

UNIVERSITE SAAD DAHLEB- BLIDA 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biotechnologie

THESE DE DOCTORAT
En Sciences Agronomiques

Spécialité : Biopesticides et Gestion Phytosanitaire

Thème

**ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DE QUELQUES BIOPESTICIDES À BASE DE
PLANTES SUR LE CRIQUET MIGRATEUR *LOCUSTA MIGRATORIA*
(Acrididae, Oedipodinae)**

Par

Fadhila CHILALI

Devant le Jury composé de :

KARA TOUMI .F.Z	Professeur	U.BLIDA1	Présidente
BENRIMA .A	Professeur	U.BLIDA1	Promotrice
ALLAL .L	Professeur	U.BLIDA1	Examinatrice
BOUNACER. F	Professeur	U.TIARET	Examineur
BISSAAD.F	Professeur	U.BOUMERDES	Examinatrice
ACHEUK .F	M.C.A	U.BOUMERDES	Examinatrice

Blida, JANVIER 2019

RÉSUMÉ

ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DE QUELQUES BIOBESTICIDES À BASE DE PLANTES SUR LE CRIQUET MIGRATEUR *LOCUSTA MIGRATORIA* (Oedipodinae, Acrididae)

Les métabolites secondaires issus des plantes aromatiques constituent une piste très importante pour l'élaboration des produits doués de propriétés acridicides contre *Locusta migratoria* un ravageur très redoutable des cultures, ces bioinsecticides n'ont pas d'impacts nocifs sur l'environnement et sur la santé humaine.

Notre étude a pour but l'évaluation de l'efficacité de quatre phytopréparations de trois plantes sahariennes à savoir *Calotropis procera*, *Cornulaca monacantha*, *Schouwia purpurea* et une plante ornementale *Schinus molle* L à l'égard des larves du cinquième stade L5. Pour cela nous avons pris en considération les paramètres suivants : effet sur la morphologie, effet sur la mortalité et effet sur la durée de développement des larves du stade L5 au stade imago. Deux méthodes d'administration sont préconisées par ingestion et par contact. Nous avons utilisé trois doses la forte dose (D1), la moyenne dose (D2) et la faible dose (D3). La méthode d'extraction utilisée est l'extraction par agitation. Les larves sont issues d'un élevage mené au laboratoire de l'Institut National de la Protection des Végétaux (INPV) d'El Harrach.

Les résultats révèlent chez les larves traitées par l'extrait aqueux de *Schinus molle* L. un changement de coloration de leurs corps. Ces dernières deviennent complètement rouges après leur mort et se momifient. En revanche, les individus traités par la bio préparation de *Calotropis procera* montrent un noircissement de la face ventrale. Aussi des taches noirâtres ont été observées sur la face ventrale des larves traitées à l'extrait aqueux de *Cornulaca monacantha*. Alors que les larves traitées par l'extrait aqueux de *Schouwia purpurea* ne montrent aucun changement morphologique. D'après les résultats, les trois biopréparations sont efficaces vis-à-vis de *Locusta migratoria* puisqu'elles induisent des mortalités très élevées et ceux avec les deux méthodes d'administrations contact et ingestion notamment, l'extrait aqueux de *Calotropis procera* (Ait) provoque un taux de mortalité de 100% au 9^{ème} jour sous l'effet de la forte dose D1 (mode ingestion) alors que la moyenne dose D2 engendre le taux de mortalité 100% au 10^{ème} jour. En revanche l'extrait aqueux de *Cornulaca monacantha* induit un taux de mortalité maximale 100% dès le premier jour avec la forte dose D1 (par mode contact). Tandis que la forte dose D1 (par ingestion) a entraîné un taux de mortalité maximal 100% durant le 2^{ème} jour après traitement. Par ailleurs la bio préparation de *Schinus molle* L, provoque un taux de mortalité de 100% au 7^{ème} jour avec la dose D1 et au 9^{ème} jour avec la dose D2 (par contact). On constate qu'à l'exception de *Schouwia purpurea*, les phytoextraits de *Calotropis procera*, *Cornulaca monacantha* et *Schinus molle* provoquent un prolongement du cycle de vie de l'insecte.

Mots clés : *Locusta migratoria*, *Calotropis procera* (Ait), *Cornulaca monacantha*, *Schouwia purpurea*, *Schinus molle* L, Taux de mortalité.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE EFFICACY OF SOME BIOBESTICIDES OF PLANTS ON THE *LOCUSTA MIGRATORIA* (Oedipodinae, Acrididae)

Secondary metabolites from aromatic plants are a very important track for the development of products with acridicidal properties against *Locusta migratoria* a very formidable pest of crops, these bioinsecticides do not have harmful effects on the environment and health human.

The objective of this study was to evaluate the efficacy of four plant-breeding plants of three Saharan plants, namely *Calotropis procera*, *Cornulaca monacantha*, *Schouwia purpurea*, and a *Schinus molle* L ornamental plant for fifth instar L5 larvae. For this we have taken into account the following parameters : effect on morphology, effect on mortality and effect on the development time of larvae of the L5 stage at the imago stage. Two methods of administration are recommended by ingestion and contact. We used three doses the high dose (D1), the average dose (D2) and the low dose (D3). The extraction method used is extraction by stirring. The larvae come from a farm equipped with the laboratory of the National Institute of Plant Protection (INPV) of El Harrach.

The results revealed in the larvae treated with the aqueous extract of *Schinus molle* L. a change in color of their bodies and become completely red after death and become mummified. On the other hand, the individuals treated by the biological preparation of *Calotropis procera* show a blackening of the ventral surface. Also blackish spots were observed on the ventral side of the larvae treated with the aqueous extract of *Cornulaca monacantha*. While the larvae treated with the aqueous extract of *Schouwia purpurea* show no morphological changes. However, the aqueous extract of *Calotropis procera* (Ait) causes a mortality rate of 100% at the 9th day under the effect of the high dose D1 (ingestion mode) whereas the dose the average dose D2 generates the mortality rate 100% on the 10th day. On the other hand, the aqueous extract of *Cornulaca monacantha* induces a 100% maximum mortality rate from the first day with the high dose D1 (by contact mode). While the high dose D1 (by ingestion) resulted in a 100% maximum mortality rate during the 2nd day after treatment. In addition, the bio preparation of *Schinus molle* L causes a 100% mortality rate on the 7th day with the dose D1 and on the 9th day with the dose D2 (by contact). Phytoextracts of *Calotropis procera*, *Cornulaca monacantha* and *Schinus molle* are also found to prolong the life cycle of the insect except *Schouwia purpurea* extract.

Key words : *Locusta migratoria*, *Calotropis procera* (Ait), *Cornulaca monacantha*, *Schouwia purpurea*, *Schinus molle* L, Mortality rate.

ملخص

تقييم فعالية المستخلصات المائية لبعض الأنواع النباتية على الجراد المهاجر *Locusta migratoria* (Acrididae Oedipodinae)

الجزئيات الثانوية المشتقة من النباتات العطرية هي مسار مهم لتطوير مضادات حيوية لها خصائص قاتلة ليرقات الجراد *Locusta migratoria* حشرة خطيرة جدا على المحاصيل الزراعية، هذه المركبات الحيوية ليس لها آثار ضارة على البيئة ولا على صحة الإنسان.

هدف دراستنا هو تقييم فعالية مستخلصات مائية مستخرجة من ثلاثة نباتات صحراوية وهي: *Schouwia* *Calotropis procera* ونبتة للتزيين *Schinus molle* L على يرقات الطور الخامس، لهذا الغرض تم اختبار على مدى تأثيرها على الشكل، على عدد الوفيات وعلى مدة انتقال اليرقات من مرحلة الطور الخامس إلى مرحلة الأفراد. تتبعنا طريقتين للعلاج عن طريق الابتلاع والثانية عن طريق التلامس واستعملنا 3 جرعات: D1 الجرعة العالية التركيز وD2 متوسطة التركيز وD3 ضعيفة التركيز. حيث تمت التجارب في مزرعة مجهزة للمعهد الوطني لوقاية النباتات.

أظهرت النتائج بأن اليرقات التي عولجت بالمستخلص المستخرج من *Schinus molle* تلونت أجسادهم وأصبحت حمراء تماماً بعد وفاتها وأصبحت محنطة، ومن ناحية أخرى اليرقات التي عولجت بمستخلص نبتة *Calotropis procera* يظهرون اسوداداً على السطح البطني للحشرة، كما لوحظت بقعاً سوداء على الجانب البطني لليرقات المعالجة بالمستخلص المائي لـ *Cornulaca monacantha* في حين اليرقات المعالجة بالمستخلص المائي *Schouwia purpurea* لا تظهر أي تغيرات مورفولوجية.

تسببت مختلف المستخلصات المائية المستخرجة من: *Colotropis procera* و *Cornulaca monacantha* و *Schinus molle* L في وفيات معتبرة بواسطة الطريقتين للعلاج بالابتلاع والتلامس، حيث أن المستخلص المائي لـ *Colotropis procera* سبب معدل الوفيات نسبة 100% في اليوم التاسع تحت تأثير جرعة D1 (عن طريق الابتلاع) من ناحية أخرى الجرعة المتوسطة D2 أدت إلى وفيات 100% في اليوم العاشر. في حين تسببت الجرعة العالية D1 لمستخلص *Cornulaca monacantha* على بلوغ معدل الوفيات 100% خلال اليوم الأول (عن طريق التلامس). غير أن الجرعة العالية D1 (عن طريق الابتلاع) أدت إلى نسبة 100% من الوفيات خلال اليوم الثاني. بالإضافة إلى ذلك فإن المستخلص المائي لـ *Schinus molle* تسببت في معدل وفيات 100% في اليوم السابع بواسطة الجرعة D1 وخلال اليوم التاسع تحت تأثير الجرعة D2 (عن طريق التلامس).

كما لاحظنا أن مستخلصات المائية لـ *Colotropis procera* و *Cornulaca monacantha* و *Schinus molle* L أدت إلى تمديد مدة انتقال اليرقات من مرحلة الطور الخامس إلى مرحلة الأفراد بكلا طريقتي العلاج ما عدا المستخلص المائي لنبتة *Schouwia pupurea*.

الكلمات الدالة: *Locusta migratoria*، *Calotropis procera*، *Cornulaca monacantha*، *Schouwia pupurea*، *Schinus molle* L، نسبة الوفيات.

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je remercie Dieu de m'avoir donnée la force nécessaire, et le courage pour réaliser ce travail.

Mon profond respect, et toute ma gratitude à ma promotrice Pr. GUENDOZ BENRIMA.A pour avoir dirigé et pris soin de notre travail avec ses conseils, son soutien constant et ses encouragements tout au long de ce travail. Je vous remercie pour vos critiques constructives et votre aide à différentes entraves rencontrées, pour votre gentillesse, votre modestie et sympathie et surtout votre confiance.

Je tiens à remercier le professeur KARA TOUMI F.Z, qui me fait l'honneur de présider le jury.

Je remercie également le Pr ALLAL BENFKHIH.L, Maitre de conférences à l'université de Blida, qui me fait L'honneur d'être membre de jury.

Je tiens à remercier le Pr BOUNACER. F, Maitre de conférences à l'université de Tiaret d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je tiens à remercier Pr BISSAAD F.Z, Maitre de conférences à l'université de Boumerdès qui a bien voulu accepter de juger ce travail.

Je remercie également le Dr ACHEUK. Maitre de conférences à l'université de Boumerdès qui a bien voulu accepter de juger ce travail.

Que Mlle DJEMAÏ. A, technicienne au laboratoire de zoologie de Blida, soit profondément remerciée pour son soutien moral et de m'avoir fourni le matériel du laboratoire pour réaliser mes expérimentations.

Mes remerciements au chef de département d'Acridologie M^r LAZAR et les techniciens de l'Institut National de Protection des Végétaux (INPV) d'El Harrach pour avoir mis à ma disposition tout le matériel nécessaire pour l'élevage en masse des criquets et la réalisation des traitements biopesticides.

Je tiens à remercier aussi toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

DÉDICACES

À la mémoire de notre regretté professeur Monsieur HAROUNE, que la miséricorde de Dieu soit sur lui.

À mon très cher père C. Abderrahmane pour m'avoir soutenue tout au long de mes études.

À ma très chère maman M. Wardia.

À mon époux Kamel.

Mes enfants : Ibrahim, Samia, et Meriem.

Mes sœurs et frères : Samia, Farida, Karima, Karim, Omar et Malika.

À toute ma famille et belle famille.

À mon amie Mlle Khadidja BENMEDDAH.

Fadhila.

SOMMAIRE

RÉSUMÉ

ABSTRACT

ملخص

REMERCIEMENTS

DÉDICACES

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION

CHAPITRE 1 : DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES

1.1. Données bibliographiques sur le criquet migrateur <i>Locusta migratoria</i> (Acrididae Oedipodinae)	22
1.1.1. Position systématique	22
1.1.2. Morphologie	23
1.1.3. Caractères morphologiques des différentes étapes de développement de <i>Locusta migratoria</i> (Linné,1758)	25
1.1.3.1. L'œuf	25
1.1.3.2. Les différents stades de développement larvaires de <i>Locusta migratoria</i> (Linné,1758)	25
1.1.3.3. L'imago	27
1.1.3.4. L'adulte	29
1.1.4. Cycle biologique du criquet migrateur <i>Locusta migratoria</i> (Linné,1758)	30
1.1.4.1. Accouplement des adultes	30
1.1.4.2. Comportement de la ponte	31
1.1.4.3. Le développement embryonnaire et éclosion	33
1.1.5. Polymorphisme phasaire	35
1.1.6. Les milieux de vie du criquet migrateur	36

1.1.7. Répartition géographique	36
1.1.8. La lutte anti-acridienne	43
1.1.8.1. La lutte mécanique	43
1.1.8.2. La lutte chimique	44
1.1.8.4. La lutte biologique	44
1.1.8.4.1. Les ennemis naturels	45
1.1.8.4.2. Les extraits végétaux	45
1.2. Données bibliographiques sur les plantes à intérêt acridien	46
1.2.1. <i>Calotropis procera</i> (Ait) (Asclépiadacées)	46
1.2.1.1. Description botanique	46
1.2.1.2. Position systématique	47
1.2.1.3. Répartition géographique	47
1.2.1.4. Composition chimique	47
1.2.1.5. Intérêts socio-économiques	48
1.2.2. <i>Schouwia purpurea</i>	48
1.2.2.1. Description botanique	48
1.2.2.2. Position systématique	49
1.2.2.3. Répartition géographique	50
1.2.2.4. Composition chimique	50
1.2.2.5. Intérêts socio-économiques	50
1.2.3. <i>Cornulaca monacantha</i>	51
1.2.3.1. Description botanique	51
1.2.3.2. Position systématique	51
1.2.3.3. Répartition géographique	52
1.2.3.4. Composition chimique	52
1.2.3.5. Intérêts socio-économiques	52
1.2.4. <i>Schinus molle</i> L.	52
1.2.4.1. Description botanique	52
1.2.4.2. Position systématique	53

1.2.4.3. Répartition géographique	53
1.2.4.4. Composition chimique	53
1.2.4.5. Intérêts socio-économiques	53
CHAPITRE 2 : MATÉRIELS ET MÉTHODES	
2.1. Matériel animal	55
2.1.1. L'élevage du criquet migrateur <i>Locusta migratoria</i>	55
2.1.1.1. Les conditions d'élevage	56
2.2. Matériel végétal	59
2.2.1. Préparation des extraits aqueux	59
2.2.1.1. Méthode d'extraction	59
2.2.2. Application des extraits aqueux	60
2.3. Protocole expérimental	61
2.3.1. Effets des extraits aqueux sur la morphologie et la mortalité des larves L5 de <i>Locusta migratoria</i>	61
2.3.2. Effet sur la durée de développement	61
2.4. Estimation du taux de mortalité	61
2.4.1. Calcul du pourcentage de mortalité observée	61
2.4.2. Calcul des pourcentages de mortalité corrigée	61
2.5. Analyses statistiques des données	62
CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS	
3.1. Effets des extraits aqueux sur la morphologie et le taux de mortalité des L5 de <i>L.migratoria</i>	64
3.1.1. Effet de l'extrait aqueux de <i>C. procera</i> sur les L5 de <i>L. migratoria</i>	64
3.1.1.1. Effet sur la mortalité	64
3.1.1.2. Effet sur la mortalité	65
3.1.1.2.1. Évolution temporelle des mortalités des larves L5 de <i>L. migratoria</i> sous l'effet de l'extrait aqueux de <i>Calotropis procera</i>	65
3.1.1.2. 2. Variation de la mortalité cumulée des L5 de <i>Locusta migratoria</i> sous l'effet de l'extrait aqueux de <i>Calotropis procera</i>	66

3.1.1.2. 3. Tendance de l'activité larvicide de l'extrait aqueux de <i>Calotropis procera</i> sur les L5 de <i>Locusta migratoria</i>	67
3.1.1.2. 4.Effet larvicide des différentes doses de l'extrait aqueux de <i>Calotropis procera</i> sur les L5 de <i>Locusta migratoria</i>	68
3.1.2 Effet de l'extrait aqueux de <i>Cornulaca monacantha</i> sur les L5 de <i>Locusta migratoria</i>	69
3.1.2 1. Effet sur la morphologie	69
3.1.2.2. Effet sur la mortalité	69
3.1.2.2.1. Evolution temporelle des mortalités des L5 de <i>Locusta migratoria</i> sous l'effet de <i>C. monacantha</i>	69
3.1.2.2.2. Variation de la mortalité cumulée des L5 sous l'effet de l'extrait aqueux de <i>C. monacantha</i>	71
3.1.2.2.3. Tendance de l'activité larvicide de l'extrait aqueux de <i>C. monacantha</i> sur les L5 de <i>Locusta migratoria</i> .	72
3.1.2.2.4 Effet larvicide des différentes doses de l'extrait aqueux de <i>C. monacantha</i> sur les L5 de <i>Locusta migratoria</i>	73
3.1.3. Effet de l'extrait aqueux <i>Schouwia purpurea</i> sur les L5 de <i>Locusta migratoria</i>	74
3.1.3.1. Effet sur la morphologie	74
3.1.3.2. Effet sur la mortalité	
3.1.3.2.1. Evolution temporelle des mortalités des larves L5 de <i>Locusta migratoria</i> sous l'effet de l'extrait aqueux de <i>Schouwia purpurea</i>	74
3.1.3.2.2. Variation de la mortalité cumulée des L5 sous l'effet de l'extrait aqueux de <i>Schouwia purpurea</i>	75
3.1.3.2.3. Tendance de l'activité larvicide de l'extrait aqueux de <i>Schouwia purpurea</i> sur les L5 de <i>Locusta migratoria</i> .	76
3.1.3.2.4. Effet larvicide des différentes doses de l'extrait aqueux de <i>Schouwia purpurea</i> sur les L5 de <i>Locusta migratoria</i>	77
3.1.4. Effet de l'extrait aqueux de <i>Schinus molle</i> L. sur les L5 de <i>Locusta migratoria</i>	78
3.1.4.1. L'effet sur la morphologie	78

3.1.4.2. Effet sur la mortalité	79
3.1.4.2.1. Évolution temporelle des mortalités des larves L5 de <i>L. migratoria</i> sous de l'extrait aqueux de <i>Schinus molle</i>	79
3.1.4.2.2. Variation de la mortalité cumulée des L5 de <i>Locusta migratoria</i> sous l'effet de l'extrait aqueux de <i>Schinus molle</i>	80
3.1.3.2.3. Tendence de l'activité larvicide de l'extrait aqueux de <i>Schinus molle</i> sur les L5 de <i>Locusta migratoria</i> .	81
3.1.4.2.4. Effet larvicide des différentes doses de l'extrait aqueux de <i>Schinus molle</i> sur les L5 de <i>Locusta migratoria</i>	82
3.2. Effet des phyto extraits sur la durée de développement du stade L5 au stade imago de <i>L. migratoria</i>	83

CHAPITRE 4 : DISCUSSIONS

4.1. Effet des extraits aqueux sur la morphologie et la mortalité des larves L5 de <i>Locusta migratoria</i>	86
4.1.1. Effet de l'extrait aqueux de <i>Calotropis procera</i> sur les larves L5 de <i>Locusta migratoria</i>	86
4.1. 2. Effet de l'extrait aqueux de <i>Cornulaca monacantha</i> sur les larves L5 de <i>Locusta migratoria</i>	88
4.1.3. Effet de l'extrait aqueux <i>Schouwia purpurea</i> sur les L5 de <i>Locusta migratoria</i>	91
4.1.4. Effet de l'extrait aqueux de <i>Schinus molle</i> L. sur les L5 de <i>Locusta migratoria</i>	93
4.2. Effet des phyto extraits sur la durée de développement du stade L5 au stade imago de <i>L. migratoria</i>	95

CONCLUSION

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Les différents stades de développement larvaire de <i>Locusta migratoria</i>	27
Figure 2	Imago de <i>Locusta migratoria</i>	28 29
Figure 3	Adulte grégaire de <i>Locusta migratoria</i>	
Figure 4	La ponte des œufs	32
Figure 5	Matière spumeuse	32
Figure 6	L'oothèque	32
Figure 7	L'éclosion	33
Figure 8	Cycle biologique du criquet migrateur <i>Locusta migratoria</i>	34
Figure 9	Distribution géographiques des sous-espèces de <i>Locusta migratoria</i> dans le monde	40
Figure 10	La morphologie d'un rameau feuillu de <i>Calotropis procera</i> (a), fleurs(b), fruits(c)	46
Figure 11	La morphologie d'un rameau feuillu de <i>Schouwia purpurea</i> (a), fleurs(b), fruits(c)	49
Figure 12	Arbrisseau(a), morphologie d'un rameau feuillu (b), de <i>Cornulaca monacantha</i>	51
Figure 13	Arbre (a), fleurs (b), et fruits (c) de <i>Schinus molle</i> L.	52
Figure 14	Cages d'élevage des adultes	56
Figure 15	Pondoirs d'incubation des œufs	57
Figure 16	Cages des larves L1, L2, L3, L4.	57
Figure 17	Cages d'élevage des L5 et imagos	58
Figure 18	Le gazon (<i>Stenotaphrum americanum</i>)	58
Figure 19	Son de blé	58
Figure 20	Cages des larves traitées aux extraits aqueux	58
Figure 21	Étapes de préparation de la poudre des feuilles	59
Figure 22	Différentes étapes d'extractions des extraits aqueux	60

Figure 23	Larves L5 de <i>Locusta migratoria</i> traitées avec l'extrait aqueux de <i>C. procera</i>	64
Figure 24	Évolution temporelle des taux de mortalités des larves L5 de <i>Locusta migratoria</i> traitées par ingestion sous l'effet de l'extrait aqueux de <i>Calotropis procera</i>	65
Figure 25	Évolution temporelle des taux de mortalités des larves L5 de <i>Locusta migratoria</i> traitées par contact sous l'effet de l'extrait aqueux de <i>Calotropis procera</i>	65
Figure 26	Variation de la mortalité cumulée des L5 de <i>L. migratoria</i> sous l'effet de l'extrait aqueux de <i>C. procera</i> .	66
Figure 27	Projection des mortalités corrigées des larves L5 de <i>Locusta migratoria</i> sous l'effet de l'extrait aqueux de <i>Calotropis procera</i> sur les deux axes de L'ACP.	67
Figure 28	Larves L5 de <i>locusta migratoria</i> traitées avec l'extrait aqueux de <i>Cornulaca monacantha</i>	69
Figure 29	Évolution temporelle des taux de mortalités des larves L5 de <i>Locusta migratoria</i> traitées par ingestion sous l'effet de l'extrait aqueux de <i>Cornulaca monacantha</i>	70
Figure 30	Évolution temporelle des taux de mortalités des larves L5 de <i>Locusta migratoria</i> traitées par contact sous l'effet de l'extrait aqueux de <i>Cornulaca monacantha</i>	70
Figure 31	Variation de la mortalité cumulée des L5 de <i>Locusta migratoria</i> sous l'effet de l'extrait aqueux de <i>Cornulaca monacantha</i> .	71
Figure 32	Projection des mortalités corrigées des larves L5 de <i>Locusta migratoria</i> sous l'effet de l'extrait aqueux de <i>Cornulaca monacantha</i> sur les deux axes de L'ACP.	72
Figure 33	Évolution temporelle des taux de mortalités des larves L5 de <i>Locusta migratoria</i> traitées par contact sous l'effet de l'extrait aqueux de <i>Schouwia purpurea</i>	74
Figure 34	Évolution temporelle des taux de mortalités des larves L5 de <i>Locusta migratoria</i> traitées par ingestion sous l'effet de l'extrait aqueux de <i>Schouwia purpurea</i>	74
Figure 35	Variation de la mortalité cumulée des L5 de <i>Locusta migratoria</i> sous l'effet de l'extrait aqueux de <i>Schouwia purpurea</i>	75
Figure 36	Projection des mortalités corrigées des larves L5 de <i>Locusta migratoria</i> sous l'effet de l'extrait aqueux de <i>Schouwia purpurea</i> sur les deux axes de l'ACP.	76

Figure 37	Larves L5 de <i>Locusta migratoria</i> traitées par l'extrait aqueux de <i>Schinus molle</i> L.	78
Figure 38	Évolution temporelle des taux de mortalités des larves L5 de <i>L. migratoria</i> traitées par ingestion sous l'effet de l'extrait aqueux de <i>S. molle</i>	79
Figure 39	Évolution temporelle des taux de mortalités des larves L5 de <i>L. migratoria</i> traitées par contact sous l'effet de l'extrait aqueux de <i>S. molle</i> .	79
Figure 40	Variation de la mortalité cumulée des L5 de <i>Locusta migratoria</i> sous l'effet de l'extrait aqueux de <i>Schinus molle</i>	80
Figure 41	Projection des mortalités corrigées des larves L5 de <i>Locusta migratoria</i> de l'extrait aqueux de <i>Schinus molle</i> sur les deux axes de l'ACP.	81
Figure 42	Durées moyennes de développement des larves L5 de <i>L. migratoria</i> traitées par ingestion	83
Figure 43	Durées moyennes de développement des larves L5 de <i>L.migratoria</i> traitées par contact	83
Figure 44	Effets comparés des différents extraits aqueux sur la durée de développement des L5 de <i>Locusta migratoria</i> par contact et par ingestion.	84

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Effet des différentes doses et du mode d'administration de l'extrait aqueux de <i>Calotropis procera</i>	68
Tableau 2	Effet larvicide des différentes doses et du mode d'administration de l'extrait aqueux de <i>Cornulaca monacantha</i>	73
Tableau 3	Effet larvicide des différentes doses et du mode d'administration de l'extrait aqueux de <i>Schouwia purpurea</i>	77
Tableau 4	Effet larvicide des différentes doses et du mode d'administration de L'extrait aqueux de <i>Schinus molle</i>	82
Tableau 5	Résultats de l'analyse de variance (modèle G.L.M) de l'effet des phyto extraits sur la durée de développement du stade L5 au stade imago de <i>L. migratoria</i>	84
Tableau 6	Taux de mortalité des L5 traitées par l'extrait aqueux de <i>Calotropis procera</i> (Ait) par mode contact .	115
Tableau 7	Taux de mortalité des L5 traitées par l'extrait aqueux de <i>Calotropis procera</i> (Ait) par mode ingestion.	115
Tableau 8	taux de mortalité des L5 traitées avec l'extrait aqueux de <i>Cornulaca monacantha</i> par contact	116
Tableau 9	Taux de mortalité des L5 traitées par l'extrait aqueux de <i>Cornulaca monacantha</i> par mode ingestion.	116
Tableau 10	Taux de mortalité des L5 traitées par l'extrait aqueux de <i>Schouwia purpurea</i> par mode contact.	117
Tableau 11	Taux de mortalité des L5 traitées par l'extrait aqueux de <i>Schouwia purpurea</i> par mode ingestion.	117
Tableau 12	Taux de mortalité des L5 traitées par l'extrait aqueux de <i>Schinus molle</i> L. par mode contact.	118
Tableau 13	Taux de mortalité des L5 traitées par l'extrait aqueux de <i>Schinus molle</i> L. par mode ingestion.	118
Tableau 14	Taux de mortalité des larves L5 de <i>Locusta migratoria</i> traitées à l'eau distillée par modes ingestion et contact	119
Tableau 15	Durée moyenne de développement en jours des larves L5 de <i>L. migratoria</i> traitées aux quatre bio préparations	119
Tableau 16	Durée moyenne de développement en jours des larves L5 de <i>L. migratoria</i> traitées aux quatre bio préparations	120

ABREVIATIONS

mm : Millimètre.

C° : Degré Celsius.

L4 : Larve de quatrième stade.

spp : sous espèce

cm : Centimètre.

µm : Micromètre.

%: pourcentage

IGRs: Insect growth regulators

g: Gramme.

ml : Millilitre.

mm³ : Millimètre cube.

L5 : Larve de cinquième stade.

I.N.P.V. : Institut National de la Protection des Végétaux.

mn : Minute.

mm² : Millimètre carré.

C : Concentration.

V : Volume.

D : Dose.

ha : Hectare.

L : Litre.

µg : Microgramme.

mg : Milligramme.

DL : Dose létal

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les criquets migrants comptent parmi les ravageurs les plus destructeurs pour la végétation. Ils appartiennent à la famille des *Locustidae*, et présentent un caractère biologique commun celui de se rassembler et de former des essaims doués d'un même comportement identique, c'est ce phénomène que l'on nomme instinct grégaire. Dans ce dernier cas, ils constituent une menace pour l'agriculture dans les pays chauds, dévastant tout sur leur passage [1]. Chaque spécimen avale en effet quotidiennement la moitié de son poids en feuilles.

Parmi les criquets ennemis des cultures sahéniennes, le criquet migrant *Locusta migratoria* (Linné, 1758) constitue un ravageur majeur en période d'invasion. C'est un granivore strict qui, en période d'invasion, peut occasionner des dégâts considérables aux cultures céréalières et même aux plantations [2]. La présence de ce ravageur accroît ainsi le risque d'érosion sociale et de la pauvreté [3].

Le criquet migrant *Locusta migratoria* est l'acridien qui a la plasticité écologique et l'extension géographique les plus grandes [4]. Ses invasions s'étendent à toutes les zones steppiques d'Eurasie, à l'Inde, aux régions tropicales de l'Afrique, de l'Insulinde, de Madagascar et de l'Australie.

En Afrique de l'Ouest, cet acridien se développe en continu. Les aires grégarigènes d'où partent les essaims primitifs sont principalement situées dans le delta central du fleuve Niger au Mali et sur le pourtour du lac Tchad.

Au Mali, dans le delta central du fleuve Niger, quatre générations se succèdent dans l'année : deux en saison des pluies et deux en saison sèche, accompagnées de déplacements sur plusieurs centaines de kilomètres sous l'influence de l'avancée du front intertropical (FIT) pendant l'hivernage en saison sèche, conjugués avec le mécanisme particulier de crue et de décrue du fleuve. Ils peuvent ainsi parcourir 1500 à 5 000 km avant de s'abattre sur des cultures et de tout dévorer en quelques jours.

En Algérie, le développement de l'agriculture saharienne avec l'intensification des périmètres de mise en valeur en irriguée à partir des années 1980 a entraîné de profondes modifications du peuplement acridien notamment dans la wilaya d'Adrar en induisant la colonisation de ces biotopes par le criquet migrateur *Locusta migratoria*[5]. De plus, sa situation géographique et l'existence d'une aire de rémission qui couvre tout son Sahara, l'Algérie a été sujette à de nombreuses invasions l'inscrivant parmi les pays où les acridiens ont une grande importance économique[6].

Aujourd'hui encore, la lutte contre le criquet migrateur reste d'actualité. Les incursions cycliques de cet insecte font peser une réelle menace pour l'économie nationale.

Chaque année, de gros efforts sont consentis par l'Algérie pour la surveillance et la lutte contre les Acridiens. Notamment la lutte anti acridienne est prise en charge, depuis 1975, par le Département d'Intervention et de Coordination (D.I.C) de l'Institut National de Protection des Végétaux [6].

Les méthodes de lutte actuelles de lutte curatives utilisent des produits insecticides liquides dont les matières actives appartiennent à la famille des organophosphorés des pyréthrinoïdes et des carbamates de synthèse [7]. Ces préparations se sont révélées à la fois très efficaces sur le criquet mais aussi néfastes sur de nombreuses espèces animales du biotope. De ce fait la lutte biologique par l'utilisation des extraits de plantes considérées comme une méthode de lutte alternative pouvant avoir peu d'incidences néfastes sur l'environnement tout en apportant une solution durable au problème acridien.

La recherche des extraits végétaux ayant des pouvoirs toxiques en tant qu'insecticides naturels ou phytoinsecticides s'inscrit dans une stratégie particulièrement adaptée aux exigences du consommateur tout en préservant l'environnement. Ces phyto extraits sont composés de molécules bioactives ayant des pouvoirs insecticides comme le pyrèthre, la nicotine, les flavonoïdes, les tanins ainsi que les pyréthrinines [8]. Les biopréparations sont extraites des racines, des feuilles ou fleurs de plantes. 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.

C'est dans ce sens que nous avons apporté notre contribution par l'étude de l'effet toxique de trois plantes des régions arides du Sahara Algérien soit *Calotropis procera* (Ait) *Schouwia purpurea*, et *Cornulca monacantha*, et une plante ornementale *Schinus molle* L.

En outre, une étude de l'activité insecticide de *Calotropis procera* (Ait) a été menée sur le locuste *Schistocerca gregaria* (ABASSI,2004) [9]. De même l'extrait de feuilles de *Schinus molle* L. s'est montré toxique sur les larves de *Schistocerca gregaria*(BENRIMA-GUENDOZ,2005)[6]. Aussi l'effet de l'extrait aqueux de *Schouwia purpurea* a été testé sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*(FALK et al, 2007) [10]. Cependant, L'activité insecticide de *Cornulaca monacantha* n'est pas citée dans la littérature scientifique, en revanche un grand nombre d'individus de *locusta migratoria* se sont retrouvés morts à proximité des plants de *Cornulaca monacantha* durant la dernière invasion des criquets au sud du pays : l'année 2013, d'après les témoignages des agents de L'INPV. De ce, nous avons jugé intéressant de tester l'action acridicide des extraits aqueux de ces plantes désertiques sur les larves du cinquième stade du criquet migrateur *Locusta migratoria*. Pour cela nous avons pris en considération trois paramètres à savoir l'effet sur la morphologie le deuxième le paramètre est l'estimation du taux de mortalité pendant dix jours, le troisième est sur la durée de vie des larves L5 jusqu'au stade imago.

Le présent travail comprend quatre chapitres :le premier chapitre est consacré aux données bibliographiques concernant le ravageur étudié notamment *Locusta migratoria* on retrouve aussi des données bibliographiques sur chaque plante étudiée. Le second chapitre : Matériels et Méthodes de travail. Un troisième chapitre qui comprend les résultats interprétés. Enfin le quatrième chapitre qui engendre les discussions des résultats trouvés, et on termine par une conclusion.

CHAPITRE 1 : DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE 1

DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES

Ce chapitre est consacré aux données bibliographiques concernant le ravageur étudié notamment *Locusta migratoria* : sa systématique, sa morphologie, son cycle biologique, son aire de répartition, dégâts et importance économique. On retrouve aussi des données bibliographiques sur chaque plante étudiée : sa systématique, sa composition chimique, son habitat et effets et usages médicaux réputés et pour leur potentiel biopesticide.

1.1. Données bibliographiques sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Acrididae Oedipodinae)

1.1.1. Position systématique

Les criquets migrants sont des insectes ptérygotes, c'est à dire qu'ils sont ailés une fois adulte. Ils font aussi partie des hétérométaboles de type paurométaboles. Hétérométaboles car il manque un stade immobile entre larve et adulte. Paurométabole car l'adulte et la larve ont le même milieu de vie. Le développement est ainsi progressif, la larve ressemblant beaucoup à l'adulte mais sans ailes. *Locusta migratoria* mérite l'appellation de criquet velu à cause de la pilosité thoracique ventrale [11]. Le criquet migrateur fait partie de l'ordre des Orthoptères et du sous ordre des Caelifères. Cette espèce fait partie de la famille des Acrididae (Mac Leay, 1819) la sous-famille des Oedipodinae (Walker, 1870).

Rappelons en résumé la position taxonomique du criquet migrateur *Locusta migratoria* selon LOUVEAU et BEN HALIMA (1986) [12] :

- Règne : Animal
- Embranchement : Arthropodes
- Sous-embranchement : Antennates
- Classe : Insectes
- Sous classe : Ptérygotes

- Section : Néoptères
- Sous-section : Néoptères exo -pterygogènes
- Super - ordre : Orthopteroïdes
- Ordre : Orthoptera
- Sous ordre : Caelifera
- Super famille : Acridoïdea
- Famille : Acrididae
- Sous-famille : Oedipodinae
- Genre : *Locusta*
- Espèce : *Locusta migratoria* (Linné, 1758)

1.1.2. Morphologie

C'est l'un des plus grands acridiens puisqu'il atteint 6 cm de long. Ses élytres et ses ailes dépassent bien l'extrémité de l'abdomen dans les deux sexes [15]. La coloration du corps est très variable. Les *tegmina*, étroits et longs, sont généralement d'un brun grisâtre foncé avec des taches brunes foncé ; les ailes membraneuses sont transparentes et seul leur bord antérieur a un étroit liseré brun. Les antennes sont presque de la même longueur que la tête et le pronotum réunis. La crête longitudinale et médiane du pronotum est interrompue en son milieu par une dépression transversale peu profonde. Ils sont généralement vert pâle, plus rarement brun jaunâtre ; tibias postérieurs rouges. Les sujets migrants brun jaunâtres clairs, tibias postérieurs presque incolores [13].

Leurs pattes postérieures sont adaptées au saut. Ce sont des criquets à oviscapte court. Il appartient au sous ordre des Caelifères chez lesquelles la femelle possède 6 courtes valves. Il a des antennes courtes et des tarsi comportant un arolium. Le pronotum ne recouvrant pas l'abdomen. On remarque l'absence d'éperon. La famille des Acrididae rassemble les grands migrants du genre *Locusta* [14].

Le criquet migrateur présente une taille comprise entre 35-50 mm chez les mâles et 42-55 mm chez les femelles. C'est une espèce de grande taille et à tête arrondie, sommet du vertex large convexe, à fovéoles temporales petites et triangulaires. Le pronotum ayant une carène médiane plus ou moins élevée, entière ou simplement traversée par le sillon typique qui ne l'interrompt pas. Ce pronotum présentant habituellement deux raies noires longitudinales. Les élytres sont longs et les ailes sont hyalines [15].

Cette espèce se présente sous deux formes, l'une grégaire et migratrice, l'autre solitaire et sédentaire. La première est de couleur variable, gris jaunâtre ou verdâtre, avec des parties vertes et des dessins bruns peu marqués ; les deux sexes sont de taille presque semblable ; le pronotum est relativement court et large, à carène médiane basse, droite, ou même concave vue de profil [16].

Dans la phase grégaire, les mâles et les femelles sont de tailles sensiblement identiques avec un seul type pigmentaire brun-jaunâtre maculé de noir. Les individus de la phase solitaire présentent un polychromatisme vert-brun [17].

Il existe chez la plupart des criquets, à l'état adulte, des organes de stridulation qui sont plus ou moins différenciés à partir des ailes antérieures [14]. La stridulation, très répandue, est obtenue par le frottement d'une rangée de petites tubercules, portés par la face interne des fémurs postérieurs, contre une nervure de l'élytre, qui entre alors en vibrations. L'organe récepteur est localisé à la base de l'abdomen, qui possède un tympan sur chacun de ces côtés [18].

Cet insecte tropical herbivore est très souvent cannibale en cas de carence, mange volontiers ses restes de mue. Le criquet est considéré comme ayant une bonne teneur en calcium [19].

1.1.3. Caractères morphologiques des différentes étapes de développement de *Locusta migratoria* (Linné, 1758)

1.1.3.1. L'œuf

La durée du développement embryonnaire varie beaucoup en fonction des espèces acridiennes et des conditions d'incubation. Il est de 18 jours à 27°C et de 10 jours à 33°C chez *Locusta migratoria*. L'état embryonnaire est généralement hypogé (sous la surface du sol).

L'œuf de *Locusta migratoria* est grand, long légèrement courbé avec des extrémités arrondies et enrobé dans la matière spumeuse.

La longueur de la masse ovigère est de 6 à 8,6 cm (longueur du bouchon spumeux : 1,5 à 5 cm / longueur de la grappe ovigère : 2,5 à 3,5 cm). Les œufs sont disposés selon une orientation bilatérale. La masse ovigère est surmontée d'un bouchon spumeux compact, spongieux d'une couleur blanchâtre ou brun clair.

Chaque femelle peut pondre de 5 à 10 oothèques contenant chacune environ 50 à 90 (maximum 105) œufs pendant sa vie d'adulte. L'œuf d'un brun clair, et mesure de 5,5 à 7,1 mm [20].

1.1.3.2. Les différents stades de développement larvaire de *Locusta migratoria*

La femelle pond ses œufs dans du sable ou dans la terre humide en creusant un trou d'une dizaine de centimètre de profondeur avec son abdomen. Plusieurs dizaines d'œufs sont ainsi déposés enrobés dans une mousse le tout portant le nom d'oothèque. Dès la sortie de l'oothèque l'embryon qui vient d'éclore subit sa première mue pour aboutir à une larve de stade 1.

Les larves devront passer par cinq stades larvaires avant de devenir adulte reproducteur (fig.1). Ces différents stades sont séparés par des mues durant lesquelles l'insecte se suspend tête en bas accroché par les pattes sauteuses et s'extirpe de son exuvie tête la première.

Les trois premiers stades se ressemblent et se distinguent par l'augmentation de leur taille qui est visible surtout au niveau de la tête et du thorax, l'abdomen s'allonge entre les mues avec la prise alimentaire. La larve¹ est d'abord marron très clair juste après l'éclosion et ne dépasse pas 6 mm à la sortie de l'œuf. Sa couleur devient très vite noire. Elles entament leur première mue, la larve solidement accrochée au support met sa tête ou son dos vers le bas. La cuticule se rompt dorsalement vers l'avant ce qui permet à la larve de sortir tête la première. L'ancienne cuticule ou exuvie reste accrochée au support. Ces larves changent de couleur et deviennent orange avec des bandes noires, puis grossissent jusqu'à la deuxième mue. Le retournement des ébauches alaires ou ptérothèques lors de la mue précédant la larve 4 fait que ces dernières pointent vers le haut alors qu'aux stades précédents elles étaient dirigées vers le bas.

A la troisième mue, on remarque un changement de la couleur. A la quatrième mue, on commence à apercevoir des embryons d'ailes puis la couleur passe au beige. A la dernière mue, les ailes sont formées et fonctionnelles et leur couleur définitive est d'un beige foncé avec des bandes noires sur le dessus. Les larves du Criquet migrateur solitaires sont vertes ou brunes, et les larves grégaires sont jaunes, fortement maculées de noir. Elles atteignent la taille d'adulte au bout de 4 semaines environ. Le criquet comme beaucoup d'insectes, jeûne 24 h avant et 24h après la mue. Le développement larvaire passe normalement par 5 stades. Il peut exister un sixième stade chez les femelles mais cela ne concerne qu'un faible pourcentage de la population [21].



Larves néonates



Larve L1



Larve L2



Larve L3



Larve 4



Larve L5

Fig. 1. Les différents stades de développement larvaire de *Locusta migratoria*

1.1.3.3. L'imago

L'imago est le dernier stade larvaire. Pour muer, le criquet migrateur, comme tous les autres acridiens, utilise un perchoir. La larve du cinquième stade peut effectuer sa dernière mue sur un plan vertical. Il assure sa prise grâce aux griffes des deuxièmes et troisièmes paires de pattes qui resteront fixées même une fois le criquet totalement sorti. La cuticule de la tête et du thorax s'ouvre au niveau dorsal. Ainsi la tête et les pattes avant se trouvent libérées en premier. Les pattes arrière le sont en dernier, à ce moment elles sont très souples et coulissent en se tordant dans l'étui de l'ancienne cuticule. Il dévore ensuite sa mue restée accrochée ce qui est pour lui une source nutritive non négligeable.

Le stade imago (fig.2) est caractérisé par la présence d'une paire d'ailes. La taille de la femelle est de 54 à 72mm, alors qu'elle est de 42 à 55 mm chez le mâle. On notera chez les solitaires l'existence de deux formes pigmentaires : l'une verte et l'autre

brune. En phase solitaire, les imagos sont généralement verts ou bruns plus ou moins parsemés de taches noires, jaunes ou brunes.

Les populations naturelles présentent des pourcentages respectifs des deux formes vertes et brunes variables selon les saisons. Les formes vertes prédominent en saison humide et les formes brunes sont majoritaires en saison sèche. En phase grégaire, les imagos possèdent une coloration unique jaune, avec une forte maculature noire.

On distingue trois grandes périodes dans l'évolution du poids des femelles au cours de leur vie :

- la période pré-reproductive qui s'étend de la mue imaginale à la 1^{re} ponte.
- la période reproductive, de la 1^{re} ponte à la dernière ponte.
- la période post-reproductive, de la dernière ponte à la mort.

Le poids des femelles double pendant la période pré-reproductive ; il subit ensuite des fluctuations au cours des pontes successives et dans l'ensemble diminue régulièrement d'une ponte à la suivante. L'évolution de la prise de nourriture, appréciée par le poids des fèces, et l'on constate une décroissance le jour de la ponte et une diminution progressive tout au long de la vie jusqu'à la mort de l'insecte [22].



Fig. 2. Imago de *Locusta migratoria*

1.1.3.4. L'adulte

L'adulte (Fig.3) est un imago sexuellement mûr. Le criquet adulte se reconnaît facilement à ses ailes qui dépassent son abdomen en longueur alors qu'au stade précédent, elles n'étaient encore que vestiges. Dès cette mue imaginale, les criquets peuvent s'accoupler et pondre des œufs dans des pondoirs. Le criquet adulte atteint sa maturité sexuelle en une dizaine de jours [23].

La forme solitaire présente une taille variant de 29-36 mm pour les mâles et de 35-51 mm pour les femelles ; la couleur est assez variable, les mâles étant souvent brunâtres et les femelles verdâtres. Concernant la forme grégaire, le criquet a une longueur de 35-50 mm pour les mâles et de 42-55 mm pour les femelles ; la couleur est noir velouté, gris verdâtre à jaune orange. Le pronotum est plus court que chez la forme solitaire et arrondi à la partie postérieure [24]. Le nombre d'ovarioles de femelles grégaires est souvent inférieur à celui des femelles solitaires, il diminue de 19%, et le nombre moyen de tubes séminifères de 10% chez les mâles[11].



Fig. 3. Adulte de *Locusta migratoria*

1.1.4. Le cycle biologique du criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758)

Le cycle d'un criquet migrateur comporte six stades séparés par des mues. La croissance d'un stade à l'autre est impressionnante et le cycle complet (fig.8) est très court (8 à 10 semaines) [25].

1.1.4.1. Accouplement des adultes

Tout d'abord, l'attraction sexuelle peut jouer un rôle car très souvent l'accouplement précède la ponte et on peut alors observer des rassemblements de criquets. Les mâles de cette espèce attirent les femelles par une parade constituée d'un vol accompagné de stridulations et de crépitements des ailes colorées. L'attraction interindividuelle est visuelle, auditive et surtout olfactive par le biais des phéromones sexuelles qui attirent aussi bien les mâles vers les femelles que les femelles entre elles vers des sites de ponte, même quand les sites viennent d'être désertés. Cette attraction est surtout importante chez les locustes, espèces grégariaptés, pour lesquels, sur plusieurs centaines de mètres carrés voire sur plusieurs hectares, on peut dénombrer des centaines d'oothèques au mètre carré [26].

Les couleurs changeront avec l'accouplement : le mâle passera au jaune, la femelle aura une couleur un peu rosée. L'accouplement a lieu lorsque les criquets sont à terre. La femelle se reproduit en continu et effectue 4 à 5 générations par an dans sa phase solitaire, 3 dans sa phase grégaire [24].

1.1.4.2. Comportement de la ponte

Une alternance de plages de sol nu et de touffes de végétation, un bon ensoleillement, une humidité superficielle du sol suffisante sont autant de paramètres pris en compte simultanément par la reproductrice pour décider du choix du site de ponte.

La ponte a lieu en automne et consiste en une grande coque de forme assez variable [15]. Ainsi elle se fait dans un tunnel creusé dans le sable (fig.4) ou de la terre meuble grâce à l'extrémité de l'abdomen. La femelle recherche un sol limoneux compact plutôt que du sable, inconsistant ou de l'argile, sol argilo-limoneux de préférence humide avec un recouvrement global du couvert herbacé dense sur sols alluviaux de l'ordre de 60 à 80 %, pour pondre. En dehors de cet effet édaphique, certains autres facteurs contribuent au regroupement des femelles en ponte et ceci chez des espèces très différentes. Son optimum pluviométrique est d'environ 50 à 100 mm de pluie par mois en phase solitaire ; il est de 25 à 100 mm par mois en phase grégaire [20].

L'abdomen de la femelle peut considérablement s'allonger grâce à l'extension qui se produit aux dépens des membranes inter segmentaires 4 à 8 [27]. Pour pondre, la femelle distend son abdomen et l'enfonce dans le sol à une profondeur de 3 à 10 cm. La distension de l'abdomen peut atteindre trois fois sa taille au repos. Les œufs sont expulsés avec une matière spumeuse qui forme en solidifiant une oothèque incurvée, d'une longueur de 50 à 75 mm. La ponte en elle-même dure 3 heures : une heure et demi pour creuser le sol, une demi-heure pour pondre, une heure pour se retirer. La fécondité moyenne est de 200 œufs ; les œufs pondus par les criquets grégaires restent en diapause jusqu'à l'éclosion [24].

Chez *Locusta*, la matière spumeuse (fig.5) entoure la masse ovigère et forme une paroi assez fragile. Chez d'autres acridiens, les œufs sont enveloppés d'une paroi plus solide formée de particules de terre agglomérées par les sécrétions au moment du forage. On trouve très souvent à l'intérieur de l'oothèque (fig.6) une masse spongieuse remplissant les interstices entre les œufs ou seulement à la partie supérieure de la masse ovigère pour former le bouchon. La détection des zones de

ponces est donc un préliminaire utile à l'action de lutte. Elle se fait par le repérage des regroupements des reproductrices en période de ponte.

Quatre générations se succèdent dans l'année : deux en saison des pluies : octobre-novembre et janvier-février pour les populations de saison sèche et deux en saison sèche : mai-juin et juillet-août pour les populations de saison des pluies, accompagnées de déplacements sur plusieurs centaines de kilomètres [26].



Fig. 4 .La ponte des œufs



Fig. 5 .Matière spumeuse



Fig.6 .L'oothèque

1.1.4. 3. Le développement embryonnaire et l'éclosion

Les petits à la naissance font moins d'un centimètre (fig.7) et sont pratiquement translucides avant de commencer à arborer leur couleur environ une semaine après éclosion. La couleur devient très vite plus foncée, grise puis noire avec des taches marrons. Les criquets sortent en masse de l'oothèque par le bouchon situé à la surface et mesurent 5mm. Une enveloppe qui les avait aidés à remonter à la surface les abandonne et reste au sol, elle est blanche. En saison chaude, le développement embryonnaire dure une dizaine de jours. Une femelle forme de 5 à 10 oothèques contenant chacune environ 40 œufs pendant sa vie d'adulte. En saison fraîche, le développement embryonnaire peut dépasser un mois.



Fig.7 .L'éclosion

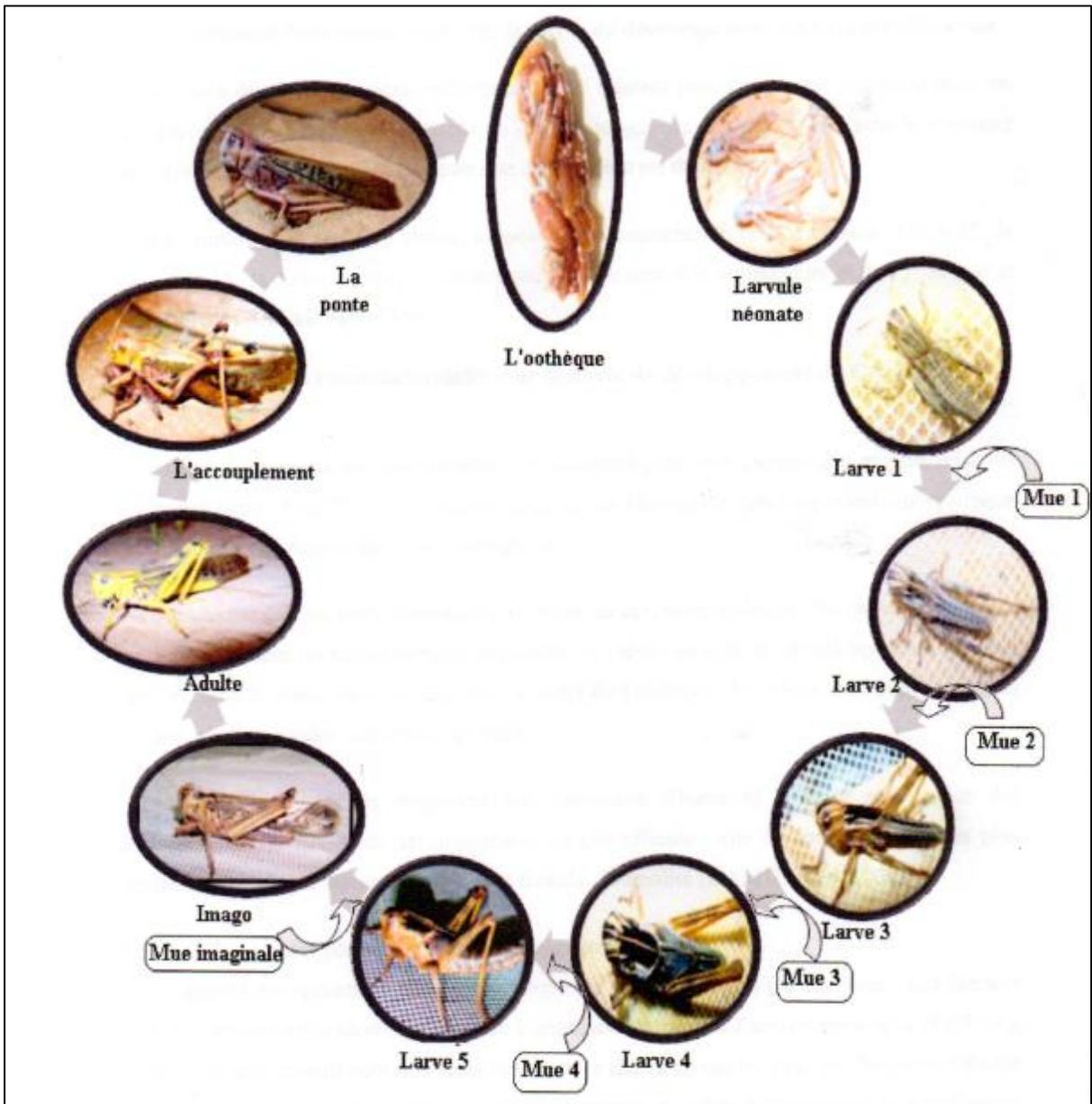


Fig.8 . Cycle biologique du criquet migrateur *Locusta migratoria*

1.1.5. Polymorphisme phasaire

L. migratoria est un locuste très sensible qui peut passer d'une forme solitaire à une forme grégaire dès que la densité dépasse un seuil critique de 2 000 ailés/hectare en zone subtropicale. Le polymorphisme phasaire s'exprime par des différences morphologiques, anatomiques, physiologiques, écologiques et comportementales .

L. migratoria et *L. danica* étaient considérés comme deux espèces différentes jusqu'en 1921, où il a supposé qu'il s'agissait en fait de deux formes différentes d'une seule et même espèce, l'une caractérisant les populations grégaires et l'autre les populations solitaires [28]. 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 : concentration, multiplication et grégarisation [29].

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 [30]

Le passage de la phase solitaire à la phase grégaire et d'une période de rémission à une période d'invasion s'explique par :

- Le maintien de conditions écologiques favorables pendant des périodes suffisamment longues ce qui augmente la longévité des individus et leur fécondité.
- Le dessèchement progressif de la végétation qui réduit les espaces favorables et qui conduit les criquets à se rassembler vers les taches de végétation qui persistent dans les zones d'accumulation des eaux se traduit par une centro-densation.
- L'action des vents convergents qui regroupent des individus venant d'horizons différents: l'extro-densation.
- le rassemblement d'individus sur certaines plantes préférentiellement appelées: l'identito-densation [31]

1.1.6. Les milieux de vie du criquet migrateur

Le Criquet migrateur recherche la chaleur (optimum thermique autour de 20° à 25°C, des milieux moyennement humides et colonise des steppes ou des savanes à faible couvert ligneux [28]. L'espèce est hygrophile, car elle recherche des endroits humides dans des aires chaudes. Le Criquet migrateur est une espèce hygromésophile, géo-phytophile et graminivore. On le trouve dans les formations herbacées denses sur sols alluviaux. Son optimum pluviométrique est d'environ 50 à 100 mm de pluie par mois en phase solitaire ; il est de 25 à 100 mm par mois en phase grégaire [23].

1.1.7. Répartition géographique

1.1.7. 1. Distribution géographique de *Locusta migratoria* dans le monde

L'aire de répartition géographique des espèces migratrices est souvent extrêmement vaste (fig.9), pour *Locusta migratoria*, elle embrasse plusieurs continents, mais, chaque espèce possède une zone d'habitat permanent où on la trouve sous sa forme solitaire et une zone d'habitat temporaire où on ne rencontre exclusivement que la forme migratrice qui peut y évoluer pendant un temps plus ou moins long mais néanmoins toujours limité.

En 1923, UVAROV [32] a pu préciser que les foyers grégarigènes de *Locusta migratoria* se trouvaient inclus en Russie orientale, à la zone d'habitat permanent de cette espèce, mais localisés à des stations particulières, à des îlots sablonneux dépourvus de végétation arbustive, riches en graminées xérophiles et en particulier en Phragmites qui forment l'alimentation essentielle des jeunes larves.

Le Criquet migrateur, *Locusta migratoria*, est très largement répandu dans l'Ancien Monde. On le trouve en Afrique, au sud du Sahara, dans la péninsule Arabique et Indo-Pakistanaise, en Europe et sur le pourtour méditerranéen, en Asie orientale et en Australie. Par contre, il est inconnu aux Amériques. Le criquet migrateur recherche la chaleur et des milieux un peu humides. En Europe, les invasions de criquets migrants sont localisées dans la région orientale et sud-orientale, principalement à la Russie et aux Balkans. En Asie centrale, en Sibérie méridionale,

dans la région aralo-caspienne, les invasions sont redoutables et fréquentes. Il en est de même en Afrique Équatoriale et en Afrique Occidentale [33].

En France, elle est rarement observée. La forme grégaire est rare ; la forme solitaire dans le Midi et jusque vers l'île de France. Assez fréquent surtout dans les terrains sableux humides, les lieux incultes secs et les champs [13]. D'après BONNEMAISON (1961) [24], l'aire de répartition de cette espèce est considérable puisque des invasions sévissent dans toute la région chaude du continent africain, à Madagascar, aux Philippines, en Australie. Dans tous ces pays, *Locusta migratoria* ne présente pas pour une même espèce des caractères morphologiques identiques.

En général Cette espèce habite le sud de l'Europe et de l'Asie mais la phase grégaire a également pénétré en Europe centrale, notamment dans la partie inférieure du bassin du Danube, lors d'invasions au Moyen Age et au début de l'époque moderne [34]. Selon GRASSÉ (1969) [35], le criquet migrateur *Locusta migratoria*, qui couvre à peu près toute l'Afrique, y compris l'Arabie et Madagascar, le Sud de l'Asie, le sud de l'Asie, le sud de l'Europe, et qui forme des races locales assez nombreuses, dont une s'est manifestée il y a une vingtaine d'années dans les Landes.

En Tunisie cette espèce a été observée aux environs de Tunis, Fortuna, Zaouia d'el Megaiz, entre Sous et Monastir, Aïn Draham, Khroumirie, Bordj Djedid, Tabarka, Hammam el Lif.

Au Maroc cette espèce se trouve à Tanger, Casablanca, Mogador, Melilla, Fez, Chilla, près de Rabat, Sarf el Akab, Oued Yquem, Andjera, Meknés, Maroc Saharien [35].

UVAROV et ZOLOTAREWSKY (1929) [36] divisent *Locusta migratoria* en un certain nombre de sous-espèces ou races géographiques ayant chacune des caractères morphologiques déterminées et leurs phases respectives (solitaria, transiens ; gregaria) et des particularités bioécologiques liées aux caractéristiques écoclimatiques de leur domaine d'existence. Ces différentes sous-espèces sont :

- *Locusta migratoria* L. ssp *australis*

CHAPUIS et al. (2005)[37], note que la sous-espèce *australis* est incluse dans la sous-espèce *migratoria*.

- *Locusta migratoria L. ssp burmana* (Ramme,1951)[38].

Cette espèce couvre la Birmanie supérieure et la Chine d'Ouest

- *Locusta migratoria L. ssp capito*(Saussure,1884).

D'après ZOLOTAREWSKY (1929) [39], c'est la forme que l'on rencontre à Madagascar et dans les îles adjacentes. Les formes solitaires et grégaires sont morphologiquement extrêmement éloignées. Le grégarisme est très marqué et les invasions redoutables[40]

- *Locusta migratoria L. ssp cinerascens* (Fabricius,1781).

Elle couvre la région méditerranéenne. Cette espèce habite le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, la Libye, l'Égypte, l'Espagne, et l'Italie [38]. *Locusta migratoria cinerascens* a été signalée par CHOPARD (1943)[15]. En Algérie dans le littoral et les oasis. Au sud, cette sous-espèce vit à l'état endémique au Sahara centro-septentrional, en particulier au niveau des périmètres irrigués cultivés en céréales [41]. Se reproduit dans les départements méditerranéens [42].

- *Locusta migratoria L. ssp gallica* (Remaudière,1947).

D'après LECOQ (1991) [43], cette espèce habite les landes de Gascogne (France). Plusieurs races locales ont été observées en France dans le sud-ouest et aux environs de Montpellier [24] note que la sous-espèce *gallica* est incluse dans la sous-espèce *migratoria*. On a observé de 1944 à 1948 une très importante invasion de *Locusta migratoria L.ssp gallica* dans les Landes de Gascogne[16]. Cette espèce est caractérisée par sa petite taille. La longueur des élytres est de 35 mm pour les mâles, et de 45 mm pour les femelles [24].

- *Locusta migratoria L.ssp manilensis* (Meyen,1835)

Cette espèce couvre les îles du Pacifique (Japon, Philippines), la Chine orientale, et le sud Est d'Asie [38].

•*Locusta migratoria L. ssp migratoria* (Linne, 1758)

Cette sauterelle migratrice ravage les pays du pourtour méditerranéen. Elle habite l'Europe orientale (Sud-est de l'Europe) et l'Asie centrale (nord de la Chine, la Corée et le Japon). Les formes solitaires et grégaires sont nettement différentes. La forme grégaire, a une longueur de 40-50 mm pour les mâles et de 46-56 mm pour les femelles. La taille de la forme solitaire est de 29-46 mm chez le mâle, et de 37-60 mm chez la femelle. Elle présente une couleur brune, parfois légèrement verdâtre [38].

•*Locusta migratoria L. ssp migratorioides*(Reiche et Fairmaire,1849)

Cette espèce est inféodée aux régions tropicales, répartie dans tout le centre du continent africain et dans l'Insulinde. Elle est fréquente dans le Sud du Sahara d'Afrique. Espèce à invasions fréquentes forment des bandes très denses, très nuisibles. Les adultes sont de couleur jaunâtre pâle. Les ailes antérieures sont transparentes avec beaucoup de petites taches brunes. En phase grégaire, elles sont de coloration rouge-brun et noir contrasté. En phase solitaire, on peut rencontrer des formes vertes, brunes et grises. La taille est de 42 mm à 55 mm chez le mâle, et de 54 mm à 72 mm chez la femelle [43].

•*Locusta migratoria L. ssp. rossica* (uvarov et zolotarewsky,1929)

Spécial à la Russie et l'Europe du centre (fig.9) ; cette forme est peu grégaire, ses bandes sont peu denses et ses migrations à amplitude restreinte [38].

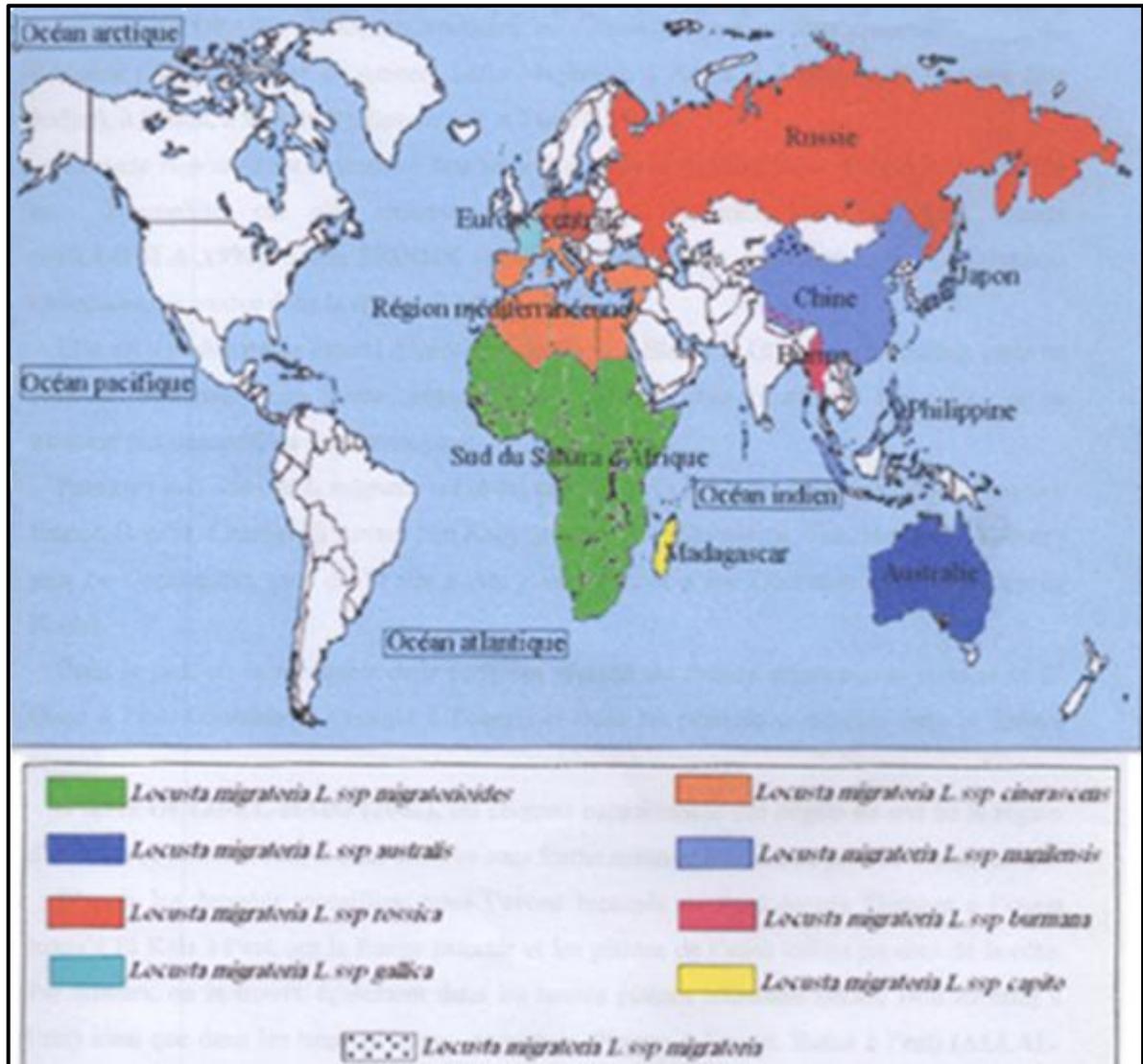


Fig. 9. Distribution géographique des sous-espèces de *Locusta migratoria* dans le monde [117].

1.1.7. 2. Distribution géographique de *Locusta migratoria* en Algérie

En Algérie, l'espèce *Locusta migratoria* L. ssp *cinerescens* (Fabricius, 1781) occupe actuellement tout le territoire algérien mais elle est très inégalement répartie. D'après CHOPARD (1943) [15], on rencontre les criquets migrateurs dans plusieurs wilayas de l'Algérie ; Oran (Chabet el Aneur, Lalla Maghnia), à Saïda, à Laghaout (Hammam Bou hadjar), à Biskra, à Skikda (Philippeville), et Taref (El Kala).

Elle est signalée sur le littoral Algérois et les Oasis à Biskra et Ghardaia (El Goléa), mais ne peut se manifester sous forme grégaire. Les conditions éco-climatiques favorables ne se trouvent pas rassemblées dans notre pays.

Plusieurs individus de *L. migratoria* ont été capturés près d'Alger : à Fort de l'eau (Reghasa), Hamiz, Rouiba, Chaabet El Aneur ; en Kabylie à Bejaia (Tigounatine, Tamda et Tala Amara) ; près de Constantine, près de M'sila à Aïn Khermane, et à Bir Ghabalou dans la région de Bouira.

Dans le sud, on la rencontre dans certaines régions du Sahara septentrional (Biskra et El Oued à l'est, Ghardaïa et Ouargla à l'ouest) et dans les périmètres irrigués dans le Sahara central. La présence de l'espèce *Locusta migratoria cinerascens* est signalée dans la région d'Adrar par SEDDIK (1994) [44], KHALDI (1996) [45] et KARA (1997) [46]. *L. migratoria* est observée dans la région d'Ain Yagout à Batna [47].

D'après les données recueillies, l'espèce est recensée au nord depuis Tlemcen à l'ouest jusqu'à El Kala à l'est, sur la frange littorale et les plaines de l'atlas tellien proches de la côte. Par ailleurs, on la trouve également dans les hautes plaines telliennes (Bordj Bou Arreridj à l'est) ainsi que dans les hauts plateaux steppiques (Naâma à l'ouest, Batna à l'est) [48].

1.1.8. Dégât set importance économique

Les ravages commis à la surface du globe par les acridiens migrants peuvent être comparés aux grands fléaux de l'humanité, aux inondations, aux tremblements de terre, aux épidémies [33].

C'est un ravageur majeur en période d'invasion. Les dégâts sont essentiellement limités aux Graminées. Les larves et les adultes ravagent les cultures. Ils dévorent les feuilles, les graines en stade laiteux sont également consommées. Ils peuvent, en nombre considérable, franchir des distances énormes, plusieurs milliers de kilomètres, et lorsqu'ils s'abattent sur une région, ils font disparaître en quelques heures les feuilles des végétaux, parfois les tiges et les racines. Un essaim d'une surface de 100 ha peut dévorer 1 000 tonnes de produit végétal par jour. Les criquets ne laissent derrière eux que des tiges nues. Les tiges peuvent même être dévorées jusqu'à la base.

Les dégâts infligés aux cultures par ces acridiens sont de plusieurs types. Pour commencer les prélèvements alimentaires sur les feuilles, les fleurs, les fruits les semences, les jeunes écorces, mais aussi les blessures provoquées par les morsures entraînent deux conséquences majeures. D'une part cela ouvre une voie d'infection aux parasites et aux maladies végétales, d'autre part cela crée des lésions (rupture des vaisseaux nourrissant la plante) entraînant une destruction des tissus 5 à 10 fois plus importante que la prise de nourriture elle-même. Enfin, il faut tenir compte de la rupture des végétaux sous le poids des individus et la souillure des surfaces foliaires qui vont perturber la photosynthèse. Donc, les dégâts sur les cultures sont toujours graves.

L'amorce de la grégarisation s'effectue lorsque la vitesse de retrait des eaux découvre de grandes surfaces qui s'assèchent rapidement et contraignent les criquets à se regrouper sur des aires de plus en plus restreintes[49]. L'élévation densitaire augmente les contacts interindividuels et déclenche le processus de la transformation phasaire. Pour que les bandes grégaires puissent se former, il est

nécessaire qu'il ait au minimum 250 oothèques, soit 800 œufs par mètre carré et que les éclosions ne se produisent pas d'une façon échelonnée ; il faut pour cela que la température au sol sous abri soit au moins de 20° pendant 6 à 8 heures. La destruction des récoltes entraîne une détérioration de l'état alimentaire pouvant aller jusqu'à la famine. C'est surtout en Afrique, dans les pays du Sahel que la famine due aux criquets existe. Heureusement pour Madagascar, malgré la destruction assez importante de la culture du riz et des maïs par les criquets, il n'y a jamais eu de vraie famine au cours des invasions successives. Les criquets font des dégâts plus que matériels car leurs passages entraînent souvent des maladies. Ceci ne se produit pas directement mais d'une façon indirecte par exemple la famine entraînent l'affaiblissement de la population concernée et parfois la mort[23].

1.1.8. La lutte anti-acridienne

1.1.8.1. La lutte mécanique

Les méthodes de lutte mécanique contre les acridiens sont les plus anciennes. Elles diffèrent selon qu'il s'agit de détruire physiquement les œufs, les larves ou les ailés. La destruction des œufs se fait en labourant les terres de 10 à 15 cm pour atteindre les pontes les plus profondes, cette méthode exige des zones cultivées car le labour ne peut pas être réalisé pour les sols inaccessibles au tracteur ou à la charrue. Les destructions des larves et des jeunes ailés à tégument non durcis se font en rassemblant les acridiens dans un fossé préparé à l'avance. Le rabattage est pratiqué en agitant des vêtements, des feuillages, ou en faisant du bruit (tambours, cris, chants). Le feu est entretenu sur des cordons de feuillages, d'herbes sèches, ou allumé au lance-flamme. Les ailés grégaires sont difficiles à détruire mécaniquement excepter à l'aube et au crépuscule où ils sont posés au sol. Des lance flammes et des grenades ont été utilisés contre eux [11].

1.1.8.2. La lutte écologique

La lutte écologique consiste à modifier l'environnement au désavantage de l'acridien et si possible au bénéfice de l'homme. Cela suppose une connaissance approfondie du tempérament écologique de chaque espèce acridienne, des facteurs agissant que l'on peut modifier, et des conséquences de ces changements sur l'écosystème tout entier. Les suggestions de lutte écologique sont nombreuses, mais les applications à grande échelle sont encore très rares car on prend toujours le risque de remplacer un problème par un autre. Les moyens utilisés sont par exemple :

- L'inondation temporaire de certains sites de reproduction,
- La reforestation de clairières, le labourage de sols indurés,
- Les semis de plantes répulsives,
- La suppression des jachères [23].

1.1.8.3. La lutte chimique

Les pyréthriinoïdes de synthèse sont dotés d'une toxicité considérable et agissant par contact, ils tuent presque instantanément les criquets par effet choc neurotoxique, permettant de les utiliser à des doses très réduites (10 à 40 g de matière active par ha). Comme les organochlorés, ils tuent l'insecte en bloquant le fonctionnement des canaux sodium indispensables à la transmission de l'influx nerveux. Ils sont généralement destinés à tuer les criquets soit immédiatement, soit après un délai plus ou moins long. Ils sont utilisés contre les invasions et les populations acridiennes après s'être assuré du statut du ravageur, du niveau d'infestation et des surfaces envahies [50].

1.1.8.4. La lutte biologique

La lutte biologique est une alternative pour assurer une meilleure protection de la santé et de l'environnement. La lutte avec des agents biologiques offre des possibilités pour stopper l'invasion acridienne, tout en préservant la santé et l'environnement. Des espèces animales et végétales ont été identifiées dans le monde comme ayant un potentiel d'utilisation en lutte anti-acridienne[51].

1.1.8.4.1. Les ennemis naturels

Les acridiens sont aussi la proie ou l'hôte d'un grand nombre d'ennemis naturels vertébrés et invertébrés : prédateurs, parasitoïdes, parasites, agents pathogènes (champignons, bactéries, protozoaires, virus). Beaucoup d'entre eux entraînent la mort de l'insecte [52].

Deux genres de champignons entomopathogènes sont particulièrement prometteurs : *Beauveria* et *Metarhizium*. Ces champignons se trouvent communément dans le sol. Grâce à la germination des spores à travers la cuticule externe ou à travers le tube digestif, ils peuvent envahir la cavité générale de l'hôte. La contamination se fait donc par contact ou par ingestion de la plante traitée par le myco-insecticide [53].

Les champignons peuvent tuer très rapidement en l'espace de quelques heures par l'intermédiaire des toxines, ou lentement par épuisement de l'hôte dont ils prélèvent l'eau et les nutriments pour se développer [54]. Des larves de *L. migratoria* traitées à faible dose par *Bacillus subtilis* montrent une perte de poids, de plus leur vitellogenèse est inhibée lors de la maturation des ovocytes [48].

1.1.8.4.2. Les extraits végétaux

L'utilisation des extraits de plantes comme insecticides est connue depuis longtemps, en effet le pyrèthre, la nicotine et la roténone sont déjà connus comme agents de lutte contre les insectes [55]. Les substances bioactives peuvent se trouver dans plusieurs familles botaniques et dans différentes parties du végétal.

Les extraits provenant de deux méliacées, *Azadirachta indica* (margousier ou neem) et *Melia volkensii*, connus depuis longtemps pour leurs effets répulsifs et antiappétants contre les insectes, présentent également des propriétés antiacridiennes intéressantes. Le criquet migrateur quoique considéré comme polyphage ne consomme en aucun cas les feuilles de *Melia azedarrach* à l'état frais. Ces feuilles provoquent une toxicité aigüe [56]. Ces produits sont biodégradables et ne sont pas nocifs pour l'homme et l'environnement. Par ailleurs, les plantes-source

sont communes, peu exigeantes sur la qualité des sols, et offrent un intérêt économique évident pour les pays d'Afrique qui peuvent tirer avantage en exploitant cette ressource naturelle.

1.2. Données bibliographiques sur les plantes à intérêt acridien

1.2.1. *Calotropis procera* (Ait). (Asclépiadacées)

1.2.1.1. Description botanique

C'est un arbuste à latex, à cime irrégulière, de 3 à 5 m de haut, parfois sans branche jusqu'à 2 m. L'écorce est épaisse, liégeuse, crevassée, grise à beige clair, avec la branche jaune. Le latex est blanc. Les rameaux sont finement pubescents et glauques. Les feuilles sont opposées, sessiles, plus ou moins succulentes, vert-glauque sur le dessus et gris vert en dessous, largement obovales ou oblongues de 15-30x7-15 cm, à sommet arrondi ou en coin court, à base cordée. Le limbe comporte des nervures plus ou moins palmées à la base, une nervure centrale épaisse et 8-10 paires de nervures secondaires peu saillantes se raccordant vers le sommet. Les florescences sont à cyme ombelliforme de 10 cm de large, disposée à l'aisselle des feuilles (fig. 10). Les fleurs sont de couleur blanche-verte et violettes, de 2 à 3 cm de diamètre, à 5 pétales. Les fruits se présentent sous forme de gros follicules renflés, ovoïdes, de la taille d'une mangue, verts, mous et remplis d'air [57]. La graine est aplatie, surmontée à un bout d'une touffe de soies blanches. La floraison se fait toute l'année, aussi bien en saison sèche qu'en saison des pluies. La reproduction se fait par les graines.



Fig. 10 : La morphologie d'un rameau feuillu de *Calotropis procera* (a), fleurs(b), fruits(c)

1.2.1.2. Position systématique

La systématique de *Calotropis procera* (pomme de sode) a été établie par OZENDA (1991) [58] comme suit :

Règne : Végétal

Embranchement : Magnoliophyta

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Magnoliopsida

Sous -classe : Asteridae

Ordre : Gentianales

Famille : Asclépiadacées

Genre : *Calotropis*

Espèce : *Calotropis procera*

1.2.1.3. Répartition géographique

Cette plante est très irrégulièrement répartie, répandue dans toute l'Afrique intertropicale, surtout dans les régions sèches. Aire d'origine : Régions chaudes d'Asie et du Moyen orient (Inde, Pakistan, Afghanistan, Iran, Arabie Saoudite, Jordanie, Thaïlande, Vietnam) et d'Afrique (Somalie, Egypte, Libye, Algérie (Sud), Maroc, Mauritanie, Niger, Sénégal, Iles Canaries). Espèce à tendance sub-tropical sec présente dans l'Aïr et l'Adrar des Ifoghas et à la périphérie du Hoggar (BENRIMA-GUENDOZ,2005) [6].

. Introduite et envahissante à Hawaï, en Australie où elle classée comme plante de quarantaine, au Brésil et à Puerto Rico. Introduite et naturalisée dans les zones littorales les moins humides des Caraïbes (dont la Guadeloupe et la Martinique, Antigua, Curaçao...), en Amérique du Sud et Amérique centrale. Elle est aussi notée comme présente en Afrique du Sud [59].

1.2.1.4. Composition chimique

Calotropis procera, est une plante à hétérosides stéroïdiques, cardénolides et allocardénolides.

1.2.1.5. Intérêts socio-économiques

Les feuilles, à cause de leur richesse en latex, sont très recherchées. Au Niger, on soigne les teignes avec du latex foliaire. En Asie, les feuilles sont employées en cataplasme contre les maladies de la peau. On fait sortir la filaire de Médine entièrement en appliquant localement des feuilles chauffées sous un bandage. Le macéré des feuilles fournit un excellent vermifuge. Certains guérisseurs Mossi font boire aux malades atteints par le ver de guinée de la poudre de feuilles fraîches délayées dans du lait ; durant l'extraction, on peut verser sur la plaie une goutte de latex.

Au Nigeria, le latex est appliqué localement sur la morsure de scorpion ; il peut être utilisé à titre préventif par des personnes manipulant le scorpion. On soigne le rhumatisme par massage à l'aide d'un bout de laine trempé du latex ; mais une poudre des feuilles brûlées appliquée localement peut aussi servir [59].

En 2005 des chercheurs ont testé une préparation à base de latex séché de *Calotropis procera* sur des souris pour étudier son potentiel dans la prévention et le traitement du cancer. Cette préparation se serait révélée efficace dans la protection contre la division désorganisée des cellules [60].

Toutes les parties de *Calotropis procera* sont toxiques : La calotropine dangereux cardiotoxique était autre fois utilisée pour la confection de flèches empoisonnées. L'effet coagulateur de *Calotropis procera* est dû à l'enzyme calotropaine contenue dans la sève laiteuse de cette plante et qui fait cailler le lait. En effet la sève de *Calotropis* contient divers glycosides de haute toxicité et de haute efficacité.

1.2.2. Schouwia purpurea

1.2.2.1. Description Botanique

C'est une plante herbacée annuelle érigée, glabre, atteignant 1 m de haut ; la tige devenant ligneuse à la base, ramifiée dans la partie supérieure, les feuilles alternes, simples, sessiles et embrassant la tige à la base, assez charnues (fig.11) ; limbe ovale, de 2-6 cm x 1,5-4 cm, feuilles supérieures devenant graduellement plus

petites, à bord sinué-denté à presque entier. L'inflorescence en corymbe à la floraison, s'allongeant en grappe lâche à la fructification. Fleurs bisexuées ; pédicelle atteignant 7 mm de long sur le fruit ; sépales légèrement sacciformes à la base, de 5–10 mm de long ; pétales de couleur violet pourpre à blancs ; étamines 6, anthères mucronées. Graines globuleuses, d'environ 2 mm de diamètre, brun rouge, plutôt lisses. Le genre *Schouwia* comprend une seule espèce variable. Autrefois, on distinguait 2 espèces : *Schouwia purpurea*, qui se trouve dans la partie Ouest de son aire de répartition moins ligneuse, à fleurs et à fruits plus petits et *Schouwia thebaica*, qui se trouve dans la partie est, plus ligneuse, à fleurs et à fruits plus gros. Dans la littérature, elles sont parfois distinguées comme sous-espèces de *Schouwia*[61].



Fig.11 :La morphologie d'un rameau feuillu de *Schouwia purpurea* (a),fleurs(b),fruits(c)

1.2.2.2. Position systématique

D'après OZENDA (1991) [61]. La systématique a été établie comme suit :

Règne : Végétal

Embranchement : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Brassicales

Famille : Brassicaceae

Genre : *Schouwia*

Espèce : *Schouwia purpurea*

1.2.2.3. Répartition géographique

Espèce à exigences édaphiques particulière ,réserves hydriques édaphiques importantes. *Schouwia purpurea* est répartie dans tout le Sahel, le Sahara et l'Afrique du Nord, depuis la Mauritanie jusqu'à Djibouti et la Somalie, ainsi qu'en Arabie. *Schouwia purpurea* plante des savanes et des déserts. On peut la trouver sur de vastes étendues après les pluies, depuis le niveau de la mer jusqu'à 1500 m d'altitude [62].

1.2.2.3. Composition biochimique

La composition d'un kilogramme feuilles fraîches et pousses fleuries de *Schouwia purpurea* est représentée par les lipides (13g), les protéines (70g), des minéraux (62g) dont le phosphore (1,8g), l'azote (11,3g) et le ratio C/N 23,7

Les glucosinolates de *Schouwia purpurea* sont connus pour être présents chez toutes les espèces de la famille des Crucifères. Leur influence sur les phytophages a été signalée par plusieurs auteurs. Ces substances, dont dérivent les huiles de moutardes, sont toxiques pour plusieurs espèces d'insectes qui, en principe, ne s'attaquent pas aux Crucifères. Plus de 300 glucosinolates ont été mis en évidence chez les Crucifères, Parmi ces composés, la sinigrine s'est révélée avoir un effet stimulant sur la prise de nourriture du Criquet pèlerin.

1.2.2.4. Intérêts socio-économiques :

Les Touaregs récoltent les feuilles de *Schouwia purpurea* dans la nature et les mangent soit cuites, soit séchées sans sel. Les jeunes feuilles apportent aux salades une saveur agréable qui ressemble à celle de la roquette (*Eruca vesicaria* (L.) Cav.). Verte ou sèche, la plante est très recherchée par les chameaux, moins par les autres animaux domestiques, et lorsque les chameaux la consomment fraîche, elle semble diminuer leur besoin en eau. Les plantes sèches servent de combustible [63].

1.2.3. Cornulaca monacantha

1.2.3.1. Description botanique

C'est un sous arbrisseau très rameux dès sa base. Les rameaux ne sont pas articulés. Taille : jusqu'à 1mètre de long. On y observe beaucoup de feuilles réduites et à extrémités très épineuses (fig..12).

Ces feuilles sont alternes épaisses et terminées en longue pointe épineuse. La fleur est composée de 5 étamines alternant avec 5 staminodes très courts, soudés ensemble en cupule enveloppant l'ovaire. Le périgone fructifère dont l'un se termine en soie. Le fruit est ovoïde et la graine a une position verticale au sein du fruit [64].



Fig.12 : Arbrisseau(a), morphologie d'un rameau feuillu (b), de *Cornulaca monacantha*

1.2.3.2. Position systématique

La classification de *C.monacantha* (Delile, 1813) s'établit comme suit [64] :

Règne : Végétal

Embranchement : Angiospermes

Ordre : Caryophyllales

Famille : Amaranthaceae (Chénopodiacées)

Sous famille : Salsoloideae

Genre : *Cornulaca*.

Espèce : *Cornulaca monacantha*.

1.2.3.3. Répartition géographique

Espèce qu'on retrouve dans le désert de l'Afrique du Nord, l'Arabie, le Moyen-Orient, l'Iran. Espèce commune au Sahara méridional et central sauf dans les montagnes, commune au niveau des Glacis limono-sableux (regs légèrement en pente). Limite sud sud de cette espèce marque la fin du Sahara selon (BENRIMA-GUENDOZ ,2005). Elle est fréquente sur le Tassili. Les Touareg l'appelle tahara.

1.2.3.4. Composition biochimique

Cornulaca monacantha est une plante très riche en molécules secondaires notamment les tanins, les flavonoïdes et triterpènes.

1.2.3.5. Intérêts socio-économiques

La décoction de feuilles de *Cornulaca monacantha* est utilisée en tant que médicament traditionnel pour le traitement de la jaunisse et des problèmes de foie et en tant que purgatif. En externe, il est utilisé pour traiter la gale. Malgré ses feuilles épineuses, il procure un bon pâturage aux chameaux et augmenterait l'offre de lait produite par les femelles en lactation[64].

1.2.4. *Schinus molle L.*

1.2.4.1. Description botanique

Schinus molle L. est un arbre persistant à tronc de 5 à 10 mètres de hauteur, ramure arrondie, les feuilles sont vertes de 2 à 6 cm de longueur. Les fleurs sont jaunes verdâtres en panicules ; les fruits pisciformes, à couleur rose, mesure environ 8 mm de diamètre (fig.13) [65].



Fig. 13 : Arbre (a) ,fleurs (b) ,et fruits (c) de *Schinus molle L.*

1.2.4.2. Position systématique

Schinus molle (faux poivrier) est un arbre à feuilles aromatiques appartenant à la famille des *Anacardiaceae*. Il constitue une importante famille des Angiospermes dicotylédones et regroupe environ 60 genres et 500 espèces[66].

D'après QUEZEL et SANTA (1963) [67], la systématique de *S. molle* est la suivante :

Embranchement : Phanérogames ou Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Eudicots

Sous-classe : Dialypétales ou Rosidées

Ordre : Térébintales ou sapindales

Genre : *Schinus*

Espèce : *Schinus molle* (L.)

1.2.4.3. Répartition géographique

Schinus molle L. est un arbre originaire d'Amérique du Sud, introduit dans la plupart des régions tropicales et subtropicales ; l'arbre s'adapte à tous les climats mais il se plaît généralement sur le littoral méditerranéen [68].

1.2.4.4. Composition biochimique

La plante est réputée pour ses propriétés thérapeutiques et son potentiel biopesticide. Des métabolites secondaires ont été mis en évidence chez l'arbre *Schinus molle* L., parmi ces composés : la β -pinène, α -phellandrène, β -phellandrène et p-cymène [64].

1.2.4.5. Intérêts socio-économiques

Cette espèce est utilisée traditionnellement comme plante médicinale (cardiotonique, antihémorragique et antiseptique [68], comme elle présente un effet antifongique[69], antioxydant, et antimicrobien [70].

CHAPITRE 2 : MATÉRIEL ET MÉTHODES

CHAPITRE 2

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Ce présent travail a pour objectif d'évaluer l'activité insecticide (in vivo) des extraits aqueux de *Calotropis procera*, *Cornulaca monacantha*, *Schouwia purpurea* et *Schinus molle* L. sur les larves du cinquième stade : L5 du criquet migrateur *Locusta migratoria*. Nous avons pris en considération les paramètres suivants : Effet sur la morphologie et la mortalité des larves L5 de *L. migratoria* et effet sur la durée du développement du stade L5 au stade imago.

2.1. Matériel animal

Nos essais sont menés sur des larves L5 de *Locusta migratoria* provenant d'une souche récoltée dans le sud Algérien de la région d'Adrar en 2016. L'élevage en masse est conduit dans une salle d'élevage sous conditions de température et humidité contrôlées au niveau du département de lutte anti-acridienne de l'Institut National de la Protection des Végétaux.

2.1.1. L'élevage du criquet migrateur *Locusta migratoria*

L'élevage des adultes du criquet migrateur est réalisé dans une cage parallélépipédique en bois de dimension : 150 x 70 x 55 cm grillagée sur les deux cotés et de l'avant pour l'aération (fig. 14). Elle est munie d'une porte coulissante en plexiglas et de deux fermetures pour faciliter le nettoyage, le renouvellement de la nourriture et la vérification des pondoirs. Ces derniers se trouvent dans les ouvertures à la base de la cage. Ils sont remplis de sable stérilisé et humidifié pour que les femelles puissent déposer leurs oothèques (fig. 15).

Les pondoirs sont mis dans des conditions appropriées pour l'incubation des œufs (fig. 21). Le contrôle de ces pondoirs se fait quotidiennement pour la vérification de l'humidité du sable et les éclosions des œufs, afin d'éviter le dessèchement des œufs et la mort des larves néonates. Ces dernières sont récupérées et mises dans

deux cages réservées à l'élevage des larves de 1^{er}, 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} stades avec les dimensions : 50 x 34 x 35 cm, de forme parallélépipédique en bois, recouvertes d'un tulle moustiquaire à petites mailles, avec une fermeture (fig. 16). Les criquets sont séparés selon les stades larvaires car ils sont très vulnérables lors des mues et les pertes seront ainsi limitées. Les larves de 5^{ème} stade sont élevées dans une cage de la même forme et les mêmes dimensions que celle des adultes (fig.17). Quant à l'alimentation, elle est à base de gazon (fig.18), et un complément de son de blé (fig.19). Les cages utilisées pour l'élevage des témoins et les larves traitées avec les extraits aqueux, sont des boîtes de dimensions : 37 x 18.5 x 12 cm (fig. 20).

2.1.1.1. Les conditions d'élevage

Les conditions d'élevage sont les même pour les larves, imagos et les adultes. A la face supérieure de la cage sont fixées deux lampes qui assurent un éclairage contrôlé. L'utilisation d'une minuterie programmable permet d'instaurer à l'intérieur de la cage une photopériode de 12 heures d'éclairage et de 12heures d'obscurité. L'élevage est soumis à une température de $30 \pm 3^{\circ}\text{C}$. Cette température est largement indispensable à la reproduction. Des récipients en verre contenant de l'eau assurent une humidité relative de 40 à 50%.



Fig.14. Cages d'élevage des adultes



Fig. 15 .Pondoirs d'incubation des œufs



Fig. 16.Cages des larves L1,L2,L3,L4 .



Fig.17. Cages d'élevage des L5



Fig.18. Le gazon (*Stenotaphrum americanum*)



Fig. 19. Son de blé



Fig.20. Cages des larves traitées aux extraits aqueux

2. 2. Matériel végétal

Les plants de *Calotropis procera* (Ait) *Cornulaca monacantha*, *Schouwia purpurea*, proviennent de la wilaya de Tamanrasset qui sont récoltés au mois d'avril 2016 alors que les feuilles de *Schinus molle* L. sont récoltées autour du campus de l'université de Saad Dahlab à Blida.

2.2.1. Préparation des extraits aqueux

Les feuilles de chaque plante ont été étalées, triées et séchées (fig. 21.a), quatre à cinq jours dans une pièce à température ambiante ; ensuite les feuilles sont récupérées sont réduites en poudre (fig. 21.b). La poudre est ensuite stockée dans des sacs à 4° jusqu'à son utilisation ultérieure (fig. 21 .c).



Séchage des feuilles (a)



Broyage des feuilles (b)



Poudre de feuilles conservée dans un sac en papier (c)

Fig. 21 . Étapes de préparation de la poudre des feuilles

2.2.1.1. Méthode d'extraction

La méthode d'extraction utilisée, est l'extraction par agitation qui consiste à maintenir la plante en contact avec l'eau à température ambiante pendant un temps pour extraire les molécules bioactives existantes chez la plante à étudier [71].

Vingt-Cinq grammes de la poudre préparée (fig.22.a) est mis en solution avec 150 ml d'eau distillée pendant 72h dans des flacons hermétiques sous agitation magnétique à la température ambiante du laboratoire(fig. 22.b). Après filtration (fig. 22.c), Le

filtrat récupéré représente une solution mère(D1) (fig. 22.d). Cette solution a été ensuite diluée en 1/2dose(D2) et 1/4 dose (D3) pour nos essais (fig. 22.e).

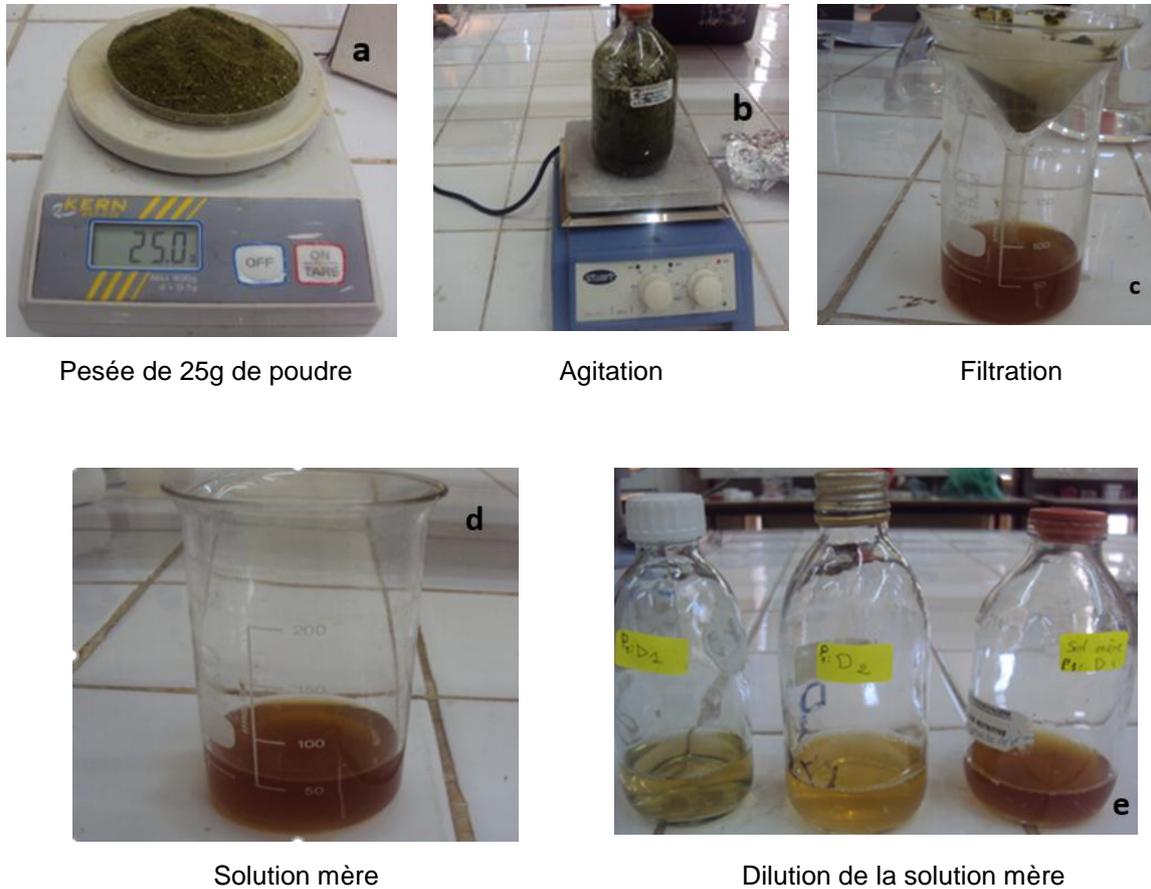


Fig.22 : Différentes étapes d'extractions des extraits aqueux

2.2.2. Application des extraits aqueux

Deux modes d'administration sont préconisés par pulvérisation (contact) et par ingestion ; le traitement par ingestion consiste à alimenter les larves par du gazon (*Stenotaphrum americanum*) traité par l'extrait aqueux alors que le traitement par contact consiste à pulvériser directement les larves avec le phyto extrait cependant le lot d'insectes témoins sont traités à l'eau distillée. La durée du suivi est de 10 jours.

2. 3. Protocol expérimental

2. 3.1. Effet des phyto extraits sur la morphologie et la mortalité des larves L5 de *Locusta migratoria*

Afin de tester l'efficacité des bio préparations ;180 larves sont utilisées pour chaque phyto extrait dont 90 pour le traitement par ingestion et 90 larves pour le traitement par contact. Chaque dose comporte 3 répétitions et chaque répétition comprend 10 larves. Pour le traitement témoin, nous avons testé 60 larves réparties en deux lots : unlot pour le mode contact et un deuxième pour le mode ingestion.

2. 3.2. Effet sur la durée de développement

Nous avons choisi une seule dose la plus faible dose D3 (dose sub létale), afin de suivre l'effet des bio préparations sur le paramètre duré de développement selon les deux modes de traitement. Pour réaliser cette étude ,5 larves sont utilisées pour chaque bio préparation parmi lesquels 5 témoins. Les larves ont été suivies du stade L5 jusqu'à la mue imaginale pour celles qui ont réussi à l'effectuer. Nous avons noté la durée moyenne de développement entre les deux stades, larve et imago.

2.4. Estimation du taux de mortalité

2.4.1. Calcul du pourcentage de mortalité observée

Le pourcentage de mortalité observée chez les larves L5 témoins et traitées a été estimé par la formule suivante :

$$\text{Mortalité observée} = \frac{\text{Nombre d'individus morts}}{\text{Nombre total des individus}} \times 100$$

2.4.2. Calcul des pourcentages de mortalité corrigée

Les pourcentages de mortalité sont corrigés par rapport au témoin par la formule (d'Abbott 1925) [72].

$$\text{Mortalité corrigée} = \frac{\mathbf{M2 - M1}}{\mathbf{100 - M1}} \times \mathbf{100}$$

Avec :

M1 : pourcentage de mortalité dans le témoin

M2 : pourcentage de mortalité dans le lot traité

Si la mortalité du témoin dépasse 20% le test est annulé.

2.5. Analyses statistiques des données

L'analyse statistique a concerné l'évaluation de l'activité insecticide des différentes phytopréparations sur les larves du cinquième stade larvaire *Locusta migratoria*. Les analyses de la variance sont faites sur des moyennes homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de variance (C.V. <15%). La tendance de la variation temporelle des mortalités corrigées des larves a été établie par une analyse en composante principale (A.C.P). La projection des variables sur les deux axes de l'analyse multi variée a été conduite par le logiciel (PAST vers. 1.37). La signification des comparaisons des moyennes a été confirmée par un test de comparaison par paire (Test GLM et le Test Turkey). Les contributions significatives retenues sont .au seuil d'une probabilité de 5%, les calculs ont été déroulés par le logiciel XLSTAT vers 9 [73].

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

CHAPITRE 3

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

3.1. Effets des extraits aqueux sur la morphologie et le taux de mortalité des larves L5 de *L.migratoria*

3.1.1. Effet de l'extrait aqueux de *C. procera* sur les L5 de *Locusta migratoria*

3.1.1.1. Effet sur la morphologie

Il a été remarqué une hyperexcitabilité interrompue par des moments d'immobilité, ainsi que des tremblements des appendices chez les larves traitées par l'extrait aqueux de *Calotropis procera*. D'autre part les individus traités par ingestion ont connu avant leur mort un noircissement de la face ventrale (fig.23).



Fig.23 : Larves L5 de *Locusta migratoria* traitées avec l'extrait aqueux de *C. procera*

3.1.1.2. Effet sur la mortalité

3.1.1.2.1. Évolution temporelle des mortalités des larves L5 de *L. migratoria* sous l'effet de l'extrait aqueux de *Calotropis procera*

Les résultats obtenus par le traitement des larves L5, témoin set traitées avec le phyto extrait de *Calotropis procera* sont portés respectivement sur tableau 14, annexe : E et les tableaux 6 et 7 annexes : A pour les témoins et illustrés sur les figures 24 et 25.

À la lumière des résultats obtenu suite au traitement des larves L5 par *Calotropis procera* par ingestion, un taux de mortalité de 50% est enregistrée au 4^{ème} jour avec la dose D1 qui évolue à 70% au 5^{ème} jour et atteint 100% de mortalité au 9^{ème} jour après traitement alors que le 100% de mortalité est enregistrée au 10^{ème} jour pour la dose D2. D'autre part le taux de mortalité maximale induite par la faible dose D3 est de 76,66 % qui est atteint au 10^{ème} jour.

Cependant chez les larves traitées par contact on a noté un taux de mortalité maximale de 100% avec la dose D1 et la dose D2 au 10^{ème} jour tandis un taux de mortalité maximal de 50% est enregistré par la dose D3 au 10^{ème} jour après traitement.

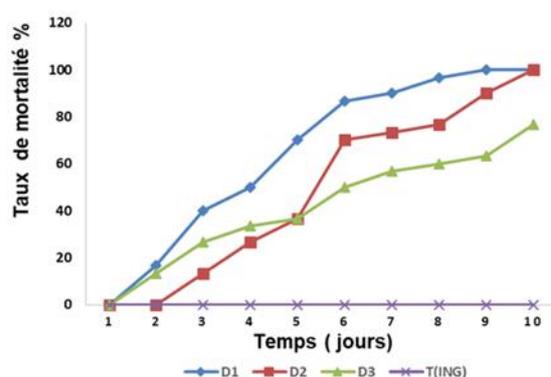


Fig. 24. Évolution temporelle des taux de mortalités des larves L5 de *Locusta migratoria* traitées par ingestion sous l'effet de l'extrait aqueux de *Calotropis procera*

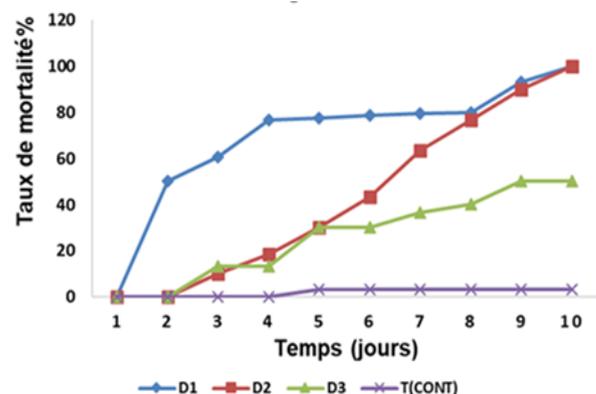


Fig. 25. Évolution temporelle des taux de mortalités des larves L5 de *Locusta migratoria* traitées par contact sous l'effet de l'extrait aqueux de *Calotropis procera*

3.1.1.2. 2. Variation de la mortalité cumulée des L5 de *Locusta migratoria* sous l'effet de l'extrait aqueux de *Calotropis procera*

D'après La comparaison des mortalités observées(fig.26), l'effet de la forte dose par contact de *Calotropis procera* dépasse l'effet de la moyenne dose D2 en terme de mortalité moyenne mais s'ajuste au niveau des mortalités maximales et minimales. (D1 : Q1=0, Q2=78,16, Q3=100) et D2 :(Q1=0, Q2=36,66, Q3=100). D'autre part les faibles doses D3 pour les deux modes d'administration présentent une activité insecticide inférieure comparée aux fortes et moyennes doses en termes de mortalités maximales ; D3 par contact (Q1=0, Q2= 30, **Q3=50**) et D3 par ingestion (Q1=0, Q2=43,33, **Q3=76,66**) obéissant ainsi à un gradient positif D3<D2<D1.

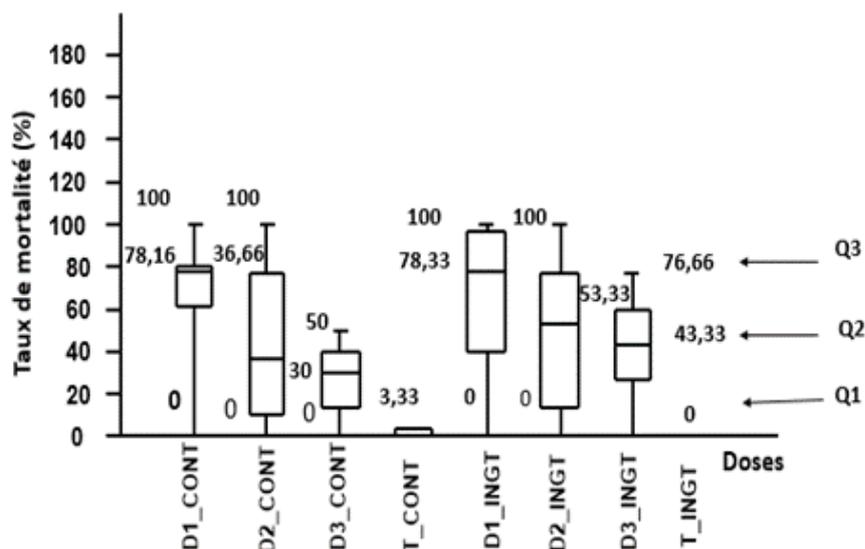


Fig.26. Variation de la mortalité cumulée des L5 de *L. migratoria* sous l'effet de l'extrait aqueux de *C. procera*.

3.1.1.2. 3. Tendance de l'activité larvicide de l'extrait aqueux de *Calotropis procera* sur les L5 de *Locusta migratoria*

L'analyse en composantes principales (A.C.P) effectuée avec le logiciel PAST est satisfaisante pour les paramètres étudiés (facteur mortalité et facteur dose) dans la mesure où plus de 90% de la variance est exprimée sur les deux premiers axes (fig. 27). D'après le graphique de l'analyse multivariée.

Les projections des vecteurs relative aux mortalités corrigées informent que les différentes doses de l'extrait aqueux contact et ingestion du *Calotropis procera* montrent réellement leurs potentiels larvicides à l'égard des larves L5 de *L. migratoria* qu'à partir du 6^{ème} jour d'exposition au traitement et qui s'accroît vers le 7^{ème} et le 8^{ème} jour et se stabilise vers le 9^{ème} et le 10^{ème} jour.

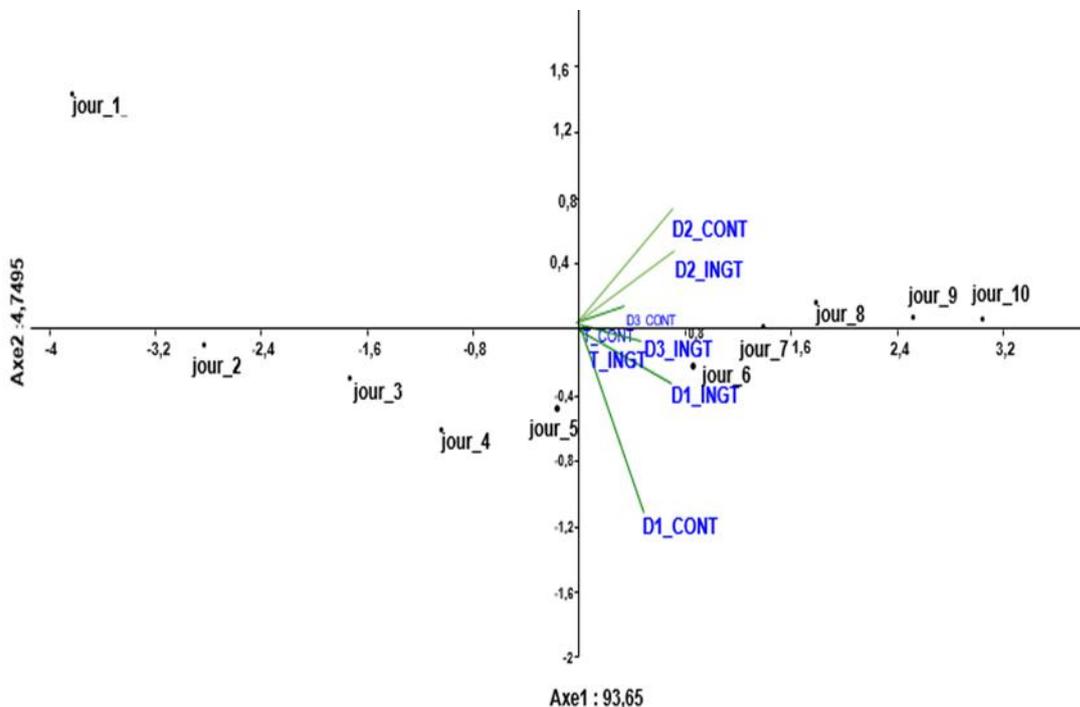


Fig.27. Projection des mortalités corrigées des larves L5de *Locusta migratoria* sous l'effet de l'extrait aqueux de *Calotropis procera* sur les deux axes de L'ACP.

3.1.1.2. 4. Effet larvicide des différentes doses de l'extrait aqueux de *Calotropis procera* sur les L5 de *Locusta migratoria*

Le tableau .1 montre qu'il existe une différence significative entre les larves traitées aux doses D1 et D2 par contact et les témoins ($p < 5\%$) ; on déduit alors que l'extrait aqueux de *Calotropis procera* présente une activité larvicide vis à vis des L5 de *Locusta migratoria* par contact. D'autre part d'après le tableau 3, il existe une différence significative entre les larves traitées aux différentes doses D1 ($p = 0,0002874 < 5\%$), D 2 ($p = 0,01072 < 5\%$) et D3 ($p = 0,04821 < 5\%$) par ingestion et les témoins ainsi on conclut que l'extrait aqueux à base de *Calotropis procera* présente une activité insecticide sur les larves L5 de *Locusta migratoria* par mode ingestion. On note aussi que les différences ne sont pas significatives entre les différentes doses pour les deux modes d'administration on conclut alors que le mode d'administration n'a pas d'effet sur l'efficacité du phytoextrait.

Tableau .1 . Effet des différentes doses et du mode d'administration de l'extrait aqueux de *Calotropis procera*

	D1(CT)	D2(CT)	D3(CT)	T(CT)	D1(IG)	D2(IG)	D3(IG)
D1(CT)		0,3996	0,02253	0,0001664	0,9998	0,6701	0,3316
D2(CT)	2,888		0,8489	0,03532	0,6304	0,9996	1
D3(CT)	4,728	1,84		0,5026	0,05866	0,6036	
T(CT)	7,383	4,495	2,655		0,0002874	0,01072	0,04821
D1(IG)	0,509	2,379	4,219	6,874		0,8672	0,5529
D2(IG)	2,291	0,5964	2,437	5,092	1,782		0,9982
D3(IG)	3,055	0,1675	1,673	4,328	2,546	0,7639	

D1 :dose1, D2 :dose2, D3 :dose3, T:témoin, CT : contact, IG : ingestion

3.1.2. Effet de l'extrait aqueux de *Cornulaca monacantha* sur les L5 de *Locusta migratoria*

3.1.2.1. Effet sur la morphologie :

Chez les larves traitées par ingestion par contact, on a noté une diminution de l'activité motrice suivie par une paralysie des membres. Aussi des taches noires apparentes sur les abdomens après la mort chez les individus traités par ingestion (fig.28).



Fig. .28. Larves L5 de *locusta migratoria* traitées avec l'extrait aqueux de *Cornulaca monacantha*

3.1.2.2. Effet sur la mortalité

3.1.2.2.1. Évolution temporelle des mortalités des L5 de *Locusta migratoria* sous l'effet de *C. monacantha*

Les résultats obtenus par le traitement des larves L5, témoins et traitées avec le phyto extrait de *Cornulaca monacantha* sont portés sur les tableaux 8 et 9 (annexe : B) et illustrés respectivement sur les figures 29 et 30.

Selon les résultats, un taux de mortalité maximale 100% est enregistré dès le premier jour avec la forte dose D1 (par mode contact). Cependant la forte dose D1 (par ingestion) induit un taux de mortalité de 83,33% au premier jour qui atteint à un taux de mortalité maximale 100% durant le 2^{ème} jour. D'autre part, on constate que la mortalité débute avec un taux de 30% à la dose D2 (par ingestion) qui évolue

vers 86,66% de mortalité au 3^{ème} jour et arrive à un taux de mortalité maximale de 100% au 4^{ème} jour.

D'autre part, on constate que la mortalité débute avec un taux de 30% à la dose D2 (par ingestion) et évolue vers 86,66% de mortalité au 3^{ème} jour et arrive à un taux de mortalité maximale de 100% au 4^{ème} jour. Aussi un taux de mortalité de 30% est induit par la faible dose D3 (par ingestion) au premier jour et qui évolue à 50% de mortalité au 7^{ème} jour et atteint un taux maximal de 70% durant le 9^{ème} et le 10^{ème} jour après traitement.

Chez les larves témoins, on a signalé un taux de mortalité de 3,33% au 5^{ème} jour et reste stable durant toute la période d'essai.

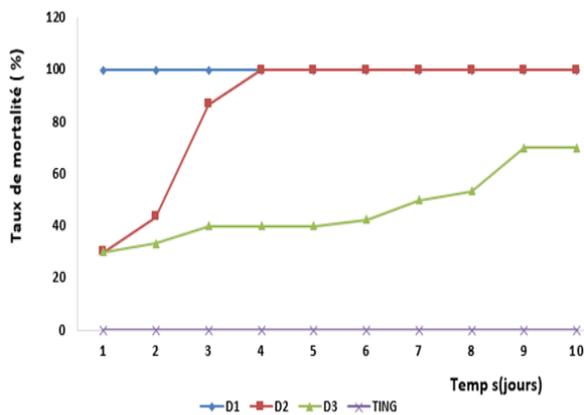


Fig. 29. Évolution temporelle des taux de mortalités des larves L5 de *Locusta migratoria* traitées par ingestion sous l'effet de l'extrait aqueux de *Cornulaca monacantha*

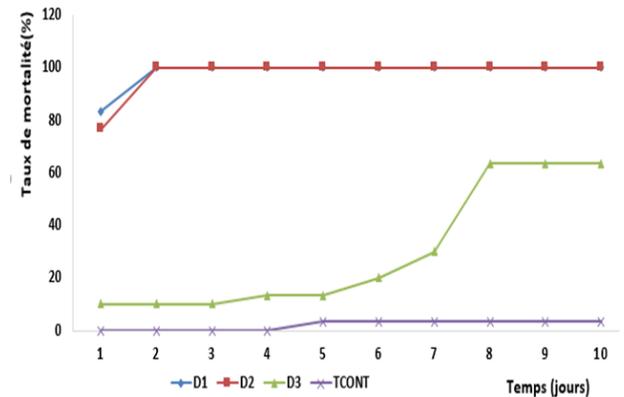


Fig. 30. Évolution temporelle des taux de mortalités des larves L5 de *Locusta migratoria* traitées par contact sous l'effet de l'extrait aqueux de *Cornulaca monacantha*

3.1.2.2.2. Variation de la mortalité cumulée des L5 de *Locusta migratoria* sous l'effet de l'extrait aqueux de *Cornulaca monacantha*

La présentation graphique en Box Plot des données expérimentales est avancée dans le but d'apprécier la variation des mortalités observées sous l'effet des différentes doses de la phytopréparation à base de *Cornulaca monacantha* (Fig. 31).

D'après les boîtes graphiques en Box Plot la forte dose D1 par ingestion présente la plus importante activité larvicide (D1 : Q1=100 ; Q3=100). Cependant l'effet insecticides se rapprochent sous l'action des fortes doses D1(contact) et la moyenne dose D2 par contact(D1 : Q1=100 ; Q 3=83,33) et(D2 : Q1=100 ; Q3=76,66).

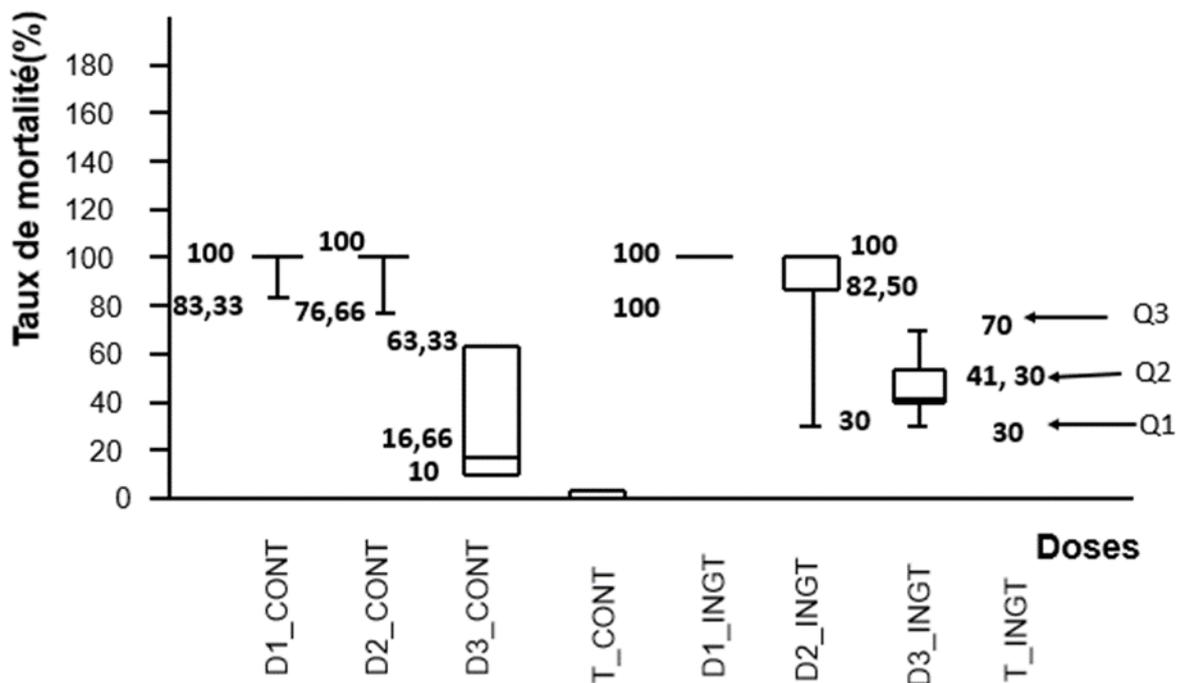


Fig. 31. Variation de la mortalité cumulée des L5 de *Locusta migratoria* sous l'effet de l'extrait aqueux de *Cornulaca monacantha*.

3.1.2.2.3. Tendance de l'activité larvicide de l'extrait aqueux de *Cornulaca monacantha* sur les L5 de *Locusta migratoria*.

L'analyse en composantes principale (A.C.P) effectuée avec le logiciel PAST à partir des valeurs des mortalités corrigées des L5 de *Locusta migratoria* est satisfaisante par les paramètres étudiés (facteur mode d'administration et facteur dose) dans la mesure où plus de 90% d la variance est exprimée sur les deux premiers axes (fig. 32).

D'après les projections des vecteurs relatifs aux mortalités corrigées, on note que les différentes doses des phytopréparations exercent réellement leur potentiel larvicide à l'égard des larves L5 de *Locusta migratoria* qu'à partir du 4^{ème} jour après traitement se stabilise au cour du 5^{ème} jour et s'accroît vers le 6^{ème}, 7^{ème} et 8^{ème} jour. et demeure constant au 9^{ème} et 10^{ème} jour.

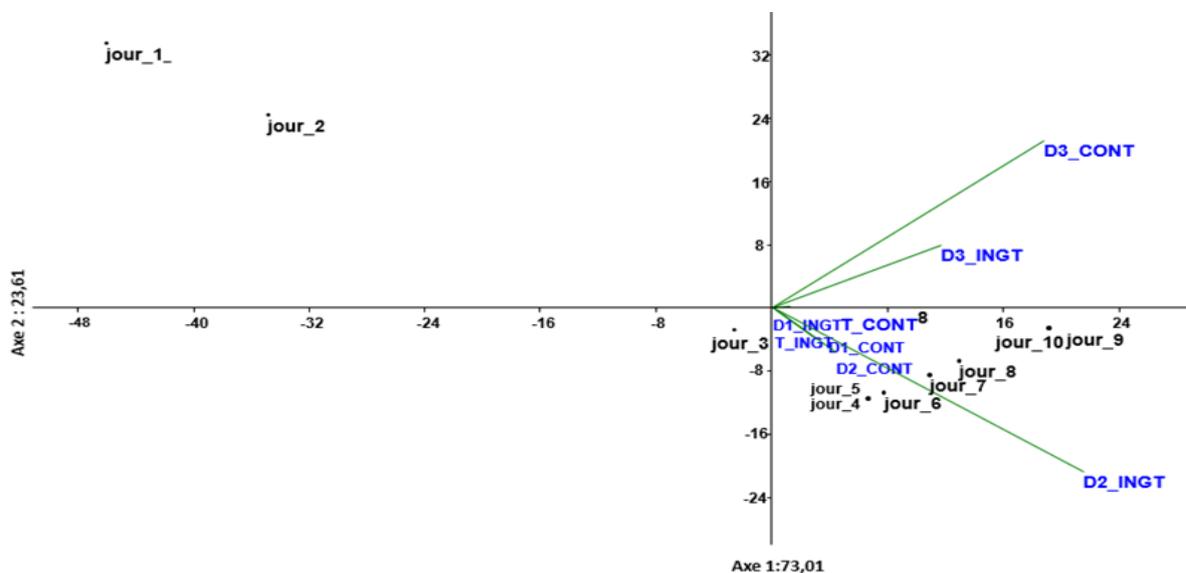


Fig. 32 .Projection des mortalités corrigées des larves L5de *Locusta migratoria* sous l'effet de l'extrait aqueux de *Cornulaca monacantha* sur les deux axes de L'ACP.

3.1.2.2.4. Effet larvicide des différentes doses de l'extrait aqueux de *Cornulaca monacantha* sur les L5 de *Locusta migratoria*

Le test ANOVA (tableau.2) révèle qu'il existe une différence hautement significative entre les témoins et les traités par mode contact respectivement pour les trois doses la forte dose D1 ($p=0,0001382<5\%$), D2 ($p=0,0001382<5\%$), D3 ($p=0,004316<5\%$), on déduit ainsi que la bio préparation de *Cornulaca monacantha* exerce un effet acridicide sur les L5 de *Locusta migratoria* par mode contact.

Par ailleurs la bio préparation à base de *Cornulaca monacantha* s'avère toxique par mode ingestion puisqu'il existe une différence hautement significative entre les témoins et les traités pour les trois doses D 1 ($p=0,0001074<5\%$), D2($p=0,0001382$), D3 ($p=0,0001387$). Cependant le mode d'administration ne présente pas d'effet sur l'activité biocide du phyto extrait de *Cornulaca monacantha* puisque $p>5\%$ pour les différentes doses.

Tableau 2 : Effet larvicide des différentes doses et du mode d'administration de l'extrait aqueux de *Cornulaca monacantha*

	D1(CT)	D2(CT)	D3(CT)	T(CT)	D1(IG)	D2(IG)	D3(IG)
D1(CT)		1	0,0001382	0,0001382	0,5045	0,531	0,0001382
D2(CT)	0,1308		0,0001382	0,0001382	0,5805	0,5905	0,0001382
D3(CT)	13,47	13,34		0,004316	0,0366	0,0001382	0,178
T(CT)	18,9	18,77	5,427		0,0001074	0,0001382	0,0001387
D1(IG)	2,209	2,399	14,09	6,874		11,86	0,0001735
D2(IG)	2,419	0,5964	2,288	11,05	16,48		0,0001537
D3(IG)	10,09	0,1675	9,958	3,38	8,807	7,669	

D1 : dose 1, D2 : dose 2, T : témoin, CT : contact, IG : ingestion.

3.1.3. Effet de l'extrait aqueux *Schouwia purpurea* sur les L5 de *Locusta migratoria*

3.1.3.1. Effet sur la morphologie

Aucun changement morphologique n'a été observé sur les larves traitées.

3.1.3.2. Effet sur la mortalité

3.1.3.2.1. Évolution temporelle des mortalités des larves L5 de *Locusta migratoria* sous l'effet de l'extrait aqueux de *Schouwia purpurea*

Les résultats obtenus par le traitement des larves L5, témoins et traitées avec le phyto extrait de *Schouwia purpurea* sont portés sur les tableaux 10 et 11 (annexe : C) et illustrés respectivement sur les figures 33 et 34. D'après les résultats, on constate que la forte dose D1 par contact provoque un taux de mortalité de 10% au 7^{ème} jour, qui augmente à 13,33 au 8^{ème} jour et reste stable au cours du 9^{ème} et 10^{ème} jour. Cependant les taux de mortalité sont nuls chez les larves traitées par la moyenne : D2 et faible dose D3 par contact. Par mode ingestion seule la forte dose D1 induit un taux de mortalité de 10% au 6^{ème} jour et augmente pour atteindre 13,33% ; tandis que par la demi-dose, la mortalité débute au 8^{ème} jour et ne dépasse pas le taux de 10%.

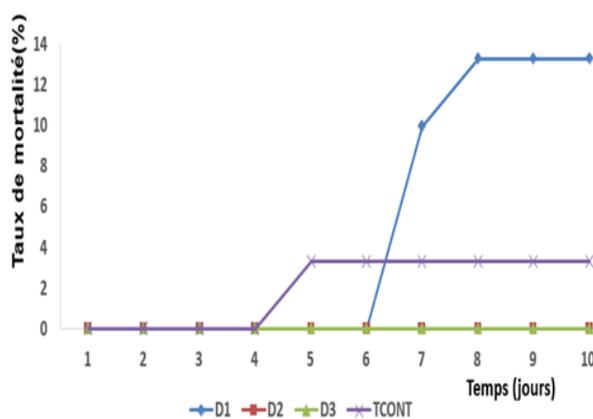


Fig. 33. Evolution temporelle des taux de mortalités des larves L5 de *Locusta migratoria* traitées par contact sous l'effet de l'extrait aqueux de *Schouwia purpurea*

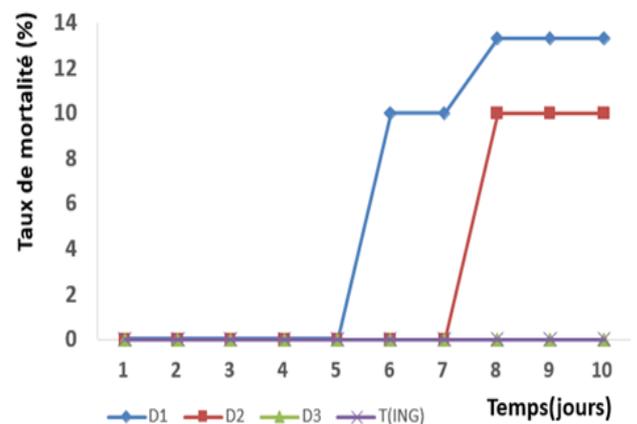


Fig. 34. Evolution temporelle des taux de mortalités des larves L5 de *Locusta migratoria* traitées par ingestion sous l'effet de l'extrait aqueux de *Schouwia purpurea*

3.1.3.2.2. Variation de la mortalité cumulée des L5 sous l'effet de l'extrait aqueux de *Schouwia purpurea*

La comparaison des mortalités observées sous l'effet des fortes doses annonce une similarité d'effet des fortes doses au niveau des mortalités maximales et minimales, la forte dose D1 par ingestion (Q1=0 ; Q3=13,33) et D1 par contact (Q1=0 ; Q2=5 ; Q3=13,33) (fig.35). Par ailleurs la moyenne dose D2 (par mode ingestion) induit un taux de mortalité maximale de 10%. Cependant la demi-dose par contact ainsi que les faibles doses affichent des mortalités maximales et minimales nulles de ceux on peut déduire que l'extrait de plante de *Schouwia purpurea* ne présente aucune action insecticide sur les larves du 5^{ème} stade de *Locusta migratoria*.

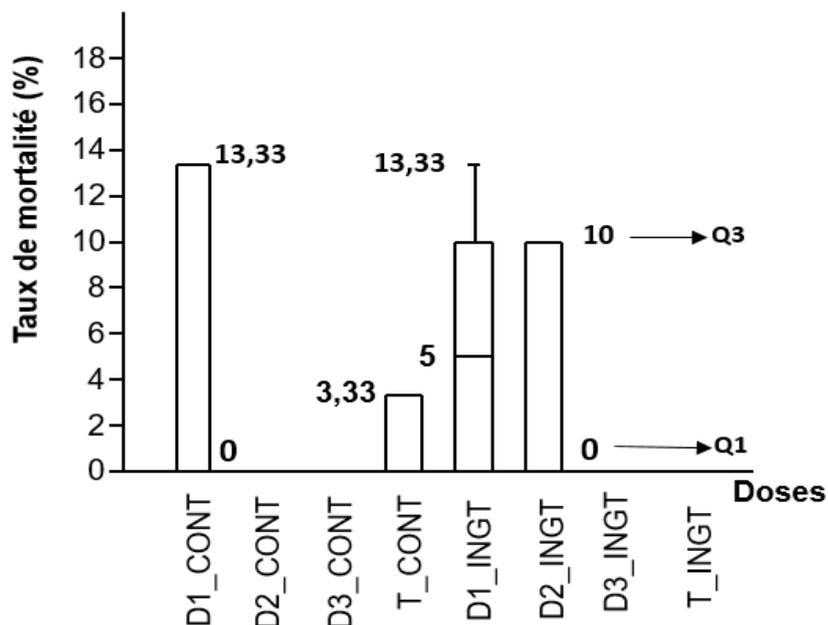


Fig.35 : Variation de la mortalité cumulée des L5 de *Locusta migratoria* sous l'effet de l'extrait aqueux de *Schouwia purpurea*

3.1.3.2.3. Tendance de l'activité larvicide de l'extrait aqueux de *Schouwia purpurea* sur les L5 de *Locusta migratoria*

D'après les projections des vecteurs relatifs aux mortalités corrigées, on a enregistré des mortalités des larves L5 de *Locusta migratoria* à partir qu'à partir du 8^{ème} jour après traitement se stabilise au cours du 9^{ème} jour et 10^{ème} jour (fig. 36).

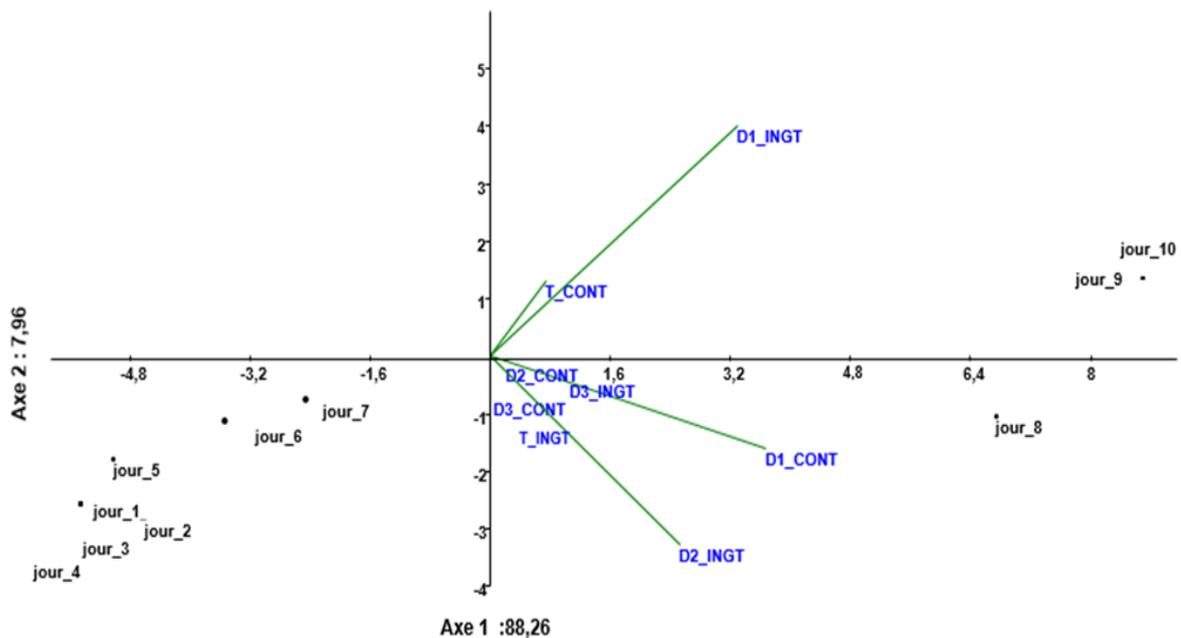


Fig. 36. Projection des mortalités corrigées des larves L5 de *Locusta migratoria* sous l'effet de l'extrait aqueux de *Schouwia purpurea* sur les deux axes de l'ACP .

3.1.3.2.4. Effet larvicide des différentes doses de l'extrait aqueux de *Schouwia purpurea* sur les L5 de *Locusta migratoria*

L'extrait aqueux de *Schouwia purpurea* ne montre aucun effet larvicide vis-à-vis des larves L5 de *Locusta migratoria* pour toutes les doses avec les deux modes de pénétration étant donné que la différence n'est pas significative entre les témoins et le traitées D1 par mode contact ($p=0,5668 > 5\%$), et D1 par ingestion ($p= 2,253 > 5\%$) (tableau.3).

Tableau 3 : Effet larvicide des différentes doses et du mode d'administration de l'extrait aqueux de *Schouwia purpurea*

	D1(CT)	T(CT)	D1(IG)	D2(IG)
D1(CT)		0,5668	0,9915	0,8212
T(CT)	1,843		0,3953	0,972
D1(IG)	0,4097	2,253		0,6567
D2(IG)	1,228	0,6155	1,638	

D1 : dose 1, D2 : dose 2, T : témoin, CT : contact, IG : ingestion.

3.1.4. Effet de l'extrait aqueux de *Schinus molle* L. sur les L5 de *Locusta migratoria*

3.1.4.1. L'effet sur la morphologie

Les larves L5 traitées par la biopréparation de *Schinus molle* L. présentent des modifications morphologiques au niveau de la coloration : les larves deviennent complètement rouges (fig.37).



Fig. 37. Larves L5de *Locusta migratoria* traitées par l'extrait aqueux de *Schinus molle* L.

3.1.4.2. Effet sur la mortalité

3.1.4.2.1. Évolution temporelle des mortalités des larves L5 de *L. migratoria* sous l'effet de l'extrait aqueux de *Schinus molle*

Les résultats obtenus par le traitement des larves L5, traitées avec le phyto extrait de *Schinus molle* L. sont portés sur les tableaux 12 et 13 (annexe : D) et illustrés respectivement par les figures 38 et 39.

Suite aux résultats obtenus après le traitement des larves L5 par *Schinus molle* par contact, on constate que le taux de mortalité atteint 50% avec la dose D1 (forte dose) et 13,33% à la dose D2 au 5^{ème} jour. Le 100% de mortalité est enregistré au 7^{ème} jour pour la dose D1 et au 9^{ème} jour avec la dose D2. Cependant la dose D3 induit un taux de mortalité maximale de 50% au 9^{ème} jour après traitement (Fig. 3).

D'autre part, chez les larves L5 traitées par ingestion le taux de mortalité final est de 100%. (Fig. 2).

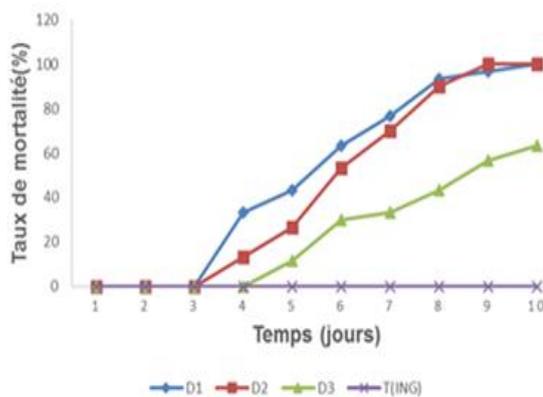


Fig. 38. Évolution temporelle des taux de mortalités des larves L5 de *L. migratoria* traitées par ingestion sous l'effet de l'extrait aqueux de *S. molle*

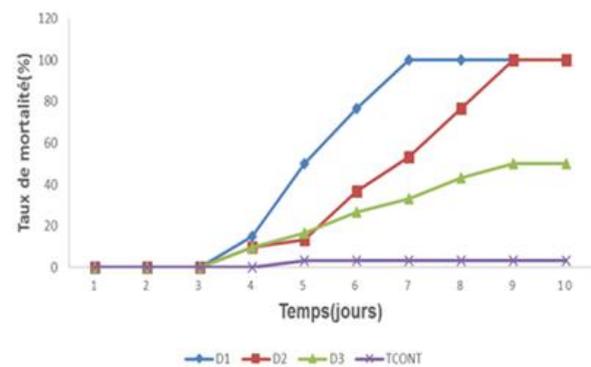


Fig. 39. Evolution temporelle des taux de mortalités des larves L5 de *L. migratoria* traitées par contact sous l'effet de l'extrait aqueux de *S. molle*.

3.1.4.2.2. Variation de la mortalité cumulée des L5 de *Locusta migratoria* sous l'effet de l'extrait aqueux de *Schinus molle*

Les boîtes graphiques en Box Plot (fig.40) , montrent que les taux de mortalité corrigé se rapprochent sous l'effet des fortes doses de la phyto préparation D1 par contact (Q1=0, Q2=63,33, Q3=100) et D1 ingestion (Q1=0, Q2 =53,33, Q3 =100) ; cependant la dose D1 (par contact) se montre plus performante que la demi dose D2 par contact (Q1=0, Q2 = 24, 99, Q3=100), et la dose D2 se montre plus efficace que la quart dose D3 par contact (Q1= 0,Q2=21,66,Q3= 50) obéissant à un gradient positif $D3 < D2 < D1$.

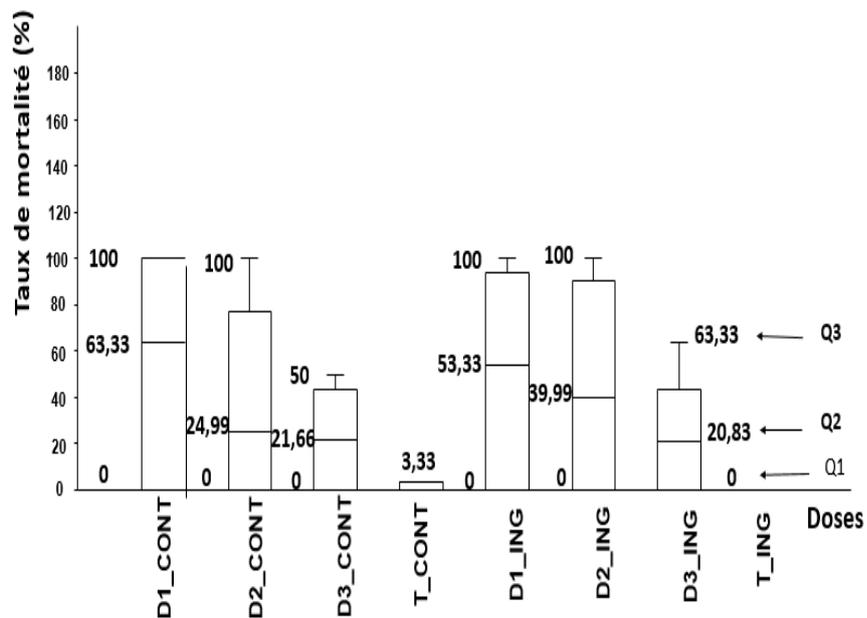


Fig. 40. Variation de la mortalité cumulée des L5 de *Locusta migratoria* sous l'effet de l'extrait aqueux de *Schinus molle*

3.1.4.2.3. Tendance de l'activité larvicide de l'extrait aqueux de *Schinus molle* L. sur les L5 de *Locusta migratoria*

L'analyse en composantes principales (A.C.P) effectuée avec le logiciel PAST est satisfaisante pour les paramètres étudiés (facteur mortalité et facteur dose) dans la mesure où plus de 90% de la variance est exprimée sur les deux premiers axes (fig.41).

D'après le graphique de l'analyse multivariée, la mortalité de l'ensemble des échantillons à différentes doses débute au 6^{ème} jour après traitement et augmente dans le temps.

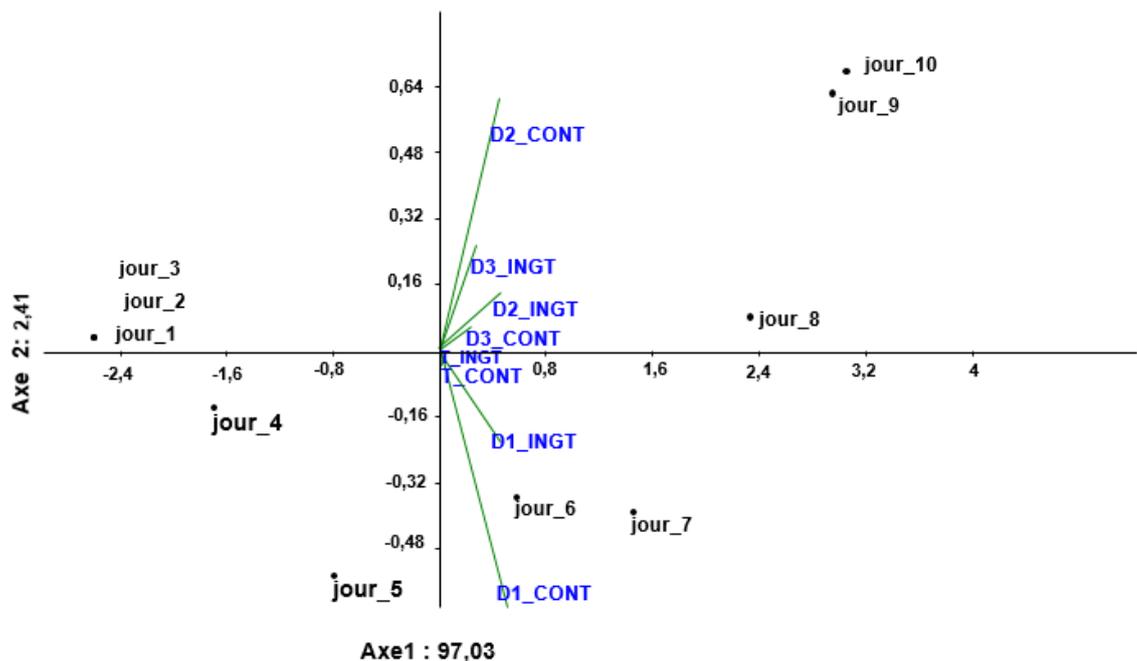


Fig.41.Projection des mortalités corrigées des larves L5 de *Locusta migratoria* de l'extrait aqueux de *Schinus molle* sur les deux axes de l'ACP.

3.1.4.2.4. Effet larvicide des différentes doses de l'extrait aqueux de *Schinus molle* sur les L5 de *Locusta migratoria*

On note qu'il existe une différence significative entre les larves traitées avec la forte dose D1 par contact et les témoins ($p=0,0205<5\%$), de même que la différence est significative entre la dose D1 par ingestion ($p=0,0382<5\%$) et témoin par contact, ce qui nous permet de déduire que les doses pures pour les modes de pénétration (par contact ou ingestion) du phytoextrait de *Schinus molle* présentent un effet toxique sur les larves L5 de *Locusta migratoria*. Cependant le mode d'administration ne présente pas d'effet sur l'activité insecticide de l'extrait aqueux de *Schinus molle* étant donné que $p>5\%$ pour toutes les doses.

Tableau. 4. Effet larvicide des différentes doses et du mode d'administration de L'extrait aqueux de *Schinus molle*

	D1(CT)	D2(CT)	D3(CT)	T(CT)	D1(IG)	D2(IG)	D3(IG)
D1(CT)		0,9563	0,4147	0,0205	1	0,9974	0,448
D2(CT)	1,388		0,9437	0,2183	0,9883	0,9996	0,9563
D3(CT)	2,852	1,464		0,821	0,5594	0,7752	1
T(CT)	4,774	3,386	1,922		0,0382	0,0907	0,793
D1(IG)	0,3205	1,068	2,532	4,454		0,9999	0,5948
D2(IG)	0,8085	0,5797	2,044	3,966	0,488		0,8044
D3(IG)	2,776	1,388	0,07623	1,998	2,456	1,968	

D1 :dose1, D2 :dose2, D3 :dose3, T : témoin, CT : contact, IG : ingestion

3.2. Effet des phyto extraits sur la durée de développement du stade L5 au stade imago de *L. migratoria*

Les résultats obtenus des durées moyennes de développement des L5 à l'imago sont portés sur les tableaux 15 et 16(annexes E et F), et illustrés par les figures 42 et 43.

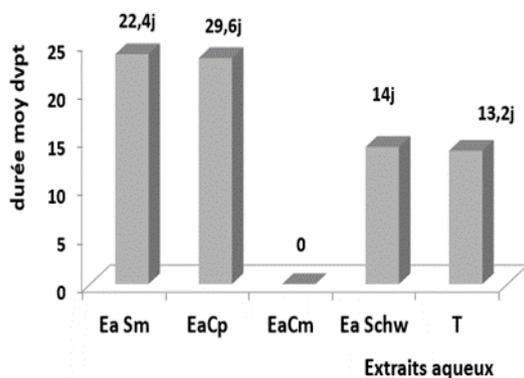


Fig. 42. Durées moyennes de développement des larves L5 de *L. migratoria* traitées par ingestion

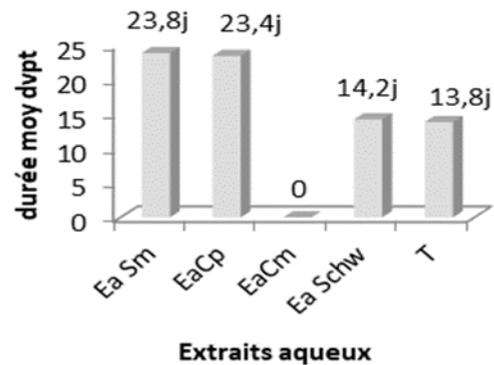


Fig.43. Durées moyennes de développement des larves L5 de *L. migratoria* traitées par contact

On constate que La plus longue durée de développement (29,4jours) a été enregistrée par application des extraits aqueux de *Calotropis procera* par mode d'ingestion (fig. 42), alors que les larves traitées par les extraits aqueux de *Schinus molle* sont arrivées au stade imago respectivement 23,8 jours après traitement par contact et 22,4 jours par d'ingestion. En revanche, la phytopréparation produit à base de *Schouwia purpurea* ne présente aucun effet sur la durée de développement des L5 au stade imago puisque les individus traités ont réalisé normalement leur mue imaginale dans un délai de 13,8 jours par mode contact (fig. .43) et 13,2jours par ingestion. Les larves traitées par l'extrait de *Cornulaca monacantha* sont mortes avant d'atteindre le stade imago. Les extraits aqueux respectivement de *Calotropis procera* et de *Schinus molle* ont provoqué un retard important par rapport au témoin.

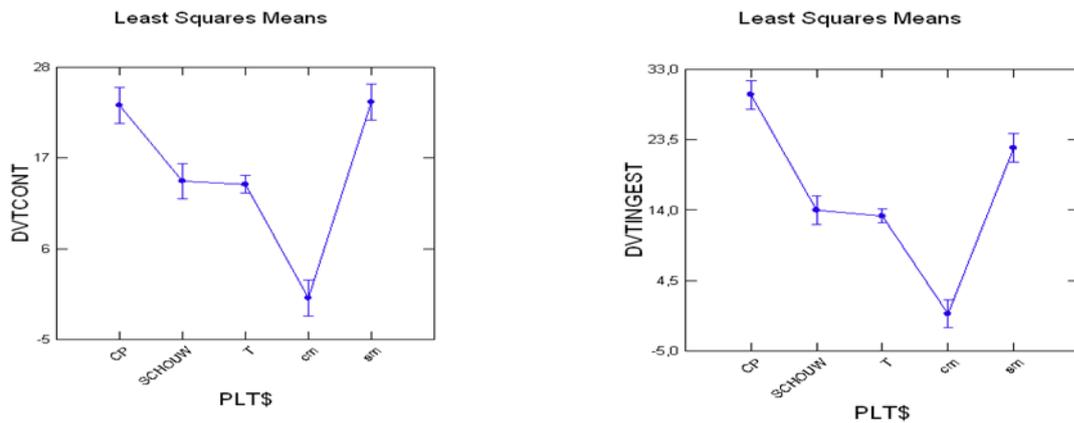


Fig. 44. Effets comparés des différents extraits aqueux sur la durée de développement des L5 de *Locusta migratoria* par contact et par ingestion.

CP : *C. procera* .cm : *C. monacantha* .sm : *S. molle*. SCHOUW : *Schouwia purpurea*. T : témoin. DVT : développement. CONT : mode contact. INGEST : mode ingestion

Les résultats montrent que la durée de développement des larves varie selon le type de traitement cependant la durée maximale est enregistrée avec la phyto préparation de *Calotropis procera* suivie de *S. molle* (fig.44) par mode ingestion. Alors que le traitement témoin et le bioessai *Schouwia purpurea* enregistrent la même durée de développement et ce pour les deux modes d'application.

Tableau 5 : Résultats de l'analyse de variance (modèle G.L.M) de l'effet des phyto extraits sur la durée de développement du stade L5 au stade imago de *L. migratoria*

Source	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
PLT (cont)	4	633,375	142,469	0
PLT (ings)	4	472,44	84,315	0

L'analyse de la variance (montre qu'il existe une différence significative entre les durées de développement enregistrées par les larves traitées pour les deux modes d'administrations comparées aux témoins puisque. ($p < 0,05$). (Tableau .1)

CHAPITRE 4 : DISCUSSIONS

CHAPITRE 4

DISCUSSIONS

4.1. Effet des extraits aqueux sur la morphologie et la mortalité des larves L5 de *Locusta migratoria*

4.1.1. Effet de l'extrait aqueux de *Calotropis procera* sur les larves L5 de *Locusta migratoria*

À la lumière des résultats obtenus suite au traitement des larves L5 par *Calotropis procera* par ingestion, un taux de mortalité de 50% est enregistré au 4^{ème} jour avec la dose D1 qui évolue à 70% au 5^{ème} jour et atteint 100% de mortalité au 9^{ème} jour après traitement alors que le 100% de mortalité est enregistré au 10^{ème} jour pour la dose D2. D'autre part le taux de mortalité maximale induite par la faible dose D3 est de 76,66% qui est atteint au 10^{ème} jour.

Cependant chez les larves traitées par contact on a noté un taux de mortalité maximale de 100% avec la dose D1 et la dose D2 au 10^{ème} jour tandis un taux de mortalité maximal de 50% est enregistré par la dose D3 au 10^{ème} jour après traitement.

D'après la comparaison des mortalités observées, l'effet de la forte dose par contact de *Calotropis procera* dépasse l'effet de la moyenne dose D2 en terme de mortalité moyenne mais s'ajuste au niveau des mortalités maximales et minimales. (D1 : Q1=0, Q2=78,16, Q3=100) et D2 : (Q1=0, Q2=36,66, Q3=100). D'autre part les faibles doses D3 pour les deux modes d'administration présentent une activité insecticide inférieure comparée aux fortes et moyennes doses en terme de mortalités maximales ; D3 par contact (Q1=0, Q2= 30, Q3=50) et D3 par ingestion (Q1=0, Q2=43,33, Q3=76,66) obéissant ainsi à un gradient positif D3<D2<D1.

Par ailleurs, L'analyse en composantes principales (A.C.P) révèle que les différentes doses de l'extrait aqueux contact et ingestion du *Calotropis procera* montrent réellement leurs potentiels larvicides à l'égard des larves L5 de *L. migratoria* qu'à

partir du 6^{ème} jour d'exposition au traitement et qui s'accroît vers le 7^{ème} et le 8^{ème} jour et se stabilise vers le 9^{ème} et le 10^{ème} jour.

L'extrait aqueux de *Calotropis procera* présente une activité larvicide vis à vis des L5 de *Locusta migratoria* par ingestion car il existe une différence significative entre les larves traitées aux différentes doses D1 ($p=0,0002874 < 5\%$), D 2 ($p=0,01072 < 5\%$) et D3 ($p=0,04821 < 5\%$) et les témoins. De même, l'extrait aqueux à base de *Calotropis procera* présente une activité insecticide sur les larves L5 de *Locusta migratoria* par mode contact ($p < 5\%$). Alors que le mode d'administration n'a pas d'effet sur l'efficacité du phyto extrait.

Nos résultats sur *Locusta migratoria* concernant la mortalité chez les larves du cinquième stade concordent à ceux obtenus chez *Schistocerca gregaria* traités à l'extrait aqueux de *Calotropis procera* ABASSI *et al* (2004). Les larves du cinquième stade de *Schistocerca gregaria* traitées à l'extrait de feuilles de *Calotropis procera*, montrent une hyperexcitabilité interrompue par des moments d'immobilité, des tremblements intenses des appendices et de segments abdominaux aussi une baisse de poids et une perte en eau (défécation) sous forme de fèces humides et de transpiration intense (gouttelettes sur le bord interne des rodeaux) [9].

D'après le même auteur l'extrait brut de feuilles de *Calotropis procera* provoque une mortalité de 100% atteint au bout de du 15^{ème} jour du début du traitement ; en outre cet extrait provoque chez les imagos un arrêt du développement ovarien chez les femelles et une absence de maturité sexuelle chez les mâles. Les profondes perturbations physiologiques sont dues à l'action des alcaloïdes de la plante, dont les précurseurs sont des histamines [74]. Celles-ci se manifestent par des troubles de l'équilibre et des mouvements convulsifs. Ces manifestations résultent des altérations du système nerveux des individus. L'action neurotoxique et organohalogène de ces alcaloïdes a été déjà observée chez les vertébrés [75].

Par ailleurs, ces troubles nerveux s'accompagnent d'une perte en eau résultant d'une défécation intense, qui témoigne d'un dérèglement du processus de la régulation hydrique, ce phénomène a été constaté chez les insectes exposés à des insecticides organohalogènes [76]. Ainsi une perte en eau réduit le volume de l'hémolymphe, ce liquide circulant qui véhicule les substances nécessaires

déroulement normal des différents processus physiologiques du criquet, ce qui entraîne des troubles à tous les niveaux hormonaux.

D'autre part la diminution de la prise de la nourriture constaté suite au traitement par l'extrait de *Calotropis procera* résulte de la présence de substances anti-appétantes, inhibant la prise de nourriture chez *schistocerca gregaria* dont les terpénoïdes, les alcaloïdes, les flavonoïdes et les composées phénoliques contenus dans la plante [77].

Aussi, l'inappétence de *Calotropis procera*, des effets analogues ont été obtenus chez le criquet *Poekilocerus pictus*, en le traitant avec les extraits de *Calotropis gigantia* [78].

Aussi, les métabolites secondaires notamment les terpénoïdes, les alcaloïdes sont à l'origine du blocage du développement ovarien et de la vitellogenèse chez les femelles et l'absence de la maturité sexuelle chez les mâles. En effet les extraits de la plante sont connus pour leur effet abortif et anti -sperme chez les mammifères [79]. Des effets anti-fertilisants sont observés chez *Poekilocerus pictus* traité par l'extrait de *Calotropis procera*[80].

4.1. 2. Effet de l'extrait aqueux de *Cornulaca monacantha* sur les larves L5 de *Locusta migratoria*

Selon les résultats, un taux de mortalité maximale 100% est enregistré dès le premier jour avec la forte dose D1 (par mode contact). Cependant la forte dose D1 (par ingestion) induit un taux de mortalité de 83,33% au premier jour qui atteint à un taux de mortalité maximale 100% durant le 2^{ème} jour. D'autre part, on constate que la mortalité débute avec un taux de 30% à la dose D2 (par ingestion) qui évolue vers 86,66% de mortalité au 3^{ème} jour et arrive à un taux de mortalité maximale de 100% au 4^{ème} jour.

D'autre part, on constate que la mortalité débute avec un taux de 30% à la dose D2 (par ingestion) et augmente à 86,66% de mortalité au 3^{ème} jour et arrive à un taux de mortalité maximale de 100% au 4^{ème} jour. Aussi un taux de mortalité de 30% est induit par la faible dose D3 (par ingestion) au premier jour et qui évolue à 50% de

mortalité au 7^{ème} jour et atteint un taux maximal de 70% durant le 9^{ème} et le 10^{ème} jour après traitement.

D'après les boîtes graphiques en Box Plot la forte dose D1 par ingestion présente la plus importante activité larvicide (D1 : Q1=100 ; Q3=100). Cependant l'effet insecticides se rapprochent sous l'action des fortes doses D1 (contact) et la moyenne dose D2 par contact D1 : Q1=100 ; Q3=83,33) et D2 : Q1=100 ; Q3=76,66).

Selon, les projections des vecteurs relatifs aux mortalités corrigées, on note que les différentes doses des phytopréparations exercent réellement leur potentiel larvicide à l'égard des larves L5 de *Locusta migratoria* qu'à partir du 4^{ème} jour après traitement se stabilise au cours du 5^{ème} jour et s'accroît vers le 6^{ème}, 7^{ème} et 8^{ème} jour. et demeure constant au 9^{ème} et 10^{ème} jour.

Les résultats montrent que la biopréparation à base de *Cornulaca monacantha* exerce un effet acaricide sur les L5 de *Locusta migratoria* par mode contact étant donné qu'il existe une différence hautement significative entre les témoins et les traités par mode contact respectivement pour les trois doses la forte dose D1 ($p=0,0001382 < 5\%$), D2 ($p=0,0001382 < 5\%$), D3 ($p=0,004316 < 5\%$).

Aussi, la bio préparation à base de *Cornulaca monacantha* s'avère toxique par mode ingestion puisqu'il existe une différence hautement significative entre les témoins et les traités pour les trois doses D1 ($p = 0,0001074 < 5\%$), D2 ($p = 0,0001382$), D3 ($p=0,0001387$). Cependant le mode d'administration ne présente pas d'effet sur l'activité biocide du phytoextrait de *Cornulaca monacantha* puisque $p > 5\%$ pour les différentes doses. En outre le mode d'administration n'a pas d'effet sur l'activité insecticide de l'extrait de *Cornulaca monacantha*.

L'activité insecticide de l'extrait de *Cornulaca monacantha* est générée par des substances secondaires répulsives ou anti-appétantes chez *Cornulaca monacantha* sur le criquet migrateur *Locusta migratoria*.

L'activité biologique de *Cornulaca monacantha* n'a pas été citée dans la littérature scientifique. Cependant des polyphénols ont été isolés dans les parties aériennes de *Cornulaca monacantha* [81].

L'extrait aqueux des plantes de la même famille des *Chénopodiacées* notamment : *Arthrocnemum salicornicum*, *Halopeplis perfoliata*, *Salsolaimbricata*, *Sadlitzia rosmarius* a montré une forte activité antimicrobienne contre *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*. La toxicité des bio préparations est induite par des métabolites secondaires dont les polyphénols qui ont été identifiés par l'analyse chromatographique (Al Sale [82]).

D'autre part l'extrait de l'écorce de tige de *Streblus asper* riche en en polyphénols a révélé une activité insecticide sur les larves du cinquième stade de *Dysdercus cingulatus*[83], aussi les composés phénoliques de l'extrait de feuilles de tomate inhibent la croissance des larves d'*Heliothis zea*[84].

L'analyse chromatographique a révélé la présence de phénols, dans l'extrait de feuilles *Chénopodium murale* de la famille des *Chénopodiacées* [85].

On distingue des composés phénoliques ou les poly phénols : les flavonoïdes, les acides phénoliques (phénols simples), les lignanes, les stilbènes, les coumarines, et les tannins [86].

Des triterpènes sont isolés dans l'extrait de feuilles de *Cornulaca monacatha* comme l'acide manevalique et l'acide azizique (KHALIFA,2000) [87]. Des tri terpènes isolés sur *Mentha piperica* appliqués par ingestion provoquent la mortalité de 100% des adultes de *Schistocerca gregaria* au 3^{ème} jour après traitement[88].

De même des traitements par des triterpènes sont avérés toxiques à l'égard desdeux coléoptères *Sitophilus oryzae*et *Rhizopertha dominica* [89].

Le noircissement de la face ventrale chez les individus traités par les triterpènes d'olivier est à l'origine de réaction enzymatique de la toxine d'après Tan Karidan (2001)[90].

Par ailleurs une étude a montré que les triterpènes sont toxiques et prolonge la vie nymphale de *Tribolium casteneum* ; deux modes d'action toxiques (antibiose) et antixénose responsables de l'activité de plusieurs triterpènes)[91].

4.1.3. Effet de l'extrait aqueux *Schouwia purpurea* sur les L5 de *Locusta migratoria*

D'après les résultats, on déduit que l'extrait aqueux de *Schouwia purpurea* ne présente aucun effet larvicide sur les larves L5 de *Locusta migratoria* pour toutes les doses étant la différence n'est pas significative entre les larves témoins et les traitées par le mode contact (0,5668) et ingestion ($p=2,253\%$).

Cependant des taux de mortalités 10% sont enregistrées au 7^{ème} jour avec la dose D1 par contact et qui augmente à 13,33% au 8^{ème} jour et reste stable au 9^{ème} jour ; de même la forte dose D1 par ingestion induit un taux de mortalité de 10% au 6^{ème} et atteint 13,33%. Cependant les taux de mortalité sont nuls chez les larves traitées par la moyenne : D2 et faible dose D3 par contact.

D'autre part, La comparaison des mortalités observées sous l'effet des fortes doses annonce une similarité d'effet des fortes doses au niveau des mortalités maximales et minimales, la forte dose D1 par ingestion ($Q1=0$; $Q3=13,33$) et D1 par contact ($Q1=0$; $Q2=5$; $Q3=13,33$). Par ailleurs la moyenne dose D2 (par mode ingestion) induit un taux de mortalité maximale de 10%. Alors que la demi-dose par contact ainsi que les faibles doses affichent des mortalités maximales et minimales nulles de ceux on peut déduire que l'extrait de plante de *Schouwia purpurea* ne présente aucune action insecticide sur les larves du 5^{ème} stade de *Locusta migratoria*.

Cette inefficacité du phyto extrait de *Schouwia purpurea* est due probablement à l'existence des métabolites secondaires à des quantités insuffisantes pour pouvoir assurer la protection de la plante ou bien l'insecte phytophage dispose d'un mécanisme de défense qui lui permet de dépasser l'action insecticide des molécules bioactives présentes dans la plante. Cependant *Schouwia purpurea* appartient à la famille des Brassicacées (Crucifères) qui disposent naturellement dans leurs tissus des quantités importantes de glucosinolates (GSL), dérivées d'acides aminés [92]. Ces derniers sont hydrolysés par la myrosinase (thioglucoside glucohydrolase, EC 3.2.3.1) une enzyme présente de façon endogène dans les tissus de Brassicacées, les GLS libèrent une gamme de produits toxiques, tels les thiocyanates et différentes formes d'isothiocyanates volatiles (ITC) [93]. Les GSL et la myrosinase sont situés dans des compartiments différents de la cellule ; la vacuole pour les GLS, liée à la paroi cellulaire myrosinase peuvent entrer en contact, et l'hydrolyse a lieu.

Le système glucosinolate –myrosinase est le principal moyen de défense chimique activé parmi les plantes de l'ordre des Brassicacées qui comprend des crucifères importants pour l'agriculture tels que le chou, la moutarde et le colza [94].

Les glucosinolates sont stockés dans toutes les parties de la plante et libérés lors d'une attaque de phytophages. Quand les tissus sont endommagés, les glucosinolates entrent en contact avec la myrosinase et sont hydrolysés en composés actifs, comme les Isothiocyanates sont toxiques sur les insectes aussi en phase gazeuse, que par contact ou après ingestion.

Cependant, certaines espèces d'insectes ont des mécanismes pour éviter une telle toxicité.

Il a aussi été démontré que les chenilles légionnaires (*Spodoptera eridania*) faisaient moins de dégâts sur les pieds de moutarde riche en glucosinolates et myrosinase. Par ailleurs des études ont montré une activité insecticide sur les larves et les œufs de charançons [95].

Les produits de dégradation des glucosinolates provoquent l'inappétence chez certains insectes notamment la sinigrine réduit la prise de nourriture chez *Aphis fabae*. *Schouwia purpurea* contient dix fois plus de glucosinolates que la plupart des autres Brassicaceae [96].

Cependant, le principe de coévolution a permis à certains insectes de s'adapter à ce système de défense des plantes. Ainsi la piéride de la betterave (*Pieris rapae*) détourne l'hydrolyse des glucosinates en nitrites grâce à une protéine (PrNSP) ; d'autre part le puceron du chou (*Brevicoryne brassicae*) stocke les composés toxiques au niveau de son hémolymphe, ce qui le rend à son tour toxique pour son prédateur *Adalia bipunctata* [97].

Ainsi des produits d'hydrolyse de deux glucosinolates notamment les nitrites ont été détectés dans les fèces de *Phyllotreta striolata* après être nourri de deux glucosinolates, ce qui signifie que les altises disposent de mécanisme de détoxification.

Par ailleurs, il a été démontré que le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* possède une glucosinolate sulfatase dans l'intestin qui hydrolyse les glucosinolates en leurs formes désulfonées. Ceux-ci ne sont plus sensibles au clivage par la myrosinase, éliminant ainsi la formation de produits d'hydrolyse de glucosinolates toxiques. La sulfatase est présente dans l'intestin du criquet et peut catalyser l'hydrolyse de tous les glucosinolates présents chez *Schouwia purpurea*. L'enzyme a été détectée à tous les stades larvaires du locuste chez les mâles et les femelles. Tous les mécanismes de contre-adaptation identifiés à ce jour chez les insectes herbivores spécialisés dans les plantes contenant des glucosinolates permettent d'éviter la dégradation des glucosinolates en isothiocyanates toxiques. Ceci est accompli par différents manières, notamment en évitant la perturbation cellulaire, en absorbant rapidement des glucosinolates intacts, en convertissant rapidement les glucosinolates en composés inoffensifs et en détournant l'hydrolyse de glucosinolates [98]. Les glucosinolates du crucifère saharien *Schouwia purpurea* (Brassicaceae) ont été déterminés par chromatographie liquide ; il a été démontré l'isothiocyanate d'allyle, un composé volatil avait un effet dissuasif sur *Schistocerca gregaria* 100 fois supérieur à celui de son substrat la sinigrine [99].

4.1.4. Effet de l'extrait aqueux de *Schinus molle* L. sur les L5 de *Locusta migratoria*

Suite aux résultats obtenus après le traitement des larves L5 par *Schinus molle* par contact, on constate que le taux de mortalité atteint 50% avec la dose D1 (forte dose) et 13,33% à la dose D2 au 5^{ème} jour. Le 100% de mortalité est enregistré au 7^{ème} jour pour la dose D1 et au 9^{ème} jour avec la dose D2. Par ailleurs la dose D3 induit un taux de mortalité maximale de 50% au 9^{ème} jour après traitement. Cependant chez les laves L5 traitées par ingestion le taux de mortalité final est de 100%. Il est enregistré respectivement au 10^{ème} jour avec la dose D1 et au 9^{ème} jour à la dose D2 contre 63,33 % pour la faible dose D3 atteinte au 10^{ème} jour.

D'autre part les résultats montrent que les fortes doses pour les modes de pénétration (par contact et ingestion) du phyto extrait de *Schinus molle* montrent un effet toxique vis à vis les larves L5 de *Locusta migratoria* et présentent une similarité d'action. Par ailleurs nous avons noté que la mortalité de l'ensemble des échantillons

à différentes doses débute au 6^{ème} jour après traitement et augmente dans le temps. On peut déduire alors que l'extrait aqueux de *Schinus molle* L. exerce une activité insecticide à l'égard des larves L5 de *Locusta migratoria*. Cependant le mode d'administration ne présente pas d'effet sur l'activité insecticide de l'extrait aqueux de *Schinus molle*.

Les travaux de (BENRIMA –GUENDOZ ,2005) ont mis en évidence les propriétés toxiques de l'extrait aqueux de *Schinus molle* sur les adultes du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*.

Selon les travaux ABDEL SATTAR (2010)[100]. L'extrait aqueux de *Schinus molle* présente une activité insecticide sur *Tribolium* par le phytoextrait de *Schinus molle* (2,5%) réduit à 66,6% le premier jour après traitement la population de pucerons de choux [101]. L'extrait aqueux de *Schinus molle* induit une mortalité de 27% d'individus adultes de *Xanthogaleruca luteola* (coléoptère de l'orme) avec les concentrations de 4,3 et 5,6w/v et une LC50 au 4^{ème} avec une concentration 8,52%w/v de la population de *Xanthogaleruca luteola* [102]. L'extrait aqueux présente un effet repoussant complet à 100% alors qu'aucun effet repoussant n'est observé avec l'extrait éthanolique de la même plante [103]. La bio préparation à base de *Schinus molle* a induit un taux de mortalité de 90% de la population de *Trichogramma pintoi* (Hymenoptera :Trichogrammatidae) [104]. La toxicité de *Schinus molle* est due aux molécules secondaires présentes dans les feuilles de la plante notamment la , limonène et la α phéllandrène (SIMIC et al.,2002) [105]; la timol, citronellil acetate, et β -cariophyllene,[106], cis-menth-2 en-1-ol y trans-piperitol isolé par WIMALARATNE et al.(1996) [107]; STEINBAUER and WANJURA (2002) [108]; ont identifié les monoterpènes comme les α -pinène, α -et β -phellandrène, cymen, mycrène et la α -terpineol. les acides triterpenoïdes été mis en évidence par POZZO-BALBI et al.,1978) [109]. Selon (BURT,2004) [110] les molécules bioactives la limonène et la α phellandrène agissent par synergie en provoquant la destruction de l'intégrité de la membrane plasmique et perturbent le système enzymatique cellulaire .D'autre part les travaux de SYLVIA MORENO [111] ont montré que l'huile essentielle des fruits de *Schinus molle* renferme un taux plus élevé de 35,5% de limonène alors que l'huile essentielle des feuilles contient 15,5% de limonène[112] .

4.2. Effet des phyto extraits sur la durée de développement du stade L5 au stade imago de *L. migratoria*

L'étude de l'effet des quatre bio préparations sur la durée de développement du stade L5 à l'imago a montré que les bio préparations de *Calotropis procera* et *Schinus molle* induisent un retard important par rapport au témoin alors que les larves traitées par l'extrait aqueux de *Cornulaca monacantha* sont mortes avant d'atteindre le stade imago. Par ailleurs les individus traités avec le phyto extrait de *Schouwia procera* ainsi que les témoins ont réalisé leurs mues imaginale normalement.

L'utilisation des extraits de mélia a provoqué des retards très nets dans le développement des larves de *S.grègaria*, allant parfois jusqu'à l'absence de mue imaginale [113]. En appliquant les extraits à l'huile de neem il s'est avéré que le traitement provoque un retard et un blocage de l'exuviation et de la mue des L4 et L5 de *Locusta migratoria migratorioidès* [114]. Les feuilles de *Rosmarinuus officinalis* et *Nerium ont* affecté le développement des larves L5 du criquet pèlerin [115]. Tandis que 20% seulement des insectes nourris avec l'eucalyptus ont pu effectuer leur dernière mue larvaire [116].

CONCLUSION

CONCLUSION

Au cours de la présente étude, nous avons estimé l'efficacité des extraits aqueux de trois plantes sahariennes à savoir *Calotropis procera*, *Cornulaca monacantha* et *Schouwia purpurea* et une plante ornementale dont *Schinus molle* L. vis à vis de larves L5 de *Locusta migratoria*. Pour cela, nous avons pris en considération : le paramètre effet sur la morphologie, l'effet sur la mortalité et enfin l'effet sur la durée de développement des larves du cinquième stade au stade imago.

Les résultats révèlent chez les larves traitées par l'extrait aqueux de *Schinus molle* L. un changement de coloration de leurs corps et deviennent complètement rouges après leur mort et se momifient. En revanche, les individus traités par la bio préparation de *Calotropis procera* montrent un noircissement de la face ventrale. Cependant des taches noirâtres ont été observées sur la face ventrale des larves traitées à l'extrait aqueux de *Cornulaca monacantha*. Alors que les larves traitées par l'extrait aqueux de *Schouwia purpurea* ne montrent aucun changement morphologique.

Toutefois, les quatre bio préparations appliquées par les deux modes de pénétration engendrent des taux de mortalités journaliers. Ainsi l'extrait aqueux de *Calotropis procera* (Ait) provoque un taux de mortalité de 50% au 4^{ème} jour avec la dose D1 qui évolue à 70% au 5^{ème} jour et atteint 100% de mortalité au 9^{ème} jour après traitement alors que le 100% de mortalité est enregistrée au 10^{ème} jour avec la dose D2. Cependant l'extrait aqueux de *Cornulaca monacantha* induit un taux de mortalité maximale 100% dès le premier jour avec la forte dose D1 (par mode contact). Tandis que la forte dose D1 (par ingestion) induit un taux de mortalité de 83,33% au premier jour qui atteint à un taux de mortalité maximale 100% durant le 2^{ème} jour. D'autre part, on constate que la mortalité débute avec un taux de 30% à la dose D2 (par ingestion) qui évolue vers 86,66% de mortalité au 3^{ème} jour et arrive à un taux de mortalité maximale de 100% au 4^{ème} jour. En revanche la forte dose D1 de l'extrait aqueux de *Schouwia purpurea* par contact provoque un taux de mortalité de 10% au 7^{ème} jour, qui augmente à 13,33 au 8^{ème} jour et reste stable au cours du 9^{ème} et 10^{ème} jour. Alors que les taux de mortalité sont nuls chez les larves traitées par la moyenne : D2 et faible dose D3 par contact. Par mode ingestion seule la forte dose D1 induit

un taux de mortalité de 10% au 6^{ème} jour et augmente pour atteindre 13,33% ; tandis que par la demi-dose, la mortalité débute au 8^{ème} jour et ne dépasse pas le taux de 10%. Par ailleurs pour la biopréparation de *Schinus molle*, le taux de mortalité atteint 50% sous l'effet de la forte dose D1 et 13,33% avec la dose D2 au 5^{ème} jour par contact. Le 100% de mortalité est enregistré au 7^{ème} jour pour la dose D1 et au 9^{ème} jour avec la dose D2. Cependant la dose D3 induit un taux de mortalité maximale de 50% au 9^{ème} jour après traitement. Alors que le taux de mortalité maximal de 100% est atteint au 10^{ème} jour avec la dose D1 (par ingestion) et au 9^{ème} jour à la dose D2 contre 63,33% pour la faible dose D3 atteinte au 10^{ème} jour. D'autre part le mode d'administration ne présente aucun effet sur l'activité biocide pour les biopréparations.

D'après la comparaison des mortalités observées, l'effet de la forte dose par contact de *Calotropis procera* dépasse l'effet de la moyenne dose D2 en terme de mortalité moyenne mais s'ajuste au niveau des mortalités maximales et minimales. (D1 : Q1=0, Q2=78,16, Q3=100) et D2 : (Q1=0, Q2=36,66, Q3=100). Tandis que la forte dose D1 par ingestion de *Cornulaca monacantha* présente la plus importante activité larvicide (D1 : Q1=100 ; Q3=100). En revanche l'effet insecticide des fortes doses D1 (contact) et la moyenne dose D2 par contact D1 : Q1=100 ; Q3=83,33) et D2 : Q1=100 ; Q3=76,66) se rapprochent. En ce qui concerne l'extrait aqueux à base de *Schouwia purpurea*, on note une similarité d'effet des fortes doses au niveau des mortalités maximales et minimales, la forte dose D1 par ingestion (Q1=0 ; Q3=13,33) et D1 par contact (Q1=0 ; Q2=5 ; Q3=13,33). Cependant sous l'action de l'extrait aqueux de *Schinus molle* L. on remarque que les taux de mortalités corrigés se rapprochent avec des fortes doses ; D1 par contact (Q1=0, Q2=63,33, Q3=100) et D1 ingestion (Q1=0, Q2 =53,33, Q3 =100) (Fig.4) ; cependant la dose D1 (par contact) se montre plus performante que la demi dose D2 par contact (Q1=0, Q2 = 24, 99, Q3=100), et la dose D2 se montre plus efficace que la quart dose D3 par contact (Q1= 0, Q2=21,66, Q3= 50) obéissant à un gradient positif D3<D2<D1.

Les projections des vecteurs relative aux mortalités corrigées informent que les différentes doses de l'extrait aqueux contact et ingestion du *Calotropis procera* montrent réellement leurs potentiels larvicides à l'égard des larves L5 de *L. migratoria* à partir 6^{ème} jour d'exposition au traitement et qui s'accroît vers le 7^{ème} et le 8^{ème} jour et se stabilise vers le 9^{ème} et le 10^{ème} jour. Alors que les différentes doses

de la phytopréparation de *Cornulaca monacantha* exercent réellement un potentiel larvicide vis-à-vis des larves L5 de *Locusta migratoria* au 4^{ème} jour après traitement se stabilise à la cour du 5^{ème} jour et s'accroît vers le 6^{ème}, 7^{ème} et 8^{ème} jour, et reste constant au 9^{ème} et 10^{ème} jour. Alors que la mortalité débute réellement à partir du 8^{ème} jour après traitement qui se stabilisent au cours du 9^{ème} jour et 10^{ème} jour sous l'effet de l'extrait aqueux de *Schouwia purpurea*, la mortalité de l'ensemble des échantillons à différentes doses débute au 6^{ème} jour après traitement et augmente dans le temps.

Les résultats indiquent qu'il existe une différence significative entre les larves traitées aux doses D1 et D2 par contact et les témoins ($p < 5\%$) ; on déduit alors que l'extrait aqueux de *Calotropis procera* présente une activité larvicide vis à vis des L5 de *Locusta migratoria* par contact. De même, il existe une différence significative entre les larves traitées aux différentes doses D1 ($p = 0,0002874 < 5\%$), D 2 ($p = 0,01072 < 5\%$) et D3 ($p = 0,04821 < 5\%$) par ingestion et les témoins ainsi on conclut que l'extrait aqueux à base de *Calotropis procera* présente une activité insecticide sur les larves L5 de *Locusta migratoria* par mode ingestion.

D'après les résultats la bio préparation de *Cornulaca monacantha* exerce un effet acridicide sur les L5 de *Locusta migratoria* par mode contact étant donné qu'il existe une différence hautement significative entre les témoins et les traités par mode contact respectivement pour les trois doses la forte dose D1 ($p = 0,0001382 < 5\%$), D2 ($p = 0,0001382 < 5\%$), D3 ($p = 0,004316 < 5\%$), et s'avère aussi toxique par mode ingestion puisqu'il existe une différence hautement significative entre les témoins et les traités pour les trois doses D1 ($p = 0,0001074 < 5\%$), D2 ($p = 0,0001382$), D3 ($p = 0,0001387$). On note que l'extrait aqueux de *Calotropis procera* révèle une action insecticide sur les larves L5 de *Locusta migratoria* par les deux modes d'action. Cependant l'extrait aqueux de *Schouwia purpurea* ne montre aucun effet larvicide vis-à-vis des larves L5 de *Locusta migratoria* avec toutes les doses par les deux modes de pénétration étant donné que la différence n'est pas significative entre les témoins et les traités D1 par mode contact ($p = 0,5668 > 5\%$), et D1 par ingestion ($p = 2,253 > 5\%$). Selon les résultats le phytoextrait de *Schinus molle* présente un effet toxique sur les larves L5 de *Locusta migratoria* et ceux pour les deux modes puisque la différence est significative entre les larves traitées avec la forte dose D1 par contact et les témoins ($p = 0,0205 < 5\%$), de même que la différence est significative entre la dose D1 par ingestion ($p = 0,0382 < 5\%$) et les témoins par contact.

D'autre part, les résultats révèlent que le mode d'administration n'agit pas sur l'efficacité des différents extraits aqueux.

Effet des phyto extraits sur la durée de développement du stade L5 au stade imago de *L. migratoria* montre que l'extrait aqueux de *Calotropis procera* par mode d'ingestion induit la plus longue durée de développement de 29,4 jours alors que les larves traitées par les extraits aqueux de *Schinus molle* arrivent au stade imago respectivement 23,8^{ème} jour après traitement par contact et 22,4^{ème} jour par d'ingestion. En revanche, la phytopréparation produit à base de *Schouwia purpurea* ne présente aucun effet sur la durée de développement des L5 au stade imago puisque les individus traités ont réalisé normalement leur mue imaginale dans un délai de 13,8 jours par mode contact et 13,2 jours par ingestion. Les larves traitées par l'extrait de *Cornulaca monacantha* sont mortes avant d'atteindre le stade imago. Les extraits aqueux respectivement de *Calotropis procera* et de *Schinus molle* ont provoqué un retard important par rapport au témoin. On conclut que développement des larves varie selon le type de traitement cependant la durée maximale est enregistrée avec la phyto préparation de *Calotropis procera* suivie par *Schinus molle* par mode ingestion. Alors que le traitement témoin et le bioessai *Schouwia purpurea* enregistrent la même durée de développement que les témoins et ceux pour les deux modes d'application.

Les résultats obtenus indiquent que les extraits aqueux de *Calotropis procera*, *Cornulaca monacantha*, et *Schinus molle* L. présentent un effet acridicides et induisent des mortalités importantes à l'exception de *Schouwia purpurea* qui ne montre pas d'effet larvicide. Par ailleurs Les bio préparations respectivement de *Calotropis procera* et de *Schinus molle* ont provoqué un retard important par rapport au témoin donc un prolongement du cycle de vie de l'insecte par conséquent une réduction de l'effectif des populations du ravageur ce qui pourra diminuer les dégâts occasionnés par l'acridien en période d'invasion.

Il serait intéressant de poursuivre cette étude dans le but d'approfondir les recherches sur ces trois bio pesticides, afin de les tester sur les différents stades biologiques de *Locusta migratoria* avec l'augmentation des doses. Il serait intéressant de les tester sur d'autres paramètres biologiques et physiologiques de ce

locuste et sur d'autres espèces acridiennes telles que *Schistocerca gregaria* et *Dociostaurus maroccanus*.

Sachant que l'Algérie possède un patrimoine végétal très riche et diversifié l'implication des extraits végétaux dans la lutte éco de comme facteurs de protection des plantes, pourrait s'insérer dans le cadre d'une méthode alternative et complémentaire dans la lutte anti acridienne et ceci dans le contexte d'une agriculture durable.

Il serait ainsi envisageable de :

- Cibler les plantes à activité insecticide.
- Etablir une cartographie selon la présence /occurrence dans le but de gérer la cueillette.
- Estimer la cinétique d'accumulation des principes bioactifs afin d'augmenter leur efficacité.

Prévoir des formulations adéquates sur la base des connaissances touchant à la fois les bio agresseurs, les zones biogéographiques et enfin le mode d'application.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- [1]. **POPOV G.B., 1959.** Ecological studies on ovoposition by *Locusta migratoria* in its outbreak area in the French Sudan. *Locusta*.6:5-63.
- [2]. **CHAPMAN, R.F., ROBERTSON, I.A.D., 1958.** The egg pods of some tropical African grasshoppers. *J. Ent. Soc. S. Africa*, T. 21, Vol.21, 11:85-112.
- [3]. **O. ZAKARIA ET S.B. SAGNIA ,2003.** Lutte intégrée contre les sautereaux et les locustes : importance du biopesticide Green muscle. *Bulletin trimestriel d'information du Centre Régional AGRUOMET*, 5(3) :5.
- [4]. LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M., 1993 . Manuel explicatif du code OMM de transmission des informations sur les criquets ravageurs. Ed. Org. Météo. Mond. et Org. Islam. Educ. Scie. Cult., Genève, 30 p.
- [5]. **OULD EL HADJ,M.,2002.** Les nouvelles formes de mise en valeur dans le sahara Algérien et le problème acridien. *Science et changements planétaires. Sécheresse* 13(2002)37-42.
- [6]. **BENRIMA-GUENDOZ A.,2005.** Ecophysiologie biogéographie du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk. 1775) (*Orthoptera, Acrididae*) dans le sud Algérien. Thèse Doctotat d'Etat, Inst. Nati. Agro., El Harrach, p: 210.
- [7]. **MAMADOU, A. A INEZDANE ,2005.** L'impact des pesticides utilisés en lutte contre le criquet pèlerin (*Schistogregaria gregaria* Forskal, 1775) (*Orthoptera, acrididae*) sur deux espèces de pimelia (*Coleoptera, tenebrionidae*) au Niger, *Vertigo la revue électronique en sciences de l'environnement*. 6(3) :18-20.
- [8]. **ABBASSI, L. A. STAMBOULI, 2005.** Activités biologiques des feuilles de *Peganumharmala* (*Zygophyllacea*) en floraison sur la mortalité et l'activité génésique chez le criquet pèlerin. *Zool. baetica*. 16:31-46.
- [9]. **ABASSI K., ATAY KADIRI Z. ET GHAOUT S.2004.** Activité biologique des feuilles de *Calotropis procera* (Ait.R. Br) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* (Forsk. 1775)). *Zool.Baetica*, Vol.15:153-166.

- [10]. **FALK K.L., GERSHENZON J., 2007.**Le criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria*, détoxifie les glucosinolates de *Schouwia purpurea* par désulfatation, J Chem Ecol ,33 :1542-1555.
- [11]. **DURANTON JF., LAUNOIS LUONG MH et LECOQ M.,1982.** Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche Vol .2, Ed. G.E.R.D.A.T, Paris :695.
- [12]. **LOUVEAUX A et BEN HALIMA T., 1986.** Catalogue des orthoptères *Acridoidea* d'Afrique du Nord-Ouest. Bull. Soc. Ent., France, Vol (91), p : 73-87.
- [13].**BELLMAN H., 2006.** Insectes et principaux Arachnides- Identification, métamorphose, protection. Ed. Vigot, Paris, page 86.
- [14].**ROTH M., 1974.** Initiation à la morphologie, la systématique et la biologie d'insectes. Ed.O.R.S.T.O.M, Paris, Vol (23). p :100-109.
- [15]. **CHOPARD L., 1943.**Orthoptères de l'Afrique du Nord. Ed. Librairie Larose, Paris, Coll. « Faune de l'empire français », T.1, 450p. 65-CHOPARD L., 1965- Atlas des Aptérygotes et orthoptères de France.Ed.N. Boubée and Cie, Paris. Vol (2). p :82.
- [16]. **CHOPARD L., 1965.**Atlas des Aptérygotes et orthoptères de France.Ed.N. Boubée and Cie, Paris, Vol (2). p :82.
- [17].**LECOQ M., 1988.** Les criquets du Sahel. Ed. CIRAD-PRIFAS, Coll.Acrid. Opérat, n° 1., Montpellier ;p :129.
- [18]. **GRASSÉ P. P, 1969.** La vie des animaux La progression de la vie. Ed. Librairie Larousse, Paris, 420p. 105-GRASSÉ P.P et DOUMENC D., 1998- Zoologie-Invertébrés, Ed. Masson - Sciences (Sixième édition), Paris, page 247.
- [19]. **BUTLER C.G. and INNES J.M.A., 1936.** A comparison of the rate of metabolic activity in the solitary and migratory phases of *Locusta migratoria* (Proc. Roy. Soc). p :25.
- [20].**CHAPMAN, R.F. & ROBERTSON, I.A.D., 1958.** The egg pods of some tropical African grasshoppers. J. Ent. Soc. S. Africa, T. 21, Vol.21, n°11.p : 85-112.

- [21].**CHAUVIN R., 1956.** Physiologie de l'insecte, Le comportement, les grandes fonctions, Ecophysiologie. Ed. INRA, Paris ,917p
- [22].**LAUNOIS-LUONG, M.A., 1975.** L'alimentation du criquet migrateur *Locusta migratoria* capito (Sauss. Jen phase solitaire à Madagascar : régimes et effets. Thèse. Ministère de la Coopération, 202 p.
- [23]. **LAUNOIS-LUONG M. H et LECOQ M., 1989.** **Vaedemecum** des criquets du Sahel. Ed. CILSS-DFPV/CIRAD-PRIFAS, Coll.Acrid. Opérat, Pays-Bas, N (5), 125p.
- [24].**BONNEMAISON L., 1961.** Les ennemis animaux des plantes cultivées et forêts. Ed. Sep, Paris, Vol.1. p :337-341.
- [25].**ZERGOUN Y., 1994.** Bioécologie des orthoptères dans la région de Ghardaïa. Régime alimentaire d'*Acrotylus patruelis* (Haerrich-Schaeffer, 1838) (*Orth. Acrididae*). Thèse Magister, Inst. Nat. Agro, El Harrach, 110 pp.
- [26]. **POPOV G. B et LAUNOIS-LUONG M. H et VAN DER WEEL J., 1990.** Les oothèques des criquets du Sahel. Ed. CIRAD-PRIFAS, Coll.Acrid. Opérat, n°7, Pays-Bas, 92 p.
- [27]. **DIRSH, VM. 1959.** The early stages of *Gastrimargus nigericus* Uvarov, 1926 (Acridoidea, Orthoptera) on *Locusta*, n° 6,P.p 65-72.
- [28].**ANONYME, 2007.** Criquets ravageurs *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Disponible sur <http://locust.cirad.fr>).
- [29].**POPOV G.B., DURANTON J. F. et GIGAULT J., 1991.** Etude écologique des biotopes du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) en Afrique du Nord Occidentale. Ed. Cirad/ Prifas, Minist. Coop. Dév. ONU, Cent. Coop. Inter. Rech. Agro. Dév., 743 p.
- [30].**SYMMONS et CRESSMAN, 2001.** Directives sur le criquet pèlerin, biologie et comportement. Ed. Food Alimentation Organisation (F.A.O), Rome. p :43.
- [31].**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.
- [32]. **UVAROV B.P., 1923.** Quelques problèmes de la biologie des sauterelles. Ann. Epiphyties, Vol (9). p :84-108.

- [33]. **BALACHOWSKY A. et MESNIL L., 1936.** Les insectes nuisibles aux plantes cultivées, leurs meurs, leur destruction. Ed. Etablissement Busson, T. II, vol. III, Paris, p 1662-1686.
- [34]. **ZAHRADAK J.C., 1990.** La grande encyclopédie des insectes. Ed. Gründ, Paris. p : 66-67.
- [35]. **GRASSÉ P. P, 1969.** La vie des animaux, La progression de la vie. Ed. Libraire Larousse, Paris, 420p. 105-GRASSÉ P.P et DOUMENC D., 1998- Zoologie-Invertébrés, Ed. Masson - Sciences (Sixième édition), Paris, page 247.
- [36]. **UVAROV B. V et ZOLOTAREWSKY B.N., 1927.** Phases et locusts and their interrelations, Bull.Ent. Res, London :261-265.
- [37]. **CHAPUIS M.-P, LOISEAU A., MICHALAKIS Y., LECOQ M. & ESTOUP A., 2005.** Characterization and PCR multiplexing of polymorphic microsatellite loci for the locust *Locusta migratoria*. Molecular Ecology Notes, Vol (5). p :554-557.
- [38]. **ANONYME, 1982.** The locust and grass shopper agricultural manual. Cent. Overs. Pest. Rese., London,690p.
- [39]. **ZOLOTAREWSKY B.N., 1929.** Le criquet migrateur à Madagascar, Ann. des Epiphytes, n°4.p :14-17.
- [40]. **DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M., 1978.** Etude pluridisciplinaire intégrée de l'écologie du criquet migrateur malgache *Locusta migratoria capito* (Sauss.) Org., Meteor.Mond. Genève, 35p.
- [41]. **OULD -EL - HADJ M.D., 1992.** Bio écologie des sauterelles et des sautereaux dans trois zones d'étude au Sahara. Thèse Magister, Inst.nat.agro. El-Harrach, 85 p.
- [42]. **DEFAUT B., 2006.** Eléments pour la Faune de France des Caelifères : A propos de *Locusta migratoriacinerascens* (Fabricius, 1781) (*Caelifera*, *Acrididae*, *Oedipodinae*). Matériaux Orthoptériques et Entomocénétiques, Vol (11) p :59-61.
- [43]. **LECOQ M., 1991.** Le criquet migrateur en Afrique et à Madagascar. Orthopterists. Society CIRAD / PRIFAS. France, 12p.

- [44]. **SEDDIK A., 1994.** Développement ovarien et charge alaire du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk. 1775) et du criquet migrateur *Locusta migratoriacerascens* (Bonnet et Finot, 1889) (Orthoptera, Acrididae) dans la région d'Adrar. Thèse Ing. Inst. Nat. Agro., El Harrach, 154p.
- [45].**KHALDI M., 1996.**Cycle biologique, respiration et biométrie chez *Schistocerca gregaria* Forskål (1775) et *Locusta migratoriacerascens* Bonnet et Finot (1885) (Orthoptera, Acrididae). Mem. Ing. Inst. Nati. Agro., El Harrach, 160 p.
- [46]. **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.
- [47]. **BELLOULA L., 1990.**Etude préliminaire d'orthoptères de trois stations dans la région d'Aïn- Yagout (Batna). Thèse Ing.Agro. Inst., Alger,48p.
- [48]. **ALLAL-BENFEKIH L., 2006.** Recherches quantitatives sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Orthoptera-Oedipodinae) dans le Sahara algérien Perspectives de lutte biologique à l'aide demicroorganismes pathogènes et de peptides synthétiques. Mem.Doc Inst. Nat. Agro. El-Harrach, 140 p.
- [49]. **DURANTON J.-F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M., 1987.** Guide anti-acridien du sahel. Min. Coop. Dev., Ed. CIRAD-PRIFAS, Montpellier, p :344.
- [50].**RACHADI T., 1991.**Précis de lutte anti-acridienne : la pulvérisation des pesticides. Min. Coop. Dev. Ed. CIRAD-PRIFAS, Montpellier, 312 pp.
- [51].**THIAM A., DIOUF H.R., KUISEUAL J., SARR A., THIAM M., 2004.** Pesticideset Alternatives. Lutte antiacridienne : Guérir c'est bien, mais prévenir c'est mieux. N° 23. Ed. Pesticide Action Network (PAN) Africa, Dakar, n°23, 23p.
- [52].**GREATHEAD D.J., KOOMYMAN C., LAUNOIS-LUONG M.H.et POPOVG.B. 1994.** Les ennemis naturels des criquets du Sahel.coll. Acrid. Opérat., n°8, Ed. CIRAD
- [53]. **FARGUES J., GOETTEL M., 1996.**Environmental constraints of mycopesticides, a challenge. Bull OTLB.
- [54]. **BISSAAD FZ., 2011.**Etude comparative de l'effet de deux entomopathogènes, *Beauveria bassiana* Bals .et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* Metch. (Hyphomycète, Deuteromycotina) sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Foskal,1775). Thèse.Doc. Inst.Nati. Agro. El Harrach,160p.

- [55].**CROSBY D.G., 1966.** Natural pest control agents. in Gould. Ed. Natural Pest Control Agents. Adv. Chem. Ser. Vol (53). p :1-16.
- [56].**TAIL G., DOUMANDJI-MITICHE B, 2005.** Effet des plantes *Melia azedarach*, *Nerium oleander* et *Inula viscosa* et de leurs extraits sur le comportement alimentaire du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*, 7^{ème} Journée National d'Acridologie. Institut national agronomique, El Harrach :17.
- [57].**ARBONNIER.,2002.** Arbres, Arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest, CIRAD, 2ème édition, p 160-165.
- [58].**OZANDA P., 1991.** Flore et végétation du Sahara. (3ème édition, augmentée). Ed. CNRS, Paris : 662 p.
- [59]. **G.R.I.P.T. 2001.** Groupe de recherche et d'information sur la pharmacopée et environnement tropical Association Loi 1901 : Revue de Médecines et pharmacopées Africaines, vol 15.
- [60].**KERHARO J. ADAMS J.G.,1974.** La Pharmacopée Sénégalaise Traditionnelle : plantes médicinales et toxiques. Edition. Vigot Frères, Paris,p 211-214, 224-225,490.
- [61].**GRUBBEN, G.J.H. et DENTON, O.A, .2004.** Ressources végétales de l'Afrique tropical 2 "Légume". Fondation PROTA, Wageningen, Pays Bas/Backhuys Publishers, Leiden.737pp.
- [62].**MAIRE R., 1933.** Études sur la flore et la végétation du Sahara central. Mémoire de la société d'histoire naturelle de l'Afrique du nord n°3, Mission du Hoggar II, Alger, p361.
- [63].**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.
- [64]. **IONUT F.,2016.** Valorisation des activités biologiques de certaines espèces végétales sahariennes Nord-Africaines. Thèse de Doctorat. Sciences Agronomiques Biotech. p :44.
- [65].**BELOT A., 1978.** Dictionnaire des arbres et arbustes de jardin. Ed. Bordas, Paris,383p.
- [66].**BONNIER G., 1990.** La grande flore du France en couleurs. Ed. Belin, Paris, pp: 214-215.

- [67].**QUEZEL P., et SANTA S., 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Tome II, Ed. CNRS, Paris.
- [68].**TAYLOR L., 2005.** The healing power of rainforest herbs, a guide to Understanding and using herbal medicinal. Ed. Square One Publisher, New York.
- [69].**QUIROGA E. N., SAMPIETRO A. R., VATTUONE M. A., 2001.** Screening antifungal activities of selected medicinal plants, J. Ethnopharmacol, 74, pp: 89-96.
- [70].**ABID L., 2008.** Recherche des activités antimicrobiennes et antioxydantes de *Schinus molle* L. et *Pistacia vera* L. de la région de Tlemcen. Thèse Magister. Univ. Tlemcen, 115 p.
- [71]. **TAFIFET L., 2010.** Effet bactéricide fongicide et nématocide in vitro de quatre espèces végétales spontanées. Th. Mag. Agro. USDB. Blida (Algérie).
- [72]. **Abbot W.B., 1925.** A method for computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Ent. (18):265-267.
- [73]. **SMITHS., 2006.** Série de manuels de formation sur l'utilisation des pesticides au Canada. Chapitre 1 renseignements généraux. volume 1 :1-19.
- [74]. **SMITH T.A. 1980.** Plant amines. In secondary plant products. In: BELL E.A. & CHARLWOOD B.V. (Eds): *Encyclopedia of plant physiology*: 433-454.
- [75]. **EL SHEIKH, H.A.; ALI, B.H.; HOMEIDA, A.M.; HASSAN, T.; IDRIS, O.F. & HAPKE, H.J. 1991.** The activities of drug-metabolizing enzymes in goats treated orally with the latex of *Calotropis procera* and the influence of dieldrin pre-treatment. Journal of comparative Pathology, 104(3):257-268.
- [76]. **MORETEAU, B. 1991.** Etude de certains aspects de la phytotoxicologie d'insecticides de synthèse chez le criquet migrateur *Locusta migratoria* R&D. In : AUPELF-UREK (Ed). La lutte acridienne: 167-178. Jhon Libbey Eurotext, Paris.
- [77]. **CHANDRA, H. & LAL, P 1993.** Food preference studies of AK grasshopper *Poecillocerus pictus* Fab. Plant Protection Bulletin Faridabad, 45(2-3); 3-10.
- [78]. **PARI, K., RAO, P.J.; DEVAKUMAR, C. & RASTOGI, J.N. 1998.** A novel insect antifeedant non-protein amino acid from *Calotropis gigantea*. Journal of natural production. Dawners Grove. (American society of pharmacognosy). 61(1):102-104.
- [79]. **QURESHI, M.A.; QURESHI, N.M.; ARSHD, R. & BEGUM, R. 1991.** A study on anti-sperm activity in extracts from different parts of *Calotropis procera*. Pakistan Journal of Zoology, 23(2):161-165.

- [80]. **JAIN, K. & BHIDE, M.1991.**BHC as xenobiotic, showing histopathological changes in the developing ovaries and variability of the behaviour *Poekilocerus pictus*. Functional development morphology ,1(3) :3-7.
- [81]. **KANDIL, FE; GRACE, 2001.** Polyphenols from *Cornulacamonacantha*. *Photochemistry*, vol. 58 :611-613.
- [82]. **AL SALEH F.S., ABBAS J.A., AND SAAD N.A., 1997.** Phytochemical and biological studies of medicinal plants in Bahrain: the family *Chenopodiaceae*. *International Journal of Pharmacognosy*. Vol 35: 38-42.
- [83]. **HASHIM M. S, DEVI K.S. 2003.** Action insecticide des fractions riches en polyphénols de l'écorce de *Streblus asper* sur *Dysdercus cingulatus*. *Fitoterapia*, Vol .74:670-676.
- [84]. **MURREY B., ISMAN, SEANSS., DUFFEY 1982.** Toxicity of tomato phenolic compounds of fruit Worm *Heliothis zea*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Vol.31:370-376.
- [85]. **OMER H.A., MAHA N.H., NOOR J., 2017.**Phytochemical investigation of *Chenopodium murale* (family: *Cheopodiaceae*) cultivated in Iraq, isolation and Identification of scopoletin and gallic acid. *Asian J Pharm Clin Res*.Vol.10:70-77.
- [86]. **BOROS, B., JAKABOVA, S., FELINGERA, A. 2010.**Substance naturelles actives. La flore Mauricienne une source d'approvisionnement potentielle. *Food and Agricultural Research Council Muritias*.p:83-94.
- [87]. **KHALIFA, A. A.; KAMEL, M.S.; OTHANI, K.; YAMASKAKI, K.K., 2000.**Triterpenoidal, saponins from *Cornulaca monacantha*. *Pharmazie*, Vol.55. pp.460-462.
- [88].**TAIL G., 2013.**L'activité biologique des triterpènes extraits de feuilles de *Mentha piperita*, *Capsicum fruitscens* et *Olea europea* contre Le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskâl, 1775). *Revue des Régions Arides*, Vol.35. pp.17-19.
- [89].**BENAYADE A., 2008.** Les huiles essentielles extraites de plantes médicinales marocaines moyenne de lutte contre les denrées stockées. Thèse de Magister. Université de Maroc, Faculté des Sciences .60p.
- [90].**TAN KARIDAN BADJO A., 2001.**Cycle biologique de *Schistocerca gregaria* (Forskâl, 1775) sur *Brassicae olearacea* (Crucifères). Etude comparative de la toxicité de trois plantes acridifuges chez les larves de cet acridien. Thèse d'Ingénieur Agronomie. Institut d'Agronomie. Ourgla, p : 89.
- [91].**ORTEGO F., PEZJ.L., OLGUMN, M. RUZ ET CASTAERA P., 1999.**Effets des triterpenoides toxiques et dissuasifs sur la protéase digestive et activités

enzymatiques de détoxification des larves de doryphore de la pomme de terre. Pesticide.Biochem. Physio .63 :76-84.

[92]. **WIGGLESWORTH V.B., 1972.**the principles of insects physiology, 7e éd. Chapman and hall.

[93]. **VAN ETTEN C.H.ET TOOKEYH.L.1979.**Chemestry and biological effects of glucosinolates in herbivores: their interaction with secondary plant metabolites, edited by rosenthal, d.H. Academic press. Peoria, USA, pp: 471-500.

[94]. **VERENA J. ET JONATHAN G., 2016.**Desintoxication des insectes des glucosinolates et de leurs produits d'hydrolyse, edited by Advances in Botanical Research,80 :199-245.

[95]. **NAULT L.R., STYER W.E.**Entomol. Exp. Appl .1972, 15:423-437.

[96]. **LUTHY J., BENN M.H., 1977.**Canadian Journal of Biochemistry, 55:1028-1031.

[97].**VIGNERON J.P., 1978.** Ann. Zool. Ecol.Anim, 10:663-694.

[98]. **WINDE I., WITTSTOCK U., 2011.**Contre adaptations des herbivores à la glucosinolate-myrosinase, Phytochimie, 72 :1566-1575.

[99].**LOUVEAUX A., MAVRATZOTIS M., ROLLIN P., 2011.**L'épiprogointrin et des produits de dégradation associés sur les invasions de criquets : relation entre *Schouwia purpurea* et les criquets pèlerins, Phytochemistry ,78 :231-236.

[100]. **ABDEL-SATTAR, E., A.A. ZAITOUN, M.A. FARAG, S.H. ELGUYED AND F.M.H. HARRIS, 2010.**chemical composition insect repellent activity of *Schinus molle* L.leaf fruit essential oils against *Trogoderma granarium* and *Tribolium castaneum*.Nat.Prod.Res. 24(3):226-235.

[101]. **HAILE MICHAEL AND N. RAJA, 2012.**Evaluation of Melia azedarach Linn *Crotonmacrostachys Hochsta* and *Schinus molle* Linn Plant extracts against Cabbage Aphid *Brevicoryne brassicae* Linnand their Natural Enemies *Diaeretiella rapae*(Mintosh)and *Hippodamia tredecimpunctata*Linn. Asian Journal of Agricultural Sciences 4(6):411-418.

[102]. **JAIME E. ARAYA, 2010.**Toxicity and repellence of aqueous and ethanolic extracts from *Schinus molle* on elm leaf beetle *Xanthogaleruca luteola*. Crop Protection.29:1118-1123.

- [103]. DEFAGO.M., VALLADARES, G., BANCHIO, E., PALACIOS, S., 2006. Insecticide and antifeedant activity of different plant parts of *Melia azedarach* on *Xanthogaleruca lutola*. *Fitoterapia* 77 :500-505.
- [104]. LANNACONE, J., LAMAS., 2003. Efecto toxicológico de extractos de molle (*Schinus molle*) y lantana (*Lantana camara*) sobre chrysoperta externa (Neuroptera: Chrysopidae), *Trichiogramma pintoii* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Agric. Técnica* (Chile) 63 :347-360.
- [105]. SIMICN, PALIC R, VAJS V, MILOSAVLJEVIC S, DJOKOVIC D 2002. Composition and antibacterial activity of *Achillea asplenifolia* essential oil. *J Essent Oil Res* 14:76-78.
- [106]. GUARDIOLA. V., DE MIGUEL. P. PRIMO. E., 1990. Repelencia frente *Blattella germanica* de componentes de *Schinus molle* L. *Rev. Agroquim. Technol. Alimentos* :341-346.
- [107]. WIMALARATNE, P., SLESSOR. K., BORDEN, J., CHONG, L., ABATE. T., 1996. Isolation and identification of house fly, *Musca domestica* L., repellents from pepper tree, *Schinus molle* L. *J. Chem. Ecol* 22:49-59.
- [108]. STEINBAUER, M., WANJURA, W., 2002. Christmas beetles (Anoplognathus spp., *Coleoptera: Scarabaeidae*) mistake peppercorn trees for eucalyptus. *Nat. Hist.* 36:119-125.
- [109]. POZZO-BALBI, T., NOBILE, L., SCAPIN, G., CINI, M., 1978. The triterpenoid acids of *Schinus molle*. *Phytochemistry*:2107-2110.
- [110]. BURTS 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in food, Review. *Int Food Microbiol* 94:223-253.
- [111]. SILVIA MORENO. 2014. The inhibition of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* by essential oils isolated from leaves and fruits of *Schinus molle* depending on their chemical compositions.
- [112]. HAMMER G. L., OYVIND, DAVID A.T., HARPER AND PAUL D. RYAN., 2001. *Palaeontologia Electronica*. [http: Palaeo-electronica .org](http://Palaeo-electronica.org).

- [113]. **NASSEH H.S., KRALL H., WILPS H. et SALISSOU G.B., 1992** . Les effets des inhibiteurs de croissance et de biocides végétaux sur les laves de *Schistocerca gregaria* (Forskål). Sahel pv. Info. Bull. Inform. Protect. Végétaux. UCTR/PV n°45, 5-9 .
- [114]. **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 migratorioïdes* (R et F, 1850) (Orthoptera, Acrididae). Thèse Magister Sci. Agro. Inst. Nat. Agro., El Harrach, 123 p.
- [115]. **OULD EL HADJ M. D., TANKARI DAN- BADJO A., HALOUANE F. et DOUMANDJI S., 2005**. Etude de la toxicité de trois plantes acridifuges chez *Schistocerca gregaria* Forskål, 1775 (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae). 6^{ème} Journée d' Acridologie - Inst. Nat. Agro., El-Harrach - Alger. 06 mars 2005.
- [116]. **ABBASSI K., ATAY KADIRI Z., GHAOUT S., MERGAOUI L. et STAMBOULI A., 2003**. Effets des extraits de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775). *Zool. baetica* , vol. 13/14 : 203-217.
- [117]. **CRESSMAN K. et DOBSON H.M., 2001** . Desert Locust Guidelines : Appendices. Ed. Food Alimentation Organisation (F.A.O.), Rome, 171 p.

ANNEXES

ANNEXE A

Tableau 6 : Taux de mortalité des L5 traitées par l'extrait aqueux de *Calotropis procera* (Ait) par mode contact .

jours	D1			D2			D3			M		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	MD1	MD2	MD3
jour 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 2	50	20	80	0	0	60	0	0	10	50	20	3,33
jour 3	60	30	100	0	10	80	10	0	10	63,33	30	6,66
jour 4	60	70	100	20	10	80	10	10	30	76,66	36,66	16,66
jour 5	60	70	100	40	20	80	30	30	30	77,66	46,66	30
jour 6	60	70	100	40	40	100	30	30	30	78,66	60	30
jour 7	60	70	100	50	40	100	30	40	40	79,66	63,33	36,66
jour 8	60	70	100	80	50	100	40	40	40	80	76,66	40
jour 9	80	100	100	100	70	100	50	50	50	93,33	90	50
jour 10	100	100	100	100	100	100	50	50	50	100	100	50

Tableau 7 : Taux de mortalité des L5 traitées par l'extrait aqueux de *Calotropis procera* (Ait) par mode ingestion.

jours	D1			D2			D3			M		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	MD1	MD2	MD3
jour 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 2	0	50	0	0	100	0	10	0	20	16,66	33,33	10
jour 3	10	100	10	10	100	20	30	20	30	40	43,33	26,66
jour 4	20	100	30	30	100	20	30	40	30	50	50	33,33
jour 5	80	100	30	60	100	30	30	50	30	70	63,33	36,66
jour 6	100	100	60	60	100	50	50	50	50	86,66	70	50
jour 7	100	100	70	60	100	60	60	60	50	90	73,33	56,66
jour 8	100	100	90	60	100	70	60	70	50	96,66	76,66	60
jour 9	100	100	100	80	100	90	70	70	50	100	90	63,33
jour 10	100	100	100	100	100	100	90	80	60	100	100	76,66

ANNEXE : B

Tableau 8 : taux de mortalité des L5 traitées avec l'extrait aqueux de *Cornulaca monacantha* par contact

jours	D1			D2			D3			M		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	MD1	MD2	MD3
jour 1	100	40	100	100	30	100	10	10	10	80	76,66	10
jour 2	100	100	100	100	100	100	10	10	10	100	100	10
jour 3	100	100	100	100	70	100	10	10	10	100	100	10
jour 4	100	100	100	100	100	100	10	10	20	100	100	13,33
jour 5	100	100	100	100	100	100	10	10	20	100	100	13,33
jour 6	100	100	100	100	100	100	20	10	30	100	100	20
jour 7	100	100	100	100	100	100	30	20	40	100	100	30
jour 8	100	100	100	100	100	100	60	90	40	100	100	63,33
jour 9	100	100	100	100	100	100	60	90	40	100	100	63,33
jour 10	100	100	100	100	100	100	60	90	40	100	100	63,33

Tableau 9 : Taux de mortalité des L5 traitées par l'extrait aqueux de *Cornulaca monacantha* par mode ingestion.

jours	D1			D2			D3			MD		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	MD1	MD2	MD3
jour 1	100	100	100	40	10	40	30	20	40	100	30	30
jour 2	100	100	100	70	20	40	30	20	50	100	43,33	33,33
jour 3	100	100	100	80	100	80	30	20	50	100	86,66	40
jour 4	100	100	100	100	100	100	50	20	50	100	100	40
jour 5	100	100	100	100	100	100	50	20	50	100	100	40
jour 6	100	100	100	100	100	100	50	20	60	100	100	43,33
jour 7	100	100	100	100	100	100	60	30	60	100	100	50
jour 8	100	100	100	100	100	100	60	40	60	100	100	53,33
jour 9	100	100	100	100	100	100	30	50	60	100	100	70
jour 10	100	100	100	100	100	100	30	50	60	100	100	70

ANNEXE : C

Tableau 10 : Taux de mortalité des L5 traitées par l'extrait aqueux de *Schouwia purpurea* par mode contact.

jours	D1			D2			D3			MD		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	MD1	MD2	MD3
jour 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 6	10	10	10	0	0	0	0	0	0	10	0	0
jour 7	10	20	10	0	0	0	0	0	0	13,33	0	0
jour 8	10	20	10	0	0	0	0	0	0	13,33	0	0
jour 9	10	20	10	0	0	0	0	0	0	13,33	0	0
jour 10	10	20	10	0	0	0	0	0	0	13,33	0	0

Tableau 11 : Taux de mortalité des L5 traitées par l'extrait aqueux de *Schouwia purpurea* par mode ingestion.

jours	D1			D2			D3			MD		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	MD1	MD2	MD3
jour 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 3	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 4	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 5	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 6	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 7		10	20	0	0	0	0	0	0	10	0	0
jour 8	10	10	20	10	0	0	0	0	0	13,33	10	0
jour 9	10	10	20	10	0	0	0	0	0	13,33	10	0
jour 10	10	10	20	10	0	0	0	0	0	13,33	10	0

ANNEXE : D

Tableau 12 : Taux de mortalité des L5 traitées par l'extrait aqueux de *Schinus molle* par mode contact

jours	D1			D2			D3			M		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	D1	D2	D3
jour 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 4	10	0	20	10	20	0	0	0	0	10	3,33	3,33
jour 5	50	0	50	30	30	20	0	10	0	50	13,33	16,66
jour 6	80	60	90	60	50	50	0	30	10	76,66	36,66	26,66
jour 7	100	100	100	70	80	60	10	40	30	100	53,33	33,33
jour 8	100	100	100	90	100	80	30	40	60	100	76,66	43,33
jour 9	100	100	100	100	100	100	40	60	70	100	100	50
jour 10	100	100	100	100	100	100	40	70	80	100	100	50

Tableau 13 : Taux de mortalité des L5 traitées par l'extrait aqueux de *Schinus molle* par mode ingestion.

jours	D1			D2			D3			M		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	D1	D2	D3
jour1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour4	30	40	30	0	0	10	0	0	10	33,33	10	0
jour5	50	40	40	10	10	20	10	10	30	43,33	26,66	3,33
jour6	80	50	60	30	30	50	30	20	30	63,33	53,33	13,33
jour7	90	70	70	50	50	60	30	30	40	76,66	70	26,66
jour8	100	100	80	80	70	80	40	50	40	93,33	90	43,33
jour9	100	100	90	100	100	100	40	70	40	96,66	100	56,66
jour10	100	100	100	100	100	100	40	70	40	100	100	63,33

ANNEXE : E

Tableau 14 : Taux de mortalité des larves L5 de *Locusta migratoria* traitées à l'eau distillée par modes ingestion et contact

jours	Mode ingestion			Mode contact			MI	MC
	R1	R2	R3	R1	R2	R3		
jour 1	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 2	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 3	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 4	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 5	0	0	0	0	10	0	0	3,33
jour 6	0	0	0	0	0	0	0	3,33
jour 7	0	0	0	0	0	0	0	3,33
jour 8	0	0	0	0	0	0	0	3,33
jour 9	0	0	0	0	0	0	0	3,33
jour 10	0	0	0	0	0	0	0	3,33

Tableau 15 : Durée moyenne de développement en jours des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux quatre bio préparations

Extrait aqueux	<i>Schinus molle</i>	<i>Calotropis procera</i>	<i>Cornulaca monacantha</i>	<i>Schouwia purpurea</i>	Eau distillée (Témoin)
L1	20	30	–	12	14
L2	18	30	–	15	15
L3	25	27	–	14	12
L4	30	33	–	14	13
L5	19	28	–	15	12
Moyenne	22,4	29,6	–	14	13,2

ANNEXE : F

Tableau 16 : Durée moyenne de développement en jours des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux quatre bio préparations

Extrait aqueux	<i>Schinus molle</i>	<i>Calotropis procera</i>	<i>Comulaca monacantha</i>	<i>Schouwia purpurea</i>	Eau distillée (Témoin)
L1	24	26	–	14	15
L2	30	23	–	15	14
L3	18	20	–	14	13
L4	22	18	–	15	12
L5	25	30	–	13	15
Moyenne	23,8	23,4	–	14,2	13,8