

Pouvoir insecticide de *Peganum Harmala* sur *Schistocerca Gregaria*: Effets de l'huile et des extraits de feuilles.

L.M. IDRISSE HASSANI¹, M.L. OULD AHMEDOU¹, E.H. MAYAD¹, A. BOUAICHI².

1- Laboratoire de Symbiotes racinaires et Biochimie végétale, Faculté des Sciences, Agadir, B.P. 28/S, Maroc.

2- Centre National de Lutte antiacridienne, Aït Melloul, Agadir, Maroc.

Résumé :

Les travaux rapportés concernent les effets des extraits de *Peganum harmala* sur les larves du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* en élevage expérimental. Ces extraits sont l'huile des graines administrée en application topicale sous le pronotum de l'insecte (2 doses : 2µl et 3µl) et les extraits de feuilles injectés dans le corps de l'animal. Les observations prennent en compte la prise de nourriture, le comportement et la survie de l'animal. Les résultats montrent que l'huile provoque une mortalité chez les larves mais n'entraîne pas de retard de développement, les survivants présentent une paralysie, une diminution de la consommation et des mouvements désordonnés.

Les extraits de feuilles injectés provoquent une modification du comportement des larves et une diminution de la prise de nourriture menant à une diminution de poids.

Mots-clés : *Peganum harmala*, extraits, *Schistocerca gregaria*, pouvoir insecticide.

Peganum harmala a été beaucoup étudiée pour ses activités pharmacologiques mais à notre connaissance c'est la première fois qu'une étude est consacrée à ses effets sur un insecte en particulier *Schistocerca gregaria*, espèce d'importance capitale.

Parmi les substances "douces" utilisables contre les criquets, les insecticides végétaux se sont avérés forts efficaces contre les insectes et

non-toxiques pour les mammifères et les oiseaux aux doses appliquées. Se dégradant complètement dans le sol, ils sont peu néfastes pour l'environnement [1].

Ces substances secondaires ont un rôle important parce qu'elles déterminent la spécificité de la relation plante-insecte. Elles peuvent être perçues par l'insecte et soit l'attirer (phagostimulation) ou le repousser

Article reçu le 2 Novembre 2002.

Adresse de correspondance et de tirés à part : Dr. E.H. Mayad,
Laboratoire de Symbiotes racinaires et Biochimie végétale, Faculté des Sciences, Agadir, B.P. 28/S

(répulsion, dissuasion) mais d'une manière générale elles constituent un moyen de défense pour la plante, c'est pourquoi certains de ces composés peuvent remplacer les insecticides de synthèse

Le criquet pèlerin, encore appelé criquet du désert, *Schistocerca gregaria* Forsk. (1775), comme tous les acridiens, appartient à un grand groupe d'insectes, les Orthoptères que l'on reconnaît aux puissantes pattes postérieures qu'ils utilisent pour sauter. Dans l'ordre des Orthoptères, *Schistocerca gregaria* est classé dans le sous ordre des Caélifères, la super famille des Acridoidae, la famille des Acrididae et la sous famille des *Cyrtacanthacridinae* [2].

Cet acridien est considéré depuis l'Antiquité comme l'un des principaux fléaux de l'humanité dans l'ancien Monde. Il constitue la huitième plaie d'Egypte dans la Bible. Ses ravages s'étendent à la majorité des pays arides et semi-arides de la côte Ouest de l'Afrique à l'Inde [3].

Les présents travaux portent sur les effets des extraits de *Peganum harmala* sur les larves du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. Ces extraits sont l'huile des graines administrée en application topicale sous le pronotum de l'insecte et les extraits de feuilles injectés dans le corps de l'animal. Les observations prennent en compte la prise de nourriture, le comportement et la survie de l'animal.

Matériel et méthodes

1. Etude de l'effet de l'huile en application topicale

1.1. Extraction de l'huile :

500 g de graines de *Peganum harmala* ont été séchées à l'étuve à 40°C pendant 48 heures

puis broyées. La poudre obtenue est placée dans un extracteur de type Soxhlet. Le ballon de récupération de 250 ml contenant de l'hexane est porté à une température de 69°C. L'extraction dure 5 heures. Après filtration et élimination de l'hexane sous vide, l'échantillon d'huile obtenu est placé sous courant d'azote afin d'éliminer les traces d'hexane résiduelles.

1.2. Protocole d'essai sur les insectes :

1.2.1. Chez les larves

Des larves du 4ème stade provenant de l'élevage de masse maintenu dans des conditions semi-naturelles de la station de recherche d'Akjoujt (Mauritanie) ont été isolées et introduites dans des cages d'expérimentation de 28,5 x 28,5 x 30 cm de taille. Dans chaque cage, 20 individus sont isolés et nourris avec du blé frais germé dans la station. Les larves ont été traitées avec de l'huile de *P. harmala*. Chaque larve a reçu sous le pronotum 3 ml pour la forte dose et 2 ml pour la faible dose. Ces doses ont été appliquées avec un Microapplicateur, type BERKUND.

Pour chaque dose, trois répétitions ont été effectuées, soit un total de 60 individus par dose. Les témoins sont traités avec les mêmes doses (2 et 3 µl) et avec les mêmes répétitions que celles des traités, mais avec l'huile de sésame. L'expérience a duré 27 jours.

Les observations quotidiennes ont concerné la mortalité, la mue, les comportements anormaux des insectes, ainsi que l'estimation de la consommation journalière du végétal proposé. La végétation est composée de blé germé sur une couche très mince de sable fin. Elle est offerte à une hauteur de 20 cm dans des assiettes de germination (de 13 X 17 cm de taille). La végétation est pulvérisée avec de l'eau chaque jour pour maintenir sa turgescence. L'essai prend fin dès que les larves atteignent le stade adulte.

1.2.2. Chez les imagos

Le traitement est effectué avec le même Microapplicateur, mais cette fois à la base de l'élytre. La dose est de 5 ml par individu. Cette augmentation est due au poids des imagos. Ce traitement a concerné 25 femelles pour l'huile de *P. harmala* et 25 femelles pour l'huile de sésame. Trois répétitions ont également été réalisées.

2. Effets des extraits végétaux injectés

2.1. Préparation des extraits

La question posée est la suivante : est-ce que les extraits de la plante peuvent provoquer les mêmes effets que ceux provoqués par une alimentation par la plante entière ?

Les extraits végétaux proviennent de feuilles extraites au mélange méthanol / eau (80/20). Après une sonication de 15 minutes, le mélange est placé sous agitation magnétique pendant 12 heures. L'extrait est alors filtré et centrifugé pour éliminer les particules solides. Le surnageant récupéré est alors évaporé à sec et on note le poids du ballon avant et après l'opération pour avoir le poids de l'extrait hydrométhanolique. Le résidu solubilisé dans un volume connu d'eau constitue la solution mère brute.

En ce qui concerne l'extrait purifié, il provient d'une purification sur colonne de cellulose qui permet de séparer les alcaloïdes des autres constituants de l'extrait. Les fractions pures obtenues sont alors évaporées à sec, identifiées par C.C.M. et leur poids sec noté.

2.2. Préparation des individus et injections

La méthode d'injection, difficile à réaliser car traumatisante pour l'insecte, présente l'avantage de mettre directement dans l'hémolymphe la ou les substances à tester et permet également le dosage.

Les injections sont réalisées en une seule fois à l'aide d'une seringue Hamilton de 5 µl en tenant l'insecte entre le pouce et l'index. L'aiguille est introduite à environ 2 mm dans l'avant dernier segment abdominal du criquet, entre tergite et sternite.

L'opération est optimisée de façon à durer le moins de temps possible (60 à 75s) pour éviter de traumatiser l'insecte. Trois lots de 10 individus mâles et femelles du 5ème stade sont isolés et mis à jeun. Leur poids vif initial est noté. Les témoins sont injectés avec de l'eau distillée. Le premier lot est constitué d'individus injectés avec l'extrait purifié à 0,07 g/ml d'extrait hydrométhanolique (Lot 1). Le deuxième lot est constitué d'individus injectés avec la solution mère à 0,1 g/ml (Lot 2).

Pour chaque individu, un volume de 5 ml est injecté soit pour le deuxième lot une quantité de 350 mg et pour le troisième lot, une quantité de 500 mg. Les injections sont répétées toutes les 48 heures sur une durée de 8 jours. L'alimentation fournie pour les trois lots est la même : du blé frais germé de sept jours et du son de blé.

2.3 Observations

Les individus sont placés dans des cages individuelles de 10 x 24 x 18 cm (H x L x l), disposés de façon aléatoire et isolés entre eux par des feuilles de papier afin d'éviter tout stimulus visuel du congénère pouvant influencer leur comportement.

Les observations comportementales sont réalisées le jour même de l'injection sur une période de six heures à intervalles réguliers de 15 minutes. Quatre séries d'observation sont réalisées pendant 8 jours, celles-ci prennent en compte les comportements suivants :

- prise de nourriture
- perche
- repos

Les poids des individus étant relevé chaque jour, nous avons noté le gain ou la perte de poids, ainsi que la mortalité et tout comportement anormal.

2.4 . Méthodes de calculs :

Les comportements des individus sont traduits en termes de fréquences absolues. La réponse comportementale est le nombre de fois par unité de temps où l'individu exprime un comportement donné.

3. Analyses statistiques :

L'analyse de la variance (ANOVA) à un seul facteur et le test "t" de Student ont été utilisés pour les analyses des résultats.

Les différents résultats sont représentés en tant que moyenne arithmétique des valeurs \pm ES (erreur standard de la moyenne)

Résultats

1. Effet de l'huile de *Peganum harmala* en application topicale

1.1. Effets sur la mortalité

L'application de l'huile extraite des graines de *P. harmala* sur les larves du 4^{ème} stade de *S. gregaria* provoque un taux de mortalité de 55% pendant les 7 premiers jours avec la forte dose (3 ml), 25 % de mortalité avec la faible dose (2 ml) après dix jours d'expérience tandis que les témoins n'ont pas dépassé les 5 % de mortalité (Figure 1). Ces résultats sont hautement significatifs ($p < 0,001$).

Ces taux de mortalité se sont stabilisés jusqu'à la fin de l'essai, ce qui prouve que l'effet de l'huile de *P. harmala* est rapide comparative-ment avec celui des autres extraits végétaux tels que le *Melia volkensii* et *Azadirachta indica* (*Meliaceae*) où l'effet est observé sur deux semaines [6]. On constate également que

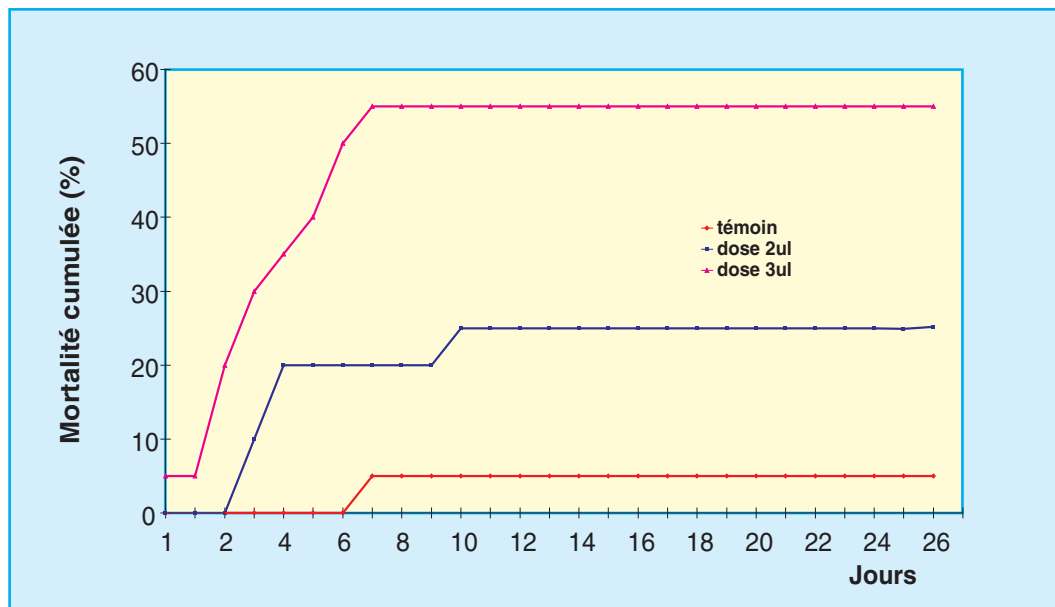


Figure 1: Mortalité cumulée des larves du 4^{ème} et du 5^{ème} stade de *Schistocerca gregaria*. Témoins traités avec l'huile de sésame, individus traités avec la dose 2 l d'huile de *P. harmala*, individus traités avec la dose 3 l (n= 60 pour chaque lot).

la mortalité débute chez le lot traité avec la forte dose plus rapidement (6 jours plus tôt et au 7ème jour elle atteint 55%) que chez le lot traité avec 2 ml et que chez le témoin.

Contrairement aux Méliacées déjà citées, aucune déformation au cours ou après la mue n'est observée. Cependant, la mort des larves est précédée par une paralysie dès les premiers jours. Les consommations quotidiennes ont prouvé un manque d'appétit important chez les larves traitées avec la forte dose. La végétation a été renouvelée deux fois en moyenne chez les témoins qui avaient consommé toute leur nourriture et n'a pas été renouvelée chez les larves traitées avec 3 ml de l'huile de *P. harmala* car ceux-ci consommaient peu.

Les observations journalières montrent une activité très faible des larves traitées avec 3 ml, ce qui suppose que l'action combinée de l'huile et des ennemis naturels de ces insectes sur le terrain peuvent augmenter ce taux de mortalité (Wilps, communication personnelle). Aucune mortalité cependant n'est signalée

aussi bien chez les imagos traités avec 5 ml d'huile de *P. harmala* que chez ceux traités avec l'huile de sésame.

1.2. Effets sur le développement larvaire

Aucun retard de développement significatif entre les sujets traités et les témoins n'a été observé (figures 2 et 3) bien que l'on constate que ce sont toujours les témoins qui passent la mue en premier.

2. Effets des extraits végétaux injectés

2.1. Action sur le poids des individus

Les pesées journalières ont montré que ce sont les individus du lot 1 (injectés avec la solution purifiée à 0.07 g/ml de l'extrait hydrométhanolique) qui présente l'évolution de poids la plus faible. Leurs moyennes sont différentes significativement de celles des témoins ($p < 0,05$) en fin d'expérience ainsi que ceux du lot 3 (injectés avec la solution brute à 0,1 g/ml), (Figure 4).

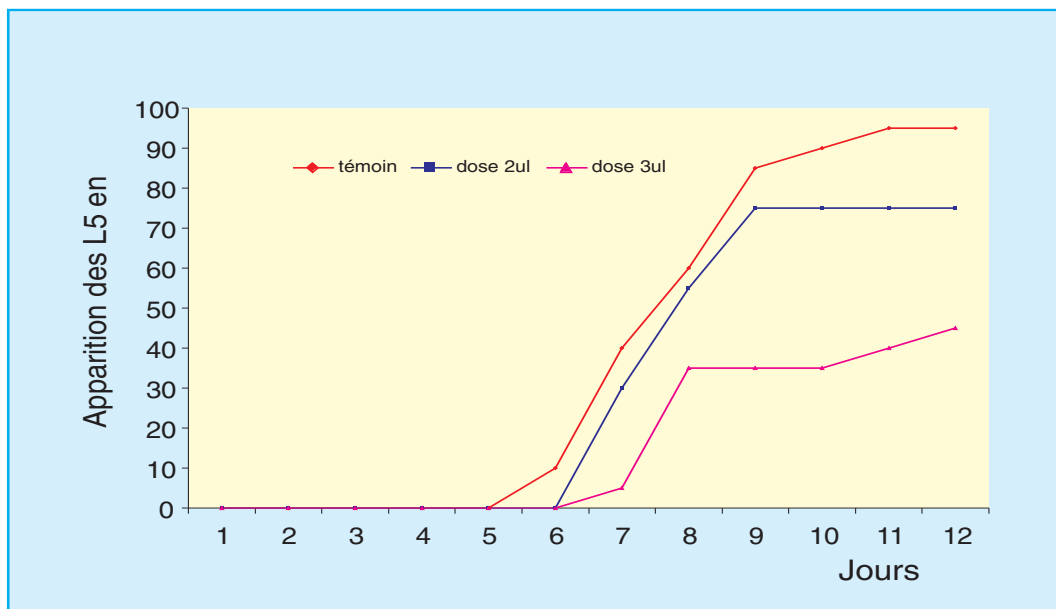


Figure 2 : Pourcentage de larves ayant atteint le 5^{ème} stade après application de l'huile sur les larves du 4^{ème} stade : témoins traités avec l'huile de sésame, individus traités avec la dose 2 l d'huile de *P. harmala*, individus traités avec la dose 3 l (n= 60 pour chaque lot).

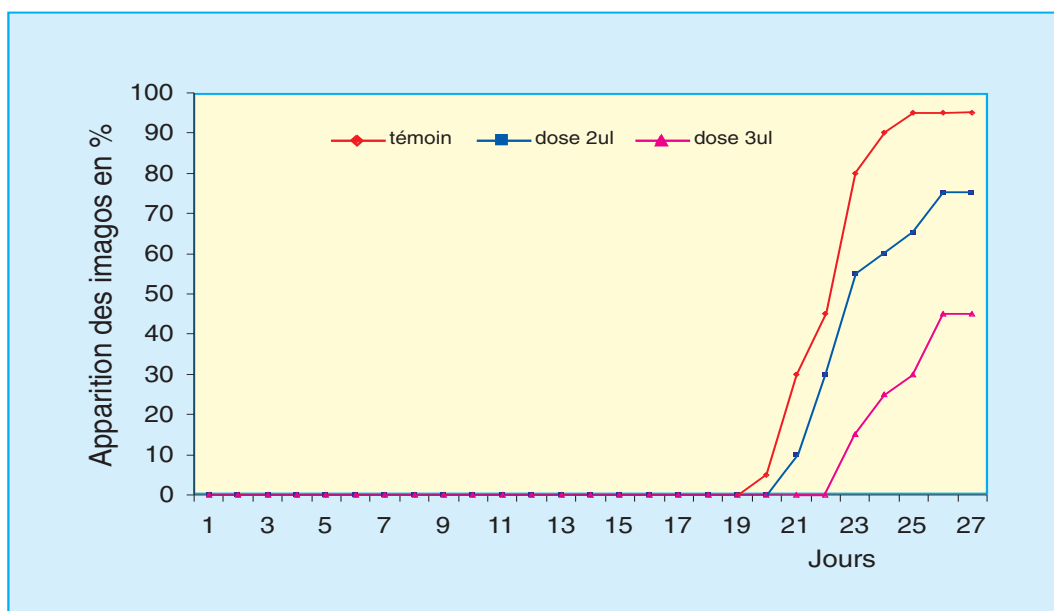


Figure 3: Pourcentage des larves du 5^{ème} stade de *S. gregaria* ayant atteint la mue imaginale après application de l'huile sur les larves du 4^{ème} stade : témoins traités avec l'huile de sésame, individus traités avec la dose 2 l d'huile de *P. harmala*, individus traités avec la dose 3 l de *P. harmala* L. (n= 60 pour chaque lot).

2.2. Action sur la mortalité

Très peu de mortalités ont été observées dans les lots, en moyenne un individu par lot est mort et surtout en fin d'expérience mais cela ne semble aucunement en relation avec le traitement subi et ces taux ne dépassent pas la moyenne observée normalement dans les élevages. Nous estimons donc que les quantités que nous avons injecté des extraits de *P. harmala* sont bien en dessous des quantités létales.

2.3. Action sur le comportement

Nos observations sur le comportement se sont réalisées durant les six heures qui suivent les injections pendant la journée car la nuit, l'activité du criquet est minimale ce qui est corroboré par de nombreux auteurs dont Ben Halima, (1983) [7] qui a signalé qu'en phase obscure, il y a diminution d'activité chez le criquet marocain mais que la prise de nourriture a lieu si la température est suffisante. Pour Duranton et al., (1982) [3] la prise de nourriture est ralentie durant la nuit.

Ces observations sont effectuées toutes les 15 minutes durant une période de 6 heures après l'injection. Pour des raisons de commodité, nous présentons les séries de figures 5, 6, 7 avec des observations comportementales cumulées sur une heure d'observation.

D'une manière générale, dans tous les lots étudiés et durant toute la période d'observation, c'est le comportement de perche qui est le plus observé, suivi par le comportement de repos (le criquet ne bouge pas) et par le comportement de prise de nourriture.

Le problème qui se pose est de savoir quels sont les comportements "normaux" de ceux qui pourraient être influencés par nos extraits : il est à noter que nous n'avons pas remarqué de comportements autres que ceux des témoins, nous avons par conséquent comparé les comportements des individus injectés avec les solutions de *Peganum harmala* avec ceux des témoins.

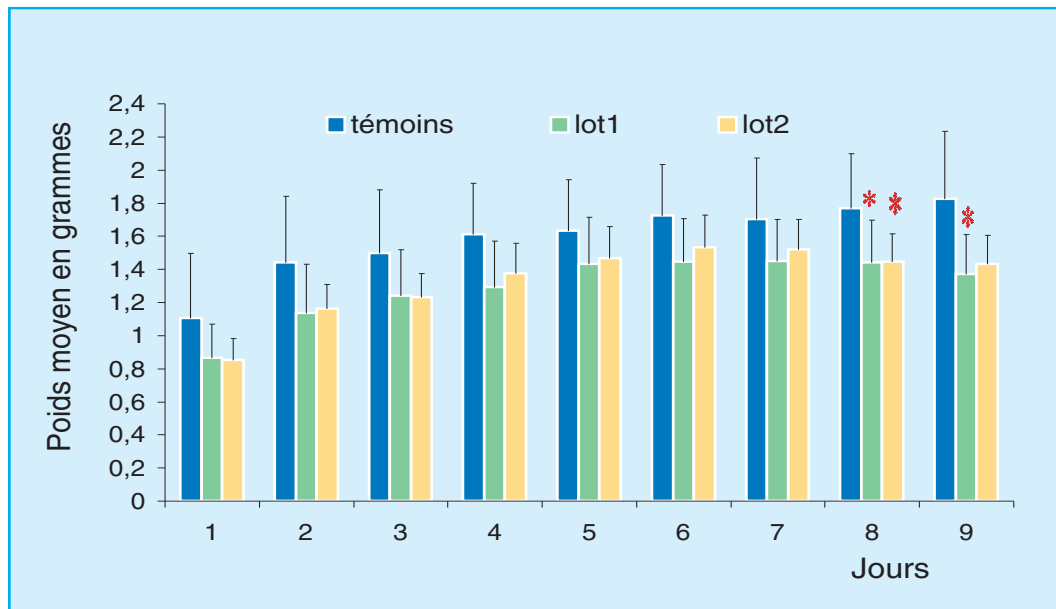


Figure 4: Evolution des poids vifs moyens des individus témoins avec ceux des individus du lot 1 (injectés avec la solution purifiée) et ceux du lot 2 (injectés avec la solution brute) (n=10 pour chaque lot). Les témoins étant injectés avec de l'eau distillée.

2.3.1 Comportement de perche (Figures 5 a, b, c et d)

Durant la première période, la seule différence significative observée est entre le témoin et les individus du lot 2. Durant la deuxième période, les trois lots présentent tous la même fréquence de perche et c'est toujours le comportement le plus observé. Les différences constatées sont non significatives. Après la troisième injection, les témoins présentent un comportement de perche plus fréquent que les lot 1 et lot 2 (la différence est très significative).

Après la quatrième injection, les individus du lot 1 se perchent moins (différences significatives par rapport au témoin et au lot 2)

2.3.2 Comportement de repos (Figures 6 a, b, c et d)

Par contre en ce qui concerne le repos, durant la première période c'est le lot 1 qui se détache avec des fréquences plus élevées que celles du

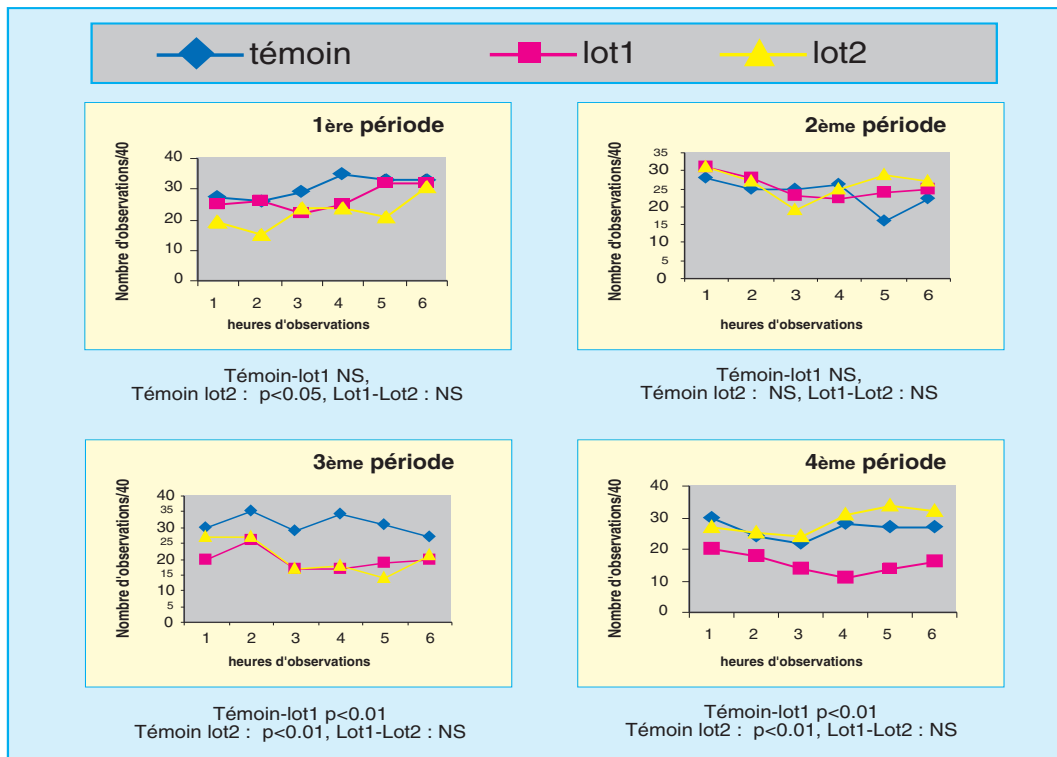
témoin et du lot 2. Il est toutefois à remarquer que le lot 2 présente un pic de fréquence de repos dès la deuxième heure suivant l'injection. Durant la deuxième période, on constate une différence très significative entre le lot 1 et le témoin ; A l'inverse du 1er jour d'injection, les témoins se reposent plus que les traités.

Le troisième jour, le comportement de repos chez les témoins est moindre significativement par rapport au lot 1 et lot 2 qui par conséquent "se reposent " plus.

Après la quatrième injection, les individus du lot 1 se reposent plus (différences significatives par rapport au témoin).

2.3.3. Prise de nourriture (Figures 7 a, b, c et d)

Le premier jour, la prise de nourriture est la même pour les trois lots avec des pics différents : 2ème heure pour les témoins, 3ème heure pour le lot 1 et 5ème heure pour le lot 2.



Figures 5 a, b, c et d : Analyses comportementales (perche) durant les 4 périodes d'injection des lots : témoins injectés avec de l'eau distillée, lot 1 injectés avec la solution purifiée et le lot 2 injecté avec la solution brute. (n=10).

Durant la deuxième journée d'injection, on constate des pics différents suivants les lots : pic à la 3ème heure pour le lot 2 et le lot 1 et pic à la 5ème heure chez les témoins. Globalement, la fréquence de prise de nourriture a chuté par rapport au 1er jour.

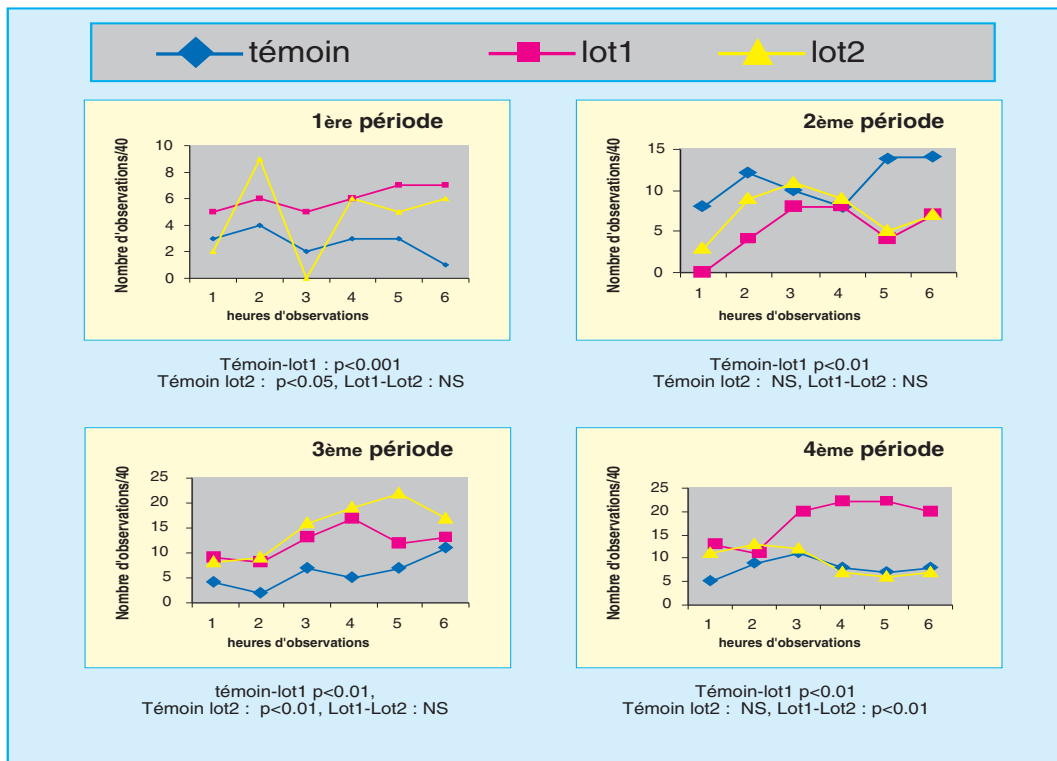
Le troisième jour, la distribution des fréquences de la prise de nourriture est identique chez le lot 1 et les témoins avec un nombre moindre chez ceux-ci. Le nombre d'individus observés en prise de nourriture est moins élevée que le 2ème jour d'injection.

Après la quatrième injection et comme pour le 3ème jour d'injection, les témoins et le lot 1 ont des pics de fréquence qui coïncident avec toujours moins d'individus se nourrissant chez les témoins.

Discussion

L'huile de *P. harmala* a été déjà étudiée [8] et révèle en plus des acides gras majeurs communs à la plupart des huiles végétales, des alcaloïdes de type β carbolines comme l'harmine et l'harmaline.

Au regard de ces résultats, nous pouvons supposer que la mortalité est surtout due à ces composés et que la dose 3 ml est une dose sublétales pour les larves. L'absence significatif de retard de développement démontre que par ce procédé d'application, on n'obtient pas les mêmes résultats qu'avec l'alimentation sur la plante entière [9,10]. Les processus d'intoxication sont certainement différents bien que l'huile contienne les mêmes alcaloïdes que la plante entière. Par contre la dose 5 ml n'est



Figures 6 a, b, c et d : Analyses comportementales (repos) durant les 4 périodes d'injection des lots : témoins injectés avec de l'eau distillée, lot 1 injectés avec la solution purifiée et le lot 2 injecté avec la solution brute. (n=10).

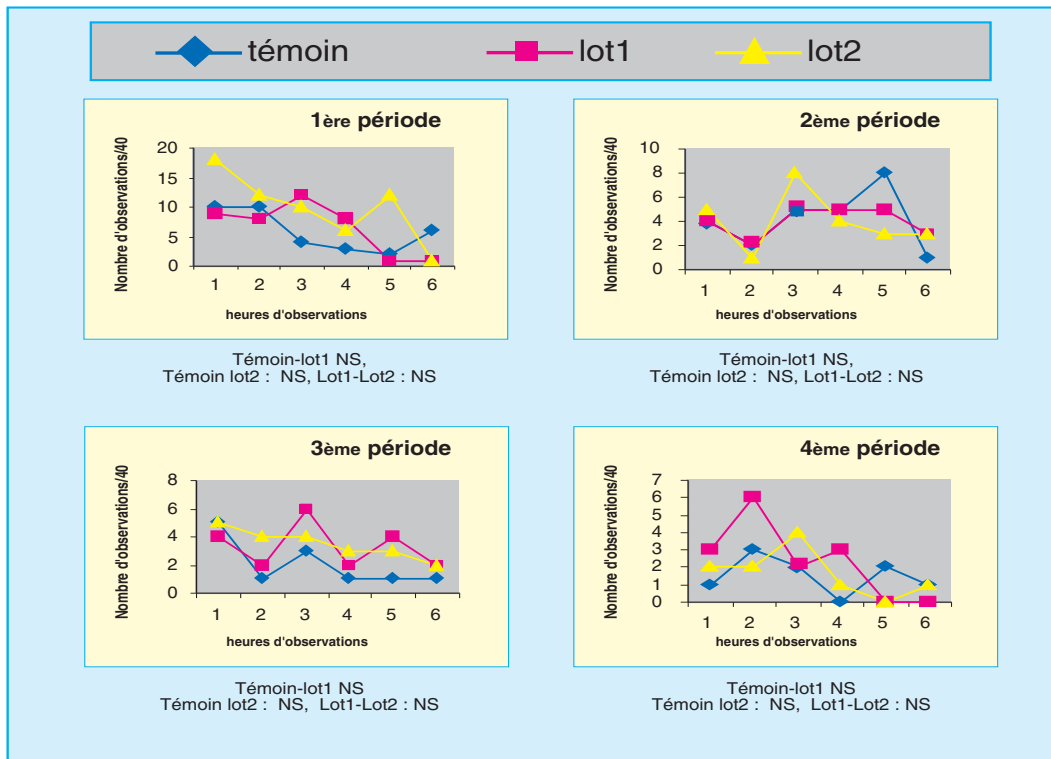
pas efficace contre les imagos, cela peut être du à une augmentation du poids corporel qui peut entraîner une dilution et à une modification du métabolisme. Il serait alors judicieux d'augmenter les doses appliquées. En effet, comme le démontre une étude sur l'huile de neem appliquée sur *Locusta migratoria migratorioides*, 20% de mortalité sont obtenus avec une solution à 0.04 % d'azadirachtine (molécule extraite d'*Azadirachta indica*), 45 % avec une solution à 0,1% d'AZA et 90% avec une solution à 0,2% d' azadirachtine [11].

En ce qui concerne les effets des extraits végétaux appliqués, nous n'avons pas jugé nécessaire de séparer les mâles des femelles pour l'étude comportementale : Roessingh et al.,[4] dans des études de comportements sur *Schistocerca gregaria* ne décèlent pas de différence entre les deux sexes. Simpson

(1982) [5] signale chez *Locusta migratoria* que les mâles et les femelles présentent de nombreuses similarités dans les modes d'alimentation, d'utilisation de la nourriture et de croissance globale et que les différences entre eux sont liées au fait que les femelles consomment plus que les mâles.

Il est apparu que par rapport au témoin, c'est le lot 1 qui s'est trouvé le plus affecté par les injections : on a constaté que les individus au fil des jours se perchaient moins, se reposaient plus. Ce lot a été injecté avec des extraits purifiés de *P. harmala* dont la concentration n'était pas suffisante pour provoquer la mort mais qui a engendré des perturbations dans le comportement de l'insecte.

Les criquets se perchent pour effectuer leurs mues. Des espèces comme *Nomadacris*



Figures 7 a, b, c et d : Analyses comportementales (prise de nourriture) durant les 4 périodes d'injection des lots : témoins injectés avec de l'eau distillée, lot 1 injectés avec la solution purifiée et le lot 2 injecté avec la solution brute. (n=10)

septemfasciata utilisent les perchoirs pour s'ajuster aux variations journalières de lumière, de température et d'humidité [3]. Il semble que ce comportement ait une importance primordiale chez les acridiens.

Le repos peut avoir plusieurs significations : il peut s'agir d'un simple arrêt de l'insecte en quête de stimuli mais pour les lots traités, nous avons plutôt ressenti que c'était une phase de fatigue et de manque de tonus.

Nous avons observé dans nos résultats que le comportement de prise de nourriture est suivi de périodes de repos. Ce comportement appelle également à quelques commentaires bien qu'il soit beaucoup plus complexe à cerner et sous l'influence d'un grand nombre de facteurs aussi bien externes qu'internes [12,13]: le criquet effectue des repas, c'est à

dire qu'il remplit son jabot et ne reprend son alimentation qu'après une période de repos pouvant atteindre une heure ou plus [7].

D'après Chapman (1974) [14], le début de la prise de nourriture est généralement suivi par une courte période d'activité locomotrice et immédiatement après les repas, les insectes sont sans réaction et se déplacent peu, au contraire lorsqu'ils sont privés d'aliments, pendant de courtes périodes, c'est par la locomotion qu'ils répondent à toute gamme de stimuli [14]

Nous avons observé chez tous les lots une baisse de prise de nourriture en fonction du temps: est-ce parce qu'en injectant des solutions, nous modifions la composition de l'hémolymphe et par là toute la gamme de stimuli aboutissant à la prise de nourriture ?

Il est probable que la composition physique ou chimique de l'hémolymphe serait impliquée dans l'intervalle séparant deux repas, parce que l'injection de divers produits chimiques entraîne une prolongation de cet intervalle, de même que de fortes concentrations de substances dans l'hémolymphe peuvent inhiber l'activité alimentaire [14].

Conclusion

Les effets des extraits de *Peganum harmala* ne sont pas tout à fait les mêmes que ceux de la plante entière :

L'huile appliquée sous le pronotum provoque une mortalité chez les larves mais n'entraîne pas de retard de développement, les survivants néanmoins sont dans un état faible et se nourrissent moins que les témoins. La dose de 5 µl appliquée chez les imagos n'a pas d'effets, ceci peut être dû à deux raisons : la dose est insuffisante et/ou les insectes au stade imago sont plus résistants que les larves.

Les extraits injectés sont des doses bien en dessous des doses létales et la mortalité très faible observée dans les lots n'est pas significative. Ceci a été volontairement recherché afin d'observer le comportement de ces insectes en fonction de l'extrait injecté. Les criquets ont montré une modification de leur comportement : ils se perchent moins et se reposent plus. La diminution de la prise de nourriture a été observée chez tous les lots. Outre le fait que les injections sont une expérience traumatisante pour l'insecte, le lot injecté avec la solution hydrométhanolique a été celui qui a montré l'évolution de poids la plus faible et les signes de perturbations les plus marqués.

Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude au Dr S. Ghaout, Chef du Centre National de Lutte Anticridienne d'Ait Melloul, Agadir Maroc , au Dr. A. Bouaichi, Responsable de Recherche et au Dr J. Chihrane, chercheur, pour avoir mis à leur disposition l'élevage de criquets et les facilités de recherche.

Summary

Peganum harmala seed oil extract and leaf extract were tested (in the course of this study) on the four-instar *Schistocerca gregaria* larva. Two doses of oil (2µl and 3µl were applied under the pronotum of the insects. Treatment with 3µg showed mortality rates of 55% under laboratory conditions. The toxicity of this oil was demonstrated by paralysis, diminution of food consumption and by disorderly movements of the insect. Injected leaf extract induced behaviour modification of larva such a decrease in food uptake resulting a loss of weight.

Keywords : *Peganum harmala*, extract, *Schistocerca gregaria*, toxicity.

Bibliographie

- 1- REMBOLD H. *Melia volkensii* : a natural insecticide against desert locust, 185-191 in *New strategies in locust control*. S.Krall, R. Pevelling et D. Ba Diallo éditeurs. Birkhäuser Verlag. Basel/ Switzerland. 1997.
- 2- UVAROV B.P. *Grasshoppers and Locusts* Vol. I. University Press, Cambridge, 1966, 482p.

- 3- DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H., LECOQ M. Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche. Tome I, Editions Gerdat, 1982, 695 p
- 4- ROESSINGH P., SIMPSON S.J., JAMES S. Analysis of phase related changes in behaviour of desert locust nymphs. Proc. Royal Soc. Lond. B, 1993, 252, 43-49
- 5- SIMPSON S.J. Changes in the efficiency of utilisation of food throughout the fifth-instar nymphs of *Locusta migratoria*. Ent. exp. et appl., 1982, 31 : 265-275.
- 6- DIOP B., WILPS H. Field trials with neem oil and *Melia volkensii* on *Schistocerca gregaria*. in New strategies in locust control. S. Krall, R. Pevelling et D. Ba Diallo éditeurs. Birkhäuser Verlag. Basel/Switzerland, 1997.
- 7- BEN HALIMA T. Etude expérimentale de la niche trophique de *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) en phase solitaire au Maroc. Thèse Doct. Ing., Université Paris Sud, 1983, 177 p.
- 8- IDRISSE HASSANI L.M., EL HADEK M. Analyse de la composition de l'huile de *Peganum harmala* L. (Zygophyllacées). Acta Botanica Gallica, 2000, 146 (4), 355-361.
- 9- IDRISSE HASSANI L.M., OULD AHMEDOU M.A., CHIHRAANE J., BOUAICHI A. Effets d'une alimentation en *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) sur la survie et le développement ovarien du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forskål (Orthoptera, Acrididae) Ethnopharmacologia, 1998, 23, 26-41.
- 10- IDRISSE HASSANI L.M., HERMAS J., Effets de l'alimentation en *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur le tube digestif du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. (Orthoptera, Acrididae). Metaleptea, 2001.
- 11- SCHMUTTERER H. Some effects of neem (*Azadirachta indica*) products on locusts and grasshoppers. World Neem Conference, 24-28 février, Bangalore, India, 1993, 44-58.
- 12- SINOIR Y. Etude de quelques facteurs conditionnant la prise de nourriture chez les larves du criquet migrateur, *Locusta migratoria migratorioides* (Orthoptera, Acrididae), I Facteurs externes. Ent. Exp et appl., 1968a, 11, 195-210.
- 13- SINOIR Y. Etude de quelques facteurs conditionnant la prise de nourriture chez les larves du criquet migrateur, *Locusta migratoria migratorioides* (Orthoptera, Acrididae), II Facteurs internes. Ent. Exp et appl., 1968b, 11, 443-449.
- 14- CHAPMAN R.F. The control of feeding in acridids. *Acrida*, 1974, 3, 39-58.