



UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS



DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

## Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Magister en Sciences Agronomiques

**Spécialité :** Protection des végétaux

**Option :** Zoophytatrie

**Par BOUZIANE Nawel**

### THÈME

**Toxicité comparée des extraits d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (Euphorbiaceae) et de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) récoltés au Sahara Septentrional Est algérien sur les larves et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)**

Soutenu publiquement le: 22/04/2012

#### Devant le jury:

<b>Présidente</b>	OULD EL HADJ KHELIL A.	MCA	Université de Ouargla
<b>Encadreur</b>	OULD EL HADJ M. D.	Pr.	Université de Ouargla
<b>Examineur</b>	BISSATI S.	Pr.	Université de Ouargla
<b>Examineur</b>	SEKER M. L.	MCA	Université de Ouargla
<b>Invité</b>	KEMASSI A.	MAB	Université de Ghardaïa

Année Universitaire 2011/2012

## Remerciements

*Au terme du présent travail, je tiens à exprimer particulièrement mes profonds remerciements et mon entière reconnaissance à Monsieur **OULD EL HADJ M<sup>ed</sup> DIDI**, Professeur au département des sciences de la nature et de la vie à la faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers de l'université KASDI MERBAH-Ouargla, pour m'avoir accueilli au sien du laboratoire de protection des écosystèmes en zones aride et semi-arides, pour m'avoir donné la chance d'encadrer ce mémoire. Merci pour votre présence et votre disponibilité permanente, pour vos conseils qui n'ont jamais fait défaut et votre soutien, et pour m'avoir fourni les moyens matériels nécessaires à l'élevage, l'extraction et le traitement, ayant permis la réalisation et la réussite du présent travail.*

*Monsieur **KEMASSI Abdellah**, Maître assistant au département de Biologie à l'universitaire de GHARDAIA pour avoir dirigé et surveillé ce travail durant toute la période d'étude. Merci pour votre aide morale, votre compréhension et votre conseil fructueux.*

*Madame **OULD EL HADJ KHELIL Aminata**, Maître de conférence au département des sciences de la nature et de la vie à la faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers de l'université KASDI MERBAH-Ouargla, vous qui me faites le grand plaisir de présider le jury de ce mémoire. Je vous remercie pour vos orientations, encouragements et aide, et vous m'avez fait bénéficier de vos connaissances et votre expérience.*

*Madame **BISSATI Samia**, Professeur au département des sciences de la nature et de la vie à la faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers de l'université KASDI MERBAH-Ouargla, pour avoir accepté examiner ce travail. Merci pour votre compréhension, votre aide et vos remarques qui n'ont jamais fait défaut lors de ma formation; exprimer toute ma reconnaissance et ma profonde gratitude.*

*Monsieur **SAKER M<sup>ed</sup> Lakhdar**, Maître de conférences au département des sciences agronomiques à la faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers de l'université KASDI MERBAH-Ouargla, pour avoir accepté examiner ce travail,*

*Je tiens également à témoigner ma reconnaissance à mes amis et collègues de la 1<sup>ere</sup> promotion de la poste graduation option "Zoophytatrie"; pour l'encouragement, l'ambiance chaleureuse du groupe, aux étudiants, enseignants et personnels au département des sciences agronomiques.*

*Je ne saurais oublier tous mes collègues du laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides : M<sup>elles</sup> **Sabrina, Roukaia, Aicha, Siham, Soumia et Zakaria** avec qui j'ai toujours su m'entretenir une ambiance chaleureuse et amicale.*

*J'adresse également mes sincères remerciements aux personnels du laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides de l'université KASDI MERBAH-Ouargla, M<sup>elle</sup> **BOUGHABA L.**, Mr **SAADINE S. E.**, merci pour votre aide*

*Un merci tout particulier à **Mr KHELLAF M<sup>ed</sup> Tahar**, Directeur de l'exploitation et de la maintenance ADE Zone Ouargla, pour votre aide précieuse, votre encouragement et gentillesse.*

*Enfin merci à ma famille et plus particulièrement à ma mère **Hadja** et ma sœur **Hanane** pour m'avoir toujours soutenus.*

*A ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce document, trouvent ici mes profondes reconnaissances et remerciements.*

*A tous ceux que j'ai cité ou je n'ai pas pu citer, toutes mes excuses, que Dieu vous bénisses et vous récompense, Amen !*

**NAWEL**

## Liste des figures

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Descriptif des lots expérimentaux	<b>24</b>
<b>02</b>	Action des différents extraits sur la mortalité cumulée des larves L <sub>5</sub> et des adultes de <i>S. gregaria</i>	<b>37</b>
<b>03</b>	Action des différents extraits d' <i>E. guyoniana</i> et de <i>P. harmala</i> dans le temps sur les larves L <sub>5</sub> de <i>S. gregaria</i> .	<b>50</b>
<b>04</b>	Variations moyennes de poids par rapport aux poids initiaux des larves L <sub>5</sub> et les adultes de <i>S. gregaria</i> témoins et traités	<b>61</b>
<b>05</b>	Valeurs moyenne de l'indice de consommation évalué pour chaque extrait végétal et témoin chez les adultes et les larves L <sub>5</sub> de <i>S. gregaria</i>	<b>65</b>

## Liste des photos

N°	Titre	Page
01	<i>Euphorbia guyoniana</i> (Boiss. & Reut.) au stade floraison (Oued Sebseb Région de Ghardaïa "Mars 2011") (Originale)	16
02	<i>Peganum harmala</i> L. en végétation (Oued Mzab Région de Ghardaïa "Mars 2011") (Originale)	18
03	Cage utilisée pour l'élevage du Criquet pèlerin (Originale)	19
04	Montage pour l'extraction d'extrait aqueux (originale)	21
05	Noircissement de la face ventrale d'un adulte de <i>S. gregaria</i> traitée par l'extrait acétonique d' <i>E.guyoniana</i>	39
06	Noircissement de la face ventrale d'une larve L <sub>5</sub> de <i>S. gregaria</i> traitée par l'extrait acétonique d' <i>E.guyoniana</i>	39
07	Noircissement de la face ventrale d'un adulte de <i>S. gregaria</i> traitée par l'extrait acétonique d' <i>P.harmala</i>	39
08	Noircissement de la face ventrale d'un adulte de <i>S. gregaria</i> traitée par l'extrait alcaloïdique d' <i>E.guyoniana</i>	40
09	Cadavre d'une larve L <sub>5</sub> de <i>S. gregaria</i> traitée par l'extrait alcaloïdique d' <i>E.guyoniana</i>	40
10	Cadavre d'une larve L <sub>5</sub> de <i>S. gregaria</i> après 27 jours de traitement par l'extrait alcaloïdique d' <i>E.guyoniana</i>	41
11	Noircissement de la face ventrale d'un adulte de <i>S. gregaria</i> traitée par l'extrait alcaloïdique d' <i>P.harmala</i>	41
12	Cadavre d'une larve L <sub>5</sub> de <i>S. gregaria</i> après 4 jours de la transformation imaginale traitée par l'extrait alcaloïdique d' <i>P.harmala</i>	41
13	Noircissement de la face ventrale d'un adulte de <i>S. gregaria</i> traitée par l'extrait aqueux d' <i>E.guyoniana</i>	43
14	Cadavre d'une larve L <sub>5</sub> de <i>S. gregaria</i> traitée par l'extrait aqueux d' <i>E.guyoniana</i>	43
15	Noircissement de la face ventrale d'un adulte de <i>S. gregaria</i> traitée par l'extrait aqueux d' <i>E.guyoniana</i>	43
16	Taille d'un ovariole d'une femelle de <i>S. gregaria</i> nourries aux feuilles de chou traité par l'extrait acétonique de <i>Peganum harmala</i>	67
17	Taille d'un ovariole d'une femelle de <i>S. gregaria</i> nourries aux feuilles de chou traité par l'extrait aqueux d' <i>Euphorbia guyoniana</i>	67
18	Taille d'un ovariole d'une femelle de <i>S. gregaria</i> nourries aux feuilles de chou traité l'eau (témoin)	67
19	Corps de résorption observés chez une femelle de <i>S. gregaria</i> nourries aux feuilles de chou traités par l'extrait acétonique de <i>Peganum harmala</i>	68
20	Corps de résorption observés chez une femelle de <i>S. gregaria</i> nourries aux feuilles de chou traités par l'extrait aqueux d' <i>Euphorbia guyoniana</i>	68



## Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Consommation journalière (g) des larves du cinquième stade et des adultes de <i>S. gregaria</i> mis en présence de feuilles de chou témoin et traitées par les extraits des deux plantes acridifuges (extrait acétonique et alcaloïdique)	28
02	Consommation journalière (g) des larves du cinquième stade et des adultes de <i>S. gregaria</i> mis en présence de feuilles de chou témoin et traitées par les extraits des deux plantes acridifuges (extrait aqueux)	30
03	Analyse de la variance appliquée aux extraits végétaux sur la prise de nourriture chez les larves L <sub>5</sub> et les adultes de <i>S. gregaria</i>	32
04	Cinétique de la mortalité journalière des larves du cinquième stade et des adultes de <i>S. gregaria</i> mis en présence de feuilles de chou témoin et traitées par les extraits des deux plantes acridifuges	35
05	Taux d'efficacité insecticides des extraits testés	44
06	Mortalités corrigée et probits correspondants en fonction du temps de traitement par les extraits des deux plantes acridifuges	46
07	Equations des droites de régression, coefficients de régressions et les valeurs de TL <sub>50</sub> évaluées pour les deux extraits de plantes acridifuges	49
08	Valeurs moyennes du coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDA) enregistrées chez les adultes et les larves L <sub>5</sub> de <i>S. gregaria</i> nourris par des feuilles de chou témoins et traitées par les des différents extrais végétaux de deux plantes testées	54
09	Évolution pondérale moyenne (g) des larves L <sub>5</sub> et des adultes de <i>S. gregaria</i> mis en présence de feuilles de chou traité par les extraits foliaires des deux plantes acridifuges (extrait acétonique et alcaloïdique)	57
10	Évolution pondérale moyenne (g) des larves L <sub>5</sub> et des adultes de <i>S. gregaria</i> mis en présence de feuilles de chou traité par les extraits foliaires des deux plantes acridifuge (extrait aqueux)	59
11	Valeurs moyennes de gain de poids des différents extrais végétaux chez les adultes et les larves L <sub>5</sub> <i>S. gregaria</i>	60
12	Indice de consommation estimé pour chaque extrait végétal et témoin chez les adultes et les larves L <sub>5</sub> de <i>S. gregaria</i>	64

**Toxicité comparée des extraits d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (Euphorbiaceae) et de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) récolté au Sahara Septentrional Est Algérien sur les larves et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)**

**Résumé-** L'étude porte sur la toxicité des extraits foliaires de deux plantes du Sahara septentrional est Algérien, dont *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (Euphorbiaceae) et de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) vis-à-vis des larves L<sub>5</sub> et adultes de *Schistocerca gregaria*. Les extraits foliaires d'*E. guyoniana* semblent plus toxiques que ceux de *P. harmala*. Les Larves L<sub>5</sub> et les adultes de *S. gregaria* nourris par des feuilles de chou aspergées de l'extrait acétonique d'*E. guyoniana* perdent respectivement 17% et 37,36% de leur poids initial. Chez les individus nourris par des feuilles de chou traitées par les extraits acétonique de *P. harmala*, un gain de poids est noté. Il est de 90,83% pour les L<sub>5</sub> et 16,76% pour les adultes. Les individus alimentés aux feuilles *Brassica oleacea* L. (Brassicaceae) traitées avec l'extrait alcaloïdique d'*E. guyoniana*, une perte de l'ordre de 9,52% chez les larves L<sub>5</sub> et de 18,05% chez les imagos, est observée. Une évolution de poids de 88,42% et 33,47% est constatée respectivement chez les larves L<sub>5</sub> et les adultes mis en présence de feuilles de chou trempées dans l'extrait alcaloïdique de *P. harmala*. Les individus alimentés par des feuilles de chou imprégnées à l'extrait aqueux d'*E. guyoniana* un gain du poids de 73,52% chez les larves L<sub>5</sub> et une chute de poids de 14,63% chez les adultes est rapportée. Les larves L<sub>5</sub> nourris aux feuilles de chou traitées par l'extrait aqueux de *P. harmala*, note un gain de poids de 92,25%, contrairement aux adultes de même lot (19,40%). Par ailleurs, les larves L<sub>5</sub> nourris aux feuilles de chou de l'extrait acétonique d'*E. guyoniana* n'ont pas pu achever leur mue imaginaire, et une mortalité larvaire de 100% est notée au bout du 11 jours, pour les adultes du même lot c'est au 17<sup>e</sup> jours. Chez les individus alimentés par des feuilles de chou traitées par l'extrait acétonique de *P. harmala* aucune mortalité n'est enregistrée chez les larves L<sub>5</sub>, et après le 30<sup>e</sup> jour, 41,67% des adultes sont morts. Cependant, pour les individus nourris par des feuilles de chou imbibées dans l'extrait alcaloïdique d'*E. guyoniana*, une mortalité de 83,33% est notée chez les larves L<sub>5</sub> au bout de 14 jours, et de 100% chez les imagos après 16 jours de traitement. Pour les individus du lot traité par l'extrait alcaloïdique de *P. harmala* après 3 jours une mortalité de 8,33% est remarquée chez les larves L<sub>5</sub>, par contre chez les adultes, la totalité des individus sont mort au 17<sup>e</sup> jour. Pour les individus de lot traité par l'extrait aqueux d'*E. guyoniana*, un taux de mortalité de l'ordre de 25% est observé au bout de 13 jours chez les larves L<sub>5</sub> et après le 30<sup>e</sup> jour 66,67% des adultes sont morts. Toutes les larves L<sub>5</sub> nourris aux feuilles de chou traitées par l'extrait aqueux de *P. harmala*, ont achevé leur mue imaginaire. Par contre, une mortalité imaginaire de 100% est notée au bout du 25<sup>e</sup> jour. L'évaluation des temps létaux 50 (TL<sub>50</sub>) montre que les larves sont plus sensibles à l'effet toxique que les adultes. Le TL<sub>50</sub> le plus court est de 4,74 jours noté pour les larves L<sub>5</sub> nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait acétonique d'*E. guyoniana*, suivi respectivement par l'extrait alcaloïdique (9,14 jours) puis par l'extrait aqueux de la même plante (16,14 jours) et en fin par l'extrait alcaloïdique de *P. harmala* (27,60 jours). Pour les adultes du Criquet du désert, le TL<sub>50</sub> le plus court s'observe pour l'extrait aqueux de *P. harmala* (7,40 jours), suivi par l'extrait acétonique d'*E. guyoniana* (9,81 jours), puis l'extrait alcaloïdique d'*E. guyoniana* (10,09 jours), l'extrait alcaloïdique de *P. harmala* (12,39 jours), l'extrait aqueux d'*E. guyoniana* (14,36 jours), et en fin de l'extrait acétonique de *P. harmala* (21,09 jours). Quant aux extraits acétonique et aqueux de *P. harmala* aucune mortalité n'est observée chez les larves L<sub>5</sub>.

**Mots clés:** *Schistocerca gregaria*, toxicité, acridifuge, acridicide, Sahara, extraits végétaux.



*Peganum* •••••*Euphorbia guyoniana* Bioss. & Reut. (Euphorbiaceae) •••••  
 •••••*harmala* L. (Zygophyllaceae)  
 (Forskål., 1775) *Schistocerca gregaria*

(*Peganum* •••••(*Euphorbia guyoniana* Bioss. & Reut.) •••••  
*Schistocerca* •••••(larves L<sub>5</sub>•••••*harmala* L.)  
*gregaria* (Forskål., 1775)  
 L<sub>5</sub>•••••  
 37,36•%17•••••  
 %90,83•••••  
 16,76•••••  
 18,05••••• 9,52•••••  
 33,47••••• 88,42•••••  
 14,63••••• 73,52•••••  
 19,40••••• 92,25•••••  
 11••••• 100•••••  
 17•••••% 100•••••  
 41,67•••••30•••••  
 16••••• 100••••• 14••••• 83,33  
 %8,33•••••03•••••  
 17•••••  
 %66,67•••••30••••• 13••••• 25•••••  
 25••••• 100•••••  
 50••••• (TL<sub>50</sub>) 50•••••  
 4,74•••••  
 16,14••••• 9,14•••••  
 50••••• 27,60•••••  
 9,81••••• 7,40•••••  
 12,39••••• 10,09•••••  
 21,09••••• 14,36•••••

(*Schistocerca gregaria*)•••••

## Sommaire

	Page
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>6</b>
<b>CHAPITRE 1.- Méthodologie de travail</b> .....	<b>12</b>
1.1.- Principe adopté.....	13
1.2.- Matériel de l'étude.....	13
1.2.1.- Matériel biologique .....	13
1.2.1.1.- <i>Schistocerca gregaria</i> (Forskål, 1775).....	13
1.2.2.- Choix des plantes.....	15
1.2.2.1.- <i>Euphorbia guyoniana</i> (Boiss. & Reut.) .....	15
1.2.2.2.- <i>Peganum harmala</i> L. ....	17
1.2.3.- Choix des stades.....	19
1.2.4.- Matériel utilisé au laboratoire s .....	20
1.3.- Méthodes d'étude .....	20
1.3.1.- Préparation des extraits végétaux .....	20
1.3.1.1.- Extraction par Macération dans l'acétone .....	20
1.3.1.2.- Extraction par reflux (extrait aqueux).....	20
1.3.1.3.- Extraction des alcaloïdes totaux .....	21
1.3.2.- Étude de la toxicité.....	22
1.3.3.- Exploitation des résultats.....	23
1.3.3.1.- Temps léthal 50 (TL <sub>50</sub> ) .....	23
1.3.3.2.- Coefficient d'utilisation digestive apparent (CUD <sub>a</sub> ).....	23
1.3.3.3.- Indice de consommation.....	25
1.3.3.4.- Analyses statistiques (analyse de la variance "ANOVA") .....	25
<b>CHAPITRE 2.- Résultats et discussion</b> .....	<b>26</b>
2.1.- Action des extraits végétaux sur la prise de nourriture .....	27
2.2.- Action sur la mortalité .....	34
2.3.- Temps léthal 50 (TL <sub>50</sub> ) des différents extraits .....	45
2.4.- Action des extraits végétaux sur la digestion.....	53
2.5.- Action des extraits végétaux sur la croissance pondérale .....	56
2.6.- Action des extraits végétaux sur l'indice de consommation .....	63
2.7.- Action des extraits foliaires sur le développement ovarien .....	63
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>69</b>
<b>Références Bibliographie</b> .....	<b>73</b>
<b>Annexe</b> .....	<b>82</b>
<b>Résumé</b>	
<b>Abstract</b>	
<b>ملخص</b>	



## Introduction

La croissance et le suivie d'une population acridienne sont sous l'étroite dépendance du secteur agricole. Dans de nombreuses régions du monde notamment d'Afrique et d'Asie, la sécurité alimentaire repose essentiellement sur la protection des cultures. Ces dernières font cependant l'objet d'attaques endémiques par les acridiens, en l'occurrence les sautereaux et les locustes. Ils sont bien connus pour leur capacité à envahir les champs par milliers et à dévaster les cultures sur leur passage. Les locustes sont souvent considérées comme une menace permanente à l'agriculture (SAIZONOU, 2000).

Le criquet pèlerin occupe une place particulière chez les ravageurs des cultures (BARBOUCH et *al.*, 2001). Il constitue une menace quasi permanente pour les plantes cultivées et les pâturages de nombreux pays de l'Afrique du Nord à l'Equateur et de l'Atlantique à l'Asie du Sud-Ouest en passant par le Proche Orient. Les invasions du Criquet pèlerin sont connues depuis des millénaires. Elles peuvent se succéder à une fréquence élevée en l'absence de toute intervention de lutte. Les périodes de rémission sont généralement brèves, alors que les périodes d'invasions peuvent durer une décennie ou plus. De 1860 à 2003, huit périodes d'invasions généralisées se sont succédées, certaines ont duré jusqu'à 22 années (1860-1867, 1869-1881, 1888-1910, 1912-1919, 1926-1935, 1940-1947, 1949-1962 et 1987-1989). Cette dernière invasion, suivie de recrudescences locales en 1992-1994 et en 1997-1998, a relancé le débat sur l'importance économique de cette espèce. L'intérêt de mettre en place un dispositif de prévention rénovée et de relancer la coopération régionale et internationale sur ce sujet (SYMMONS et CRESSMAN, 2001; LECOQ, 2004).

*Schistocerca gregaria* est sans doute le ravageur le plus redoutable des cultures, il est considéré comme le fléau de l'humanité dans l'ancien monde. Son importance économique découle de sa grégari-aptitude, sa capacité de dispersion, son grand potentiel de reproduction, sa capacité à consommer chaque jour son propre poids de nourriture fraîche, sa polyphagie le conduisent à s'attaquer à une très large gamme de cultures et leur a causé des dégâts très sévères (ANNIEMONARD, 1991; LECOQ, 1991). De très nombreuses plantes, ligneuses ou herbacées sont susceptibles d'être attaquées. Au Maghreb, les céréales, la vigne, les cultures maraîchères semblent particulièrement plus attaqués (LECOQ, 2004). Au sahel, les céréales occupent la première place. Le mil, le maïs, le sorgho, le riz sont particulièrement sensibles nettement plus que le coton, le niébé et l'arachide (LAUNOIS-LUONG et *al.*, 1988).

Dans le passé, les pertes dues aux invasions acridiennes n'ont malheureusement été que trop rarement estimées. Quelques chiffres sont cependant très démonstratifs. En Algérie, en 1866, les pertes ont été estimées à 19.652.981 francs français (équivalent à 52 millions d'euros en 2003) et à 4.500.000 livres sterling en une seule saison en 1954-1955 au Maroc. Lors de la dernière invasion de 1987-1989 en Mauritanie, les pertes ont été estimées à environ 60% sur 200.000 hectares de pâturages attaqués, à 70% sur 200.000 hectares de cultures pluviales et à 50% sur 400.000 hectares de cultures irriguées. Au Niger, les pertes étaient évaluées à environ

50% sur 1 million d'hectares de pâturages ainsi qu'au tiers du rendement, sur environ 12.000 hectares de cultures pluviales attaquées. En Algérie, pour la même période d'invasion, les pertes causées étaient estimées à 40.000.000 dollars américains (LECOQ, 2004; POPOV et al., 1991). Le bilan global des opérations de lutte antiacridienne pour la campagne 2003-2005 peut être estimé à environ 400 millions dollars américains (BRADER et al., 2006). Le coût des opérations antiacridiennes lors de la dernière recrudescence de Juin 2003 à Août 2004, est estimé à 166 millions dollars américains (FAO-DLIS cité par LECOQ, 2005).

Le Sahara, comme la plupart du territoire algérien a connu naguère des invasions d'une ou plusieurs espèces de sauterelles avec l'intensification de l'agriculture saharienne. L'espèce la plus redoutée s'avère être *Schistocerca gregaria* (OULD EL HADJ, 1992). En 1995, la région d'Adrar a subi des attaques fréquentes du criquet pèlerin. Elles se rabattent systématiquement sur les cultures maraîchères pratiquées aux alentours des pivots et sur la plasticulture, y provoquant des dégâts remarquables. Plus de 10.550 hectares ont été traités (KORICHI, 1996). En mars 2004, de nombreuses signalisations de groupes d'imagos matures et immatures, formant ainsi des petits essaims au niveau des zones de reproduction printanière situées au sud du mont Atlas saharien sur une distance de 700 km. Des populations acridiennes étaient également présentes dans les monts Atlas saharien près de Djelfa. Vers la fin avril, la région Nord de Khenchla a été également infestée par un grand nombre d'individus du criquet pèlerin matures y étaient en phase d'accouplement. Dans ce contexte, l'état Algérien a alloué une enveloppe de 6 milliards de dinars algérien pour couvrir les frais des opérations de lutte. Près de 500.000 hectares infestés par le criquet ont été traités au niveau de 13 wilayates dont les plus touchées, sont Béchar, Tamanrasset, Biskra, Ouargla et Khenchla. Un stock de pesticides de 92.000 litres, 9 aéronefs ont été mobilisés durant ces opérations, à qui s'ajoute l'achat de différents équipements de protection et de lutte. Plus de 1.300 personnes entre techniciens, chauffeurs et manipulant, ont participé à cette opération (INPV, 2004).

Pendant des années, les produits choisis pour mener cette lutte étaient les organochlorés et en particulier la Dieldrine, un pesticide bien adapté au traitement de barrière. Il est révélé très toxique pour l'homme, les vertébrés, les abeilles, et les poissons (RAMADE, 1991; THIAM, 1991 ; MOUMEN, 1995). A la fin des années soixante dix, l'attention accordée aux problèmes de l'environnement à provoquer la diminution d'utilisation des pesticides Organochlorés pour des raisons écotoxicologiques et leur remplacement par d'autres pesticides moins toxiques comme les pyréthrinoides, les dérégulateurs de croissance ou les Analogues d'hormones (LAUNOIS-LUONG et al., 1988). La plupart des pesticides modernes de substitution sont beaucoup moins toxiques et sont pour cela appliqués plus fréquemment dans les traitements de couverture. De ce fait, la majorité de pesticides utilisés actuellement appartiennent à la liste des produits recommandés par le groupe consultatif sur les pesticides de l'Organisation de Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), tel groupe créé afin de contrôler les pesticides homologués efficaces sur leur cibles et qui sont moins toxiques sur l'environnement. Lors de la dernière invasion généralisée de 2003-2005, les spécialités commerciales plus utilisées sont ceux de groupe Organophosphorés dont le Chlorpyrifos, le Malathion, le Fénéthion et

un de groupe des Pyrétrinoïdes de synthèses; la Deltaméthrine. Ce dernier est jugé performant en termes d'effet de choc et de la vitesse de dégradation (BRADER et al., 2006).

Bien qu'ils soient moins toxiques que la Dieldrine, leurs impacts sur l'environnement peuvent être plus graves (DE VISSCHER, 1991; ABOUZAÏD et al., 1991; SAIZONOU, 2000; PEVELING, 2000; MAMADOU et al., 2005). D'après LAUNOIS-LUONG et al. (1988), la décision d'intervention chimique ne doit être entreprise qu'après être assurée du statu du ravageur, du niveau d'infestation et de la surface envahie. Les opérations de lutte chimique à grande échelle demeurent encore le moyen le plus fiable pour contrôler ces ravageurs. Outre leur coût élevé (près de 300 millions dollars contre le criquet pèlerin en 1988, sans compter les sommes considérables engagées par les États eux-mêmes (50 millions d'euros) contre le Criquet migrateur malgache (*Locusta migratoria capito* Saus., 1984) en 1997-1999). Les produits chimiques posent de nombreux problèmes environnementaux et sont de plus en plus critiqués du fait de la toxicité des produits et de l'ampleur des zones traitées. En 1988, près de 26 millions d'hectares traités. Cette vaste superficie se répartit sur 23 pays d'Afrique. De 1997 à 1999, 4,2 millions d'hectares traités au Madagascar. En 2000 plus de 8 millions d'hectares traités à Kazakhstan. Ces zones traitées, concernent souvent des écosystèmes fragiles (zones désertiques d'Afrique) et riches en espèces endémiques, tel que le cas de l'île de Madagascar (LECOQ, 2004). Lors de la dernière campagne de lutte antiacridienne 2003-2005, il est utilisé pour l'ensemble des pays touchés par les criquets, près de 13 millions de litres de pesticides, sur une superficie totale de 12,9 millions d'hectares (BRADER et al., 2006). La lutte chimique massive pratiquée, soulève des réserves à propos de certains de ses aspects touchant à son coût, sa nocivité vis-à-vis de l'homme, les animaux et l'environnement. Il n'est plus permis de déverser sur de vastes régions infestées, des quantités de produits chimiques aussi importantes que celles employées dans les campagnes antérieures (MAHJOUB, 1988). Les effets résultant de pollution chronique n'apparaissent qu'à très long terme. Les causes de nuisance ne sont pas faciles à mettre en évidence et les effets sont constatés à posteriori; lorsqu'ils ne peuvent plus être évités. C'est pourquoi, il est souhaitable de prévoir les effets des pesticides avant de les utiliser et d'évaluer les risques susceptibles de concerner l'homme et son environnement (CABRIDENC et al., 1980). Selon les mêmes auteurs, la prévision de l'écotoxicité d'un pesticide est un problème difficile à résoudre du fait de la complexité des mécanismes en cause et de la multiplicité des organismes concernés. Les acridicides sont en effet systématiquement tous présumés néfastes puisque la totalité contient des substances actives classées au code de la santé publique comme substances vénéneuses, dites toxiques et nocives. Les produits toxiques diffusés volontairement ou non, ont un devenir qu'il importe de connaître puis de surveiller avec soin. La pollution des écosystèmes naturels par un produit toxique peu biodégradable se traduit, à plus ou moins long terme, par une série de phénomènes écotoxicologiques, souvent très complexes. Une utilisation irrationnelle des pesticides peut avoir un impact négatif sur l'homme et sur l'environnement. Il peut arriver selon THIAM (1991), RAMADE (1991), PEVELING (2000), une dégradation du pesticide dans le sol en métabolites encore plus dangereux, sous l'effet de la chaleur. De même, il arrive un lessivage du pesticide suivi de la contamination de la nappe phréatique. Les zones d'épandage des acridicides se caractérisent par des sols sablonneux en général. Dans ces sols vu

les pores d'un trop grand diamètre, les eaux de ruissellement polluées par les pesticides ne sont pas retenues dans les couches superficielles, mais s'infiltrent et gagnent les couches profondes. Ainsi, la composition des eaux profondes dépend de la qualité physico-chimique de ces eaux; une telle qualité que l'on retrouve dans la nappe phréatique. Il peut arriver aussi que les acridicides présentent un effet négatif sur les organismes, tels que les oiseaux, les mammifères sauvages ou domestiques (OULD EL HADJ *et al.*, 2007). Pour JOUAN (1980), deux types de risques se présentent alors que l'on peut rattacher dans un langage courant:

- Risque écologique: effet sur la faune et la flore;
- Risque toxicologique: risque pour l'homme.

Le problème est complexe, car le plus souvent nous ne disposons qu'aucune connaissance concernant l'évolution d'un acridicide, son métabolisme, ses possibilités de bioaccumulation ou de biomagnification et les phénomènes de synergie, résultant de la présence simultanée d'autres substances ou des conditions du milieu aride (OULD EL HADJ *et al.*, 2007).

L'arsenal chimique utilisé dans la lutte antiacridienne, quoiqu'est très diversifié, n'a pas pu enrayer complètement le fléau acridien. En plus, il a alourdi le bilan environnemental par l'intoxication de l'homme et du bétail, la raréfaction et la destruction de la faune utile, la phytotoxicité et la pollution environnementale. Une prise au sérieux des problèmes d'environnement et d'écologie, a incité les organismes et les institutions de rechercher à s'orienter vers la lutte biologique sous ses diverses formes pour lutter contre le criquet essaimant (TAIL, 1998).

Le Sahara dispose d'une biodiversité floristique exceptionnelle, constituée de plus de 500 espèces (MAIRE, 1933), dont on dénombre 162 espèces endémiques dans le Sahara Septentrional seul et à la quelle s'ajoute une tradition séculaire de pharmacopée traditionnelle. Plusieurs espèces sont connues par leurs propriétés thérapeutiques remarquables (QUEZEL, 1978). Les plantes spontanées des zones arides sont considérées comme l'une des ressources phylogénétiques qui présentent un intérêt agronomique, économique, écologique mais aussi stratégique (UNESCO, 1960). A cet effet, pour mieux caractériser les potentialités de la flore saharienne et la valoriser, afin d'augmenter la production agricole et dans la quête de nouvelles techniques pour protéger les cultures contre les insectes nuisibles tout en préservant l'environnement, les organismes et les institutions de recherches s'orientent vers la lutte biologique. C'est un procédé de lutte, consistant à détruire les insectes nuisibles par l'utilisation rationnelle de leurs ennemis naturels autonomes appartenant au règne animal, ou bien par l'usage des biocides inertes (toxines microbiens ou métabolites secondaires végétales) (BALACHOWSKY et MENSIL, 1936 cités par MOUSSA, 2003).

La possibilité d'utiliser les substances secondaires des plantes contre les insectes nuisibles en général et contre le criquet pèlerin en particulier s'est révélé promoteur, et a suscité beaucoup de travaux dont les plus récents sont ceux de ABBASSI *et al.* (2003a, 2003b, 2004, 2005), OULD EL HADJ *et al.* (2006), ZOUITEN *et al.* (2006), IDRISSE et HERMAS (2008),



DOUMANDJI-MITICHE et DOUMANDJI (2008) et AMMAR et N'CIR (2008); KEMASSI *et al.* (2010). Des substances toxiques sont isolées des végétaux de familles botaniques différentes, mais surtout celles des Asteraceae, où se retrouve toute une gamme de molécules toxiques, tels que: Furanocoumarins, alcaloïdes, furanoquinolines, alcaloïdes bêta-carbolines, polyacétylènes et leurs dérivés thiophènes, et quinones. Ce sont des composés connus comme phagorépresseurs, réduit la prise de nourriture ou engendrent des lésions cuticulaires et des mues anormales. Ils peuvent retarder le développement larvaire. Ils s'avèrent être ovicides ou adulticides (PHILOGENE, 1991). Plusieurs espèces végétales sont investies pour leur action acridicide pour une éventuelle utilisation dans la lutte contre les phytophages. Le Melia, le neem, le harmel, l'eucalyptus, le pommier de sodome, etc., sont les plus étudiés. Le margousier ou le neem (*Azadirachta indica* Juss. Miliaceae) est l'espèce étudiée depuis 1937 suite à la révélation des scientifiques indiens qui rapportent qu'il peut enrayer une infestation de sauterelles en répandant sur les récoltes un extrait de feuilles de neem. Les recherches subséquentes notent la présence d'un limonoïde, l'azadirachtine comme étant le principe actif le plus important dans l'activité antiappétante du margousier (PHILOGENE, 1991). Parallèlement, SIEBER et REMBOLD (1983) étudient les effets de l'azadirachtine sur le dernier stade larvaire de *Locusta migratoria* L., en plus de l'action antiappétante. Ils constatent une interférence dans le système endocrinien qui se traduit par des effets morphogénétiques ou bien par le blocage de la synthèse de l'hormone juvénile au niveau de corpora allata et de l'ecdysone au niveau de la glande prothoracique ou bien par l'inhibition des sécrétions de cellules protocérébrales (GIRARDIE et GRANIER, 1973; PHILOGENE, 1991). Une application de l'extrait de neem (1ml /m<sup>2</sup>) sur les larves de *S. gregaria* de la phase grégaire a permis de montrer une tendance à un comportement solitaire des larves en plus du changement de couleur, permettant d'identifier que la phase grégaire ne se manifeste plus. Le Repelin, le Nimbasol, le Neemark, le Margosan et le Bitters sont des insecticides homologués à base de neem, à usage différent (PHILOGENE, 1991). Au Sénégal, lors de l'invasion acridienne de *S. gregaria* de 2004 à 2005, une pulvérisation par voie aérienne d'huile de neem sur 5 hectares de plants de l'oseille de Guinée *Hibiscus sabdariffa* L. (Malvaceae), les a protégées de l'attaque des criquets qui survolaient les cultures sans s'y poser (PAN, 2006).

C'est dans cette optique qu'une étude comparative des propriétés toxiques de deux plantes du Sahara algérien soit *Euphorbia guyoniana* (Boiss. & Reut.) (Euphorbiaceae) et *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae), vis-à-vis du criquet pèlerin, a été menée. Les critères d'appréciation sont non seulement les taux de mortalité, mais aussi les effets en termes de consommation des plantes traitées, de croissance pondérale et de développement ovarien.

La présente étude comporte deux parties. Le premier chapitre est consacré à la présentation de la méthodologie adoptée pour la partie expérimentale, soit le principe adopté pour l'étude, le choix des espèces végétales, les protocoles suivis pour l'extraction des principes actifs, les tests biologiques ainsi que l'exploitation des résultats pour cette étude. Le second chapitre regroupe l'ensemble des résultats qui seront suivis d'une discussion et interprétation. Une conclusion générale qui est un ensemble de réflexions achève ce travail.



## Chapitre 1.- Méthodologie de travail

### 1.1.- Principe adopté

Les végétaux font un usage constant de la lumière pour croître et se développer. Certaines espèces ont poussés l'exploitation de l'énergie photonique à l'extrême par l'élaboration au cours de leur métabolisme de toute une gamme de composés capables d'anéantir ou de limiter les dégâts causés par les phytophages. Ces composés dits secondaires sont des substances qui se retrouvent de façon sporadique chez les plantes dans l'appareil souterrain et aérienne (PHILOGENE, 1991). FEENY (1975) signale qu'il existe deux catégories de composés secondaires chez les plantes:

- Des composés à valeurs quantitatives agissant selon leurs concentrations, comme les tannins, qui sont des substances phénoliques ayant la propriété de réduire la digestibilité des parties comestibles des plantes;
- Des composés ayant une activité spécifique à des concentrations relativement faibles. Ces substances ont un effet anti-appétant, lorsqu'elles inhibent la prise de nourriture ou un effet toxique, lorsqu'elles empêchent l'approche des ravageurs.

Face à ce constat, la présente étude recherche à partir d'extraits acétoniques, aqueux ou alcaloïdiques totaux, isoler des parties foliaires d'*Euphorbia guyoniana* (Euphorbiaceae) et de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae), deux plantes spontanées endémiques du Sahara septentrional Est algérien, épargnées par le Criquet du désert, leurs caractéristiques acridicides ou acridifuges. Les critères d'appréciation sont non seulement les taux de mortalité, mais aussi les effets en termes de consommation de plantes d'alimentation traitées par les extraits bruts foliaires, de croissance pondérale, de développement ovarien, mais aussi leurs actions sur la mue chez ce locuste du désert.

### 1.2.- Matériel d'étude

#### 1.2.1.- Matériel biologique

Le matériel biologique se compose de larves du cinquième stade (L<sub>5</sub>) et les adultes du Criquet pèlerin issus d'un élevage de masse réalisé au laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi arides de l'université Kasdi Merbah-Ouargla (Algérie) et d'*Euphorbia guyoniana* (Euphorbiaceae) et de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) récoltés au Sahara Septentrional Est algérien.

##### 1.2.1.1.- *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)

Le Criquet Pèlerin appartient à la catégorie des acridiens, de type locuste présentant un phénomène de polymorphisme phasaire. C'est à dire la possibilité de développer des aspects variés et réversibles selon la densité des populations. Schématiquement, on parle de phase solitaire pour les populations de faible densité et, de phase grégaire pour les populations de forte

densité. Il existe des formes intermédiaires dites transiens: des transiens congregans dans le cas de passage de la phase solitaire vers la phase grégaire, un passage qui demande en général plusieurs générations (4 générations successives au minimum); et de transiens degrégans dans le cas d'un passage de la phase grégaire vers la phase solitaire. Ce passage est plus rapide et s'effectue souvent en l'espace d'une ou deux générations (DURANTON et LECOQ, 1990).

#### 1.2.1.1.1.- Position systématique

Le Criquet pèlerin appartient à l'ordre des Orthoptères regroupant les Insectes ayant des ailes droites sans aucune ligne de plicature transversale et que les ailes membranaires (métathoracique) se replient au repos en éventail suivant des axes de plis longitudinaux. Cet ordre se subdivise en deux sous ordres: les Ensifères et les Caelifères. Les Ensifères présentent des antennes qui dépassent nettement la longueur du corps, un oviscapte allongé plus ou moins courbé souvent aussi long que le corps. Un organe tympanique se situe sur la face interne du tibia intérieur. Les Caelifères possèdent des antennes courtes, ne dépassant guère la limite postérieure du pronotum, un petit appareil de ponte constitué par des valves et un organe tympanique situé de part et d'autre du premier segment abdominal (DOUMANDJI et DOUMANDJI-MITICHE, 1994). Selon GRASSE (1970), la position systématique du Criquet pèlerin est comme suit:

Embranchement :	Arthropodes
Sous Embranchement :	Mandibulates
Classe:	Insectes
Sous classe:	Ptérygotes
Super ordre:	Orthoptéroïdes
Ordre:	Orthoptères
Sous ordre:	Caelifères
Super famille:	Acridoides
Famille:	Acrididae
Sous famille:	Cyrtacanthacridinae
Genre:	Schistocerca
Espèce:	<i>Schistocerca gregaria</i> (Forskål, 1775)

*S. gregaria* présente deux sous espèces: l'une est la plus connue, et plus répartie à travers le monde, est *S. gregaria gregaria* (Forskål, 1775), son nom commun est le Criquet pèlerin ou Criquet du désert; et l'autre est *S. gregaria flaviventris* (Burmeister, 1838), modestement répartie en Afrique du Sud-ouest (LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG, 1997).

## 1.2.2.- Choix des plantes

La flore du Sahara regroupe environ 500 taxons de plantes supérieures (OZENDA, 1983), dont une partie reste de nos jours utilisée par les autochtones comme plantes médicinales (MAIRE, 1933). Le règne végétal est soumis à une agression constante par les phytophages, pour cela, et afin prémunir contre les intermittentes attaques des herbivores, des adaptations morphologiques, anatomiques et physiologiques divers sont constatées. La capacité que possèdent les plantes de se protéger contre leurs ennemis naturels a été réexaminée en détail depuis des siècles en vue d'être exploitée à des fins agronomiques (VERSCHAFFCLT, 1910). Les propriétés insecticides des métabolites d'origine végétale comme la nicotine, la roténone et le pyrèthre sont connues. Certes, l'avènement des insecticides de synthèse a mis en veilleuse les recherches sur les produits naturels d'origine végétale. La lutte contre les insectes entre donc dans une nouvelle phase. Cette approche «botanique» fournit des moyens de lutte en meilleure harmonie avec l'environnement, moyen provenant des organismes à protéger eux-mêmes. Les progrès notoires accomplis dans ce domaine depuis le début de la présente décennie, sont dus en grande partie à la collaboration étroite des phytotechniciens, des entomologistes, des chimistes et des toxicologues (SAXENA, 1988). Suite à des observations sur terrain, une liste de plantes épargnées par le Criquet pèlerin au Sahara septentrional Est Algérien durant la dernière invasion acridienne de 2003 à 2006, est dressée, parmi les quelles *Euphorbia guyoniana* (Boiss. & Reut.) (Euphorbiaceae) et *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae), retenus pour la présente étude.

### 1.2.2.1.- *Euphorbia guyoniana* (Boiss. & Reut.)

#### 1.2.2.1.1.- Position systématique

Embranchement	: Spermaphytes
Sous embranchement	: Angiospermes
Classe	: Dicotylédones
Sous classe	: Rosidea
Ordre	: Euphorbiales
Famille	: Euphorbiaceae
Sub famille	: Euphorbioideae
Tribu	: Euphorbieae
Subtribu	: Euphorbiinae
Genre	: Euphorbia
Espèce	: <i>E. guyoniana</i> (Boiss. & Reut.) (OZENDA, 1991)

#### 1.2.2.1.2.- Description botanique

Plante vivace pouvant atteindre 1 mètre de haut, à tiges dressées très ramifiées, portant à la base des feuilles étroites, très peu nombreuses, surtout sur les rameaux fleuris. La floraison se déroule en janvier-février. Elle présente des fleurs de taille réduite, appelées cyathes. Elles sont de couleur jaunâtre (Photo 1). Les tiges et les feuilles laissent échappées un latex très âcre

lorsqu'elles se cassent (GUBB, 1913; QUEZEL et SANTA, 1962 ; OZENDA, 1991).

#### 1.2.2.1.3.- Répartition géographique

Cette plante est commune dans tout le Sahara septentrional et les régions pré-désertiques. Elle est observée en pieds isolés et en petits groupes dans les zones ensablées et a été répertoriée également dans le sable de l'étage tropical (MAIRE, 1933; OZENDA, 1991).



**Photo 1.-** *Euphorbia guyoniana* (Boiss. & Reut.) au stade floraison (Oued Sebseb Région de Ghardaïa) (Originale)

#### 1.2.2.1.4.- Intérêt socioéconomique

Dans la médecine traditionnelle, les Euphorbiaceae sont utilisés dans de nombreuses régions du monde dans le traitement de plusieurs affections telles que les maladies gastro-intestinales. Les espèces de cette famille, possèdent des propriétés cicatrisantes, antibactériennes, antifongiques et anti-inflammatoires (HERNÁNDEZ *et al.*, 2003; MAVAR *et al.*, 2004; ESMERALDINO *et al.*, 2005; LI *et al.*, 2008). En Afrique, certains Euphorbiaceae, sont utilisés comme antihelminthiques, hémostatiques, purgatifs et contraceptifs (MAMPANE *et al.*, 1987). Elles sont également utilisées dans le traitement du paludisme, des rhumatismes, des inflammations et dans le traitement de la syphilis (CHABRA *et al.*, 1990). Un grand nombre d'espèces d'Euphorbiaceae, sont toxiques pour l'homme; urticantes, irritantes des muqueuses, inductrices de tumeurs et engendrent des allergies cutanées causées généralement par leurs composés lactoniques ou quinoniques. Des esters de phorbol (diterpène) retrouvés chez les Euphorbiaceae, sont responsables de dermatites bulbeuses sévères sur la peau, de lésions labiales et d'œdèmes pharyngés par ingestion. Les accidents oculaires peuvent être sévères (lésions de l'épithélium cornéen) (CHAMPY, 2008). Les Euphorbiaceae renferment diverses familles de composés chimiques tels que les alcaloïdes (DE NAZARE *et al.*, 2005), les flavonoïdes, les

composés cyanogénétiques (HUNSA *et al.*, 1995), l'acide ellagique (MAVAR *et al.*, 2004), les saponines (TRIPATHI et TIWARI, 1980) et les terpènes (MAZOIR *et al.*, 2008). En pharmacopée, le genre *Euphorbia*, présente une importance particulière. Plusieurs espèces présentes des propriétés thérapeutiques exceptionnelles. Les tiges, les racines et les fleurs sont employées contre la bronchite, la jaunisse, l'asthme et en homéopathie. L'herbe est expectorante et diurétique. La drogue est appliquée pour usage externe contre les douleurs rhumatismales. Autrefois, la résine est employée comme émétique et comme laxatif (STEINMETZ, 1954). *Euphorbia guyoniana* est utilisée en pharmacopée contre les morsures de serpents, bien qu'elle est toxique, elle est à éviter en pâturage pour les animaux d'élevage (MAIRE, 1933). D'après HABA *et al.* (2007), *E. guyoniana* est très riche en métabolites secondaires dont les triterpènes, les diterpènes, les stéroïdes et en composés aromatiques.

### 1.2.2.2.- *Peganum harmala* L.

#### 1.2.2.2.1.- Position systématique

Embranchement	: Spermatophytes
Sous embranchement	: Angiospermes
Classe	: Dicotylédones
Sous classe	: Rosidae
Ordre	: Sapindales
Famille	: Zygophyllaceae
Genre	: <i>Peganum</i>
Espèce	: <i>Peganum harmala</i> L. (OZENDA, 1991).

#### 1.2.2.2.2.- Description botanique

Plante herbacée vivace, à tiges ordinairement peu rameuses, de 30 à 90 cm de haut, à entrenœuds assez courts, densément feuillés. Les feuilles sont allongées et irrégulièrement divisées en multiples lanières très fines pouvant atteindre 5x5 cm. Les feuilles supérieures ne dépassent pas 1,5 mm de largeur. La plante présente des fleurs blanches sales grandes avec des sépales inégaux persistants qui dépassent la corolle et des pétales crème lavés de rose-orangé à nervures jaunes, oblongs et subsymétriques. Les fleurs sont monoïques dotées de dix à quinze étamines à anthères longues de 8 mm à filets très élargis et plat dans leur partie inférieure, et à gynécée de 8-9 mm de longueur; des ovaires globuleux de trois à quatre loges et des stigmates à 3 carènes insensiblement atténués en style. Les fruits sont des petites capsules sphériques déprimées au sommet renfermant des graines noires (photo 2) (MAIRE, 1933; CHOPRA *et al.*, 1960; OZANDA, 1991).

#### 1.2.2.2.3.- Répartition géographique

Espèce cosmopolite très commune sur les sols sableux et un peu nitrés, Elle pousse en Europe australe et austro-orientale, Asie mineure, Tibet, Iran, Turkestan, Syrie, Arabie, Egypte et



en Afrique du Nord. En Algérie, *P. harmala* L. est commune aux hauts plateaux, au Sahara septentrional et méridional, et aux montagnes du Sahara central. Il est réputé pour les terrains sableux, dans les lits d'oued et à l'intérieur des agglomérations (MAIRE, 1933; CHOPRA *et al.*, 1960; OZENDA, 1991).



**Photo 2.-** *Peganum harmala* L. en végétation  
(Oued Mzab Région de Ghardaïa) (Originale)

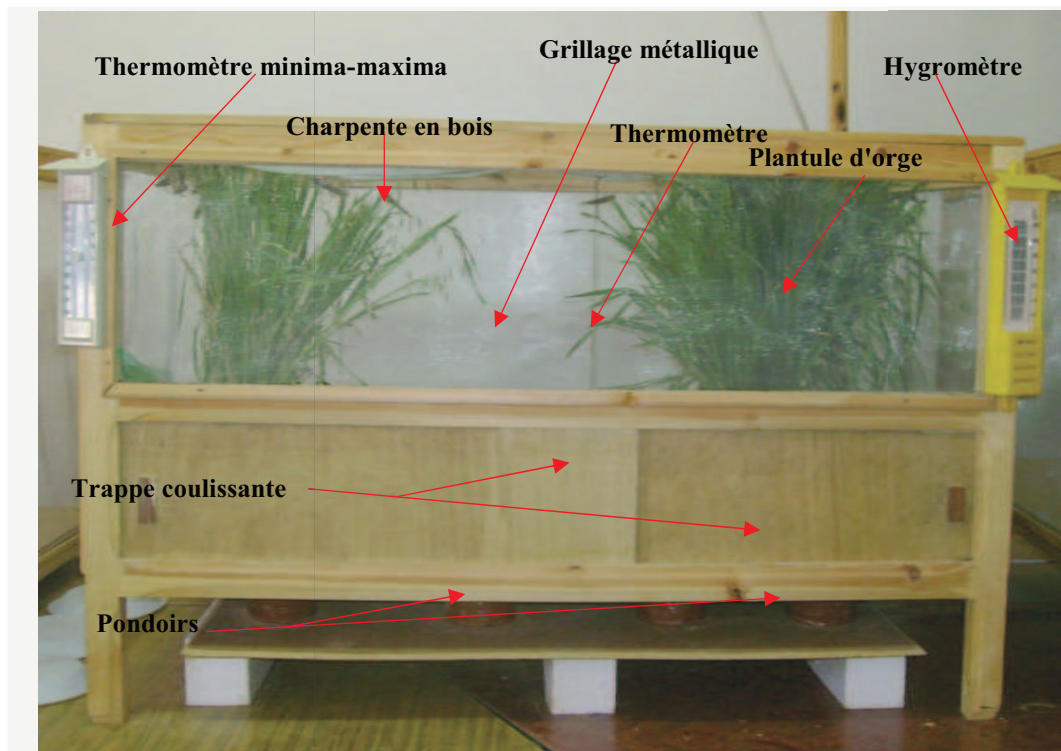
#### 1.2.2.2.4.- Intérêt socioéconomique

Parmi les différentes espèces du genre *Peganum*, l'harmal est utilisé par les populations locales en fumigation pour dissiper les troubles et traite les convulsions des enfants; en décoction et pommade pour le traitement des fièvres et en frictions pour soigner les rhumatismes. *Peganum harmala* présente des propriétés anthelminthique, antipaludique, antispasmodique, enivrante et sudorifique. C'est une plante non broutée par les animaux (UICN, 2001).

Les graines et les racines contiennent quatre alcaloïdes : l'harmaline, l'harmine, l'harmalol et la péganine, qui semble identique à la vasicine de *Yadhatoda vasica*. Les trois premiers sont étroitement apparentés du point de vue chimique, l'harmaline étant un méthoxy-harmalol et une dihydroharmine. Chez l'homme, les doses toxiques entraînent une dépression du système nerveux central, accompagnée d'un affaiblissement des fonctions motrices, de troubles de la respiration, d'un abaissement de la tension sanguine dû en grande partie à la faiblesse du muscle cardiaque et d'une chute de la température. Il apparaît en outre que la contractilité des muscles non striés est diminuée. Les effets convulsifs semblent produits par l'harmine et l'harmaline. Alors que l'harmalol provoque une paralysie progressive sans stimulation primaire. Ces alcaloïdes sont toxiques pour plusieurs types d'animaux inférieurs, notamment les helminthes et les protozoaires (CHOPRA *et al.*, 1960). Chez le Criquet pèlerin, l'extrait des feuilles de *P. harmala* provoque par conséquence une diminution de la prise de nourriture, une baisse du poids, de l'activité motrice, un retard de la maturité sexuelle chez les femelles, une réduction de la fécondité et du taux d'éclosion et même une mortalité des adultes après 14 jours (ABBASSI *et al.*, 2003).

### 1.2.3.- Choix des stades

La présente étude porte sur les larves du cinquième stade et sur les imagos du Criquet pèlerin issus de trois couples d'adultes reçues le 12/12/2010 de l'Institut National de Protection des Végétaux (INPV) d'Alger. L'élevage de masse est réalisé au Laboratoire de Protection des Écosystèmes en Zones Arides et Semi-arides du Département des Sciences Agronomiques de l'Université Kasdi Merbah-Ouargla (Algérie). Les criquets sont placés selon les stades d'étude dans deux cages parallélépipédiques dont la charpente en bois est de dimension 1,2m x 0,80m x 0,70m. La base de la cage est un contreplaqué et le reste est constitué d'un grillage métallique à mailles fines. Une petite trappe qui coulisse située à la face avant permet l'accès à l'intérieur de la cage. L'une des cages ne contient que les juvéniles du cinquième stade et dans l'autre dont le fond de la cage comporte des ouvertures circulaires où sont placés des pondoirs remplis de sable humidifié régulièrement, sont placés les imagos du Criquet pèlerin en élevage de masse (Photo 3). L'élevage est maintenu à une température de  $30\pm 4^{\circ}\text{C}$  et avec une humidité relative de  $60\pm 5\%$ . Des lampes de 160W assurent un éclairage continu. L'alimentation est constituée essentiellement des feuilles de choux *Brassica oleracea* L. (*Brassicaceae*), de blé dur *Triticum durum* L. (*Poaceae*), d'orge *Hordeum vulgare* L. (*Poaceae*), de gazon *Stenotaphrum americanum* L. (*Poaceae*), du son de blé et de l'eau. Le renouvellement de la nourriture, le nettoyage, l'humidification des pondoirs, ainsi que la vérification des pondoirs pour la recherche des oothèques s'effectuent quotidiennement.



**Photo 3.-** Cage utilisée pour l'élevage du Criquet pèlerin (Originale)

#### **1.2.4.- Matériel utilisé au laboratoire**

- Une balance de précision pour effectuer les pesés nécessaire à l'étude dont celles des individus, des fèces et des aliments,
- Montage de distillation pour l'extraction des principes actifs;
- Ampoule à décanter de 250 ml pour l'étape de séparation de deux phases lors d'extraction des alcaloïdes;
- Un rotor vapor pour la concentration des extraits par évaporation des solvants organique utilisés pour l'extraction;
- Bêchers de 500 ml utilisé pour l'extraction par macération;
- Erlenmeyer de 500 ml utilisé pour l'extraction;
- Papiers filtres pour la filtration des extraits d'échantillons de plantes;
- Ballons de 2000 ml utilisé pour l'extraction;
- Chauffe ballon pour l'évaporation des solvants.

#### **1.3.- Méthodes d'étude**

##### **1.3.1.- Préparation des extraits végétaux**

Trois méthodes d'extraction ont été requises pour l'extraction des principes actifs à partir d'*Euphorbia guyoniana* et de *Peganum harmala*; la macération à l'acétone (extrait brut), extrait aqueux, et l'extrait alcaloïdiques totaux.

##### **1.3.1.1.- Extraction par Macération dans l'acétone**

L'extraction par macération est une extraction à froid. C'est un simple contact entre la matière végétale et le solvant utilisé pour l'extraction, la séparation se fait par filtration. Elle est utilisée couramment dans l'extraction des terpènes, des alcaloïdes, des flavonoïdes, des acides gras, des amines, etc. (AMER et RASMY, 1993; MOMEN et AMER, 1994 cités par OULD EL HADJ, 2004). Cette technique est la même utilisée par plusieurs auteurs dont OULD EL HADJ *et al.*, 2006; KEMASSI, 2008; KEMASSI *et al.*, 2010). Elle consiste à émerger 100g de feuilles sèches de plantes récoltées dans l'acétone pendant 24 heures. Ensuite la filtration est effectuée sous vide à l'aide d'une fiole à vide et d'un entonnoir. Le résidu sec est jeté alors que le filtrat recueilli est soumis à une évaporation sous vide dans un rotor vapor pour éliminer l'acétone. Le produit ainsi obtenu est un extrait auquel est ajouté 20 ml d'acétone. Ce mélange est donc le produit de traitement.

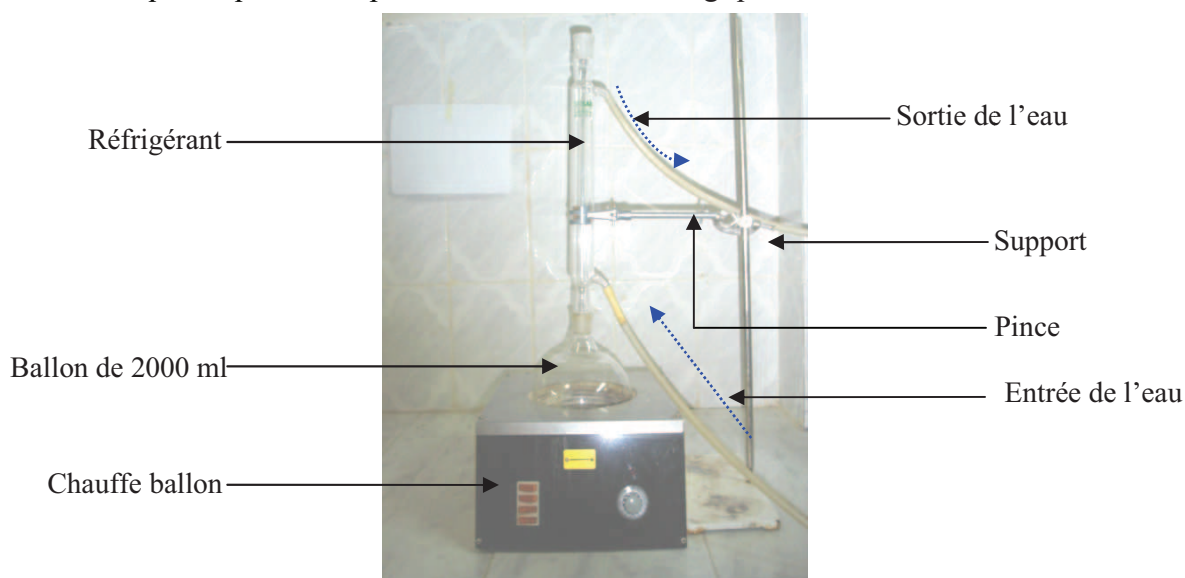
##### **1.3.1.2.- Extraction par reflux (extrait aqueux)**

Les extraits aqueux sont obtenus par solubilisation des fractions actives dans de l'eau distillée et de méthanol. La partie aérienne de deux plantes testées est rincée à l'eau, est laissée séchée pendant 6 jours à l'air libre et à la température ambiante. Une fois séchées, elles seront broyées et conservées dans des bocaux hermétiques portant une étiquette où le nom de l'espèce,



la date et lieu de récolte sont mentionnés. 100 grammes de la poudre végétale est misent dans un ballon de 2000 ml capacité avec suffisamment de la solution aqueuse de méthanol (2:1) (2/3 de méthanol et 1/3 d'eau distillée). Le ballon est surmonté par un réfrigérant permettant la condensation des fractions volatiles organiques lors d'extraction.

Le mélange est porté à ébullition à 50°C pendant 6 heures (photo 3). L'homogénat est refroidi et filtré à l'aide d'un papier filtre. Pour éliminer le méthanol, le filtrat est soumis à une évaporation sous vide à l'aide d'un rotor vapor pendant 2 à 3 heures. Le produit obtenu, est un extrait aqueux qui servira par la suite aux tests biologiques.



**Photo 4.-** Montage pour l'extraction d'extrait aqueux (originale)

### 1.3.1.3.- Extraction des alcaloïdes totaux

Les alcaloïdes sont des molécules organiques hétérocycliques azotées basiques, d'origine naturelle, pouvant avoir des activités pharmacologiques et biologiques exceptionnelles (ROBINSON, 1981).

Le protocole d'extraction des alcaloïdes totaux pour la présente étude, est inspiré de la méthode proposée par (STAS, 1850).

L'extraction des alcaloïdes totaux à partir d'une plante s'effectue en plusieurs étapes. Elle débute par un dégraissage. Il consiste à soumettre 40g de la poudre végétale préalablement préparée, une macération dans 100 ml d'éther de pétrole pendant 24 heures pour éliminer les lipides et les pigments. Le mélange est ensuite filtré. Le filtrat est jeté, alors que le marc est récupéré et laissé sécher à l'air libre pendant quelques minutes afin d'évaporer le solvant organique. Le marc dégraissé, est repris dans 100 ml de chloroforme basifié à pH = 9 par l'ajout de quelques gouttes d'ammoniaque (étape d'alcalinisation) pendant 24 heures afin de libérer les alcaloïdes de leurs combinaisons salines. Pour un bon épuisement du marc, il est répété trois fois.

Une filtration est ensuite réalisée, le marc épuisé est jeté et le filtrat est recueilli et concentré partiellement sous pression réduite au rotor-vapor. La phase chloroformique concentrée subit une extraction par une solution aqueuse d'acide sulfurique à 3% à volumes égaux (100 ml). La phase acide est alcalinisée par une solution d'ammoniacale à pH = 9. Il est procédé à une extraction (liquide-liquide) dans une ampoule à décantation après rajout de 20 ml de chloroforme. L'ensemble est mélangé doucement en agitant de haut en bas. Après environ 30 mn, deux phases sont observées, la phase aqueuse en dessus et la phase organique en dessous. Après séparation de deux phases, la phase organique (solution organique d'alcaloïdes totaux) est récupérée et ensuite concentrée jusqu'au sec dans un rotor-vapor, le résidu ainsi obtenu, est une pâte d'alcaloïdes brutes. 20 ml d'acétone est rajouté à l'extrait obtenu. Ce mélange constitue donc le produit à tester. Ces opérations sont réalisées pour les deux espèces végétales à étudier.

### 1.3.2.- Étude de la toxicité

Les tests de toxicité ont pour objet d'évaluer le degré de sensibilité (ou de résistance) d'une substance toxique chez les diverses espèces animales ou végétales. En pratique, ils cherchent à déterminer les différentes formes de toxicité (par ingestion; par inhalation ou par contact) et à faire une évaluation quantitative des principaux effets létaux ou sublétaux (RAMADE, 2007). La présente étude porte sur les extraits bruts obtenus par macération dans de l'acétone, extrait aqueux et extrait alcaloïdique bruts de deux espèces végétales spontanées récoltées dans le Sahara septentrional algérien. Le mode de traitement est par ingestion.

Pour un suivi à long terme, et éviter les effets de masse, les interférences, ou les perturbations, les insectes sont placés individuellement dans des cages parallélépipédiques en bois (0,30 m x 0,15 m x 0,15 m) dont les faces sont recouvertes de tissu gazeux.

Le test consiste à alimenter les larves L<sub>5</sub> et les individus adultes mis à jeûner pendant 24 heures afin de leur permettre de vider leur tube digestif et de les affamer par des fragments de surfaces déterminées provenant de la plante nourricière. Pour l'étude, le choix a porté sur le chou *Brassica oleracea* L. (Brassicaceae), vu sa valeur nutritive exceptionnelle et son appétibilité par ce locuste (OULD EL HADJ *et al.*, 2007). Pour les extraits des deux plantes à l'acétone, les fragments de chou sont imbibés pendant quelques secondes dans la solution d'extrait végétal laissé durant 15 à 20 mn à l'air libre pour faire évaporer l'acétone avant d'être présentés aux insectes. Au bout de 24 heures, on fait le nettoyage des cages. Les fragments non ingérés sont récupérés afin de prendre leurs empreintes sur du papier millimétré. Celles-ci vont servir à calculer la surface consommée. Les individus témoins quant à eux sont nourris avec des fragments d'une surface déterminée de la plante témoin imbibée dans l'acétone ou dans de l'eau distillée (extrait aqueux) et laissés durant 15 à 20 mn à l'air libre pour faire évaporer l'acétone ou l'eau. A chaque fois l'évolution pondérale des individus et le nombre de morts sont notés. L'expérimentation est suivie jusqu'à la mortalité totale de tous les individus des lots traités. Pour chaque plante prise en considération, trois extraits sont testés dont l'extrait acétonique, l'extrait aqueux et l'extrait alcaloïdique total.

Pour l'étude de l'action de l'ingestion de feuilles de chou imprégnées par les extraits foliaires de deux plantes testées, chaque extrait d'une espèce végétale prise en considération 10 lots d'insectes à raison de 24 individus (12 mâles et 12 femelles) par lot sont constitués. Ceci donne un total de 480 individus (fig. 1).

L'expérimentation est suivie durant 15 jours pour les larves et 30 jours pour les adultes. Dans le but de suivre l'effet des ses extraits végétaux sur le développement ovarien chez les femelles, les individus survivants sont marqués et mis dans une cage parallélépipédique et nourris de même régime alimentaire que les individus de l'élevage de masse. Ceci s'avère indispensable dans la mesure où les phéromones dégagées par les adultes mâles constituent un stimulus fondamental pour la maturité sexuelle et la fécondité chez les femelles et la maturité sexuelle des mâles immatures (DURANTON et LECOQ, 1990).

### **1.3.3.- Exploitation des résultats**

#### **1.3.3.1.- Calcul du temps léthal 50 (TL<sub>50</sub>)**

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

Formule de SCHNEIDER :

$$MC = [M_2 - M_1 / 100 - M_1] \times 100$$

- MC : % de mortalité corrigée;
- M<sub>2</sub> : % de mortalité dans la population traitée;
- M<sub>1</sub> : % de mortalité dans la population témoin.

#### **1.3.3.2.- Coefficient d'utilisation digestive apparent (CUD<sub>a</sub>)**

Le CUD<sub>a</sub> est la quantité de nutriment ingérée, diffère de celle qui, une fois digérée va être absorbée au niveau de l'intestin. Le CUD<sub>a</sub> est le pourcentage correspondant à la part d'un nutriment qui ne finira pas dans les fèces. Il est calculé selon l'équation de WALDBRAUER (1968):

$$CUD_a(\%) = \frac{\text{Quantité ingérée} - \text{Poids des fèces}}{\text{Quantité ingérée}} \times 100$$

### 1.3.3.3.- Indice de consommation

L'indice de consommation est évalué en calculant le rapport entre la quantité d'aliments consommée par un animal pendant une période déterminée et son gain de poids vif pendant le même temps. Il est bas, plus l'animal est considéré comme productif. C'est une valeur souvent calculée dans le domaine de la production animale (BOCCARD, 1963). Afin d'évaluer l'effet des extraits végétaux sur le rendement de la transformation du végétal ingéré par les larves du cinquième stade et par les individus adultes de *S. gregaria* en gain de poids vif et dans le but de suivre l'évolution de la croissance pondérale en fonction de la consommation journalière des feuilles de chou chez les individus témoins et traités à l'aide des extraits foliaires des plantes acridifuges, l'indice de consommation (IC) est calculé. Il est calculé en appliquant la formule suivante :

$$IC = \frac{\text{Quantité ingérée}}{\text{Gain du poids vif}}$$

L'indice de consommation est calculé en gramme du végétal ingéré par gramme de gain du poids constaté chez les larves L<sub>5</sub> et les individus adultes du Criquet pèlerin.

### 1.3.3.4.- Analyses statistiques (analyse de la variance "ANOVA")

Les traitements des données obtenues font appel à des approches statistiques. Les résultats obtenus pour chaque paramètre seront interprétés statistiquement à l'aide du logiciel «MINITAB version 13.31.FR- copyright 2000».

D'après DAGNILLIE (1975) l'analyse de la variance consiste à étudier la comparaison des moyennes à partir de la variabilité des échantillons. L'analyse de la variance ANOVA a été utilisée pour l'analyse des résultats après le test de normalité. Elle permet suivant le niveau de la signification de déterminer l'influence des facteurs étudiés ou des interactions entre les facteurs. La probabilité inférieure à 0,01 donne un effet hautement significatif, à 0,05 un effet significatif et pour une probabilité supérieure à 0,05 on considère que l'effet n'est pas significatif.

## Chapitre 2.- Résultats et discussion

### 2.1.- Action des extraits végétaux sur la prise de nourriture

Les quantités moyennes exprimées en gramme quotidiennement ingérées par les larves du cinquième stade et par les adultes de *S. gregaria* sont enregistrées dans les tableaux 1 et 2. Au vu des résultats, il apparaît une différence de consommation entre les lots nourris par les feuilles de *Brassica oleracea* L. (Brassicaceae) traitées par les extraits foliaires des différentes plantes et le témoin. Cette différence est en fonction de chaque extrait végétal. Pour les différents lots traités, les moyennes des consommations journalières, sont faibles comparativement à celles enregistrées chez les individus des lots témoins. Les larves L<sub>5</sub> nourris par des feuilles de chou aspergées par l'extrait acétonique d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (Euphorbiaceae) et de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae), les moyennes des consommations journalières sont respectivement de 0,12±0,29g/jour et 1,90±1.65g/jour. Elle est de l'ordre de 0g/jour et 0,75±0,36g/jour chez les adultes. Pour les larves L<sub>5</sub> et les adultes nourris aux feuilles de chou traitées par l'extrait alcaloïdique d'*E. guyoniana* et *P. harmala*, les prises de nourriture, sont de l'ordre de 0,21±0,36g/jour et 1,27±0,37g/jour pour les larves L<sub>5</sub> et, pour les adultes de 0,34±0,34g/jour et 0.99±0.17g/jour respectivement. Pour les individus des lots témoins (témoin acétone), elle est de 1,80±0,11g/jour chez larves L<sub>5</sub> et 1,06±0,16g/jour chez les individus adultes de *S. gregaria*. De même, chez les larves L<sub>5</sub> et les adultes nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait aqueux d'*E. guyoniana* et *P. harmala*, les individus traités consomment moins. La moyenne de la consommation journalière est faible comparativement à celles notées pour les individus nourris par des feuilles de chou aspergées par l'extrait aqueux. Elle va de 0,26±0,25g/jour à 0,36±0,41g/jour chez les larves L<sub>5</sub> et de 0,89±0,28g et 1,10±0,19g/jour pour les adultes traités par l'extrait aqueux d'*E. guyoniana* et *P. harmala*. La moyenne des consommations enregistrées chez les individus du lot témoin (eau), est de 1,44±0,58g/jour et de 0,92±0,79g/jour chez les larves L<sub>5</sub> et les adultes de cette locuste du désert respectivement. Ces prises de nourriture sont appréciables. L'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* entraîne une prise de nourriture nulle aussi bien chez les larves L<sub>5</sub> que chez les adultes de *S. gregaria*. OULD EL HADJ et al. (2006) signalent que les extraits du neem *Azadirachta indica* (Meliaceae) et *Melia azerdarach* (Meliaceae), les extraits des deux plantes n'engendrent aucune prise de nourriture chez les larves L<sub>5</sub> et les adultes de *S. gregaria*. Cela est dû à l'effet anti-péristaltique du neem au niveau du canal alimentaire des criquets inhibant la consommation des surfaces foliaires traitées par le neem. Cependant, les feuilles de chou imbibées d'extrait de *P. harmala*, sont plus consommées qu'*E. guyoniana*. Cette prise de nourriture est, à des proportions relativement différentes (tab. 1 et 2). Il est perceptible également que les feuilles de chou traitées par l'extrait foliaire de *P. harmala*, sont plus appréciées par les larves L<sub>5</sub>, suivies de celles traitées par l'extrait d'*Euphorbia guyoniana*. Par contre, les adultes de *S. gregaria* consomment plus les feuilles de *B. oleracea* traitées par l'extrait de *P. harmala*. Il est constaté que les larves de cinquième stade de *S. gregaria* consomment des feuilles de chou beaucoup plus que les adultes.

Par ailleurs, il y a lieu de noter que la prise de nourriture des individus dans l'ensemble des lots traités, est beaucoup plus faible par rapport à celle enregistrée dans les individus des lots témoins de larves L<sub>5</sub> et des adultes.

L'analyse de la variance de la variation pour la consommation des feuilles de chou traitées par les extraits végétaux en fonction du temps montre une différence significative ( $F = 5,25$ ;  $p < 0,035$ ) dans la consommation rapportée chez les larves  $L_5$  et très hautement significative ( $F = 174,32$ ;  $p < 0,000$ ) chez les adultes nourris par des feuilles de chou aspergées par l'extrait acétonique d'*E. guyoniana*. Pour les individus de *S. gregaria* nourris par les feuilles de chou traitées par l'extrait acétonique de *P. harmala*, il n'y a pas une différence significative ( $F = 0$ ;  $p < 0,973$ ) ( $F = 0,24$ ;  $p < 0,623$ ) dans la consommation rapportée chez les larves et les adultes du criquet du désert. Les individus de cette locuste, nourris par les feuilles de chou traitées par l'extrait alcaloïdique d'*E. guyoniana*, l'analyse de la variance montre une différence très hautement significative ( $F = 20,25$ ;  $p < 0,000$ ) ( $F = 45,71$ ;  $p < 0,000$ ) chez les larves et les adultes de *S. gregaria* respectivement. Pour ceux nourris par les feuilles de chou traitées par l'extrait alcaloïdique de *P. harmala*, l'analyse de la variance laisse remarquer une différence significative ( $F = 4,11$ ;  $p < 0,049$ ) chez les adultes, alors que chez les larves, il n'y a pas d'effet significatif ( $F = 0,74$ ;  $p < 0,401$ ) respectivement. L'analyse de la variance montre une différence significative ( $F = 5,15$ ;  $p < 0,036$ ) dans la consommation rapportée chez les larves  $L_5$  et très hautement significative ( $F = 30,50$ ;  $p < 0,000$ ) chez les adultes traité par l'extrait aqueux d'*E. guyoniana*. Pour les individus des lots nourris par les feuilles de chou traitées par l'extrait aqueux de *P. harmala*, l'analyse de la variance laisse apparaître une différence très hautement significative ( $F = 128,89$ ;  $p < 0,000$ ) chez les adultes de *S. gregaria* et pas une différence significative ( $F = 0,86$ ;  $p < 0,368$ ) chez les larves  $L_5$  (tab. 3).

Il est admis communément que chez les phytophage, la prise de nourriture est un comportement qui varie en fonction des stades de l'animal, de l'espèce végétale et son stade de développement, mais aussi selon la composition de la partie consommée. Le refus de consommer ou la diminution de la consommation d'un végétal indique sans doute la présence des substances chimiques inhibant par conséquent la prise de nourriture (LEGALL, 1989). FELLOWS *et al.* (1986), signalent la présence des alcaloïdes polyhydroxylés chez les Euphorbiaceae. Ses composés inhibent le métabolisme du sucre, et se sont des excellents antiappétant pour divers insectes dont les Orthoptères. DA COSTA et JONES (1971) et TESSIE *et al.* (1975) notent la présence d'un triterpène tétracyclique dit Cucurbitacine dans plusieurs plantes de la famille de Cucurbitaceae dont *Citrullus colocynthis* et d'Euphorbiaceae. OULD AHMEDOU *et al.* (2001), mettent en évidence le pouvoir anti-appétant de *Citrullus colocynthis* chez le Criquet pèlerin chez des individus mis en présence de feuilles de cette plante. ABBASSI *et al.* (2003), notent la diminution de la consommation de feuilles de chou traitées à l'extrait éthanolique de *Peganum harmala* chez les larves et adultes de *S. gregaria*. Ils rapportent que cette contrarie, est due à la présence des alcaloïdes exerçant un fort pouvoir anti-appétant sur cet insecte. La diminution de la consommation journalière constatée, observée pour les extraits d'*Euphorbia guyoniana* résulte de la présence de substances particulièrement anti-appétantes inhibant, la prise de nourriture chez le Criquet pèlerin, dont les terpénoïdes, les alcaloïdes, les flavonoïdes et les composés phénoliques contenant dans ses diverses plantes. Chez les acridiens en particulier chez le Criquet du désert, la faim et/ou la soif peuvent induire un comportement alimentaire inhabituel.

**Tableau 3.-** Analyse de la variance appliquée aux extraits végétaux sur la prise de nourriture chez les larves L<sub>5</sub> et les adultes de *S. gregaria*

(DL: Degré de liberté; SC: Somme des carrés; CM: Carré moyen; F<sub>obs.</sub>: F observé ou calculé; P: probabilité; NS: effet non significatif ; \* : effet significatif ; \*\* : effet hautement significatif ; \*\*\* : effet très hautement significatif)

Lot	Stade	Source	DL	SC	CM	F <sub>obs</sub>	P	Signification	
Extrait acétonique	<i>Euphorbia guyoniana</i>	Larves L <sub>5</sub>	Facteur	1	3.929	3.929	5.25	0.035	*
			Erreur	17	12.727	0.749			
			Total	18	16.656				
		Adulte	Facteur	1	11.689	11.689	174.32	0.000	***
			Erreur	44	2.950	0.067			
			Total	45	14.640				
	<i>Puganum harmala</i>	Larves L <sub>5</sub>	Facteur	1	0.00	0.00	0.00	0.973	NS
			Erreur	19	30.43	1.60			
			Total	20	30.43				
		Adulte	Facteur	1	0.026	0.026	0.24	0.623	NS
			Erreur	58	6.140	0.106			
			Total	59	6.166				
Extrait alcaloïdique	<i>Euphorbia guyoniana</i>	Larves L <sub>5</sub>	Facteur	1	8.531	8.531	20.25	0.000	***
			Erreur	22	9.267	0.421			
			Total	23	17.798				
		Adulte	Facteur	1	4.865	4.865	45.71	0.000	***
			Erreur	44	4.683	0.106			
			Total	45	9.548				
	<i>Puganum harmala</i>	Larves L <sub>5</sub>	Facteur	1	0.78	0.78	0.74	0.401	NS
			Erreur	1	17.98	1.06			
			Total	18	18.77				
		Adulte	Facteur	1	1.514	1.514	4.11	0.049	*
			Erreur	45	16580	0.368			
			Total	46	18.094				



Lot	Stade	Source	DL	SC	CM	F <sub>obs</sub>	P	Signification	
Extrait aqueux	<i>Euphorbia guyoniana</i>	Larves L <sub>5</sub>	Facteur	1	2.664	2.664	5.15	0.036	*
			Erreur	18	9.315	0.517			
			Total	19	11.978				
		Adulte	Facteur	1	2.187	2.187	30.50	0.000	***
			Erreur	58	4.158	0.071			
			Total	59	6.345				
	<i>Peganum harmala</i>	Larves L <sub>5</sub>	Facteur	1	0.480	0.480	0.86	0.368	NS
			Erreur	16	8.942	0.559			
			Total	17	9.423				
		Adulte	Facteur	1	6.789	6.789	128.89	0.000	***
			Erreur	52	2.739	0.052			
			Total	53	9.528				

Il est constaté que certains individus affamés et assoiffés mordent les feuilles de chou traitées, mais s'arrêtent aussitôt. La soif et la faim poussent souvent les criquets à consommer certaines plantes peu propices au développement (OULD EL HADJ, 2001). BARBOUCHE *et al.* (1995) cité par MOUMEN (1997), signalent qu'il arrive que certaines plantes toxiques soient consommées par les insectes notamment par le Criquet pèlerin lorsqu'ils ont assoiffé ou sont affamés. BENHALIMA *et al.* (1984), mentionnent que le Criquet marocain *Dociotaurus marocanus* L. (Orthoptera- Acrididae) au moment de l'assèchement du couvert végétal augmente sa fréquence de consommation sur *Scorzonera pygmaea* L. (Asteraceae), plante qui reste verte mais qui affecte le développement ovarien de cet insecte. La reconnaissance chimique de la plante hôte, par l'insecte est le fait d'organes sensoriels situés sur les antennes ou encore sur les pièces buccales. Chez les acridiens la prise nourriture est précédée d'une séquence comportementale de reconnaissance. Généralement, ils explorent la surface de la feuille avec ses palpes maxillaires avant de mordre, le rejet du végétal s'effectue habituellement après la morsure. Toutefois, chez *Locusta migratoria* et *Schistocerca gregaria*, il peut y avoir rejet de la plante inhabituelle juste après l'étape de palpation et sans morsure. Ce comportement résulte d'une sorte d'apprentissage, l'insecte associant le stimulus enregistré par ses palpes avec le rejet qui suit les premières morsures (LEGALL, 1989). Il est constaté que les extraits foliaires d'*Euphorbia guyoniana* sont dissuasifs, leur action se traduit par un refus total et par l'inhibition de la prise de nourriture, alors que pour les extraits foliaires de *Peganum harmala*, une diminution de la prise de nourriture est observée, donc l'action antiappétante de ses extraits est constatée.



## 2.2.- Action sur la mortalité

Le tableau 4 regroupe l'évolution temporelle des pourcentages de mortalité cumulés enregistrés pour les différents lots témoins et traités par les extraits foliaires des deux plantes acridifuges. L'effet toxique constaté diffère d'une espèce végétale à l'autre et, pour la même espèce, il est en fonction de l'extrait testé (fig. 2 A, B et C). Les individus nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait acétonique d'*Euphorbia guyoniana*, présentent un taux mortalité maximal de 100% au bout de 11 jours pour les L<sub>5</sub>, et pour les adultes, il est 100% au 17<sup>e</sup> jour (photo 5, 6). Parallèlement, les individus de *Schistocerca gregaria* nourris par des feuilles de *Brassica oleracea* traitées par l'extrait acétonique de *Peganum harmala*, aucune mortalité n'est notée pour des L<sub>5</sub>. Toutes les larves de ce lot ont achevées leur dernière mue en 10±1 jours. Chez les adultes, un taux de mortalité de 41,66% est enregistré le 10<sup>e</sup> jour du traitement (Photo 7). Pour les individus de cet acridien, alimentés par des feuilles de chou aspergées à l'extrait alcaloïdique brut d'*Euphorbia guyoniana*, un taux mortalité de 83,33% est observé au 14<sup>e</sup> jour après traitement pour les larves L<sub>5</sub>. Il est de 100% au 15<sup>e</sup> jour après traitement chez les adultes (Photo 8 et 9). Les larves L<sub>5</sub> ayant réussi accomplir leur dernière mue, meurent 2,5±0,71 jours témoignant, ainsi la toxicité retardée de cet extrait végétal vis-à-vis des larves du cinquième stade. Tout de même, une larve L<sub>5</sub> du même lot est resté en état juvénile pendant 27 jours, avant la mort par la suite (photo 10). Cette action témoigne probablement de l'effet juvénilisant de cet extrait végétal sur les larves L<sub>5</sub> du Criquet pèlerin ou bien l'effet inhibiteur sur l'ecdysone responsable sur le phénomène d'exuviation chez les insectes dont les acridiens. Comparativement aux extraits alcaloïdiques celle de *P. harmala* semble moins toxique. Un taux de mortalité de l'ordre 8,33% est noté au 3<sup>e</sup> jour après traitement, et que 71,67% des larves testées achèvent leur mue imaginale au bout de 10,33±1,53 jour. Les adultes nourris aux feuilles de chou imprégnées par l'extrait alcaloïdique de *P. harmala* une mortalité de 100% est atteint au 16<sup>e</sup> jour du traitement (photos 11 et 12). Les ailés résultants des larves des lots traités, meurent après 4,5±0,71 jours. Les individus de *Schistocerca gregaria* alimentés par des feuilles de *B. oleracea* traitées par l'extrait aqueux foliaire d'*E. guyoniana*, un taux de 25% est atteint au bout du 13<sup>e</sup> jour pour les L<sub>5</sub>, et de 66,66% chez les adultes après le 17<sup>e</sup> jour du traitement (photos 13 et 14). Les larves L<sub>5</sub> nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait aqueux de *P. harmala*, aucune mortalité n'est enregistrée. Elles réussissent à achever leur mue imaginale après 11±58 jours. Par contre chez les adultes, une mortalité de 100% est atteinte au 25<sup>e</sup> jour (photo 15). Aucune mortalité n'est enregistrée pour les individus des lots témoins quel que soit leur stade de développement (larves ou adultes). Les L<sub>5</sub> ont pu achever leur dernière mue après 7±1 jours pour celles du lot témoin eau et de l'ordre de 9±1 jours pour le lot témoin traité à l'acétone.

L'évaluation des taux d'efficacité insecticide des extraits testés vis-à-vis des larves L<sub>5</sub> et adultes du Criquet pèlerin, est consigné dans le tableau 5. Les extraits végétaux d'*E. guyoniana* semble plus toxique comparativement aux extraits végétaux de *P. harmala* (fig. 2). Il est perceptible également une différence de toxicité entre les extraits de la même plante. L'extrait acétonique d'*E. guyoniana* s'avère plus toxique, suivi de l'extrait alcaloïdique puis l'extrait aqueux de ce végétal. Pour *P. harmala*, l'extrait alcaloïdique semble plus toxique par rapport aux extraits aqueux et acétonique.

Après traitement, des formes d'intoxication retardée sont apparues, car des larves L<sub>5</sub> muées sont mortes bien qu'elles ne soient plus nourries par des feuilles de chou traitées aux extraits. Pour les adultes des lots traités, l'extrait alcaloïdique est plus toxique comparativement aux extraits bruts acétoniques et aqueux. L'extrait alcaloïdique d'*E. guyoniana* est relativement plus toxique que celle de l'alcaloïdique de *P. harmala*. De même, l'extrait acétonique d'*E. guyoniana* est plus efficace sur les adultes que l'extrait acétonique de *P. harmala*. L'extrait aqueux de *P. harmala* s'avère plus toxique que celui aqueux d'*E. guyoniana*. Il est à signaler que les extraits foliaires d'*E. guyoniana* semblent plus efficace par rapport à ceux de *P. harmala*.

Dans les conditions en laboratoire, la mortalité est différente de celle pouvant survenir en situations naturelles où les larves des différents stades et les adultes sont soumis à des amplitudes thermiques importants, à l'action du vent, de la pluie et autres facteurs climatiques (KEMASSI, 2008). La mortalité globale relevée au niveau des lots témoins, est nulle chez les adultes et les larves L<sub>5</sub>. Toutefois, quelle que soit la plante prise en considération, l'effet toxique est moindre vis-à-vis des adultes de *Schistocerca gregaria* par rapport aux larves du cinquième stade. Il est admis communément que la résistance des insectes aux insecticides croît avec le développement de l'insecte (DOUAHO et al., 1982 cité par ACHEUK, 2000). Des individus du criquet pèlerin nourris par des feuilles de chou traités par les extraits foliaires bruts d'*Euphorbia guyoniana* et de *Peganum harmala* quelques heures après leurs morts, il est noté un noircissement de la face ventrale au niveau de l'intestin moyen ou mésentéron. Ceci semble lié vraisemblablement aux réactions enzymatiques suite à l'action de la toxine au niveau de cette partie du tube digestif ou l'épithélium intestinal est nue (photos 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13 et 15).

KEMASSI (2008) en étudiant l'effet toxique de différentes plantes acridifuges sur les adultes et les larves L<sub>5</sub> de *S. gregaria*, rapporte que les individus nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait d'*Euphorbia guyoniana*, présente un taux mortalité de 100% au 14<sup>e</sup> jour pour les L<sub>5</sub>, alors que chez les adultes, il est de 66,67% au bout de 15<sup>e</sup> jour. Pour les individus alimentés par des feuilles de *Brassica oleacea* traitées par des extraits de feuilles de *Peganum harmala*, une mortalité de 16,66% est atteinte à partir du 14<sup>e</sup> jour de traitement chez les larves L<sub>5</sub>. Elle est de l'ordre de 16,66% au bout de 12<sup>e</sup> jour, pour les adultes. ABBASSI et al. (2003), dans leurs études sur l'effet de l'extrait éthanolique de *Peganum harmala* au stade fructification sur les adultes du Criquet pèlerin, rapportent que l'extrait alcaloïdique de *Peganum harmala* cause une mortalité imaginale chez *S. gregaria* de 37% au bout de 30 jours. Ce taux de mortalité est de l'ordre de 83% et 66% pour les mêmes extraits alcaloïdiques de *Calotropis procerea*, Aiton. (Asclepiadaceae) et *Zygophyllum gaetulum* Emb. & Maire. (Zygophyllaceae) respectivement. OULD AHMEDOU et al. (2001) signalent qu'en élevage, avec un régime alimentaire mono-spécifique à base *Citrillus colocynthis* schrad. (Cucurbitaceae) des larves de quatrième stade du Criquet pèlerin, une mortalité de 10% est obtenue au bout du 15<sup>e</sup> jour. ABBASSI et al. (2004), étudiant l'effet de l'extrait alcaloïdique mis en solution d'éthanol d'une laticifère *Calotropis procerea* sur les larves du Criquet pèlerin, rapportent au 15<sup>e</sup> jour, une mortalité de 100% est atteinte suite, à des profondes perturbations physiologiques, à savoir une perte en eau intense, des troubles d'équilibres et des mouvements convulsifs, etc. Ces résultats sont identiques à ceux obtenus par AL ROBAI (1997), chez des individus du Criquet du désert traités par ingestion forcée (injection) du latex de *C. procerea*. KEMASSI (2008), rapporte des

malformations observées au cours de la mue imaginale chez des larves L<sub>5</sub> du criquet pèlerin nourries par des feuilles de chou traitées par l'extrait foliaire à l'acétone de *Peganum harmala*. *L* (Zygophyllaceae), *Coleome arabica*. L (Capparidaceae) et *Citrullus colocynthis*. Le taux de mortalité varie selon l'origine de l'extrait administré, et de même d'un stade à l'autre. Les larves du cinquième stade paraissent plus sensibles aux extraits végétaux testés que les adultes.

### 2.3.- Temps léthal 50 (TL<sub>50</sub>) des différents extraits

L'estimation des temps létaux 50 (TL<sub>50</sub>) est effectuée en dressant, la droite de régression des probits correspondants aux pourcentages des mortalités corrigées en fonction des logarithmes des temps de traitement. Les données sont groupées en classe de temps, dans cette étude en jour. Les méthodes d'analyse de survie permettent d'associer la fréquence et le délai de survie de l'événement étudié qui est la mort des insectes. Le temps qui s'écoule entre le début du traitement et la date de la dernière observation est étudiée. Au dernier jour du comptage le nombre de survivants, est noté. Les mortalités et les probits correspondants sont illustrés dans le tableau 6.

A vu des valeurs du tableau 7 de la TL<sub>50</sub> de chaque extrait végétal testé et la droite de régression des probits en fonction du logarithme des durées de traitement (fig. 3 A, B, C, D, E, F, G, H, I et J), il apparaît que les extraits foliaires d'*Euphorbia guyoniana* semble plus toxique que les extraits foliaires de *Peganum harmala*. Pour les extraits bruts acétonique et aqueux de *Peganum harmala* aucune mortalité n'est observée chez les larves L<sub>5</sub>. Les valeurs de la TL<sub>50</sub> diffèrent selon l'extrait et le stade de l'insecte. L'extrait acétonique d'*E. guyoniana* s'avère plus toxique.

Chez les larves L<sub>5</sub> il est à noter que la valeur de TL<sub>50</sub> la plus courte, soit 4,74 jours enregistrée chez celles nourries par des feuilles de chou traitées par l'extrait acétonique d'*E. guyoniana*, suivi respectivement par l'extrait alcaloïdique avec 9,14 jours puis par l'extrait aqueux de la même plante avec 16,14 jours et enfin par l'extrait alcaloïdique de *P. harmala* avec 27,60 jours. Pour les adultes du Criquet du désert, le TL<sub>50</sub> le plus court s'observe pour l'extrait aqueux de *P. harmala* avec 7,40 jours, suivi par l'extrait acétonique d'*E. guyoniana* avec 9,81 jours, puis l'extrait alcaloïdique d'*E. guyoniana* avec 10,09 jours, l'extrait alcaloïdique de *P. harmala* avec 12,39 jours, l'extrait aqueux d'*E. guyoniana* avec 14,36 jours, et enfin de l'extrait acétonique de *P. harmala* avec 21,09 jours.

Cette variabilité dans les valeurs de TL<sub>50</sub> constatée entre les deux plantes et pour la même plante entre les différents extraits est probablement due aux variations dans la composition chimique entre les deux plantes, et la nature des constituants chimiques de chaque extrait. Selon KEMASSI (2008) les valeurs de TL<sub>50</sub> pour extrait d'*E. guyoniana* est plus toxique, avec un TL<sub>50</sub> de 10,51 jours et 20,02 jours pour les larves L<sub>5</sub> et pour les adultes respectivement. Pour les larves L<sub>5</sub>, il est de l'ordre de 18,88 jours pour *Citrillus colocynthis*, suivi de *Peganum harmala* avec 24,08 jours, et de *Cleome arabica* avec 24,08 jours. Pour les adultes, le TL<sub>50</sub> le plus élevé est enregistré pour *Citrillus colocynthis* avec 82,87 jours, suivi de *Cleome arabica* avec 45,86 jours et de *Peganum harmala* avec 43,95 jours. MESBAHI (2011) mentionne que le TL<sub>50</sub> calculé est de 15,34 jours et 22,87 jours pour les larves L<sub>5</sub> et pour les adultes alimentés par les feuilles de

chou aspergées par l'extrait acétonique de *Pergularia tomentos* L (Asclepiadaceae) respectivement. Pour l'extrait aqueux de la même plante, un pourcentage de mortalité chez les larves L<sub>5</sub> de l'ordre de 4558,91 jours semble faible. Pour les adultes, le TL<sub>50</sub> estimé est de 22,97 jours. OULD EL HADJ *et al.* (2006) notent chez les larves L<sub>5</sub> des TL<sub>50</sub> plus courts pour le neem *Azadirachta indica*. L (Meliaceae) soit 7,5 jours, pour mélia *Melia azedarach*. L (Meliaceae) 8,2 jours, et 10,4 jours pour *Eucalyptus globulus*, Labill (Myrtaceae). Alors que chez les adultes de *S. gregaria*, il est de l'ordre de 8,1 jours, 8,3 jours et 9,6 jours pour les extraits foliaires de neem, mélia et eucalyptus respectivement. De même, KEMASSI *et al.* (2010), rapportent des TL<sub>50</sub> de l'ordre de 10,51 jours pour les larves L<sub>5</sub> et 20,02 jours pour les adultes de *S. gregaria* nourris par des feuilles de chou aspergées par l'extrait foliaire à l'acétone d'*Euphorbia guyoniana* Boiss & Reut (*Euphorbiaceae*). Utilisant un champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* sur les larves L<sub>5</sub> de *S. gregaria*, HALOUANE (1997) note un TL<sub>50</sub> de l'ordre de 4,85 jours pour une concentration de 1,3.10<sup>3</sup> spores/ml.

#### 2.4.- Action des extraits végétaux sur la digestion

L'effet des extraits végétaux testés sur la digestion, est étudié via l'évaluation du coefficient d'utilisation digestive apparent (CUDA). Cet indice, permet d'évaluer la capacité de convertir un aliment en nutriment assimilable par l'intestin, et d'analyser la qualité d'un aliment donné. Il est étudié dans le présent travail afin de mettre en exergue, l'action des extraits végétaux testés sur les capacités de conversion et d'assimilation chez les individus de différents âges traités comparativement aux individus des lots témoins.

Les variations journalières du coefficient d'utilisation digestive apparent (CUDA), calculées pour les individus de différents lots témoins et traités par les extraits végétaux testés sont regroupées dans le tableau 8.

Au vu des résultats du tableau 8, il ressort que les valeurs du coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDA) estimées pour les larves L<sub>5</sub> et les adultes du Criquet pèlerin nourris par des feuilles de chou traitées par les extraits végétaux d'*E. guyoniana* et de *P. harmala* sont relativement proches de celles observées chez les individus (larves L<sub>5</sub> et adultes) des lots témoins. Les extraits végétaux testés ne présentent guère d'effet sur la digestion chez cette locuste à l'exception des lots traités par l'extrait aqueux de *P. harmala*. Les valeurs de CUDA sont proches de celles rapportées chez les individus témoins. Ils sont de 86,74%±12,89, de 85,41%±5,99 et 85,15%±7,83% chez les larves L<sub>5</sub> et les adultes nourris par des feuilles de chou imprégnées de l'extrait acétonique d'*E. guyoniana* et de *P. harmala* respectivement.

L'effet dissuasif des extraits foliaires testés est plus marqué chez les adultes de *S. gregaria* nourris par des feuilles de chou aspergées de l'extrait acétonique brut d'*E. guyoniana*. Il est enregistré une prise de nourriture nulle, durant toute la période de traitement. Par conséquence, il n'est guère possible d'estimer l'action de l'extrait acétonique d'*E. guyoniana* sur la digestion chez les imagos du Criquet pèlerin. Pour les larves L<sub>5</sub> et les adultes alimentés par des feuilles de chou aspergées d'extraits alcaloïdiques d'*E. guyoniana*, les valeurs du CUD<sub>a</sub> notées sont de l'ordre de 75,18%±14,82 et 76,12%±13,21 respectivement. Elles sont de 79,97%±8,89

pour les larves L<sub>5</sub> et de 83,10%±11,58 pour les imagos nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait alcaloïdique de *P. harmala*. Comparativement au témoin (acétone), les valeurs de CUD<sub>a</sub> rapportées sont de l'ordre de 89,52%±7,48 pour les larves L<sub>5</sub> et 90,07%±11,41 pour les adultes. De même, le CUD<sub>a</sub> enregistré est de 82,60%±9,34 pour les larves L<sub>5</sub> et de 80,07%±9,34 pour les adultes de *S. gregaria* alimentés par des feuilles de chou aspergées d'extrait aqueux d'*E. guyoniana*. Les valeurs de CUD<sub>a</sub> notées, pour les individus du lot traité par l'extrait aqueux de *P. harmala*, sont de l'ordre de 76,94%±12,54 et 60,87%±17,90 pour les larves L<sub>5</sub> et les adultes respectivement. Concernant, les individus du lot témoins (eau distillée), les valeurs de CUD<sub>a</sub> sont relativement proches de celles rapportées chez les individus des lots traitement, avec un effet plus marqué chez les individus de différents âges traités par l'extrait aqueux de *P. harmala*. Elles sont de 84,11%±10,37 pour les larves L<sub>5</sub> et de 83,64%±5,73 pour les adultes. La variation dans l'action de ces extraits végétaux sur la digestion émane de la variation dans la composition en métabolites secondaires des extraits et/ou à la variation dans la concentration en celles-ci. Des symptômes d'intoxication sont observés chez les individus des lots traités; soit une défécation intense ou des pertes exceptionnelles en eau extériorisée par des diarrhées rouges observées durant toute la période d'expérimentation. KEMASSI (2008) note que l'extrait foliaire à l'acétone d'*Euphorbia guyoniana*, présente une action appréciable sur la digestibilité chez les larves L<sub>5</sub> et les adultes de *S. gregaria*. Les valeurs de CUD<sub>a</sub> rapportées sont de 23,43%±22,99 et 45,86%±03,66 respectivement. Pour les larves L<sub>5</sub> et les adultes du Criquet pèlerin nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait foliaires de *Citrullus colocynthis*, est de 55,48%±16,05 pour les larves L<sub>5</sub> et de 68,24%±03,10 pour les adultes, puis par l'extrait de *Cleome arabica* est de 68,03±03,39% et de 54,13%±07,70 pour les larves L<sub>5</sub> et les adultes respectivement, suivi par l'extrait de *Peganum harmala* avec 66,61±12,45% chez les larves L<sub>5</sub> et 66,50%±03,04 chez les adultes. Les extraits foliaires d'*Euphorbia guyoniana* semblent plus d'efficace, car affecte la digestion des insectes nourris aux feuilles traitées. MORETEAU (1991) a observé des diarrhées et des défécations intenses chez des Criquets exposés aux pesticides de synthèse utilisés en lutte antiacridienne. Des symptômes analogues chez les individus de *S. gregaria* nourris par des feuilles de chou aspergées par l'extrait acétonique d'*Euphorbia guyoniana*, sont signalés par KEMASSI *et al.* (2010). Ils ont enregistré des valeurs de CUD<sub>a</sub> de 26,44% chez les larves L<sub>5</sub> et 45,85% chez les adultes. OULD AHMEDOU *et al.* (2001), dans leur étude sur le comportement alimentaire du Criquet pèlerin, rapporte que sur un régime alimentaire mono-spécifique à base de *Glinus litoides* L. (Aizoaceae) et *Citrillus colocynthis* Schrad. (Cucurbitaceae) des larves L<sub>4</sub> présentent un coefficient d'utilisation digestif apparent de l'ordre de 40,13%±6,14 pour *G. litoides* et de 67,21% ±6,28 pour *C. colocynthis*. Il est admis communément que le coefficient d'utilisation digestif apparent (CUD<sub>a</sub>) représente les résultats d'interaction entre le tube digestif et la composition de la plante consommée (LE GALL, 1989). Les aliments consommés par les insectes phytophages sont constitués essentiellement de polymères de nature soit glucidique comme l'amidon, de la cellulose et de l'hémicellulose; protéique comme les holo- et hétéroprotéines dont glycolipo- ou métalloprotéines. La digestion est séquentielle, chez les insectes, et se divise en trois phases: initiale, intermédiaire et finale. La phase initiale met en jeu des polymères hydrolases (amylases, protéases) qui fragmentent les composés ingérés de grands poids moléculaires en oligomères protéiques ou glucidiques. Ces derniers sont hydrolysés par des oligomères hydrolases lors de la phase intermédiaire pour libérer le maltose, la cellobiose et les dipeptides issus respectivement de l'amidon, de la cellulose et des protéines. Ces composés de



faibles poids moléculaires sont dégradés par la maltase, la cellobiase et les dipeptidases, en unités simples directement absorbables, les nutriments. Il existe des composés d'origine et de nature diverses dont la présence ralentit ou annule l'acte catalytique des enzymes. Ce sont les inhibiteurs d'enzymes dont les inhibiteurs de protéases (IP) et inhibiteurs d'alpha-amylases (IA). Leur présence engendre la diminution de la digestibilité des parties consommées et peuvent conduire à un dérèglement du métabolisme de l'organisme, pouvant entraîner un retard de croissance, de développement voir la mort des individus. La qualité d'une source alimentaire, est d'être convertible en nutriments utilisables dans le développement, le maintien de l'organisme et la reproduction. La quantité d'énergie et des substances utiles extraites de la plante consommée, dépendent des caractéristiques de la plante (présence de cellulose ou bien de substances gênants la digestion tels que les tanins, et de la capacité du système digestif du phytophage (LOUIS, 2004). Le coefficient d'utilisation digestif représente les résultats d'interaction entre le tube digestif et la composition de la plante consommée (LEGALL, 1989).

## **2.5.- Action des extraits végétaux sur la croissance pondérale**

Les résultats relatifs aux variations du poids moyen journalier constaté chez les larves L<sub>5</sub> et adultes de *S. gregaria* témoins et traités par les extraits végétaux de deux plantes acridifuges, sont rapportés dans les tableaux 9 et 10.

D'après les résultats, il est constaté que chez les larves L<sub>5</sub> et chez les adultes de *S. gregaria* traités à l'aide de l'extrait foliaire acétonique et alcaloïdique d'*Euphorbia guyoniana* une diminution du poids. Cette chute de poids constaté est le refus de consommer les feuilles de chou traitées à l'extrait d'*E. guyoniana*. Cette diminution de poids est moins perceptible chez les criquets nourris par des feuilles de chou imbibées d'extrait foliaire de *P. harmala* (fig. 4). Les individus traités par les extraits aqueux d'*E. guyoniana* et de *P. harmala*, il est noté une chute continue de poids des adultes dès le début de traitement, par contre chez les larves L<sub>5</sub> une amélioration du poids est enregistrée. Cette prise de poids résulte de la consommation de feuilles de chou traitées par les extraits foliaires des deux plantes testées. Ce comportement explique la tolérance des larves L<sub>5</sub> aux extraits par rapport aux adultes. Tandis que chez les larves et adultes nourris aux feuilles de chou traitées à l'extrait acétonique et alcaloïdique de *P. harmala*, une amélioration de poids est constatée. Cette augmentation progressive de poids est variable entre les extraits et le stade de développement de l'insecte.

Au vu de la figure 4, il ressort que chez les L<sub>5</sub> et adultes mis en présence de feuilles de chou traitées à l'aide de l'extrait foliaire acétonique et alcaloïdique d'*Euphorbia guyoniana*, une diminution de poids est perceptible. Pour le lot nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait acétonique, la perte de poids enregistrée est de 17% et 37,36% pour les larves L<sub>5</sub> et adultes respectivement. Pour les individus nourris par des feuilles de chou imprégnées d'extraits d'alcaloïdes totaux, elle est de 9,52% pour les larves L<sub>5</sub> et de 18,05% pour les adultes. Bien que chez les traités à l'aide des extraits aqueux d'*E. guyoniana* et de *P. harmala*, une chute de poids est constaté chez les adultes, elle est de l'ordre de 14,36% et 19,40% respectivement. Quant aux larves L<sub>5</sub> nourris par les mêmes extraits, une amélioration progressive de poids se remarque. Elle est de 73,52% et 92,25% respectivement. Cependant, un gain de poids de l'ordre de 90,83% et

16,76% est rapportée chez les larves L<sub>5</sub> et les adultes nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait acétonique de *P. harmala*.

Une prise de poids est enregistrée par rapport aux poids initiaux chez les larves L<sub>5</sub> et les adultes traités avec l'extrait foliaire alcaloïdique de *P. harmala* qu'est de 88,42% et 33,47% respectivement. Ce gain de poids est plus notable chez les témoins acétone et alcaloïde des larves L<sub>5</sub> et les adultes. Elles ont augmenté leur poids de 123,70% pour les larves L<sub>5</sub> et les adultes de 16,97%, de même chez les témoins (eau) le gain est de 40,07% chez les larves L<sub>5</sub> et de 13,54% chez les adultes. TAIL (1998), OULD AHMEDOU et al. (2001), ABBASSI et al. (2004) et OULD EL HADJ et al. (2006) rapportent que, suite à l'exposition des larves L<sub>5</sub> et des adultes du Criquet pèlerin à une plante nourricière aspergée d'extraits de *Milia azerdarach*, d'*Azeradarachta indica*, de *Nerium oleander* L. (Apocynaceae), d'*Inola viscosa*, d'*Eucalyptus occidentalis*, de *Calotropis procerea*, et de *Glinus litoides* L. (Molluginaceae), une baisse progressive du poids est constatée.

Au cours de l'expérimentation, un retard de croissance et une absence totale de mue chez les larves nourries aux feuilles de *B. oleacera* traitées à l'extrait foliaire d'*E. guyoniana* se remarquent. Les larves L<sub>5</sub> et les adultes mis en présence de feuilles de chou imprégnées de l'extrait à l'acétone d'*Ephedra Alata* (Ephedraceae), *P. harmala*, *Zizyphus lotus* Lamarck. (Rhamnaceae), *C. colocynthis* et *C. arabica*, ont manifesté un sévère ralentissement de croissance pondérale. Des difficultés au cours de la mue sont constatées chez les traités par les extraits foliaires de *P. harmala*, *C. colocynthis*, et *C. arabica*. Selon KEMASSI (2008) les individus mis en présence des feuilles de chou traitées à l'aide de l'extrait foliaire d'*E. guyoniana*, les larves et les adultes perdent 26,93% et 33,09% de leur poids initial respectivement.

La sous alimentation ou bien l'inanition totale entraîne chez les insectes de profondes altérations physiologiques et biochimiques (CHAUVIN, 1956). WILPS et al. (1992), TAIL (1998) rapportent que les composés actifs contenus dans les extraits de *Milia volkensii* Gürke (Meliaceae), ralentissent la croissance et le développement de *S. gregaria* en affectant, la prise alimentaire, la fertilité et la fécondité des criquets traités. MESBAHI (2011) note que chez les individus nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait acétonique de *P. tomentosa*, un gain du poids de 70,017% chez les larves L<sub>5</sub>, alors que chez les adultes une perte de poids de l'ordre de 12,58% de leur poids initial et pour les individus nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait aqueux. Le gain de poids constaté est de 82,61% pour les larves L<sub>5</sub>, alors que chez les adultes, une perte de poids de l'ordre de 12,65% est notée.

La nourriture est un facteur essentiel pour la croissance et le développement des insectes, en fonction de sa quantité et sa qualité, joue un rôle primordial, en modifiant plusieurs paramètres biologiques, physiologiques et comportementaux des phytophages. Certains phénomènes notamment la mue et la maturation sexuelle, dépendent essentiellement des éléments apportés par une nourriture propice (DAJOZ, 1982). Chez les traités avec les extraits foliaires d'*E. alata*, *P. harmala* Z. lotus, *C. colocynthis* et *C. arabica*, les variations de l'évolutions pondérales constatées révèlent la faculté phagoréulsive et l'antiappétence de ces

extraits. L'extrait d'*E. guyoniana* a un pouvoir répulsif à provoquer aussi bien une perte apparente du poids chez les larves L<sub>5</sub> et les adultes, de même bloque la mue imaginale. Les études menées sur la nutrition des insectes ou bien sur l'effet de substances de synthèses ou naturelles sur les mécanismes nutritionnelles des insectes phytophages, sont opérées sur un très grand nombre d'individus en pesant à la fois tous les matériaux ingéré et en réunissant les excréta afin d'évaluer le poids en calculant le coefficient d'utilisation digestive (CUD) (BRENNIÈRE et al., 1949). Il est admis que le gain de poids chez un individu est relatif à leur état physique, physiologique, à la nature d'aliment ingéré, à leur composition chimique et la capacité d'assimilation chez l'individu.

## 2.6.- Action des extraits végétaux sur l'indice de consommation

Le tableau 12 illustre les moyennes de l'indice de consommation rapportées chez les larves L<sub>5</sub> et chez les adultes du Criquet pèlerin calculés pour chaque extrait végétal et témoin. Il apparaît que, quelque soit le stade de développement de l'insecte (larve ou adulte), l'indice de consommation présent une variabilité assez grande, pour le même lot, mais et entre les différents lots (fig. 5). Une valeur nulle est enregistrée chez les adultes du lot traité avec l'extrait acétonique d'*E. guyoniana* et de -48,06 chez les larves L<sub>5</sub>. Parallèlement, des valeurs négatives de l'indice de consommation sont notées chez les individus traités avec l'extrait alcaloïdique d'*Euphorbia guyoniana*, de -6,56 et - 3,75 chez les larves et les adultes respectivement. De même, il est de -3,09 pour les adultes du criquet pèlerin nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait aqueux d'*E. guyoniana*. Pour les individus des lots traités par les extraits végétaux de *Peganum harmala*, les valeurs de l'indice de consommation oscillent entre 15,52 à 193,3 pour les larves L<sub>5</sub> et -0,74 et 80,3, bien que chez les individus (les larves et les adultes) du lot témoins, les valeurs de l'indice de consommation varient entre 3,38 à 7,5. Il est à noter que les valeurs négatives de l'indice de consommation rapportées, émanent de l'effet dissuasif de ces extraits sur la croissance pondérale; des pertes exceptionnelles de poids observées chez les individus des lots traités (fig. 4). Comme il est bien admis que l'indice de consommation étant plus faible, l'animal est dit productif et l'aliment est de bonne qualité nutritionnelle, et s'il est très élevé l'aliment est qualifié médiocre et l'animal peu productif (BOCCARD, 1963). Pour PHILLOGEN (1991), l'effet des métabolites secondaires des plantes sur les insectes peut prendre trois aspects. La présence de substances indigestes capables de réduire la possibilité d'assimilation ce qui engendre des carences en nutriments nécessaires à un développement normal. La contenance des composés capables d'affecter directement l'intégrité des cellules et par conséquence la fonction digestive intrinsèque et rompre le développement et la croissance. La présence des composés à action mimétique ou antihormonale, peut provoquer de profondes perturbations endocriniennes toute en affectant diverses fonctions élémentaires chez les insectes dont l'exuviation, le développement, la diapause et la reproduction.

## 2.7.- Action des extraits foliaires sur le développement ovarien

Afin de mettre en exergue l'effet des extraits végétaux testés sur la reproduction, l'étude du développement ovarien est étudiée via l'évaluation de l'action de ces préparations sur taille des ovarioles. Il est apparaît que la taille moyenne des ovarioles varie en fonction de l'extrait



végétal testé. La taille la plus faible est notée chez les femelles nourris par des feuilles de chou traitées avec l'extrait acétonique de *P. harmala*  $7,4\pm 0,5$  mm (photo 16). Par contre, la taille moyenne des ovarioles des femelles de lot témoin (acétone) examinée est de  $8,6\pm 0,6$  mm. De même chez les femelles traitées par l'extrait aqueux d'*E. guyoniana*, la taille moyenne des ovarioles observée est de  $9,2\pm 0,7$  mm (photo 17), quant à leur témoin, elle est de l'ordre de  $12,2\pm 0,3$  mm (photo 18). Une taille moyenne des ovarioles de  $8,80$  mm chez les adultes de *S. gregaria* nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait foliaire de *Citrillus colocynthis* est signalé par KEMASSI (2008). LABBOUZ (2010) a enregistré une taille moyenne des ovarioles de l'ordre de  $8,33$  mm chez les femelles de *S. gregaria* nourris par des feuilles de chou aspergées de l'extrait foliaire de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae). Comme il est à signaler qu'au cours de l'étude du développement ovarien, il est observé la présence de corps de résorption chez les femelles des lots traitements (photos 19, 20), ceux-ci montrent l'action de ces extraits végétaux sur la reproduction et la fertilité des femelles. D'après la littérature, l'apparition des corps de résorption explique l'échec de développement ovocytaire et le phénomène de migration des ovocytes au cours de la vitellogénèse. DOUMAINDI et DOUMAINDI-MITICHE (1994) notent que les corps de résorption résultent d'un phénomène d'accumulation des pigments caroténoïdes et lipidiques de couleurs orange ou rouge restant, en déchets à la base d'un ovocyte qui échoue dans sa croissance. Les ovocytes peuvent être résorbés sous l'influence des facteurs divers; déficit alimentaire, photopériode courte, absence d'accouplement, affection parasitaire et déséquilibre hormonal STEVEN et al. (2001) notent que le stress physiologique entraîne une augmentation du taux de régression ovocytaire et par conséquent du nombre de corps de résorption. L'apparition des corps de résorption d'une manière plus intense chez les femelles traitées est probablement due non seulement à l'absence d'accouplement ou au stress physiologique, mais aussi à un déficit alimentaire résultant, d'une prise de nourriture réduite affectée par la présence des substances anti-appétantes. LAUNOIS-LUONG (1978) cités par DOUMAINDI-MITICHE (1994) note que l'apparition des corps de résorption indique que le processus de la vitellogénèse, est affecté. Le vitellogénèse interrompue, peut s'expliquer par la division améotique des cellules folliculaires qui vont envahir l'ovocyte et intervenir dans sa résorption, ces cellules phagocytent et digèrent les plaquettes vitellines et l'ooplasm. Le noyau devient pycnotique et il dégénère (RACCAUD-SHOCLLER, 1980). Il est admis qu'une carence en nutriment se solde par un retard de croissance, de développement ou bien par des difficultés au moment de la mue. Il est noté aussi que, chez les insectes une sous alimentation ou encore l'ingestion d'une hôte inapproprié affecte profondément les systèmes élémentaires des insectes dont le système reproducteur. BEN HALIMA et al. (1984) cité par LE GALL (1989), rapportent que la consommation de *Scorzonera pygmaea* L. (Asteraceae) par *Doclostaurus maroccanus* Thunberg; 1815 (Acrididae), affecte le développement ovarien chez cet acridien.

## Conclusion

L'étude de la toxicité comparée des extraits d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (Euphorbiaceae) et de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) récoltées au Sahara septentrional Est algérien sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775), s'est effectuée sur 480 individus dont 240 larves L<sub>5</sub> et 240 imagos. Elle a mis en exergue le pouvoir biocide des trois extraits obtenus à partir de feuilles de ces deux plantes, vis-à-vis des larves et des imagos de cet acridien. L'étude de la toxicité des extraits foliaires bruts d'*Euphorbia guyoniana* (Euphorbiaceae), *Peganum harmala* (Zygophyllaceae), a fait ressortir leur action sur la mortalité, la prise de nourriture, la croissance pondérale, la reproduction et sur la digestion chez ce locuste du désert. Toutefois, des différences dans l'intensité des actions nocives sur les individus testés, sont perceptibles. Il est noté que chez les individus nourris par des feuilles de chou traitées à l'aide de l'extrait acétonique d'*Euphorbia guyoniana*, la prise de nourriture est plus faible chez les larves L<sub>5</sub> et nulle chez les adultes comparativement aux autres extraits. Ceci témoigne de l'effet dissuasif d'*E. guyoniana* sur cet acridien. Les larves L<sub>5</sub> mises en présence de feuilles de chou traitées par l'extrait acétonique foliaire d'*E. guyoniana*, l'effet inhibiteur sur la prise de nourriture engendre une chute de poids appréciable aussi bien chez les larves L<sub>5</sub> que chez les adultes. De même, les larves L<sub>5</sub> n'achèvent pas leur mue et, un taux de mortalité de 100% est atteint chez les individus traités. Pour les individus nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait alcaloïdique de la même plante, une perte de poids exceptionnelle est notée chez les larves L<sub>5</sub> et les adultes. L'ingestion des feuilles de chou traitées à provoquée de profondes perturbations digestives. Elles se traduisent par un coefficient d'utilisation digestif apparent faible. Bien qu'une mortalité soit enregistrée chez les larves L<sub>5</sub> traitées, quelques unes ont achevé leur dernière mue. Les imagos issus des ces larves du dernier stade, meurent après quelques jours qui suivent l'arrêt du traitement. Il s'agit vraisemblablement d'une toxicité à long terme de cet extrait végétal vis-à-vis des larves L<sub>5</sub> de *S. gregaria*.

Il est observé le blocage et l'incapacité à muer chez une larve L<sub>5</sub> nourris par des feuilles de chou aspergées de l'extrait alcaloïdique d'*E. guyoniana*. Cette action indique probablement l'effet juvénilisant de cet extrait végétal et/ou l'effet inhibiteur de l'exuviation chez ce locuste.

Pour les individus nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait aqueux d'*E. guyoniana*, et un faible taux de mortalité est enregistré. La prise de nourriture et la digestion n'est guères atteintes, il y a même une amélioration progressive de poids marquée chez les larves L<sub>5</sub> survivantes. Tandis que chez les adultes, le taux de mortalité constaté est élevé par rapport aux les larves L<sub>5</sub>. Cette mortalité semble être le résultat de la durée de l'expérimentation pour les adultes (30 jours) comparativement aux larves L<sub>5</sub> (15 jours). Appuyant cette hypothèse, une perte de poids exceptionnelle est notée chez les imagos traités, et que des symptômes d'intoxications sont observés; des défécations intenses, des fèces liquides et la réduction de l'activité motrice sont observés. Par ailleurs chez les larves L<sub>5</sub>, alimentées par des feuilles de *B. oleacera* traitées par l'extrait acétonique de *Peganum harmala*, une amélioration progressive de poids est rapportée. Il est signalé qu'aucune mortalité n'est enregistrée chez les larves L<sub>5</sub>, alors que chez

les adultes, un taux de mortalité moyen est noté. Les individus du lot nourris par des feuilles de chou imprégnées dans l'extrait alcaloïdique de la cette même plante, un gain de poids est signalé chez les larves L<sub>5</sub> et les imagos. Une mortalité appréciable est enregistrée aussi bien chez les larves L<sub>5</sub> que chez les adultes. Bien que chez les larves L<sub>5</sub> de ce lot, une toxicité retardée est constaté; les larves survivant meurent quelques jours après l'arrêt du traitement (après la mue imaginale). Cependant, pour les individus mis en présence de feuilles de chou trempées dans l'extrait foliaire aqueux de *P. harmala*, aucune mortalité n'est enregistrées, les larves L<sub>5</sub> traitées ont amélioré leur poids et ont mué. Chez les adultes, un taux de mortalité maximal est atteint. De même des manifestations analogues à celles rapportées chez les individus des autres lots traitées sont observées, soit la diminution de la consommation de feuilles de chou traitées, perte de poids, défécation intense, fèces liquides, réduction de l'activité motrice. Ces signes témoignent sans doute la toxicité de cet extrait vis-à-vis de *S. gregaria*. Certes aucune mortalité n'été observée chez les larves nourries par des feuilles de chou aspergées par l'extrait aqueux de *P. harmala*.

L'évaluation des temps létaux 50 (TL<sub>50</sub>), montre que les larves sont plus sensibles à l'effet toxique que les adultes. Le TL<sub>50</sub> le plus court est enregistré pour l'extrait acétonique d'*E. guyoniana*. Il est jugé que l'extrait acétonique de cette plante est plus toxique que les autres extraits testés y compris les extraits foliaires de *P. harmala* testés. Il est suivi par les extraits alcaloïdiques puis par les extraits aqueux de deux plantes testées. Ces derniers se sont révélés moins toxiques que les deux premiers extraits. Les extraits végétaux d'*E. guyoniana* testés semblent plus toxique comparativement aux extraits végétaux de *P. harmala*.

L'estimation du Coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDA) a permis d'évaluer l'effet des extraits végétaux sur la digestion. Il laisse remarquer que la digestion chez les larves L<sub>5</sub> et les adultes de *S. gregaria* nourris par des feuilles de chou trempées dans les extraits foliaires d'*E. guyoniana* et de *P. harmala* est atteint; des valeurs de CUDA faibles comparativement à celles rapportées chez les individus des lots témoins sont notées. A la chute de la consommation des feuilles de chou traitées avec les extraits végétaux, s'ajoute une défécation intense et des pertes en eaux exceptionnelles. Celles-ci se répercutent négativement sur la croissance pondérale chez cet acridien.

L'indice de consommation (IC) révèle qu'un effet dissuasif des extraits végétaux de deux plantes testés sur la digestion et sur le métabolisme chez le Criquet pèlerin est remarqué. Des indices de consommations (IC) plus faibles comparativement aux valeurs enregistrées chez les individus des lots témoins sont notés.

En outre, l'effet des extraits végétaux sur le développement ovarien est étudié. Il est avéré que chez les femelles des lots traités, la taille moyenne des ovarioles est significativement plus faible que celles enregistrées chez les femelles des lots témoins. L'observation des corps de régressions (résorption) chez les femelles nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait acétonique de *P. harmala* et par l'extrait aqueux d'*E. guyoniana*, témoigne l'action des extraits

sur la fertilité et la fécondité chez les femelles de *S. gregaria*.

Les substances produites par les végétaux impliquées dans la résistance face aux phytophages sont très diversifiées, et peuvent être repoussantes, toxiques ou encore indigestes. Elles peuvent aussi être mortelles. A cet effet, elles peuvent constituer une solution alternative à lutte chimique, leurs propriétés pesticides et leur relative innocuité environnementale en font des composés très appréciables pour les traitements phytosanitaires avenir. Les extraits des végétaux peuvent se substituer aux insecticides chimiques utilisés dans le domaine de la lutte préventive contre le Criquet pèlerin. En perspective, pour une meilleure poursuite des travaux de recherche sur des molécules actives, il est souhaitable de prévoir :

- Utiliser des solvants organiques à polarité différente pour l'extraction afin d'extraire les différentes familles de composés chimiques;
- Réaliser des tests avec des différentes concentrations ;
- Tester leurs efficacités en plein champ;
- Etudier l'action des extraits végétaux sur d'autres paramètres biologiques et physiologiques notamment sur le métabolisme glucidique et protéique;
- Suivi les tests biologiques par des tests de caractérisation et d'identification phyto-chimique des extraits végétaux pour identifier le principe actif.

**Annexe 1.-** Liste de quelques plantes acridifuges ou acridicides et leurs effets sur *S. gregaria*

Espèce	Famille	Activité	Principe actif	Auteurs
<i>Melia azedarach L.</i>	Meliaceae	Dissuasive	Terpenoïdes (Mélantriol)	OULD EL HADJ et al., 2006
<i>Azadirachta indica Juss</i>	Meliaceae	Dissuasive	Terpenoïdes (Azadirachtine)	OULD EL HADJ et al., 2006
<i>Eucalyptus globule L.</i>	Myrtacées	Antiappétante	/	OULD EL HADJ et al., 2006
<i>Cestrum parqui L.</i>	Solanaceae	-Appétie malgré leur toxicité. -Absence du liquide exuvial	Terpenoïdes (Saponines)	BARBOUCHE et al., 2001 CHAIIEB et al., 2006 AMMAR et N' CIR 2008
<i>Solanum sodomaeum</i>	Solanaceae	Répulsive et antiappétant	/	ZOUITEN et al., 2006
<i>Calotropis procera Aiton</i>	Asclepiadaceae	- Antiappétant, toxique - antifertilisante (arrêt de développement ovarien et absence de maturité sexuelle chez les mâles).	Alcaloïdes	ABBASSI et al., 2003, 2004
<i>Citrillus colocynthis Schrad</i>	Cucurbitaceae	- Répulsif et toxique	Terpenoïdes (Cucurbitacine)	OULD AHMEDOU et al., 2001

<i>Peganum harmala L.</i>	Zygophyllaceae	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toxique, antiappétant</li> <li>- Réduit la fécondité et la fertilité de l'adulte femelle.</li> <li>- Lésion de la muqueuse intestinale.</li> </ul>	Alcaloïdes indoliques (la harmine, harmaline, harmol et harmalol)	IDRISSI HASSANI et al., 2002 ABBASSI et al., 2003a, 2003b, 2005. IDRISSI HASSANI et HERMAS, 2008
<i>Zygophyllum gaetullum L.</i>	Zygophyllaceae	Toxique et antifertilisante	Alcaloïdes	ABBASSI et al., 2003a
<i>Glinus lotoides L.</i>	Aizoaceae	Répulsive et toxique	/	OULD AHMEDOU et al., 2001
<i>Olea europea</i>	Oleaceae	Répulsive et antiappétant	polyphénols totaux	DOUMANDJI-MITICHE et DOUMANDJI, 2008
<i>Nerium oleander</i>	Apocynaceae	Toxique et antiappétant	/	