

Effets des extraits de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775)

Effects of extracts of *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) on the desert locust (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775)

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

(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 – Témara. Maroc

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

La correspondance doit être envoyée à Madame Z. Atay-Kadiri, laboratoire de Zoologie et de Biologie générale, Faculté des Sciences –Rabat. B.P: 1014, Chari Ibn Batouta, Agdal, Rabat.

Recibido el 21 de junio de 2002. Aceptado el 16 de noviembre de 2003.

ISSN: 1130-4251 (2002-2003), vol. 13/14, 203-217

Mos clés: *Schistocerca gregaria*, *Peganum harmala*, toxicité, mortalité, ovogenèse, fécondité, fertilité, feuilles (stade de fructification ou végétatif), extrait.

Key words: *Schistocerca gregaria*, *Peganum harmala*, toxicity, mortality, ovogenesis, fecundity, fertility, leaves (stage of fructification or vegetative), extract.

RESUME

L'effet de l'extrait des feuilles de *Peganum harmala* au stade végétatif ou au stade de fructification a été testé sur la survie, la prise de nourriture, le poids, le développement ovarien et la fécondité des femelles du *Schistocerca gregaria*, dans des conditions de laboratoire. Les résultats obtenus révèlent que: l'extrait des feuilles (végétatif ou fructification) entraîne chez les femelles, Une diminution de la prise de nourriture, une baisse de poids et une réduction de la motricité. L'extrait des feuilles (végétatif) engendre un taux de mortalité de 29% atteint le 14^{iem} jour du stade adulte, un retard de la maturité sexuelle chez femelles (survivantes au traitement), une réduction de la fécondité et du taux d'éclosion. L'extrait des feuilles (stade de fructification) entraîne un taux mortalité de 15% et un retard de la maturité sexuelle chez 16,6% des femelles. Parallèlement, l'étude phytochimique menée sur les extraits éthanolique testés, a révélé que le contenu alcaloïdique des feuilles varie au cours des stades phénologiques de la plante.

ABSTRACT

The effects of extracts of *Peganum harmala* leaves at the vegetative and fructification stages on survival, food intake, weight, ovarian growth and fecundity in *Schistocerca gregaria* females were tested under laboratory conditions. The results obtained revealed that leaf extracts (at vegetative or fructification stages) involved a decrease in food intake, a loss of weight and a reduction of motricity in the female locusts. The leaf extracts (vegetative stage) caused a mortality rate of 29% on the 14 days after adult emergence, a delay of sexual maturity in females (surviving from the treatment), and a decrease in both fecundity and hatching rate. The extract of the leaves (fructification stage) caused a mortality rate of 15% and a delay in sexual maturity in 16.6% of the females. Concurrently, a phytochemical analysis of the extracts revealed that the alkaloid contents varied during the phenologic stages of the plant.

INTRODUCTION

Le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*, Forskål 1775) est un acridien doté de polymorphisme phasaire, qui lui permet de s'adapter à de situation écologiques variables. L'utilisation des produits chimiques pour faire face au fléau engendrent des effets collatéraux sur l'ensemble des écosystèmes naturels. Par ailleurs l'utilisation des insecticides végétaux s'est révélée prometteuse, ainsi de nombreux travaux concernant l'effet des plantes sur le criquet ont été réalisés (Nasseh *et al.*, 1992; Diop & Wilps, 1997; Rembold, 1997; Wilps *et al.*, 1997; Idrissi *et al.*, 1998; Idrissi, 2000).

Durant les missions de terrain, que nous avons effectuées lors de la recrudescence des populations du criquet pèlerin en 1995 dans le Sud Marocain, nous avons constaté que le revêtement végétal du biotope d'invasion est abondant et riche en espèces végétales dont certaines ont été épargnées par le criquet pèlerin; parmi les quelles nous avons retenu entre-autres une Zygophyllaceae *Peganum harmala* L. pour effectuer des tests sur le criquet.

Peganum harmala, plante endémique des zones semi- arides, se développe dans les zones sahariennes du Nord du continent africain et se prolonge jusqu'au Nord de l'Inde et en Nord de la Chine.

Elle est largement utilisée en médecine traditionnelle et en pharmacologie, elle est antimicrobienne (Ahmad *et al.*, 1992; Zaidi & Munir, 1995; Bellakhdar, 1997). C'est une espèce très toxique pour les animaux et l'homme en particulier (Aqel & Haddi., 1991; El Bahri, & Chemli 1991; Ayoub *et al.*, 1994; Bruneton, 1993, 1996). Elle est responsable de la paralysie du système nerveux et entraîne la mort par arrêt respiratoire chez les vertébrés, et peut provoquer l'interruption de grossesse chez les femmes (Bellakhdar, 1997), elle est également abortive et anti-fertilisante chez les rats (Nath *et al.*, 1993), c'est une plante riche en alcaloïdes indoliques (Munir *et al.* 1995).

En raison de nos observations, des propriétés thérapeutiques et toxiques de la plante, nous avons étudié l'effet des extraits des feuilles de *Peganum harmala* au stade végétatif ou de fructification sur la survie, la prise de nourriture, le poids et la reproduction du criquet pèlerin dans des conditions de laboratoires.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Matériel animal

Des larves femelles du cinquième stade ont été prélevées de l'élevage maintenu au laboratoire et placées dans une cage à part. Juste après la mue imaginale, elles sont transférées dans des rodeaux tapissés de papier filtre et éclairés par une lampe de 40W, une température diurne ($30 \pm 2^\circ\text{C}$), une température nocturne de ($25 \pm 3^\circ\text{C}$) et une photopériode de 12 heures d'éclairage et 12 heures d'obscurité.

Trois lots d'individus ont été constitués de 24 femelles chacun, que nous avons répartis en 8 bonnettes, cette répartition nous a permis de suivre aisément l'évolution individuelle des différents paramètres considérés, 24 femelles traitées par l'extrait des feuilles (stade végétatif), le même nombre a été retenu pour ceux traités par les feuilles (stade de fructification) ainsi que pour les témoins, soit un total de 72 femelles.

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

Dans le but de suivre le développement ovarien chez les femelles, nous avons introduit deux mâles mûres (prélevés de l'élevage en masse) par bonnette après l'arrêt du traitement. Ceci s'avère indispensable dans la mesure où le mâle constitue un stimulus fondamental pour la maturité sexuelle et la fécondité chez les femelles de *Schistocerca gregaria* (Norris, 1954).

A partir du 10^{ième} jour de la vie imaginale et d'une manière périodique, la dissection des femelles (La majorité présentent des troubles de l'équilibre, et leur fécès sont liquides) est réalisée dans du liquide physiologique, on mesure ensuite la longueur des ovocytes terminaux (soit trois ovocytes par femelle) à l'aide d'un micromètre adapté à la loupe binoculaire et on note la présence du vitellus.

Matériel végétal

Peganum harmala a été récoltée dans le Sud du Maroc (Sud-Est d'Errachidia) au cours de la période Mars –Avril au stade végétatif et Juin –Juillet au stade de fructification lors de la recrudescence de 1995.

L'extrait éthanolique est préparé à partir de 6grammes de feuilles séchées à l'ombre de *Peganum harmala* L. (stade végétatif ou stade de fructification) 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.

Ainsi, une quantité du même extrait éthanolique est préparée pour l'analyse phytochimique.

L'extrait éthanolique est séché sur le sulfate de sodium anhydre, filtré 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 0.11µm); 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 µl 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).

Nous avons obtenu les profils chromatographiques et les spectres de masse correspondants, des feuilles au stade végétatif ou au stade de fructification.

RÉALISATION DES TESTS

Au début de l'expérience, on a soumis les individus à un jeûne de 24 heures, après on les a pesés, ainsi que, les feuilles de laitue fraîches, sur lesquelles on étale une quantité de l'extrait éthanolique des feuilles de *Peganum*

harmala (stade de fructification ou végétatif), 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, ensuite, l'ensemble des individus est alimenté avec des feuilles de la laitue.

Ces 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 de l'extrait des feuilles (de fructification ou stade végétatif) de *Peganum harmala* sur les paramètres suivants :

— la prise de nourriture, le poids des individus effectués chez 24 femelles traitées avec l'extrait des feuilles de *P.harmala* en végétation, 24 femelles traitées avec l'extrait des feuilles de *P.harmala* en fructification et le même nombre est retenu chez les femelles témoins, soit 72 femelles au total,

— la mortalité est considérée chez 24 femelles de chaque lot. Chaque jour on compte les cadavres et on les retire des cages pour qu'ils ne soient pas consommés par leurs congénères

— la taille des ovocytes terminaux a été mesurée chez les femelles de chaque lot à partir du 10^{ième} jour, soit 22 témoins, 21 pour les traitées avec les feuilles en fructification et 18 femelles pour les traitées avec les feuilles en végétation,

— le nombre d'œufs/oothèque/femelle et le taux d'éclosion ont été considérés chez 6 femelles de chaque lot,

TRAITEMENTS STATISTIQUES

Les résultats obtenus sont comparés par ANOVA (Fixed Effects Analyse of Variance), en plus nous avons opté pour l'utilisation de MANOVA (Multivariate Analyse of Variance) avec le test défaut (Pillai-Bartlett Trace), en essayant d'exprimer le poids en fonction de la quantité d'aliment consommé, du régime-temps en utilisant le logiciel S-Plus 2000 professionnel (1999 Math soft).

RÉSULTATS

Effet de *Peganum harmala* sur la prise de nourriture, le poids et la mortalité des femelles traitées à l'état imaginal.

Les figures 1 et 2 mettent en exergue les variations temporelles de la quantité d'aliment consommé et le poids des témoins et des individus dont la

Prise de nourriture (g)

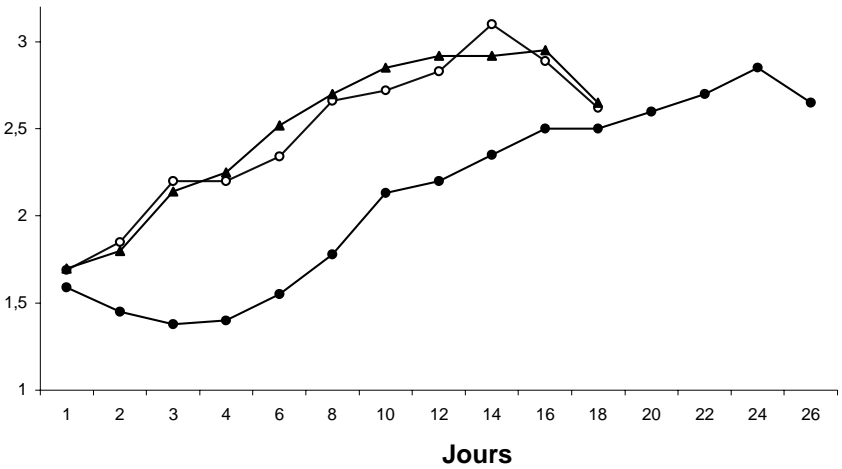


Figure 1.—Effet de *Peganum harmala* sur la prise de nourriture du criquet pèlerin. ○: Témoins; ▲: Traitées (feuilles-fructification); ●: Traitées (feuilles-végétation).

Figure 1.—Effect of *Peganum harmala* on food intake of the desert locust. ○: Control; ▲: Treatment with leaves at fructification stage; ●: Treatment with leaves at vegetative stage.

Poids moyen (g)

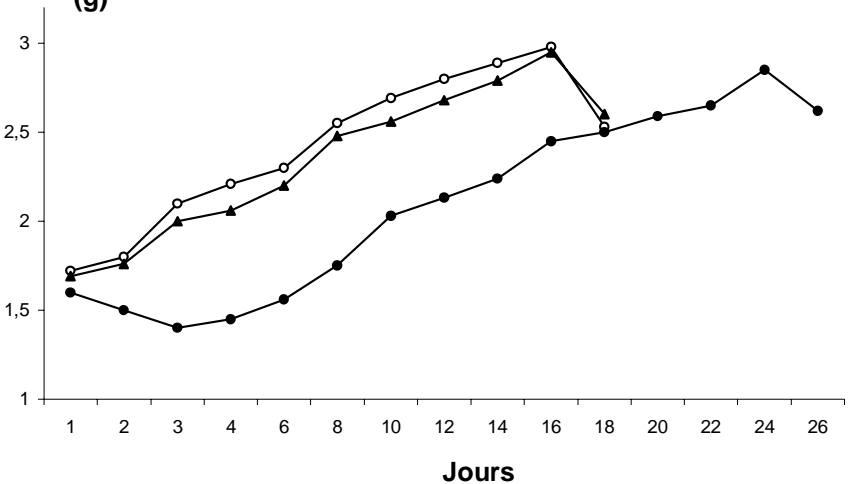


Figure 2.—Effet de *Peganum harmala* sur le poids moyen des individus du criquet pèlerin. ○: Témoins; ▲: Traitées (feuilles-fructification); ●: Traitées (feuilles-végétation).

Figure 2.—Effects of *Peganum harmala* on the mean weight of desert locust. ○: Control; ▲: Treatment with leaves at fructification stage; ●: Treatment with leaves at vegetative stage.

nourriture est traitée avec l'extrait des feuilles de *P. harmala* en fructification ou en végétation. Il ressort, que la consommation moyenne journalière (fig.1), montre une diminution de la prise de nourriture chez les femelles traitées avec l'extrait des feuilles de *Peganum harmala* au stade végétatif par rapport aux deux autres lots, malgré, le rattrapage nutritionnel amorcé par ces traitées à partir du sixième jour.

En effet la quantité d'aliment considérée est significativement différente entre les individus des 3 lots soumis à des régimes différents ($F_{(2, 534)} = 135,9073$, $p < 0,0001$).

Parallèlement, le poids des individus (fig. 2) suit le même profil, les mesures enregistrées sont significativement différentes en fonction du temps ($F_{(10, 526)} = 60,94451$, $p < 0,0001$), du régime imposé ($F_{(2, 534)} = 151,1815$, $p < 0,0001$), ainsi qu'en fonction de la quantité de l'aliment consommé ($F_{(1, 535)} = 6957,727$, $p < 0,0001$).

En outre, nous avons utilisé un autre test comme il est déjà mentionné dans la section, Traitements statistiques, MANOVA (Multivariate Analyse of Variance) avec le test défaut (Pillai-Bartlett Trace), qui nous a permis de confirmer que les mesures du poids-quantité d'aliment consommé en fonction du régime alimentaire et temps sont significativement différents ($p < 0,0001$).

Par-ailleurs, nous avons observé durant le traitement, des troubles de l'équilibre (tremblement du corps et des appendices) chez les femelles traitées et leurs fécés sont liquides comparés à ceux de témoins.

La figure 3 montre le taux de mortalité cumulée considérée chez les trois lots d'individus. On remarque que la mortalité a débuté le sixième jour chez les traitées avec les feuilles au stade végétatif. Un taux de mortalité cumulée de 29% est atteint au 14^{ième} jour de la vie imaginale, alors qu'il est de 15% chez les traitées avec les feuilles en fructification, contre 12,5% chez les témoins durant la même période.

Effet de *Peganum harmala* sur le développement ovarien chez les femelles traitées à l'état imaginal.

La figure 4. montre la croissance de la taille des ovocytes terminaux au cours du premier cycle ovarien. Les mesures des ovocytes obtenues chez les traitées avec *Peganum harmala* au stade végétatif sont faibles comparées aux résultats obtenus chez les témoins chez les traitées par l'extrait de *Peganum harmala* au stade de fructification

Les mesures de la taille des ovocytes sont significativement différentes dans le temps ($F_{(1, 88)} = 198,9018$, $p < 0,0001$) et entre les femelles des 3 lots en fonction du régime alimentaires ($F_{(2, 87)} = 11,12845$, $p < 0,0001$).

Taux de mortalité cumulée

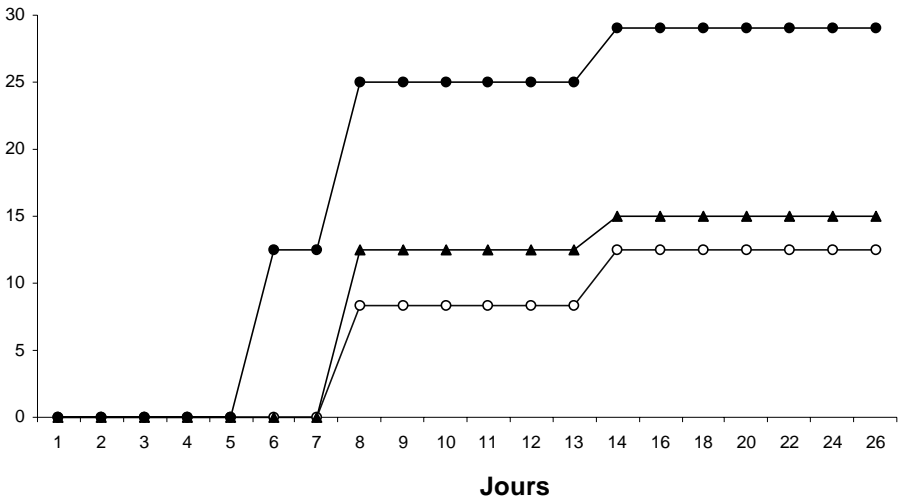


Figure 3.—Effets de *Peganum harmala* sur le taux de mortalité cumulée (%) sur les femelles du criquet pèlerin. ○: Témoins; ▲: Traitées (feuilles-fructification); ●: Traitées (feuilles-végétation); n = 24 pour chaque groupe.

Figure 3.—Effects of *Peganum harmala* on cumulative mortality rate (%) of desert locust females. ○: Control; ▲: Treatment with leaves at fructification stage; ●: Treatment with leaves at vegetative stage; n = 24 for each group.

Les témoins et les traitées (feuilles-fructification) ont effectué leur première ponte le 18^{ème} jour de la vie imaginaire, alors que les femelles traitées (feuilles-végétatif) ont accompli leur ponte mais avec un retard de huit jours.

Effet de *Peganum harmala* sur la fécondité et la fertilité des femelles traitées à l'état imaginal.

Le tableau I montre que le nombre d'œufs issues des femelles traitées avec l'extrait des feuilles (végétatif) est significativement faible ($F_{(2, 15)} = 30,309$, $p = 0,0001$) comparé au nombre d'œufs pondus par les traitées avec *P.harmala* au stade de fructification ($p < 0,0001$) et ceux pondus par les témoins ($p < 0,0001$).

**La taille
moyenne des
ovocytes (mm)**

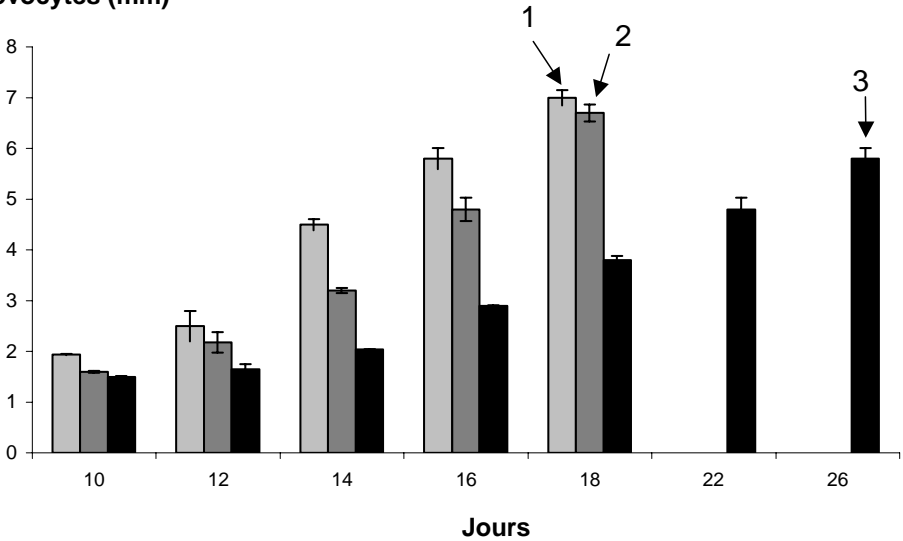


Figure 4.—Effet de *Peganum harmala* sur la croissance de la taille moyenne des ovocytes terminaux ($x + ED$) des femelles du criquet pèlerin. □: Témoins; ■: Traitées (feuilles-fruitification); ■: Traitées (feuilles-végétation); 1: ponte des témoins, 2: ponte des traitées (feuilles-fruitification), 3: ponte des traitées (feuilles-végétation); $n = 2$ femelles (soit 6 ovocytes) pour chaque point
Figure 4.—Effects of *Peganum harmala* on growth of terminal ovocytes ($x + ED$) of desert locust females. □: Control; ■: Treatment with leaves at fructification stage; ■: Treatment with leaves at vegetative stage; 1: control clutch; 2: clutch from treatments at fructification stage; 3: clutch from treatment at vegetative stage; $n = 2$ females (i.e., 6 ovocytes) for each point

Tableau I.—Effets des extraits des feuilles de *Peganum harmala* sur la fécondité, le nombre d'œufs éclos par femelle et le taux d'éclosion.

Table I.—Effects of leaves extracts of *Peganum harmala* on fecundity, number of eggs per female hatched and hatching rate.

	Femelles témoins (N=6)	Femelles traitées (feuilles-fruitification) (N=6)	Femelles traitées (feuilles- végétatif) (N=6)
Nombre d'œufs pondus par femelle à la première ponte	64 ± 4	64 ± 2	50 ± 3
Nombre d'œufs éclos Par femelle	57 ± 3	52 ± 6	20 ± 5
Taux d'éclosion	89%	80%	40%

Le taux d'éclosion des œufs des femelles traitées avec les feuilles (stade végétatif) est réduit de moitié comparé à celui des témoins et des traitées avec les feuilles au stade de fructification.

Analyse phytochimique

Suite aux différences significatives enregistrées entre les paramètres considérés chez les trois lots expérimentés, nous avons jugé nécessaire de réaliser une analyse phytochimique pour définir la cause de cette constatation.

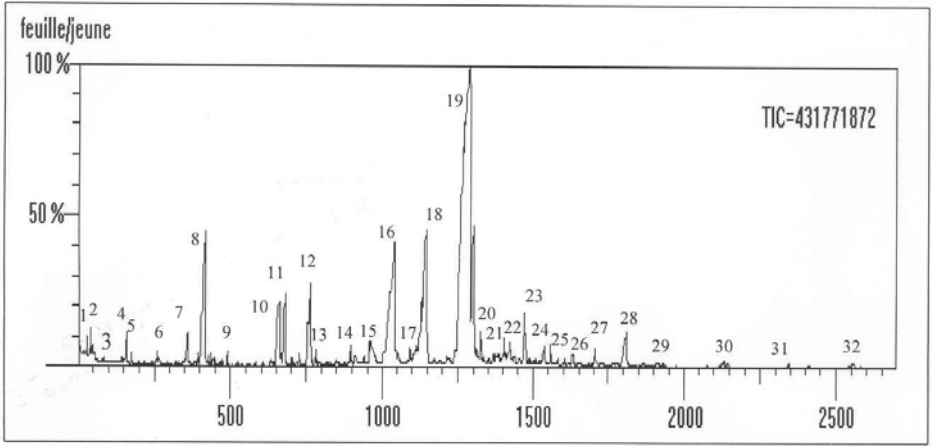
Les résultats de l'analyse phytochimique présentés dans le figure (5A et 5B) montrent que le profil chromatographique et le spectre de masse correspondant de l'extrait des feuilles *Peganum harmala* au stade végétatif, révèle la présence d'un seul alcaloïde indolique comme pic majoritaire, c'est la vasicine, les autres produits ne sont pas des alcaloïdes indoliques (Tableau II), alors que pour l'extrait feuilles de *Peganum harmala* au stade de fructification le pic majoritaire représenté correspond à la harmaline (Figures 6A et 6B).

Tableau II.—Les produits identifiés du profil chromatographique (Figure 5A) des feuilles de *P. harmala* au stade végétatif.

Table II.—Compounds identified in chromatographic profile (Figure 5A) of the leaves of *P. harmala* at the vegetative stage.

1	C8H23NSi2	17	C20H52O5Si5
2	NI	18	C19H40O2Si
3	NI	19	C21H40O2Si
4	C9H22O3Si2	20	C21H40O2Si
5	NI	21	NI
6	NI	22	C23H48O2Si
7	NI	23	C24H38O4
8	C12H32O3Si3	24	C36H86O11Si8
9	C12H27NO2Si2	25	NI
10	NI	26	C33H78O11Si7
11	C16H42O4Si4	27	NI
12	CH15H35NO3Si3	28	NI
13	C14H24O4Si2	29	C36H86O11Si8
14	C20H52O5Si5	30	C33H64O2Si2
15	NI	31	NI
16	VASICINE	32	NI

A



B

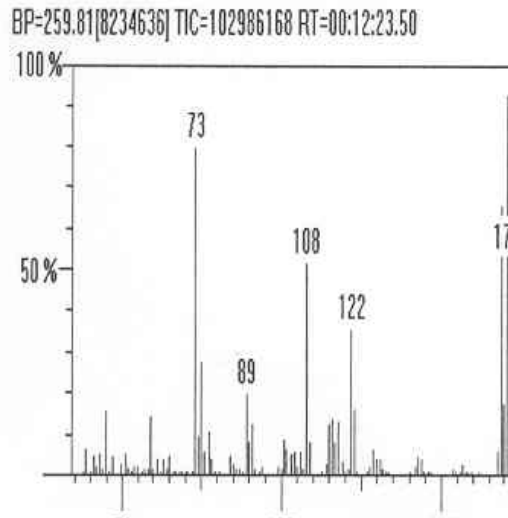
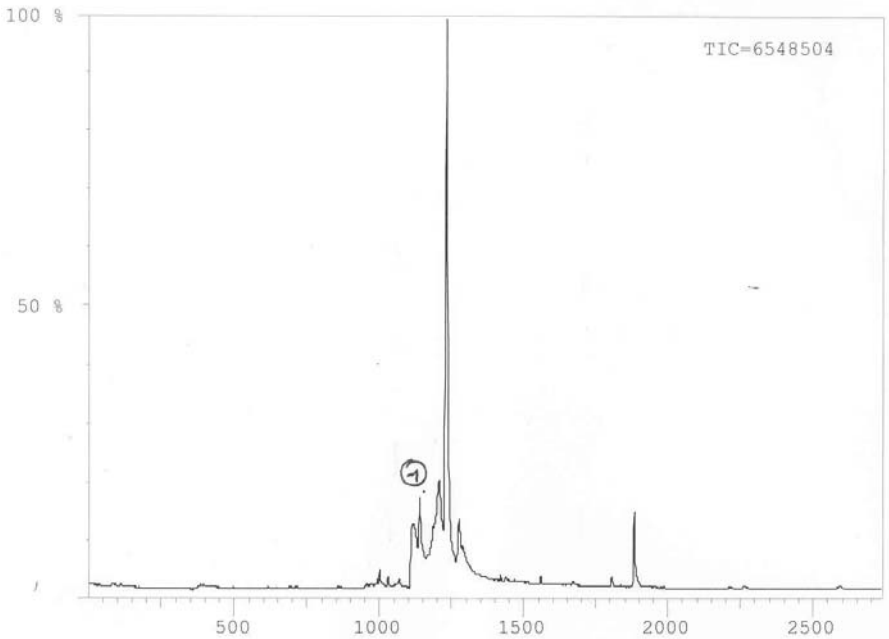


Figure 5.—A. Profil chromatographique de l'extrait silylé des feuilles de *Peganum harmala* en stade de végétation. B. Spectre de masse de la vasicine-TMS (pic 16).

Figure 5.—A. Chromatographic profile of the silyle extract of *Peganum harmala* leaves at the vegetative stage. B. Mass spectrogram of vasicine-TMS (peak 16).

A



B

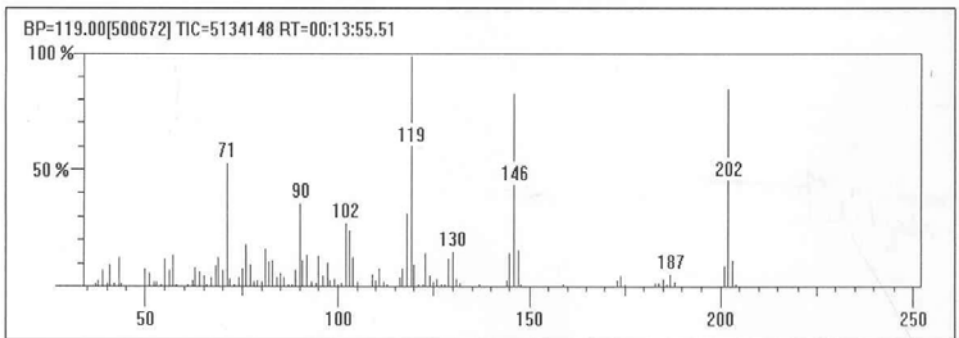


Figure 6.—A. Profil chromatographique des feuilles de *Peganum harmala* en stade de fructification. B. Spectre de masse de la harmaline-TMS (pic 3).

Figure 6.—A. Chromatographic profile of *Peganum harmala* leaves at the fructification stage. B. Mass spectrogram of harmaline-TMS (peak 3).

DISCUSSION

L'extrait éthanolique des feuilles de *Peganum harmala* au stade végétatif ou au stade de fructification entraîne un taux de mortalité de 29% obtenu avec le premier extrait et de 15% avec le second extrait au bout de 14^{ème} jour de la vie imaginale, en outre nous avons remarqué que les fèces des traitées sont liquides.

L'extrait des feuilles (à l'état végétatif) provoque chez 100% des femelles survivantes au traitement un retard de la maturité sexuelle d'une durée de huit jours au minimum, une réduction de la fécondité, du taux d'éclosion et des troubles de l'équilibre.

L'extrait des feuilles (à l'état de fructification) entraîne un retard de la maturité sexuelle de six jours seulement chez 16.6% des femelles.

Les résultats statistiques réalisés en considérant l'ensemble des données (la consommation, le poids des individus, la taille des ovocytes), révèlent d'une part des différences significatives des paramètres en fonction du temps et du régime alimentaire imposé aux individus, d'autre part la dépendance du paramètre poids de la quantité d'aliment consommé du régime alimentaire – temps entre les 3 lots, dont les retombées sont directes sur la taille des ovocytes.

Toutefois, cette Analyse Statistique adoptée, n'a pas permis de mettre en évidence les différences des résultats obtenus, qui existent spécialement entre les individus traités par *P.harmala* au stade végétatif ou au stade de fructification. Ces différences sont à mettre en relation avec la nature de l'alcaloïde indolique des feuilles de *Peganum harmala*, selon le stade phénologique considéré

Par ailleurs, les différents troubles physiologiques observés chez l'ensemble des traitées sous tendent des altérations qui affectent le système nerveux du criquet. En effet les alcaloïdes indoliques (la vasicine et la harmaline) de *Peganum harmala* sont connus pour leur action neurotoxique chez les vertébrés (El Bahri *et al.*, 1991).

Celles-ci se manifestent par des troubles de l'équilibre, des tremblements des appendices, des segments abdominaux et ensuite la mort des individus.

En outre l'aspect hydraté des fèces résulterait d'une défécation intense suite à un dérèglement du processus de la régulation hydrique, ce phénomène a été souvent constaté chez des insectes exposés à des insecticides organohalogènes (Moréteau, 1991) et chez des rats traités par *Peganum harmala* (Nath *et al.*, 1993).

La réduction de la fécondité et du taux d'éclosion, seraient dus à des troubles de l'ovogenèse sous l'effet de ces alcaloïdes indoliques neurotoxiques. La vasicine pic majoritaire de l'extrait des feuilles (végétatif) serait bien responsable de ce résultat. Des travaux antérieurs (Bruneton, 1993; Duke,

1985 in Idrissi, 2000) ont montré que cet alcaloïde a des effets °abortifs et anti-fertilisants.

En outre, la perte de poids constatée chez les traitées (feuilles à l'état végétatif ou de fructification) générée par l'effet toxique des extraits serait un facteur qui perturbe le bon déroulement du processus de la vitellogenèse.

L'ingestion de la plante entière de *Peganum harmala* entraîne chez le criquet pèlerin un taux de mortalité cumulé de 45% chez les larves du quatrième stade, un blocage du développement ovarien chez les femelles issues de larves du cinquième stade (Idrissi et al., 1998), ces résultats diffèrent de ce que nous avons obtenu, ce qui est tout à fait normal, étant donné que nous avons testé uniquement l'extrait des feuilles de la plante.

CONCLUSION

L'extrait des feuilles de *Peganum harmala* au stade végétatif est toxique, anti-appétant, réduit la fécondité et la fertilité de l'adulte femelle de *Schistocerca gregaria*.

L'extrait des feuilles de la plante au stade de fructification produit les mêmes effets mais de moindre importance.

La différence significative de ces résultats est à mettre en relation avec la nature de l'alcaloïde indolique contenu dans l'extrait des feuilles de *Peganum harmala* qui varie au cours de ses stades phénologiques.

Nous pensons que ces substances naturelles extraites des plantes pourraient constituer la base de synthèse de molécules en meilleure harmonie avec l'environnement.

BIBLIOGRAPHIE

- 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 their derivatives. *J. Ethno pharmacol limerick*, 35: 289-294.
- AQEL, M. & HADIDI, M. 1991. Direct relaxant effect of *Peganum harmala* seed extract smooth muscles of rabbit and guinea pig. *International Journal of Pharmacology Lisse*, 29: 176-182.
- AYOUB, M. T., AL-ALLAF, T. & RASHAN L. J. 1994. Antiproliferative activity of harmalol. *Fitoterapia*, 65: 14-18.
- BELLAKHDAR, J. 1997. *La pharmacopée marocaine traditionnelle; Médecine arabe et ancienne et savoirs populaires*. Ibis Press, Saint Etienne, 746 pp.
- BRUNETON, J. 1993. *Pharmacognosie phytochimie plantes médicinales*. Edition Lavoisier Paris.
- 1996. *Plantes toxiques. Végétaux dangereux pour l'homme et les animaux*. Edition Lavoisier, Paris, 529 pp.

- DOUMBIA, L. 1994. Les effets de *Melia Azedarach* sur les larves du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. *Sahel Protection des Végétaux. INFO*, 60: 2-10.
- DIOP, B. & WILPS, H. 1997. Field trials with neem oil and *Melia volkensii* extracts on *Schistocerca gregaria*. En: S. KRALL, R. PEVELING & D. BA DIALLO (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. *Veterinary and Human Toxicology*, 33: 276-277.
- IDRISSI-HASSANI, L. M., OULD-AHMEDOU, M. L., CHIHRANE, J. & BOUAÏCHI, A. 1998. Effets d'une alimentation en *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur la survie et le développement ovarien du criquet pèlerin: *Schistocerca gregaria* Forskal (Orthoptera, Acrididae). *Ethnopharmacologia*, 23: 26-41.
- IDRISSI-HASSANI, L. M. 2000. *Analyse phytochimique de l'harmel Peganum harmala L. (Zygophyllaceae): Etude de ses effets sur le criquet pèlerin Schistocerca gregaria Forskal (1775), Orthoptera, Acrididae*. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Ibn Zohr, Agadir.
- MUNIR, C., ZAÏDI, M. I., NASIR-AHMAD., A. U. R. & AHMAD, N. 1995. An easy rapid metal mediated method of isolation harmine and harmaline from *Peganum harmala*. *Fitoterapia*, 66: 73-76.
- NASSEH, O., KRALL, S., WILPS, H. & SALISSOU, G. B. 1992. Les effets d'inhibiteurs de croissance et de biocides végétaux sur les larves de *Schistocerca gregaria* (Forsk.). *Sahel Protection des végétaux INFO*, n°45.
- NATH, D., SETHI, N., SRIVASTAVA, R., JAIN, A. K., SINGH R K. 1993. Study on tetragenic and antifertility activity of *Peganum harmala* in rats. *Fitoterapia*, 64: 321-324.
- NORRIS M. J. 1954. Sexuel maturation in the Desert Locust with special reference to the effects of grouping. *Anti-locust Bulletin*, 18: 1-44.
- REMBOLD, H. 1997. *Melia volkensii*: a natural insecticide against desert locust. En: S. KRALL, R. PEVELING & D. BA DIALLO (Eds). *New Strategies in Locust Control*: 185-191. Birkhäuser Verlag, Basel.
- WILPS, H. & DIOP B. 1997. Field investigations on *Schistocerca gregaria* (Forsk.) adults, hoppers and hopper bands. En: S. KRALL, R. PEVELING AND D. BA DIALLO (Eds). *New Strategies in Locust Control*: 117-127. Birkhäuser Verlag, Basel.
- 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.