesticide use and its measurement. *Int. Pest Control*, 39, 161-164.
- Benjilali B. & Richard H. 1980. Etude de quelques peuplements d'Armoise blanche du Maroc *Artemisia herba alba*. *Riv. Ital. E.P.P.O.S.*, 12, 2, 69-74.
- Benjilali B., Sarris J. & Richard H. 1982. Nouveaux chimiotypes d'*Artemisia herba-alba*. *Sci. Aliment*, 2, 515-527.
- Benjumea D., Abdala S., Hernandez-Luis F., Pérez-Paz P. & Martín-Herrera D. 2005. Diuretic activity of *Artemisia thuscula*, an endemic canary species. *J. Ethnopharmacol.*, 100, 205-209.
- Bezza L., Mannarino A., Fattarsi K., Mikail C., Abou L., Hadji-Minaglou F. & Kaloustian J. 2010. Chemical composition of the essential oil of *Artemisia herba-alba* issued from the district of Biskra (Algeria). *Phytothérapie*, 8, 5, 277-281.
- Boutekdjiret C., Charchari S., Belabbes R. & Bessière J.M. 1992. Contribution à l'étude de la composition chimique de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba*. *Asso. Riv. Ital. EPPOS*, 3, 39-42.
- Clevenger F. 1928. Apparatus for the determination of volatile oil. *J. Am. Pharm. Asso.*, 17, 346.
- Coats J.R., Karr L.L. & Drewes C.D. 1991. Toxicity and neurotoxic effects of monoterpenoids in insects and earthworms, in *Naturally Occurring Pest Bioregulators*, Ed. PA Hedin. ACS Symposium Series n°. 449, American Chemical Society, Washington.
- Dahmani-Hamzaoui N. & Baaliouamer A. 2010. Chemical composition of Algerian *Artemisia herba-alba* essential oils isolated by microwave and hydrodistillation. *J. Essential Oil Res.*, 22, 6, 514-517.
- Darias V., Bravo L., Barquín E., Martín-Herrera D. & Fraile C. 1986. Contribution to the ethnopharmacological study of the Canary Island, *J. Ethnopharmacol.* 15, 169-193.
- Dob T. & Ben Abdelkader T., 2006. Chemical composition of the essential oil of *Artemisia herba-alba asso* grown in Algeria. *J. Essen. Oil Res.*, 18, 685-690.
- Duke J.A. 1985. *Handbook of Medicinal Herbs*. CRC Press, Boca Roton, FL.
- El Ajjouri M., Satrani B., Ghanmi M., Aafi A., Farah A., Rahouti M., Amarti F. & Aberchane M. 2008. Activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus bleicherianus* Pomel et *Thymus capitatus* (L.) Hoffm. & Link contre les champignons de pourriture du bois d'œuvre. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 12, 4, 345-351.
- El Ghadraoui L., Petit D., Picaud F. & El Yamani J. 2002. Relationship between labrum sensilla number in the Moroccan locust *Dociostaurus maroccanus* and the nature of its diet. *J. of Orthopt. Res.*, 11, 1, 11-18.
- El-Massry K.F., El-Ghorab A.H. & Farouk A. 2002. Antioxidant activity and volatile components of Egyptian *Artemisia judaica* L. *Food Chem.*, 79, 331-336.
- El-Sayed A.M. & Seida A.A. 1990. Comparative study of the major constituents of the essential oils of wild and cultivated Egyptian *Artemisia herba-alba* with those of plants produced abroad. *Bull. Fac. Pharm.*, 28, 57-58.
- Ghanmi M., Satrani B., Aafi A., Ismaili M.R., Houtia H., Manfalouti H., Benchakroun K., Abarchane M., Harki L., Boukir A., Chaouch A. & Charrouf Z. 2010. Effet de la date de récolte sur le rendement, la composition chimique et la
- Negahban M., Moharrampour S. & Sefidkon F. 2007. Fumigant toxicity of essential oil from *Artemisia sieberi* Besser against three stored-product insects. *J. Stored Products Res.*, 43, 2, 123-128.
- bioactivité des huiles essentielles de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) de la région de Guercif (Maroc oriental). *Phytothérapie*, 8, 5, 295-301.
- Guardia T., Juarez A.O., Guerreiro E., Guzmán J.A. & Pelzer L. 2003. Anti-inflammatory activity and effect on gastric acid secretion of dehydroleucodin isolated from *Artemisia douglasiana*. *J. Ethnopharmacol.*, 88, 195-198.
- Haouari M. & Ferchichi A. 2009. Essential Oil Composition of *Artemisia herba-alba* from Southern Tunisia. *Molecules*, 14, 4, 1585-1594.
- Hudaiba M. & Aburjai T. 2006. Composition of the essential oil from *Artemisia herba-alba* grown in Jordan. *J. Essential Oil Res.*, 18, 3, 301-304.
- Hurabielle M., Malsot M. & Paris M. 1981. Chemical study of two oils from wormwood: *Artemisia herba-alba* Asso and *Artemisia vulgaris* Linnaeus of chemotaxonomic interest. *Riv. Ital. EPPOS*, 63, 296-299.
- Ibn Tattou M. & Fennane M. 2008. Flore vasculaire du Maroc : inventaire et chorologie. *Trav. Inst. Sci.*, Rabat, série Botanique, 39, 398 p.
- Jung U.J., Baek N.I., Chung H.G., Bang M.H., Yoo J.S., Jeong T.S., Lee K.T., Kang Y.J., Lee M.K., Kim H.J., Yeo J.Y. & Choi M.S. 2007. The anti-diabetic effects of ethanol extract from two variants of *Artemisia princeps* Pampanini. *Mice Food and Chemical Toxicology*, 45, 10, 2022-2029.
- Kadri A., Zarai Z., Békir A., Gharsallah N., Damak M. & Gdoura R. 2011. Chemical constituents and antioxidant activity of the essential oil from aerial parts of *Artemisia herba-alba* grown in Tunisian semi-arid region. *Afr. J. Biotechnol.*, 10, 15, 2923-2929.
- Karousou R., Koureas D.N. & Kokkini S. 2005. Essential oil composition is related to the natural habitats: *Coridothymus capitatus* and *Satureja thymbra*. *Phytochem*, 66, 2668-2673.
- Ketoh G.K., Koumaglo H.K., Glitho I.A. & Huignard J. 2006. Comparative effects of *Cymbopogon schoenanthus* essential oil and piperitone on *Callosobruchus maculatus* development. *Fitoterapia*, 77, 506-510.
- Kim K.S., Lee S., Lee Y.S., Jung S.H., Park Y., Shin K.H. & Kim B.K. 2003. Anti-oxidant activities of the extracts from the herbs of *Artemisia apiacea*. *J. Ethnopharmacol.* 85, 69-72.
- Kordali S., Kotan R., Mavi A., Cakir A., Ala A. & Yildirim A. 2005. Determination of the chemical composition and antioxidant activity of the essential oil of *Artemisia dracuncululus* and of the antifungal and antibacterial activities of Turkish *Artemisia absinthium*, *A. dracuncululus*, *Artemisia santonicum*, and *Artemisia spicigera* essential oils. *J. Agric. Food. Chem.* 53, 9452-9458.
- Lee S.E., Lee R.H., Choi W.S., Park B.S., Kim J.G. & Campbell B.C. 2001. Fumigant toxicity of volatile natural products from Korean spices and medicinal plants towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L). *Pest. Manag. Sci.*, 57, 548-553.
- Louveaux A., Mouhim A., Roux G., Gillon Y. & Barral H. 1996. Influence du pastoralisme sur les populations acridiennes dans le massif de Siroua (Maroc). *Rev. Ecol.*, 51, 2, 139-151.
- McArthur E.D. 1979. Sagebrush Ecosystem Symposium, US University, Logan, 14-22.
- Mighri H., Akrouf A., El-jeni H., Zaidi S., Tomi F., Casanova J. & Neffati M. 2010. Composition and intraspecific chemical variability of the essential oil from *Artemisia herba-alba* growing wild in a Tunisian arid zone. *Chem. & Biodiv.* 7, 11, 2709-2717.

- Moréteau B. 1991. Etude de certains aspects de la physiotoxicologie d'insecticides de synthèse chez le Criquet migrateur: *Locusta migratoria* R & D. John Libbey Eurotext, Paris, 167-178.
- Ouyahya A., Nègre R., Viano J., Lozano Y.F. & Gaydou E.M. 1990. Essential oils from Moroccan *Artemisia negrei*, *A. mesatlantica* and *A. herba-alba*. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 23, 528-530.
- Paolini J., El Ouariachi M., Bouyanzer A.H., Hammouti B., Desjobert J.M., Costa J. & Muselli A. 2010. Chemical variability of *Artemisia herba-alba* Asso essential oils from East Morocco. *Chem. and Materials Sci.*, 64, 5, 550-556.
- Proux J., Alaoui A., Monréteau B. & Baskali A. 1993. Deltamethrin induct deregulation of the water balance in the migratory Locust. *Comp. Biochem & Physiol.*, 106, 351-357.
- Salamci E., Kordali S., Kotan R., Cakir A. & Kaya Y. 2007. Chemical compositions, antimicrobial and herbicidal effects of essential oils isolated from Turkish *Tanacetum aucheranum* and *Tanacetum chiliophyllum* var. *chiliophyllum*. *Biochem. Systematics and Ecol.*, 35, 569-581.
- Salido S., Altarejos J., Nogueras M. & Sánchez A. 2001. Chemical composition of the essential oil of *Artemisia herba-alba* Asso ssp. *valentina* (Lam.) Marcl. *J. Essential Oil Res.*, 13, 4, 221-224.
- Salido S., Valenzuela L.R., Altarejos J., Nogueras M., Sanchez A. & Cano E. 2004. Composition and infraspecific variability of *Artemisia herba-alba* from southern Spain. *Biochem. Systematics and Ecol.*, 32, 265-277.
- Setzer W.N., Vogler B., Schmidt J.M., Leahy J.G. & Rives R. 2004. Antimicrobial activity of *Artemisia douglasiana* leaf essential oil. *Fitoterapia*, 75, 192-200.
- Tang H.Q., Hu J., Yang L. & Tan R.X. 2000. Terpenoids and flavonoids from *Artemisia* species. *Planta Med.*, 66, 391-393.
- Thiam A. 1991. Problématique de l'utilisation des insecticides chimiques dans la lutte anti-acridienne au Sahel. Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris, 193-206.
- USAID 2005. Filière des plantes aromatiques et médicinales, note de synthèse. Chemonics International, Inc. 608, 05, 43-01.
- Vernin G. & Merad L.O. 1994. Mass spectra and Kovats Indices of some new cis-chrysanthenyl esters found in the essential oil of *Artemisia herba alba* from Algeria. *J. Essential Oil Res.*, 6, 4, 437-448.
- Vernin G., Merad O., Vernin G.M.F., Zamkotsian R.M. & Párkányi C. 1995. GC-MS analysis of *Artemisia herba alba* Asso essential oils from Algeria. *Developments in Food Science*, 37, 147-205.
- Yin Y., Gong F.Y., Wua X.X., Yuna S., Lia Y.H., Chena T. & Xu Q. 2008. Anti-inflammatory and immunosuppressive effect of flavones isolated from *Artemisia vestita*. *J. Ethnopharmacol.*, 120, 1, 1-6.

Manuscrit reçu le 24 janvier 2012
Version modifiée acceptée le 30 novembre 2012