

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique

المدسة الوطنية العليا للفلاحة – الحراش الجزائر
Ecole Nationale Supérieure Agronomique - El Harrach –Alger

Département : Zoologie agricole et forestière

Option : Santé végétale et environnement

Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de Magister en sciences agronomiques

Thème

Activité biologique des extraits de *Peganum harmala*, *Nerium oleander* et d'un insecticide sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (*Orthoptera, Acrididae*)

Présentée par : M^{me} AISSAOUI Hafsa

Soutenu devant le jury :

Président :	Mr. BICHE M.	Professeur (ENSA)
Promotrice :	Mme. KHALFI-HABESS O.	Maître de conférence (ENSA)
Co-Prompteur:	Mr. BENZAHRA A.	Professeur (ENSA)
Examineur :	Mr. GUESSOUM M.	Chargé de cours (ENSA)

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة – الحراش الجزائر
Ecole Nationale Supérieure Agronomique - El Harrach –Alger

Département : Zoologie agricole et forestière

Option : Santé végétale et environnement

Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de Magister en sciences agronomiques

Thème

Activité biologique des extraits de *Peganum harmala*, *Nerium oleander* et d'un insecticide sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskal, 1775) (*Orthoptera, Acrididae*)

Présentée par : M^{me} AISSAOUI Hafsa

Soutenu devant le jury :

Président :	Mr. BICHE M.	Professeur (ENSA)
Promotrice :	Mme. KHALFI-HABESS O.	Maître de conférence (ENSA)
Co-Prompteur:	Mr. BENZAHRA A.	Professeur (ENSA)
Examineur :	Mr. GUESSOUM M.	Chargé de cours (ENSA)

Année universitaire 2013-2014

النشاط البيولوجي لمستخلصات *Peganum harmala*, *Nerium oleander* ومبيد كيميائي على
الجراد الصحراوي (*Orthoptera, Acrididae*)، (*Shistocerca gregaria*) (Forsk. 1775)

تتمحور الدراسة حول تحديد فعالية المستخلصين الاثنوليبيين *Peganum harmala*, *Nerium oleander* على يرقات الجراد الصحراوي في طورها الخامس مقارنة بالمبيد الكيميائي الملاثيون.

لهذا الغرض المواد البيولوجية اخذت من قاعة تربية و تكاثر الجراد الصحراوي المنجزة في المعهد الوطني لوقاية النباتات INPV. المستخلصات الاثنولية اجريت بفضل جهاز سوكليت بعد تجفيف و طحن بذور *P.harmala* و اوراق *N.oleander*.

تم تجهيز ثلاث جرعات لكل من علاجي الابتلاع و الملامسة

تأثيرات هذه المستخلصات لوحظت على بعض العلامات البيولوجية اي : التغيرات المورفولوجية, الفيزيولوجية و النسيجية على مستوى القناة الهضمية اضافة الى وفيات يرقات الطور الخامس مهما كانت طريقة العلاج.

اظهرت اليرقات حساسية اتجاه المستخلصين الاثنوليبيين اين تحققت TL50 في اليوم الثاني للملامسة و اليوم الثالث للابتلاع *P.harmala* و يستمر النشاط الي غاية اليوم السادس عشر

من ناحية اخرى *N.oleander* TL50 يتحقق بعد اليوم الثاني للعلاج باللامسة و في اليوم السادس عشر للعلاج بالابتلاع يمتد نشاطه الي اليوم 21

على اي حال المستخلصين الاثنوليبيين بالرغم من فعاليتهم لديهما درجة تسمم ادنى مقارنة بمبيد الملاثيون الذي يقضي على 100% من الجراد في اليوم الاول من تطبيقه.

الكلمات المفتاحية : المستخلصات الاثنولية, *Schistocerca gregaria* , مورفولوجيا ,

علم الانسجة , فيزيولوجيا , الملاثيون.

Résumé

Activité biologique des extraits de *Peganum harmala*, *Nerium oleander* et d'un insecticide sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (Orthoptera, Acrididae)

L'étude consiste en une détermination de l'efficacité de deux extraits éthanoliques de *Peganum harmala* et *Nerium oleander* sur les larves L5 de *Schistocerca gregaria* en comparaison avec un insecticide chimique le Malathion. A cet effet, le matériel biologique est issu d'un élevage du criquet pèlerin réalisé à l'Institut National de la protection des végétaux (INPV). Les extraits éthanoliques ont été effectués à l'aide d'un Soxhlet, après séchage et broyage des graines de *P. harmala* et des feuilles de *N. oleander*. Trois doses ont été retenues pour chacun des deux traitements par ingestion et contact. Les effets de ces extraits ont été observés sur quelques paramètres biologiques à savoir : les modifications, morphologique, physiologique et histologique au niveau du tube digestif ainsi que la mortalité des larves du 5^{ème} stade, quelque soit le mode de traitement. Les larves ont montré une sensibilité vis-à-vis des deux extraits éthanoliques où le TL50 est atteint au 2^{ème} jour pour le contact et au 3^{ème} jour pour l'ingestion pour *P. harmala* dont l'activité dure jusqu'au 16^{ème} jour. En revanche *N. oleander* a un TL₅₀ qui est atteint dès le 2^{ème} jour pour le traitement par contact et au 16^{ème} jour pour celui de l'ingestion. Son activité s'étend jusqu'au 21^{ème} jour. Quoiqu'il en soit les deux extraits éthanoliques, en dépit de leur efficacité, possède une toxicité très en deçà par rapport au Malathion qui tue 100% des criquets au premier jour de son application.

Mots clés : extraits éthanoliques, *Schistocerca gregaria*, morphologie, histologie, physiologie, Malathion.

Abstract

Biological activity of extracts of *Peganum harmala*, *Nerium oleander* and of an insecticide on the locust *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (Orthoptera, Acrididae)

The study consists of determining the efficiency of two ethanolic extracts of *Nerium oleander* and *Peganum harmala* on L5 larvae of *Schistocerca gregaria* in comparison with a chemical insecticide malathion. For this purpose, the biological material comes from a bred desert locusts raised at the National Institute of Plant Protection (INPV). The ethanolic extracts were made using a soxhlet, after drying and grinding the seeds of *P. harmala* and leaves of *N. oleander*. Three doses were selected for each of the two treatments by ingestion and contact. The effects of these extracts have been observed on some biological parameters namely: the morphological, physiological and histological modifications at the level of digestive tube and larval mortality of the fifth stage, whatever the mode of treatment is. Larvae showed a sensitivity vis-à-vis the two ethanolic extracts where LT50 is reached on the 2nd day for the contact and the third day for *P. harmala* by ingestion whose activity lasts until the 16th day. However *N. oleander* has a TL50 which is reached from the 2nd day for the treatment by contact and the 16th day for that of the ingestion, its activity extends to 21 days. Anyway, despite their effectiveness, the two ethanolic extracts have a very short toxicity compared to malathion which kills 100% of locusts on the first day of its application.

Keywords: ethanolic extracts, *Schistocerca gregaria*, morphology, histology, physiology Malathion.

Dédicace

Je dédie ce travail à mes très chers parents. Ce petit labeur n'est autre que le fruit de leurs amours, et leurs présences à mes cotés ;

A mon très cher mari qui m'a guidé et soutenu avec une grande patience pour la réalisation de ce projet; je lui témoigne ici ma profonde gratitude.

Je le dédie aussi à ma tante Rafiaa et ma cousine Mahdia qui m'ont toujours encouragé.

A Mon frère et mes sœurs, à toute ma famille et ma belle famille.

A toutes mes amies et à tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

Hafsa

Remerciement

En premier lieu, je remercie DIEU le tout Puissant pour m'avoir accordé le courage, la force et la patience de mener à bien ce modeste travail.

A Mme. Khalfi-Habbes O. et Mr. Benzahra A., respectivement Maître de conférence et Professeur au département de Zoologie agricole et forestière à l'E.N.S.A. d'EL HARRACH, pour leur encadrement, leurs conseils, leur encouragement, leur inquiétude, leur gentillesse et leur modestie.

A Mr. Biche M. Professeur au département de Zoologie agricole et forestière à l'E.N.S.A. d'EL-HARRACH, pour m'avoir fait honneur de présider mon jury et aussi pour ses conseils et ses encouragements.

A Mr. Guessoum M. Chargé de cours au département de Zoologie agricole et forestière à l'E.N.S.A. d'EL-HARRACH, pour avoir accepté d'examiner mon travail et pour ces conseils et sa gentillesse.

A Mr. Lazar M. Chef du département de la lutte antiacridienne au niveau de l'INPV pour ces encouragements, ses conseils et sa serviabilité, qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect.

J'exprime également ma reconnaissance à Mme. Saidi M. Chargée de cours à l'USTHB, de m'avoir aidé à interpréter les coupes histologiques et aussi pour sa gentillesse, ses conseils et son inquiétude.

A Mr. Boufersaoui A. pour m'avoir autorisé à accéder à son laboratoire.

A Mme. Hamanna ingénieur du laboratoire d'entomologie à l'USTHB pour son aide, sa serviabilité et sa gentillesse.

A Mr. Aissanou F. pour sa contribution dans ce travail ainsi que pour ses conseils et son encouragement.

A Mlle. Boumediene F. pour son aide, son soutien et ses conseils.

Je remercie vivement tout le personnel du département de la lutte antiacridienne : Mr. Moumen, Mr. Benssaad, Mr. Chaouch, Mr. Belazougui, Mr. Ahmed Zaid, Mr. Makhloufi, Mr. Benaya, Mr. Khider, Mr. Nedjari, Mr. Mamou, Mr. Ahmed Serrir, Mr. Latreche et Mr. Bensghir. Je remercie également mes chères collègues : Mme. Miloudi, Mlle. Belguidoum, Mlle. Hammache, Mme. Bouchama et Mlle. Reguieg. Pour m'avoir témoigné

leur aide moralement et matériellement et pour leur sympathie et leur gentillesse. Je tiens à remercier également le personnel du service de cytologie au centre hospitalo universitaire d'HUSSEIN DEY à ALGER pour leur aide dans la préparation des coupes histologiques.

A mes parents, que j'aime plus que tout au monde. En témoignage de tout mon amour et de ma gratitude pour leur confiance notamment durant ces études et leur soutien à tous les instants.

Je tiens à remercier tous ceux qui d'une manière ou d'une autre, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Liste des abréviations

CIRAD: Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement.

FAO: Organisation des Nations unies pour l'Agriculture et l'Alimentation.

INPV: Institut National de la Protection des Végétaux.

Fig : Figure

EC : Emulsion concentrée

D1: Dose 1

D2: Dose 2

D3: Dose 3

L5: Larve 5^{ème} stade

l: Litre

ha : Hectare

G: Gramme

ml: Millilitre

%: Pourcentage

µm : Micromètre

DL 50 : Dose létale 50

TL 50 : Temps Léthal 50

R : Répétition

Liste des tableaux

	Page
Tableau n°1	Synthèse des travaux concernant les activités du criquet pèlerin et la lutte anti-acridienne en Algérie 14
Tableau n°2	Taux de mortalité moyenne après traitement par contact pour le laurier rose..... 45
Tableau n°3	Taux de mortalité moyenne après traitement par ingestion, pour le laurier rose..... 46
Tableau n°4	Taux de mortalité moyen après traitement par contact pour <i>P. harmala</i> 47
Tableau n°5	Taux de mortalité moyen, après traitement par ingestion pour <i>P. harmala</i> 48
Tableau n°6	Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 % (Newman-Keuls (SNK))..... 50
Tableau n°7	Classement et regroupements des groupes non significativement différents..... 51
Tableau n°8	Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 % (Newman-Keuls (SNK))..... 51
Tableau n°9	Classement et regroupements des groupes non significativement différents..... 52
Tableau n°10	Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 % (Newman-Keuls (SNK))..... 52
Tableau n°11	Classement et regroupements des groupes non significativement différents..... 53
Tableau n°12	Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 % (Newman-Keuls (SNK))..... 54
Tableau n°13	Classement et regroupements des groupes non significativement différents..... 54

Liste des figures

	Page
Figure n°1	Morphologie générale d'un criquet..... 4
Figure n°2	Différences morphologiques entre l'ailé grégaire et l'ailé solitaire du criquet pèlerin..... 5
Figure n°3	Cycle biologique du criquet pèlerin <i>Schistocerca gregaria</i> 6
Figure n°4	Anatomie interne du criquet..... 7
Figure n°5	Appareil digestif d'un acridien en vue dorsale..... 8
Figure n°6	Zones de reproduction estivale et hiverno-printanière du criquet pèlerin et migration résultante..... 11
Figure n°7	Les mouvements du criquet pèlerin en Algérie 2012-2013..... 22
Figure n°8	<i>Peganum harmala</i> 23
Figure n°9	Arbuste de laurier rose (<i>Nerium oleander</i>)..... 26
Figure n°10	Salle d'élevage du criquet pèlerin..... 35
Figure n°11	Différentes étapes d'obtention des extraits aqueux..... 36
Figure n°12	Protocol expérimental pour étudier l'efficacité des deux biopesticides sur la mortalité des larves L5 du <i>Schistocerca gregaria</i> 38
Figure n°13	Etapas de la préparation des coupes histologiques..... 42
Figure n°14	les modifications morphologiques causées par les deux biopesticides utilisés..... 44
Figure n°15	Le blocage de la mue imaginale et le changement de pigmentation provoqués par les deux biopesticides utilisés..... 44
Figure n°16	Taux de mortalité moyenne des larves L5 traitées au laurier rose en fonction du temps selon le mode de traitement par contact..... 45
Figure n°17	Taux de mortalité moyen des larves L5 traitées au laurier rose en

	fonction du temps selon le mode d'ingestion.....	47
Figure n°18	Taux de mortalité moyen des larves L5 après traitement par contact Pour le <i>P. harmala</i> , en fonction du temps.....	48
Figure n°19	Taux de mortalité moyen des larves L5 après traitement par ingestion Pour le <i>P. harmala</i> , en fonction du temps.....	49
Figure n°20	Droite de regression de la mortalité en probits pour <i>N. oleander</i> après traitement par contact	50
Figure n°21	Droite de regression de la mortalité en probits pour <i>N. oleander</i> après traitement par ingestion.....	51
Figure n°22	Droite de regression de la mortalité en probits pour <i>P.harmala</i> après traitement par contact.....	52
Figure n°23	Droite de régression de la mortalité en probits pour <i>P.harmala</i> après traitement par ingestion.....	53
Figure n°24	Comparaison entre la mortalité de <i>N. oleander</i> et <i>P. harmala</i> après traitement par contact.....	54
Figure n°25	Comparaison entre la mortalité de <i>N. oleander</i> et <i>P. harmala</i> après traitement par ingestion.....	55
Figure n°26	Droite de régression de la mortalité en probits en fonction du temps (TL50) après traitement par contact au <i>N. oleander</i> (D1).....	56
Figure n°27	Droite de régression de la mortalité en probits en fonction du temps (TL50) après traitement par contact au <i>N. oleander</i> (D2).....	56
Figure n°28	Droite de régression de la mortalité en probits en fonction du temps (TL50) après traitement par contact au <i>N. oleander</i> (D3).....	57
Figure n°29	Droite de régression de la mortalité en probits en fonction du temps (TL50) après traitement par ingestion au <i>N. oleander</i> (D1).....	57
Figure n°30	Droite de régression de la mortalité en probits en fonction du temps (TL50) après traitement par ingestion au <i>N. oleander</i> (D2).....	58
Figure n° 31	Droite de régression de la mortalité en probits en fonction du temps (TL50) après traitement par ingestion au <i>N. oleander</i> (D3).....	58
Figure n°32	Droite de régression de la mortalité en probits en fonction du temps (TL50) après traitement par contact au <i>P. harmala</i> (D1).....	59
Figure n°33	Droite de régression de la mortalité en probits en fonction du temps (TL50) après traitement par contact au <i>P. harmala</i> (D2).....	59
Figure n°34	Droite de regression de la mortalité en probits en fonction du temps (TL50) après traitement par contact au <i>P. harmala</i> (D3).....	60

Figure n°35	Droite de regression de la mortalité en probits en fonction du temps (TL50) après traitement par ingestion au <i>P. harmala</i> (D1).....	60
Figure n°36	Droite de regression de la mortalité en probits en fonction du temps (TL50) après traitement par ingestion au <i>P. harmala</i> (D2).....	61
Figure n°37	Droite de regression de la mortalité en probits en fonction du temps (TL50) après traitement par ingestion au <i>P. harmala</i> (D3).....	61
Figure n°38	Stomodeum du <i>Schistocerca gregaria</i>	64
Figure n°39	Mesenteron du <i>Schistocerca gregaria</i>	65
Figure n°40	Proctodeum du <i>Schistocerca gregaria</i>	66

SOMMAIRE

Pages

Introduction	1
---------------------------	----------

Chapitre I : Données bibliographiques

1. Données bibliographiques sur le criquet pèlerin <i>Schistocerca gregaria</i>	4
1.1. Systématique	4
1.2. Morphologie	4
1.3. Biologie	6
1.4. Anatomie des criquets	6
1.4.1. Appareil digestif des criquets.....	7
1.5. Polymorphisme	8
phasaire.....	
1.5.1. La multiplication.....	9
1.5.2. La concentration	10
1.5.3. La grégarisation.....	10
1.6. Aires de répartition du criquet pèlerin.....	10
1.7. Migration saisonnière	11
1.8. Régime alimentaire	12

.....	
1.8.1. Plantes appétantes	12
1.8.2. Plantes répulsives.....	13
1.9. Importance économique	13
.....	
2. Historique de la lutte antiacridienne en Algérie.....	14
2.1. Recrudescence acridienne en Algérie 2012- 2013.....	19
3. Données bibliographiques sur les plantes utilisées.....	23
3.1. Le pégane <i>Peganum harmala</i>	23
<i>L.</i>	
3.1.1. Position systématique.....	23
3.1.2. Description de la plante.....	23
3.1.3. Répartition géographique.....	24
3.1.4. Composition chimique.....	24
3.1.5. Intérêt socioéconomique.....	24
3.1.6. Effets du <i>Peganum Harmala</i> sur l'homme et les animaux.....	24
3.2. Le laurier rose (<i>Nerium oleander</i>	25
<i>L.</i>).....	
3.2.1. Position systématique.....	25
3.2.2. Description de la plante.....	25
3.2.3. Répartition géographique.....	27
3.2.4. Composition chimique.....	27
3.2.5. Effets du laurier rose sur l'homme et les animaux.....	28
3.2.6. Intérêt socioéconomique.....	28
4. Les moyens de lutte antiacridienne.....	30
4.1. La lutte prophylactique.....	30
4.2. La lutte curative.....	30
1. Les prédateurs et parasitoïdes	31
2. Les bactéries et les champignons	31
3. Les dérégulateurs de croissance	32
3.1. Les analogues d'hormones	32
juvéniles.....	
3.2. Les inhibiteurs de la synthèse de la	32

chitine.....	
4. Les extraits aqueux	33

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Matériel et produits utilisés.....	34
1.1 Matériel animal.....	34
1.2 Matériel végétal.....	34
1.2.1. <i>Peganum harmala</i> (le pégane).....	34
1.2.2. <i>Nerium oleander</i> (le laurier rose).....	34
1.3 L'insecticide	34
2. Méthodes.....	34
2.1. Méthode d'élevage.....	34
2.2. Méthode d'obtention des extraits	35
2.2.1. Le pégane	36
2.2.2. Le laurier rose	36
2.3. Méthodes expérimentales	37
2.3.1. Evaluation de l'activité biologique des produits testés	37
2.3.1.1. Conditions expérimentales.....	37
2.3.1.2. Activité insecticide par contact.....	37
2.3.1.3. Activité insecticide par ingestion.....	37
2.3.1.4. Impact des produits sur le potentiel biotique des criquets.....	38
2.3.1.5. Etude de l'effet des deux extraits sur le tube digestif des individus traités	39
2.4. Méthodes d'analyses des résultats.....	43
2.4.1. La mortalité.....	43

2.4.2. Calcul des DL50.....	43
2.4.3. Calcul des TL50.....	43
2.4.4. Analyse statistique.....	43

Chapitre III : Résultats

I. Effet des deux biopesticides sur la morphologie et la physiologie des larves L5.....	44
1.1. Effet sur la morphologie.....	44
1.2. Effet sur la physiologie des larves L5.....	44
II. Effet sur la mortalité.....	45
1.3. Effet du <i>Nerium oleander</i> sur la mortalité.....	45
a- Traitement par contact.....	45
b- Traitement par ingestion.....	46
1.4. Effet du <i>Peganum harmala</i>	47
a- Traitement par contact.....	47
b- Traitement par ingestion.....	59
III. Détermination de la DL ₅₀ et classement des groupes.....	50
1.5. Test par contact pour le laurier rose.....	50
1.6. Test par ingestion pour laurier rose.....	51
1.7. Test par contact pour <i>P. harmala</i>	52
1.8. Test par ingestion pour <i>P. harmala</i>	53
IV. Comparaison entre l'efficacité du <i>N. oleander</i> et de <i>P. harmala</i> après traitement par contact.....	54
V. Comparaison entre l'efficacité du <i>N. oleander</i> et de <i>P. harmala</i> après traitement par ingestion.....	55
VI. Détermination de la TL 50.....	55
VI.1 TL 50 pour Laurier rose test par contact pour la dose D1.....	56
VI.2 TL 50 pour Laurier rose test par contact pour la dose D2.....	56

VI.3 TL 50 pour Laurier rose test par contact pour la dose D3.....	57
VI.4 TL 50 pour Laurier rose test par ingestion pour la dose D1.....	57
VI. 5 TL 50 pour Laurier rose test par ingestion pour la dose D2.....	58
VI.6 TL 50 pour Laurier rose test par ingestion pour la dose D3.....	58
VI.7 TL 50 pour <i>Peganum harmala</i> test par contact pour la dose D1.....	59
VI.8 TL 50 pour <i>Peganum harmala</i> test par contact pour la dose D2.....	59
VI.9 TL 50 pour <i>Peganum harmala</i> test par contact pour la dose D3.....	60
VI.10TL 50 pour <i>Peganum harmala</i> test par ingestion pour la dose D1.....	60
VI.11TL 50 pour <i>Peganum harmala</i> test par ingestion pour la dose D2.....	61
VI.12TL 50 pour <i>Peganum harmala</i> test par ingestion pour la dose D3.....	61
VII. Etude histologique du tube digestif du criquet pèlerin <i>Schistocerca gregaria</i>	62
VII.1. Stomodeum (intestin antérieur).....	64
VII.2. Mesenteron (intestion moyen).....	65
VII.3. Proctodeum (intestin postérieur).....	66
 Chapitre IV : Discussion	67
 Conclusion	70
Références bibliographiques	71
Annexes	80

INTRODUCTION

Les acridiens en tant qu'insectes nuisibles occupent une place très importante parmi les ravageurs de l'agriculture. C'est un groupe hétérogène qui comprend aussi bien les sauterelles que les sautériaux. La majorité des espèces nuisibles aux cultures se localisent dans le continent africain (Hamdi, 1989). Ainsi, le Sahara, notamment Tamanrasset et Adrar offre un habitat permanent favorable au maintien et à la dispersion des acridiens, que ce soit en période de rémission ou en période d'invasion en raison de ses conditions éco climatiques (Ould El Hadj, 1991; Popov *et al*, 1991; Drias, 1994).

Le criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* est l'une des rares espèces de locustes qui montre des grandes caractéristiques de grégarisation et des migrations à longue portée constituant ainsi un fléau majeur (Bouaichi, 1996 *in* Idrissi Hassani *et al.* 1998). Cette espèce redoutable est dotée de polymorphisme phasaire (ensemble de transformation qui lui permet de s'adapter à des situations écologiques extrêmes). Ce bioagresseur occasionne des dégâts considérables à la végétation spontanée et aux cultures (Abassi *et al.* 2005).

Connaître la bio écologie du criquet pèlerin en phase solitaire dans son biotope naturel ou anthropisé, équivaut à se donner les moyens de prévoir et d'expliquer les phénomènes qui engendrent leurs multiplications. Une connaissance précise de la localisation et du fonctionnement de ces foyers de grégarisation est indispensable. La dernière invasion qu'a connue la région occidentale d'octobre 2003 à mai 2005 (F.A.O., 2004), a révélé des insuffisances dans l'exécution des programmes de surveillances et de luttés notamment dans les pays du Sahel. Ainsi, il a suffi de deux mois de bonne pluviométrie en Mauritanie durant l'été 2003 pour assister au retour massif des populations grégaires au mois d'octobre de la même année (Lecoq, 2009).

Les méthodes actuelles de lutte curative utilisent des produits insecticides liquides dont les matières actives appartiennent à la famille des organophosphorés, des pyréthrinoides de synthèse et des carbamates. Ces préparations se sont révélées à la fois très efficaces sur le criquet mais aussi néfastes sur de nombreuses autres espèces animales du biotope. Ces produits provoquent une accumulation de substances toxiques dans les écosystèmes traités entraînant d'importants préjudices pour la flore et la faune. (Barbouche *et al*, 2001). Suite aux nombreux inconvénients causés par l'utilisation des pesticides organiques de synthèse, une prise de conscience des scientifiques a amené les instituts de recherche à s'orienter vers la lutte biologique sous ses diverses formes. Ce moyen de lutte représente un ensemble de

méthodes qui consiste à détruire les insectes nuisibles par l'utilisation rationnelle de leurs ennemis naturels. La lutte biologique s'impose progressivement comme une alternative efficace, sûre et économique pour maîtriser les bioagresseurs nuisibles (Brodeur, 2009). Parmi les moyens biologiques les composés allelochimiques contenues dans les plantes attirent et intéressent depuis quelques années les entomologistes en raison de leur importance dans les processus écologiques et leur coévolution avec les phytophages. L'utilisation des plantes comme source de pesticides à l'égard des sauterelles est relatée par une abondante littérature (Auger *et al.*, 2002 ; Abbassi *et al.*, 2005 ; El Allagui *et al.*, 2007 ; Idrissi Hassani et Hermas, 2008). De part les huiles essentielles qu'elles renferment, de nombreuses plantes sont réputées actuellement comme possédant des propriétés insecticides. Leur action toxique (par contact, inhalation et ingestion), leur répulsivité, leur anti-appétance, de même que leurs effets néfastes sur le potentiel reproducteur des insectes, ont été à maintes reprises prouvés.

Les plantes et leurs extraits ont été utilisés par l'homme depuis l'aube de la civilisation. L'utilisation des préparations botaniques pour différentes raisons, justifiées ou non, à toucher plusieurs cultures dans le monde. La diversité biologique et structurale des plantes fait de celles-ci une source unique et renouvelable pour la découverte de nouveaux médicaments (Mahmoudian *et al.*, 2002). Les pesticides botaniques sont extraits de racines, graines, feuilles ou fleurs des plantes ayant des potentialités insecticides. Toutefois, l'effet toxique des pesticides botaniques peut durer entre 3 heures et plusieurs semaines, selon la substance utilisée. Ils peuvent se révéler extrêmement efficaces si on les utilise au bon moment (Bezaze, 2011).

Plusieurs espèces végétales sont connues par leur pouvoir insecticide parmi lesquelles, le neem: (*Azadirachta indica* et *Melia volkensii*), ces plantes ont fait preuve d'une action remarquable sur plusieurs insectes nuisibles en l'occurrence le criquet pèlerin. D'autres espèces végétales telles que *Citrillus colocynthis*, *Cestrum parquii* et *Glinus lotoides* se distinguent par un pouvoir répulsif vis à vis des criquets dont les extraits provoquent également des mortalités sur les larves du criquet pèlerin (Duranton *et al.*, 1982) . Lors des recrudescences des populations du criquet pèlerin en 1995 dans la région centrale, Abbassi *et al.* (2003a) et Abbassi *et al.* (2003b), Benzara *et al.* 2013 ont noté que trois espèces végétales ont été épargnées par les attaques de cet acridien ; il s'agit de *Peganum harmala*, *Calotropis procera* et *Zygophyllum gaetulum*. Ces auteurs ont démontré par la suite que les extraits des feuilles de ces plantes étaient toxiques, anti-appétantes et réduiraient la fécondité et la fertilité des femelles de *S. gregaria*.

En Algérie les travaux sur l'action biocide des plantes sur les orthoptères nuisibles restent insuffisants malgré le patrimoine végétal très riche que renferme notre pays. C'est ce manque de données sur les plantes algériennes à caractère insecticide qui nous a incité à opter pour le choix du thème de notre travail.

Notre étude s'articule autour de quatre chapitres. Le premier est consacré aux données bibliographiques sur le criquet pèlerin et sur les deux plantes testées. Le second portera sur le matériel et les méthodes de travail. Les résultats concernant les paramètres étudiés sont traités dans le troisième chapitre. Enfin, un quatrième chapitre est consacré pour la discussion des résultats obtenus.

CHAPITRE I

Données bibliographiques

1. Données bibliographiques sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*

1.1 Systématique

Schistocerca gregaria (Forskål, 1775), est appelé communément Criquet pèlerin ou Criquet du désert. Selon Chopard (1943); Dirsh (1953) et Louveaux et Ben-Halima (1986) le criquet pèlerin est classé selon la nomenclature suivante :

- Ordre : Orthoptera
- Sous-ordre : Caelifera
- Super-famille : Acridoidea
- Famille : Acrididae
- Sous-famille : Cyrtacanthacridinae
- Genre : *Schistocerca*
- Espèce : *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)

1.2 Morphologie

Le Criquet pèlerin est un acridien de grande taille. Les femelles mesurent 70 à 90 mm de long et les mâles 60 à 75 mm. Les antennes sont filiformes. Le pronotum est comprimé dans la prozone et son bord postérieur est anguleux. Le tubercule prosternal est arrondi, mince, à apex émoussé, légèrement incliné vers l'arrière. Les élytres comme les ailes sont longs, dépassant nettement l'extrémité abdominale et les genoux postérieurs (Fig.1). Les cerques des mâles sont courts, rectangulaires et la plaque sous-génitale est incisée.

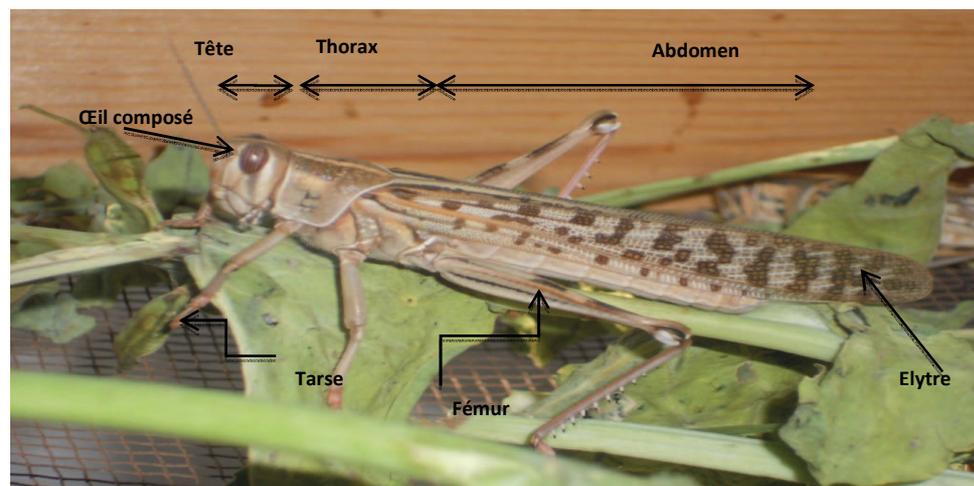


Fig.1 Morphologie générale d'un criquet (Original, 2013)

La coloration du Criquet pèlerin est très variable, elle dépend de l'état phasaire et de la maturation sexuelle. Les yeux sont striés. Les élytres sont maculés de taches brunes. Les tibias postérieurs sont de la teinte générale du corps. Les ailes sont hyalines, rosâtres ou jaunâtres (Duranton et Lecoq, 1990). Les larves et les ailés solitaires de *S. gregaria*, se distinguent des individus grégaires par la carène dorsale du pronotum en forme de crête et non déprimée ou droite (C.I.R.A.D, 2004) (Fig.2). Leur taille est différente. Les ailés solitaires de *S. gregaria* sont plus grands que les grégaires.

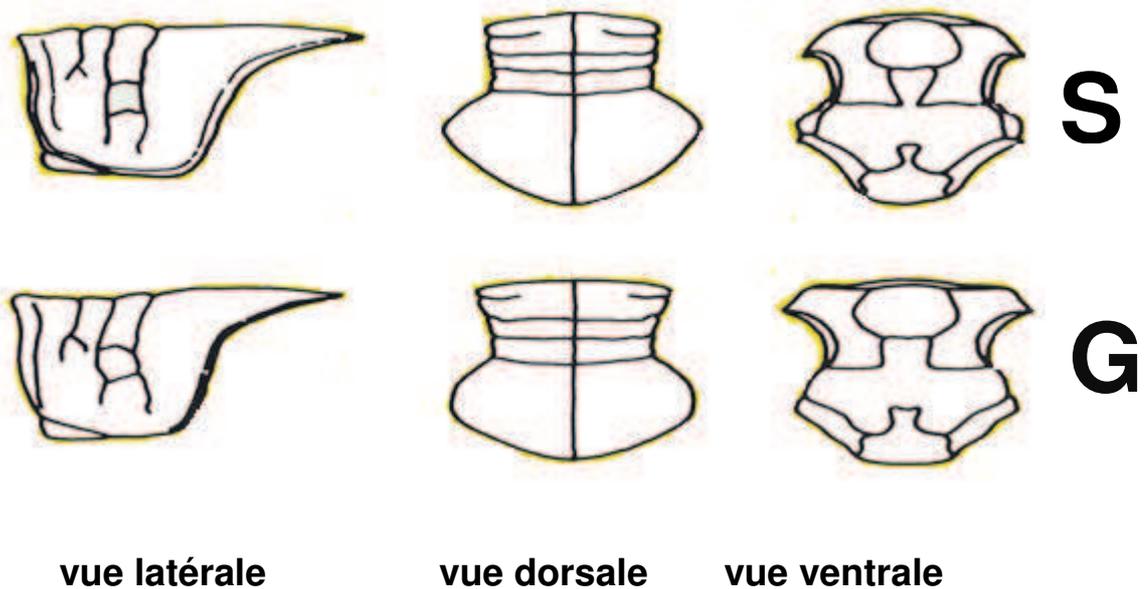
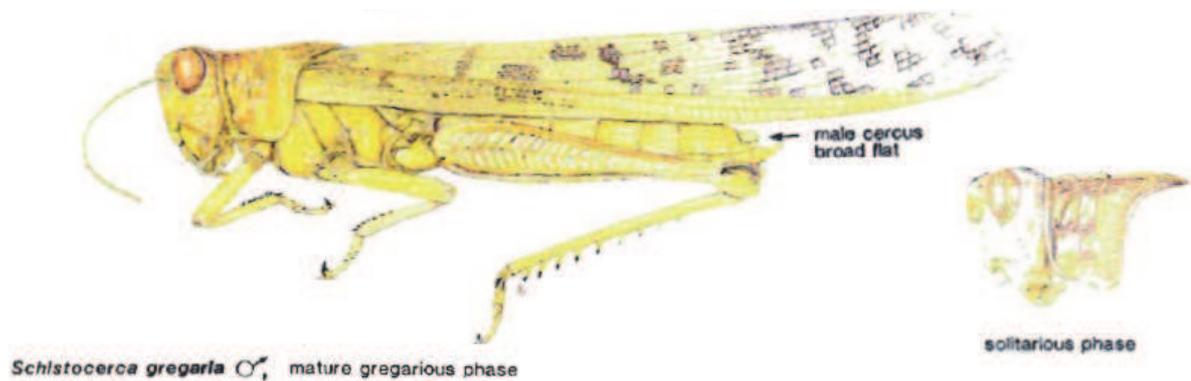


Fig.2 Différences morphologiques entre l'ailé grégaire et l'ailé solitaire du criquet pèlerin. (Dirsh, 1953 *In* Duranton et Lecoq, 1990)

1.3 Biologie

Le cycle biologique du Criquet pèlerin comprend, comme chez les autres espèces de criquets, trois états successifs : l'œuf, la larve et l'adulte. Lors de l'éclosion, naissent de jeunes criquets dépourvus d'ailes, appelés larves. Les larves se débarrassent de leur cuticule cinq à six fois pendant leur développement et leur taille s'accroît à chaque fois (Fig. 3). Ce processus s'appelle la mue et la période qui sépare deux mues successives s'appelle un stade. La dernière mue, du stade larvaire 5 (ou 6) dépourvu d'ailes à l'imago, s'appelle la mue imaginale. Le nouvel ailé, appelé «jeune ailé», doit attendre le séchage et le durcissement de ses ailes avant de pouvoir voler. Les ailés ne muent pas et leur taille ne s'accroît donc pas mais leur poids augmente progressivement. Les ailés qui peuvent voler sont, au départ, sexuellement immatures. Quand ils deviennent sexuellement matures, ils peuvent s'accoupler et pondre des œufs (Symmons et Cressman, 2001). Le nombre annuel de générations varie entre 2 et 3 selon les conditions écologiques (Duranton et Lecoq, 1990).



Fig.3 Cycle biologique du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Original, 2013)

1.4 Anatomie des criquets

Les principaux organes internes peuvent être classés selon la fonction qu'ils remplissent :

- ✓ Nutrition : appareil digestif, appareil circulatoire, appareil respiratoire et appareil excréteur.
- ✓ Relation entre les organes ou avec le milieu extérieur : muscles, système nerveux, système endocrinien et organes sensoriels.
- ✓ Reproduction : l'appareil reproducteur (Cirad, 2007). (Fig. 4)

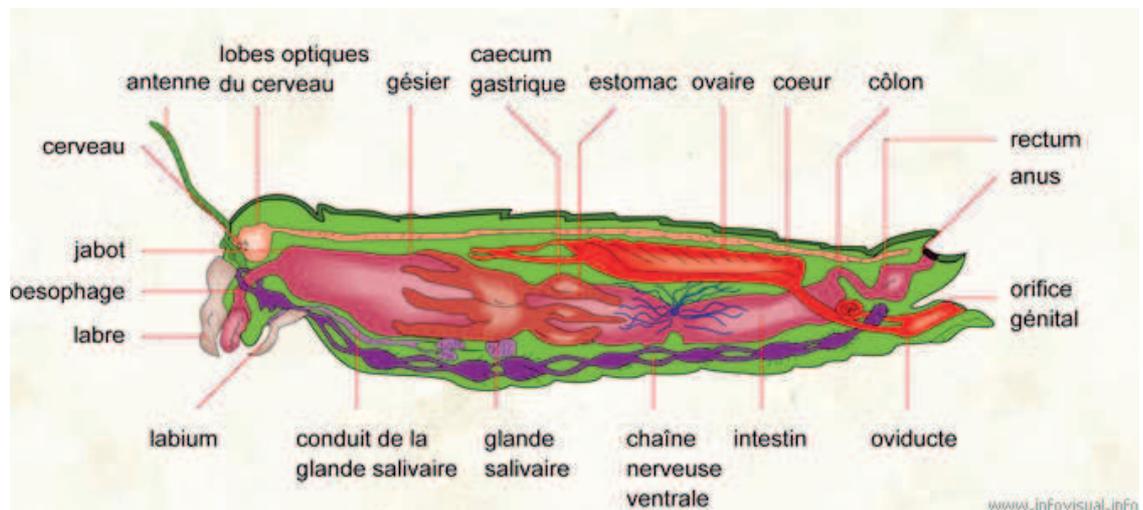


Fig. 4 Anatomie interne du criquet (Site 1 : http://www.infovisual.info/02/046_fr.html)

1.4.1 Appareil digestif des criquets

L'appareil digestif des acridiens est constitué d'un tube reliant la bouche à l'anus (Fig. 5). Il présente une suite de poches dont chacune est spécialisée dans une fonction ; on les regroupe en trois parties :

- ✓ Le stomodeum : Comprend la cavité buccale, le pharynx, l'oesophage et deux poches qui sont le jabot où sont stockés les aliments, et le gésier qui assure la trituration des aliments, et régularise le transit de la nourriture vers l'intestin moyen.

- ✓ Le mesenteron, ou l'intestin moyen : est séparé du stomodeum par le cardia où s'insèrent six caecae gastriques et va jusqu'au pylore qui le sépare de l'intestin postérieur ;

Le mesenteron est la région où se font la digestion et l'absorption. La première est facilitée par des bactéries sécrétées par les caecae gastriques qui ont un rôle biochimique tandis que la seconde est effectuée par des cellules sécrétrices absorbantes qui forment l'épithélium, isolé du bol alimentaire par une membrane péritrophique filtrante.

- ✓ Le proctodeum est l'intestin postérieur : il commence à partir du pylore où s'insèrent les tubes de Malpighi qui forme l'appareil excréteur et se termine au niveau de l'anus. Le proctodeum se subdivise en trois parties : l'iléon, dont la paroi interne est tapissée des muscles très puissants, suivi du colon plus étroit et du rectum, poche dilatée qui se termine par l'anus (Chara, 1995).

a : acinus, **an** : anus, **c** : cardia, **cg** : coeca gastriques, **co** : colon, **cs** : canal salivaire, **g** : gésier, **gl** : glande salivaire, **i** : iléon, **j** : jabot, **l** : lobe, **M** : mesenteron, **m** : partie moyenne, **o** : œsophage, **P** : proctodeum, **p** : pylore, **pr** : papille rectale, **r** : rectum, **S** : stomodeum, **tm** : tubes de

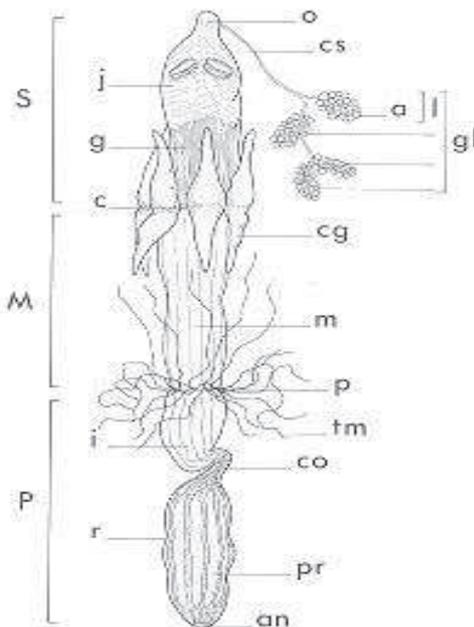


Fig. 5 - Appareil digestif d'un acridien en vue dorsale (modifié par Jannone, 1939)

1.5 - Polymorphisme phasaire

Le criquet pèlerin n'est pas un insecte comme les autres : il peut vivre aussi bien en solitaire qu'en groupe, et peut changer de morphologie selon l'état phasaire. Solitaire, il est parfaitement discret et passe le plus souvent inaperçu, puisqu'il ne chante pas, à la différence d'autres espèces. Mais, quand les conditions deviennent favorables (pluviosité, abondance de la nourriture) et que le nombre de ses congénères dépasse le seuil d'environ 500 adultes ailés à l'hectare, aussitôt le criquet pèlerin adapte sa physiologie, sa morphologie et son comportement à la vie grégaire. La transformation est réversible et suppose une phase intermédiaire, dite *transiens*. Mais, en deux ou trois générations (soit seulement de 2 à 3 mois), l'insecte, jusque-là inoffensif, peut devenir, par le fait du nombre, un redoutable ravageur. Dès qu'il trouve un milieu propice, même temporaire, à sa reproduction, il commence à pulluler. Les larves, encore dépourvues d'ailes, se déplacent en bandes grouillantes sur le sol. Les adultes se regroupent en de gigantesques essaims (www.larousse.fr/encyclopedie/viesauvage/criquet_pelerin/184047). Le polymorphisme phasaire désigne la faculté qu'ont les acridiens d'une même espèce de criquet à présenter des formes variées et réversibles (Albrecht, 1967). La transition de la phase solitaire à la phase grégaire, et vice versa, constitue une phase transitoire et on parle alors de criquets transiens. Si la densité acridienne augmente, on parle de transiens congregans et, si elle diminue, de transiens dissocians (Symmons et Cressman, 2001).

En effet, la densité est le facteur primordial qui contrôle le polymorphisme phasaire et le changement des phases de l'état solitaire à l'état grégaire. Ce phénomène dépend de l'intensité et de la densité du regroupement (Maeno et Tanaka, 2011). Un des principaux changements phasaires relatifs au comportement est le comportement du vol qui est plus intense chez les criquets grégaire. Les essaims du criquet pèlerin présentent des vols migrateurs diurnes et longs, en traversant 1000 Km par semaine (Steedman, 1990 *in* Fuchs et al. 2003).

D'après Popov et al. (1991), la transformation phasaire, dans les deux sens, se produit aisément et fréquemment. Les extrêmes phasaires sont très distincts tant sur le plan éthologique que sur les plans physiologique et morphologique. Trois étapes se succèdent dans la transformation phasaire : multiplication, concentration et grégarisation (Duranton et Lecoq, 1990).

1.5.1. La multiplication

Si les conditions écologiques optimales se maintiennent, les sauterelles se multiplient rapidement entraînant un accroissement des effectifs des insectes.

1.5.2. La concentration

Les vents convergents sur des superficies réduites offrent des conditions favorables au regroupement des imagos solitaires.

1.5.3. La grégarisation

Le maintien des conditions écologiques favorables pendant au moins quatre générations successives aboutissent à la grégarisation de *Schistocerca gregaria*.

1.6 Aires de répartition du criquet pèlerin

Les invasions du criquet pèlerin peuvent affecter près de 20% de la surface du globe soit 28 millions km². Soixante-cinq pays d'Afrique, du Moyen-Orient et d'Asie du Sud-Ouest sont colonisés de manière intermittente par le criquet pèlerin. Quand les effectifs et les densités de celui-ci sont faibles, il occupe la zone centrale de l'aire de rémission, cette dernière plus aride a une superficie de 16 millions km² et s'étend de la Mauritanie au nord-ouest de l'Inde et englobe plus de 25 pays.

Normalement solitaires, ces insectes originaires des déserts d'Afrique de l'Ouest à l'Inde se transforment, quand certaines conditions sont réunies, en gigantesques essaims voraces qui laissent un sillage de désolation derrière eux, (Dupont, 2006).

Les zones de reproduction du criquet pèlerin sont caractérisées par des précipitations peu abondantes et irrégulières, d'une moyenne annuelle de 80 à 400 mm avec un coefficient de fluctuation de 70%. Le déclenchement d'une invasion dépend d'un ensemble de circonstances agissant simultanément dans le temps et dans l'espace (Magor, 1993).

En Algérie Guendouz-Benrima (2005), l'aire de rémission du criquet pèlerin couvre pratiquement tout le Sahara algérien avec une activité acridienne maintenue toute l'année par une persistance diffuse des populations de solitaires. D'après Guendouz-Benrima et al. (2007) en période de rémission, il y a eu deux reproductions par an pour les populations solitaires ; l'une au Sahara central entre mars et juin et la deuxième entre septembre et décembre au Sahara méridional, en fonction bien sûr du régime

pluviométrique. En général, les biotopes colonisables par le Criquet pèlerin au Sud algérien, se trouvent à l'intérieur d'un territoire qui correspond approximativement à une bande latitudinale comprise entre la 19^{ème} et 32^{ème} parallèle nord. Cette bande renferme surtout les lits d'oueds, les zones d'épandage des eaux de pluies, les entre-dunes et les cuvettes où s'accumulent les eaux de ruissellement (Lazar, 2005).

1.7 Migration saisonnière

Les couloirs de migration saisonnière relient les différentes aires de reproduction. Ils diffèrent selon les années, car ils sont dépendants des sources d'émigrants et des trajectoires des criquets, elles-mêmes liées aux vents durant les vols migratoires. Waloff 1976 *in* Magor 1993 a démontré que des mouvements saisonniers réguliers au sein d'une région étaient plus fréquents que les migrations inter-régionales et que les mouvements inter-régionaux n'impliquent généralement qu'une partie de la population de la région. En conséquence, pour la planification et l'exécution des campagnes de lutte, l'ensemble de l'aire d'habitat du Criquet pèlerin a été divisé en quatre régions principales : Ouest, Centre-Nord, Centre-Sud et Est. (Fig. 6)

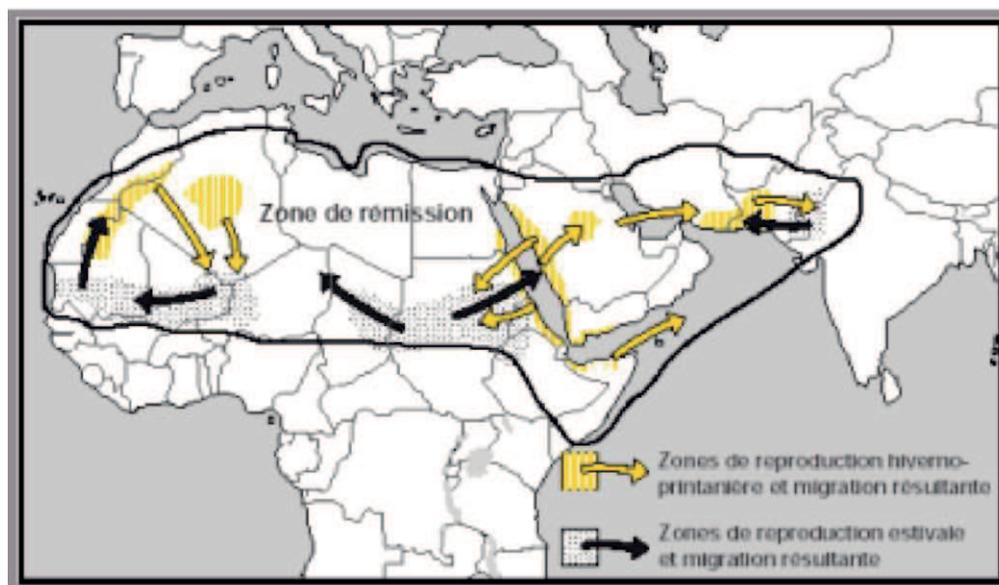


Fig. 6- Zones de reproduction estivale et hiverno-printanière du criquet pèlerin et migration résultante (Symmons et Cressman, 2001)

1. 8 Régime alimentaire

Malgré sa polyphagie, les imagos solitaires du criquet pèlerin présentent moins d'hétérogénéité alimentaire que les grégaires (Simpson et *al.*, 2001). Ils peuvent vivre dans leur environnement avec peu d'espèces végétales (Ghaout, 1990) du fait qu'ils sont moins mobiles et que le milieu présente un tapis floral pauvre. Deux facteurs influenceront la probabilité de rencontre avec une nourriture complémentaire : le premier est la distribution spatio-temporelle des nourritures dans l'environnement. La deuxième est la mobilité et les critères sensoriels que l'insecte emploie pour s'alimenter (Bernays, 1998). Selon Kara (1997), lorsque les milieux d'habitat et de reproduction ne présentent pas les conditions trophiques favorables à son développement, *Schistocerca gregaria* effectue des déplacements de longues distances à la recherche d'une alimentation riche, répondant à ses besoins physiologiques. Malgré sa grande polyphagie, le criquet pèlerin manifeste des préférences alimentaires vis-à-vis de certaines plantes, mais aussi un refus total à d'autres (Ould El Hadj, 1999; Ould Ahmadou, 2000). La sélection de nourriture est commandée d'après Blaney et Simmonds, (1985), par un système de récepteurs chimiques situé sur l'extrémité des palpes maxillaires et à l'intérieur de la cavité buccale des acridiens.

1.8.1 Plantes appétantes

De nombreuses observations faites sur le terrain concernant le spectre alimentaire du Criquet pèlerin, signalent qu'en phase solitaire *S. gregaria* consomme parfaitement certaines crucifères comme *Farsetia ramosissima* (Hochst), *Farsetia aegyptiaca* (Turra), *Malcomia aegyptiaca* (Spreng), *Morettia canescens* (Boiss), *Schouwia purpurea* (Forsk). La consommation de ces plantes serait en rapport avec leur teneur en sinigrine (thioglycoside caractéristique des crucifères) (Aspirot et Laugé, 1981).

Assad et *al.* (1997) et Bashir et *al.* (2000) notent que sur la cote soudanaise, les individus solitaires de cette espèce manifestent une préférence marquée pour *Heliotropium ramossisimum*. D'autres auteurs associent la présence de *S. gregaria* à la présence de *Schouwia thebaica* et *Tribulus terrester* (Guendouz-Benrima, 2005).

Despland et Simpson (2004) ainsi que Simpson et *al.* (2002) signalent que les imagos grégaires auraient tendance à se nourrir de manière alternative de certaines plantes pauvres en alcaloïdes et d'autres riches en hyosciamine. En effet les individus grégaires adoptent cette stratégie de défense pour se prémunir des attaques des

prédateurs car ces derniers ont la possibilité de sentir la substance toxique d'hyosciamine. Cet effet répulsif leur est indiqué également par la couleur jaunâtre.

1.8.2 Plantes répulsives

Le refus de consommation par un grand nombre d'insectes à l'égard de certaines plantes hôtes est dû à la présence de substances naturelles allélochimiques répulsives et/ou toxiques. Ces composés permettent aux plantes de se prémunir contre les attaques dévastatrices des ravageurs. Cette stratégie de défense adoptée par les plantes hôtes est toutefois détournée par certains herbivores qui, en parallèle, ont développé des pouvoirs chimiques de neutralisation de ces substances toxiques (Ould Ahmedou *et al.* 2001).

1.9 Importance économique

L'historique du problème acridien établi par Guendouz, (2005), a révélé que depuis l'an 125 avant Jésus Christ (J.C), les ravages causés lors de l'invasion de la Cyrénaïque et de la Numidie ont entraîné une mortalité des animaux sauvages, du bétail et des populations. L'importance économique des acridiens nuisibles, n'est plus à démontrer. Depuis que l'agriculture existe, l'homme connaît ce fléau. A titre d'exemple, un essaim de criquet pèlerin *S.gregaria*, de 10 km² contient environ 2 milliards d'individus consommant chacun l'équivalent de son propre poids (2gr.) par jour, soit une perte de 4.000 tonnes de végétation fraîche par jour. Lecoq *et al.* (2003) mentionnent que les dégâts infligés par les acridiens aux cultures et aux pâturages sont de diverses natures :

- **Prélèvement** alimentaire sur les feuilles, les fleurs, les fruits, les semences, les jeunes écorces, les repousses et les plantules,
- **Blessures** des plantes suite aux morsures causées entraînant une voie d'infection aux parasites et aux maladies végétales.
- **Rupture** des branches des arbres sous le poids des ailés posés en grand nombre,
- **Souillure** des surfaces foliaires par les déjections déposées causant la perturbation de la photosynthèse des végétaux attaqués.

2. Historique de la lutte antiacridienne en Algérie

L'historique du problème acridien en Algérie est fondé sur les travaux de recherches de Guendouz-Benrima (2005) effectués sur les travaux de K. d'Herculais (1905), Chara (1998), Roy (2001).

Tableau 01. Synthèse des travaux concernant les activités du criquet pèlerin et la lutte anti-acridienne en Algérie (Guendouz-Benrima, 2005).

Date	Evénements
En 125avant J.C	Invasion de Cyrénaïque et la Numidie. Les ravages ont entraîné la mortalité des animaux sauvages, du bétail et des populations (K d'Herculais, 1905).
Début de l'ère chrétienne.	Invasion de la Cyrénaïque et de la Libye (K.d'Herculais, 1905)
971, 987, 1220, 1227,1279, après J.C	Invasion dans le Maghreb accompagnées souvent de disette (K. d'Herculais, 1905).
1335	Invasion dans le nord de l'Afrique et dans l'île de Chypre (K. d'Herculais, 1905).
XVII éme siècle	Invasion dans le nord de l'Afrique (K. d'Herculais 1905)
1663	Présence des sauterelles dans la Tunisie (K. d'Herculais, 1905)
1724 et 1725	Dévastation du Maroc et du sud de l'Algérie (K. d'herculais.1905).
1778, 1780,1798 et 1800	Invasion et dévastation du Maroc (K. d'Herculais, 1905)
1784 1813, 1814,1815	Invasion de l'Algérie (K. d'Herculais, 1905). invasion du Maroc et d'Alger (K.d'Herculais, 1905).
1845	Arrivée des vols en janvier à Ouargla, 14et 16 mars sur les hauts de la province d'Oran, 6 mai à Biskra (K. d'Herculais, 1905).
1848	Invasion sur la province d'Oran et d'Alger (K. d'Herculais, 1905).
1864	Apparition des vols dans la province d'Alger (K. d'Herculais, 1905).
1866	Criquet pèlerin entre Metlili et Ghardaïa (Algérie) (K.d'Herculais, 1905).
1905	Parution du rapport de K d'Herculais sur les invasions acridiennes en algérie.
1908	Reprise d'une invasion du criquet pèlerin en Algérie.
1910-1914	Période d'invasion.
1915-1918	Activité de criquet pèlerin grégaire
1916	La collectivité internationale se préoccupe des graves problèmes causés par les acridiens dans le monde et prend

	l'initiative de convoquer une vaste conférence rassemblant tous les pays soumis aux ravages des insectes migrateurs Du fait de la guerre, cette réunion ne se tiendra qu'en 1921.
22 septembre 1919	Une loi instituant des syndicats obligatoires pour la défense contre les sauterelles en Algérie est adoptée.
1920	10 juillet 1920 : décret d'organisation des syndicats obligatoire pour la défense contre les sauterelles en Algérie. Réunion du comité permanent de l'institut international d'agriculture, basé à Rome. Recommandation pour l'échange d'informations entre les pays concernant les mouvements en masse d'insectes migrants. Les renseignements sont centralisés à l'institut international de Rome.
1921	Découverte du phénomène phasaire chez le criquet pèlerin par B.P Uvarov.
1924	Publication : « le problème acridien et sa solution internationale » par P. Vayssière.
1925- 1929	Période de grégarisation du criquet pèlerin Description du phénomène phasaire par B.P. Uvarov
1931	1ère conférence internationale pour la protection contre les calamités naturelles (Rome, en Septembre) les acridologues français se sont manifestés dans le cadre du comité d'étude de la biologie des acridiens (CEBA) sous le patronage du professeur Pasquier (INA d'Alger)
1932	2ème conférence internationale pour la protection contre les Calamités naturelles (Paris) (même objectifs que celle tenue en 1931).
1934	3ème conférence - Londres 1934 (mêmes objectifs que celle tenue en 1931)
1936	4ème conférence- Caire 1936 (même objectifs que celle tenue en 1931)
1938	5ème conférence -Bruxelles 1938 (mêmes objectifs que celle tenue en 1931)
1939-1947	Activité du criquet pèlerin grégaire
1943	Fin 1943 autorités françaises représentées par le comité français de libération national d'Alger prirent 2 initiatives majeures Convocation du congrès anti-acridien rassemblant à Rabat (Maroc), du 28 au 30 Décembre 1943
1944	Février 1944 création de l'O.N.A.A (Office National Anti-Acridien) installé à l'institut agricole d'Algérie à maison carrée (El Harrach) dirigé par le prof. R. Pasquier et sous la présidence de B. N. Zolotravesky (Chara, 1998) L'O.N.A.A. deviendra ensuite O.A dans les années 60
1945	Création de l'organisme anti-acridien (autonome) par les Britanniques placé sous le contrôle du colonial office (ARLC= Anti Locust Research Centre)
1947	Accalmie acridienne

1948	F.A.O. chargée du problème acridien en Amérique latine (Ben Hamila, Corn Pers.)
1949-1959 1951	Activité du criquet pèlerin grégaire Création du comité technique consultatif de la F.A.O pour la lutte anti-acridienne, comité technique permanent de la F.A.O (Ben Hamila, Corn Pers.)
1952	Création du service fédéral de P.V. et du service fédéral anti-acridienne de l'A.O.F. (Afrique Occidentale française) sous la menace d'une résurgence d'activité du criquet pèlerin : dispositif régional commun aux pays de la fédération Rôle de coordination des actions internationales en lutte anti acridienne de la F.A.O
1954	Création du comité F.A.O. pour la lutte contre le criquet pèlerin, rassemblant les représentants nationaux des services anti- acridiens
1955	Mise au point des 1ères formulations huileuses concentrées d'insecticide, Création du comité technique permanent le DLCC (Désert Locust Control Comité) qui regroupe tous les pays concernés par <i>S. gregaria</i> et les pays donateurs (F.A.O) 1ère réunion anti-acridienne sur le criquet pèlerin (Londres)
1957	Adoption de la Dieldrine en lutte anti-acridienne Utilisation de l'ENS (Exchoust Nozzle Sprayer) en lutte anti-acridienne terrestre
1958	Création d'un service commun inter-état (Organisation Commune de Lutte Anti-acridienne l'OCLA), placé sous le contrôle d'un conseil administration auquel participe la France
1959	Création de l'OCLA et de l'OCLAV (Organisation commune de lutte antiacridienne et de lutte Anti Aviaire) 2 ème réunion antiacridienne sur le criquet pèlerin (Avril-Mai)
1959-1964	FAO ordonne et gère un programme commun de recherche et de lutte contre le criquet pèlerin. Financement assuré par le PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement).
1960	Le plan d'opération préparé par la FAO est approuvé par les représentants des pays intéressés en avril 1960 concernant le développement des échanges scientifiques.
1961	Fusion OCLA / OCLAV pour former OCLALAV
1963-1964	Commission du L.A.A., chargé de la lutte anti-acridienne en Asie du Sud-Ouest (Afghanistan, Iran, Pakistan) Projet PNUD / FAO « Prospections écologiques »
1965-1966	Réunion à paris des acridologues français Commission de la région centrale (Proche-Orient) qui compte treize pays autour de la mer rouge Disparition de l'ALRC (Anti Locust Research Center) britannique qui est absorbé par le CPR (Center for Overseas Pest Research) Création, par la FAO, d'un sous-comité regroupant les pays d'Afrique du Nord. Ce sous-comité s'est tenu à plusieurs reprises avant d'être érigé en CLCPANO en 1970

1967	Algérie le 31 août : création du comité interministériel de lutte anti-acridienne (C.I.L.A.) par Décret n°67 du 31/08/68
1968	Recrudescence avortée
1970	Création de la CLCPANO (Commission de Lutte contre le Criquet Pèlerin en Afrique du Nord-Ouest) et qui comptait quatre pays (Algérie, Maroc, Tunisie et Libye)
1972 1975	Nomination de Mr Nazil Mahdjoub comme secrétaire exécutif de la lutte anti-acridienne de la CLCPANO et qui l'a tenu jusqu'à sa retraite en 1999. Première réunion de la CLCPANO qui s'est tenue à Alger. Février : Création en Algérie de l'I.N.P.V. par ordonnance n°75-11 du 27/02/75. La lutte anti-acridienne est prise en charge par le département D.I.C. (Département d'Intervention et de Coordination) au sein de cet institut. Mai : 3 ème session de la commission CLCPANO à Alger
1977-1978	Recrudescence confirmée du criquet pèlerin dans les régions centrales et orientales.
1985	Algérie : Décret n°85-232 du 25/08/85 relatif à la prévention des risques catastrophiques
1987	Algérie : loi n°67-17 du 01/08/87 relative à la protection phytosanitaire
1987-1989	Invasion du criquet pèlerin sur tout le territoire algérien Mise en place du P.C.C. par le ministère de l'Agriculture pour faire face à l'invasion du criquet pèlerin
1988 1989	Algérie : Instruction interministérielle n°1 du 13/07/88 relative à la prévention et à la lutte contre le criquet pèlerin La Mauritanie se joint à la commission de la CLCPANO et qui compte ainsi cinq pays de Maghreb. Novembre : Création de la force Maghrébine d'intervention (FMI)
1990	L'Algérie décide de doter les aires grégariques du Sahara en stations météo automatiques après expérimentation d'un protocole type dans la région d'In Guézm (Extrême Sud algérien)
1993	Réaménagement du statut de l'I.N.P.V. Conférence sur la recherche acridienne organisée par la FAO à Marrakech. Plus de 100 chercheurs du monde entier se sont réunis à cette date Algérie : Décret n°93-139 du 14 juin 1993 portant sur le réaménagement du statut de l'I.N.P.V. Algérie : Décision ministériel n°9455 M du 28/07/93 portant sur la mise en place d'un poste de commandement central de lutte anti-acridienne (PCC/LAA)
1994-1995	Recrudescence avortée
1994	Le conseil de la FAO approuve l'établissement du programme EMPRES (Emergency Prévention System for Transboundary animal and plant Pests and Diseases) Une mission de formulation de projet de la FAO a déposé une proposition visant l'établissement d'un programme initial de lutte anti-

	acridienne dans la région centrale (EMPRES-Rc). La mission de formulation a conçu un programme en trois phases de trois à quatre ans chacune.
1995	17 au 27 septembre : Organisation conjointe avec l'O.A.D.A. (Organisation Arabe pour le Développement Agricole) d'un stage de formation pour une trentaine de prospecteurs algériens. La conférence de la FAO recommande d'étendre l'approche EMPRES à la région occidentale comprenant l'Algérie, la Libye, le Mali, le Maroc, la Mauritanie, le Niger, le Tchad et la Tunisie. 14 mai au 1 juin : Atelier régional organisé par la CLCPANO/FAO à Agadir (Maroc) auquel participent trois techniciens algériens. Septembre : Signature du protocole d'application météorologie-lutte anti-acridienne. L'OMN assure une veille météorologique au niveau national et régional notamment sur l'aire de rémission et de grégarisation du criquet pèlerin, élabore une analyse mensuelle de situation météorologique prélevant dans les régions occidentales de l'aire d'habitat du criquet pèlerin et fournit quotidiennement des images satellites au siège de l'I.N.P.V.
1996	La phase I du programme EMPRES débute dans la région centrale par des activités préliminaires fondée sur un descriptif de programme de la FAO s'inspirant largement du rapport de la mission de formulation. Les pays participant à ce programme sont Djibouti, Egypte, Erythrée, Ethiopie, Oman, Arabie Saoudite, Somalie, Soudan et Yémen. La commission de lutte contre le criquet pèlerin dans la région centrale (CLCPRC) et l'organisation de lutte contre le criquet pèlerin dans l'Est africain (DLCO-EA) sont d'importants partenaires régionaux.
1997	Une mission de formulation a avancé une proposition qui a été débattue et révisée à l'issue d'un atelier régional tenu en mars 1998 à Nouakchott à la lumière des recommandations émises par le comité de lutte contre le criquet pèlerin (CLCP) à sa trente-quatrième session Le descriptif de programme révisé, qui stipulait les besoins à financer par les bailleurs de fonds extérieurs (8 525 353 dollars E-U), a ensuite fait l'objet d'une approbation de principe par les pays concernés.
1997-2000	Le programme EMPRES-CP a bénéficié d'un soutien financier de la part de l'Allemagne, la Belgique, les États-Unis et la Suisse ainsi que le budget du programme régulier de la FAO. Ces contributions ont totalisés 7 230 000 dollars E-U, dont 10904 000 dollars provenaient du programme ordinaire de la FAO.
1999	Nomination de Mr Ben Halima T. comme secrétaire exécutif de la lutte anti-acridienne du CLCPANO en remplacement de Mr Mahdjoub.

2001	Février : Le descriptif de programme précédent (mission de formulation en 1997) a ensuite été complété par une ébauche de plan de travail dressée au cours d'un atelier de planification participatif, tenu en Mauritanie par le CLCPANO. Cependant, le manque de ressources financières limite pour le moment les activités entreprises dans la région occidentale, qui dépendent essentiellement d'un projet de fonds fiduciaire de la FAO financé par la Norvège et axe sur l'amélioration de l'application des pesticides en Mauritanie.
2002	La CLCPRO remplace la CLCPANO et compte neuf pays (les cinq pays du Maghreb, le Sénégal, le Niger, le Mali et le Tchad).
2004	Invasion généralisée.
2005	Nouvelle recrudescence du criquet pèlerin.
2012-2013	Recrudescence du criquet pèlerin

2.1 Recrudescence acridienne en Algérie 2012-2013

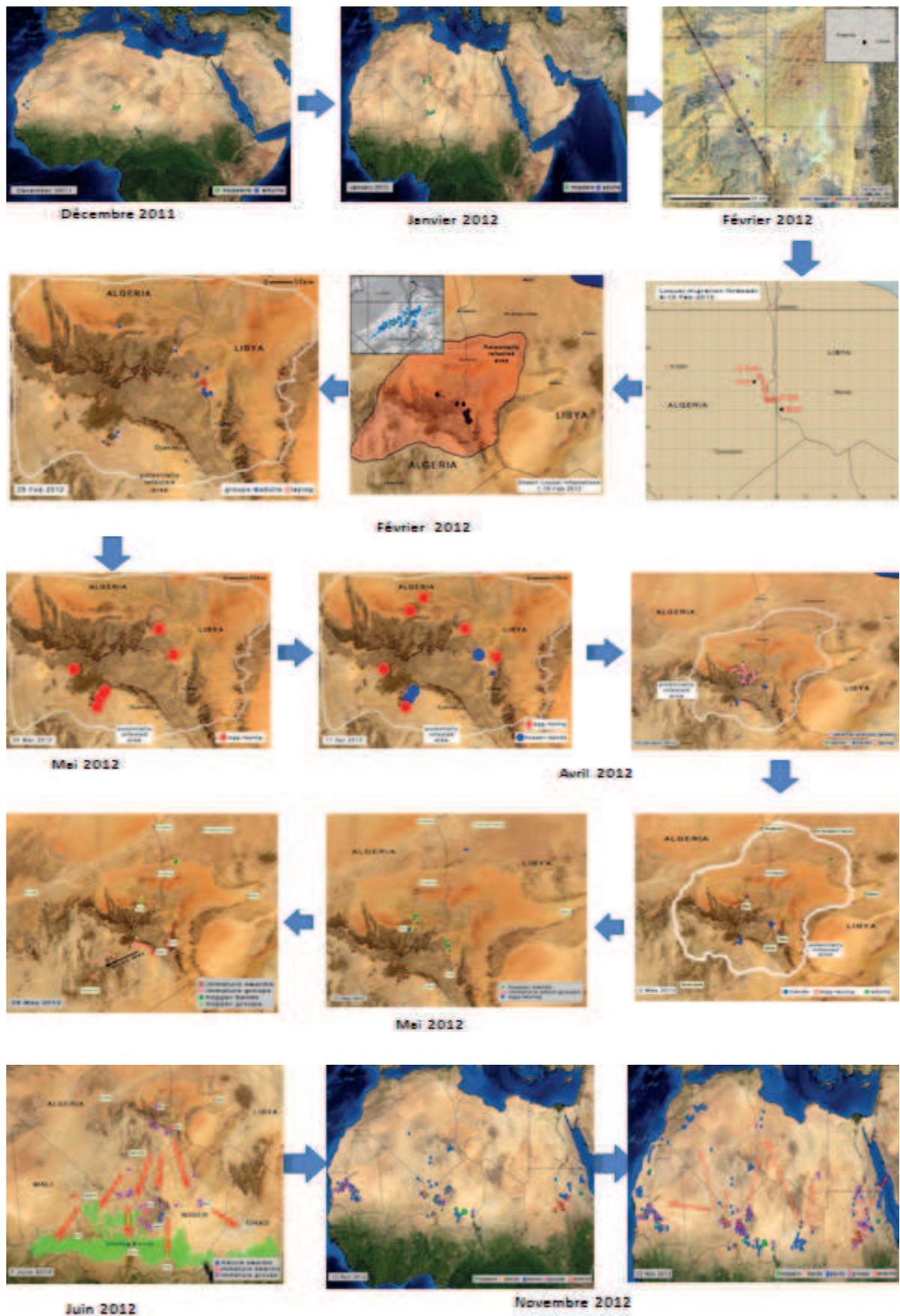
Au printemps 2012, l'Algérie a connu une activité acridienne particulière due à une forte reproduction des criquets à l'été 2011 au niveau des pays sahéliens notamment au Niger où les conditions éco-météorologiques étaient extrêmement favorables et ce, en absence de véritables opérations de lutte antiacridienne depuis deux années.

A partir du mois d'octobre 2011 et suite au dessèchement de la végétation au nord du Niger, des essaims se sont formés et se sont dirigés vers les régions du sud de Tamanrasset et d'Illizi ainsi que le sud est de la Libye pour passer la période hivernale.

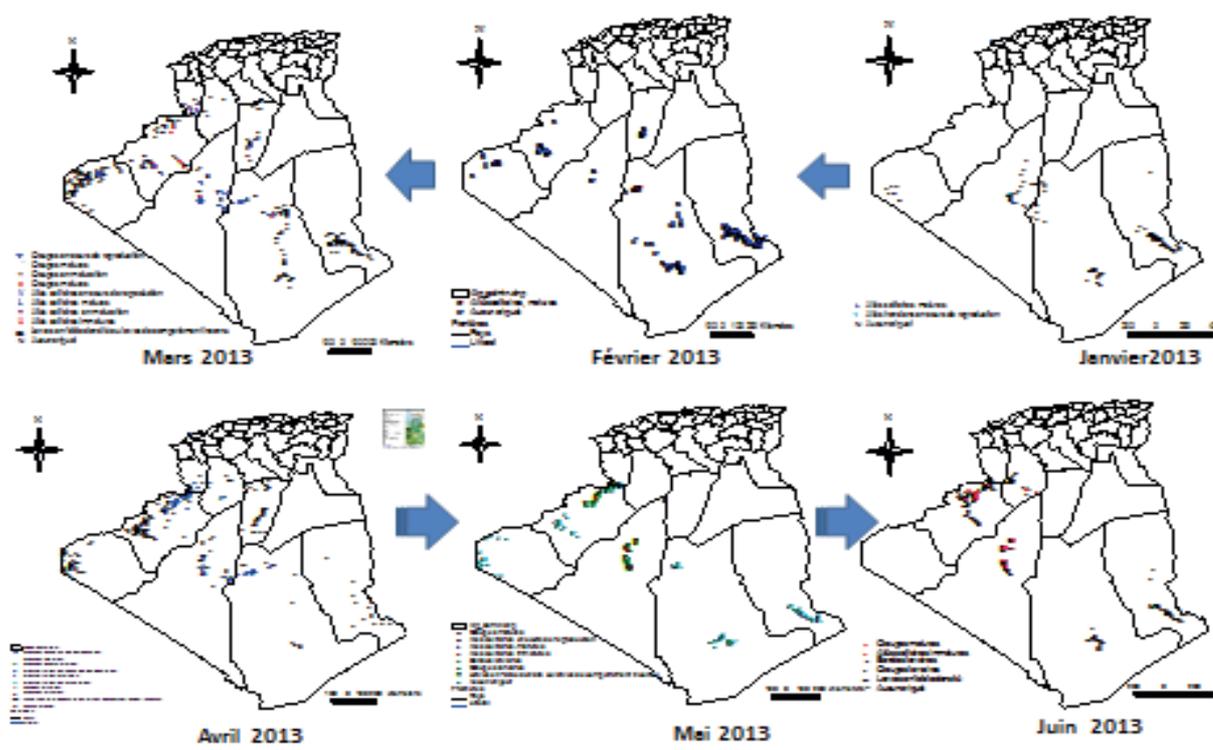
En Algérie, les premières infestations ont été observées par les équipes de surveillance et de lutte de l'INPV respectivement le 28/01/2012 à Bordj El Haous (W. Illizi) et le 29/01/2012 à Oued Tin Tarabine (W. Tamanrasset). Toutes les populations acridiennes étaient composées d'ailés matures en accouplement et ponte. Une résurgence s'est développée début février dans le sud-ouest de la Lybie, près de la frontière algérienne, suite aux bonnes pluies d'octobre 2011 et à une reproduction non détectée à la fin de l'année. Les larves et les ailés se sont concentrés, ont grégarisé et formé de petits groupes et quelques bandes et essaims. Certains ailés se sont déplacés dans les zones adjacentes du sud-est de l'Algérie, où une reproduction locale était déjà en cours près de Djanet. Les équipes nationales ont traité 230 ha en février. En mois de mars, la situation acridienne a été caractérisée par la signalisation

de plusieurs groupes acridiens solitaires/transiens en position d'accouplement (15 sites) et de ponte (04 sites) de densités élevées variant entre 20 et 60 individus/m² au niveau des Maader d'Afara (25 15 N 07 47 E) et de Dider (25 14 N 08 29 E) et ainsi dans les oueds de Bordj El Haoues (W. d'Illizi). La signalisation de bandes larvaires (L4 et L5) et des jeunes ailés grégaires s'est poursuivie dans les régions de Djanet, Bordj El Haoues et au nord du Tassili jusqu'à la première semaine du mois de juin 2012. Pour la période allant du fin juin à la fin octobre y a pas eu d'activité acridienne particulière. A partir du mois de novembre des traitements ont été déclenchés contre de petits groupes d'ailés et d'individus solitaires dispersés sur de grandes étendues de végétation dans les Wilayas de Tamanrasset, Adrar, Illizi et Tindouf. Toutefois, des regroupements de criquets de densités oscillant entre 500 et 2500 ailés/ ha ont été localisés par les dispositifs aérien et terrestre au niveau des zones agricoles d'Adrar (27,265829N 0,14110W et 27,178329N 0,089720W), In Guezzam (19, 740000N 5,618330E et 19,654169N 5,66500E) et Tin Zaouatin (20,027220N 2,971940E et 19,546671N 3,238610E). Également, des ailés solitaires à l'état dispersé ont été signalés par les équipes de prospection opérant au sud de Tindouf et Illizi (Djanet et Bordj El Haoues) (Fig.9a). Une régression significative des signalisations acridiennes a été enregistrée le mois de janvier et le mois de février 2013 au niveau des wilayas du sud. Au début du mois de mars une activité acridienne importante a été marquée par l'incursion d'un fragment d'essaim le **06 mars 2013** au niveau de la région sud ouest du pays (W. de Béchar) aux points : 29.541388N 1.5602777W et 29.518055N 1.5444444W et la signalisation de groupes acridiens denses d'ailés matures en accouplement et ponte au niveau de Béchar, Adrar, Tamanrasset et Illizi. Aussi, un potentiel acridien matures/immatures à l'état dispersé était présent dans toutes les wilayas sahariennes.

Des traitements aériens et terrestres ont persisté jusqu'à le mois de juin 2013 (Fig.9b), et à partir du mois de juillet une accalmie générale a été enregistrée au niveau des wilayas qui abritent les foyers grégariques.



a- Situation acridienne en Algérie 2012 (FAO, 2012)



b- Situation acridienne en Algérie 2013 (INPV, 2013)

Fig.7- Les mouvements du criquet pèlerin en Algérie 2012-2013

3. Données bibliographiques sur les plantes utilisées

3.1 Le pégane *Peganum harmala* L.

3.1.1 Position systématique

Embranchement :	Spermatophytes
Sous embranchement :	Angiospermes
Classe :	Dicotylédones
Sous classe :	Rosidae
Ordre :	Sapindales
Famille :	Zygophyllaceae
Genre :	<i>Peganum</i>
Espèce :	<i>Peganum harmala</i> (Linné, 1753).

3.1.2 Description de la plante

Plante herbacée vivace, à tiges ordinairement peu rameuses, de 30 à 90 cm de haut, à entrenœuds assez courts, densément feuillés. Les feuilles sont allongées et irrégulièrement divisées en multiples lanières très fines pouvant atteindre 5x5 cm. Les feuilles supérieures ne dépassent pas 1,5 mm de largeur. La plante présente des fleurs blanches sales grandes avec des sépales inégaux persistants qui dépassent la corolle et des pétales crème lavés de rose-orangé à nervures jaunes, oblongs et subsymétriques. Les fleurs sont monoïques dotées de dix à quinze étamines à anthères longues de 8 mm, à filets très élargis et plat dans leur partie inférieure, et à gynécée de 8-9 mm de longueur; des ovaires globuleux de trois à quatre loges et des stigmates à 3 carènes insensiblement atténués en style. Les fruits sont des petites capsules sphériques déprimées au sommet renfermant des graines noires (Maire, 1943; Chopra et *al.*, 1960; Ozanda, 1991) (Fig. 8).

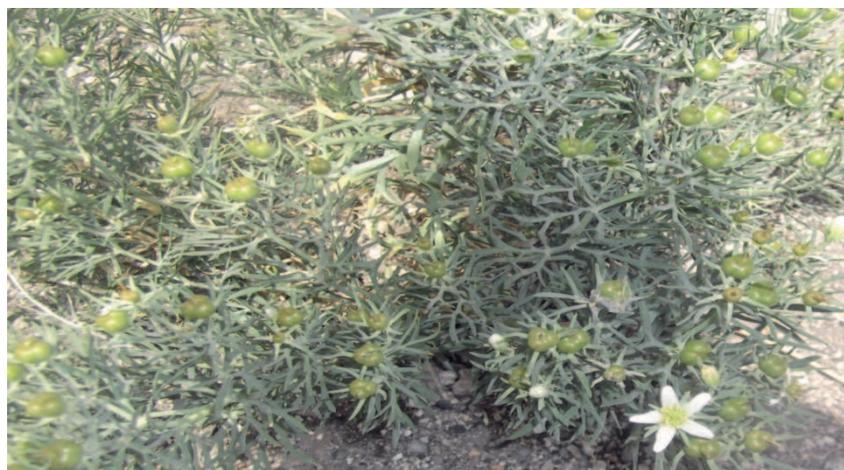


Fig. 8- *Peganum harmala* (Original, 2013)

3.1.3 Répartition géographique

Espèce cosmopolite très commune sur les sols sableux et un peu nitrés, Elle pousse en Europe australe et austro-orientale, en Asie mineure, au Tibet, en Iran, en Turkestan, en Syrie, en Arabie, en Egypte et en Afrique du Nord. En Algérie, *P. harmala* L. est commune aux hauts plateaux, au Sahara septentrional et méridional, et aux montagnes du Sahara central. Il est réputé pour les terrains sableux, dans les lits d'oued et à l'intérieur des agglomérations (Maire, 1943; Chopra et al., 1960; Ozenda, 1991).

3.1.4 Composition chimique

Toute la plante est toxique mais le taux d'alcaloïdes est beaucoup plus élevé dans la graine (3 à 4 %) que dans la racine, la tige (0,36 %) et la feuille (0,52 %). La teneur en alcaloïdes s'élève brusquement en été, durant la phase de mûrissement du fruit, au moment de la récolte de la graine. (Ben Salah et al., 1986). Les toxines possèdent la même structure indolique dérivée du tryptophane qui associe un noyau indole à un noyau pyridine. L'harmaline est un méthoxy-harmalol et une dihydroharmine, elle constitue les 2/3 des alcaloïdes totaux de la graine, elle serait deux fois plus toxiques que l'harmine (Paris & Moyses, 1981).

Les graines et les racines contiennent quatre alcaloïdes : l'harmaline, l'harmine, l'harmalol et la péganine, qui semble identique à la vasicine de *Yadhatoda vasica*. Les trois premiers sont étroitement apparentés du point de vue chimique, l'harmaline étant un méthoxy-harmalol et une dihydroharmine.

3.1.5 Intérêt socioéconomique

Parmi les différentes espèces du genre *Peganum*, le pégane est utilisé par les populations locales en fumigation pour dissiper les troubles de foie et traite les convulsions des enfants. Cette plante est utilisée en décoction et en pommade pour le traitement des fièvres et en friction pour soigner les rhumatismes. *Peganum harmala* présente par ailleurs des propriétés anthelminthique, antipaludique, antispasmodique, enivrante et sudorifique. C'est une plante non broutée par les animaux. En médecine humaine, on utilise le pégane pour ses propriétés anti diarrhéique, antipyrétique, Hypoglycémique, hallucinogène (Benbott et al, 2013).

3.1.6 Effets du *Peganum Harmala* sur l'homme et les animaux

On notera que *Peganum Harmala* provoque, chez les dromadaires, un syndrome nerveux de courte durée, l'animal est pris de tremblements et de raideurs musculaires, il s'étend et ne peut plus se redresser (El Bahri et Chemli, 1991). Pendant très

longtemps la plante *Peganum harmala* a constitué une source d'alimentation pour les animaux car celle-ci est très riche en protéine et lipide et ceci malgré sa toxicité due à la présence d'alcaloïdes.

Chez l'homme, les doses toxiques entraînent une dépression du système nerveux central, accompagnée d'un affaiblissement des fonctions motrices, de troubles de la respiration, d'un abaissement de la tension sanguine dû en grande partie à la faiblesse du muscle cardiaque et d'une chute de la température. Il apparaît en outre que la contractilité des muscles non striés est diminuée. Les effets convulsifs semblent produits par l'harminine et l'harmaline.

Alors que l'harmalol provoque une paralysie progressive sans stimulation primaire. Ces alcaloïdes sont toxiques pour plusieurs types d'animaux inférieurs, notamment les helminthes et les protozoaires (Chopra *et al.*, 1960). Chez le Criquet pèlerin, l'extrait des feuilles de *P. harmala* provoque par conséquence une diminution de la prise de nourriture, une baisse du poids, de l'activité motrice, un retard de la maturité sexuelle chez les femelles, une réduction de la fécondité et du taux d'éclosion et même une mortalité des adultes après 14 jours (Abbassi *et al.*, 2003a).

3.2 Le laurier rose (*Nerium oleander* L)

3.2.1 Position systématique

· Règne :	Plantae
· Sous- règne :	Tracheobionta
· Division :	Magnliophyta
· Classe :	Magnoliopsida
· Sous-classe :	Asteridae
· Ordre :	Gentianales
· Famille :	Apocynaceae
· Genre :	<i>Nerium</i>
· Espèce :	<i>Nerieum oleander</i> (Linné, 1753)

3.2.2 Description de la plante

Le nom latin *Nerium* vient du grec 'nêris' mot qui serait issu de 'nerion' ou 'nerón' qui désigne l'eau confirmant ainsi la prédilection de la plante pour les lieux humides et sa présence le long des cours d'eau. *Nerium* un nom qui pourrait venir aussi de 'Nereus', dieu de la mer Egée et de la mer Méditerranée, un sage vieil homme qui avait le pouvoir de changer de forme et de prédire l'avenir, ce sage aurait sauvé de nombreux navires en perdition.

Son nom spécifique *oleander* vient de l'italien de 'oleandro' qui vient du latin 'olea' qui désigne l'olivier faisant référence à la ressemblance des feuillages (Fig.9).



Fig. 9- Arbuste de laurier rose (*Nerium oleander*) (Original, 2013)

Le laurier rose est un arbuste très glabre à tiges érigées. Il fait 2 à 5 m de hauteur, au feuillage persistant, allongé et coriace, aux fleurs qui s'épanouissent en bouquets à l'extrémité des branches. Les fleurs légèrement parfumées fleurissent du printemps à la fin de l'été. Les feuilles persistantes et pointues, s'amincissant en pétiole, enroulées au bord possèdent une grosse nervure centrale et de nombreuses nervures latérales. Le Calice à 5 lobes ; 2 à 3 fois plus court que le tube de la corolle. Les pétales roses mais parfois blancs ou rouges, sont munis à la gorge d'écailles frangées. Les fleurs grandes de 3-5 cm, sont exceptionnellement blanches, régulières et disposées en corymbes terminaux, avec des capsules longues de 8 à 10cm, libérant des graines couvertes de nombreux poils roux. Les fruits capsulaires sont des follicules allongés, striés, renfermant des graines de petite taille, poilues, à aigrette sessile (Grivsard et *al.*, 1964 ; Quezel et Santa, 1963 ; Boukef, 1986 ; Dejean Arrecgros, 1978 ; White, 1986 ; Lelong, 2008; Lewonczuk, 2004; Delille,2007).

3.2.3 - Répartition géographique

Ce arbuste habite les lits des Oueds et des courts d'eau asséchés jouxtant la nappe phréatique, les rocailles humides et les bords des rivières. Il couvre le bassin méditerranéen, l'Afrique du nord, l'Asie Mineure (Inde, sud-est de la Chine dans la province du Yunnan), l'Asie du sud-ouest le Moyen-Orient (Palestine, Syrie), et le sud de l'Europe (Podlech, 1988). En Algérie, il est présent dans les montagnes, (Quezel et Santa, 1963), sur les alluvions et les terrains rocailloux (Mahmoudi, S.D., 2002; Brosse, 2004 ; Delille, 2007). Le laurier rose est rencontrée presque dans tout le Maroc dans les lieux humides, le long des rivières jusqu'à 2000 m (Charnot, 1945) mais absent au Sud marocain (PODLECH, 1988).

3.2.4 - Composition chimique

Le laurier rose est une plante très toxique (Beniston, 1984). Toutes les parties fraîches sont vénéneuses: bois, écorce, feuilles et fleurs. Ces dernières gardent leur nocivité après ébullition et dessiccation.

Les feuilles, la sève et l'écorce contiennent un principe actif vénéneux à base de glycoside toxique (acide cyanhydrique, comme l'amande amère), particulièrement actif. Le plus connu est l'oleandrine ou 3-O- α -L-oléandrosyl-16-acétylgitoxigénine (BRUNETON, 1993). L'oleandrine est hydrolysé en oléandrose et en oléandrigénine; conférant à la feuille des propriétés cardiotoniques et diurétiques. Mais il y a plus de 10 autres glucosides cardiaques, dans l'écorce. On trouve également des saponines qui ont un effet irritant sur les muqueuses.

Dans la plante, la génine existe sous forme de mono- et bi-glucosides, solubles dans l'eau. Ces produits sont dangereux pour le cœur, en perturbant l'échange K/Na, et en déclenchant une arythmie fatale dans les cas extrêmes, ainsi que des troubles digestifs violents. Quelques feuilles suffiraient à déclencher des troubles graves. La toxicité du laurier rose, celle surtout de la sève laiteuse, est bien connue depuis fort longtemps. Aujourd'hui, on considère trois substances responsables de la toxicité, l'oléandroside ou l'oléandrosine, le nérioside ou nériine, le nérianthoside ou onérianthine qui sont des hétérosides cardiotoxiques stéroïdiques. Ces substances diminuent la qualité de transmissibilité de l'influx nerveux. Les variétés à fleurs rouges contiennent des teneurs plus élevées en hétérosides que les variétés à fleurs blanches (Lewonczuk, 2004). D'autres composés pharmacologiquement actifs comprennent folinerine, la rutine, rosagenine, cornerine et oléandomycine. La plante contient également des acides cyanhydriques et acides ursoliques libres (2.8%),

Adynérine Cyclitol, Dambonite et des traces de vitamines A, K, et C. Ces hétérosides, proches des hétérosides cardiotoniques de la Digitale pourpre, agissent au niveau cellulaire par de nombreux phénomènes, dont l'inhibition des échanges Na – K au niveau de la membrane cellulaire (blocage de l'ATPase Na – K membranaire) et par augmentation du calcium ionisé disponible au niveau de la myofibrille (Ben Salah et *al.*, 2000).

3.2.5 Effets du laurier rose sur l'homme et les animaux

Ce splendide arbuste est une plante vénéneuse peu aimable, nuisible aux hommes et aux bêtes. Tous les organes de *Nerium oleander* renferment des hétérosides carditoxiques proches de celles de la digitale.

Le laurier-rose est un arbuste dangereux toutes ses parties sont toxiques pouvant en cas d'ingestion provoquer des accidents graves. Les symptômes apparaissent plusieurs heures après l'ingestion d'une quantité toxique tels que les frissons, les diarrhées, les coliques, une faiblesse générale, les maux de tête, les pouls irréguliers, une grande agitation, des palpitations, des vertiges, des douleurs abdominales, des nausées et des vomissements, des selles sanguinolentes, une irritation gastro-intestinale avec des troubles respiratoires, ralentissement de la fonction respiratoire et entraînant une irrégularité cardiaque. Cette plante peut causer même la mortalité, le suc laiteux contenu dans les tiges peut provoquer chez certaines personnes des dermatites. Il est fortement déconseillé de dormir à l'ombre du laurier-rose cela peut provoquer l'apparition de courbatures, sueurs froides et vertiges (Delille, 2007). La consommation des feuilles provoque chez les animaux domestiques des vomissements, des diarrhées, une stupeur, des tremblements, des convulsions suivies de paralysie. La dose mortelle pour les ovins est de 1 à 5g. La plante est très toxique, notamment pour les chameaux. Les chevaux y sont particulièrement sensibles (Engel, 1984).

3.2.6 Intérêt socioéconomique

L'emploi du laurier rose est recommandé en usage externe dans l'arsenal thérapeutique populaire. Á Kelibia (Tunisie), la poudre de feuillage est réputée être efficace dans les cas de gangrène, alors qu'un rameau tendre frotté sur la partie concernée passe pour soigner les dermatoses et en particulier l'eczéma. Quelques gouttes de latex sur la plaie sont préconisées dans les cas de morsure de chien. Cette indication dans les affections dermatologiques nous a été également signalées dans les villages du Nord-ouest de la Tunisie, où les feuilles de laurier rose sont appliquées en

cataplasme pour soigner les plaies, placées sur la tête, les feuilles écrasées auraient une action stimulante sur le cuir chevelu et soulageraient la malade frappé d'insolation. Toujours dans le Nord, le décocté des racines est utilisé en bain de bouche pour calmer les douleurs dentaires. A Jelma, dans le centre du pays, les graines pilées et placées en mèche sont conseillées pour le traitement local des hémorroïdes, et les fumigations des feuilles passent pour guérir l'hémiplégie lorsqu'elle est récente (Boukef, 1986). En médecine, la plante est utilisée en cas de faiblesse cardiaques ; en homéopathie, myocardites, angines de poitrine et aux maladies intestinales (Podlech, 1988).

4. Les moyens de lutte antiacridienne

4.1 La lutte prophylactique

Le principe de la lutte préventive est d'altérer la tendance évolutive d'une situation avant d'en subir les effets néfastes.

_ En réduisant les effectifs acridiens avant qu'ils ne soient réellement menaçants, soit sur les aires d'origine des reproducteurs, soit en intervenant à un moment où la nature met déjà en difficulté la survie de ces ravageurs.

_ En supprimant les causes de pullulation lorsque la connaissance du déterminisme des explosions démographiques le permet et que les facteurs déterminants sont contrôlables par les hommes. Il est évident que la lutte préventive est moins dangereuse, moins polluante, plus efficace et économiquement moins coûteuse que la lutte curative (Launois Luong, 1988).

4.2 La lutte curative

➤ La lutte chimique

Les produits chimiques (insecticides) utilisés dans la lutte antiacridienne sont généralement neurotoxiques. Ils tuent les criquets soit immédiatement, soit après un délai plus ou moins long, en agissant sur leur système nerveux (Dobson, 2001). Ils agissent dans les 24 heures par contact ainsi que par ingestion, ils appartiennent aux familles chimiques suivantes : organophosphorés, carbamates, pyréthrinoides (Rachadi, 1991).

➤ La lutte biologique

Les molécules biologiques présentent plusieurs avantages écologiques contrairement aux pesticides organiques de synthèse

_ Dotées d'une sélectivité, ces molécules n'entraînent pas d'effets non intentionnels sur les organismes non cibles.

_ Elles sont biodégradables par voie enzymatique avec en général des demi vies courtes donc peuvent contribuer aux programmes du développement durable.

_ Leur non persistance dans l'environnement limite les risques de bioaccumulation et de bio amplification au niveau des chaînes trophiques

_ Appartenant à des familles chimiques différentes et possédant des modes d'action biochimiques et moléculaires variés, elles permettent de contrôler plusieurs bioagresseurs.

De ce fait, l'utilisation des biopesticides de façon raisonnée vis à vis des organismes cibles doit, s'inscrire dans un meilleur respect des écosystèmes. Parmi ces espèces biocides nous pouvons citer les microorganismes entomopathogènes et plantes insecticides (Regnault-Roger et *al.*, 2002).

Plusieurs moyens biologiques sont utilisés, citons essentiellement ceux utilisés dans la lutte contre les acridiens nuisibles en général et *Schistocerca gregaria* en particulier.

Le projet de lutte biologique contre les Locustes et les sautereaux a débuté en 1989 pour répondre aux préoccupations des régions arides et semi-arides (Regnault-Roger et *al.*, 2002) Des organismes naturels ont été identifiés dans le monde comme ayant un potentiel d'utilisation en lutte antiacridienne (Thiam A. et *al.*, 2004). Les principaux outils de la lutte biologique sont :

5. Les prédateurs et parasitoïdes

Selon Duranton et *al.* (1982) et Chopard (1943), les prédateurs du criquet pèlerin sont représentés par les nématodes, les acariens, et les insectes coléoptères et diptères. Les plus efficaces sont ceux qui s'attaquent aux oothèques du criquet pèlerin comme *Anthomyide*, *Chortophila cana* et *Stomorhinaz lunata*.

6. Les bactéries et les champignons

Plusieurs entomopathogènes sont utilisés contre le criquet, tel que : *Bacillus subtilis* bactérie employée contre *Schistocerca gregaria*. *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* et *Metarhizium flavoviride*. Sont les champignons qui ont un effet pathogène sur les criquets. Les premiers essais portant sur un mycopesticide à base de *Metarhizium anisopliae* var : *acridium* ont été décrit par Price et *al.* (1999). Ces mêmes auteurs ont noté que des essais sur le terrain ont été effectués au Niger, au Bénin et au Mali à la dose de 5.10^{12} spores/hectare, ont provoqué une mortalité de l'ordre de 80% voire 95% 10 à 15 jours après traitement.

En 2005, la FAO a organisé un essai en Algérie avec la formulation huileuse Green Muscle du champignon entomopathogène, *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*, fourni par la compagnie sud-africaine Biological Control Products (BCP). L'essai a été financé par le Fond international de développement agricole (FIDA). L'exécution de l'essai a été assurée par des agents de l'Institut National de Protection des Végétaux sous la supervision d'un consultant de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) de Coton du Bénin. Les résultats ont été satisfaisants sur les nymphes de Criquet pèlerin, montrant 80% de mortalité au bout du 7^{ème} et 8^{ème} jours (Kooyman et *al.* 2005).

Le green muscle est utilisé à raison de 100 g/ha pour les larves et les adultes. La durée de vie pour les spores sèches maintenues à basse température est de 4 ans. Ces spores peuvent ensuite être diluées juste avant utilisation.

7. Les dérégulateurs de croissance

Les dérégulateurs de croissance des insectes sont classés en deux catégories : les analogues d'hormones juvéniles et les inhibiteurs de la synthèse de la chitine (Gordon *et al.* 1989 *in* Allache, 2005).

3.1 Les analogues d'hormones juvéniles

L'action la plus commune des analogues d'hormones juvéniles est l'inhibition de la métamorphose. Cette perturbation se présente par une augmentation ou une diminution artificielle des titres de l'hormone à des stades de développement où ces titres sont normalement faibles ou élevés (Cusson et Palli, 2000 cité *in* Allache, 2005). D'après Dorn *et al.*, (1994), des études ont été menées en laboratoire ont montré qu'une série de substances analogues aux hormones juvéniles, dont notamment le fenoxycarbe, sont efficaces contre les locustes migrateurs *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria*. Elles accroissent le taux de mortalité et interrompent la métamorphose. Leur impact est considérable sur la morphologie phasaire des locustes «grégaire», ainsi que sur leur comportement phasaire et les processus du métabolisme lipidique qui y sont liés. Nombre de ces effets peuvent être interprétés comme un décalage de la phase grégaire à la phase solitaire.

3.2 Les inhibiteurs de la synthèse de la chitine

Ces produits organiques de synthèse, de la famille des benzoyl urées (téflubenzuron, triflumuron, diflubenzuron, etc.), inhibent, chez les insectes, le processus d'élaboration de la chitine, principale composante de la cuticule. Les IGRs peuvent être préconisés contre les jeunes bandes larvaires de locustes, en traitements en barrières (Luong-Skormand *et al.*, 1999).

D'après Scherer et Celestin (1997), de bons résultats ont été obtenus avec des traitements de diflubenzuron et de triflumuron à Madagascar sur *L. migratoria* dans une végétation éparse. Ils ont montré que ces benzoyles urées ont un effet rémanent suffisamment long pour être utilisés en traitement par barrières contre des bandes larvaires de cet acridien.

8. Les extraits aqueux

Plus de 59 familles et 188 genres de plantes sont utilisés pour la répression des insectes ravageurs. Aujourd'hui, il y a plus de 2000 espèces de plantes qui possèdent une activité insecticide (Simmons et *al.* 1992 ; Kabaru et Gichia, 2001).

Ces plantes contiennent des substances bioactives dans leurs différentes parties ayant des propriétés anti-appétantes, répulsives ou même insecticides. Ces différentes actions biocides sont causées par des substances secondaires : alcaloïdes, hétérosides, essences à terpènes ou à dérivés du phényle-propane (cinnamiques, etc.), lignanes, résines, gommes, glycosides, tannins, acides organiques. A cela s'ajoute certaines substances inorganiques : sodium, potassium, calcium,.....etc. Les effets de ces constituants dépendent de leur nature et de leur concentration (Paris et Dillemann, 1960 ; Duranton et *al.* 1982).

Beaucoup de travaux ont été consacrés à l'utilisation des plantes acridifuges ou acridicides. Ghaout(1990), a confirmé le refus de consommer *Azadirachta indica* chez *Schistocerca gregaria*. Pour Vignerot (1978), ce refus est dû à une substance (azadirachtine), efficace, à de très faibles concentrations.

Les extraits provenant de deux méliacées, *Azadirachta indica* (neem) et *Melia volkensili*, provoquent une mortalité élevée au bout de deux semaines, retardent la croissance et la maturation sexuelle, réduisent considérablement le taux de la reproduction, et provoquent de nombreuses malformations sur les larves, les imagos de *Schistocerca gregaria* (Rembold, 1997).

Les actions par contact ou ingestion des extraits alcooliques et aqueux de racines stockées de *Mucuna pruriens* pendant des temps variables (de 1 à 3 ans) a été vérifiée sur le criquet pèlerin par Abbassi et *al.*, (2005). Ces mêmes auteurs, ont montré que les extraits des feuilles de *Peganum harmala*, *Calotropis procera* et *Zygophyllum gaetulum* étaient toxiques, anti-appétants et réduiraient la fécondité et la fertilité des femelles de *Schistocerca gregaria*.

Les extraits de trois autres espèces végétales, *Citrillus colocynthis*, *Cestrum parquii* et *Glinus lotoides*, provoquent également des mortalités sur les larves du criquet pèlerin (Ould Ahmedou et *al.* 2001 ; Barbouche et *al.* 2001).

CHAPITRE II:

Materiel et Méthodes

Objectif de l'étude

Ce travail a pour but d'étudier l'effet de deux extraits végétaux et d'un insecticide sur les larves du 5^{ème} stade de *Shistocerca gregaria*. Les tests à réaliser évaluent l'impact de ces produits sur la mortalité, la physiologie, la morphologie et l'histologie du tube digestif du criquet pèlerin dans des conditions de laboratoire.

3. Matériel et produits utilisés

1.4 Matériel animal

Nos essais ont porté sur des larves de stade 5 de *Shistocerca gregaria* provenant d'un élevage permanent maintenu au niveau du département de la lutte antiacridienne de l'institut Nationale de la protection des végétaux d'El Harrach.

1.5 Matériel végétal

1.2.1 *Peganum harmala* (le pégane)

Les graines du pégane, nous proviennent de la région de Tébessa récoltées durant la période de fructification en Octobre 2012.

1.2.2 *Nerium oleander* (le laurier rose)

Le laurier rose a été récolté de la wilaya d'El Bayedh au mois d'Octobre et Novembre 2012 en période de floraison.

1.6 L'insecticide

Le malathion est le pesticide retenu pour nos essais en vu de faire une comparaison avec les extraits végétaux (Annexe 1). C'est un organophosphoré qui agit par contact, ingestion et inhalation. La dose qu'on a utilisé dans notre étude est la dose appliquée sur terrain soit 1l/ha diluée dans 200 l d'eau ce qui nous donne l'équivalent de 0,005 l de malathion dilué dans 11 d'eau.

2. Méthodes

2.1 Méthode d'élevage

L'élevage du criquet pèlerin est effectué dans des cages parallélépipédiques en bois de dimension : 150 x 70 x 55 cm, grillagées sur les deux cotés et l'avant pour l'aération. Elles sont munies d'une porte coulissante en plexiglas pour faciliter le nettoyage, le renouvellement de la nourriture et la vérification des pondoirs. Ces derniers sont constitués par des bocaux remplis de sable ouverts qui sont placés dans des ouvertures circulaires à la base de la cage. Afin de permettre aux femelles de déposer leurs oothèques, le sable est stérilisé et humidifié. L'élevage est mené à

une température de $30 \pm 3^{\circ}\text{C}$ et une humidité relative de 50 à 60%. Quant à l'alimentation, elle est à base de gazon, complétementée de son de blé et de choux vert. (Fig.10)



Fig.10 - Salle d'élevage du criquet pèlerin (Original, 2013)

2-2 Méthode d'obtention des extraits

L'extraction est basée sur la méthode proposée par Wolff (1968). Qui consiste à remplir une cartouche en papier filtre avec 40 grammes de matière végétale, puis l'introduire dans le cylindre en verre de l'extracteur de type Soxhlet (200ml) muni d'un adaptateur et d'un réfrigérant à bulle (**Fig.11**). Ce montage est placé sur un ballon de 500 ml contenant 350 ml d'éthanol et maintenu à la température d'ébullition. Par chauffage la vapeur du solvant monte dans le tube de l'extracteur, se condense au niveau du réfrigérant à eau et tombe dans le cylindre de verre contenant la cartouche poreuse. Le solvant baigne le solide qui se trouve dans la cartouche et se charge en composés solubles. Lorsque le niveau du solvant liquide atteint le sommet du siphon, la cartouche se vide et le solvant redescend dans le ballon. Le composé le plus soluble dans le solvant est donc progressivement concentré dans le ballon. Après dix siphonages en moyenne, la matière végétale est épuisée et l'expérience est interrompue (Lucchesi, 2005).

2-2.1 Le pégane

Pour l'obtention des extraits, les plantes sont séchées à une température ambiante de 20°C pendant 15 à 30 jours. Elles sont ensuite broyées à l'aide d'un moulin à café jusqu'à l'obtention d'une poudre fine. Les extraits ethanologiques sont obtenus à partir de 40 g de poudre et 350 ml d'éthanol quantités suffisantes au remplissage de l'appareil.

2-2.2 Le laurier rose

Les feuilles du laurier sont séchées à une température ambiante de 20°C pendant 30 jours. Elles sont broyées à l'aide d'un broyeur jusqu'à l'obtention d'une poudre fine. La même quantité de poudre et de solvant est utilisée pour le laurier. La durée d'extraction pour les deux plantes est de 6 heures. Les doses d'extraits retenues sont :

D1= S (100% de la solution mère)

D2= S/2 (50% de la solution mère)

D3= S/4 (25% de la solution mère)

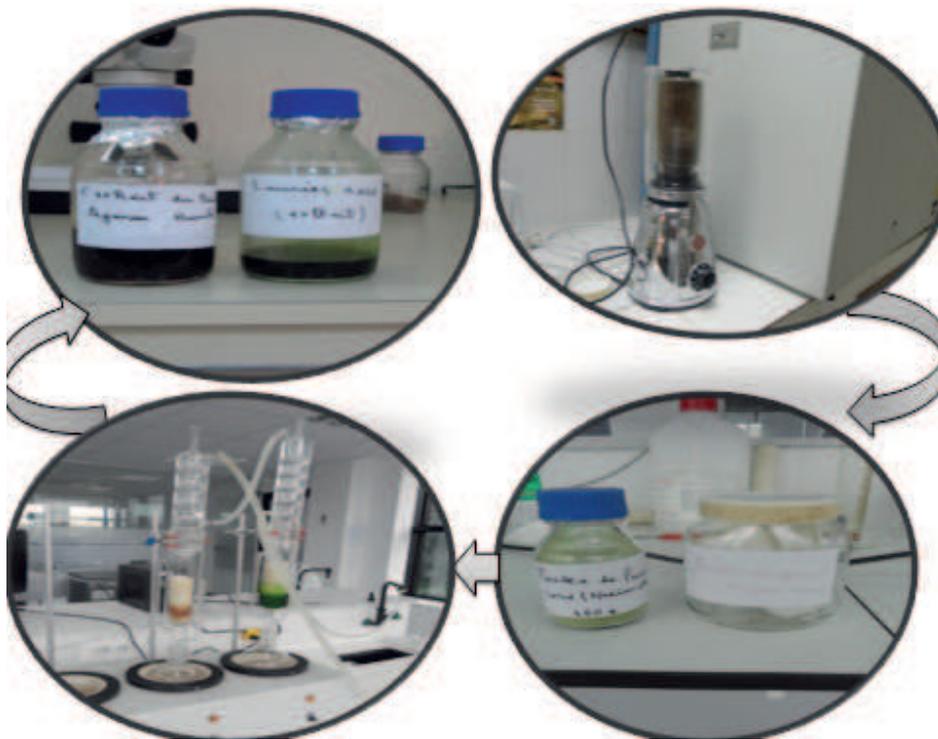


Fig.11 - Différentes étapes d'obtention des extraits aqueux

2.3- Méthodes expérimentales

2.3.1 Evaluation de l'activité biologique des produits testés

2.3.1.1 Conditions expérimentales

Les essais sont réalisés dans des cages de 40 cm de long, 26 cm de large, et 20 cm de haut. Pour réaliser cette étude, les insectes sont immédiatement isolés dès le stade L₅ dans les cages de traitement maintenues dans les mêmes conditions de température et d'humidité que l'élevage de masse.

Pour chaque essai de même que pour le témoin nous avons réalisé 3 répétitions à raison de 12 larves par répétition (Fig.12). Les insectes sont alimentés par du gazon et parfois de son de blé et de chou vert. Les essais sont conduits à une température de $31\pm 2^{\circ}\text{C}$, une humidité relative de $40\pm 5\%$ et une photopériode de 12 L/12 O (L : Lumière / O : Obscurité). Quotidiennement le nombre de larves mortes, les malformations, les anomalies et les changements morphologiques sont notés aussi bien pour les traités que pour les témoins.

2.3.1.2 Activité insecticide par contact

Le principe de la méthode consiste à pulvériser directement les larves du criquet pèlerin avec les extraits ethanologiques ou le malathion. Les lots d'insectes témoins sont traités à l'éthanol dans les mêmes conditions et avec autant de répétitions que les lots traités. Ce traitement est répété trois jours de suite pour évaluer l'effet insecticide par contact. L'évaluation de l'efficacité des extraits foliaires et du produit chimique est basée sur le dénombrement des larves et des imagos morts relevés quotidiennement.

2.3.1.3 Activité insecticide par ingestion

Pour l'étude de la toxicité par ingestion les insectes sont soumis à un jeûne de 24 heures afin de vider leur tube digestif et de les affamer.

Pour chaque traitement ,200g du gazon (*Stenotaphrum americanum*) sont trempés dans les solutions toxiques pendant 1 heure et séchés pendant 5 minutes, ensuite fournis aux criquets. Quant aux témoins, ils sont nourris d'aliments trempés dans l'alcool. Cette manipulation est répétée à chaque fois que l'aliment est consommé par les insectes pendant 15 jours. Le nombre de criquets morts est dénombré dès le premier jour après traitement.

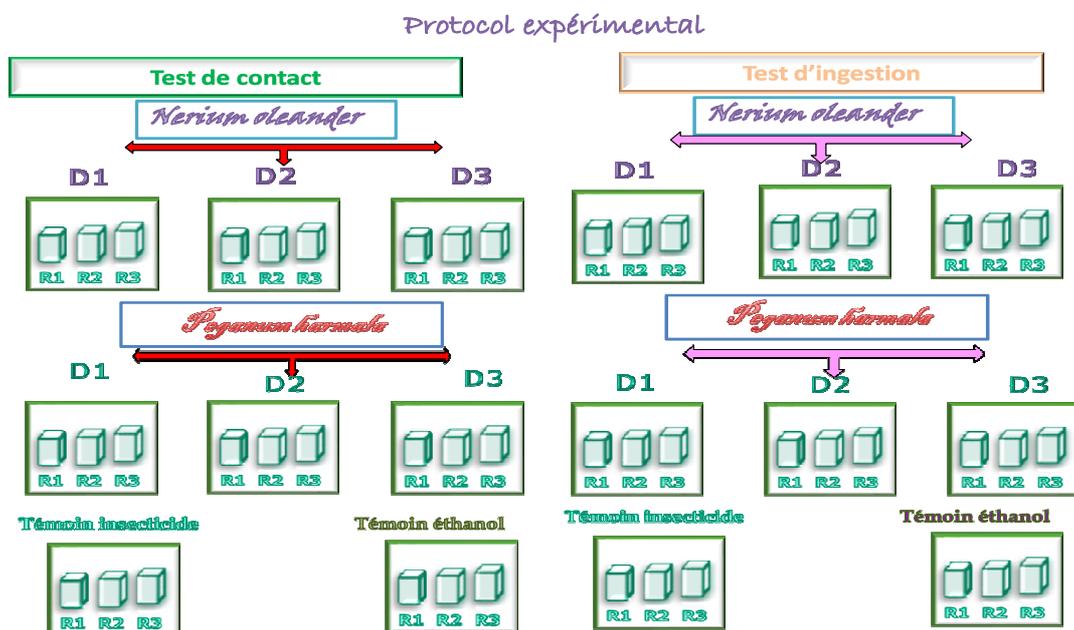


Fig.12 Protocol expérimental pour étudier l'efficacité des deux biopesticides sur la mortalité des larves L5 du *Schistocerca gregaria*

2.3. 1. 4 Impact des produits sur le potentiel biotique des criquets

➤ Effet sur la fécondité

Pour évaluer l'impact d'El Harmel, du laurier rose et du malathion sur la fécondité de *Schistocerca gregaria* nous avons isolés 15 males et 15 femelles survivants de chaque traitement. Les insectes isolés sont placés dans 3 cages (répétitions) à raison de 5 males et 5 femelles par cage. Notre étude est effectuée aussi bien pour le test ingestion que le test contact.

Pour chaque produit la récupération des pontes est réalisée tous les deux jours ce qui nous permet d'estimer le nombre d'oothèques émises et le nombre d'œuf pondus par femelle. Les pondoires contenant les pontes sont récupérés et remplacés par d'autres pondoires. Ils sont recouverts d'une toile moustiquaire pour l'aération et troués à la base pour permettre l'infiltration de l'eau en cas de surplus afin d'éviter le risque de pourriture des œufs. Ces pondoires portant la date de la ponte sont mis dans des conditions appropriées pour l'incubation des œufs. Le contrôle des pondoires se fait quotidiennement pour vérifier l'humidité du sable, les éclosions des œufs et

les larves neonates mortes. Quant aux larves neonates vivantes, elles sont récupérées et mises dans des cages réservées à l'élevage des larves.

➤ **Effet des traitements sur la longévité des sauterelles**

La longévité est calculée pour le nombre d'individus traités selon les essais (traitement avec les extraits, l'insecticide et l'eau). Les criquets sont soumis aux mêmes conditions expérimentales que les tests à savoir l'alimentation et les facteurs abiotiques. L'expérience est menée jusqu'à la mort des insectes.

2.3.1.5 Etude de l'effet des deux extraits sur le tube digestif des individus traités

L'objectif de cette étude est l'effet des extraits de plantes par ingestion sur le tube digestif de *Schistocerca gregaria*. Elle consiste en des observations macroscopiques à l'œil nu et microscopiques du tube digestif des individus, témoins et ceux traités par les différents extraits de plantes testés. L'observation microscopique a porté sur les différentes parties des tubes digestifs présentant des modifications structurales surtout au niveau du mesenteron. Pour cela, des individus de criquet pèlerin ont été sacrifiés le jour même du prélèvement du tube digestif cette opération s'effectue dans une boîte dont le fond est recouvert de paraffine et inondé de fixateur sous la loupe binoculaire (Annexe 2). Le criquet est fixé sur sa face ventrale par des aiguilles au niveau de la tête et la partie postérieure. L'incision se fait de la partie postérieure vers la partie antérieure à l'aide des ciseaux entomologiques. Le tube digestif est dégagé de ces attaches et du corps gras de l'insecte et mis immédiatement dans le fixateur. La préparation des coupes histologiques a été basée sur la technique de Martoja et Martoja (1967), pour réaliser cette étude nous avons suivi les étapes suivantes :

➤ **Fixation**

Cette étape est essentielle et primordiale pour l'examen histologique. Elle immobilise et conserve la structure cellulaire et tissulaire dans un état aussi proche que possible du vivant, ceci en respectant leur morphologie par protection contre l'autolyse des protéines en aminoacides sous l'action des enzymes cellulaires (Martoja et Martoja, 1967). L'agent fixateur utilisé dans notre étude est « Bouin aqueux » qui a plusieurs avantages. C'est un mélange d'acide picrique, du Formol et de l'acide acétique (Voir en annexe). Le Bouin aqueux est un liquide fixateur topographique qui favorise l'observation de l'anatomie microscopique ; ce mélange pénètre assez bien pour que les pièces puissent être relativement épaisses.

➤ **Déshydratation :**

Cette étape a pour but d'éliminer totalement l'eau des tissus. Elle consiste à passer les tubes digestifs par des bains successifs d'alcool de concentrations croissantes (70°, 95° et 100°) à raison de deux bains par concentration qui dure une 1/2 heure chacun, pour permettre une pénétration facile de la paraffine (la paraffine n'étant pas miscible à l'eau).

La déshydratation s'achève par deux bains de toluène ou bien un seul de butanol qui joue un rôle intermédiaire entre l'alcool et la paraffine car c'est un solvant organique soluble dans les deux composés.

➤ **Imprégnation et inclusion :**

Cette étape a pour but l'obtention d'une bonne filtration de la paraffine et une exclusion totale du toluène ou du butanol. Cette étape est effectuée dans une étuve à 60°C (point de fusion de paraffine). Les pièces anatomiques sont disposées dans des piluliers remplis d'un mélange de paraffine et de butanol pendant une heure puis ils subissent deux bains de paraffine pure d'une heure chacun. Les pièces sont mises en bloc lorsque l'imprégnation à chaud est terminée.

➤ **Confection des blocs :**

La confection des blocs est réalisée grâce à des moules spéciaux : *les barres de Leuckart* que l'on agence correctement sur une plaque de verre. On verse la paraffine fondue, filtrée au préalable dans le moule, la pièce anatomique à inclure, sortie du dernier bain de paraffine, est mise dans le moule à l'aide d'une pince chauffée. Elle sera orientée selon le plan de la coupe que l'on doit réaliser. Ce moule comportera une étiquette mentionnant les références de la pièce anatomique. L'opération doit être rapide afin d'éviter la formation des bulles d'air. Ils sont plongés dans de l'eau froide pendant quelques minutes pour le détachement spontané des blocs.

➤ **Microtomisation :**

Le bloc de paraffine obtenu est taillé à l'aide d'un scalpel, afin d'éliminer le surplus de paraffine qui entoure l'organe et obtenir un trapèze dont les bases sont rigoureusement parallèles. Le bloc taillé est fixé sur le porte objet. La face collée de celui ci est ramollie au moyen d'une lame métallique chauffée modérément à la flamme, puis posé sur le porte objet de façon à se qu'elle adhère très bien avec une légère pression. Pour l'orientation du bloc, les faces parallèles du trapèze doivent être disposées parallèlement au tranchant du rasoir. Les coupes séries de 7 µm sont réalisées à l'aide d'un microtome de Type Minot, de la marque « American Optical ».

➤ **Étalement des coupes :**

Les rubans des coupes sont étalés sur des lames propres sur les quelles on met des gouttes d'eau gélatinée à 0,5%. L'ensemble est passé sur une source de chaleur (plaque chauffante de type *Stuart Cb160*) pour faciliter l'étalement des rubans qui sont laissés à l'air libre pendant 24h (séchage).

➤ **Déparaffinage, réhydratation et coloration « Mallory » :**

La coloration permet de mieux identifier les différents éléments de la préparation pour cela les lames subissent une succession de bains : deux de toluène, cinq à l'aide d'alcool éthylique de concentrations décroissantes (100°, 95°, 70°), le dernier bain à lieu dans de l'eau distillée pour assurer l'hydratation finale.

Cette coloration est très utilisée pour les organes d'origine ectodermiques car elle permet la mise en évidence de la cuticule et ses différentes parties qui sont colorées en bleu, elle permet également d'identifier le noyau par la Fuchsine acide, le collagène par le bleu d'aniline et le cytoplasme par l'orange « G ».

➤ **Déshydratation, montage et observation microscopique :**

Les lames colorées subissent successivement deux bains, l'un d'alcool croissant à 95% et l'autre à 100%. Elles subissent encore deux autres bains au toluène. Le montage a pour but de protéger les coupes colorées grâce à des lamelles couvre-objet permettant ainsi une bonne observation microscopique. Au préalable on induit la lamelle sur laquelle on exerce une pression avec le doigt pour chasser les bulles d'air d'une part et d'autre par éliminer l'excès du baume. Les coupes sont conservées après séchage à l'air libre et sont alors prêtes pour l'observation au microscope photonique (Fig.13).

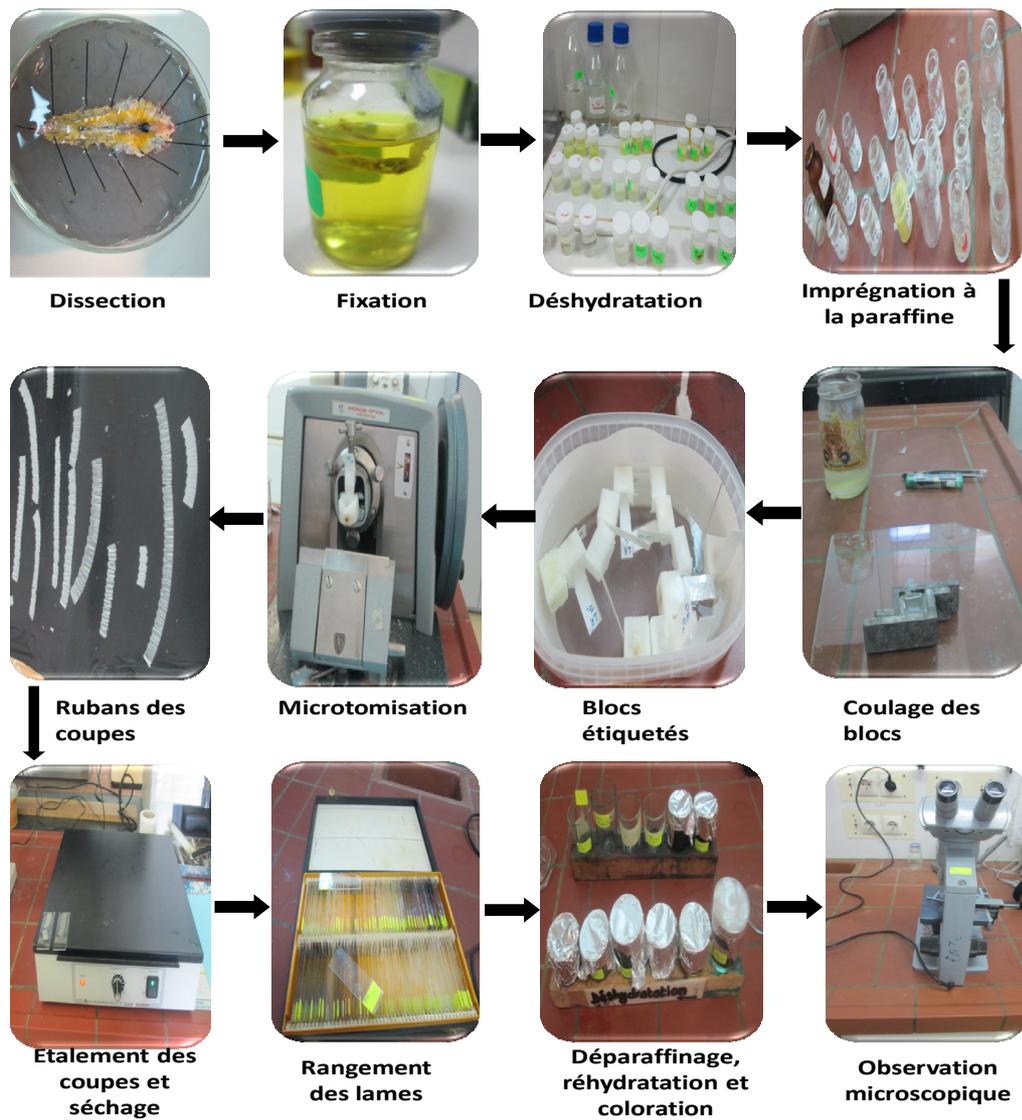


Fig.13– Etapes de la préparation des coupes histologiques

2.4 Méthodes d'analyses des résultats

2.4.1 La mortalité

La mortalité est le premier critère de jugement de l'efficacité d'un traitement chimique ou biologique. Le pourcentage de la mortalité observée chez les larves témoins et traités est estimé en appliquant la formule suivante :

$$\text{Mortalité observée} = (\text{Nombre de morts} / \text{Nombre total des individus}) \times 100$$

2.4.2 Calcul des DL50

Avant de calculer les DL50, le pourcentage de mortalité observée est corrigé par rapport au témoin selon la formule d'ABBOT (1925).

$$\text{MC\%} = ((\text{M2}-\text{M1}) / (100-\text{M1})) \times 100$$

- **M1** : Pourcentage de mortalité chez les témoins.
- **M2** : Pourcentage de mortalité chez les traitées.
- **MC%** : Pourcentage de mortalité corrigée.

2.4.3 Calcul de la TL50

Le temps léthal 50 (TL50), correspond au temps nécessaire pour que 50% des individus d'une population morte suite à un traitement par une substance quelconque. Il est calculé à partir de la droite de régression des probits correspondants au pourcentage de la mortalité corrigée en fonction des logarithmes du temps de traitement. Il est utilisé, la formule de SCHNEIDER et la table des probits.

2.4.4 Analyse statistique

Pour donner une signification statistique aux résultats trouvés à travers les différents paramètres étudiés, le traitement des données est effectué à l'aide du logiciel XL. STAT version 6.0 - ANOVA-, dont on a utilisé l'analyse de la variance à intervalle de confiance de 95%. L'analyse de la variance (ANOVA), permet de déterminer l'influence des facteurs étudiés ou des interactions entre les facteurs. Dans notre cas, nous avons effectué cette analyse pour comparer la variation de l'effet des produits en fonction de la dose et le temps.

CHAPITRE III :

Résultats

I - Effet des biopesticides sur la morphologie et la physiologie des larves L5

I.1 - Effet des produits sur la morphologie

Après les traitements par contact et par ingestion réalisés avec les deux extraits, (*P.harmala* et *N.oleander*) nous avons constaté des modifications morphologiques notamment au niveau des élytres et des ailes membraneuses (Fig.14). Par ailleurs un noircissement du corps et plus particulièrement du pronotum a été noté (Fig.15).

I. 2- Effet sur la physiologie des larves L5

L'effet sur la physiologie se traduit par un ralentissement de la mobilité du criquet plus particulièrement après le traitement par contact. Il y a également un retard de la mue imaginale et même parfois le blocage de celle-ci (Fig. 15), ainsi que la pigmentation qui vire au rouge sur le pronotum, sur la face inférieure de l'abdomen et le tibia postérieur.



Fig. 14 Modifications morphologiques causées par les biopesticides utilisés



Fig. 15 Blocage de la mue imaginale et changement de la pigmentation provoqués par les biopesticides utilisés

II. Effet des produits sur la mortalité

II .1 Effet de *Nerium oleander* sur la mortalité

a- Traitement par contact

Les taux de mortalité moyens des larves L5, traitées en fonction du temps sont regroupés dans le tableau 2

Tableau 2- Mortalité moyenne des larves traitées par contact à l'extrait du laurier rose

Temps (jours)	Témoin	Taux de mortalité (%)	Dose D1	Taux de mortalité (%)	Dose D2	Taux de mortalité (%)	Dose D3	Taux de mortalité
1	0	0	2	16,67	2,33	19,44	1,67	13,89
2	0	0	3,33	27,78	2,67	22,22	2	16,67
3	0	0	5	41,67	5	41,67	2,67	22,22
4	0,33	2,78	6,33	52,78	6,33	52,78	3,33	27,78
5	0,33	2,78	8,67	72,22	7,67	63,89	4,33	36,11
6	0,67	5,56	10	83,33	10	83,33	6	50,00
7	0,67	5,56	10,67	88,89	11,33	94,44	7,67	63,89
8	1	8,33	11,33	94,44	12	100	9,67	80,56
9	1,33	11,11	12	100	12	100	10,67	88,89
10	1,33	11,11	12	100	12	100	11,67	97,22

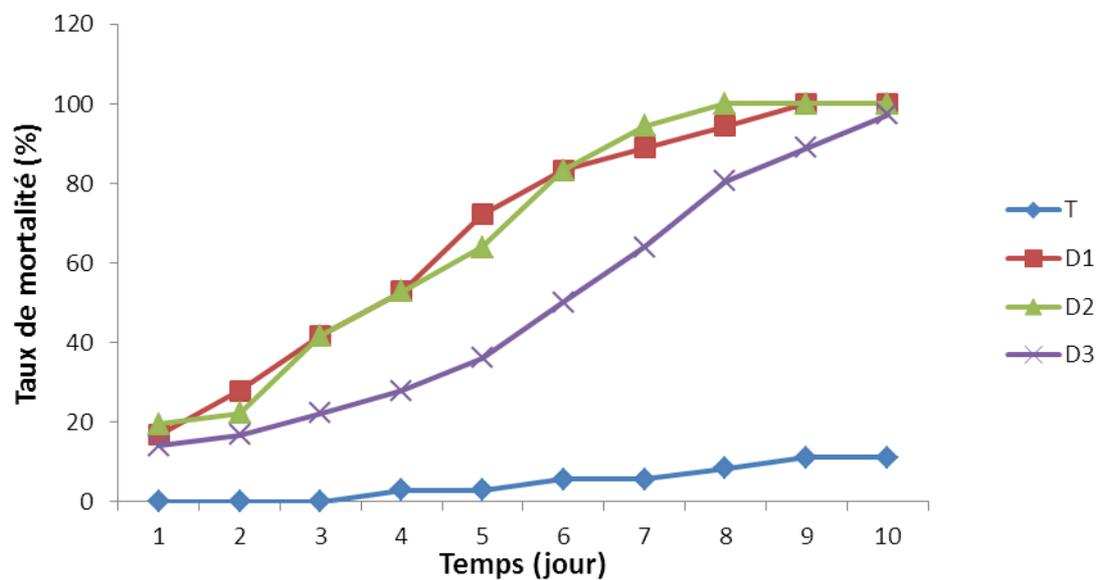


Fig. 16- Taux de mortalité moyen des larves L5 traitées par contact au laurier rose en fonction du temps

Les résultats obtenus montrent que la mortalité des insectes augmente avec les doses. Nous remarquons que les produits provoquent une mortalité dès le premier jour sauf

chez les témoins ou nous enregistrons un effet biocide à partir du 3^{ème} jour. Le taux de mortalité varie de 16,67 à 100 pour la dose 1, de 19, 44 à 100 pour la dose 2 et de 13,89 à 97,22 pour la dose 3 (Fig. 16 et Tab. 2). Alors que pour le malathion la mortalité à 100% est atteinte dès le premier jour.

b- Traitement par ingestion

Les taux de mortalité moyens enregistrés chez les larves L5, traitées au laurier rose par ingestion figurent dans sur le tableau 3.

Tableau 3- Mortalité moyenne des larves traitées par ingestion à l'extrait du laurier rose en fonction du temps

Temps par jour	Témoin	Taux de mortalité (%)	Dose D1	Taux de mortalité (%)	Dose D2	Taux de mortalité (%)	Dose D3	Taux de mortalité
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0,33	2,78	0	0	0	0
3	0	0	0,33	2,78	0	0	0	0
4	0	0	0,33	2,78	0	0	0	0
5	0	0	0,33	2,78	0	0	0,33	2,78
6	0	0	0,67	5,56	0	0	0,33	2,78
7	0,33	2,78	0,67	5,56	0,33	2,78	0,33	2,78
8	0,33	2,78	0,67	5,56	0,67	5,56	0,33	2,78
9	0,33	2,78	1,00	8,33	1,00	8,33	0,67	5,56
10	0,67	5,56	1,67	13,89	1,33	11,11	0,67	5,56
11	0,67	5,56	1,67	13,89	1,67	13,89	1	8,33
12	0,67	5,56	2,67	22,22	2,33	19,44	1,33	11,11
13	0,67	5,56	2,67	22,22	2,67	22,22	1,33	11,11
14	1	8,33	4	33,33	3,67	30,56	1,67	13,89
15	1,67	13,89	5,67	47,22	4,67	38,89	2,33	19,44
16	1,67	13,89	6,67	55,56	5,67	47,22	4	33,33
17	2	16,67	7,67	63,89	6,67	55,56	6,67	55,56
18	2,33	19,44	7,67	63,89	6,67	55,56	7	58,33
19	2,67	22,22	9,00	75	8,67	72,22	10	83,33
20	3	25	11	91,67	12	100	11	91,67
21	3	25	12	100	12	100	12	100

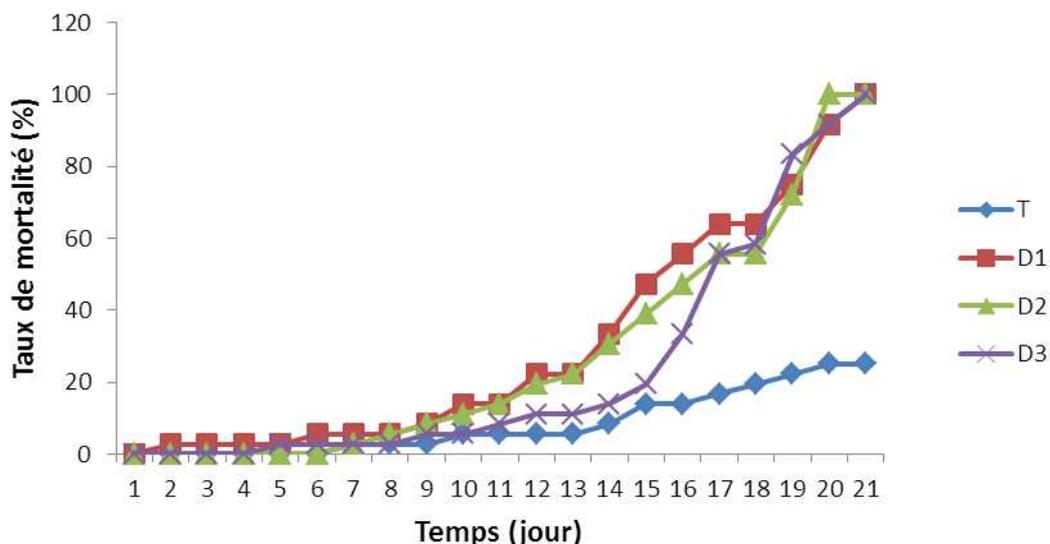


Fig. 17- Mortalité moyenne des larves traitées par ingestion à l'extrait du laurier rose en fonction du temps

Les larves L5 alimentées à base de gazon traité avec du laurier rose, ont subi une mortalité dès le deuxième jour avec la dose D1, au cinquième jour avec la D3 et au septième jour avec la D2. En revanche la mortalité totale (100%) est enregistrée au 20^{ème} jour pour la dose D2 et au 21^{ème} jour pour les doses D1 et D3. L'insecticide utilisé à la dose préconisée par l'index phytosanitaire a provoqué 100% de mortalité au bout du 3^{ème} jour. Chez le lot témoin, ce n'est qu'au 21^{ème} jour que le taux de mortalité a atteint 25 % (Tab. 3 ou Fig. 17).

II.2 Effet de *Peganum harmala* sur la mortalité

a- Traitement par contact

Les taux de mortalité moyens des larves L5 traitées par contact avec *P.harmala* sont consignés dans le tableau 4.

Tableau 4- Mortalité moyenne des larves traitées par contact à l'extrait de *P. harmala*

Temps (jour)	Témoin	Taux de mortalité (%)	Dose D1	Taux de mortalité (%)	Dose D2	Taux de mortalité (%)	Dose D3	Taux de mortalité (%)
1	0	0	3	25	2,33	19,44	2	16,67
2	0	0	4,67	38,89	4	33,33	2,67	22,22
3	0	0	7,33	61,11	6,33	52,78	3,33	27,78
4	0,33	2,78	9,67	80,56	8,67	72,22	4,33	36,11
5	0,67	5,56	12	100	11	91,67	7,67	63,89
6	0,67	5,56	12	100	12	100	10,33	86,11
7	1	8,33	12	100	12	100	11,67	97,22
8	1	8,33	12	100	12	100	12	100

Au vu des résultats quelque soit la dose, l'extrait de *Pegannum harmala* provoque une toxicité dès le premier jour. De même que l'essai précédent nous constatons une augmentation de la mortalité avec le temps. En effet dès le 5^{ème} jour nous enregistrons une mortalité totale avec la dose D1. Avec la dose D2 la toxicité maximale est obtenue au 6^{ème} jour par contre avec la dose D3 l'effet biocide atteint est de l'ordre de 100% au 8^{ème} jour (Tab.4 ou Fig.18).

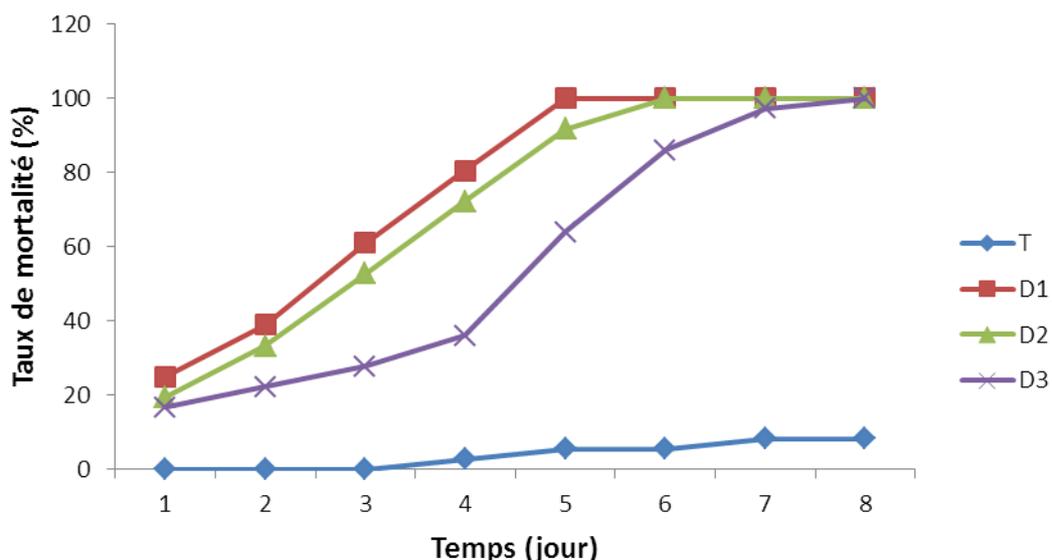


Fig. 18 Mortalité moyenne des larves traitées par contact a l'extrait de *P. harmala*, en fonction du temps

b- Traitement par ingestion

La mortalité obtenue pour cet essai est enregistrée dans le tableau 5

Tableau 5- Mortalité moyenne des larves traitées par ingestion à l'extrait de *P. harmala*

Temps (jour)	Témoin	Taux de mortalité (%)	D1	Taux de mortalité (%)	D2	Taux de mortalité (%)	D3	Taux de mortalité (%)
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0,33	2,78
5	0	0	0,67	5,56	0	0	0,33	2,78
6	0,33	2,78	1,33	11,11	1,67	13,89	1	8,33
7	0,33	2,78	2	16,67	2	16,67	1,33	11,11
8	0,67	5,56	3,33	27,78	2,33	19,44	2	16,67
9	0,67	5,56	4,33	36,11	3,33	27,78	2,67	22,22

10	1	8,33	6,33	52,78	4	33,33	2,67	22,22
11	1,33	11,11	7,67	63,89	5	41,67	4	33,33
12	1,33	11,11	9	75	6	50	5,33	44,44
13	1,33	11,11	9,67	80,56	8	66,67	7,33	61,11
14	1,67	13,89	11,33	94,44	9,67	80,56	8	66,67
15	1,67	13,89	12	100	11,33	94,44	9,33	77,78
16	2	16,67	12	100	12	100	9,33	77,78

Comparativement au traitement par contact, le test par ingestion montre une efficacité moindre. En effet la dose la dose D1 provoque une mortalité de l'ordre de 52,70% 10 jour après traitement, alors que la D2 affiche une mortalité de 50% et la dose D3 une mortalité inférieure à 50% qu'au 12eme jour .Quoi qu'il en soit, les doses D1 et D2, qui vraisemblablement sont les plus efficaces, leur action survient plus tard en comparaison avec le traitement par contact, sans pour autant sous évaluer l'efficacité de la dose D3 dont la mortalité est importante à partir du treizième jour comme nous l'avons signalé ci-dessus (Tab.5 et Fig. 19).

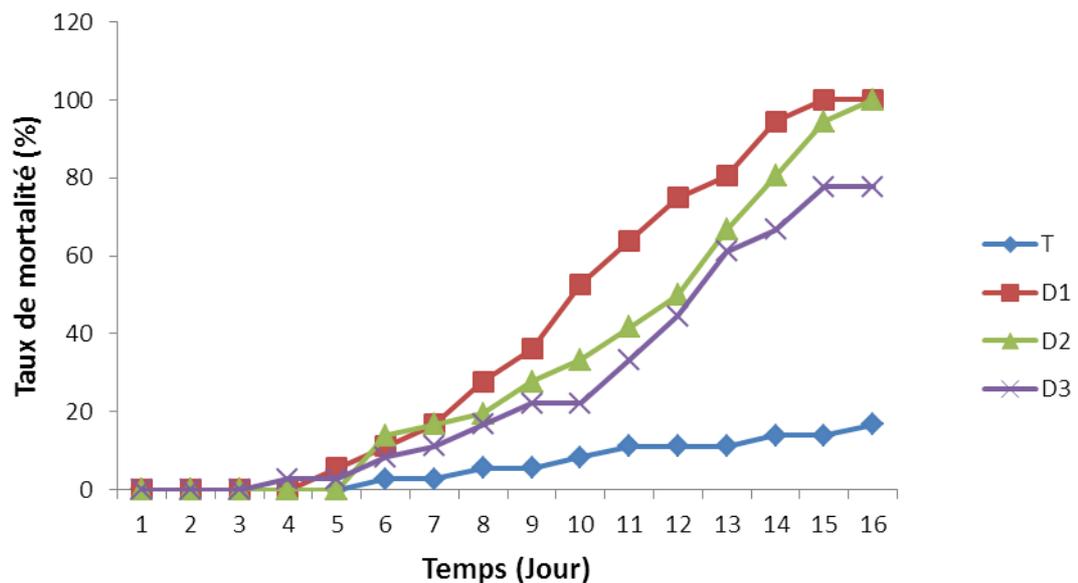


Fig.19 Mortalité moyenne des larves traitées par ingestion avec l'extrait de *P. harmala*, en fonction du temps

III. Détermination et classement des DL₅₀

III. 1 Essai contact

a- Evaluation de la DL₅₀ pour l'essai contact

Pour tous les tests, la DL₅₀ a été déterminée à partir de l'équation de la droite de régression élaborée après transformation des pourcentages de mortalités corrigées en probits et des doses en logarithme népérien. La DL₅₀ obtenue pour l'essai contact est de 0,32 g/ml (Fig.20). Nous avons également utilisé le test de Newman-Keuls (SNK) pour l'analyse des différences entre les groupes (Doses et témoin) avec un intervalle de confiance à 95,00 %. En d'autres termes, ce test nous permet de comparer les doses deux à deux quant à leur efficacité (Tab.6).

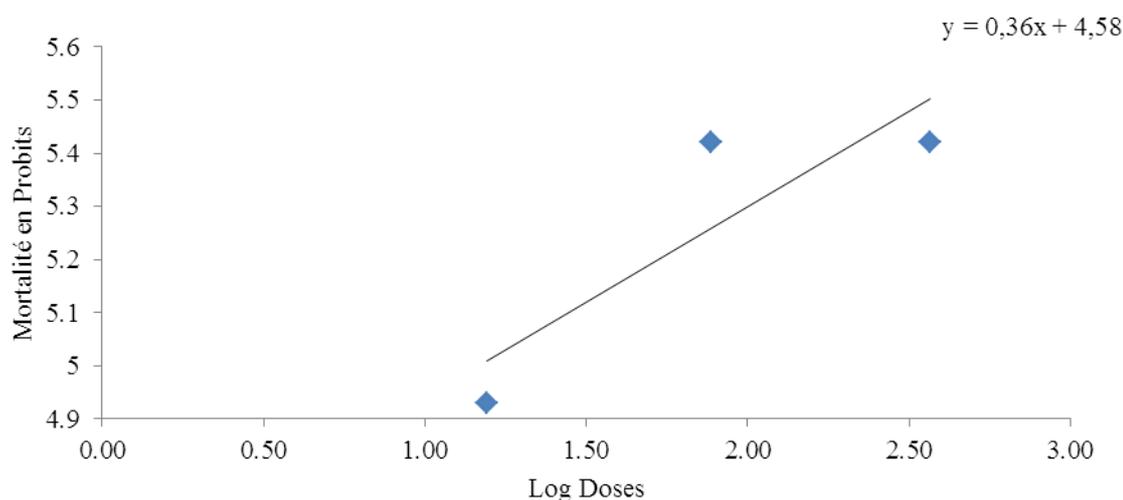


Fig. 20 - Droite de régression mortalité en probits en fonction des log doses par effet contact de l'extrait éthanolique de *N. oleander*

Tableau 6 - Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 % (Newman-Keuls (SNK))

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. >Diff	Significatif
D2 ~ T1	2,333	3,704	3,310	0,030	Oui
D2 ~ D3	0,667	1,183	2,945	0,499	Non
D2 ~ D1	0,333	0,592			Non
D1 ~ T1	2,000	3,175	2,945	0,037	Oui
D1 ~ D3	0,333	0,592			Non
D3 ~ T1	1,667	2,646	2,365	0,033	Oui

Il apparait clairement que la comparaison deux à deux, révèle une différence non significative entre les doses. Autrement dit, leur efficacité ne diffère pas, exception faite avec le témoin. Ceci est confirmé par le tableau ci-dessous où les trois doses D1, D2 et D3 sont classées dans un même groupe dont l'efficacité est identique, ce qui n'est pas le cas pour le témoin (Tab. 7).

Tableau 7 - Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements	
D2	2,3	A	
D1	2,0	A	
D3	1,7	A	
T1	0,0		B

b-Evaluation de la DL50 pour l'essai ingestion

Par ingestion la DL₅₀ calculée comme précédemment, est égale à de 8,12g/ml.

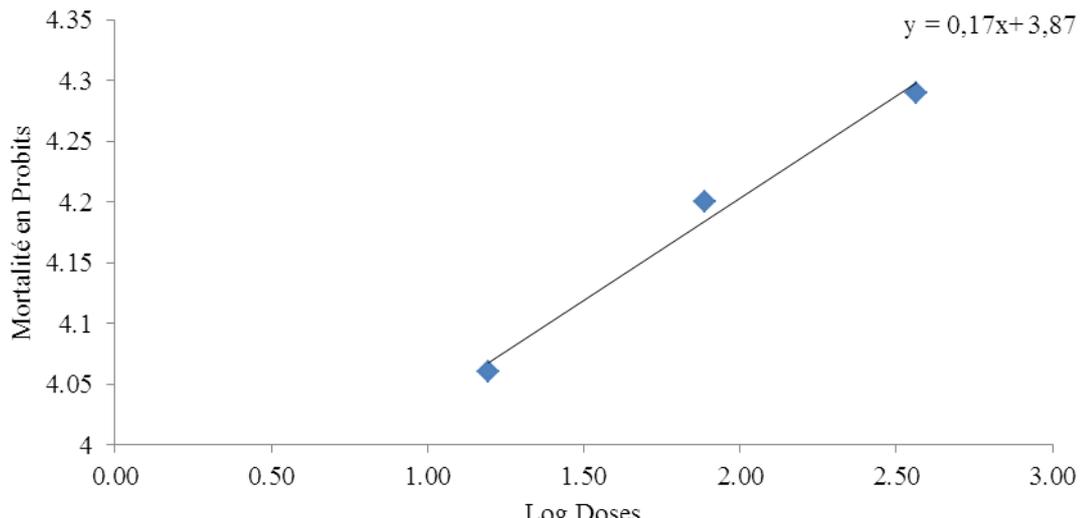


Fig. 21 - Droite de regression mortalité en probits en fonction des Log doses par effet ingestion de l'extrait ethanolique de *N. oleander*

Tableau 8 - Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 % (Newman-Keuls (SNK))

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. >Diff	Significatif
D1 ~ T1	59,167	5,941	3,310	0,003	Oui
D1 ~ D3	15,667	1,759	2,945	0,251	Non
D1 ~ D2	6,667	0,748			Non
D2 ~ T1	52,500	5,271	2,945	0,003	Oui
D2 ~ D3	9,000	1,010	2,365	0,346	Non
D3 ~ T1	43,500	4,368	2,365	0,003	Oui

Les doses ne présentent pas des différences significatives entre elles (Tab.8) et appartiennent à un même groupe indiquant une efficacité identique (Tab.9). Le témoin appartient toujours à un groupe différent (Tab.9).

Tableau 9 - Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements	
D1	76,667	A	
D2	70,000	A	
D3	61,000	A	
T1	17,500		B

III.2 Essai *Peganum harmala*

a- Evaluation de la DL50 pour l'essai contact

Pour l'extrait éthanolique de *Peganum harmala* la DL₅₀ enregistrée est égale à 0.02

g
/ml

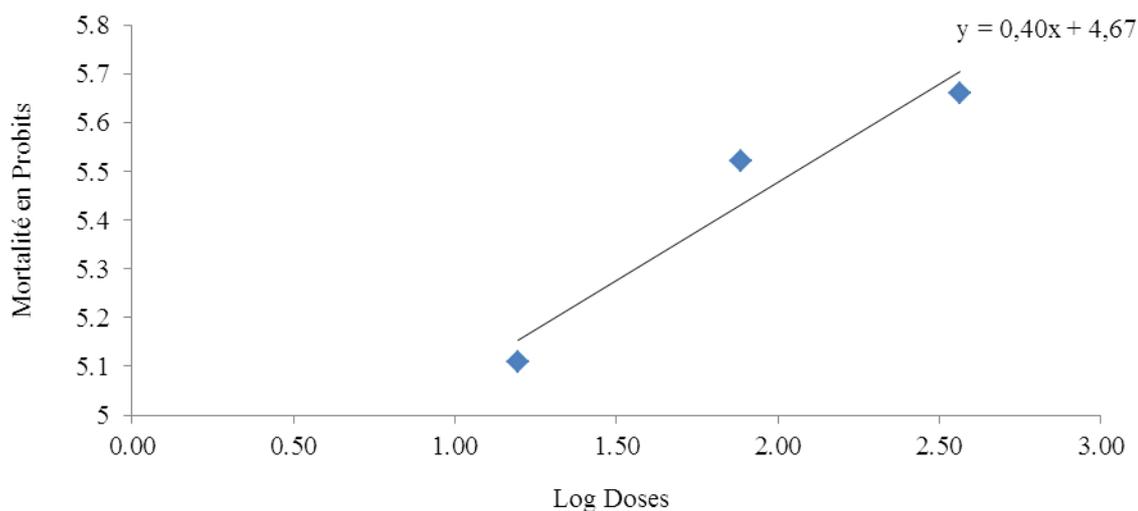


Fig. 22 - Droite de régression mortalité en probits en fonction des Log doses par effet contact de l'extrait éthanolique de *P. harmala*

Tableau 10 -Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 % (Newman-Keuls (SNK))

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. >Diff	Significatif
D1 ~ T1	69,667	41,800	3,310	0,004	Oui
D1 ~ D3	18,667	12,522	2,945	0,002	Oui
D1 ~ D2	4,333	2,907	2,365	0,023	Oui
D2 ~ T1	65,333	39,200	2,945	0,002	Oui
D2 ~ D3	14,333	9,615	2,365	0,001	Oui

D3 ~ T1	51,000	30,600	2,365	0,001	Oui
---------	--------	--------	-------	-------	-----

Le test de Newman-Keuls montre que la différence est significative entre les doses. En effet, l'efficacité est d'autant plus élevée que les doses sont grandes (Tab.10). Ceci est confirmé par le tableau 11 qui révèle l'existence de quatre groupes bien distincts.

Tableau 11 -Classement et regroupements des groupes non significativement différents

Modalités		Moyenne		Regroupements	
D1	72,7	A			
D2	68,3		B		
D3	54,0			C	
T1	3,0				D

b-Evaluation de la DL50 pour l'essai ingestion

Par effet ingestion la DL₅₀ est de l'ordre de 0.4g /ml.

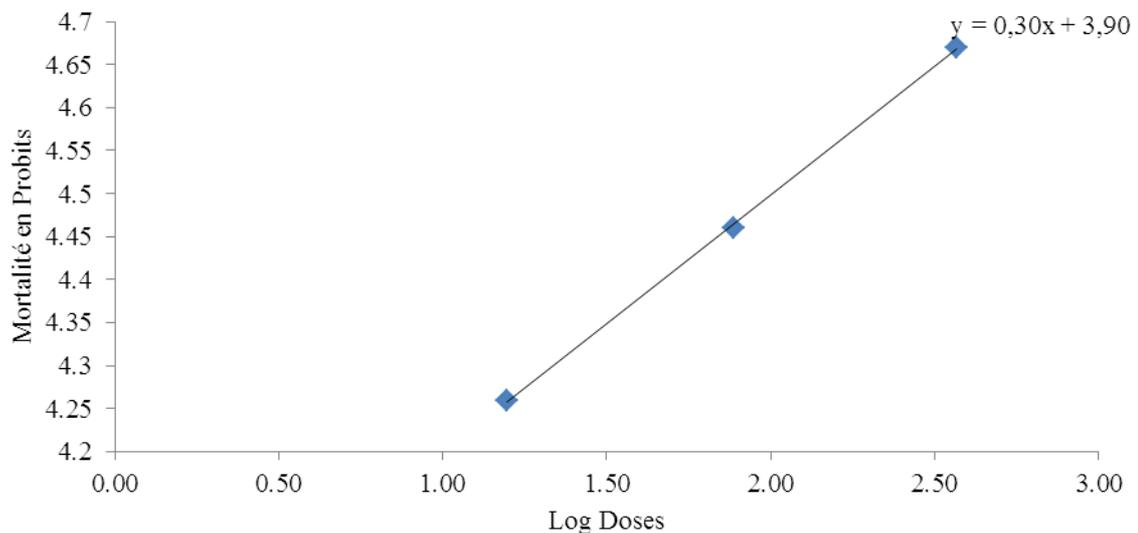


Fig. 23 - Droite de regression mortalité en probits en fonction des Log doses sur 16 jours par effet ingestion de l'extrait éthanolique de *P. harmala*

Tableau 12 -Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 % (Newman-Keuls (SNK))

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
D1 ~ T1	69,667	5,038	3,310	0,006	Oui
D1 ~ D3	26,000	2,102	2,945	0,159	Non
D1 ~ D2	14,333	1,159			Non
D2 ~ T1	55,333	4,002	2,945	0,013	Oui
D2 ~ D3	11,667	0,943			Non
D3 ~ T1	43,667	3,158	2,365	0,016	Oui

Tableau13 -Classement et regroupements des groupes non significativement différents

Modalités	Moyenne	Regroupements
D1	79,667	A
D2	65,333	A
D3	53,667	A
T1	10,000	B

Les résultats de test de Newman-Keuls pour le facteur dose montrent que les doses agissent de la même manière alors que le témoin provoque une faible mortalité (Tab.12 et 13).

IV. Comparaison entre l'efficacité de *N. oleander* et de *P. harmala* par effet contact

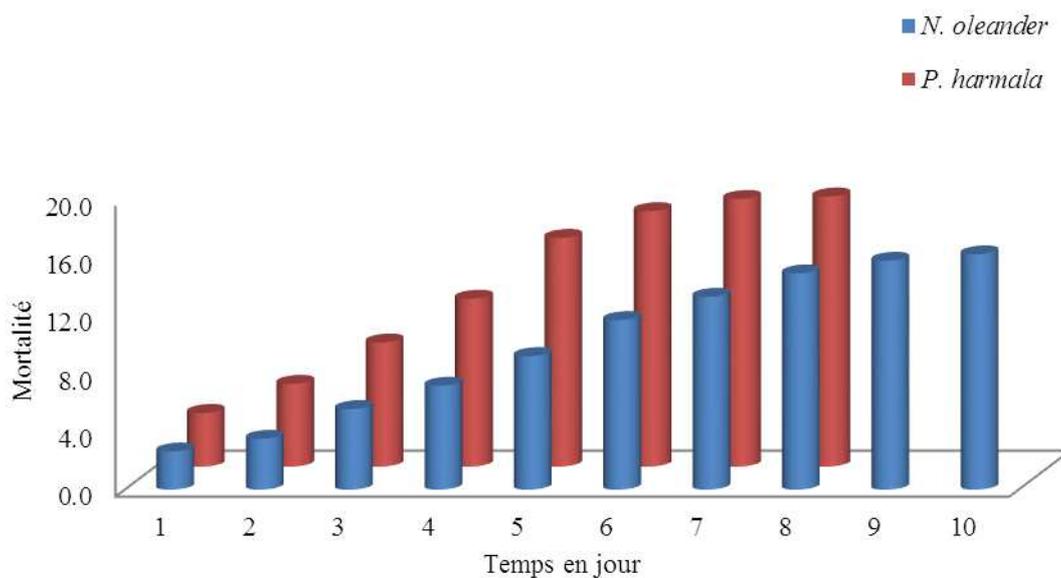


Fig.24 -Comparaison entre la mortalité de *N. oleander* et *P. harmala* après traitement par contact

P. harmala présente une meilleure efficacité dès lors qu'il provoque une mortalité de 100% à l'issue du 8^{ème} jour. Alors que, *N. oleander*, bien que son efficacité augmente au fil du temps, n'induit une mortalité de 100% qu'au 10^{ème} jour (Fig.24).

V. Comparaison entre l'efficacité du *N. oleander* et de *P. harmala* par effet ingestion

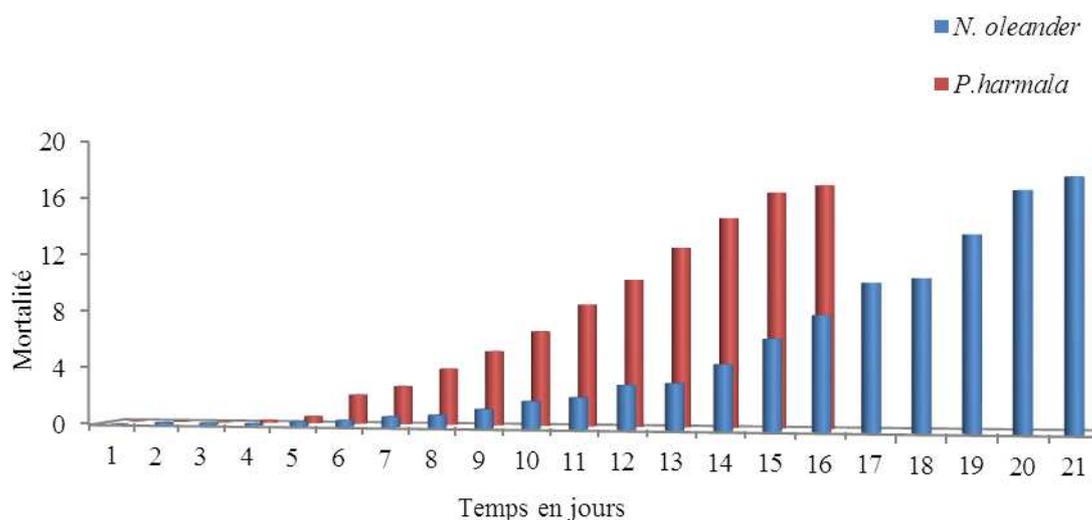


Fig.25 - Comparaison entre la mortalité de *N. oleander* et *P. harmala* après traitement par ingestion

Par ingestion nous remarquons que les deux biopesticides provoquent une mortalité qui évolue dans le temps. *P. harmala* entraîne une toxicité complète au bout du 16^{ème} jour contrairement au laurier rose qui atteint une mortalité totale qu'au 21^{ème} jour (Fig.25).

VI. Détermination de la TL 50

L'estimation des temps létaux 50 (TL50) est effectuée en dressant, la droite de régression des probits correspondants aux pourcentages des mortalités corrigées en fonction des logarithmes népériens des temps de traitement. Les données sont groupées en classe de temps, dans cette étude en jour. Les méthodes d'analyse de survie permettent d'associer la fréquence et le délai de survie de l'événement étudié qui est la mort des insectes. Le temps qui s'écoule entre le début du traitement et la date de la dernière observation est étudiée. Au dernier jour du comptage le nombre de survivants, est noté. Les mortalités et les probits correspondants sont illustrés dans le

tableau (Annexe). Les valeurs des TL50 relatives à chaque dose et chaque traitement sont tirées directement des équations des droites de régressions

VI.1- Détermination du TL 50 par contact (D1 *N. oleander*)

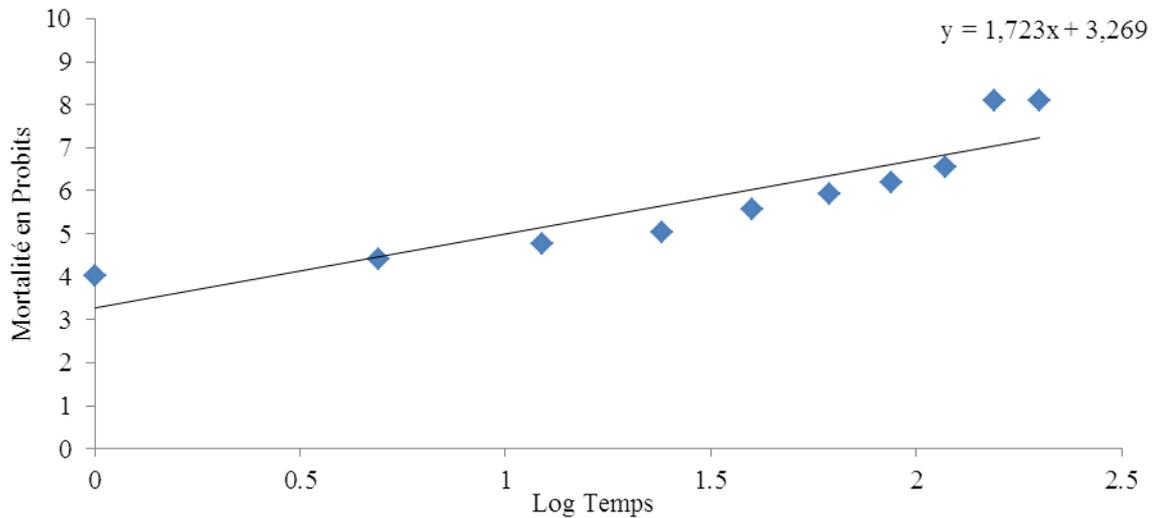


Fig. 26 - Droite de regression de la mortalité en probit en fonction du temps après traitement par contact au *N. oleander* (D1)

Pour la dose D1, la droite de régression obtenue est $Y=1,7237X+3,2698$, ce qui correspond à un TL50 de 2,75 jours

VI.2- Détermination du TL 50 par contact (D2 *N. oleander*)

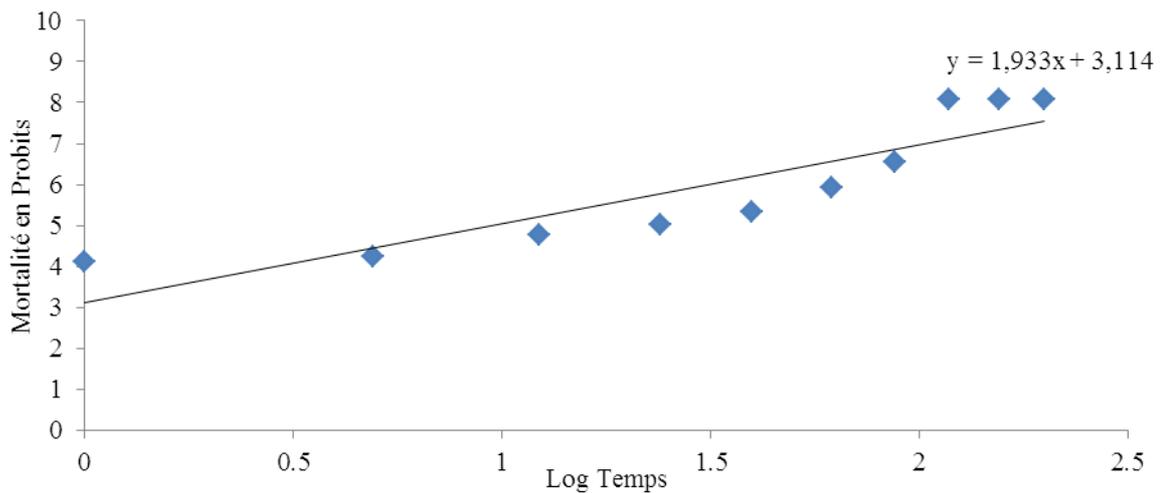


Fig. 27 - Droite de regression de la mortalité en probit en fonction du temps après traitement par contact au *N. oleander* (D2)

Pour la dose D2, $Y=1,9334X+3,1143$ correspondant à un TL50= 3,15 jours

VI.3- Détermination du TL 50 par contact (D3 *N. oleander*)

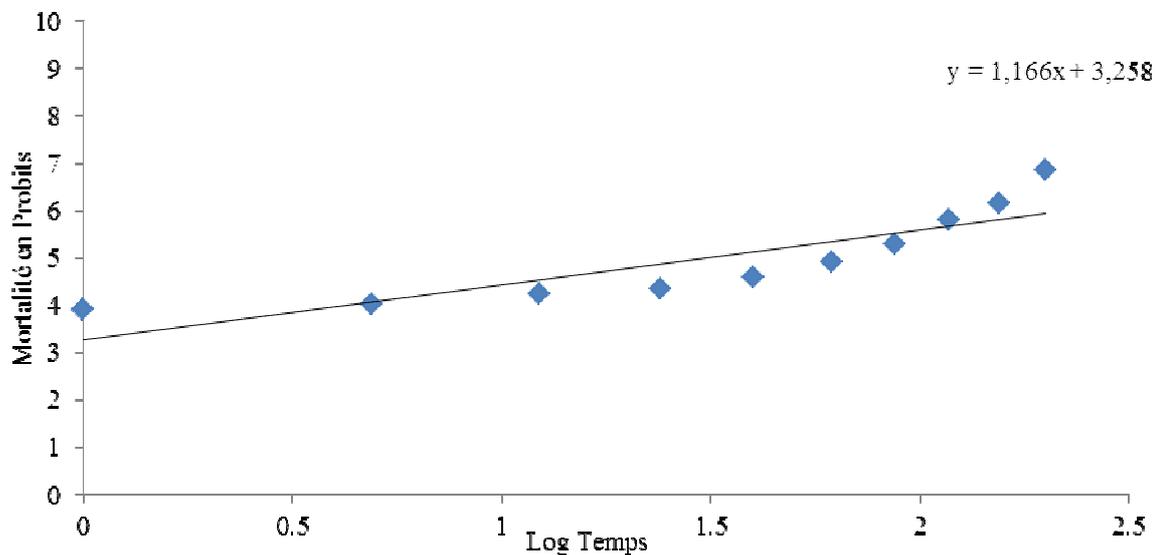


Fig. 28 - Droite de régression de la mortalité en probits en fonction du temps après traitement par contact au *N. oleander* (D3)

Pour la dose D3, $Y=1,1665X+3,2584$ ce qui correspond à un TL50 de 4,52 jours

VI.4- Détermination du TL 50 par ingestion (D1 *N. oleander*)

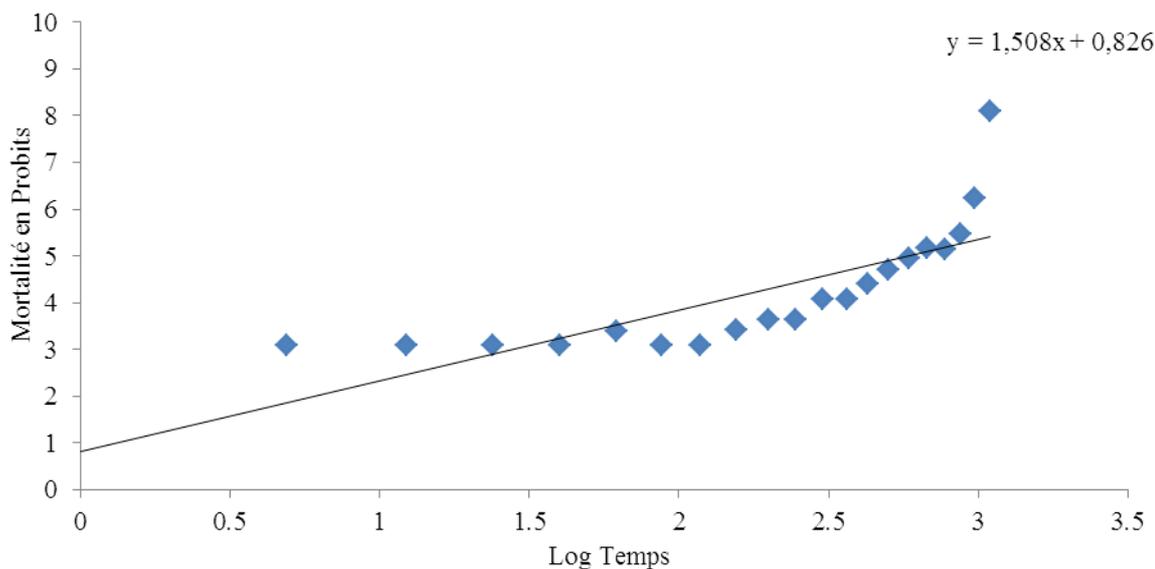


Fig. 29 - Droite de régression de la mortalité en probit en fonction du temps après traitement par ingestion au *N. oleander* (D1)

La dose D1 détermine une régression $Y=1,5087X+0,8265$ affichant un TL50 de 16,22 jours.

VI.5- Détermination du TL 50 par ingestion (D2 *N. oleander*)

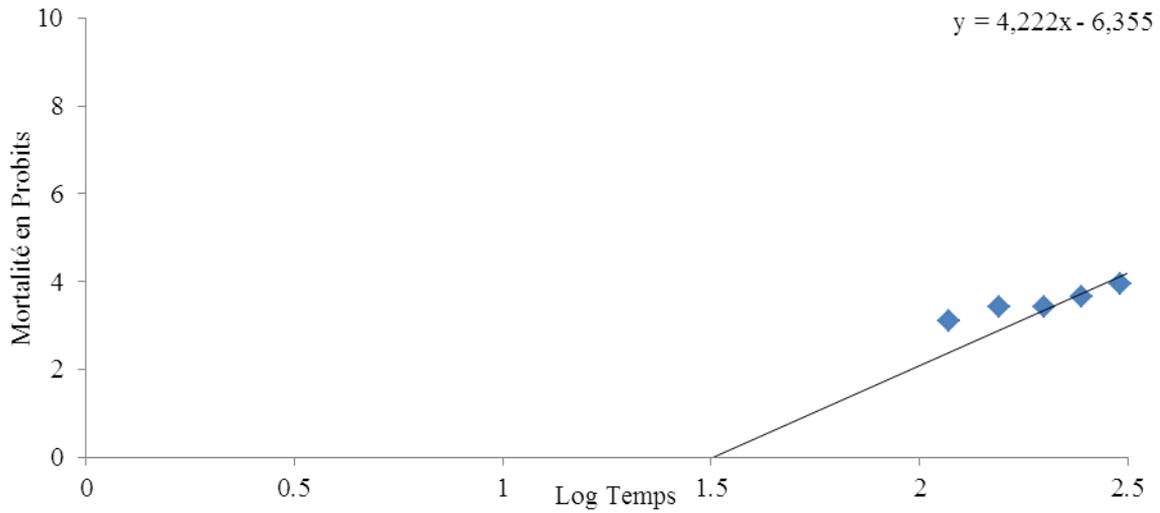


Fig. 30 -Droite de regression de la mortalité en probits en fonction du temps après traitement par ingestion au *N. oleander* (D2)

Pour la dose D2 $Y=4,2229X-6,3556$ d'où un TL50 égale à 14,58 jours

VI.6 Détermination du TL50 par ingestion (D3 *N. oleander*)

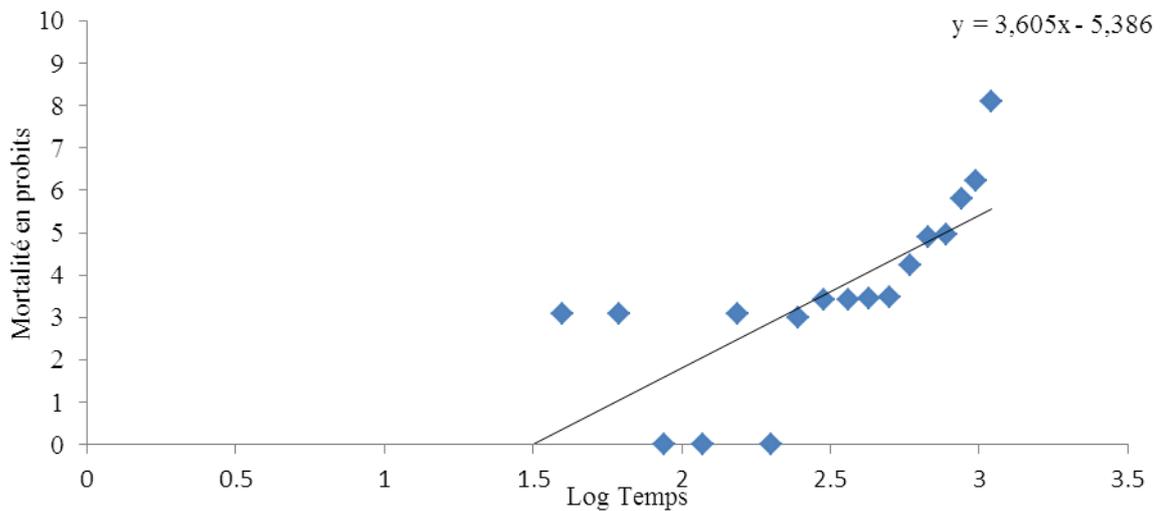


Fig.31 -Droite de regression de la mortalité en probit en fonction du temps après traitement par ingestion au *N. oleander* (D3)

La dose D3 nous permet d'obtenir une droite de régression $Y=3,6054X-5,3867$ d'où un TL50 de 17,81 jours

VI.7- Détermination du TL 50 par contact (D1 *Peganum harmala*)

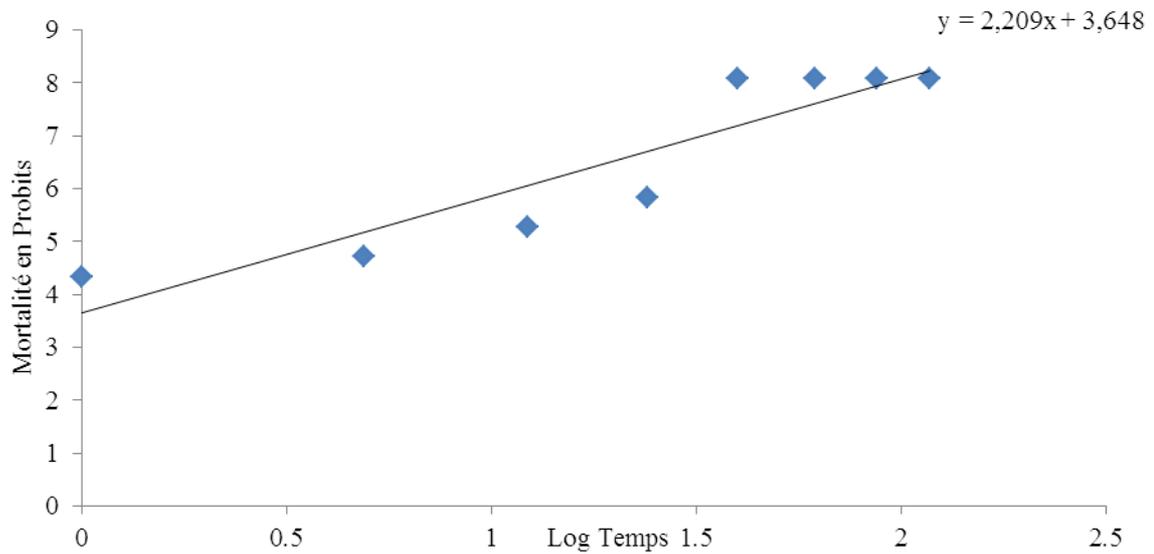


Fig.32 -Droite de regression de la mortalité en probits en fonction du temps après traitement par contact au *P. harmala* (D1)

Le TL50 obtenu avec la dose D1 est obtenu avec la droite $Y = 2,2092X + 3,6489$ correspondant à un TL 50 de 2,61 jours

VI.8- Détermination du TL 50 par contact (D2 *Peganum harmala*)

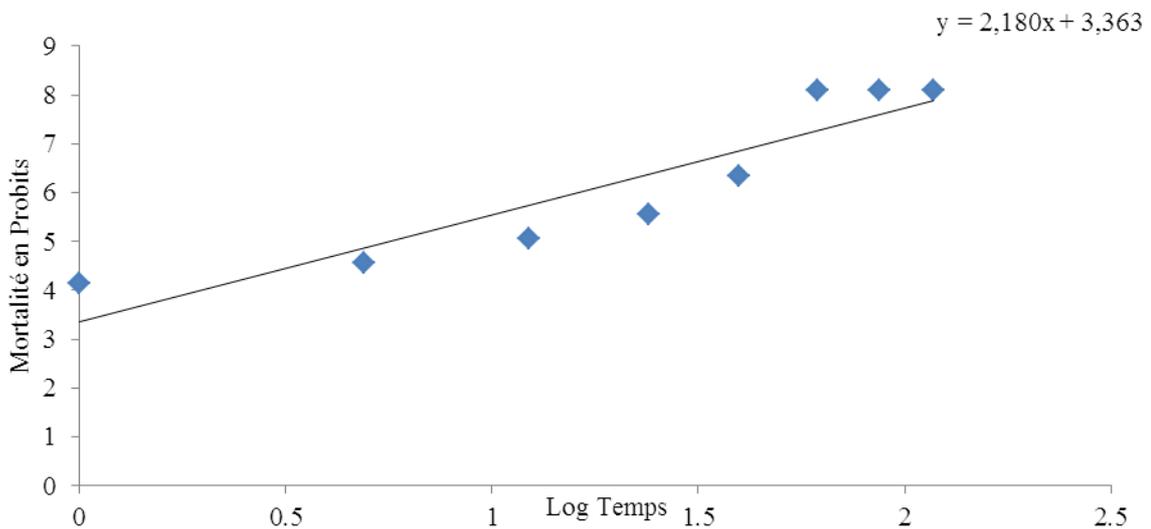


Fig.33 -Droite de regression de la mortalité en probit en fonction du temps après traitement par contact au *P. harmala* (D2)

La dose D2 donne une droite de régression $Y = 2,1809X + 3,3637$ d'où un TL 50 pour D2= 0,75 jours

VI.9- Détermination du TL 50 par contact (D3 *Peganum harmala*)

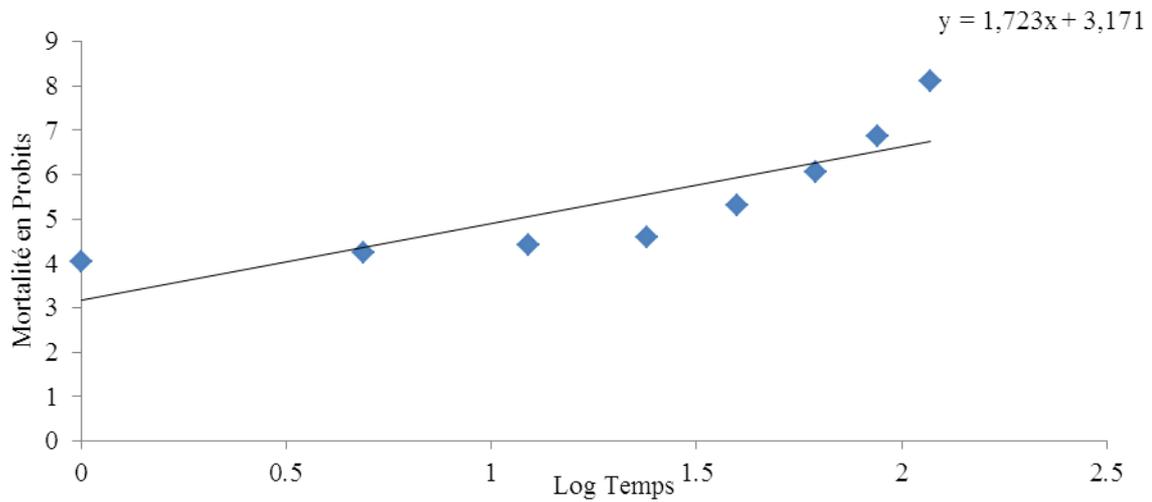


Fig.34 -Droite de regression de la mortalité en probits en fonction du temps après traitement par contact au *P. harmala* (D3)

La dose D3 affiche une droite $Y = 1,7231X + 3,1717$ donnant un TL50= 1,06 jours

VI.10- Détermination du TL 50 par ingestion (D1 *Peganum harmala*)

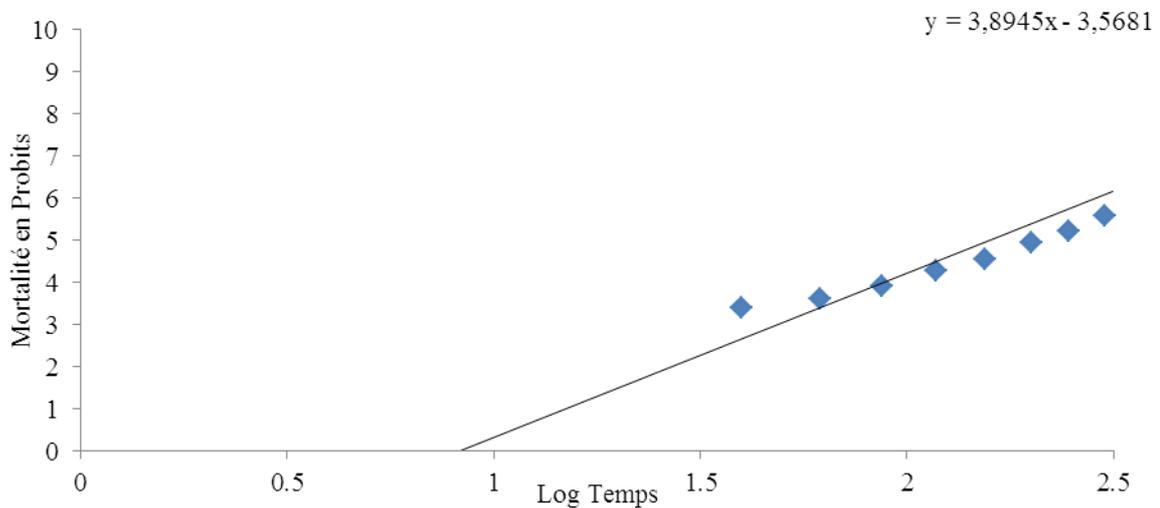


Fig.35 -Droite de regression de la mortalité en probit en fonction du temps après traitement par ingestion au *P. harmala* (D1)

Pour D1 $Y = 3,8945X - 3,5681$ d'où un TL50 pour D1= 2,2 jours

VI.11- Détermination du TL 50 par ingestion (D2 *Peganum harmala*)

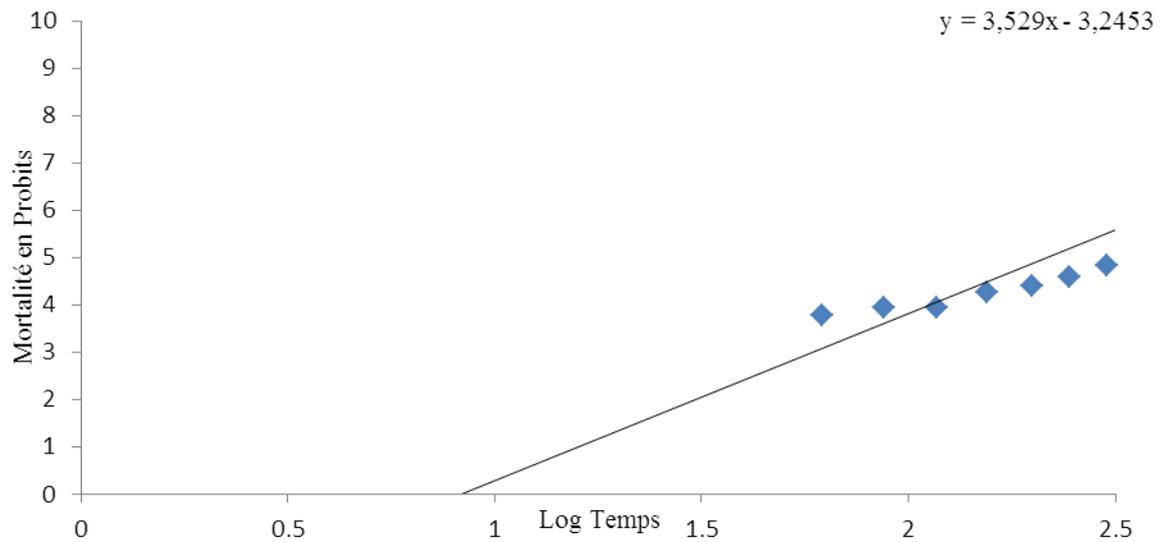


Fig.36 -Droite de regression de la mortalité en probit en fonction du temps après traitement par ingestion au *P. harmala* (D2)

La dose D2 nous donne une droite de régression $Y = 3,529X - 3,2453$ avec un TL50 de 2,29 jours

VI.12- Détermination du TL 50 par ingestion (D3 *Peganum harmala*)

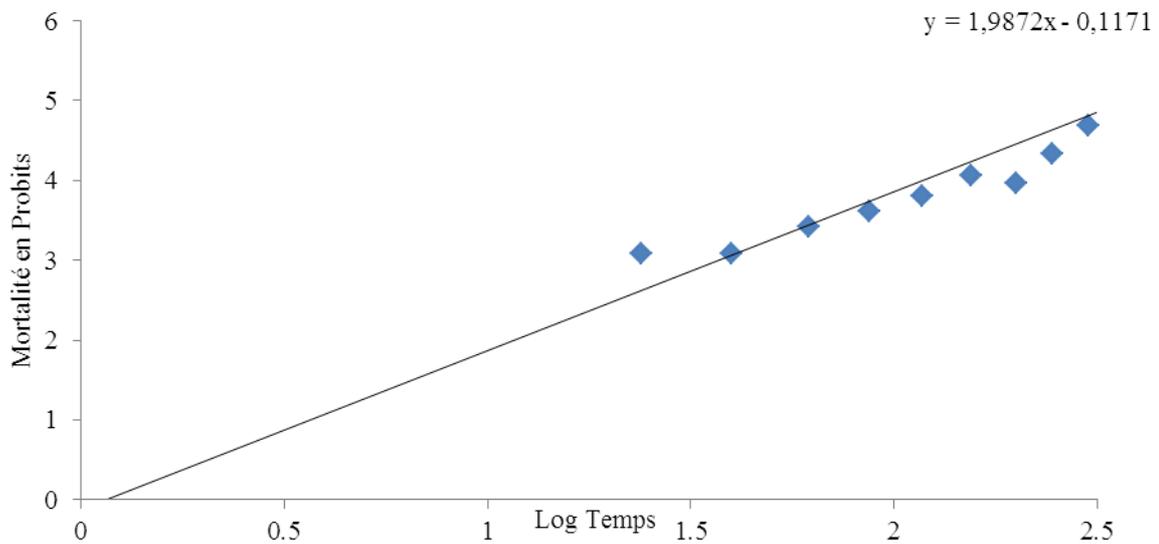


Fig.37 -Droite de regression de la mortalité en probit en fonction du temps après traitement par ingestion au *P. harmala* (D3)

Pour la dose D3, la droite de régression obtenue est $Y = 1,9872X - 0,1171$ déterminant un TL50 = 2,57 jours.

VII. Etude histologique du tube digestif du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*

Le protocole histologique suivi durant notre étude nous a permis d'obtenir des coupes montrant les différentes couches cellulaires de la sphère digestive du *Schistocerca gregaria* témoin et traité.

L'observation à l'œil nu du tube digestif des individus traités par les extraits aqueux ne montre pas de lésions ou de déformations morphologiques.

L'observation au microscope photonique a permis une meilleure comparaison entre les différents organes des individus témoins et traités ce qui a conduit donc à bien visualiser les modifications histologiques.

Bordas (1897) est le premier qui a étudié l'intestin de *S. gregaria*. Ensuite, Chauvin (1937) s'est intéressé à l'anatomie et l'histologie de tube digestif du criquet pèlerin. Chez la plupart des insectes, le tube digestif est composé de 3 parties bien distinctes : l'intestin antérieur ou stomodeum, l'intestin moyen ou mesenteron et l'intestin postérieur ou proctodeum.

Tableau 14 - Comparaison histologique entre les différentes parties du tube digestif des individus de *Schistocerca gregaria* témoins et traités

Intestin	Témoin	Traité par <i>P. harmala</i>	Traité par <i>N. oleander</i>
Stomodeum	Le stomodeum est tapissé d'une couche de cuticule et d'un épithélium unistratifié cubique ayant des noyaux arrondis. il présente aussi de nombreuses villosités irrégulières qui sont des prolongements de la membrane plasmique. La musculature est constituée de deux couches : l'une formée de muscles circulaires externes bien développés qui entoure l'organe et l'autre constituée de muscles longitudinaux internes. (Fig.38)	Le stomodeum des individus traités au <i>P.harmala</i> montre une destruction des cellules épithéliales dans certains endroits et une lyse des muscles longitudinaux internes. (Fig. 38)	Le stomodeum des individus traités au laurier rose a subi une destruction des villosités, une altération de l'épithélium et une réduction de la musculature (Fig.38)
Mesenteron	L'intestin moyen du criquet pèlerin présente un épithélium pseudostratifié pallissadique avec une bordure en brosse et des cellules de régénération situées à la base de l'épithélium. Ce dernier est soutenu par un tissu conjonctif et une musculature réduite; une couche circulaire interne et des ilots longitudinaux externe. L'intestin moyen se distingue du stomodeum par l'absence de la cuticule. Au niveau de cette partie se trouve la membrane péritrophique sous forme d'une mince lamelle enveloppant le bol alimentaire et empêche les aliments imparfaitement broyés de venir en contact avec la paroi intestinale. (Fig. 39)	Chez les criquets traités à l'aide de <i>P. harmala</i> , nous avons observé une dilatation de la lumière intestinale, une réduction de la musculature dans certains endroits et une disjonction épithéliaux conjonctive. (Fig. 39)	Chez les individus traités à l'aide du laurier rose, il y a eu une désintégration totale du mesenteron par la disparition des cellules épithéliales, une réduction de la musculature et une disjonction des tissus épithéliaux et conjonctifs. (Fig. 39)
Proctodeum	L'épithélium du proctodeum est unistratifié, il présente des cellules cubiques avec des noyaux volumineux, la musculature est représentée par 3 couches : une longitudinale qui alterne avec des couches circulaire et longitudinale. (Fig. 40)	Aucune anomalie n'est observée chez les individus traités au <i>P.harmala</i> . (Fig.40)	Cette partie n'a pas subi des changements au niveau de sa structure. (Fig. 40)

VII.1 Stomodeum (intestin antérieur)

La figure 38 montre la section du stomodeum de *Schistocerca gregaria* témoin et traités

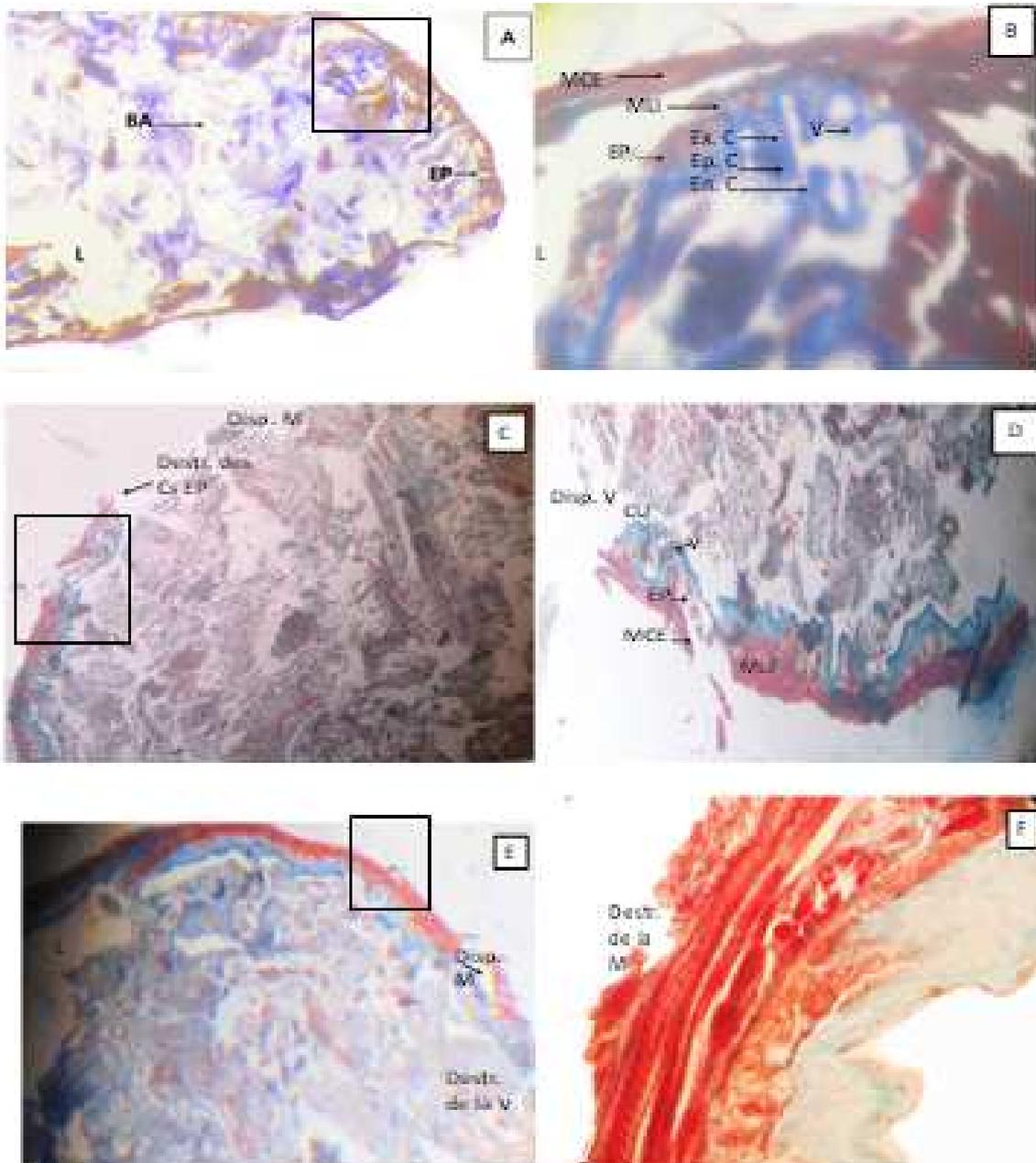


Figure 38: Stomodeum du *Schistocerca gregaria*. **A :** Vue d'une portion de stomodeum témoin en coupe transversale (Gr : 10x10). Bol alimentaire (**BA**), épithélium (**Ep**), lumière (**L**). **B :** Détail d'une portion de l'intestin antérieur témoin (Gr : 40x10). Muscles circulaires externes (**MCE**), muscles longitudinaux internes (**MLI**), exocuticule (**Ex.C**), epicuticule (**Ep.C**), endocuticule (**En.C**), Villosité (**V**). **C :** Vue d'une portion de stomodeum traité par le *P.harmala* (Gr : 10x10).Disparition de la musculature (**Disp. M**), destruction des cellules épithéliales (**Destr. des Cs EP**). **D :** Détail d'une portion de stomodeum traité par le *P.harmala* (Gr : 40x10). Disparition de villosité (**Disp. V**), cuticule (**CU**). **E :** Vue d'une portion de stomodeum traité par *N. oleander* (Gr:10x10). Destruction de la villosité (**Destr. de la V**). **F :** Détail d'une portion de stomodeum traité par le *N. oleander* (100x10). Destruction de la musculature (**Destr. de la M**). **Fixateur :** Bouin aqueux. **Coloration :** Mallory.

VII.2 Mesenteron (intestin moyen)

La figure 39 montre la section du mesenteron de *Schistocerca gregaria* témoin et traités

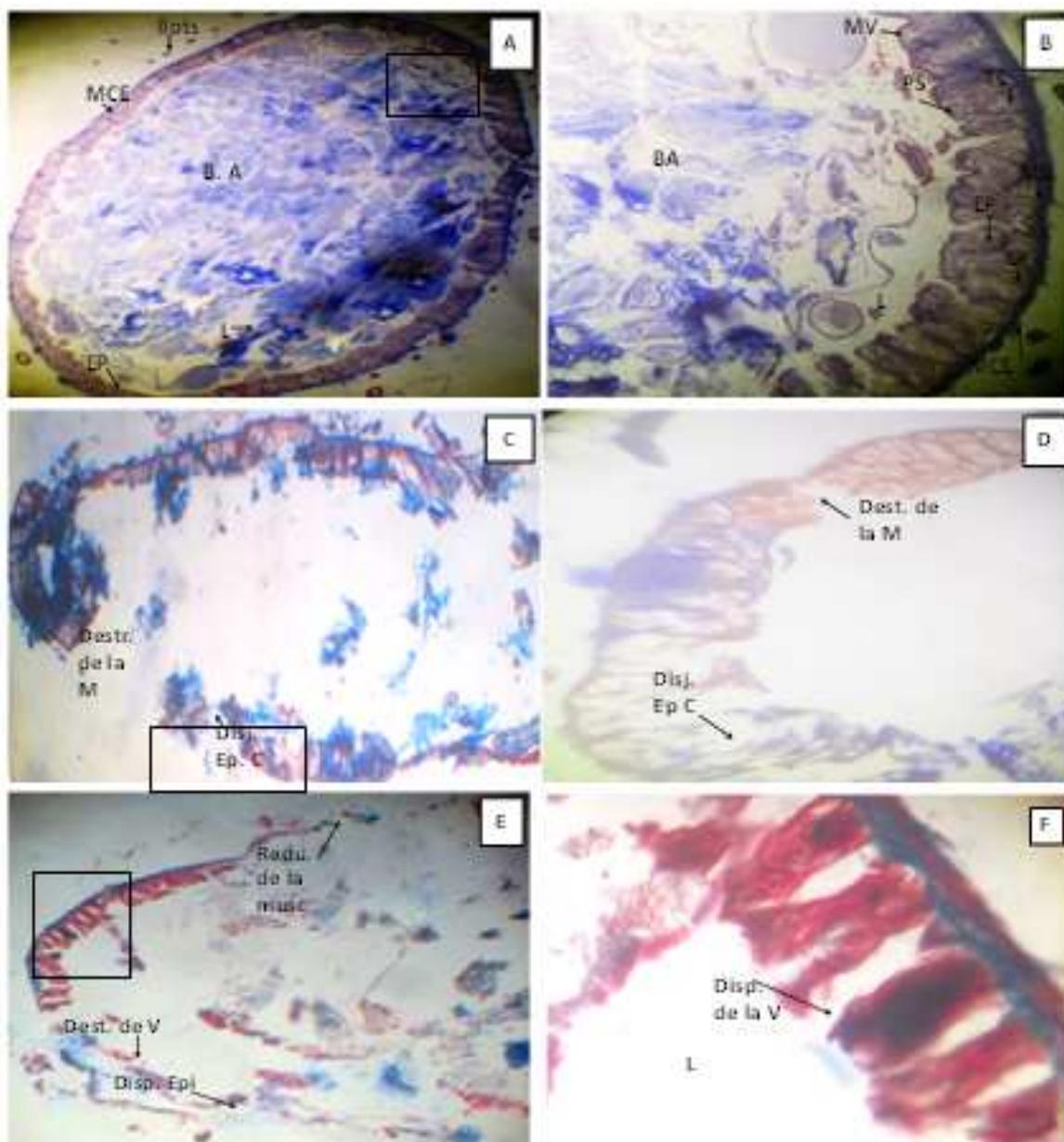


Figure 39: Mesenteron du *Schistocerca gregaria*. **A :** Vue d'une portion du mesenteron témoin en coupe transversale (Gr : 10x10). Bol alimentaire (**BA**), épithélium (**Ep**), lumière (**L**), muscles circulaires externes (**MCE**). **B :** Détail d'une portion de l'intestin moyen témoin (Gr : 40x10). Muscles longitudinaux internes (**MLI**), cryptes de régénération (**CR**), plateau strié (**PS**), tissu conjonctif (**TC**), micro villosité (**MV**). **C :** Vue d'une portion du mesenteron traité par le *P.harmala* (Gr : 10x10). Destruction de la musculature (**Destr. M**), disjonction épithéliaux-conjonctif (**Disj. Ep-C**). **D :** Détail d'une portion de mesenteron traité par le *P.harmala* (Gr : 40x10). **E :** Vue d'une portion du mesenteron traité par *N. oleander* (Gr:10x10). Destruction de la villosité (**Destr. de la V**), disparition des cellules épithéliales (**Disp. Epi**), réduction de la musculature (**Redu. de la muscul**). **F :** Détail d'une portion de mesenteron traité par le *N. oleander* (40x10). Disparition de la villosité (**Disp. de la V**). **Fixateur :** Bouin aqueux. **Coloration :** Mallory

VII.3 Proctodeum (intestin postérieur)

La figure 40 montre la section du proctodeum de *Schistocerca gregaria* témoin et traités

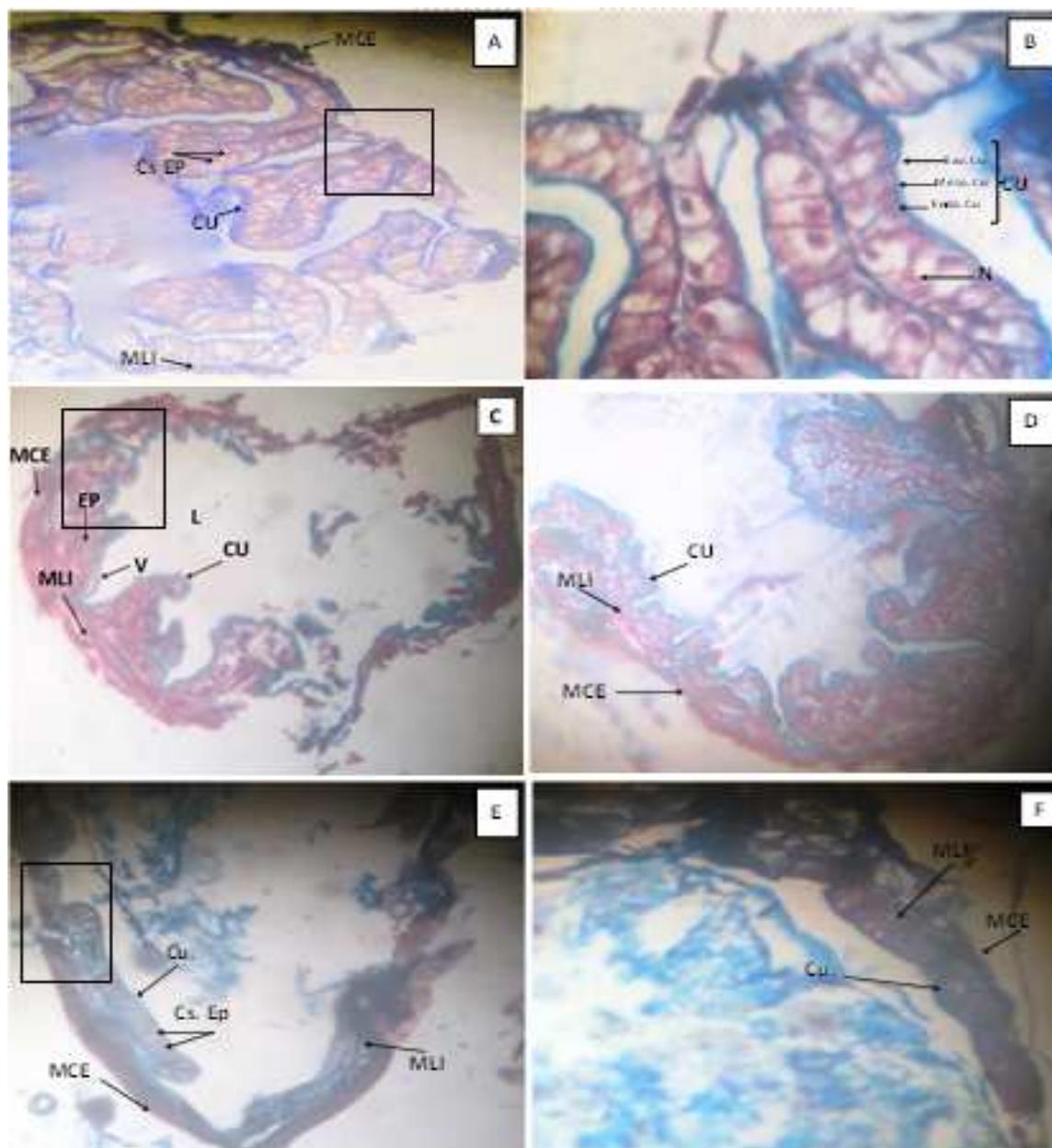


Figure 40: Proctodeum du *Schistocerca gregaria*. **A :** Vue d'une portion du proctodeum témoin en coupe transversale (Gr : 10x10). Cellules épithéliales (Cs EP), cuticule (CU), Muscles longitudinaux internes (MLI), muscles circulaires externes (MCE). **B :** Détail d'une portion de l'intestin postérieur témoin (Gr : 40x10). exocuticule (Ex.C), epicuticule (Ep.C), endocuticule (En.C), noyau (N). **C :** Vue d'une portion du proctodeum traité par le *P.harmala* (Gr : 10x10). Epithélium (Ep), Villosité (V), lumière intestinale (L). **D :** Détail d'une portion du proctodeum traité par le *P.harmala* (Gr : 40x10). **E :** Vue d'une portion du proctodeum traité par *N. oleander* (Gr:10x10). **F :** Détail d'une portion de proctodeum traité par le *N. oleander* (40x10). **Fixateur :** Bouin aqueux. **Coloration :** Mallory.

CHAPITRE IV :

Discussion

D'après nos résultats, les traitements par contact et par ingestion pour les deux extraits éthanoliques des graines de *P.harmala* et des feuilles de *N. oleander*, ont engendré des modifications pigmentaires (noircissement du pronotum) et des modifications morphologiques (déformation des élytres et des ailes membraneuses) de *Schistocerca gregaria* qui ont été décrites déjà chez *locusta migratoria cinerascens* où la décoloration a lieu au niveau des pattes, du pronotum et de l'abdomen (Benzara et al. 2011). Les mêmes modifications ont été observées par d'autres auteurs en l'occurrence (Abassi et al. 2003b) et (Outtar, 2009) respectivement sur *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria* où il y a eu un blocage de la mue imaginale suivi par des déformations morphologiques comme l'augmentation de la taille des individus, des gonflements au niveau de l'abdomen et du pronotum après traitement de *P.harmala* et du henné. De même Moussa (2003) a signalé que le traitement à l'huile de Neem a provoqué d'importantes anomalies morphogénétiques chez les larves L4 et L5 de *Locusta migratoria migratoria*, *Locusta migratoria migratorioides* et *Locusta migratoria cinerascens* (Benzara et al. 2013), qui s'expliquent par des dépigmentations, des malformations ainsi qu'une mue incomplète. Le traitement à l'extrait brut d'un mélange d'alcaloïdes des feuilles de *Calotropis procera* (stade végétatif) entraîne une hyperexcitabilité interrompue par des moments d'immobilité, des tremblements des appendices et des segments abdominaux (Abbassi et al. 2004), chez les individus de *Schistocerca gregaria*.

L'évaluation de l'effet toxique des extraits aqueux de *P. harmala* et de *N.oleander* selon le mode de traitement par ingestion et contact a montré des différences significatives. Bien que l'extrait de *P.harmala* a montré une mortalité plus forte par rapport à l'extrait du *N. oleander*, mais il n'en demeure pas moins que sur le plan histologique cette dernière a engendré des altérations plus importante des cellules épithéliales et une disjonction du tissu conjonctif et du tissu épithélial. L'effet toxique est variable selon le mode de traitement, la mortalité est d'autant plus élevée quand le traitement se fait par contact. Il augmente au fur et à mesure que les doses sont fortes. En effet les doses létales pour les deux modes de traitement à l'aide de *N.oleander* sont de 8,12 g/ml pour le traitement par ingestion et de 0,32 g/ml par contact comparativement à celles de *P. harmala* qui diminuent à 0,4 g/ml et de 0,02 g/ml pour l'un et l'autre mode de traitement. Dans le même ordre d'idées, les temps létaux différent également d'un extrait à un autre aussi bien pour le traitement par ingestion que pour le traitement par contact qui s'avère le plus intéressant dans la

mesure où la mortalité est proportionnelle au temps, c'est-à-dire que la mortalité est d'autant plus élevée que le temps est grand plus particulièrement pour l'extrait aqueux des graines de *P.harmala*. En effet, les temps létaux de ce dernier ont à la fois une action rapide au 2^{ème} jour pour le contact et au 3^{ème} jour pour l'ingestion et une action qui dure dans le temps (16^{ème} jour) contrairement au *N.oleander* où son activité toxique de 50% commence dès le 2^{ème} jour pour le contact et le 16^{ème} jour pour l'ingestion et qui dure dans le temps (21^{ème} jour), Malgré que les deux extraits testés sont d'une efficacité importante mais leur effet dans le temps est plus lent par rapport au malathion qui a un effet de choc. D'après Kerris et al. (2008) la mortalité chez les chenilles de *Lymantria dispar* traitées par l'extrait à l'éthanol du laurier rose est de 80%. Selon Ould El Hadj et al. (2006), la toxicité des extraits de *Melia azedarach*, d'*Azadirachta indica* et d'*Eucalyptus globulus*, vis-à-vis des larves du cinquième stade de *S. gregaria* révèle qu'une mortalité de 100% est atteinte dès le 10^{ème} jour pour les trois plantes citées ci-dessus. Il en est de même pour les individus de *Schistocerca gregaria* traités par l'extrait méthanolique de feuilles de *Cestrum parqui* où la mortalité survient rapidement dès le 2^{ème} jour (Barbouche et al. 2001). L'action biocide peut également entraîner une inhibition du développement ovarien et de la fécondité chez les imagos de *L. migratoria migratoria* et *L. migratoria migratoriodes* après traitement par contact et par ingestion par l'huile de neem. Ceci est dû à un déséquilibre hormonal d'où une diminution des battements cardiaques plus importants chez les femelles que chez les mâles. (MOUSSA, 2003)

L'observation du tractus digestif aussi bien à l'œil nu qu'à la loupe binoculaire ne montre aucune lésion importante, ce qui est conforme aux résultats de Acheuk (2000) et de Bissaad (2011). Après la réalisation des coupes histologiques au niveau des différentes parties du tube digestif (stomodeum, mesenteron et proctodeum), des différences notables de structure chez les individus traités comparativement aux individus témoins, sont apparues notamment au niveau de l'intestin antérieur et moyen. En effet, les deux extraits de *P.harmala* et de *N.oleander* ont agi au niveau des cellules épithéliales (disjonction épithéliale) qui parfois disparaissent complètement ainsi que par la destruction de la musculature. Cependant l'extrait de *N.oleander* a provoqué la désintégration totale de l'intestin moyen, effet qui n'a pas été observé par l'extrait de *P. harmala*. Cette dernière a eu les mêmes effets si ce n'est pas plus sur le tube digestif du criquet pèlerin en l'occurrence l'intestin moyen dont la

musculature circulaire externe se réduit d'une façon notable et entraîne un relâchement du mesenteron et une réduction en brosse de l'épithélium strié ainsi que des signes typiques de nécrose cellulaire (Idrissi Hassani et Hermas, 2008). Les extraits des Polyphénols d'olivier comme les extraits des alcaloïdes ont provoqué des altérations remarquables au niveau de l'intestin moyen chez *Locusta migratoria* (Bendou, 2001), tandis que Mohandkaci et al. (2012) et Bissaad (2011) ont constaté des modifications au niveau du proctodeum et au stomodeum chez les imagos de *Schistocerca gregaria*, après traitement par *Pseudomonas spp.*(bactérie) et *Beauveria bassiana* (champignon).

D'après BRUNETON(1993) la toxicité des feuilles du laurier rose est due au principe actif vénéneux à base de glucoside toxique particulièrement actif. Ce composé organique a une puissante action sur les insectes. Cette plante peut engendrer plusieurs effets que ce soit myocardiques, gastro-intestinales et neurologiques ce qui a été observé lors du traitement par contact où des troubles neurologiques se sont traduits par une paralysie des individus et même des troubles gastro-intestinaux au niveau de l'intestin antérieur et moyen.

Les extraits aqueux de *P.harmala* à l'instar des extraits d'autres plantes ont un effet appréciable sur la mortalité des larves d'une part et d'autre part sur le retard de la mue imaginale qui peut aller jusqu'à 8 jours (Abbassi et al. 2003b) . Alors que le taux de mortalité toujours selon le même auteur, atteint 100% après 16 jours de traitement. Il a été démontré après des études sur les extraits éthanoliques que ce sont les alcaloïdes indoliques qui sont responsables de la toxicité de la plante à l'égard des larves ou des imagos. Ces alcaloïdes indoliques agissent par le biais de l' harmine et l'harmaline, substances présentes dans tous les stades phénologiques de la plante et plus particulièrement dans les graines et qui agissent par ingestion via le tube digestif et provoquent des perturbations au niveau de ce dernier.

Les plantes synthétisent plusieurs substances du métabolisme secondaire. Ces molécules peuvent avoir différents effets chez les insectes : répulsif, attractif, perturbateur du développement et inhibiteur de la reproduction. Les extraits des feuilles du laurier rose et de *P. harmala* pulvérisés à différentes doses sont d'une toxicité aiguë et peuvent ainsi être considérées comme des acridicides.

CONCLUSION

Cette étude a permis de tester l'effet de deux extraits ethnoliques de *N. oleander* et *P. harmala* sur les larves de 5^{ème} stade du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*. En effet, les effets biocides des plantes se sont répercutés sur le double aspect, physiologique et anatomique à savoir retard ou le blocage de la mue imaginale, la modification pigmentaire et la paralysie des insectes. Certaines femelles ont avorté quand elles arrivent à survivre après traitement par l'extrait des graines de *P. harmala*. En outre, les deux extraits ont montré une efficacité remarquable avec une mortalité plus importante produite par le bio pesticide de *P. harmala* que par celui de *N. oleander*. Cette mortalité est d'autant plus intéressante que la dose est élevée si bien que le traitement par contact a donné de meilleurs résultats par rapport à celui par ingestion. Les résultats de la DL₅₀ pour l'extrait de *N.oleander* sont de 0,32g/ml et de 8,12g/ml respectivement pour le traitement par contact et par ingestion alors que ceux de *P.harmal* diminuent à 0,02 g /ml et de 0,4g /ml pour l'un et l'autre traitement. Il ressort clairement qu'avec des doses létales moindres pour *N. oleander*, il s'ensuit une mortalité moindre relativement à l'extrait de *P. harmala*. De même, la toxicité de *P.harmala* à un effet plus rapide que celui du *N.oleander*.

L'action biocide s'exerce non seulement sur les modifications morphologiques et physiologiques, mais également sur les aspects histologiques du tube digestif, notamment au niveau de l'intestin moyen (mésenteron) où l'absorption et la digestion ont lieu. En effet, les deux extraits de *peganum* et *N. oleander* ont provoqué une désintégration totale du mésenteron du criquet.

En perspectives, ne serait-il pas intéressant d'approfondir les études sur les effets des deux extraits éthanoliques sur le développement ovarien dont les conséquences sur la fertilité et la fécondation ne sont plus à démontrer. Ne serait pas si judicieux de penser à sa formulation avec l'aide de certaines firmes algériennes compétentes en vue de leur utilisation à grande échelle et pour obtenir plus d'efficacité en moins de temps comme c'est le cas de certains bio pesticides tels que les champignons (*Metarhizium*) et les bactéries (*Bacillus*).

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- **Abbassi K., Atay Kadiri Z. Et Ghaout S., 2004** -Activité biologique des feuilles de *Calotropis procera* sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*, Forsk 1775). Zool. Baetica, Vol. 15, P.p. 153-166.
- 2- **Abbassi K., Atay Kadiri Z., Ghaout S., Mergaoui L. Et Stambouli A., 2003b.** Effets des extraits de *Peganum harmala* (*Zygophyllaceae*) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775). Zool. baetica , vol. 13/14 : 203-217.
- 3- **Abbassi K., Mergaoui L., Atay-Kadiri Z., Stambouli A., et Ghaout S., 2005.** Activités biologiques des feuilles de *Peganum harmala* (*Zygophyllaceae*) en floraison sur la mortalité et l'activité génésique chez le criquet pèlerin, Zoologica baetica, 16, 31-46.
- 4- **Abbassi K., Merguaoui L., Atay-Kadiri Z., Stambouli A., Et Ghaout S., 2003a.** Activité biologique de graines de *Peganum harmala* sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). *Journal of orthoptera research*, n°1, Rabat, P.p 71-78.
- 5- **Acheuk F., 2000-** *Effet de quelques substrats alimentaires sur quelques paramètres de la biologie et de la reproduction de L. migratoria (Orth. Oedipodinae). Etude de l'efficacité de deux insecticides de synthèse : Dursban et Décis au laboratoire, et des perturbations histopathologiques du tube digestif.* Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El Harrach, 206 pp.
- 6- **Albrecht F., 1967-** Polymorphisme phasaire et biologie des acridiens migrants. Collection GPB Masson et Cie, Paris, 194 pp.
- 7- **Allache F., 2005.** *Activité biologique d'un dérégulateur de croissance des insectes: l'hexaflumuron sur la cuticule des larves de Locusta migratoria (linné, 1758) (orthoptera, oedipodinae).* Thèse Magister Scie. agro. Inst. Nati. Agro., El Harrach, 186 p.
- 8- **Assad Y.O.H., Torto B., Hassanali A., Njagi P.G.N., Bashir, N.H.H., Mahamat H., 1997.** Seasonal variation in the essential oil composition of *Commiphora quadricincta* and its effect on the maturation of immature adults of the desert locust, *Schistocerca gregaria*. *Phytochemistry* 44, 833–841.
- 9- **Aspirot J. et Laugé G., 1981.** Etude expérimentale de l'action phagostimulante du saccharose et de la sinigrine et mise en évidence de phénomènes de régulation chez le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Orthoptère Acrididae). *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 21 (5A), 695-704.
- 10- **Auger J., Dugravaot S., Naudin A., Abo-Ghaalia A., Pierre D. & Thibaut E. 2002** – Utilisation des composés allelochimiques des *Allium* en tant qu'insecticides. Use of

pheromones and other semiochemicals in integrated production. IOBC wprs, Bulletin, Vol. 25, 13p.

- 11-Barbouche N., Hajjem B., Lognay G. et Ammar M., 2001.** Contribution à l'étude de l'activité biologique d'extraits de feuilles de *Cestrum parqui* L'Hérit. (Solanaceae) sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk.), Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 5(2), pp. 85–90.
- 12-Bashir M.O, Hassanali A., Rai M.M. Et Saini R.K., 2000 -** Changing oviposition preferences of the desert locust *Schistocerca gregaria*, Suggest a strong species predisposition for gregarization. Jour. chemic. écol., 26, (7) : 1721 - 1733.
- 13-Benbott A., Bahri L., Boubndir A. et Yahia A., 2013-** Study of the chemical compound of *Peganum harmala* and evaluation of acute toxicity of alcaloids extracted in the wistar albino mice. J. mater.environ.sci. 4(4). Pp 558-565.
- 14-Bendou R., 2001-** *Contribution à l'étude anatomique et histophysiologique de l'appareil digestif de Locusta migratoria (Orthoptera-Oedipodinae), Action des extraits de polyphénols totaux de feuilles d'olivier (Olea europea) sur tractus digestif du criquet migrateur*, Thèse. mag. sci. Agr. Inst. Nat. Agro., El-harrach, 163p.
- 15-Beniston N.W., 1984.** Les fleurs d'Algérie .Ed. E.N.A.L, Algérie, 359p.
- 16-Ben Salah N., Amamou M., Jerbi Z., Salah FB., Yacoub M., 1986.**Un cas de surdosage en *Peganum harmala* L. J Toxicol Clin Exp;6, pp.319-322.
- 17-Ben Salah N., Zaghdoudi I., Zhioua M., Hamouda C., Amamou M. et Thabet H., 2000.** Quelques spécialités de chez nous : intoxication par les plantes, le chloralose et le methanol, intoxication par les plantes en Tunisie, P.p9-10.
- 18-Benzara A., Benabdelkrim A., Khalfi-Habes O., 2013.** Effects of aqueous extracts of seeds of *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) on 5th stage larvae *Locusta migratoria cinerascens* (Fabricius, 1781), (Orthoptera: Oedipodinae). Journal of life sciences, Vol. 7, N°.2, pp. x-x.
- 19-Benzara A., Benabdelkrim A., Khalfi-Habes O., 2011.** Effets des extraits aqueux des graines de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur les larves de 5^{ème} stade de *Locusta migratoria cinerascens* (Fabricius,1781), (Orthoptera : Oedipodinae). Neuvième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture. Montpellier- 26 et 27 Octobre 2011.
- 20-Bernays, E.A., Chapman, R.F., 1998.** Phenotypic plasticity in numbers of antennal chemoreceptors in a grasshopper: effects of food. Journal of Comparative Physiology A 183, 69–76.

- 21-Bezaze G., 2011.** *Effet du laurier rose (Nerium oleander) sur le criquet migrateur (Locusta migratoria) (Acrididae, Oedipodinae).* Thèse Magister Sciences Agronomiques, Institut National Agronomique, El Harrach, 148p.
- 22-Bissad F.Z., 2011.** *Etude de l'effet de deux entomopathogènes, Beauveria bassiana (Vuil.1912) et Metarhizium anisopliae var acridum (Metch., 1883)(Hyphomycètes, Deuteromycotina) sur le criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forsk., 1775) (Orthoptera, Acrididae).* Thèse doctorat, Inst. Nati. Agro., El Harrach, Alger.
- 23-Blaney W.M. & Simmonds M.S.J., 1985.** Food selection by locusts: the role of learning in rejection behaviour. *Ent. Exp. & Appl.*, n°39, P.p 273-278.
- 24-Boukef M.K., 1986.** Les plantes et la médecine traditionnelle et pharmacopée Tunisienne. Ed. Agence de coopération culturelle et technique, P.p 63-64.
- 25-Brodeur J., 2009.** Gestion intégrée des insectes ravageurs des grandes cultures au Québec: une stratégie pour préserver la qualité de l'environnement et la compétitivité du secteur. Forum de soutien stratégique à la promotion et à la consolidation de la recherche sur l'environnement rural du FQRNT, pp. 43-51.
- 26-Brosse J., 2004.** Larousse des arbres- Dictionnaire des arbres et des arbustes. Ed.Larousse, Montréal, 576 p.
- 27-Bruneton J., 1993.** Pharmacognosie. Phytochimie, plantes médicinales. Ed. Lavoisier, Paris, 452 p.
- 28-Chara B., 1997 -** Evaluation des campagnes de lutte anti-acridienne menées en Algérie entre 1987 et 1996 - Organisation Mondiale pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) Rome. 29 p. - 11 annexes.
- 29-Chara B., 1995.** *Eléments sur la biologie et l'écologie du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forsk., 1775).* Stage de formation de lutte antiacridienne. Ed. I.N.P.V - O.A.D.A., El Harrach, Alger, : 32 - 45.
- 30-Charnot A., 1945.** La toxicologie au Maroc. Mémoires de la société des sciences naturelles du Maroc, P.p 9- 475.
- 31-Chopard L., 1943.** *Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord.* Ed. Libraire La rose, Paris, 447 p.
- 32-Chopra I. C., Abral B. K., Handa K. L., 1960.** Les plantes médicinales des régions arides considérées surtout du point de vue botanique. Ed. UNESCO, p 48
- 33-C.I.R.A.D., 2007.** Anatomie des acridiens. Ed. CIRAD, Montpellier, 32p.
- 34-C.I.R.A.D., 2004.** Les criquets ravageurs. Éd. CIRAD, Montpellier, 24p.

- 35-Dejean Arrecgros J., 1978.** Petit guide panoramique de la flore méditerranéenne. Ed. Delachaux et Niestlé, Paris, P.p 26.
- 36-Delille L., 2007.** Plantes médicinales d'Algérie, Ed. BERTI, Alger, P.p 141-142.
- 37-Despland E. Et Simpson S.J., 2004** - Food choices of solitary and gregarious locusts reflect cryptic and aposematic antipredator strategies. *Anim., behav.*, (69): 471 -479.
- 38-Dirsh V.H., 1953.** Morphometrical studies on phases of the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775). *Anti.cowst, bull.*, n°16, pp.1-34.
- 39-Dobson H.M., 2001.** *Lutte antiacridienne. Directives sur le criquet pèlerin.* Ed. FAO, Rome, 83p.
- 40-Dorn A., Wiesel G. & Shneider M., 1994.** Juvenile hormone analogues in locust control. in new trends in locust control, Ed. Skrall. H. Wilps, Institute of Zoology, University of Mainz, Germany, P.p 91-106.
- 41-Drias A., 1994.** Rapport sur la situation acridienne dans la wilaya d'Adrar. Mois de juin 1994. Rapport de mission de prospection antiacridienne. Ministère de l'Agriculture, Institut National de Protection des végétaux, n°76/94, 5p.
- 42-Dupont M G., 2006.-** Lutte biologique contre le criquet pèlerin. Nouvelles armes face à un ennemi ancestral. Polycopie, 5p.
- 43-Duranton J.F. et Lecoq M., 1990.** Le criquet pèlerin au Sahel. Coll. : Acridologie opérationnelle, n°6, Ministère des affaires étrangères des Pays-Bas, Ed. La Hague/Montpellier, 183 pp.
- 44-Duranton J.F., Launois M., Launois-Luong M.H. Et Lecoq M., 1982.** *Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche.* Ed. Cirad / Prifas, Départ. G.E.R.D.A.T, Paris, T. I, 695 p.
- 45-El Allagui N., Tahrouch S., Bourijate M. et Hatimi A., 2007-**Action de différents extraits végétaux sur la mortalité des nématodes à galles du genre *Meloidogyne* ssp, *Acta Botanica. Gallica*, 154, 4, 503-509.
- 46- El-Bahri L, Chemli R., 1991.** *Peganum harmala* L: A poisonous plant of North Africa. *Vet Hum Toxicol.*; 33: 276-277.
- 47-Engel F.M., 1984.** Plantes vénéneuses- Vertus et dangers. Ed. Silva, Zurich, 37pp.
- 48-F.A.O., 2012.** Bulletins sur le criquet pèlerin disponibles sur : <http://www.fao.org/ag/locusts/common>.
- 49-F.A.O., 2004.** La faim dans leur sillage, voyage au cœur de la lutte contre les criquets pèlerin. Ed. Food agric. alim. org., Rome, 12 p.

- 50-Fuchs E., Kutsch W. et Ayali A., 2003.** Neural Correlates to Flight-Related Density dependent Phase Characteristics in Locusts. Pp 152-162.
- 51-Ghaout S., 1990.** Contribution à l'étude des ressources trophiques de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) solitaire en Mauritanie occidentale et télédétection de ses biotopes par satellite. Thèse de Doctorat d'Etat Es-Sciences, Paris XI (Orsay, France), 201 pp.
- 52-Grisvard P., Chaudun V., Chouard P., Guillaumin A. et Schneiter P., 1964.** Le bon jardinier –Encyclopédie horticole, Ed. La maison rustique, T.2, Paris, P.p 888-1667.
- 53-Guendouz-Benrima A., Duranton J.F., Benhammouda M.E.H. & Doumandji Mitiche B. 2007** - Distribution des populations de criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål,1775) Insecta Orthoptera en période de rémission. Sécheresse 18: 246–253.
- 54-Guendouz-Benrima A., 2005.** Ecophysiologie et biogéographie du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) dans le sud Algérien. Thèse de Doctorat, Int., Nat., Agro., El Harrach, 210 pp.
- 55-Hamdi H., 1989.** *Etude bioécologique des peuplements orthoptérologiques des dunes fixées du littoral algérois.* Thèse Magister Sciences Agronomiques, Institut National Agronomique, El Harrach, 165p.
- 56-Idrissi Hassani L. M. & Hermas J., 2008.** Effets de l'alimentation en *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur le tube digestif du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk.(Orthoptera, Acrididae), *Zool. baetica* , Vol. 19,P.p 71-84.
- 57-Idrissi Hassani L.M., Ould Ahmedou M.A., Chihrane J., Bouaichi A., 1998.** 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, 26-41.
- 58-I.N.P.V. 2013.** Bulletins mensuels relatifs à la situation acridienne en Algérie. Institut national de la protection des végétaux, El Harrach. Alger.
- 59-Jannone G., 1939.** Nuovi contributi alla conoscenza della fauna delle Isole Italiane dell' Egeo. V. Studio bio-ecologico e sistematico dell' Ortoterofauna con notizie sui Blattodei, Mantodei e Fasmoidi. Bollettino Laboratorio di Zoologia generale e agraria R. Scuola superiore d' Agricoltura Portici 29 : 47–248.

- 60-Kabaru, J.M., Gichia, L., 2001.** Insecticidal activity of extracts derived from different parts of the mangrove tree *Rhizophora mucronata* (Rhizophoraceae) Lam. against three arthropods. African J Sc Tech, 2(2): 44-49.
- 61-Kara F.Z., 1997.** *Etude de quelques aspects écologiques et régime alimentaire de Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae) dans la région d'Adrar et en conditions contrôlées.* Thèse Magister, Inst. Nati. Agro., El Harrach, 182 p.
- 62-Kooyman C., Ammati M., Moumene K., Chaouch A. et Zeyd A., 2005.** Essai de green muscle sur des nymphes du criquet pèlerin dans la wilaya d'El oued, nord-est Algérie avril-mai 2005, FAO TAC 715. 21p.
- 63-Kunckel d'herculais J., 1905.** Invasion des sauterelles en Algérie. Alger, 1893-1905. 3 tomes, toile écrue post. à Rabat. Maroc.
- 64-Launois-Luong M. H., Launois M. Et Rachadi T., 1988.** *La lutte chimique contre les criquets au sahel.* Ed. Cirad/Prifas, 'Collection Acridologie Opérationnelle n°3', Montpellier, 44 p.
- 65-Lazar M., 2005 –** *Zones de reproduction potentielle du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forsk., 1775) dans le Sud algérien : délimitation et suivi de l'évolution de la végétation aux moyens d'images satellitaires.* Thèse Magister scien. agro., Inst. nati. agro., El-Harrach, 76 p.
- 66-Lecoq M. Et Duranton J.F., 2009-** *Ecologie et maîtrise des populations d'acridiens Manuel de lutte préventive antiacridienne à Madagascar à l'usage des prospecteurs.* Ed.Cirad, Montpellier, 307 p.
- 67-Lecoq M., 2003 -** *La menace du Criquet pèlerin pour le développement agricole et la sécurité alimentaire et le rôle de la FAO pour son contrôle.* Conférence présentée lors du 8ème congrès arabe de protection des plantes, El Beida :1 - 8 p.
- 68-Lelong F., 2008.** *Les belles et les bêtes : précis illustré de toxicologie botanique à usage vétérinaire,* thèse doctorat vétérinaire, faculté de médecine, Nantes, 327p.
- 69-Lewonczuk W., 2004.** *Intoxication des animaux par le laurier rose (Nerium oleander), Etude de cas cliniques ,* thèse de doctorat vétérinaire, Université Paul Sabatier, Toulouse, 74p.
- 70-Louveaux A. et Ben Halima T., 1986.** Catalogue des orthoptères Acridoidea Afrique du Nord–Ouest. *Bull.Soc.Ent.*, France, n° 91, P.p 73-87.

- 71-Lucchesi M., 2005** - Extraction sans solvant assistée par micro-ondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles, université de RETON faculté des sciences et technologie thèse de Doctorat ,132.p
- 72-Luong-Skormand M.H., Rachadi T. Et Lecoq M., 1999.** *La lutte contre les criquets ravageurs : l'intérêt des mycopesticides.* Ed. Cirad-Amis-Programme Protection des cultures, n°19, Paris, :49-52. (Disponible sur <http://www.inra.fr/dpenv/> do.htm#d19).
- 73-Maeno K., Tanaka S. et Harano, K., 2011.** Tactile stimuli perceived by the antennae cause the isolated females to produce gregarious offspring in the desert locust, *Schistocerca gregaria*. *Journal of Insect Physiology* 57, 74–82.
- 74-Magor J.I., 1993** - Le Criquet pèlerin : dynamiques des populations. Lutte contre le criquet pèlerin par les techniques existantes, 'évaluation des stratégies'.Compte-rendu du séminaire de Wageningen Pays Bas 6-11 décembre 1993, pp.11-17.
- 75-Mahmoudi S.D., 2002.** La thérapeutique par les plantes communes en Algérie. Ed. Palais du livre, Ain-Taya, 128 p.
- 76-Mahmoudian M., Jalilpour H Et Salehian P., 2002.** Toxicity of *Peganum harmala*: Review and a Case Report. *Iranian Journal Of Pharmacology & Therapeutics*. Razi Institute for Drug Research (RIDR), 11, 1-4.
- 77-Maire R., 1943-** Contribution à l'étude de la Flore des montagnes du Sahara méridional. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord* 34 : 134-141.
- 78-Martoja R. et Martoja-Pierson M., 1967-** Initiation aux techniques de l'histologie animale. Masson & Cie éditeurs. Paris, 329 pp.
- 79-Mohandkaci H. et Doumandji-Mitiche B., 2012-** Etude de l'impact biologique de *pseudomonas spp.* fluorescents sur les métabolites hémolyphatiques et l'histologie du tube digestif des larves L5 du criquet migrateur *locusta migratoria* (linné, 1758). *Lebanese Science Journal*, Vol. 13, No. 2, 2012.
- 80-Moussa A., 2003.** *Effet de l'huile de neem, (Azadirachta indica) sur quelques paramètres biologiques et physiologiques de Locusta migratoria migratoria (Linné, 1758) et Locusta migratoria migratorioides, (R. & F., 1850) (Orthoptera, Acrididae).* Thèse de Magister en scie Agro., Inst . Nat. Agro., El-Harrach, 123 p.
- 81-Ould Ahmedou M. L, Bouaichi A. et Idrissi Hassani L. M., 2001.** Mise en évidence du pouvoir répulsif et toxique de *Glinus lotoides* (Aizoacées) sur les larves du criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* Forskål (Orthoptera, Acrididae), *Zool. baetica*, Vol.12, P.p. 109-117.

- 82-Ould El Hadj M. D., Tankari Dan-Badjo A., Halouane F. et Doumandji S., 2006 -** Toxicité comparée des extraits de trois plantes acridifuges sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (*Orthoptera-Cyrtacanthacridinae*). Sécheresse, vol.. 17(3): 407-414.
- 83-Ould El Hadj M. D., 1999.** Etude du régime alimentaire de quatre espèces de d'Acrididae dans les conditions naturelles de la ferme de Jouifa dans la région de Beni Abbès (Sahara Septentrional). Annales de l'INA, El Harrach, vol 20, N°1 et 2: 69-75.
- 84-Ould El Hadj M.D., 1991.** Bioécologie des sauterelles et des sautériaux dans trois zones d'étude au Sahara. Thèse Magister, Int. Nat. Agro., El Harrach, 85 pp.
- 85-Outtar F., 2009.** *Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur Locusta migratoria (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)*, Thèse Magister, Inst. Nati. Agro., El Harrach, 186 p.
- 86-Ozenda P., 1991.** Flore et végétation du Sahara. 3e Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, pp : 39-96.
- 87-Paris R. et Moyse H., 1981.** Matière médicale, Masson Press, Paris, p. 292.
- 88-Podlech D., 1988.** Gros plan -Les plantes de santé. Ed. Nathan, Paris, P.p 120-121.
- 89-Popov G.B., Duranton J.F. Et Gigault J., 1991.** Etude écologique des biotopes du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) en Afrique nord occidentale. Mise en œuvre et description des unités territoriales écologiquement homogènes. Coll. : Les Acridiens, CIRAD-PRIFAS : Montpellier (France), 744 pp.
- 90-Price R.E., Muller E.J., Brown H.D., D'uamba P. and Jone A.A., 1999 -** The first trial of *Metarhizium anisopliae* var. *acridium* mycoinsecticide for the control of the Red Locust in a recognized outbreak area. Insect science and its applications, n°19(4), pp.323-331.
- 91-Quezel P. et Santa, 1962-1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS Ed. Paris, 1170 p.
- 92-Rachadi T., 1991.** Précis de lutte anti-acridienne : la pulvérisation des pesticides. Min.Coop. Dev., Ed. CIRAD-PRIFAS, Montpellier, 312 pp.
- 93-Regnault Roger C., Philogène B.JR. , Vincent C., 2002-** Biopesticides d'origine végétale .Lavoisier Tec &Doc. Paris.
- 94-Rembold H, 1997.** *Melia volkensii* : a natural insecticide against desert locusts, New Strategies in Locust Control,Ed. S. Krall, R. Peveling, D. Ba Diallo, P. p 185-191.
- 95-Scherer R. et Celestin H., 1997.** Persistence of benzoyl phenylureas in the control of the migratory locust *Locusta migratoria capito* (Sauss.) in Madagascar, pp.129-136 .

- 96-Simpson S.J., Despland E., Hagele, B.F., Dodgson, T., 2001** –Gregarious behavior in desert locusts is evoked by touching their back legs. PNAS 98, 3895 –3897.
- 97-Simpson S.J., Raubenheimer D., Behmer S.T., Whitworth A. and Wright G.A., 2002** – A comparison of nutritional regulation in solitary and gregarious phase nymphs of the desert locust *Schistocerca gregaria*. The Journal of Experimental Biology 205, 121–129.
- 98-Symmons et Cressman, 2001.** *Directives sur le criquet pèlerin : Le criquet pèlerin, biologie et comportement.* Ed. Food Alimentation Organisation (F.A.O.), Rome, 43 p.
- 99-Thiam A., Diouf H.R., Kuiseual J., Sarr A., Thiam M., 2004.** Pesticides et Alternatives. Lutte antiacridienne : Guérir c'est bien, mais prévenir c'est mieux.N° 23. Ed. Pesticide Action Network (P.A.N.) Africa, Dakar, n°23, 23p.
- 100- Vigneron J.P. ,1978-** Substances antiappétantes d'origine naturelle .Ann. Zool. Ecol. Anim.Vol.10 (4) .pp 663- 694.
- 101- White F., 1986.** La végétation de l'Afrique.Ed.Orstom-Unesco, Paris, 384 p.
- 102- Wolff J.P. 1968 -** Manuel d'analyse des corps gras. Ed. Azoulay.

Les sites web consultés:

Site 1 : Disponible sur http://www.infovisual.info/02/046_fr.html consulté le 04/06/2013.

Site 2 : Disponible sur http :

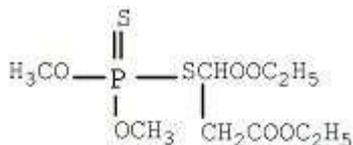
www.larousse.fr/encyclopedie/viesauvage/criquet_pelerin/184047 consulté le 10/12/2012.

ANNEXES

Annexe 01

Fiche technique du Malathion

Nom chimique : Phosphorodithioate de *S*-[1,2-bis(éthoxycarbonyl) éthyle] et de *O,O*-diméthyle



Désignation courante: Malathion (BSI, E-ISO, (m) F-ISO, ESA, BAN); maldison (Australie, Nouvelle Zélande); malathon (JMAF); mercaptothion (Afrique du Sud); carbofos (URSS); pas de désignation spécifique (Allemagne); mercaptotion (Argentine)

Propriétés physicochimiques

Masse molaire (g/mole) 330,36

Point de fusion (°C) 2,85

Point d'ébullition (°C) 156-157 (0,7 mm Hg)

État physique Liquide incolore ayant une odeur d'ail

Masse volumique (g/mL) 1,23 (25 °C)

Solubilité aqueuse (mg/L) 145 (25 °C)

Pression de vapeur (mm Hg) $3,4 \times 10^{-6}$ (25 °C)

Constante de la loi de Henry (H) (atm·m/mole) $1,13 \times 10^{-8}$ (Température non spécifiée)

Constante d'adsorption (K) 1 256 [592, 1 921]_{95oc} ($n = 6$)

Coefficient de partage octanol/eau (log P) 2,7 (température non spécifiée)

Stabilité chimique

Relativement stable en milieu neutre. Décomposé en milieu acide ou alcalin. Incompatible avec les oxydants puissants, le magnésium et les pesticides alcalins. Commence à se décomposer à 49 °C et se décompose explosivement au-dessus de 100 °C. Corrode les métaux. Attaque certains plastiques, caoutchoucs et revêtements.

Inflammabilité

Liquide combustible de classe IIIB du NIOSH. Peut être difficile à enflammer. Point d'éclair >163 °C (vase ouvert). Des gaz toxiques sont émis lorsqu'il est soumis à la chaleur ou lors d'un incendie. Les produits de décomposition thermique, en situation d'incendie, peuvent renfermer du sulfure de diméthyle, de l'anhydride sulfureux, du monoxyde et du dioxyde de carbone, du pentoxyde de phosphore et des oxydes d'azote.

Entreposage

L'activité biologique du malathion demeure pratiquement inchangée après 2 ans d'entreposage dans un endroit frais, bien ventilé et sombre, dans les contenants d'origine non ouverts et non endommagés. Garder les contenants fermés hermétiquement. Entreposer entre 20 et 30 °C. Empiler les contenants de façon à permettre une libre circulation d'air partout dans la pile. Protéger les contenants du bris.

Biochimie: Il s'agit d'un inhibiteur de cholinestérase proinsecticide activé par désulfuration oxydante du métabolisme.

Mode d'action: Le malathion est un insecticide non systématique et un acaricide qui agit par contact, par ingestion ou par les voies respiratoires.

Utilisation: Le malathion est utilisé pour éliminer les coléoptères, les diptères, les hémiptères, les hyménoptères, les orthoptères et les lépidoptères sur de nombreux types de productions agricoles comme le coton, les fruits à pépins, les fruits à noyaux, les pommes de terre, le riz et les légumes. Ce produit est largement utilisé pour éliminer les vecteurs de maladies causés par les arthropodes dans les programmes de santé publique, les ectoparasites du bétail, de la volaille, des chiens et des chats, des poux etc. et pour la protection du grain. Les taux d'application typiques pour les usages agricoles sont de 0.5-1.25 kg/ha.

Toxicologie

Pharmacocinétique

Chez les mammifères, le malathion est rapidement et efficacement absorbé par le tractus gastro-intestinal. Il est métabolisé et excrété promptement en grande partie dans l'urine. Les principaux métabolites urinaires sont le malathion sous forme d'acides mono et dicarboxylique, le S-hydrogénophosphorothioate de *O,O*-diméthyle, le S-hydrogénophosphorodithioate de *O,O*-diméthyle et l'hydrogénophosphate de diméthyle. L'absorption cutanée chez l'humain est non négligeable et varie selon la zone corporelle.

Toxicité aiguë

Le malathion est un inhibiteur des cholinestérasés. Il est peu toxique comparativement aux autres pesticides organophosphorés, mais il peut quand même être mortel si la dose d'exposition est importante.

Toxicité chronique

L'exposition chronique au malathion peut conduire à une diminution cumulative de l'activité des cholinestérasés à un niveau critique et provoquer des symptômes semblables à ceux d'une intoxication aiguë. De plus, des expositions répétées à ce produit peuvent induire une sensibilisation cutanée chez certaines personnes.

Le malathion a été classé comme ayant une évidence suggestive de cancérogénicité, même si celle-ci n'est pas suffisante pour évaluer le potentiel cancérigène de ce produit pour l'humain. Outre les effets dus à l'inhibition de l'activité des cholinestérasés chez les animaux, il semble que les poumons et le foie puissent subir des dommages lors d'exposition chronique.

Le malathion ne s'est pas avéré tératogène chez le rat et le lapin et ce, même à des doses élevées.

Par contre, selon certaines études contradictoires, le produit aurait causé de la stérilité en affectant les organes reproducteurs mâles chez la souris et le rat.

Le malathion a donné des résultats variés dans des tests de génotoxicité *in vitro* et *in vivo*. Toutefois, les doses testées étaient à des niveaux rarement rencontrés lors d'expositions normales.

Types de formulation: DP; EC; EW; UL; WP.

**Annexe 2 :
Protocole de l'histologie**

(D'après Martoja et Martoja, 1967)

Etapas	composition	Mode opératoire	Nombre de bains	temps	Intérêt, résultat
Fixation : bouin aqueux	-solution aqueuse d'eau distillée saturée d'acide picrique.....30ml -formol.....10ml -acide acétique cristallisable....2ml	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.
Déshydratation des pièces après fixation	-Alcool 70° -Alcool 95° -Alcool 100°	immersion	2 2 2	30mn 30mn 30mn	Etape 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	Butanol	immersion	1	Plusieurs jours	Parachèvement de la déshydratation
Imprégnation à la paraffine	-moitié butanol et moitié paraffine. -paraffine pure. -paraffine pure.	immersion	1 1 1	1h 1h 1h	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	paraffine	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	-gélatine en poudre....0.4 -eau distillée...100ml -thymol....1graine	0.4 gélatine en poudre + 100ml 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	-toluène -alcool 100° -alcool 95° -alcool 70° -eau distillée	immersion	2 2 1 1	Rinçage	le toluène achève le déparaffinage. Les coupes sont hydratées
Coloration topographique et histochimique : mallory	*solution de fuchsine acide : -fuchsine acide ... 1g -eau distillée..100ml *mélange de mallory : -bleu d'alumine....5g -orange G2g -acide phosphotungstique...1g -eau distillée....100ml	-colorer à la solution de fuchsine acide. -égoutter à l'eau distillée. -colorer par Mallory. -rincer à l'eau distillée. -déshydrater par l'alcool absolu et monter au baume de canada.	1 1 1 1	3min 3min	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.