

Activités biologiques des feuilles de *Peganum harmala* (*Zygophyllaceae*) en floraison sur la mortalité et l'activité génésique chez le criquet pèlerin

Biological activities of *Peganum harmala* (*Zygophyllaceae*) leaves at floral stage on the mortality and reproductive activity of the desert locust

K. ABBASSI (1), L. MERGAOUI (2), Z. ATAY-KADIRI (1)*, S. GHAOUT (3) & A. STAMBOULI (2)

(1) Laboratoire de Zoologie et de Biologie générale, Faculté des Sciences-Rabat, Maroc.

(2) Laboratoire de Recherches et d'Analyses Techniques et Scientifiques- Gendarmerie Royale - Rabat, Maroc.

(3) Centre National de la lutte antiacridienne, Aït- Melloul, Inezgane, Maroc.

* Correspondance: Z. Atay-Kadiri, Laboratoire de Zoologie et de Biologie Générale, Faculté des Sciences – Rabat - Agdal. B.P: 1014, Chari Ibn Batouta, Agdal, Rabat. E-mail: atay@fsr.ac.ma

Recibido el 9 de junio de 2004. Aceptado el 6 de mayo de 2005.

ISSN: 1130-4251 (2005), vol. 16, 31-46

Mots clés: *Schistocerca gregaria*, mortalité, activité génésique, *Peganum harmala*, Floraison, feuilles, extrait éthanolique, toxicité.

Key words: *Schistocerca gregaria*, mortality, reproductive activity, *Peganum harmala*, floral stage, leaves, ethanolic extract toxicity.

RÉSUMÉ

Les effets de l'extrait éthanolique des feuilles de *Peganum harmala* en floraison ont été étudiés sur la mortalité des larves du cinquième stade et l'adulte femelle et de l'activité génésique chezcriquet pèlerin, dans des conditions de laboratoire. Les résultats obtenus révèlent: Un taux de mortalité de 75% atteint au 14^{ième} jours chez les larves et de 45% chez les adultes au 16^{ième} jours de la vie imaginale. Une baisse de poids, de la prise de nourriture et de la teneur en eau sont enregistrées chez l'ensemble des traitées avec l'extrait des feuilles, en conséquence, un retard de la maturité sexuelle, une réduction de la fécondité et la fertilité sont observés chez les femelles traitées à l'état imaginale. Ces manifestations sont accompagnées de troubles de l'équilibre chez les individus traités. Ces résultats sont générés par les alcaloïdes indoliques, la harmine et la harmaline, que nous avons identifié dans l'extrait des feuilles de *Peganum harmala*, en floraison.

ABSTRACT

The effects of *Peganum harmala* leaf extracts at floral stage of the plant on desert locust mortality, feeding behaviour and reproductive activity were studied under laboratory conditions. Results indicate that this extract caused a mortality rate of 75% on the fifth hopper instars, reached on the 14th day after beginning of treatment and 45% on the adult females on the 16th day at the imaginal life. Furthermore, we have noted in all treated insects (hoppers and adult females) a loss of weight, a decrease of food intake and loss of water, which consequently, caused a delay of sexual maturity. A reduction in both fecundity and hatching rate were noted in females surviving the treatment. Equilibrium problems were observed in all treated individuals. The observed disturbances were caused by harmaline and harmine, two major indolic alkaloids identified in the extract of *Peganum harmala* leaves at floral stage.

INTRODUCTION

Le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*, Forskål 1775, Orthoptera, Acrididae), un locuste redoutable doté de polymorphisme phasaire, ensemble de transformation, qui lui permet de s'adapter à des situations écologiques extrêmes. Il occasionne des dégâts considérables à la végétation spontanée et aux cultures. Toutefois, la lutte chimique reste le seul moyen efficace pour l'éradiquer, mais, ses effets secondaires sur l'équilibre des écosystèmes naturels sont aussi catastrophiques que le fléau lui-même.

Dans la course à la recherche de nouveaux moyens alternatifs aux produits chimiques, l'utilisation des biocides végétaux s'est révélée prometteuse, ainsi de nombreux travaux concernant l'effet des plantes sur le criquet ont été réalisés dans des conditions de laboratoires et semi-naturelles (Diop & Wilps, 1997; Abbassi *et al.*, 2002-2003, 2003b, 2003c).

Par ailleurs, depuis nos investigations de terrain effectuées lors de la recrudescence des populations du criquet pèlerin en 1995 dans le sud marocain (Abbassi *et al.*, 2003a), nous avons retenu *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) pour effectuer des tests sur le criquet pèlerin. Elle possède de nombreuses vertus thérapeutiques (Ahmad *et al.*, 1992; Zaidi & Munir, 1995; Bellakhdar, 1997). C'est une espèce très toxique pour les animaux et l'homme en particulier; El Bahri & Chemli, 1991; Bruneton, 1993; Bellakhdar, 1997), c'est une plante riche en alcaloïdes indoliques (Munir *et al.*, 1995) et spécialement les graines (Abbassi *et al.*, 2003c).

La présente étude fait suite à une série de travaux, que nous avons entrepris antérieurement, concernant l'effet des extraits des feuilles de la plante à différents stades phénologiques sur les fonctions vitales du criquet pèlerin. Ainsi, nous nous sommes intéressés particulièrement à l'effet de

l'extrait des feuilles de *Peganum harmala* en floraison sur la mortalité, le comportement alimentaire, le poids et l'activité génésique du même locuste dans des conditions de laboratoires.

Matériels et Méthodes

Matériel animal

— Les larves L5

Des larves (mâles et femelles) du cinquième stade, âgées de 24 heures, sont transférées dans des rodeaux en plastique, tapissés de papier filtre et éclairés par une lampe de 40w, soit une température diurne de 30 °C, une température nocturne de 25 °C et une photopériode de 12 heures d'éclairage et 12 heures d'obscurité.

Deux lots sont constitués de 20 individus chacun, un lot pour les témoins nourris de laitue et un lot pour les individus nourris de laitue imbibée de l'extrait éthanolique des feuilles de *Peganum harmala* en floraison

Dans un rodeaux, nous avons mis uniquement les feuilles de laitue fraîche pour déterminer l'évapotranspiration, qui ajuste la quantité de nourriture consommée et renseigne sur le taux d'humidité dans les cages, soit une humidité de 45% en moyenne.

— Les imagos femelles

Des jeunes imagos femelles sélectionnées juste après leur mue imaginale, sont placées dans des rodeaux dans les conditions de laboratoires décrites ci-dessus.

Deux lots d'individus ont été constitués de 20 femelles chacun, que nous avons répartis en 5 bonnettes. 20 femelles traitées par l'extrait des feuilles et le même nombre est retenu pour les témoins.

Au cours des traitements préliminaires, nous avons constaté que les fèces des individus sont liquides et laissent d'énormes tâches sur le papier filtre, qui tapisse les bonnettes, alors que les témoins excrètent leurs fèces à taux normal. En considérant ce paramètre, nous avons sacrifié 4 femelles des témoins et 4 femelles des traitées pour déterminer la teneur en eau de celles-ci, au début et à la fin du traitement, on procédant comme suit: après un jeûne de 12 heures, les femelles sont:

— pesées (poids frais),

- placées dans une étuve à 50°C pendant une durée de 48 heures,
- repesées (poids sec) pour déterminer la teneur en eau.

Le calcul est donné par la formule suivante:

$$\frac{(Pf-Ps) \times 100}{Pf} = \% \text{ (teneur en eau) [Dudley (1961) in Ghaout (1990)]}$$

Pf = poids frais, en grammes, des individus,

Ps = poids sec, en grammes, des individus.

Evolution de la taille des ovocytes terminaux et vitellogénèse

Dans le but de suivre le développement ovarien chez les femelles, nous avons introduit deux mâles matures, prélevés de la population d'élevages, par bonnette après l'arrêt du traitement. Ceci s'avère indispensable dans la mesure où ces mâles constituent un stimulus fondamental pour la maturité sexuelle chez les femelles de *Schistocerca gregaria* (Norris, 1954).

A partir du 10^{ième} jour de la vie imaginale et chaque deux jours, la dissection est réalisée dans une solution aqueuse de NaCl 9%. On mesure ensuite la longueur des ovocytes terminaux (soit 6 ovocytes) à l'aide d'un micromètre adapté à la loupe binoculaire et on note la présence de vitellus.

Matériel végétal

Peganum harmala a été récoltée dans le Sud du Maroc. L'échantillon en floraison a été prélevé en début du mois de Mai de l'année 1996.

A la lumière des résultats antérieurs (Abbassi *et al.*, 2003-2003), qui ont révélé des différences significatives entre les résultats obtenus avec l'extrait des feuilles de *Peganum harmala* en fructification ou en végétation, nous avons jugé nécessaire d'analyser l'extrait éthanolique des feuilles de la plante en floraison que nous avons utilisé dans ces essais.

L'extrait éthanolique est préparé à partir de 6 grammes de feuilles séchées à l'ombre de *Peganum harmala* et macérées dans 30ml l'éthanol (95%) pendant une durée de deux heures sous agitation magnétique à température ambiante.

Après filtration une partie est utilisée pour les tests sur le criquet et une quantité est préparée pour l'analyse phytochimique.

—Technique d'analyse

L'extrait éthanolique des feuilles en floraison filtré est séché sur le sulfate de sodium anhydre et concentré pour être analysé en chromatographie en phase gazeuse couplée à l'automasse (GC/MS).

En effet, la méthode la plus adaptée, compte tenu de la volatilisation des constituants est la chromatographie en phase gazeuse (CPG).

La possibilité de coupler le chromatographe à divers spectromètres notamment un détecteur de masse (GC/MS) de type Automass – Delsi Nermag, augmente considérablement la qualité des informations obtenues.

- a. **Conditions chromatographiques:** Colonne: HP1 (25 m x 0.25 mm x 0.11 μ m); Température du four: 60°C (2 min), 15°C/min, 180°C (15 min); Température détecteur: 280°C; Gaz vecteur: Hélium.
- b. **Conditions spectroscopiques:** Appareil: Automass-Delsi Nermag; Mode: Impact électronique EI70; T° d'injecteur: 270°C; Gamme de masse: 700 u.m.a.
- c. **Méthode de silylation:** L'extrait éthanolique est transféré dans un tube à bouchon et évaporé à sec sous jet d'air synthétique. Sur le résidu sec nous avons ajouté 100 μ l du réactif de silylation (ITMS/MSTFA) puis porté à l'étuve sous une température de 60°C. Après une durée de 15 min, le produit de la silylation est injecté en GC/MS (colonne HP1).

Le profil chromatographique et spectres de masse correspondants de l'extrait des feuilles sont représentés dans les figures 5 (A et B).

Réalisation des tests

Au début de l'expérience, on a soumis les individus à un jeûne de 24 heures, après on les a pesé, ainsi que, les feuilles de laitue fraîches, sur lesquelles on étale une quantité de l'extrait éthanolique des feuilles de *Peganum harmala* pour nourrir les individus traités, après évaporation totale de l'éthanol (95%). Pour les témoins les feuilles de la laitue ont été imbibées d'une même quantité d'éthanol (95%), solvant organique. Le traitement dure trois jours seulement. Après l'arrêt du traitement, l'ensemble des individus est alimenté normalement. Ces tests sont réalisés en trois répétitions.

Les pesées sont effectuées quotidiennement en plus des pesées des restes de la laitue pour déterminer la quantité de la nourriture consommée en tenant compte de l'évapotranspiration du végétal.

Nous avons étudié l'effet des extraits des feuilles en floraison sur:

- La mortalité considérée chez 20 larves pour chaque lot et chez 20 femelles de chaque groupes
- La prise de nourriture, le poids des larves L_5 et des imagos femelles
- la teneur en eau des imagos est calculée chez 4 imagos femelles des témoins et 4 femelles des traitées
- La taille des ovocytes terminaux est mesurée chez 17 femelles témoins et 13 femelles traitées
- le nombre d'œufs/oothèque/femelle et le taux d'éclosion ont été considérés chez 6 femelles de chaque lot.

Test statistique

Les résultats obtenus sont comparés par ANOVA a un seul facteur et test Student (t) en utilisant le logiciel Statview à un seuil de 5%.

RESULTATS

Effets des feuilles de *P. harmala* sur la mortalité, la prise de nourriture et le poids des larves L_5

Le taux de mortalité cumulée enregistré dans la figure 1 révèle que les larves traitées ont succombé au traitement dès le deuxième jour. Un taux de 75% est atteint le 14^{ième} jours chez les traitées alors qu'il est de 25% seulement chez les témoins.

Les résultats consignés dans la figure 2, montrent que l'évolution de la quantité consommée par les traitées et les témoins (fig. 2A), ainsi que, leur poids (fig. 2B) suivent la même évolution. Une réduction de la prise de nourriture et du poids bien marqué chez les traitées.

Les quantités consommées par les traitées sont significativement réduites ($F_{(1,14)} = 46,06$, $P < 0,0001$) à celles enregistrées chez les témoins, en conséquence, leur poids sont significativement inférieurs ($F_{(1,14)} = 44,035$, $P < 0,0001$).

Taux de mortalité
cumulée %

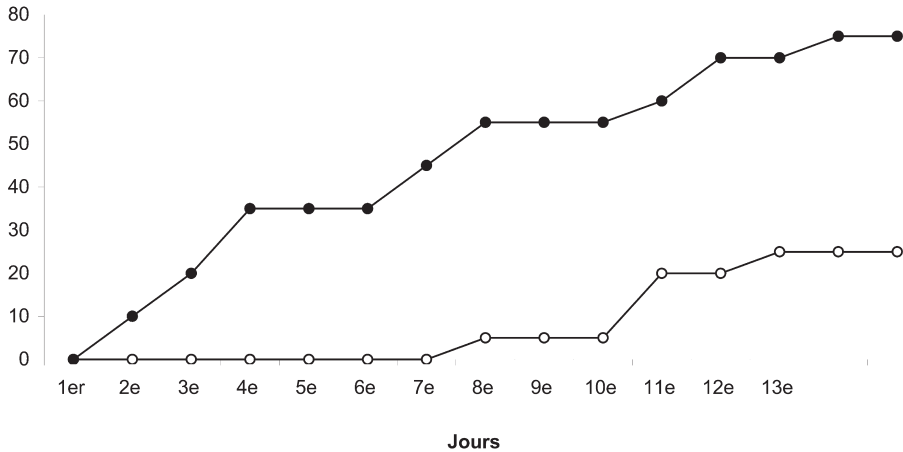


Fig. 1.—Effet de l'extrait des feuilles de *Peganum harmala* en floraison sur le taux de mortalité cumulée (%) des larves L₅ du criquet pèlerin. ○: Témoins; ●: Traitées (feuilles-floraison); N=20 larves L₅ pour chaque groupe.

Fig. 1.—Effect of *Peganum harmala* leaves extracts at floral stage on cumulative mortality rate (%) of 5th hopper of desert locust. ○: Control; ●: Treatment (leaves at floral stage). N=20 L₅ hoppers for each group.

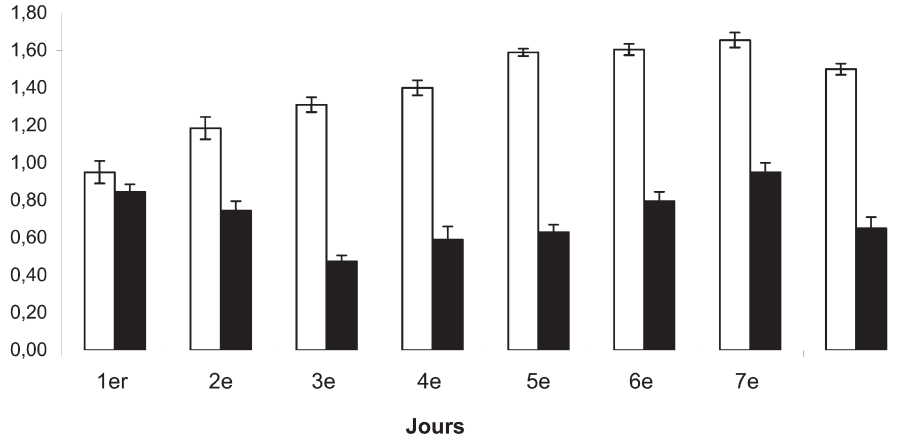
Effets des feuilles de *Peganum harmala* sur la mortalité, la prise de nourriture et le poids des imagos femelles

La mortalité rapportée dans la figure 3 montre que les traitées ont succombé au traitement à partir du 5^{ème} jour de la vie imaginale pour atteindre un taux de 45% le 16^{ème} jour contre 15% seulement chez les témoins durant la même période.

Les figures (4A et 4B) présentent la variation de la prise de nourritures et celle du poids des individus traités et des témoins durant une période de 22 jours d'observation. On note des variations temporelles de la consommation et du poids des individus avec des fluctuations très marquées chez les traitées.

En effet, les mesures de la quantité consommée par les traitées sont significativement faibles ($F_{(1,26)} = 7,809$, $P = 0,0096$) à celles enregistrées chez les témoins, ainsi que leur poids ($F_{(1,26)} = 17,287$, $P = 0,0003$).

A

Prise de nourriture
(g)

B

Poids (g)

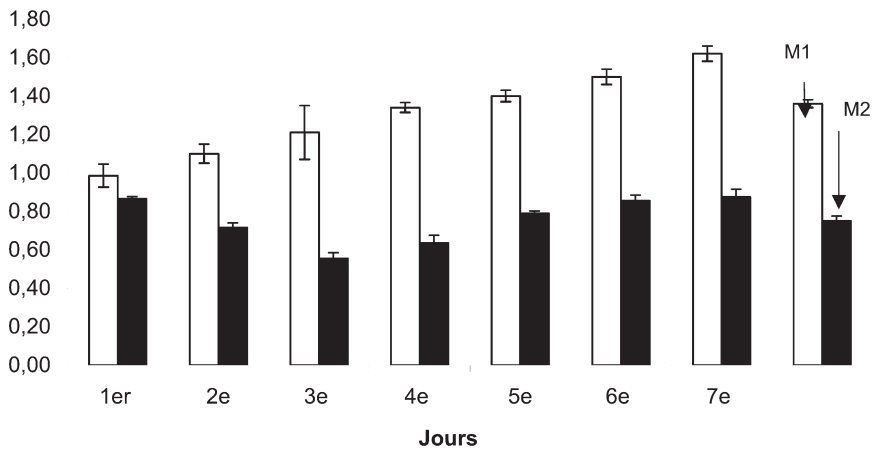


Fig. 2.—Effet de l'extrait des feuilles de *Peganum harmala* en floraison sur A) la prise de nourriture ($m \pm ES$) et B) le poids moyen ($m \pm ES$) des larves L_5 du criquet pèlerin. ■ : Témoins; ■ : Traitées (feuilles – floraison). $N = 3$ observations pour chaque point. M1: mue imaginale des témoins; M2: mue imaginale des larves traitées.

Fig. 2.—Effect of *Peganum harmala* leave extracts at floral stage on A) food intake ($m \pm SE$), and B) mean weight ($m \pm SE$) of 5th hopper of the desert locust. ■ : Control; ■ : Treatment with leaves at floral stage. $N = 3$ observations for each point. M1: imaginal moult control; M2: imaginal moult of treated hoppers.

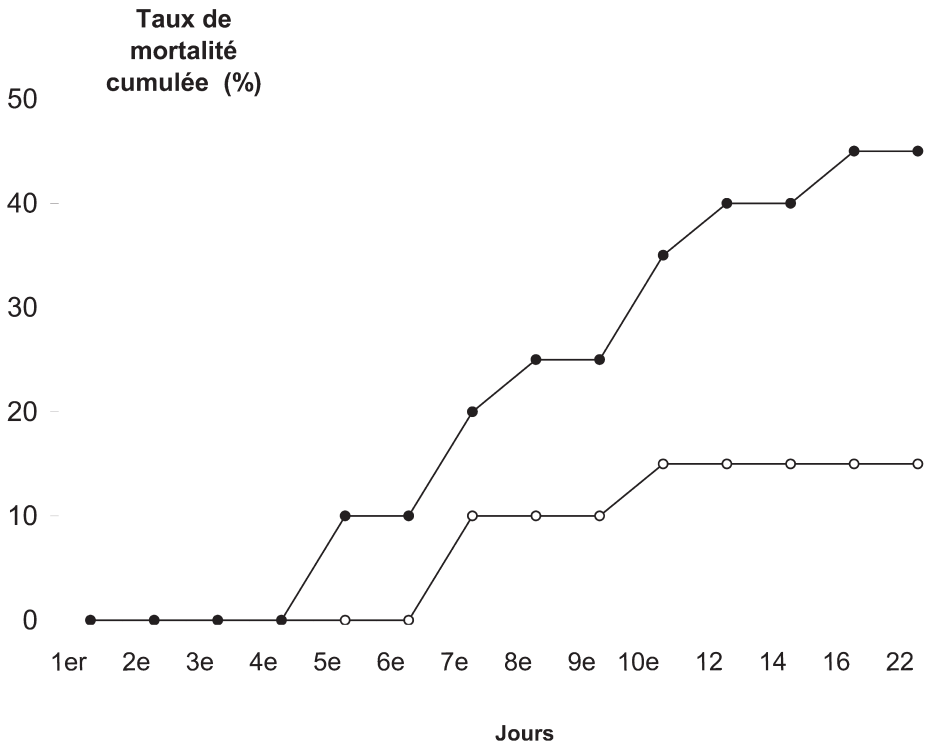


Fig. 3.—Effet de l'extrait des feuilles de *Peganum harmala* en floraison sur le taux de mortalité cumulée (%) de l'adulte femelles du criquet pèlerin. ○: Témoins; ●: Traitées (feuilles- floraison); N = 20 adultes femelles pour chaque groupe.

Fig. 3.—Effect of *Peganum harmala* leave extracts at floral stage on cumulative mortality rate (%) in desert locust adult females. ○: Control; ●: Treatment (leaves at floral stage). N = 20 adult females for each group.

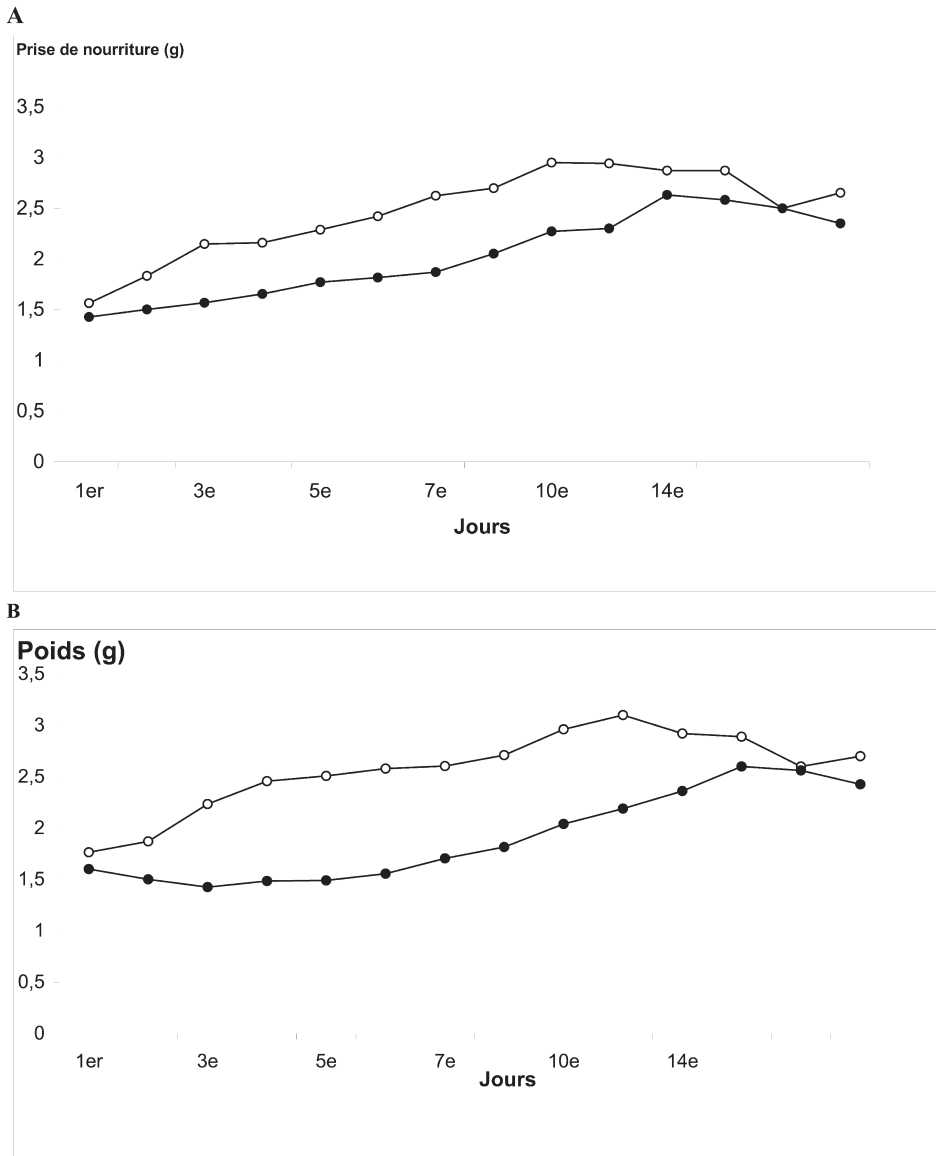


Fig. 4—Effet de l'extrait des feuilles de *Peganum harmala* en floraison sur A) la prise de nourriture ($m \pm ES$) et B) le poids moyen des femelles du criquet pèlerin. ○: Témoins; ●: Traitées (feuilles – floraison).

Fig. 4.—Effect of *Peganum harmala* leave extracts at floral stage on A) food intake ($m \pm SE$), and B) mean weight of desert locust females. ○: Control; ●: Treatment (leaves at floral stage).

Effet de l'extrait des feuilles de *P. harmala* sur la teneur en eau chez les imagos femelles

La teneur en eau présentée dans le tableau I, montre que l'extrait des feuilles a un effet marqué sur la teneur eau. Il entraîne une perte excessive en eau chez les traitées sous forme de fèces liquides.

Tableau I.—Effet de l'extrait des feuilles de *Peganum harmala* en floraison sur la teneur en eau chez les imagos femelles.

Table I.—Effect of leaf extracts of *Peganum harmala* at floral stage on water content in females imagos.

	Femelles témoins (N = 4)	Femelles traitées (feuilles-floraison) (N = 4)
Début du traitement	72 ± 2%	72 ± 2%
Fin du traitement	70 ± 1%	51 ± 2%
Perte totale en eau	2%	21%

Effets des feuilles de *Peganum harmala* en floraison sur le développement ovarien

La croissance de la taille des ovocytes terminaux représentée dans la figure 5 montre une variation temporelle de la taille des ovocytes chez les traitées et chez les témoins.

Les mesures de la tailles des ovocytes des traitées sont significativement inférieures ($F_{(1,22)} = 5,269$, $P = 0,0316$) à celle des témoins, En conséquence, les traitées ont effectué leur ponte avec un retard de quatre jours comparées aux témoins, dont la ponte a été produite le 18^{ième} jour de la vie imaginale.

Effet de l'extrait des feuilles de *Peganum harmala* en floraison sur la fécondité et la fertilité

Les résultats représentés dans le tableau II, montrent que l'extrait des feuilles en floraison entraîne chez les femelles traitées une réduction significative du nombre d'œufs pondus ($F_{(1,10)} = 47,510$, $P < 0,0001$) comparé au nombre d'œufs pondus par les témoins, ainsi que, le taux d'éclosion, qui reste inférieur à celui obtenu chez les témoins.

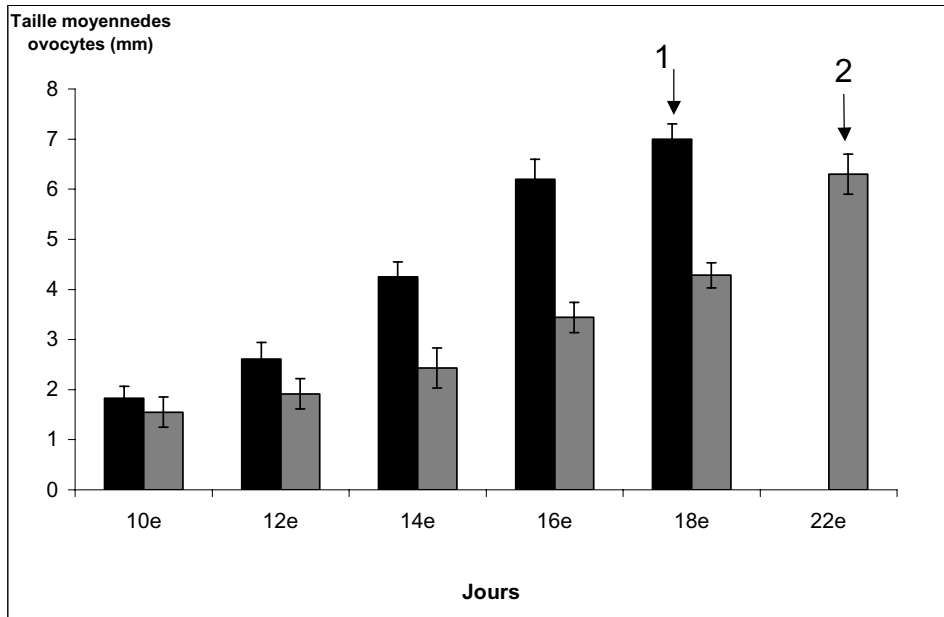


Fig. 5.—Effet de l'extrait des feuilles de *Peganum harmala* en floraison sur la croissance de la taille moyenne des ovocytes ($m \pm ES$) des femelles du criquet pèlerin. ■ :Témoins; ■ : Traitées (feuilles –floraison); N = 6 ovocytes pour chaque point. 1: ponte des témoins; 2: ponte des tratées

Fig. 5.—Effects of *Peganum harmala* leave extracts at floral stage on mean oocyte size of desert locust females. ■ : Control; ■ : Treatment (leaves at floral stage); N = 6 for each point. 1: egg laying in control females; 2: egg laying in treated females.

Tableau II.—Effet de l'extrait des feuilles en floraison de *P. harmala* sur la fécondité (nombre d'œufs pondus par femelle à la première ponte, nombre d'œufs qui ont éclos) et le taux d'éclosion.

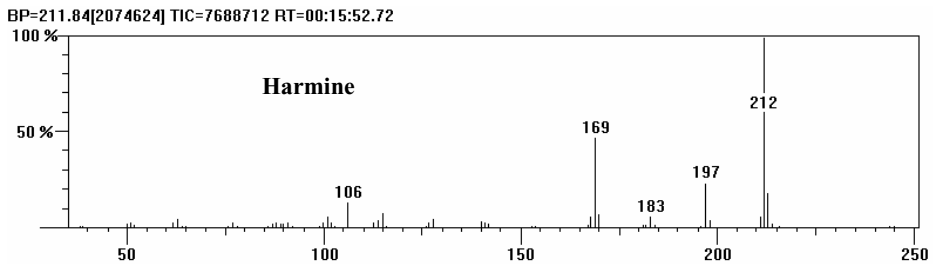
Table II.—Effect of leaves extracts of *Peganum harmala* at floral stage on fecundity (number of eggs laid per female in the first clutch, number of eggs per females hatched) and hatching rate.

	Femelles témoins (N = 6)	Femelles traitées (feuilles-floraison) (N = 6)
Nombre d'œufs par femelle	64 ± 2	50 ± 4,4
Nombre d'œufs ont éclos	55 ± 5	27 ± 3
Taux d'éclosion	85%	54%

Analyse phytochimique des extraits de *Peganum harmala*

Les résultats de l'analyse phytochimique représentés dans la figure 6 présentent le profil chromatographique et les spectres de masse correspondants (Fig. 6A et 6B) de l'extrait des feuilles *Peganum harmala* au stade de floraison. Cette analyse a fait ressortir deux pics majoritaires: Pic 212 qui correspond à la harmine (Fig. 6A) et le second pic 214 est celui de la harmaline (fig. 6B). Ces résultats diffèrent de ceux révélés par l'analyse phytochimique que nous avons déjà réalisé sur l'extrait des feuilles de *Peganum harmala* en végétation (vasicine) ou en fructification (harmaline) (Abbassi *et al.*, 2002-2003).

A



B

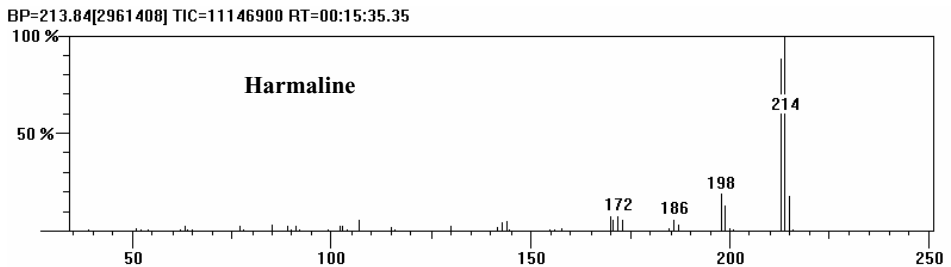


Fig. 6.—Profil chromatographique de l'extrait des feuilles de *Peganum harmala* en floraison. A) Spectre de masse de la harmine (pic 212); B) Spectre de masse de la harmaline (pic 214).

Fig. 6.—Chromatographic profile of *Peganum harmala* leaf extracts at floral stage. A) Mass spectrogram of harmine (peak 212); B) Mass spectrogram of harmaline (peak 214).

DISCUSSION

L'extrait éthanolique des feuilles de *Peganum harmala* au stade de floraison entraîne un taux de mortalité de 75% chez les larves du cinquième stade obtenu le 14^{ième} jour et de 45% chez les femelles adultes au bout de 16^{ième} jour.

Une baisse de poids est enregistrée chez les larves et les adultes femelles traitées, suite à une réduction de la prise de nourriture et une perte en eau sous forme de fèces hydratés.

L'extrait des feuilles provoque chez des femelles survivantes au traitement un retard de la maturité sexuelle, une réduction de la fécondité et du taux d'éclosion en plus des troubles de l'équilibre chez l'ensemble des traités.

Par ailleurs, les différents troubles physiologiques observés chez l'ensemble des traités par les feuilles sous tendent des altérations, qui affectent le système nerveux du criquet.

En effet les alcaloïdes indoliques (la harmine et la harmaline) identifiés dans l'extrait des feuilles de *Peganum harmala* sont connus pour leur action neurotoxique (Fuentes & Longo, 1970; El Bahri & Chemli, 1991; Grella *et al.*, 1998).

En outre l'aspect hydraté des fèces résulterait d'un dérèglement du processus de la régulation hydrique, ce phénomène a été souvent constaté chez des insectes exposés à des insecticides organohalogènes (Proux *et al.*, 1993) et chez la larves du 5^{ième} stade et l'adulte du criquet pèlerin traités avec l'extrait des graines de *P. harmala* (Abbassi *et al.*, 2003c). Ainsi la perte en eau affecte le volume hémolympatique, liquide circulant, qui véhicule toute les substances nécessaires aux fonctions vitales du criquet et dont les concentrations seront perturbées suite à l'intoxication

La réduction de la fécondité et du taux d'éclosion générés par les troubles de la vitellogenèse au cours du premier cycle ovarien, serait une conséquence de la baisse du poids des femelles sous l'effet de ces alcaloïdes indoliques neurotoxiques.

Les résultats de cette étude sont différents de ceux que nous avons déjà obtenus avec les extraits des feuilles de *Peganum harmala* au stade de fructification ou de végétation (Abbassi *et al.*, 2002-2003) et avec ceux obtenus avec l'extrait des graines (Abbassi *et al.*, 2003c). Ces différences sont à mettre en relation avec la nature des alcaloïdes indoliques, celle-ci varie dans les feuilles au cours du cycle phénologique de la plante.

CONCLUSION

L'extrait des feuilles de *P. harmala* au stade de floraison s'est révélé toxique est anti-appétant pour la larve du cinquième stade et l'adulte femelle du criquet pèlerin. Il réduit la fécondité et le taux d'éclosion de l'adulte femelle de *Schistocerca gregaria*.

Dans le cadre pratique, l'utilisation des extraits de cette plante serait efficace dans une lutte rapprochée des cultures ou des zones névralgiques contre les pullulations acridiennes des périodes de rémissions.

REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié du soutien du Programme Protars n.º D 14/53, (Morocco).

BIBLIOGRAPHIE

- ABBASSI, K.; MERGAOUI, L.; ATAY KADIRI, Z.; STAMBOLI, A. & GHAOUT, S. 2002-2003. Effets des extraits de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* forskål, 1775). *Zoologica baetica*, 13/14: 203-217.
- ABBASSI, K.; ATAY-KADIRI, Z. & GHAOUT, S. 2003a. Caractérisation des populations de *Schistocerca gregaria* (Forskål 1775) durant la recrudescence de 1995 au Sud du Maroc. *Journal of Orthoptera Research*, 12 (2): 63-69.
- 2003b. Biological effects of alkaloids extracted from three plants of Moroccan arid areas on the desert locust. *Physiological Entomology*, 28: 32-236.
- ABBASSI, K.; MERGAOUI, L.; ATAY KADIRI, Z.; STAMBOLI, A. & GHAOUT, S. 2003c. Activités biologiques de l'extrait des graines de *Peganum harmala* sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* forskål 1775). *Journal of Orthoptera Research*, 12 (2): 71-79.
- AHMAD, A.; KHAN, K A.; SULTANA, S.; SIDDIQUI, B. S.; BEGUM, S.; FAIZI, S. & SIDDIQUI, S. 1992. Study of the in vitro antimicrobial activity of harmine-harmaline and there derivates. *J-Ethno- pharmacol limerick*, 35 (3): 289-294.
- BELLAKHDAR, J. 1997. *La pharmacopée marocaine traditionnelle; Médecine arabe ancienne et savoirs populaires*. Ibis Press, Saint Etienne. 764 pp.
- BRUNETON, J. 1993. *Pharmacognosie Phytochimie, plantes médicinales*. Edition Lavoisier, Paris. 895 pp.
- DIOP, B. & WILPS, H. 1997. Field trials with neem oil and *Melia volkensii* extracts on *Schistocerca gregaria*. In: Krall, S.; Pevelling, R. & Ba Diallo, D. (Eds). *New Strategies in Locust Control*: 201-205. Birkhäuser Verlag, Basel.
- EL BAHRI, L. & CHEMLI, R. 1991. *Peganum harmala* L. a poisonous plant of North Africa. *Vet. Hum. Toxicol.*, 33 (3): 276-277.
- FUENTES, J. A. & LONGO, V. G. 1970. An investigation on the system nervous central effects of harmine, harmaline, and related B- carbolines; *Neuropharmacology*, 10: 15-23.
- GHAOUT, S. 1990. *Contribution à l'étude des ressources trophiques de Schistocerca gregaria* *Zool. baetica*, 16: 31-46, 2005

- (*Forsk.*) (*Orthoptera Acrididae*) solitaire en Mauritanie occidentale et télédétection des biotopes par satellite. Thèse de Doctorat Es - Sciences, de l'Université Paris XI, Orsay.
- GRELLA, B.; DUKAT, M.; YOUNG, R.; TEITLER, M.; HERRIK DAVIS, K.; GAUTHIER, C. B. & GLENNON, R. A. 1998. Investigation of hallicinogenic and related beta-carbolines. *Drug Alcohol Depend*, 50: 99-107.
- MUNIR, C.; ZAÏDI, M I.; NASIR-AHMAD; ATTA-UR-RAHMAN & AHMAD, N. 1995. An easy rapid metal mediated method of isolation harmine and harmaline from *Peganum harmala*. *Fitoterapia*, 66 (1): 73-76.
- NORRIS, M. J. 1954. Sexual maturation in the Desert Locust with special reference to the effects of grouping. *Anti-locust Bull.*, 18: 1-44.
- PROUX, J.; ALAOU, A.; MORETEAU, B & BASKALI, A. 1993. Deltamethrin induced deregulation of the water balance in the migratory Locust. *Comp. Biochem. Physiol.*, 106 C: 351-357.
- ZAÏDI, M. I. & MUNIR, C. 1995. A new direct isolation method of harmaline from the harmala seeds by Mercury (II) ions. *Sarhad Journal of agriculture*, 11: 219-223.