

Soumis le : 13/01/2021

Forme révisée accepté le: 16/05/2021

Auteur Corespondant : [hamadikamel@yahoo.fr](mailto:hamadikamel@yahoo.fr)



**Revue  
Nature et Technologie**

<http://www.univ-chlef.dz/revuenatec>

ISSN : 1112-9778 – E-ISSN : 2437-0312

# Étude de l'activité biologique de l'huile essentielle de l'Origan (*Origanum glandulosum* L.) sur l'histophysiologie du tube digestif des adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)

Kamel HAMADI <sup>a,\*</sup>, Amel BOUDJENOUIA <sup>b</sup>, Nassima KACI <sup>b</sup> et Bahia DOUMANDJIMITICHE <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Laboratoire Dynamique et Biodiversité, Faculté des Sciences Biologiques, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, Algérie.

<sup>b</sup> Université M'hamed Bougara, Faculté des Sciences, Département d'Agronomie, Boumerdes, Algérie.

<sup>c</sup> École Nationale Supérieure Agronomique, Département de Zoologie agricole et forestière, Alger, Algérie.

## Résumé

L'étude de l'activité biologique de l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* sur les adultes de *Schistocerca gregaria* a révélé un effet acaricide très élevé. La substance testée a été administrée par gavage ou forçage buccale. La mortalité totale des individus traités a été obtenue au bout de 2 jours. L'observation de l'aspect externe du tube digestif des individus testés ne révèlent aucune altération. L'examen histologique de la paroi intestinale de l'espèce étudiée a mis en évidence l'effet très intense de l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* sur le tube digestif comparativement aux témoins. Celle-ci agit efficacement sur le stomodeum provoquant des ulcérations, des ruptures au niveau de l'épithélium, ce qui engendre des rétrécissements musculaires. Au niveau du mésentéron l'huile essentielle d'Origan induit une modification de l'aspect épithélial qui devient granuleux et la lyse de la membrane péritrophique.

Mots-clés : Activité biologique ; *Origanum glandulosum* ; *Schistocerca gregaria* ; Tube digestif ; Histophysiologie.

## Study of the biological activity of the Oregano (*Origanum glandulosum* L.) essential oil on the histophysiology of the digestive tract of adults of *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)

### Abstract

The study of the biological activity of the essential oil of *Origanum glandulosum* on adults of *Schistocerca gregaria* revealed a very high acaricidal effect. The test substance was administered by gavage or oral forcing. The total mortality of the treated individuals was obtained after 2 days. Observation of the external appearance of the digestive tract of the individuals tested did not reveal any alteration. Histological examination of the intestinal wall of the species studied revealed the very intense effect of the essential oil of *Origanum glandulosum* on the digestive tract compared to controls. This acts effectively on the stomodeum causing ulcerations, ruptures in the epithelium, which causes muscle strictures. At the level of the mesenteron, the essential oil of Oregano induces a modification of the epithelial appearance which becomes granular and lysis of the peritrophic membrane.

Keywords: Biological activity; *Origanum glandulosum*; *Schistocerca gregaria*; Digestive tract; Histophysiology

## 1. Introduction

Depuis des siècles, les invasions de *Schistocerca gregaria* se sont succédées à un rythme élevé [1]. En matière de lutte contre les locustes, le problème de *Schistocerca gregaria* n'est pas encore résolu, sachant qu'elle présente un habitat permanent étant solitaire et

un autre beaucoup plus vaste étant grégaire. Ce dernier est plus difficile à contrôler de façon efficace [2]. En 1986, 35 millions de Dollars ont été consacrés à la lutte contre les criquets dans différents états du SILSS (Comité inter-états de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel) [3]. Les conséquences de la lutte chimique sur la santé humaine et sur



Ceci est un document en libre accès selon les termes de [Creative Commons Attribution License CC-BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), ce qui permet de le partager, copier, reproduire, distribuer, communiquer, réutiliser ou de l'adapter avec l'obligation de créditer son auteur.

l'environnement suscitent une demande croissante pour des nouvelles méthodes de lutte, ce qui justifie l'adoption de la lutte biologique qui correspond à l'utilisation d'organismes et/ou composés naturels pour détruire ou contrôler d'autres organismes nuisibles sur le plan agronomique ou au niveau des espaces naturels. De même, plusieurs chercheurs ont prouvé que certaines plantes ont des capacités naturelles de réduire la portée des dommages auxquels elles peuvent être soumises. Des défenses mécaniques comme des épines peuvent empêcher les herbivores de grande taille de dévorer le feuillage. Mais dans d'autres cas ce sont des produits chimiques présents dans les tissus végétaux qui peuvent intoxiquer les espèces phytophages nuisibles [4]. En conséquence, de nouveaux produits d'origine végétale sont de plus en plus recherchés pour, d'une part, assurer une protection efficace de la production agricole et, d'autre part, contribuer au développement d'une agriculture durable [5]. Nous avons choisi une plante acridifuge de famille botanique des Lamiaceae à tester sur *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Il s'agit de l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* (Desf). Notre expérimentation consiste à vérifier l'effet de l'huile essentielle de cette plante sur l'histophysiologie du tube digestif de l'acridien testé.

Nous voulons apporter notre contribution dans la lutte contre ce ravageur, en vérifiant l'action et l'activité de cet agent biologique sur l'histophysiologie du tube digestif de cet insecte.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Choix de l'insecte

Le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*) (Forskål, 1775) a fait objet de cette expérimentation, car il s'agit d'une espèce considérée depuis longtemps comme le principal ravageur pour de nombreux pays d'Afrique et du proche et du moyen orient (Figure 1).



Figure 1. Adulte de *S. gregaria* (Forskål, 1775).

Nous avons travaillé sur les adultes du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae) issus d'un élevage de masse au service d'acridologie de l'[Institut National de Protection des Végétaux d'El Harrach](http://www.inpv.edu.dz/)<sup>1</sup>.

### 2.2. Choix de la plante acridifuge utilisée

La plante choisie pour notre expérimentation est *Origanum glandulosum* appelé communément l'Origan<sup>2</sup> appartient à la famille des Lamiacées. C'est une plante herbacée, sous-ligneuse à la base. La première inflorescence est en épis réunis en inflorescences composées

Cette plante est utilisée dans les préparations culinaires et est considérée essentiellement comme une plante médicinale pour traiter les maladies sévères [6]. Présentant ainsi des propriétés antitussif, aromatique, calmant, carminatif, digestif, tonique et antiseptique [7]. Les principaux constituants de l'huile essentielle d'Origan sont : thymol, carvacrol, linalol, bornéol, pinène, caryollène, résine, flavonoïdes, stérol ... ; et le pourcentage des constituants majoritaires sont : la carvacrol (41,1 %), le thymol (26,4 %), le p-Cyméné (9,7 %) [8].

L'extrait de l'huile essentielle de l'Origan utilisé dans notre expérimentation est obtenu par la méthode d'hydrodistillation réalisée au niveau du laboratoire de chimie de l'[École Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach](http://www.ensa.dz/)<sup>3</sup>.

### 2.3. Méthode de traitement des individus de *S. gregaria*

L'expérience se déroule au [laboratoire de l'entomologie](http://www.lobem.usthb.dz/)<sup>4</sup> de la Faculté des Sciences Biologique de l'Université des Sciences et de Technologie Houari Boumediene de Bab Ezzouar. Le principe consiste à mettre les individus à tester dans les mêmes conditions d'expérimentation. Ils sont placés dans une salle où la température ambiante est entre 25 et 30 °C. La photopériode et l'humidité relative de l'air ne sont pas régulées.

Le principe de cette expérimentation consiste à

<sup>1</sup> <https://www.inpv.edu.dz/>

<sup>2</sup> Zâateur en arabe

<sup>3</sup> <http://www.ensa.dz/>

<sup>4</sup> <https://lobem.usthb.dz/>

mettre les individus de *S. gregaria* individuellement dans des cages pendant 24 heures pour qu'ils vident leur tube digestif des aliments déjà pris. Le test concrétisé consiste à faire subir un forçage buccal (ou le gavage) aux acridiens testés en leur faisant ingérer une goutte de 0,1 mL de l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum*. Il est à préciser que le témoin a subi lui aussi un forçage buccal en lui ingérant 0,1 mL d'eau distillé. Pour chaque test, une étiquette est collée sur chaque cage où le nom de l'espèce est mentionné, la plante testée, la date et l'heure du début traitement. Un total de 20 individus de *S. gregaria* a été utilisé dans notre expérimentation, soit 10 individus pour chaque test.

### 3. Méthode d'étude histologique du tube digestif de l'acridien testé

L'objectif de cette étude est de réaliser des coupes histologiques au niveau du tube digestif des témoins et des traités pour établir une comparaison, et mettre en évidence les effets toxiques de l'extrait de l'huile essentielle de la plante acridifuge testée. Les différentes étapes de cette étude sont réalisées suivant la méthode de Martoja et Martoja [9] (Annexe). Les montages des coupes histologiques, une fois réalisés, sont conservés pour être ensuite observés sous microscope photonique. Des photographies seront prises à l'aide d'un appareil photographique numérique.

### 4. Résultats

Les observations relatives aux comportements des individus testés du début de notre expérimentation jusqu'à leur mortalité sont comme suit :

- Les individus témoins sont calmes et se nourrissent régulièrement ;
- Les individus traités par l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* manifestent une excitation des pièces buccales avec des frottements successifs des pattes. La mortalité du premier individu a été enregistrée après 5 h 17 min, et au bout de 2 jours nous avons noté la mortalité de tous les individus.

Aucune altération n'a été observée sur l'aspect externe des tubes digestifs des individus traités par l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum*. Cependant, les montages des coupes histologiques du

tube digestif des individus témoins et traités ont été observés sous microscope photonique. Plusieurs altérations histologiques ont été enregistrées chez les traités prouvant l'effet intense de l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* sur les différents compartiments du tube digestif. Les résultats obtenus sont comme suit :

#### 4.1. Stomodium de *Schistocerca gregaria* témoin

Le stomodeum du témoin présente une forme arrondie avec une lumière intestinale large pleine contenant un bol alimentaire. De l'intérieur vers l'extérieur, la paroi intestinale est composée d'une cuticule présentant trois couches : épicuticule, exocuticule et endocuticule. L'épicuticule émet des épines apparentes qui servent à triturer les aliments. Les villosités sont nombreuses, condensées et d'une longueur presque identique. L'épithélium vient en dessous de la cuticule, simple, unistratifié, composé de plusieurs cellules cubiques juxtaposées adhérant la membrane basale du tissu conjonctif. La gaine musculaire est très développée. Elle est formée d'une couche circulaire externe très épaisse et d'amas de muscles longitudinaux internes (Figure 2).

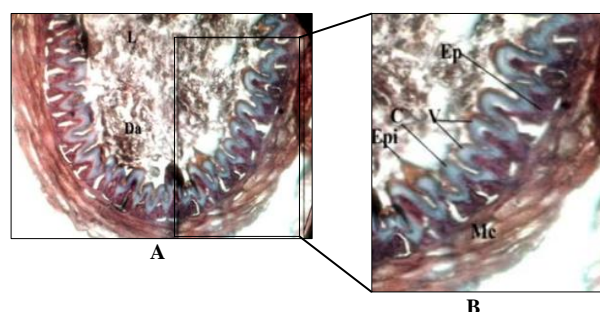


Figure 2 : Coupe transversale au niveau du stomodeum de *Schistocerca gregaria* témoin.

A : Vue d'une portion du stomodeum témoin (Gr.×160) ;

B : Détails d'une portion du stomodeum (Gr.×400) ;

L : Lumière ; C : Cuticule ; V : Villosité ; Mc : Muscles circulaires ;

Ep : Épithélium ; Da : Débris alimentaires ; Epi : Épines.

Fixateur : Bouin aqueux ; Coloration : Azan de Heidenheim.

#### 4.2. Stomodeum des individus de *S. gregaria* traités par l'huile d'Origan

Le stomodeum des acridiens traité par l'huile d'Origan avec la méthode de gavage montre des altérations au niveau des villosités dont certaines parties sont complètement détruites. Des ulcérations sont

observées, dues à l'effet toxique de l'huile d'Origan qui a causé la dégénérescence des cellules épithéliales provoquant ainsi des ruptures de celle-ci dans différentes parties du stomodeum. De ce fait, les muscles circulaires dans certaines portions se trouvent en contact direct avec la lumière contenant l'huile, ce qui engendre un rétrécissement musculaire à ce niveau et un relâchement total des deux tuniques musculaires (Figure 3).

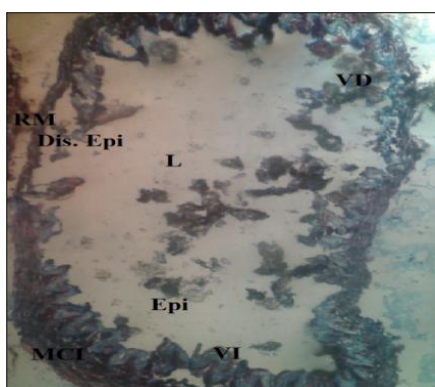


Figure 3 - Coupe transversale au niveau du stomodeum des individus de *S. gregaria* traité par l'huile d'Origan (Gr x 160).

VD : Villosités Détruite ; VI : Villosités Intacts ;  
RM : Rétrécissement Musculaire ; Epi : Épithélium ;  
Dis. Epi : Disparition Épithéliale ; MCI : Muscles  
Circulaires Intacts ;  
Fixation : Bouin aqueux ; Coloration : Azan de  
Heidenhein.

#### 4.3. Mésentéron de *Schistocerca gregaria* témoin

Le mésentéron est la portion du tube digestif responsable de l'absorption de tous les éléments nutritifs de l'aliment ingéré par l'acridien. La structure histologique du mésentéron paraît très différente de celle du stomodeum. Il est d'une forme allongée constitué d'une lumière large. L'épithélium de revêtement de la sphère intestinale est de type pseudostratifié, souvent plissé, dont les petites cellules sont dites de régénérations. Les cellules épithéliales portent à leur pôle apical une bordure en brosse très

régulière. Cette partie du tube digestif est remarquable par la membrane péritrophique sélective autour du bol alimentaire et par l'absence de la cuticule. La musculature est très réduite présentant des îlots musculaires longitudinaux externes (Figure 4).

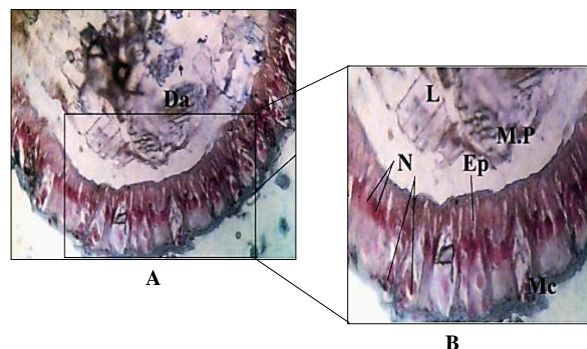


Figure 4. Coupe transversale au niveau du mésentéron de *Schistocerca gregaria* témoin.

A : vue d'ensemble du mésentéron témoin (Gr x 250) ;  
B : Détail d'une portion de mésentéron (Gr x 400) ;  
L : Lumière ; Ep : Épithélium pseudostratifié ; MC : Muscles  
circulaires ; N : Noyaux médian ou parabasal, Da : Débris  
alimentaires ; M.P : Membrane Péritrophique ; Fixateur : Bouin  
aqueux ; Coloration : Azan de Heidenhein.

#### 5. Le mésentéron des individus de *S. gregaria* traités par l'huile d'Origan

6. Nous remarquons au niveau du mésentéron de *S. gregaria* que l'huile d'Origan a provoqué la destruction de sa membrane péritrophique ainsi que la dégradation totale de la bordure en brosse des cellules épithéliales. Nous notons cependant l'apparition des ulcérations dus à des ruptures au niveau de la couche épithéliale qui apparaît très granuleuse, et dans certains endroits ces cellules sont fortement vacuolisées. Le diamètre de cette portion du tube digestif paraît supérieur à celui du témoin résultant probablement d'un relâchement de l'assise musculaire, provoqué par l'action de l'huile essentielle d'Origan sur la tunique musculaire circulaire, rendu très atrophiée par rapport à celle observée chez le témoin (Figure 5).



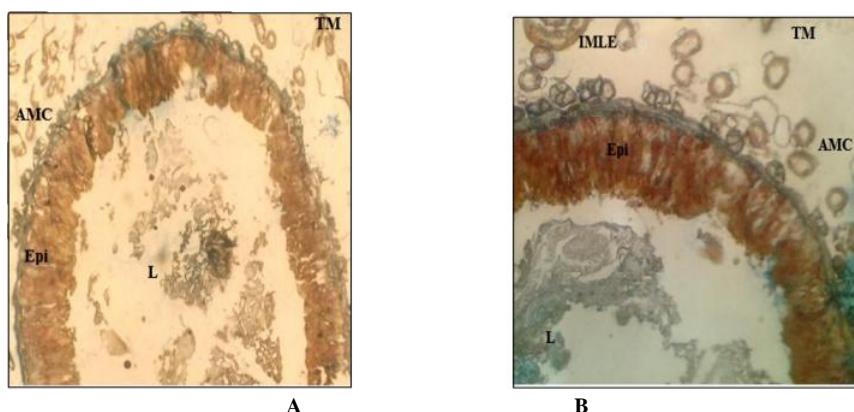


Figure 5 - Coupe transversale au niveau du mésentéron des individus de *S. gregaria* traités par l'huile d'Origan.  
 A : Le mésentéron (Gr x 160). L : Lumière ; Epi : Épithélium ; AMC : Assise de Muscles Circulaires interne ; TM : Tube de Malpighi.  
 B : Détail d'une portion du mésentéron (Gr x 400). IMLE : Îlots de Muscles Longitudinaux Externes.  
 Fixation : Bouin aqueux ; Coloration : Azan de Heidenheim.

## 7. Discussion

L'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* a présenté un effet très fort sur l'acridien. Les individus traités manifestent des excitations des pièces buccales qui sont frottées continuellement par les pattes antérieures. La mortalité totale des traités est obtenue au bout de 2 jours. Duranton et Lecoq [3], signalent que l'utilisation de substances qui peuvent être acridicides, acridifuges ou antiappétantes contenues dans les plantes, peuvent avoir une activité biologique causant des altérations irréversibles chez l'insecte. Lors de la dernière invasion acridienne (2003-2006), il a été constaté que certaines plantes du Sahara septentrional (est algérien) sont épargnées par le Criquet pèlerin, parmi lesquelles deux plantes *Peganum harmala* L. (*Zygophyllaceae*) et *Cleome arabica* L. (*Capparidaceae*) [10].

Des recherches ont prouvé que plusieurs substrats alimentaires ont été parfaitement acceptés par le criquet pèlerin, alors qu'ils ont des effets qui varient en fonction du végétal, du stade du développement de l'insecte et du mode de l'administration de l'aliment. En alimentation directement sur végétal frais, le Bigaradier agit en retardant la ponte et en réduisant la fécondité. Les feuilles d'Olivier et le faux poivrier entraînent une stérilité chez la femelle avec maintien de l'aspect d'insectes immatures. Quant au Cestreau, il semble être toxique à tous les stades de développement de l'insecte [2]. L'effet de l'alimentation en *Peganum harmala* L. (*Zygophyllaceae*) sur criquet pèlerin provoque une mortalité aux stades larvaires d'un taux

de 45 % et un blocage du développement ovarien chez les femelles [11,12].

Généralement le criquet explore la surface de la feuille avant de mordre. Le rejet du végétal s'effectue habituellement après morsure [13]. Hamadi et Doumandji-Mitiche [13], précisent que l'activité biologique de l'extrait de *Dittrichia viscosa* (L.) (*Asteraceae*) et de *Salvia officinalis* L. (*Lamiaceae*) sur *Aiolopus strepens*, a révélé une action totalement dissuasive qui se répercute sur la prise de nourriture. Les mêmes auteurs ont constaté que l'activité de ces substances augmente d'autant que leur concentration s'élève [14]. La présence d'une substance active n'est pas le seul déterminant. Sa concentration dans l'organe végétal est un point capital dans la réalisation du blocage de la prise de nourriture.

Kemassi *et al.* [10] ont travaillé sur l'activité biologique des huiles essentielles de *Peganum harmala* L. et de *Cleome arabica* L. sur *Schistocerca gregaria* et ont observé chez les individus traités de cette espèce des troubles de l'équilibre, des mouvements convulsifs, défécation intense, perte de la capacité de se percher à un support, tremblements d'appendices et accroissement de rythme respiratoire. Ces symptômes témoignent de l'effet neurotoxique de ses extraits végétaux sur ces acridiens.

Les individus de *S. gregaria* traités par l'huile essentielle de l'Origan ne manifestent aucune tentative pour s'alimenter. Quelques heures après le traitement, ils restent immobiles, très affaiblis par l'effet de l'huile de cette plante. Raccaud-Scholler, signale que le temps

requis pour le passage des aliments le long du tube digestif est variable selon les insectes [15].

L'observation sous loupe binoculaire du tube digestif des individus de *S. gregaria* traités ne révèlent aucune altération anatomique. Les trois parties du tube digestif, stomodeum, mésentéron et proctodeum, sont identiques à celles observées chez les témoins. Aucune lésion macroscopique n'a été observée à ce niveau.

Les résultats obtenus après dissection des individus témoins du Criquet pèlerin montrent que sur le plan histologique, le tube digestif, de ces derniers, concorde à celui décrit dans la littérature [15-17]. Par ailleurs, les observations au microscope photonique des coupes histologiques réalisées sur le tube digestif des individus traités ont révélé des modifications très prononcées. Les acridiens traités par l'huile d'Origan, les altérations observées au niveau du stomodeum se traduisent par l'apparition d'ulcérations suite à la destruction des villosités et de l'assise épithéliale. De ce fait, le contact des fibres musculaires avec l'huile d'Origan a provoqué un amincissement à ce niveau.

L'intestin moyen ou le mésentéron est la portion la plus active du tube digestif en ce qui concerne l'absorption des éléments nutritifs. Cette partie est facilement reconnaissable par l'absence à ce niveau de l'intima cuticulaire et par la présence d'une mince membrane péritrophique sélective.

L'observation au microscope photonique des coupes histologiques du mésentéron des individus traités par l'huile d'Origan résident dans la lyse de la membrane péritrophique et dans l'altération de la bordure en brosse. L'assise épithéliale montre un aspect granuleux, des espacements entre les cellules et dans certains endroits celles-ci apparaissent très vacuolisées. La tunique musculaire circulaire interne est très mince par rapport à celle observée chez le témoin. Ces effets concordent avec ceux provoqués par *Azedarachta indica* [18] et *P. harmala* [19] sur le tube digestif de *S. gregaria*. Ces derniers montrent qu'ils ont fréquemment observé la présence de grégarines protozoaires surtout vers l'épithélium intestinal où quelquefois la pointe de ces organismes y pénètre. Les mêmes auteurs rajoutent que ces organismes sont peu observés au milieu de la lumière intestinale. Il semble toutefois qu'ils soient plus nombreux chez les individus témoins que chez les individus nourris avec *P. harmala*. Pour notre cas, aucune grégarine protozoaire n'a été

observée au niveau des coupes histologiques des témoins ou des traités.

La plante testée sur *S. gregaria* a provoqué des effets incontournables au niveau des compartiments du tube digestif. Différentes altérations ont été constatées au niveau de la paroi intestinale et précisément sur l'assise épithéliale, qui a subi des lésions importantes. La destruction de celle-ci bloque le rôle d'absorption des éléments nutritifs. Ce qui affaiblit l'acridien et provoque sa mort.

Mordue *et al.* [20], rapportent que l'azadirachtine citée comme phagorépuif, est aussi un toxique qui diminue la motilité du tube digestif, ralentit la croissance et perturbe la mue. L'action de l'extrait foliaire du Laurier rose (*Nerium oleander*) sur les variations pondérales et la mortalité chez les différents stades larvaires et les imagos de *Locusta migratoria*, montre que la prise de nourriture est inhibée par toutes les doses et le taux de mortalité varie d'une dose à une autre. La plus forte dose a causé une mortalité de 55,55 % après 10 jours de traitement [21]. De même, Kemassi *et al.* [22], rapportent que, la toxicité par contact des huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* L. (Poaceae) récoltée dans la région d'Illizi<sup>5</sup>, a provoqué chez les larves L5 de *S. gregaria*, une mortalité de 100 % au bout de 35 mn 11 sec. Chez les adultes la mortalité de 100 % est atteinte au bout de 63 mn 19 sec. De même, les larves de *S. gregaria* nourries avec les feuilles de *Nerium oleander* (Apocynaceae), ont révélé des troubles de prise de nourriture et de la mue. Le transit intestinal des individus traités est plus long que celui des témoins alimentés avec *Brassica oleracea*. 50 % de mortalité est obtenue au bout du 4<sup>ème</sup> jour et la mortalité totale au bout de 12 jours [23].

## 8. Conclusion

La présente étude a mis en évidence l'effet acridicide très poussé de l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* sur les adultes de *Schistocerca gregaria*. Les individus traités par cette substance ont manifesté des troubles de mouvements et de l'excitation des pièces buccales et des pattes antérieures qui sont frottées continuellement. La mortalité de tous les individus traités est obtenue au bout de deux jours.

<sup>5</sup> Sahara central de l'Algérie

Après dissection des individus traités, aucune lésion sur l'aspect externe du tube digestif n'a été notée. Les observations microscopiques de l'aspect histologique de la sphère digestive ont révélé plusieurs altérations histologiques qui se manifestent surtout au niveau du stomodeum et du mésentéron par des ulcérations, des ruptures au niveau de l'épithélium, des rétrécissements musculaires et par la lyse de la membrane péritrophique mésentérale. Il serait ainsi très intéressant de reconduire cette étude en effectuant des tests sur d'autres espèces acridiennes d'intérêt agronomique, telle que *Locusta migratoria*, et d'envisager son utilisation sur terrain en tant que substance naturelle, qui reste sans effet sur l'environnement en générale et sur la faune entomique en particulier.

## Références

- [1] PRIFAS, Principales activités et publications du Prifas en 2001, Acridologie Opérationnelle, CIRAD-amis, Montpellier, (2001) 15. <https://agritrop.cirad.fr/490082/>
- [2] Ben Hamouda M.H., Recherche sur l'effet d'extraits de plantes sur l'alimentation et le développement du criquet pèlerin : perspectives et développements. Atelier international FAO sur la recherche et la planification de la lutte contre le criquet pèlerin, Tunis, (S. D.) 8.
- [3] Lecoq M., Les criquets du Sahel. Coll. Acr. Opérat., n°1, CIRAD-PRIFAS, Montpellier, (1988) 129p.
- [4] Mouffette Y., La résistance des plantes et la production de tanins. pp 627 – 645. In C. Vincent, D. Coderre. La lutte biologique. Ed. Gaëtan Morin, Québec, (1992) 671.
- [5] Meftah H., Boughdad A., Bouchelta A., Effet biocide des extraits aqueux bruts de *Capsicum frutescens*, *Melia azedarach* et *Peganum harmala* sur *Euphyllura olivina* Costa (Homoptera, Tiséridae). Tiré-à-part : H. Meftah Psyllidae en verger. Cah Agric 20 (2011) : 463-7. <https://doi.org/10.1684/agr.2011.0531>
- [6] Bekhchi C., Atik Bekkara F., Abdelouahid D.E., Composition et activité antibactérienne des huiles essentielles d'*Origanum glandulosum* d'Algérie. Phytothérapie, 6 (2008) : 153-159. <https://doi.org/10.1007/s10298-008-0310-6>
- [7] Baba Aïssa F., Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb. Ed. Librairie Moderne, Rouiba, (1999) 159.
- [8] Belyagoubi M.L., « Effet de quelques essences végétales sur la croissance des moisissures de détériorations des céréales » Thèse Magister, Université Abou Bakr Belkaïd, (2005) 110. Disponible en ligne : <http://dspace.univ-tlemcen.dz/handle/112/6695>
- [9] Martoja R., Martoja M., Initiation aux techniques de l'histologie animale. Ed. Masson et Cie, Paris, (1967) 339.
- [10] Kemassi A., Bouziane N., Boual Z., Ould El Hadj M.D., Activité biologique des huiles essentielles de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) et de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) sur *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Phytothérapie, 12 (2014) : 348-353. <https://doi.org/10.1007/s10298-014-0894-y>
- [11] Idrissi Hassani L.M., Ould Ahmedou M.L., Chihrane J., Bouaïchi 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, 23 (1998) : 26-41.
- [12] Idrissi Hassani L.M., « Contribution à l'étude phytochimique du harmel *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) et étude de ses effets sur la reproduction et le développement du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk » Thèse Doctorat d'Etat. Université Ibn Zohr, Agadir, (2000) 214.
- [13] Le Gall P., Le choix des plantes nourricières et la spécialisation trophique chez les Acridoidea (Orthoptera). Bull. écol., 20 (1989) : 245-261. Disponible en ligne : [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/pleins\\_textes/5/b\\_fdi\\_20-21/27498.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes/5/b_fdi_20-21/27498.pdf)
- [14] Hamadi K., Doumandji-Mitiche B., Étude de l'activité biologique d'extraits de plantes acridifuges sur *Aiolopus strepens* (Latreille, 1804) et influence de ces plantes sur la consommation et sur le taux de mortalité. IV<sup>ème</sup> journée d'acridologie, Dép. Zool. Agri. Forest., Inst. Nat. Agro., 04 mars 2002.
- [15] Raccaud – Schoeller J., Les insectes : physiologie, développement. Ed. Masson, Paris, (1980) 296.
- [16] Chauvin R., Anatomie et histologie du tube digestif de *Schistocerca gregaria*. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 18 (1938) 488-499. Disponible en ligne : <https://studylibfr.com/doc/4878311/anatomie-et-histologie-du-tube-digestif-de-schistocerca-g...>
- [17] Grassé P.P., Traité de Zoologie. Tome VIII, Masson, Paris (1976).
- [18] Nasiruddin M., Mordue (Luntz) A.J., The effect of azadirachtin on the midgut histology of the locusts *Schistocerca gregaria* and *Locusta migratoria*. Tissue and Cell, 25 (1993) : 875-884. [https://doi.org/10.1016/0040-8166\(93\)90036-K](https://doi.org/10.1016/0040-8166(93)90036-K)
- [19] Idrissi Hassani L.M., Hermas J., Effet de l'alimentation en *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur le tube digestif du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. (Orthoptera, Acrididae). Zool. Baetica, 19 (2008) : 71-84. Disponible en ligne. [http://www.ugr.es/~zool\\_bae/vol19/Zoo-5.pdf](http://www.ugr.es/~zool_bae/vol19/Zoo-5.pdf)
- [20] Mordue A.J., Cottee P.K., Evans K.A., Azadirachtin: its effect on gut motility, growth and moulting in *Locusta*. Physiol. Ent., 10 (1985) : 431-437. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.1985.tb00064.x>
- [21] Bezaze G., Mouhouche F., Effet de l'extraction foliaire du Laurier rose (*Nerium oleander*) sur la mortalité et l'évolution pondérale du criquet migrateur (*Locusta migratoria*) (Acrididae, Oedipodinae), Séminaire International sur la Protection des Végétaux, Dép. Zool. Agr. Forest., Ecole Nat. Sup. Agro., El Harrach, du 18 au 21 avril 2011 El Harrach, (2011) 46.
- [22] Kemassi A., Hellal N., Hadj Mhammed M., Doual Z., Ould El Hadj-Khelil A., Ould El Hadj M.D., Bioactivité des huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* L. (Poaceae) sur les larves et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididae). Séminaire International sur la Protection des Végétaux, Dép. Zool. Agr. Forest., Ecole Nat. Sup. Agro., El Harrach, du 18 au 21 avril 2011, (2011) 144.
- [23] Bagari M., Bouhaimi A., Ghaout S., Chihrane J., The toxic effects of *Nerium oleander* on larvae of the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae). Zool. Baetica, 24 (2013) : 193-203. Disponible en ligne : [http://www.ugr.es/~zool\\_bae/vol24/Zoo-10-Thetoxic.pdf](http://www.ugr.es/~zool_bae/vol24/Zoo-10-Thetoxic.pdf)



## Annexe

Les différentes étapes du protocole expérimental suivi en pratique histologique sont détaillées dans le tableau ci-dessous :

Étapes	Composition	Mode opératoire	Nombre de bains	temps	Intérêt, résultat
Fixation : Bouin aqueux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solution aqueuse d'eau distillée saturée d'acide picrique.....30 mL</li> <li>• Formol.....10 mL</li> <li>• Acide acétique cristallisable ..... 2 mL</li> </ul>	Immersion	1	3 à 8 jours	Le choix de « Bouin aqueux » est dû à la propriété de l'acide picrique à précipiter les protéines. Associés au Formol, la capacité de pénétration de l'acide picrique est augmentée.
Déshydratations des pièces après fixation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alcool 70°</li> <li>• Alcool 95°</li> <li>• Alcool 100°</li> </ul>	Immersion	2 2 2	30 mn 30 mn 30 mn	Étape préliminaire avant le paraffinage. Les bains d'alcool à titre croissant afin d'éliminer l'eau des tissus à étudier, la paraffine n'étant pas miscible à l'eau.
Liquide d'attente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Butanol</li> </ul>	Immersion	1	Plusieurs jours	Parachèvement de la déshydratation
Imprégnation à la paraffine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moitié butanol et moitié paraffine.</li> <li>• Paraffine pure.</li> <li>• Paraffine pure.</li> </ul>	Immersion	1 1 1	1 h 1 h 1 h	La paraffine est un mélange d'hydrocarbures saturés. L'intérêt est l'obtention d'une masse homogène par pénétration petit à petit dans les tissus en remplaçant les solvants.
Coulage des blocs et microtomisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paraffine</li> </ul>	Verser la paraffine dans les barres de Leukart, placer l'organe selon le plan de coupe désirée à l'aide de pinces chauffées ; une étiquette de référence est placée à l'opposé de l'organe.	1	L'opération doit être rapide	Facile à couper au rasoir. Obtention des rubans de paraffine des rubans de paraffine contenant des coupes.
Étalement des coupes : eau gélatinée	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gélatine en poudre....0.4</li> <li>• Eau distillée... 100 mL</li> <li>• Thymol....1 graine</li> </ul>	0.4 gélatine en poudre + 100 mL eau distillée chaude. Refroidissement + 1 graine de thymol	Gouttes	Quelques minutes	Pour l'étalement des rubans de coupes sur des lames disposées sur une platine chauffante.
Réhydratations de paraffine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toluène</li> <li>• Alcool 100°</li> <li>• Alcool 95°</li> <li>• Alcool 70°</li> <li>• Eau distillée</li> </ul>	Immersion	2 2 2 1 1	30 min 30 min 30 min 30 min 5 min	Le toluène achève le déparaffinage. Les coupes sont hydratées

Étapes	Composition	Mode opératoire	Nombre de bains	temps	Intérêt, résultat
Coloration topographique et histochimique : Mallory	Solution de fuchsine acide : • Fuchsine acide .....1 g • Eau distillée.....100 mL	• Colorer à la solution de fuchsine acide. • Égoutter à l'eau distillée.	1	3 min	Noyau coloré en rouge sombre par fuchsine acide ; Cytoplasme en rouge par l'orange G ; Fibres de collagène en bleu intense grâce au bleu d'aniline et les muscle en bleu
	Mélange de Mallory : • Bleu d'alanine ..... 5 g • Orange G ..... 2 g • Acide phosphothungstique .....1 g • Eau distillée.....100 mL	• Colorer par Mallory. • Rincer à l'eau distillée. • Déshydrater par l'alcool absolu et monter au baume de canada.	1 1 1 1		
	Rouge nucléaire solide : • Préparation à chaude • Rouge nucléaire solide 0,1 g • Sulfate d'aluminium ..5 g • Eau distillée .....1000 mL • Porter à l'ébullition puis laisser refroidir et filtrer.	• Colorer au rouge nucléaire solide. • Rincer à l'eau distillée. • Traiter par l'acide phosphothungstique. • Laver à l'eau distillée.	1 1 1 1	5 min	
	Acide phosphothungstique : • Acide phosphothungstique.....5 g • Eau distillée.....100 mL	• Colorer par le bleu d'Heidenhain • Rincer à l'eau distillée	1 1		
Coloration topographique variante de l'Azan de Heidenhain	Bleu de Heidenheim : • Bleu d'aniline.....0.2 g • Orange G ..... 5 g • Eau distillée.....100 mL • Acide acétique ...1 mL.	• Déshydrater par l'alcool absolu et monter au baume de canada.	1 1	7 min	Noyaux ou certains cytoplasmes sont jaunes ou gris. Le collagène et les fibres réticulaires sont bleu foncé. Mucus en bleu. Les fibres musculaires en orange marron. Les graines de sécrétion sont bleues ou rouges selon leur nature. En générale mucopolysaccharides sont bleus.