



UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA

N° d'ordre.....
N° de série.....

FACULTE DES SCIENCES ET SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de magister en sciences agronomiques

Spécialité : Agronomie saharienne

Option : Protection des écosystèmes en zones arides et semi arides

Par **KEMASSI Abdellah**

THÈME

Toxicité comparée des extraits de quelques plantes acridifuges du Sahara septentrional Est algérien sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)

Soutenu publiquement le : 17/12//2008

Devant le jury :

Présidente	BISSATI S.	MC	Univ. Ouargla
Encadreur	OULD EL HADJ M. D.	MC	Univ. Ouargla
Examineur	CHELOUFI H.	MC	Univ. Ouargla
Examineur	CHEHMA A.	MC	Univ. Ouargla
Examineur	GUENDOUZ- BENRIMA A.	MC	Univ. Blida

Année universitaire 2007/2008

Dédicaces

A la mémoire de mon très cher père, paix à son âme !
A la mémoire de mes chers regrettés grands parents, paix à leur âme !
A ma mère, la lumière de ma vie,
A mon grand frère,
A mes chers sœurs et frères
A mes belles sœurs
A mes adorables nièces et neveux,
A mes chers (es) amis (es),

Ce modeste travail est dédié.

KEMASSI Abdellah

Remerciements

Le temps que j'ai passé au laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides du département des sciences agronomiques à la faculté des sciences et sciences de l'ingénieur de l'université KASDI MERBAH-Ouargla, est pour moi une expérience, tant au niveau professionnel que personnel. Ce travail n'aurait jamais pu aboutir sans l'aide morale, technique et matérielle de nombreuses personnes.

Tout d'abord un grand merci à M. OULD EL HADJ M. D., maître de conférences au département de biologie à la faculté des sciences et sciences de l'ingénieur de l'université KASDI MERBAH-Ouargla, pour m'avoir accueilli au sien de l'équipe de recherche « valorisation des plantes spontanées » du laboratoire de protection des écosystèmes en zones aride et semi-arides, pour m'avoir donné la chance d'effectuer ce mémoire. Merci pour l'encadrement, votre présence et votre disponibilité permanente, pour vos conseils et votre soutien, et pour m'avoir fourni les moyens matériels nécessaires à l'expérimentation, ayant permis la réalisation sans difficulté du présent travail. J'ai l'honneur de vous exprimer mes très profondes reconnaissances et mes sentiments les plus sincères.

Il m'est très agréable de remercier M^{me} BISSATI S., maître de conférences au département de biologie à la faculté des sciences et sciences de l'ingénieur de l'université KASDI MERBAH-Ouargla, vous qui me faites le grand honneur de présider le jury de ce mémoire. Vous m'avez orienté, encouragé et conseillé; et vous m'avez fait bénéficier de vos connaissances et votre expérience scientifique.

Je voudrais remercier également les membres du jury, M. CHELOUFI H. et M. CHEHMA A., maîtres de conférences au département des sciences agronomiques à la faculté des sciences et sciences de l'ingénieur de l'université KASDI MERBAH-Ouargla, pour avoir accepté examiner ce travail. Merci pour votre gentillesse, votre compréhension, votre aide et vos remarques constructives qui m'ont été utiles lors de ma formation en graduation et en post-graduation; mes sincères reconnaissances et remerciements et mes respectueuses gratitude.

Je tiens à remercier aussi M^{me} GUENDOZ-BENRIMA A. maître de conférences au département des sciences agronomiques de l'université SAAD DAHLEB-Blida, pour avoir accepté de juger ce travail, merci pour le déplacement, ainsi que pour vos remarques et conseils fructueux. Je veux bien

vos exprimer mes remerciements pour m'avoir donné des individus du Criquet pèlerin qui m'ont permis l'élevage. Permettez-mois de vous exprimer ma profonde gratitude, ma vive reconnaissance et mes profonds respects.

Je voudrai bien remercier du plus profond de mon cœur Pr DADA MOUSSA B., directeur du laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides, M. IDDER A. H., responsable du laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides, M^{me} OULD EL HADJ- KHELIL A., maître de conférences au département de biologie à la faculté des sciences et sciences de l'ingénieur de l'université KASDI MERBAH-Ouargla; M^{elle} BOUGHABA L. et M. SAADINE S.E., laborantins au laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides, M. IDDER A. E., M. SAGAI A., M. ZENKHRI S., M. OULAD BELKHIR A., et KAHL LESSANE C., merci pour l'accueil chaleureux, la disponibilité, le bon humeur, l'encouragement, l'aide constant, le soutiens et la confiance.

A M. DOUMANDJI S. E. et à M^{me} DOUMANDJI-MITICHE B., Professeurs à l'institut national agronomique d'El Harrach-Alger, un grand merci et j'espère qu'il me soit permis de vous exprimer vivement ma profonde gratitude, mes sentiments très respectueux et mon admiration.

Un merci tout particulier à M. HACINI D., Directeur régional du commerce à Ouargla, pour votre aide précieux, votre encouragement et gentillesse.

Je ne saurai oublier tous mes collègues du laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides avec qui j'ai toujours su entretenir une ambiance chaleureuse et amicale.

J'adresse également mes sincères remerciements à tous les personnels enseignants du département des sciences agronomiques et du département de biologie de l'université KASDI MERBAH-Ouargla, aux enseignants du département des sciences agronomiques de l'université SAAD DAHLEB-Blida.

Que toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin, tout au long de mes études trouvent ici mes profondes reconnaissances et sincères remerciements.

Enfin merci à ma famille et plus particulièrement à mes parents pour m'avoir toujours soutenus.

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

KEMASSI Abdellah

Sommaire

Sommaire

Introduction.....	8
CHAPITRE I.- <i>Schistocerca gregaria</i> (Forskål, 1775) et toxicité.....	12
I.1.- Position systématique.....	13
I.2.- Morphologie.....	14
I.3.- Biologie de <i>S. gregaria</i>	15
I.3.1.- Ponte.....	15
I.3.2.- Œuf.....	17
I.3.3.- Développement embryonnaire.....	18
I.3.4.- Larves.....	19
I.3.5.- Développement larvaire.....	19
I.3.6.- Imagos.....	22
I.3.7.- Développement imaginal.....	22
I.3.7.1.- Imagos solitaires.....	23
I.3.7.2.- Imagos grégaires	23
I.4.- Ecologie.....	24
I.5.- Aires de distribution.....	25
I.5.1.- Aire d'invasion.....	25
I.5.2.- Aire de rémission	26
I.5.3.- Aires grégarigènes.....	26
I.6.- Comportement alimentaire.....	28
I.7.- Dégâts et importance économique.....	29
I.8.- Lutte antiacridienne.....	31
I.8.1.- Lutte préventive.....	31
I.8.2.- Lutte écologique.....	32
I.8.3.- Lutte physique.....	33
I.8.4.- Lutte chimique.....	33
I.8.5.- Lutte biologique.....	36
I.8.5.1.- Parasites et paraboloïdes.....	36
I.8.5.2.- Prédateurs.....	37
I.8.5.3.- Agents pathogènes.....	38
I.8.5.4.- Plantes acridifuges ou acridicides	39
I.8.6.- Lutte intégrée.....	42
I.9.- Systèmes élémentaires des acridiens.....	43

I.9.1.- Système nerveux.....	43
I.9.1.1.- Système nerveux central	43
I.9.1.1.1.- Protocérébron	43
I.9.1.1.2.- Deutocérébron	44
I.9.1.1.3.- Tritocérébron	44
I.9.1.1.4.- Chaîne nerveuse ventrale.....	44
I.9.1.2.- Système nerveux sympathique	45
I.9.1.2.1.- Système stomatogastrique	45
I.9.1.2.2.- Système sympathique ventral.....	45
I.9.1.3.- Système nerveux périphérique.....	46
I.9.1.4.- Action des diverses toxines sur le système nerveux	46
I.9.2.- Système endocrinien.....	47
I.9.2.1.- Cellules neurosécrétrices	47
I.9.2.2.- Glandes_rétrocérébrales	48
I.9.2.2.1.- Corpora cardiaca	49
I.9.2.2.- Corpora allata	49
I.9.2.3.- Glandes prothoraciques (glandes de mue).....	50
I.9.2.4.- Action des diverses toxines sur le système endocrinien.....	51
I.9.3.- Système respiratoire et circulatoire.....	52
I.9.3.1.- Système respiratoire.....	52
I.9.3.1.1- Trachées.....	53
I.9.3.1.2- Stigmates.....	53
I.9.3.1.3- Système de ventilation.....	54
I.9.3.2.- Système circulatoire.....	54
I.9.3.2.1.- Cycle cardiaque et régulation du rythme cardiaque.....	55
I.9.3.2.2.- Hémolymphe.....	55
I.9.3.2.3.- Action des diverses toxines sur le système circulatoire et respiration.....	57
Chapitre II- Méthodologie de travail.....	58
2.1.- Principe adopté.....	59
2.3.- Matériel d'étude.....	59
2.3.1.- Matériel biologique.....	59
2.3.1.1.- Choix des plantes	60
2.3.1.1.1.- <i>Ephedra alata</i> (Stapf.).....	61
2.3.1.1.2.- <i>Euphorbia guyoniana</i> (Boiss. & Reut.).....	62
2.3.1.1.2.- <i>Peganum harmala</i> L.....	65
2.3.1.1.4.- <i>Zizyphus lotus</i> (L) Desf.....	67
2.3.1.1.5.- <i>Colocynthis vulgaris</i> (L.) Schard.....	69

2.3.1.1.6.- <i>Cleome arabica</i> L	70
2.3.1.2.- Choix de stades.....	73
2.3.1.3.- Matériel utilisé au laboratoire.....	73
2.4.- Préparation des extraits végétaux.....	75
2.4.1.- Hydrodistillation.....	75
2.4.2.- Macération à l'acétone.....	75
2.5.- Etude de la toxicité.....	77
2.5.1.- Toxicité par contact.....	77
2.5.2.- Toxicité par ingestion.....	77
2.6.- Méthode d'exploitation des résultats.....	78
2.6.1.- Calcul de la TL ₅₀	78
2.6.2.- Calcul de coefficient d'utilisation digestive (CUD).....	79
2.6.3.- Calcul de l'indice de consommation	79
2.6.4.- Analyses statistiques (analyse de la variance "ANOVA").....	80
Chapitre III- Résultats et discussion.....	81
3.1.- Etude de la toxicité par ingestion des extraits de différents échantillons de plantes.....	82
3.1.1- Action des extraits des plantes sur la prise de nourriture.....	89
3.1.2.- Action sur la mortalité.....	89
3.1.3.- Temps léthal 50 (TL ₅₀) des différents extraits des plantes étudiées...	97
3.1.4.- Action des extraits végétaux sur le coefficient d'utilisation digestive (CUD).....	104
3.1.5.- Action des extraits végétaux sur la croissance pondérale.....	110
3.1.6.- Action des extraits végétaux sur l'indice de consommation.....	117
3.1.1.6.- Action des extraits végétaux sur le développement ovarien.....	119
3.2.- Toxicité par contact.....	121
3.2.1.- Effet des huiles essentielles de <i>P. harmala</i> et <i>C. arabica</i> sur la mortalité des adultes et de larves L ₅ de <i>S. gregaria</i>	121
3.2.1.- Temps léthal 50 (TL ₅₀) des huiles essentielles de <i>P. harmala</i> et <i>C. arabica</i> sur les adultes et les larves L ₅ de <i>S. gregaria</i>	127
Conclusion	130
Références bibliographiques.....	134
Annexes.....	150
Résumé.....	153

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1-	Liste de quelques plantes acridifuges ou acridicides et leurs effets sur <i>S. gregaria</i>	41
2-	Liste des espèces végétales retenues épargnées par le Criquet du désert au Sahara septentrional Est algérien.....	60
3-	Consommation journalière en (g) enregistrée chez les larves du cinquième stade et les adultes de <i>S. gregaria</i> mis en présence de feuilles de chou témoin et traités par les extraits des six plantes acridifuges.....	83
4-	Analyse de la variance de l'effet des extraits végétaux sur la prise de nourriture chez les larves L ₅ et adultes de <i>S. gregaria</i>	88
5-	Cinétique de la mortalité journalière chez les larves du cinquième stade et les adultes de <i>Schistocerca gregaria</i> mis en présence de feuilles de chou témoin et traitées par les extraits des six plantes acridifuges.....	90
6-	Mortalités corrigée et probits correspondants en fonction du temps de traitement par les extraits des six plantes acridifuges.....	98
7-	Equations des droites de régression, coefficients de régressions et les valeurs de TL ₅₀ évaluées pour les six extraits de plantes acridifuges différents extrais végétaux chez les adultes et les larves L ₅ <i>S. gregaria</i>	103
8-	Valeurs moyennes du coefficient d'utilisation digestif (CUD) des différents extrais végétaux chez les adultes et les larves L ₅ <i>S. gregaria</i>	104
9-	Évolution pondérale moyenne (g) des larves L ₅ et des adultes de <i>S. gregaria</i> mis en présence de feuilles de chou traités par les extraits foliaires des six plantes acridifuges.....	111
10-	Analyse de la variance pour la taille des ovarioles.....	119
11-	Equation de régression, coefficient de régression et les TL ₅₀ calculés pour les huiles essentielles de <i>P. harmala</i> et <i>C. arabica</i>	128
12-	Mesures et abaque morpho-métriques de la souche de <i>S. gregaria</i> maintenue en élevage de masse au laboratoire.....	151

Listes des figures

N°	Titre	Page
1-	Oothèque de <i>S. gregaria</i> solitaire.....	17
2-	Air de distribution du <i>S. gregaria</i>	27
3-	Schéma du système nerveux central de <i>L. migratoria migratorioides</i> en vue dorsale jusqu'au 3 ^{ème} ganglion thoracique.....	45
4-	Système nerveux de <i>Locusta migratoria migratorioides</i>	46
5-	Schéma du système endocrinien de <i>Locusta migratoria</i>	51
6-	Schéma de l'appareil circulatoire d'un acridien.....	56
7-	Actions de différents extraits végétaux sur la mortalité cumulée des larves et adultes de <i>S. gregaria</i>	94
8-	Pourcentage de malformations chez les larves L ₅ témoins et traitées par les extraits foliaires des plantes acridifuges.....	95
9-	Relation entre <i>Schistocerca gregaria</i> et les extraits des plantes en fonction du temps.....	102
10-	Variations journalières des valeurs du coefficient d'utilisation digestif (CUD) des larves L ₅ de <i>S. gregaria</i> mis en présences de feuilles de chou témoin et traité par les extraits des six plantes acridifuges.....	105
11-	Variations journalières des valeurs du coefficient d'utilisation digestif (CUD) des adultes de <i>S. gregaria</i> mis en présences de feuilles de chou témoin et traité par les extraits des six plantes acridifuges.....	106
12-	Comparaison de pourcentage des variations moyennes du poids par apport au poids initial des larves L ₅ et adultes de <i>S. gregaria</i> témoins et traités.....	115
13-	Valeurs moyenne de l'indice de consommation évaluée pour chaque extrait végétal et témoin chez les adultes et les larves L ₅ de <i>S. gregaria</i>	118
14-	Taille moyenne des ovarioles des femelles de <i>S. gregaria</i> témoins et traités par les extraits végétaux de six plantes acridifuges.....	120
15-	Cinétique de la mortalité cumulée des larves L ₅ de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par les huiles essentielles de <i>Peganum harmala</i> et <i>Cleome arabica</i>	123
16-	Cinétique de la mortalité cumulée chez adultes de <i>S. gregaria</i> témoins et traités par les huiles essentielles de <i>P. harmala</i> et <i>C. arabica</i>	123
17-	Relation entre <i>Schistocerca gregaria</i> et les huiles essentielles de <i>Peganum harmala</i> et <i>Cleome arabica</i>	129

18- Abaque morphométrique des individus de <i>S. gregaria</i> maintenus élevage de masse au laboratoire.....	152
---	-----

Liste des photos

N°	Titre	Page
1-	Stades larvaires de <i>Schistocerca gregaria</i> en phase grégaire.....	21
2-	Larve solitaire de stade 5.....	21
3-	Larve grégaire de stade 5.....	21
4-	Imago femelle solitaire de <i>S. gregaria</i>	24
5-	<i>Ephedra alata</i> (Stapf.) en végétation.....	63
6-	<i>Euphorbia guyoniana</i> (Boiss. & Reut.) au stade floraison.....	63
7-	<i>Peganum harmala</i> L. en végétation.....	68
8-	<i>Zizyphus lotus</i> (L) Desf. en végétation.....	68
9-	<i>Colocynthis vulgaris</i> (L) Schard. en végétation.....	72
10-	<i>Cleome arabica</i> L. au stade fructification.....	72
11-	Cage parallélépipédique utilisée pour l'élevage du Criquet pèlerin.....	74
12-	Montage d'hydro-distillation pour l'extraction des huiles essentielles.....	76
13-	Noircissement de la face ventrale d'une larve L ₅ de <i>S. gregaria</i> traitées par l'extrait d' <i>Euphorbia guyoniana</i>	93
14-	Noircissement de la face ventrale d'une larve L ₅ de <i>S. gregaria</i> traitées par l'extrait de <i>Citrullus colocynthis</i>	93
15-	Malformations observées chez les larves L ₅ de <i>Schistocerca gregaria</i> nourriess par des feuilles de <i>Brassica oleracea</i> aspergées de l'extrait de deux plantes acridifuges.....	96
16-	Diarrhée rouge observée sur femelle de <i>S. gregaria</i> traité avec l'extrait de <i>Citrullus colocynthis</i>	108
17-	Corps de résorptions observés chez les femelles de <i>S. gegaria</i> mis en présence de feuilles de chou aspergées de l'extrait de <i>Citrullus colocynthis</i>	122
18-	Larves L ₅ et adultes de <i>Schistocerca gregaria</i> morts suite à la pulvérisation des huiles essentielles de <i>Peganum harmala</i>	125
19-	Larves L ₅ et adultes de <i>Schistocerca gregaria</i> morts suite à la pulvérisation des huiles essentielles de <i>Cleome arabica</i>	126

Introduction

Introduction

Depuis des millénaires, le règne végétal est soumis à une agression constante par les phytophages, le succès ou l'échec de ces déprédateurs est en fonction des obstacles physiques et chimiques qui caractérisent les plantes. Une véritable sélection s'est opérée qui a conduit, d'une part, à l'élimination des phytophages incapables de franchir les barrières physiques ou de s'adapter à la présence des composés chimiques qu'ils devaient inévitablement rencontrer dès leurs premiers contacts avec la plante et, d'autre part, à l'existence de végétaux contenant toute une gamme de composés capables d'anéantir le phytophage ou de limiter les dégâts causés par ce dernier. Ceci a conduit à un équilibre dynamique entre les insectes phytophages et leurs hôtes (PHYLOGENE, 1991).

Dans plusieurs régions d'Afrique et d'Asie, la production agricole est sérieusement éprouvée par les sécheresses périodiques, l'érosion des sols et la désertification. Elle est également fortement endommagée depuis longtemps par les phytophages, en l'occurrence les acridiens. Les sauteriaux et les locustes sont des fléaux anciens, en période d'invasions, les juvéniles et les adultes détruisent tout sur leur passage, les cultures, les pâturages et les forêts, en causant de graves dommages (THIAM, 1991). Les acridiens, et en particulier le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Foskål, 1775) est conçu comme le fléau acridien apocalyptique par excellence. Lorsqu'il apparaît en essaim, on peut parler d'une catastrophe écologique mobile. Les pays envahis pendant les périodes d'invasions peuvent subir de graves préjudices, souvent la famine. Sa grégariaptitude, sa capacité de dispersion, son grand potentiel reproducteur, sa polyphagie et sa voracité, le qualifient comme étant l'espèce acridienne la plus redoutable aux cultures (ANNIE-MONARD, 1991; DURANTAON et LECOQ, 1990). Malgré la panoplie de moyens mis en oeuvre pour le maîtriser, le Criquet du désert demeure le premier péril de l'humanité dans l'ancien monde, et que les dégâts causés sont incontestablement inestimables.

Face à ce fléau, l'homme a l'ingéniosité de recourir à plusieurs méthodes de lutttes, physiques, biologiques et chimiques, mais la lutte à l'aide des pesticides chimiques est la plus adoptée à cause de leurs efficacités sur la cible. Quoique l'usage de ses substances de synthèse s'est révélé très toxique sur l'environnement par l'intoxication de l'homme et du bétail, la phytotoxicité, la toxicité des sols, des eaux, l'apparition des formes de résistances chez les

organismes cibles, et même par leurs effets destructeurs sur la biodiversité. De nombreux organismes non cibles dans la lutte antiacridienne (insectes pollinisateurs, auxiliaires,...), ont souffert des épandages des produits chimiques, phénomène qui peut engendrer l'émergence de nouvelles espèces nuisibles qui ne seraient plus contrôlées par leurs ennemis naturels (SMIRNOFF, 1991; THIAM, 1991; ABOUZAÏD et *al.*, 1991; RAMADE, 1991; OULD EL HADJ et *al.*, 2007a).

Depuis quelques décennies, une prise au sérieux des problèmes environnementaux a incité les organismes et les institutions de recherche à développer beaucoup plus les méthodes biologiques, sous ses diverses formes en vue de limiter l'usage des pesticides chimiques. L'une de ses formes est l'exploitation des composés secondaires, provenant des plantes dans la lutte contre les insectes nuisibles. De nombreuses espèces végétales ont été testées afin d'étudier leurs propriétés insecticides et leur toxicité, en particulier sur le Criquet pèlerin dont: *Azadirachta indica*, *Xylopiya aetiopica*, *Melia azerdarach*, *Scilla maritima*, *Peganum harmala*, *Glinus lotoides*, *Calotropis procera*, etc.

Le Sahara dispose d'une biodiversité floristique exceptionnelle, constituée d'environ 500 espèces végétales et à laquelle s'ajoute une tradition séculaire de pharmacopée traditionnelle. Plusieurs espèces sont connues par leurs propriétés thérapeutiques remarquables (OZANDA, 1991; MAIZA et *al.*, 1993). Cependant, suite à l'augmentation graduelle des contraintes climatiques, au cours de l'Holocène (10000 ans), le Sahara est devenu un pôle d'aridité à l'échelle planétaire. Ce changement s'est accompagné de flux d'espèces végétales, mais aussi d'adaptations diverses, souvent spectaculaires, qui font de la flore saharienne actuelle un enjeu de conservation biologique. La dégradation des écosystèmes arides est liée classiquement à deux facteurs: abiotique (les changements climatiques) et anthropiques (ANTHELME et *al.*, 2006). Quoique, la flore des zones arides est adaptée à ce type de changements climatiques récurrents, et leurs effets sur la disparition d'espèces, est généralement limités. En revanche, l'impact des activités humaines, et notamment l'élevage sur la végétation est spectaculaire, et est susceptible d'être à l'origine de modifications majeures et irréversibles du couvert végétal, et donc des ressources naturelles vivantes (DARKOH, 2003). Plusieurs études approfondies, visant l'évaluation des écosystèmes ont mis en évidence sans équivoque, et de manière alarmante les changements des écosystèmes des zones arides et semi-arides, et leurs

impacts à long terme, sur la société et l'économie (BERCHICHE, 2000). Ces évaluations pessimistes ont réussi à engendrer des politiques et des programmes de conservation de ce patrimoine, et a pu inciter les institutions de recherches à lancer des programmes de recherche susceptibles de promouvoir une gestion efficiente, fructueuse et durable des ressources naturelles sahariennes (MADR, 2004).

A la lumière de ce constat, et en vue de mieux caractériser les potentialités de la flore saharienne et de la valoriser, dans le cadre de la recherche des molécules bioactives, d'origine végétale, efficaces dans la lutte antiacridienne, la présente étude se propose de s'orienter sur les activités biologiques des extraits d'espèces végétales du Sahara septentrional Est algérien, sur le Criquet pèlerin, dans le but de rechercher leurs effets sur quelques paramètres biologiques et physiologiques de ce ravageur.

La présente étude comporte trois parties. Le premier chapitre est consacré à une étude bibliographique sur le Criquet pèlerin, faisant ressortir les aspects écologiques, morphologiques et physiologiques. Le second chapitre concerne la méthodologie adoptée pour la partie expérimentale. Le troisième chapitre regroupe l'ensemble des résultats qui seront suivis d'une discussion. Une conclusion générale qui est un ensemble de réflexions achève ce travail.

CHAPITRE I.- *Schistocerca*
gregaria (Forskål, 1775)
et toxicité

CHAPITRE I.- *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) et toxicité

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).

I.1.- Position systématique

Le criquet pèlerin ou criquet du désert, 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). Le criquet pèlerin appartient au sous ordre des Caelifères. D'après GRASSE (1970), la position systématique du Criquet pèlerin est comme suit:

Embranchement	: Arthropoda
Sous Embranchement	: Mandibulata
Classe	: Insecta
Sous classe	: Pterygota
Super-ordre	: Orthopteroidea
Ordre	: Orthoptera
Sous ordre	: Caelifera
Super famille	: Acridoidea

Famille	: Acrydidae
Sous famille	: Cyrtacanthacridinae
Genre	: Schistocerca
Espèce	: <i>S. gregaria</i> (Forskål, 1775)

S. gregaria présente deux sous espèces: l'une est la plus connue, et est 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 la sous espèce *S. gregaria flaviventris* (Burmeister, 1838), plus modestement répartie en Afrique du Sud-Ouest (LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG, 1997).

I.2.- Morphologie

Le Criquet pèlerin est un acridien de grande taille. Les femelles mesurent de 70 à 90 mm de long et les mâles de 60 à 75 mm. Les antennes sont filiformes. La carène médiane est assez basse, presque inexistante dans sa partie antérieure. Le pronotum est légèrement comprimé dans le prozone. Son bord postérieur est anguleux. Le tubercule prosternal est bien développé, arrondi, mince, à apex émoussé, légèrement incliné vers l'arrière. Les lobes latéraux mésosternaux sont plus ou moins rectangulaires, plus longs que larges. Les élytres comme les ailes sont longues, qui dépassent nettement l'extrémité abdominale et les genoux postérieurs. Les ailes postérieures sont toujours hyalines ou monochromes, rosâtres ou jaunes, selon l'état physiologique de l'individu. Les cerques mâles sont courts, rectangulaires et la plaque sous-génitale est bilobée, avec une échancrure triangulaire au sommet (DURANTON et LECOQ, 1990; MISTCHENKO, 1952 cité par LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG, 1997). Les jeunes imagos solitaires sont verts pâles, brunâtres ou grisâtres. Les mâles jaunissent faiblement à la maturation sexuelle. Les côtés du pronotum sont parcourus par des bandes foncées et claires. Les élytres des solitaires présentent une maculature floue, peu contrastée, par contre ceux des grégaires sont fortement maculés. La larve des grégaires est très dépendante de l'état physiologique de l'individu. Les imagos immatures sont rosâtres, avec une teinte générale du corps plus homogène que chez les solitaires. A la maturation sexuelle, ils deviennent rose lilas ou rouge brunâtre puis jaune citron vif (STOROZHENKO, 1991 cité par LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG, 1997).

I.3.- Biologie de *S. gregaria*

Le cycle biologique de *S. gregaria* comprend comme chez les autres espèces de locustes trois états successifs: l'œuf, la larve et l'imago. Chaque étape se subdivise en différentes phases de développement (DURANTON et LECOQ, 1990). Le cycle biologique des individus grégaires est identique à celui des solitaires; les différences résident dans la diminution du nombre d'œufs par oothèque, du raccourcissement de la durée des stades larvaires, la vie des adultes et le déplacement par effet de masse chez les grégaires (LAUNOIS-LUONG et LECOQ, 1989). La durée du cycle biologique du Criquet pèlerin est sous l'influence de quelques paramètres climatiques, mais aussi du biotope. Elle varie en fonction des états phasaires et des conditions écologiques en particulier, la température et l'humidité édaphique qui conduisent à la fois la réussite du développement embryonnaire et du développement de la végétation qui fournit l'abri et la nourriture aux larves (DURANTON et LECOQ, 1990; SYMMONS et CRESSMAN, 2001), ainsi qu'à l'existence d'une période de quiescence si l'acridien rencontre des conditions environnementales non propices.

I.3.1.- Ponte

Pour les grégaires, il y a trois périodes de reproduction, déterminant en général trois générations: une génération estivale tropicale; une génération automno-hivernale méditerranéenne et une génération hiverno-printanière méditerranéenne (ANNIE-MONARD, 1991). La copulation dure plusieurs heures (jusqu'à 14h). Le sperme est transmis à l'intérieur d'une sorte de sac allongé, fabriqué par le mâle, appelé le spermatophore. Il est stocké chez la femelle dans un organe spécial connu sous le nom de spermathèque. La fécondation des ovocytes se fait lors de la ponte et les spermatozoïdes contenus dans la spermathèque peuvent être utilisés pour féconder plus d'une série d'œufs (DURANTON et LECOQ, 1990). Les femelles déposent leurs pontes dans les sols à texture sableuse ou sablo-limoneuse (LAUNOIS-LUONG et LECOQ, 1989), mais elles peuvent les déposer dans des sols à texture très différente, depuis le sable assez grossier jusqu'aux argiles limoneuses. Le sol doit être humide au moins sous la surface (à partir de 5 cm). Elles pondent généralement leurs œufs dans un sol dépourvu de végétation. Elles ne pondent que si le sol est suffisamment humide à une profondeur de 5 à 10 cm. La ponte peut durer 7 à 30 heures. Avant de pondre, la femelle sonde souvent le sol en y insérant

l'extrémité de son abdomen pour déterminer si l'humidité est suffisante. Suite à ce constat, il est important de signaler qu'une ponte n'est pas toujours en cours lorsque les femelles sont en train de sonder, le seul test sûr est de creuser le sol pour vérifier si des œufs ont été vraiment pondus (SYMMONS et CRESSMAN, 2001). Lorsque la femelle détecte une humidité édaphique convenable, elle enfonce son oviscapte dans le sol en faisant un trou, en allongeant son abdomen de 2 à 3 fois sa taille normale. Elle pond en une fois un grand nombre d'œufs qui s'agglomèrent dans une substance spumeuse. Les œufs sont réunis en une masse appelée, grappe ovigère (CHOPARD, 1938). Les essaims pondent le plus souvent leurs oothèques en groupes denses, pouvant aller jusqu'à quelques dizaines, voir quelques centaines d'oothèques par m². Des tests de laboratoire indiquent qu'une femelle en ponte laisse une phéromone qui incite les autres femelles à pondre à proximité. Sur le terrain, la vue semble avoir un sens plus important que l'odorat dans l'attraction des femelles vers celles qui sont déjà en ponte. La ponte a lieu dans des sites appropriés. Le phénomène de densation ainsi qu'une substance chimique ajoutée à la matière spumeuse de l'oothèque permettent d'induire la grégarisation de la génération suivante (SYMMONS et CRESSMAN, 2001). En cas d'assèchement du sol, il y a diminution de la surface des biotopes favorables, ce qui les conduit à se rassembler dans des superficies de plus en plus restreintes, souvent situées dans des dépressions encore humides ou dans des oueds. Ce comportement est commun dans les foyers grégarigènes sahariens (POPOV et *al.*, 1990). A la différence des grégaires les solitaires pondent un peu partout et séparément. Chez les femelles du Criquet pèlerin, on note plus de 3 à 4 pontes chez les solitaires et de 2 à 3 pontes seulement chez les grégaires. Cette fertilité des solitaires peut être due à la teneur plus élevée en hormone juvénile, circulant dans l'hémolymphe des individus solitaires et à la persistance des glandes de mue (DURANTON et LECOQ, 1990; GIRARDIE, 1991). Toutefois, la variation du nombre de pontes par an et du nombre d'œufs par pontes est due principalement aux conditions écologiques et surtout climatiques.

La proportion d'œufs qui survit jusqu'à l'éclosion varie considérablement avec les conditions de l'habitat, la présence des Arthropodes parasites et des prédateurs, des moisissures et des bactéries parasites. Les œufs peuvent se dessécher, particulièrement s'ils sont exposés au vent. Ils peuvent également être détruits par des inondations persistantes. Une mortalité élevée peut se produire si les températures du sol sont supérieures à 35°C. Les pertes

moyennes dues aux différents facteurs sont de l'ordre de 13% dans les populations solitaires et d'environ 33% dans les populations grégaires (SYMMONS et CRESSMAN, 2001).

I.3.2.- Œuf

Les œufs du criquet pèlerin sont déposés dans le sol sous la forme d'une oothèque de 9 à 10,5 cm de longueur avec une largeur de 7 à 9 mm. L'oothèque renferme l'ensemble des œufs, constituant la grappe ovigère d'une longueur de 4,5 à 6 cm. Elle est surmontée d'un bouchon spumeux, atteignant presque la surface du sol et qui empêche le dessèchement des œufs (DURANTON et LECOQ, 1990; POPOV et *al.*, 1990) (Fig. 1). L'œuf à la ponte mesure environ 7 à 8 mm de long. Les œufs sont déposés dans l'oothèque irrégulièrement, selon une symétrie de type radiale (POPOV et *al.*, 1990). Les œufs ont une forme allongée, légèrement incurvée. Au niveau du pôle animal ou pôle postérieur, se trouve la zone hydropylaire par où pénètre l'eau et la zone micropylaire par où pénètre les spermatozoïdes. Les œufs ont une couleur d'abord jaune orange et translucide, deviennent opaques et beiges, parfois roses après avoir absorbé suffisamment d'eau dans le sol (DURANTON et LECOQ, 1990). Le nombre moyen d'œufs à la première ponte varie entre 80 et 140 chez les solitaires, alors qu'il est compris entre 40 et 70 chez les grégaires (LAUNOIS-LUONG et LECOQ, 1989).

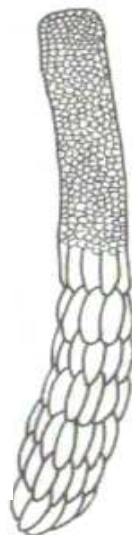


Figure 1- Oothèque de *S. gregaria* solitaire (DURANTON et *al.*, 1982)

I.3.3.- Développement embryonnaire

Peu après la ponte, l'œuf s'hydrate et augmente de volume. Les œufs doivent absorber environ leur propre poids d'eau dans les cinq premiers jours après la ponte. S'ils ne peuvent absorber cette quantité d'eau, ils n'éclosent pas. Cependant, même s'il n'y a pas assez d'eau dans le sol, les œufs pondus peuvent attendre quelques temps et terminer leur développement si une pluie survient et il n'est possible aux œufs du criquet pèlerin de rester vivants plus de deux mois dans un sol totalement sec (DURANTON et LECOQ, 1990). Une fois la quantité d'eau nécessaire au développement embryonnaire est absorbée, l'embryon commence son évolution. La vitesse de développement embryonnaire dépend essentiellement de la température du sol. Au Soudan, en Ethiopie et en Afrique de l'Ouest, durant la période estivale, le développement embryonnaire est achevé 10 à 14 jours après la ponte (ALRC., 2006). Dans les conditions d'hivernage sahélien, elles mettent 12 à 15 jours environ, et elles peuvent atteindre 25 jours en fin de saison des pluies à cause de l'abaissement de la température du sol pour se développer (POPOV et *al.*, 1990). Le développement embryonnaire se caractérise par des étapes complexes. Il se distingue 23 étapes de différenciation selon SHULOV et *al.* (DURANTON et *al.*, 1982). DURANTON et LECOQ (1990) mentionnent huit stades de différenciations embryonnaires:

- **Stade 1:** Œuf relativement maigre, venant d'être pondu et n'ayant pas encore absorbé d'eau; aucune structure n'est visible, l'intérieur est uniformément jaune. L'embryon ne dépasse pas 1 mm de long à l'intérieur de l'œuf qui en fait 6 ou 7.
- **Stade 2:** Œuf plus gros, ayant déjà absorbé de l'eau; l'embryon est difficilement visible à une extrémité de l'œuf, sous forme d'une petite zone de 1 à 2 mm de long, légèrement plus transparente et plus blanchâtre que le reste de l'œuf.
- **Stade 3:** L'embryon effectue un retournement dans l'œuf et on l'observe, arqué, au niveau du pôle postérieur qui prend une teinte grisâtre.
- **Stade 4:** Couleur grisâtre de la partie de l'œuf où se trouve l'embryon; la longueur de ce dernier est inférieure ou égale à la moitié de celle de l'œuf.
- **Stade 5:** L'embryon occupe entre la moitié et les deux tiers de la longueur de l'œuf. Les yeux se pigmentent en noir (chez les grégaires) et deviennent visibles par transparence.
- **Stade 6:** Les yeux sont visibles au quart antérieur de l'œuf.
- **Stade 7:** L'embryon occupe entièrement l'œuf. Il n'y a plus de traces de vitellus. Les yeux composés sont au pôle antérieur et le reste du corps n'est pas encore

pigmenté.

- **Stade 8:** L'embryon occupe entièrement l'œuf et est prêt à éclore. Les différents segments du corps ainsi que les pattes sont bien visibles.

La durée de développement embryonnaire dépend essentiellement de la température du sol. Elle décroît à mesure que la température augmente. Par ailleurs toutes les autres conditions étant égales, les grégaires se développent légèrement plus vite que les solitaires (DURANTON et LECOQ, 1990).

I.3.4.- Larves

Le terme «larve» désigne la forme juvénile des insectes et d'autres animaux. Au sens strict, le terme larve ne doit être employé que dans le cas où les formes juvéniles sont très différentes des imagos (insectes à métamorphoses complètes). Chez les insectes à métamorphose incomplète, tels que les Orthoptères, les larves ressemblent partiellement et vivent dans le même milieu que les adultes. Le terme juvénile paraît plus approprié (BALANÇA et DE VISSCHER, 1992).

I.3.5.- Développement larvaire

Après l'éclosion, la première forme larvaire dite larve vermiforme progresse à la surface du sol par reptation, le long du bouchon spumeux de l'oothèque. Dès sa sortie à l'air libre, cette larve vermiforme se débarrasse de sa cuticule post-embryonnaire au cours de la mue intermédiaire et devient alors une larve de premier stade (L₁). Elle passe ensuite par cinq stades larvaires. Toutefois, chez les solitaires, elle peut aller jusqu'à six stades larvaires. Dans ce cas, le stade supplémentaire se situe entre le 3^e et le 4^e stade, et muant entre chaque stade (DURANTON et LECOQ, 1990; SYMMONS et CRESSMAN, 2001) (Photo 1 A,B,C,D,E). La durée du développement larvaire au sein du même type de population (solitaire ou grégaire) varie en fonction des conditions du milieu (température de l'air, humidité relative) (SYMMONS et CRESSMAN, 2001). En conditions naturelles OULD EL HADJ et *al.* (1991) notent un développement larvaire du Criquet pèlerin en 38 jours, alors qu'en conditions d'élevage au laboratoire DHOUIB et JARRAYA (1990) ont signalé une durée de 23 jours entre 32° et 36°C et une humidité relative de l'ordre de 40%. OULD EL HADJ et *al.* (2007) a enregistré sur *Brassica oleracea* (Brassicaceae) une durée de 43,6 ±

4,4 jours, avec une température moyenne de l'ordre de $28 \pm 3^{\circ}\text{C}$ et une humidité relative de $65 \pm 2\%$. Chez les grégaires de ce locuste, la durée du développement larvaire la plus courte est de 25 jours dans de bonnes conditions. Elle peut augmenter jusqu'à plus de 50 jours dans de mauvaises conditions. DHOUIB et JARRAYA (1990) rapportent parmi les conditions écologiques favorables pour un bon développement larvaire du Criquet pèlerin, une température de 32° à 37°C ; et une humidité relative de 30 à 40% au laboratoire. Au Sahel, entre juin et septembre, la durée du développement larvaire de ce ravageur est d'une trentaine de jours. Le stade le plus bref est le premier (L_1). Le cinquième stade larvaire (L_5) semble le plus long, à cause des changements morphologiques et physiologiques pour la préparation à la mue imaginale (DHOUIB, 1994). Selon DURANTON et LECOQ (1990), les durées de chaque stade sont respectivement de 5 jours pour le premier stade larvaire (L_1), 5 jours pour le second (L_2), 6 jours au troisième stade larvaire (L_3), 7 jours pour le quatrième stade larvaire (L_4) et près de 11 jours pour le dernier stade larvaire (L_5), d'où une durée totale de développement de 34 jours. Les populations larvaires peuvent périr, faute de nourriture mais cela est rare. Cependant, seule une fraction des larves survit jusqu'à la mue imaginale. Jusqu'à 70 ou 80% des larves du stade L_1 peuvent mourir à cause des réserves hydriques inadéquates, du cannibalisme et de la prédation par les fourmis. Au cours du développement des larves survivantes, une mortalité de 10 à 20% peut être due au cannibalisme, au parasitisme et à la prédation (SYMMONS et CRESSMAN, 2001).



A

Larve de stade 1



B

Larve de stade 2



C

Larve de stade 3



D

Larve de stade 4



Echelle : 1/2 Cm

Larve de stade 5

Photo 1 (A,B,C,D,E)- Stades larvaires de *Schistocerca gregaria* en phase grégaire (DURANTON et LECOQ, 1990)

Pour le Criquet pèlerin, les larves solitaires se distinguent des larves grégaires par la pigmentation ainsi que la couleur verte qui caractérise les larves solitaires. Aux stades les plus avancés, le vert évolue au brun (Photo 2). Pour les larves grégaires, les deux premiers stades larvaires sont essentiellement noirs, le troisième est un mélange de rouge ou d'orange et de noir, le quatrième et le cinquième stade comportent un mélange de jaune et de noir. Les stades de 3 à 5 possèdent une tache occipitale rouge (Photo 3). Les larves de la phase transiens possèdent une teinte identique à celle des grégaires, mais le développement de la maculature est plus ou moins accentué (DURANTON et LECOQ, 1990).



Photo 2 - Larve solitaire de stade 5 (DURANTON et LECOQ, 1990)



Photo 3 - Larve grégaire de stade 5 (DURANTON et LECOQ, 1990)

I.3.6.- Imagos

L'imago désigne l'insecte ayant effectué toutes ses mues. Il peut se reproduire lorsqu'il achève sa maturité sexuelle (BALANÇA et DE VISSHER, 1992). Il se distingue deux types d'imagos chez les locustes, caractérisant deux états de populations différentes dont des solitaires et des grégaires qui se distinguent par des différences morphologiques et comportementales (SYMMONS et CRESSMAN, 2001).

I.3.7.- Développement imaginal

Suite à la mue imaginale, les larves du cinquième stade (L₅) donneront des imagos à cuticule mou qui durcit progressivement après 5 à 10 jours selon les conditions de températures ambiantes. Après cette étape, l'imago est capable de marcher, puis de sauter et voler localement grâce au développement des muscles. Une fois le durcissement de la cuticule achevé, le jeune imago se consacre surtout à la recherche d'un biotope favorable à l'alimentation. Il va connaître une augmentation progressive du poids par accumulation de corps gras, lui permettant d'entreprendre éventuellement des vols sur de grandes distances. Durant cette phase, les ovaires restent en pré-vitellogénèse. Les individus peuvent rester sexuellement immatures des mois (au maximum 6 mois) jusqu'à la rencontre des conditions écologiques propices (Température et humidité adéquate, disponibilité du couvert végétal) (DURANTON et LECOQ, 1990). La maturation sexuelle de *S. gregaria* est conditionnée par les conditions écologiques favorables en particulier à la pluie. Dès que cet acridien rencontre des conditions favorables à la reproduction, les populations deviennent sexuellement matures (DURANTON et LECOQ, 1990). Si la végétation est abondante, les températures journalières maximales égales ou supérieures à 35°C et que les précipitations permettent la croissance de la végétation, les ailés peuvent probablement pondre leurs œufs, trois semaines après la mue imaginale (SYMMONS et CRESSMAN, 2001). L'accélération de ce processus est sous la dépendance d'une phéromone sexuelle dite accélératrice. Les mâles commencent leur maturation les premiers. Ils dégagent des substances chimiques (phéromones sexuelles) qui déclenchent la maturation des femelles et des autres mâles immatures; à partir de ce moment, les ovaires commencent à se développer. L'attraction entre les individus du Criquet pèlerin se passe de différentes manières. Elle pourrait être visuelle, auditive, et surtout olfactive par

le biais des phéromones sexuelles qui attirent les mâles vers les femelles (DURANTON et LECOQ, 1990).

I.3.7.1.- Imagos solitaires

Les imagos solitaires sont plus grands que les grégaires. Les femelles mesurent 60 à 90 mm de long, alors que les mâles mesurent de 45 à 60 mm, d'aspect robuste. La teinte générale est à dominante jaune sable, brune ou grise (Photo 4). Les yeux portent 6 à 7 stries en relation avec le nombre de stades larvaires accomplis. On note la présence de macules et des lignes sombres sur le pronotum ainsi qu'une ligne claire médiane sur le vertex de la tête. Le fémur postérieur possède une ligne noire longitudinale sur sa face externe (ligne fémorale) latéralement. La plaque du mésothorax située au dessus de l'articulation de la deuxième paire de pattes est nettement plus sombre que les parties antérieures et postérieures. Au cours de la maturation sexuelle, il y a un léger jaunissement des mâles. Chez les individus immatures, les ailes sont hyalines (LAUNOIS-LUONG et POPOV, 1992; DURANTON et LECOQ, 1990).

I.3.7.2.- Imagos grégaires

Le Criquet du désert est l'espèce de locuste la plus sensible à la densité et chez qui la grégariaptitude est la plus exacerbée. Le changement phasaire s'amorce à partir de 500 imagos /ha (LECOQ, 1988). Chez les grégaires, la teinte générale du corps est plus homogène que chez les solitaires. La coloration est rose à rouge brunâtre pour les imagos immatures, et jaune chez les imagos matures. Les femelles mesurent de 50 à 60 mm de long et les mâles de 45 à 50 mm. Ils se distinguent par leur pronotum concave, chez les imagos matures. Les yeux obscurs portent 6 stries souvent indistinctes (LAUNOIS-LUONG et POPOV, 1992). Les individus transiens peuvent présenter des colorations plus ou moins intermédiaires (DURANTON et LECOQ, 1990) (Photo 4). Chez les grégaires ou les solitaires, le Criquet pèlerin présente des antennes filiformes (PASTRES et *al.*, 1988; LOUNOIS-LUONG et POPOV, 1992).

Dans la nature, la longévité des imagos du Criquet pèlerin, varie en moyenne de 34 à 230 jours en fonction essentiellement de l'existence ou non d'une période de quiescence imaginale ou bien à la durée de celle-ci (DURANTON et LECOQ, 1990).



Photo 4 - Imago femelle solitaire de *S. gregaria*
(DURANTON et LECOQ, 1990).

I.4.- Ecologie

Le criquet pèlerin est une espèce xérophile, de zone désertique mais qui a besoin d'eau à chacun de ses stades de développement (ANNIE-MONARD, 1991). La survie des larves dépend de la présence d'une végétation fraîche, seul l'imago est quelque peu résistant (POPOV et *al.*, 1991). En Afrique de l'Ouest, tous les biotopes de grégarisation sont liés au réseau hydrographique et correspondent à des zones d'épandage d'oueds et à des cuvettes endoréiques où les apports en eau sont plus ou moins importants et les ressources hydriques bien supérieures à la seule pluviosité locale. Ces biotopes couvrent environ 13% des surfaces colonisables par cet acridien en Afrique Nord occidentale. Pour le Criquet du désert, les milieux peuvent se répartir en quatre catégories principales:

- Milieux hostiles où ce locuste ne peut survivre: Il s'agit de biotopes qui ont été évités par les reproductrices à la recherche de sites de ponte. En Afrique occidentale, ils se présentent par des milieux arides plus ou moins rocailleux, des milieux halotrophes (dépressions salées) et des milieux hyper-hygrotrophes (oueds stagnants, mares et dépressions inondées).
- Biotopes de survie où le Criquet pèlerin peut subsister en attendant l'apparition de conditions meilleures, permettant une amorce de la maturation sexuelle. Ce sont le plus souvent des biotopes de passage exploités au cours de déplacements à moyenne ou longue distances.
- Biotopes de reproduction où le Criquet pèlerin peut non seulement survivre mais trouve une alimentation et une nature du sol qui lui permet d'effectuer sa

maturation sexuelle, une production d'œufs suffisante et la ponte.

- Biotopes de grégarisation qui offrent de bonnes (ou de très bonnes) conditions de reproduction susceptibles d'aboutir directement ou indirectement à des densités, pouvant entraîner la transformation phasaire.

Concernant les biotopes de survie, cet acridien dispose de conditions écologiques peu favorables. Ces biotopes sont le plus souvent des milieux de passage exploités au cours des déplacements. La végétation n'offre guère d'intérêt pour lui, tant sur le plan alimentaire que sur celui de l'abri, il s'agit en effet de biotopes extensifs où les apports hydriques sont faibles et le ruissellement est plus au moins important, à l'exclusion de quelques abords de Sebka (en zone saharienne). Ce sont des regs de natures diverses, et de physionomies variées (regs argileux, limoneux, graveleux, sableux, etc....). L'ensemble de ces biotopes couvre plus de 70% des surfaces colonisables par le criquet pèlerin en Afrique Nord Occidentale. Ses milieux de reproduction sont le plus souvent de type extensif. Ils doivent recevoir une pluviosité abondante et régulière (pluviosité annuelle de 500 à 600 mm); et un sol sablonneux, voir des regs couverts de végétation, situés à des latitudes relativement basses (vers le 15^e parallèle Nord) et où croissent les steppes arbustives plus ou moins denses. A ces biotopes Nord sahéliens, il faut adjoindre des biotopes sahariens, comme certains abords de Sebchas, des dépressions ou de quelques Oueds. Ses habitats couvrent un peu plus de 8% des surfaces colonisables par le criquet en Afrique Nord Occidentale (DURANTON et LECOQ, 1990).

I.5.- Aires de distribution

L'aire de distribution du Criquet pèlerin peut être classée en trois catégories principales, dont l'aire d'invasion, l'aire de rémission et l'aire grégarigène.

I.5.1.- Aire d'invasion

Il présente l'aire maximum atteinte par les essaims de Criquet pèlerin durant les invasions (LECOQ, 2004). L'ensemble de l'aire d'invasion de cet acridien couvre une vaste superficie de 29 millions de km², en touchant la collectivité agricole de 57 pays d'Afrique et d'Asie (RAINA, 1991). Il couvre environ soit plus de 20% de terres émergées. Elle est limitée à l'Ouest par

l'océan Atlantique, au Nord par la mer méditerranée et la mer Caspienne, à l'Est par la chaîne himalayenne et le Pakistan oriental, et en fin au Sud par l'océan indien sur la côte Est de l'Afrique (COPR, 1982). POPOV et *al.* (1991) mentionnent que plus de la moitié de cette aire ne concerne que par l'invasion des essaims errants, les zones de reproduction intéressent environ 13,6 millions de Km². En Algérie, durant les périodes d'invasion, les essaims du Criquet pèlerin peuvent envahir tout le territoire national. Il effectue au moins deux générations selon les années, une automno-hivernale et l'autre plus fréquemment hiverno-printanière (GUENDOZ- BENRIMA, 2005).

I.5.2.- Aire de rémission

L'aire de rémission regroupe l'aire où des populations solitaires ont été signalées durant les périodes de rémission (LECOQ, 2004). *S. gregaria* se trouve répartie en phase solitaire à des faibles densités sur une ceinture de 16 millions de Km² des régions arides et semi-arides, s'étendant de l'Ouest Atlantique au Nord est de l'Inde. Les biotopes favorables sont dispersés aux bords de massifs sahariens méridionaux et centraux (le Tibesti, l'Ennedi, le Tassili des Ajjers, le Hoggar, l'Adrar des Ifoghas, l'air du Tamesna-Aïr, l'Adrar mauritanien et le Tiriss Zemmour) (LAUNOIS LUONG et POPOV, 1992) (Fig. 2). En Algérie, bien que durant les périodes de rémission, des populations de solitaires persistent de façon diffuse pratiquement toute l'année sur le territoire saharo-algérien, ce qui contribue à maintenir l'activité acridienne, l'aire de reproduction s'étale entre le Sahara central et le Sahara méridional, parfois au Sahara septentrional, sur une superficie d'environ deux millions de km². La reproduction est surtout associée aux régions de relief et d'écoulement du Sahara central, occidental ou septentrional, à la limite d'influence des pluies méditerranéennes. Seul le Sahara central et le Sahara méridional sont concernés par des reproductions régulières ou chroniques du Criquet pèlerin solitaire (POPOV, 1997; GUENDOZ- BENRIMA, 2005).

I.5.3.- Aires grégarigènes

Les aires grégarigènes sont des zones regroupant des foyers grégarigènes. Dans ces aires, des populations de locustes peuvent trouver certaines années des conditions écologiques favorables à une activité acridienne importante conduisant à la grégarisation et à la formation de bandes larvaires et

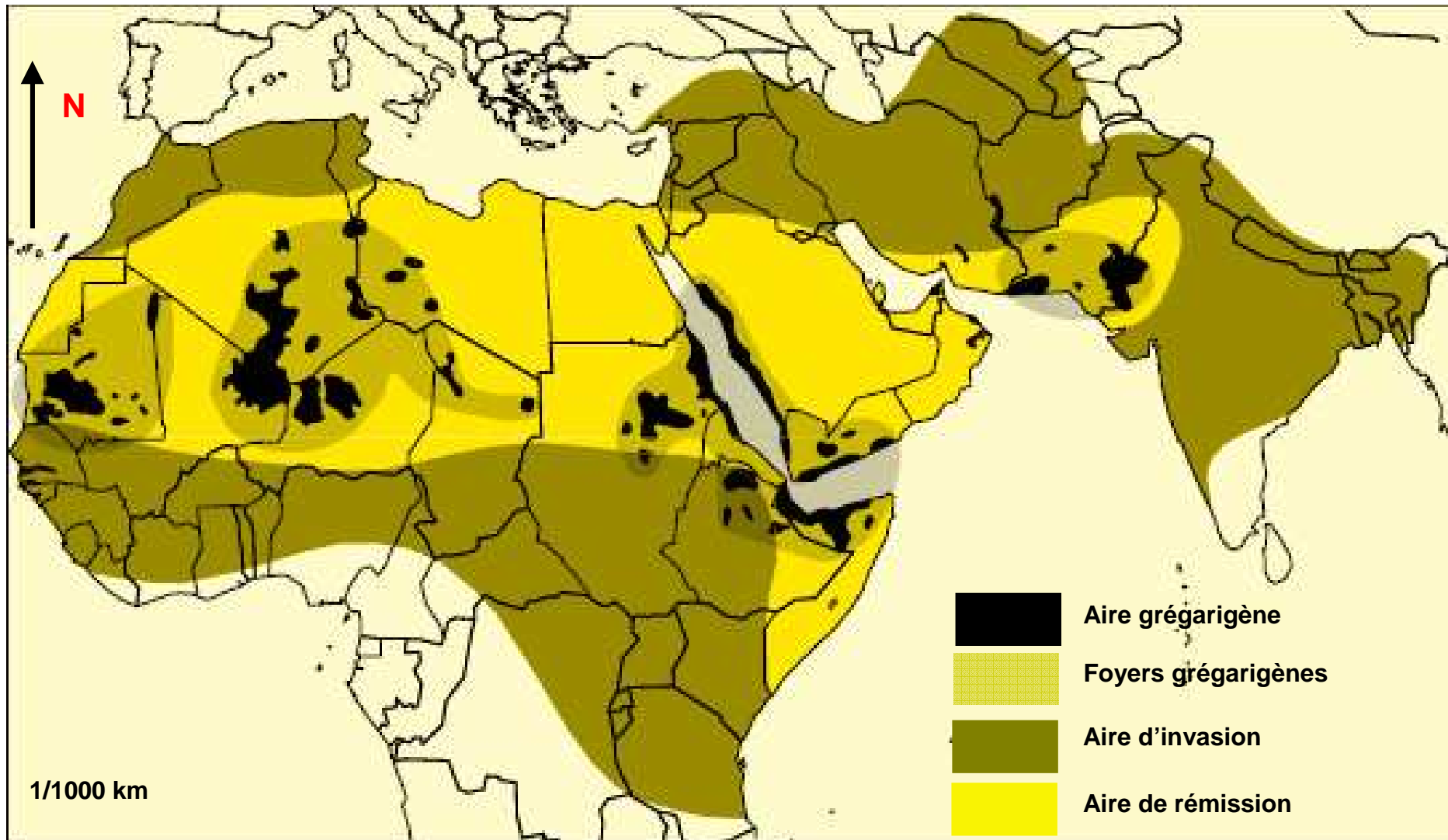


Figure 2- Aire de distribution du *S. gregaria* (LECOQ, 2004)

des essaims d'ailés. Elles correspondent aux zones à surveiller et contrôler en priorité dans le cadre de la prévention (BALANÇA et DE VISSCHER, 1992; LECOQ, 2004). Les populations acridiennes se réfugient dans les zones grégarigènes suivantes:

- La frontière Indo-Pakistanaise où les systèmes de vents favorisent des concentrations importantes des populations;
- Le bord de la mer rouge et du golfe d'Aden où le régime des pluies peut fournir des conditions adéquates à la reproduction tout le long de l'année;
- Les bordures de certains massifs montagneux où les phénomènes d'écoulement favorisent la création de sites favorables (massif du Sahara central et méridional, bordure Sud de l'Atlas, bordure Ouest des montagnes de l'Oman, vallées de Mekrean au Pakistan et en Iran) (DURANTON et LECOQ, 1990).

En Algérie, le Criquet pèlerin présente deux générations, une estivale au niveau du Sahara méridional (dans les zones d'épandage aux pieds des massifs montagneux), et l'autre hiverno-printanière dans le Sahara central. Ses deux générations sont influencées par les pluies d'été pour la première et aux dépressions provenant du Nord et de l'Atlantique pour la seconde (INPV, 1999; GUENDOZ-BENRIMA, 2005).

I.6.- Comportement alimentaire

Le comportement des insectes dans la sélection des substrats alimentaires est un changement dans l'opportunité de consommer une plante plutôt qu'une autre (MOUMEN, 1997). Le choix par un insecte d'un végétal comme aliment dépend de la présence des substances qui stimulent ou inhibent la prise de nourriture ou d'une substance qui est appréciée par l'insecte et qui lui apporte les éléments nécessaires à son développement et à sa reproduction. Il choisit sa source alimentaire en fonction des critères visuels, olfactifs ou gustatifs (LEGALL, 1989). Malgré sa polyphagie, le Criquet pèlerin, présente une prédilection marquée pour certaines plantes de familles botaniques différentes, comme les Poaceae, les Brassicaceae et les Fabaceae (UVAROV, 1928 cité par DOUMANDJI et DOUMANDJI MITICHE, 1994). HALOUANE (1997) signale que le Criquet du désert s'accommode bien avec le chou comme substrat alimentaire. TAIL (1998) souligne la préférence de ce locuste pour le blé dur *Triticum durum* L. (Poaceae). KARA (1997), CHERIEF (2000) et KEMASSI (2004) rapportent que *S gregaria* présente une préférence très marquée pour les

Poaceae. Toutefois, certaines espèces végétales ont un pouvoir répulsif, antiappétant ou toxique sur le Criquet pèlerin. Le Méliá *Melia azedarach* L. et le Neem *Azadirachta indica* Juss. (Meliaceae) sont connus depuis fort longtemps pour leur effet dissuasif sur les insectes (PHILOGENE, 1991; DOUMBIA, 1994). Des recherches sur *Melia azedarach* L. et *Azadirachta indica* Juss. (Meliaceae), ont trouvé leurs effets acridifuges sur le Criquet pèlerin (TAIL, 1998; MOUSSA, 2000; OULD EL HADJ et al., 2006). De même *Nerium oleander* L. (Apocynaceae) et *Inula viscosa* L. (Asteraceae) semblent avoir respectivement un effet dissuasif et antiappétant sur cet acridien (TAIL, 1998). Il arrive que des espèces végétales soient consommées malgré leur toxicité lorsque les insectes sont affamés ou manquent d'eau. C'est le cas de *Eucalyptus occidentalis* L. (Myrtaceae) et *Cestrum parqui* L. (Anacardiaceae) (BARBOUCHE et al., 1995 cité par MOUMEN, 1997).

I.7.- Dégâts et importance économique

Les invasions du criquet pèlerin sont connues depuis des millénaires, 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 pouvant durer 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).

S. 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 grégariaptitude; 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 (ANNIE-MONARD, 1991). Les dégâts infligés par les criquets aux cultures et aux pâturages sont de deux catégories, directs ou indirects (APPERT et DEUSE, 1982).

Dégâts directs: Il s'agit de prélèvements alimentaires sur les feuilles, les fleurs, les fruits, les jeunes pousses, les jeunes écorces, les semences et parfois le collet et la partie supérieure des racines, ce qui réduit la photosynthèse, diminue l'espérance de récoltes, ou bien la destruction totale de la végétation (APPERT et DEUSE, 1982; LAUNOIS-LUONG et *al.*, 1988).

Dégâts indirects: Les dégâts concernent la rupture mécanique des branches sous le poids des ailés posés en grand nombre; les blessures des plantes consécutives aux morsures. Elles présentent deux conséquences: la première est l'ouverture d'une voie d'infection aux maladies et des pénétrations pour les parasites, et la création d'une lésion des vaisseaux, conduisant la sève brute et celle élaborée; ceux-ci entraînent une prolifération des maladies et des parasites, conduisant à une destruction végétative (APPERT et DEUSE, 1982).

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).

I.7.- Lutte antiacridienne

L'homme face aux intermittentes invasions des acridiens en ingéniosité à recourir à tout un ensemble de moyens de lutte préventive, écologique, physique, chimique et biologique (VINCENT et CODERRE, 1992; LOMER et PRIOR, 1992).

I.7.1.- Lutte préventive

Les pullulations, les recrudescences et les invasions du Criquet pèlerin se développent de temps à autre et sont liées à des périodes de pluies favorables sur de vastes étendues. Ces épisodes de pullulations sont interrompus par des périodes de rémission au cours desquelles les populations solitaires de ce criquet ne sont présentes qu'en effectifs très faibles et sont limitées à une zone géographique restreinte, essentiellement en zones désertiques et loin des cultures (LECOQ, 2004). La prévention est la meilleure stratégie de lutte contre les criquets économiquement et écologiquement acceptable. Les pullulations acridiennes peuvent être gérées efficacement par l'application des stratégies de prévention, élément important dans le dispositif de lutte contre la pauvreté de nombreux pays. Ces stratégies consistent à surveiller en permanence les aires grégarigènes et à détruire les premières pullulations par des interventions de lutte sur des superficies limitées (LECOQ, 2004). Les moyens doivent être mis en œuvre pour empêcher que les effectifs du criquet n'atteignent la masse critique de transiens au delà de la quelle le processus de grégarisation généralisée devient irréversible (POPOV et *al.*, 1991). L'objectif, est de prévenir tout départ d'invasion. Car une fois déclenchée, elle serait très difficile à l'arrêter, même avec des opérations intensives de lutte curative, et qu'alors les risques secondaires de traitements acridicides pour l'environnement sont considérables, compte tenu des surfaces concernées (DURANTON et LECOQ, 1990). La stratégie de lutte préventive contre ces locustes se résume en 3 étapes:

- La surveillance des conditions écologiques dans les aires potentielles de reproduction et de grégarisation;
- L'organisation des prospections aériennes et terrestres dans des aires devenues potentiellement favorables au développement des locustes à la suite des précipitations abondantes;
- La lutte contre toutes les populations de criquet, dépassant un certain seuil, principalement dans les biotopes réputés constitués des foyers grégarigènes

(DURANTON et LECOQ, 1990).

L'essentiel est d'altérer la tendance évolutive d'une situation avant d'en subir les effets néfastes. Il est évident que la lutte préventive est moins dangereuse, moins polluante, plus efficace et économiquement moins coûteuse que la lutte curative (LAUNOIS- LUONG et *al.* 1988). Cette stratégie de lutte antiacridienne permet:

- De maintenir les activités agricoles dans les zones affectées, les invasions pouvant se traduire par des abandons de cultures et des exodes ruraux;
- De lutter indirectement contre la désertification en particulier dans le cas du Criquet pèlerin, par le maintien d'activités agricoles ou pastorales et par l'existence du réseau de veille acridienne, permettant tout à la fois de localiser les zones propices aux pullulations et de contribuer plus généralement à la surveillance des conditions écologiques et la connaissance des zones désertiques fréquentées par ce criquet;
- D'optimiser l'utilisation des insecticides pour limiter les quantités utilisées et les superficies affectées et, dans le cadre d'une gestion de type lutte intégrée, d'offrir, une place aux récents insecticides biologiques, agissant lentement et peu utilisables en lutte curative dans des situations d'urgence;
- De maintenir les compétences techniques nécessaires au niveau des États et de diminuer leur dépendance vis-à-vis des pays donateurs qui n'interviennent malheureusement le plus souvent que dans l'urgence (LECOQ, 2004).

I.7.2.- Lutte écologique

La lutte écologique consiste à modifier l'environnement au désavantage de l'acridien. Parmi les méthodes utilisées, se retrouvent:

- L'inondation temporaire de certains sites de reproduction;
- Le labourage des clairières;
- Le reforestation des clairières;
- Les semis des plantes répulsives;
- La suppression des jachères.

L'inconvénient de cette forme de lutte réside dans la difficulté de son application sur de vastes surfaces (DURANTON et *al.* ,1987).

I.7.3.- Lutte physique

Les procédés de lutte physique contre les acridiens sont plus anciens et visent à éliminer physiquement les œufs, les larves et les ailes (VAYSSIERE, 1929). Selon LANUNOIS-LUONG et *al.* (1988), la lutte physique comprend deux méthodes:

- La lutte mécanique qui vise la destruction des œufs par labourage, des larves et des ailés par battage, le ramassage et l'écrasement à l'aube quand les insectes sont encore peu actifs;
- La lutte thermique s'effectue à trois niveaux:
 - . Rabattre les larves vers des cordons d'herbes sèches enflammées;
 - . Utiliser des lances flammes sur des terrains pierreux dépourvus de végétation;
 - . Brûler à l'aube avant la reprise d'activité des criquets, les touffes d'herbes où ils se réfugient la nuit pour se protéger du froid.

I.7.4.- Lutte chimique

Les pesticides chimiques sont largement utilisés pour lutter contre les invasions et les pullulations acridiennes. En effet, la lutte chimique fait appel à un arsenal très diversifié aussi bien par:

- Sa nature: Organochlorés, Organophosphorés, Carbamates, Pyréthrinoides, Dérégulateurs de croissance;
- Sa présentation: poudre, gaz, suspension huileuse;
- Que par les moyens d'épandage: manuels, motorisés terrestres ou aériens (RACHADI, 1991 et MOUMEN, 1995).

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 (LANUNOIS-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 durant la campagne de lutte antiacridienne 2003-2005 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), dont les plus utilisés sont : le Chlorpyrifos, le Malathion, le Fénéthion et 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 statut 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 en 1997-1999). Elles posent de nombreux problèmes environnementaux et sont de plus en plus critiquées 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 pour 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 (MAHJOUR, 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.*, 2007a). 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. Cependant, l'arsenal chimique utilisé en lutte antiacridienne est très diversifié (OULD EL HADJ et *al.*, 2007a).

I.7.5.- Lutte biologique

La lutte biologique désigne l'utilisation d'ennemis naturels des organismes nuisibles pour leur contrôle. Cette définition offre deux options selon la nature de l'agent biocide répresseur utilisé; l'exploitation de biocides inertes (toxines dérivées de micro-organismes) et l'exploitation de biocides autonomes entomophages microbiens (champignons, virus, bactéries, protozoaires) ou animaux (prédateurs, parasitoïdes et parasites). Le concept de lutte biologique a subi une évolution au cours du temps et intègre dans sa définition actuelle toutes les formes non chimiques de contrôle des ravageurs des récoltes et des mauvaises herbes. Cette définition extensible permet d'intégrer à l'utilisation des biocides autonomes ou inertes, les méthodes culturales, la résistance variétale, les phéromones et juvénoides, les méthodes physiques de lutte et les insecticides botaniques (DE KOUASSI, 2001). La lutte biologique s'exerce principalement contre les insectes nuisibles, elle peut utiliser les méthodes suivantes:

- Lâcher des insectes parasites ou prédateurs;
- Utilisation des agents pathogènes: bactéries, champignons, virus, etc.;
- Emploi des méthodes génétiques;
- Méthodes culturales ou sélection des variétés résistantes (VINCENT et CODERRE, 1992 ; KEVAN, 1992).

La lutte biologique contre les acridiens s'exerce principalement par l'utilisation de leurs ennemis naturels parasites, prédateurs et agents pathogènes (GREATHEAD et *al.* ,1994 ; KEVAN ,1992). Certaines plantes possèdent des propriétés acridifuges ou acridicides (LOMER et PRIOR, 1992).

I.7.5.1.- Parasites et parasitoïdes

Les organismes vivants qui dépendent une partie ou la totalité de leur vie, s'alimentent aux dépens d'un autre organisme (son hôte), sans entraîner forcément sa mort, à court terme sont des parasites. Un parasitoïde est un organisme vivant qui vit au dépend d'un autre organisme vivant (hôte) et qui le tue à la fin de son développement (BALANÇA et DE VISSCHER, 1992). Les larves et les imagos des acridiens sont l'hôte de certains organismes parasites, en particulier des mouches tels que: Tachinidae, Nemestrinidae, Sarcophagidae; des Nématodes de la famille de Nermithideas (GREATHEA et *al.* ,1994); et des

acariens ectoparasites sont souvent observés sur les criquets en Algérie, en citant l'espèce *Trombidium parasitica* Lae. (Actinedida- Trombidiidae) (DOUMANDJI et DOUMANDJI- MITICHE, 1994). Les oothèques, les larves ainsi que les imagos des acridiens sont des hôtes de certains organismes parasites et parasitoïdes. UVAROV mentionne l'existence des parasitoïdes sur les oothèques du Criquet pèlerin, il s'agit des Diptères calliphorides, tels que *Stomorhina lunata* et *Oophagomyia plotnikovi* (LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG, 1997). GREATHEAD et al. (1994), signalent des mouches de la famille de Tachinidae, Nemestrinidae, Sarcophagidae et des nématodes de la famille de Nermithidae comme parasites majeurs des larves et ailés des acridiens. QUENTIN et SEUREAU (1975) note *Seuratum cadarachense* (Desportes, 1947) (Nematoda-Seuratoidea), comme parasite de tube digestif de *Locusta migratoria* (Linnée, 1758).

En Algérie, des acariens ectoparasites sont observés sur les acridiens. Ils appartiennent à l'espèce *Trombidium parasitica* Lae. (Actinedida- Trombidiidae). Des mouches sont aussi observées sur le Criquet pèlerin. Il s'agit de l'espèce *Stomorhina lunata* (Tachinidae) et *Chortophila cana* (Anthmyidae) (DOUMANDJI et DOUMANDJI- MITICHE, 1994).

I.7.5.2.- Prédateurs

Les prédateurs désignent des organismes qui se nourrissent d'autres organismes vivants (BALANÇA et DE VISSCHER, 1992). Les acridiens font partie du régime alimentaire de plusieurs organismes vivants vertébrés et invertébrés.

- Invertébrés: GREATHEAD et al. (1994) mentionnent les scorpions, les punaises, les mouches, les galéodes, les mantes et les guêpes parmi les prédateurs des larves et des imagos. DOUMANDJI et DOUMANDJI-MITICHE (1994) énumèrent un certain nombre d'invertébrés prédateurs des acridiens en Algérie dont des scorpions (*Androctonus mauritanicus*, *A. australis*, *A. amoureuxi*, *Buthus occitanus*; (Scorpionida-Buthidae), *Scorpio maurus* (Scorpionida-Chactidae) ennemis potentiels de *S. gregaria* au Sahara. Dans la région d'Adrar KARA (1997) mentionne des Solifuges comme *Galeodes arabes* (Koch, 1842) (Solpygida-Galeodidae), *Rivetina fasciata* (Thunberg, 1815), *Mantis religiosa* (Linnée, 1758), *Sphodromantis viridis* (Forskål, 1775), *Mantis religiosa* et *Empusa pennata* (Thunberg, 1815) (Mantoptera- Mantidae).

- Vertébrés: Des batraciens, des reptiles, des oiseaux et des mammifères s'attaquent aux criquets (DOUMANDJI et DOUMANDJI-MITICHE, 1994). Cependant, les oiseaux sont très probablement les prédateurs vertébrés les plus importants des populations des acridiens grégaires. Ils peuvent exploiter cette source de nourriture sur de grandes surfaces. Ils suivent les criquets dans leurs déplacements (GREATHEAD et *al.*, 1994). Au Sénégal, lors de l'invasion acridienne de 1988-1989, BAILLON (1992) recense 33 espèces d'oiseaux consommateurs du Criquet pèlerin, citant en tête, respectivement la Tourterelle maillée (*Streptopelia senegalensis*), l'Emerauldine à bec noir (*Turtur abyssinicus*), le chevalier gambette (*Tringa tatanus*), le Tournepierre à collier (*Arenaria interpres*), l'Aigle ravisseur (*Aquila rapax*), et le Petit barbu à front jaune (*Pogoniulus chrysoconus*).

1.7.5.3.- Agents pathogènes

Les agents pathogènes sont des organismes provoquant des maladies. Ils semblent offrir de meilleures perspectives en lutte biologique, en particulier ceux qui peuvent être formulés pour être épandus comme bio-pesticides (GRETHEAD et *al.*, 1994). Des protozoaires, des bactéries, des rickettsies, des virus et des champignons peuvent affecter les acridiens (KEVAN, 1992). PAPPILON et CESSIEX (ZERGOUN, 1994) notent la présence d'une amibe *Malaneba locustae* (Microsporidia- Nosematidae) dans le tube de Malpighi du Criquet pèlerin provoquant une atrophie du corps et un ralentissement de l'activité ovarienne. Certaines bactéries peuvent provoquer des épizooties sur les larves et les imagos de cet acridien. Les bactéries *Coccobacillus acridiorum* et *Micrococcus acridicida* sont signalées par LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992) comme parasites des larves, ainsi que des bactéries du genre *Bacillus*. STCHERBINOVSKY rapporte que deux bactéries sont susceptibles de tuer le Criquet pèlerin. Il s'agit de l'espèce *Serratia marcescens* (Bizio, 1823) (Enterobacterales, Enterobacteriaceae) et *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter, 1872) (Pseudomonadales- Pseudomonadaceae) (LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG, 1997). *Coccobacillus acridiorum* (Herelle, 1911, 1914) et *Micrococcus acridicida* (Cohn, 1872) (Actinomycetales- Micrococcaceae) sont connus parasites des larves (LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG, 1992). Toutefois, les organismes les plus prometteurs sont des champignons susceptibles d'être cultivés sur des milieux artificiels sans qu'il soit nécessaire de recourir à des hôtes biologiques (GREATHEAD et *al.*, 1994), En effet, UVAROV a observé le

champignon *Fusarium acridiorum* sur les imagos du Criquet pèlerin en Algérie (LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG, 1997). DOUMANDJI et DOUMANDJI-MITICHE (1994) citent *Metarhizium anisopliae*, *M. flooviride*, *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina); trois champignons qui peuvent infecter les acridiens. Un mycopesticide obtenu à partir de spores *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* Isolat FI-985 appelé Green Guard a montré une efficacité particulière contre le Criquet migrateur oriental *Locusta migratoria manilensis* (R & F, 1850) (Orthoptera, Oedipodinae) en Australie où une préparation d'une dose faible à modérée de 25 à 50g/ha entraîne un taux de mortalité de 76 à 97% dans un délai de huit à onze jours (HUNTER, 2007).

I.7.5.4.- Plantes acridifuges ou acridicides

Est qualifiée d'acridifuge, une plante ou une substance (naturelle ou artificielle) qui éloigne les criquets; et d'acridicide, une substance naturelle ou artificielle qui tue les criquets (BALANÇA et DE VISSCHER, 1992). A cet effet, une prise au sérieux des problèmes d'environnement et d'écologie, a incité les organismes et les institutions de recherche à s'orienter vers la lutte biologique sous ses diverses formes pour lutter contre les criquets essaimants. L'une de ses formes fait appel à l'utilisation de ses substances acridicides, acridifuges ou antiappétantes contenues dans les plantes pour protéger les cultures (PASQUIER et GERBINOT, 1945). L'usage des composés secondaires des plantes dans la lutte contre les organismes nuisibles n'est pas nouvelle, beaucoup de travaux ont montré la possibilité d'utiliser les substances insecticides ou antiappétantes contenues dans les végétaux en lutte biologique contre les insectes nuisibles (PASQUIER et GERBINOT, 1945; AWAD et al., 1997; BERBOUCHE et al., 2001; OULD AHMEDOU et al., 2001; ABBASSI et al., 2003a,b; KIENDREBEOGO et al., 2006; SEYE et al., 2006; ASAWALAM et al., 2006; OULD EL HADJ et al., 2006). Une liste d'espèces végétales connues par leurs effets nocifs sur les acridiens et en particulier sur le Criquet pèlerin est consignée dans le tableau 1. Des substances toxiques sont isolées des végétaux de familles botaniques différentes mais surtout celles des Astéracées, 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 sont mortelles (PHILOGENE, 1991). Plusieurs espèces végétales sont investies pour leur action acridicide pour une éventuelle utilisation dans la lutte contre les phytophages. Le Milia, le neem, le Harmel, l'eucalyptus, le pommier de sodome, etc. sont les plus étudiés. Le margousier ou le neem (*Azadirachta indica*, 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 /m²) 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 (PAN, 2006). 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 protégerait de l'attaque des criquets qui survolaient les cultures sans s'y poser. Une application d'une solution de 1% d'extrait de neem sur des cultures d'haricot espacée de 15 jours les protège pendant au moins 25 jours des attaques des criquets (PAN, 2006).

Dans le même contexte, les travaux menés sur le harmal *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae), ont révélé que l'extrait de feuilles de cette plante provoque des effets nocifs sur les juvéniles et sur les ailés de *Schistocerca gregaria*. Il engendre la diminution de la prise de nourriture, la perte de poids, le retard de la maturité sexuelle des femelles, la réduction de la fécondité des femelles et du taux d'éclosion (ABBASSI et al., 2003a). Alors que l'extrait des alcaloïdes des feuilles de pommier de Sodome *Calotropis procera* L.

Tableau 1- Liste de quelques plantes acridifuges ou acridicides et leurs effets sur *S. gregaria* (ABBASSI et al., 2003a)

Groupe	Famille	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Action
D I C O T Y L E D O N E S	Méliaceae	<i>Melia azerdarach</i> L.	Mélia	Répulsif et toxique
		<i>Melia volkensis</i> Gurke	Mélia	Répulsif et toxique
		<i>Azadirachta indica</i> Juss.	Neem	Répulsif, toxique, antiappétant
	Oléaceae	<i>Olea europea</i> L.	Olivier	Répulsif (L ₁ et L ₂), stérilité des femelles, mue anormale
	Rutaceae	<i>Citrus aurantium</i> L.	Bigaradier	Retarde la ponte fécondité réduite
	Anacardiaceae	<i>Schimus molle</i> L.	Faux poivrier	Stérilité chez les femelles; mue réduite
	Rutaceae	<i>Cestrum parquü</i> L.	Cestreau	Toxique
	Anacardiaceae	<i>Schimus molle</i> L.	Faux poivrier	Stérilité chez les femelles; mue réduite
		<i>Cestrum parquü</i> L.	Cestreau	Toxique
	Asteraceae	<i>Inule viscosa</i> L.	Inule visqueuse	Anti-appétant
	Apocynaceae	<i>Nerium oleander</i> L.	Laurier rose	Toxique
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> L.	Eucalyptus	Anti-appétant
		<i>E. occidentalis</i> L.	Eucalyptus	Toxique
	Fabaceae	<i>Quercus suber</i> L.	Chêne liège	Toxique
Cucurbitaceae	<i>Citrillus colocynthis</i> Schrad.	Hadja ou Coloquinte	Toxique	
Aizoaceae	<i>Glinus lotoides</i> L.	Glinus faux lotus	Répulsif toxique	
Asclepiadaceae	<i>Calotropis procera</i> Aiton.	Pommier de Sodome	Anti-appétant, toxique et anti-fertilisant	
Zygophyllaceae	<i>Peganum harmala</i> L.	Harmel	Fécondité réduite, Retard de la maturité sexuelle	
	<i>Zygophyllum gaetulum</i> Emb. et Maire Juby.	-	toxique et Antifertilisant	
MONO COTYL EDONE	Liliaceae	<i>Scilla maritima</i> L.	Scille maritime	Répulsif

(Asclepiadaceae) en végétation dont les plus importants: Le calotropine, de l'uscharine, la calotoxine, des résinols, de la gigantine, etc..., entraîne une baisse de la prise de nourriture, du poids et une perte d'eau chez les juvéniles et chez les ailés de *S. gregaria*. Un taux de mortalité de 100% chez les juvéniles, est atteint au bout de 15 jours après le traitement. Il provoque chez les imagos un blocage de développement ovarien en prévitellogenèse chez les femelles et une absence de maturité sexuelle chez les mâles, avec la réduction de l'activité motrice chez les imagos de deux sexes (ABBASSI et *al.*, 2004).

I.7.6.- Lutte intégrée

L'utilisation harmonieuse de plusieurs méthodes de lutte (chimique, culturale, biologique, mécanique), en tenant compte des espèces concernées et de leur stade de développement, de la saison et des caractéristiques des milieux pour enrayer le développement d'un ravageur tout en préservant l'environnement, désigne une lutte intégrée (BALANÇA et DEVISSCHER, 1992). La lutte intégrée contre les acridiens s'effectue essentiellement par la surveillance permanente des conditions climatiques. C'est la surveillance continue des populations acridiennes dans les aires grégarigènes et la lutte contre toutes les pullulations, en utilisant des pesticides chimiques et régulateurs de croissance ou bien par des biopesticides. Elle doit empêcher que les effectifs des criquets n'atteignent le niveau critique de densité, et enrayer le processus de grégarisation conduisant à une invasion. Elle se veut de freiner la dynamique de grégarisation. Une fois la grégarisation déclenchée, il est difficile de l'enrayer même avec des opérations intensives de lutte curative. Les coûts récurrents de la prévention sont faibles, peuvent être ainsi plus facilement supportables par les états concernés. Elle s'avère efficace dans le cadre d'une stratégie durable et réussie de lutte contre les pullulations acridiennes (LECOQ, 2004 et PAN, 2006). Dans le cadre de recherche des éventuelles approches de lutte contre les périls acridiens, l'orientation est vers l'étude des propriétés de phéromones d'agrégation (PAN: Phénylacétonitrile) et la possibilité de leur introduction seul ou bien en association avec certains pesticides de synthèse ou bien avec des bio-insecticides dans le cadre d'une stratégie de lutte intégrée contre les acridiens (HASSANALI, 2007; FAO, 2007).

I.8.- Systèmes élémentaires des acridiens

Comme tout organisme vivant, l'acridien doit se nourrir et se reproduire pour assurer la pérennité de l'espèce. Il doit se procurer de son environnement les nutriments et l'énergie nécessaire à son développement et à sa reproduction. Leur vie fait intervenir de nombreuses activités, dont les plus importantes: l'activité alimentaire, respiratoire, excrétoire et la fonction de reproduction. Ces activités sont coordonnées par plusieurs systèmes de régulation: le système nerveux, le système endocrinien, les systèmes respiratoire et circulatoire.

I.8.1.- Système nerveux

Le système nerveux sert à commander les muscles, les viscères, et assure, grâce au comportement, le maintien de l'individu dans des conditions optimales pour l'espèce. Il contient trois parties: le système nerveux central, le système sympathique, le système périphérique (RACCAUD-SCHOELLER, 1980).

I.8.1.1.- Système nerveux central

Il comporte en fait un cerveau dorsal et une chaîne nerveuse ventrale. Le cerveau résulte de la fusion de trois ganglions: le protocérébron, le deutocérébron et le tritocérébron (RACCAUD-SCHOELLER, 1980).

I.8.1.1.1.- Protocérébron

Elle est la partie du cerveau la plus volumineuse et la plus complexe. Le protocérébron est en liaison avec les yeux composés et les ocelles par trois nerfs, et avec le corps cardiaque ou corpora cardiaca par deux paires de nerfs, ainsi que sa partie médiane et antérieure (pars intercerebralis), assure par l'existence des cellules neurosécrétrices des rôles importants dans la physiologie des criquets (RACCAUD-SCHOELLER, 1980; GIRARDIE, 1991a).

I.8.1.1.2.- Deutocérébron

Il est composé essentiellement de deux centres antennaires d'où partent des nerfs antennaires mixtes. Les deux centres sont reliés par une commissure

(RACCAUD-SCHOELLER, 1980). Chez les criquets, le deutocérébron se relie aux antennes par une paire de nerfs antennaires (GIRARDIE, 1991a).

I.8.1.1.3.- Tritocérébron

Il est de taille réduite. Ses parties droites et gauches sont unies par une commissure sous-œsophagienne. Il envoie des nerfs vers le labre et des connectifs frontaux au ganglion frontal, appartenant au système stomatogastrique. Deux connectifs parœsophagiens relient le cerveau à la chaîne nerveuse ventrale. Typiquement, une paire de ganglions est présente dans chaque métamère thoracique et abdominal, les deux ganglions de la même paire deviennent si étroitement accolés. Chaque ganglion représente le centre moteur et sensoriel du segment correspondant, bien que chez les Orthoptères, des ramifications nerveuses se dirigent vers les muscles du segment voisin (RACCAUD-SCHOELLER, 1980). D'ailleurs GIRARDIE (1991a), affirme l'existence d'une paire de nerfs, reliant le tritocérébron aux corpora cardiaca et une paire de nerfs labrofrontal, le reliant au ganglion frontal et se prolongeant par le nerf labral.

I.8.1.1.4.- Chaîne nerveuse ventrale

Elle comprend neuf ganglions reliés par des connectifs. Le premier ganglion est situé sous l'œsophage d'où son nom de ganglion sousœsophagien. Il innerve les diverses pièces buccales par quatre paires de nerfs: une paire de nerfs innervant l'hypopharynx, une paire de nerfs mandibulaires, une paire de nerfs maxillaires et une paire de nerfs innervant le labre. Outre ces nerfs, il existe trois paires de nerfs innervant le cou. Les 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} ganglions occupent chacun trois segments thoraciques. Ils constituent les ganglions thoraciques. Ils innervent les pattes et les ailes. Le troisième ganglion thoracique est fusionné avec les trois premiers ganglions abdominaux. La chaîne se poursuit par cinq ganglions abdominaux dont le dernier est appelé ganglion génital, car il innerve l'appareil génital mâle ou femelle. De chaque ganglion thoracique ou abdominal, partent ventralement des nerfs qui innervent les tergites dorsaux et les sternites ventraux (figure 3) (GIRARDIE, 1991a).

c: cerveau, cnv: chaîne nerveuse ventrale, co: connection péri-oesophagienne, gs: ganglion sous-oesophagien, lo: lobe optique, oe: oesophage, th1-2-3: 1^{er}, 2^{eme} et 3^{eme} ganglions thoraciques.

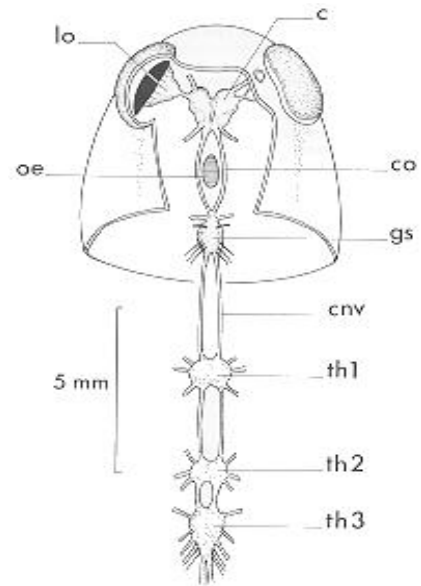


Figure 3- Schéma du système nerveux central de *L. migratoria migratorioides* en vue dorsale jusqu'au 3^{eme} ganglion thoracique (CIRAD., 2003)

I.8.1.2.- Système nerveux sympathique

Il est encore dit viscéral. Il est étroitement uni au système nerveux central. Il comporte deux ensembles indépendants.

I.8.1.2.1.- Système stomatogastrique

Il apparaît chez l'embryon comme une évagination de la paroi dorsale du stomodeum, ses évaginations acquièrent ensuite des connexions avec le cerveau. Il innerve le vaisseau cardiaque, l'intestin antérieur (stomodeum) et l'intestin moyen (mesenteron). De plus, il se lie à des glandes endocrines, situées en arrière du cerveau: les corpora allata et les corpora cardiaca. Le ganglion frontal et les nerfs récurrents font partie de ce système dorsal (RACCAUD-SCHOELLER, 1980).

I.8.1.2.2.- Système sympathique ventral

Il est formé par un nerf médian qui sort de la région postérieure de chaque ganglion et bifurque en deux nerfs transverses qui énervent les stigmates du segment correspondant. Parfois, le nerf médian se prolonge au-delà de la bifurcation jusqu'au ganglion suivant. Le système sympathique ventral énerve l'intestin postérieur (Proctodeum) et les organes reproducteurs (figure 4) (RACCAUD-SCHOELLER, 1980).

I.8.1.3- Système nerveux périphérique

Il comprend de nombreuses ramifications nerveuses, provenant de l'ensemble du corps: Les unes reçoivent des signaux de l'extérieur (fonction sensorielle) et transmettent les informations vers le système nerveux central, tandis que les autres envoient des influx vers la périphérie (fonction motrice) (figure 4) (CIRAD, 2003).

a: nerf antennaire, abd4-abd8: ganglions abdominaux, ao: aorte, ca: corpora allata, cc: corpora cardiaca, co: connectif péri-oesophagien, cp: commissures post-oesophagiennes, 1c: protocérébron, 2c: deutocérébron, 3c: tritocérébron, gc: ganglion hypo-cérébral, gf: ganglion frontal, gs: ganglion sous-oesophagien, k: nerf oesophagien externe, lo: lobe optique, nl: nerf labral, nr: nerf récurrent, nt: nerf dorso-tégumentaire, o: ocelle, oc: œil composé, th1-th3: ganglions thoraciques

A : Vue latérale du cerveau et du système nerveux stomatogastrique.

B : Vue dorsale de la chaîne nerveuse ventrale.

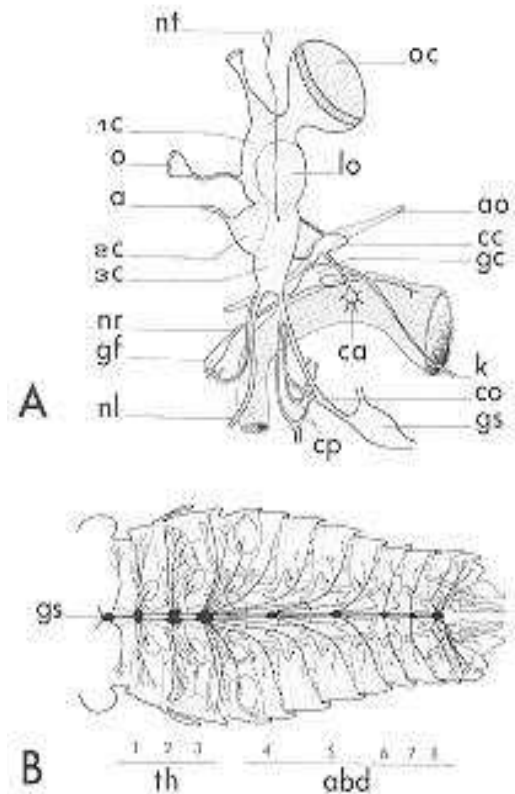


Figure 4- Système nerveux de *Locusta migratoria migratorioides* d'après (ALBRECHT in GIRARDIE, 1991a).

I.8.1.4.- Action des diverses toxines sur le système nerveux

Les insecticides du groupe des carbamates produisent leurs effets au niveau du système nerveux via l'inhibition de l'enzyme acétylcholinestérase, dont le rôle de cette enzyme étant d'hydrolyser l'acétylcholine au niveau de la fente synaptique afin d'arrêter l'influx nerveux. Les carbamates agissent par liaison réversible avec l'acétylcholinestérase, alors que les organophosphorés s'y lient de façon irréversible. Ils provoquent une inhibition irréversible de

l'acétylcholinestérase, et de ce fait un blocage de longue durée de la dégradation endogène de l'acétylcholine. L'acétylcholine s'accumule au niveau des récepteurs muscariniques (parasymphomimétiques périphériques) et nicotiques (ganglions autonomes; plaques terminales musculaires moteur) et dans les synapses cholinergiques dans le cerveau (MALBRANQUE, 2004). La nicotine n'affecte pas la conduction de l'influx nerveux dans les axones, mais une stimulation intense dans la zone synaptique. Elle peut d'ailleurs y provoquer aussi un blocage éventuel.

I.8.2.- Système endocrinien

Le système endocrinien est en étroite relation avec le système nerveux. Il joue un rôle très important dans la régulation du fonctionnement des organes et du métabolisme par l'intermédiaire de médiateurs chimiques, les hormones. Le cerveau se relie au système endocrine par de nombreux nerfs:

- Trois nerfs, reliant les deux ocelles latéraux et l'ocelle médian au protocérébron;
- Deux paires de nerfs, reliant le protocérébron aux corpora cardiaca;
- Une paire de nerfs, reliant le tritocérébron aux corpora cardiaca;
- Une paire de nerfs antennaires reliée au deutocérébron;
- Une paire de nerfs labrofrontal, reliant le tritocérébron au ganglion frontal.

L'appareil endocrine du criquet comprend tous les ganglions du système nerveux central et trois glandes céphaliques paires: les corpora cardiaca, les corpora allata et les glandes prothoraciques (figure 5) (GIRARDIE, 1991a).

I.8.2.1.- Cellules neurosécrétrices

Certains neurones ont une activité sécrétoire de glande et sont appelés cellules neurosécrétrices, présentées sous forme de deux amas cellulaires situées au sein du système nerveux central en particulier dans la pars intercerebralis. Cette dernière présente trois types de cellules A, B, et C réparties en deux amas cellulaires. Les cellules A et B, de petites tailles, occupent la majeure partie de la pars intercerebralis, formant l'amas cellulaire médiane. Les cellules C, peu nombreuses et plus grosses, (trois à quatre fois plus grosses que les cellules A et B). Elles se répartissent à la périphérie de la pars intercerebralis et le long de sa ligne médiane, présentant ainsi l'amas cellulaire latérale. Ses

deux amas de cellules neurosécrétrices médianes et latérales, produit un (ou des) facteur prothoracotrope qui stimule la sécrétion d'ecdysone (Hormone d'exuviation) responsable de l'exuviation (rejet de l'ancienne cuticule) par les glandes prothoraciques. Les sécrétions qu'elles produisent ont un effet stimulant ou dépresseur sur d'autres glandes endocrines: Les corpora allata ou sur d'autres organes tels les ovaires (GIRARDIE et GRANIER, 1973; RACCAUD-SCHOELLER, 1980; GIRARDIE, 1991b). Bien que les travaux de GIRARDI (1991a; 1991b) montrent l'effet des cellules neurosécrétrices médianes dans le métabolisme glucidolipidique, la réabsorption de l'eau par le rectum et s'oppose aux effets juvénilisantes et gonadotrope de l'hormone juvénile. Le cerveau par les cellules neurosécrétrices médianes produisent un facteur assombrissant qui peut être la dopamine responsable de la pigmentation sombre des grégaires. VAN DER KLOOT (1955 cité par GIRARDIE et *al.*, 1974) déclare que la diapause chez les insectes découle d'une inactivation des cellules neurosécrétrices médianes de la pars intercerebralis, entraînant un stockage de la neurosécrétion dans les corpora cardiaca. Chez les phasmes, le rôle des cellules neurosécrétrices de la pars intercerebralis sur la reproduction a été démontré par DUPONT-RAABE et MOUTON (THOMAS et MESNIER, 1973). La destruction de cette région modifie très peu la fécondité, lorsque les corpora cardiaca restent en place, mais elle inhibe nettement la vitellogenèse et entraîne la dégénérescence des ovocytes, quand elle est complétée par l'ablation des corpora cardiaca. En plus de leurs actions sur la vitellogenèse, les produits de sécrétions des cellules neurosécrétrices de la pars intercerebralis semblent avoir un effet sur la contraction des oviductes et sur le déclenchement de la ponte.

I.8.2.2.- Glandes rétrocébrales

Elles sont en relation avec le cerveau. Elles ont des structures et des fonctions différentes. On distingue les corpora allata, situées de part et d'autre de l'œsophage et par les corpora cardiaca, placés juste en arrière du cerveau (RACCAUD-SCHOELLER, 1980; GIRARDIE, 1991a). On distingue les corpora cardiaca situées près de l'aorte et par les corpora allata, placées plus en arrière sur la face dorsale de l'intestin intérieur (stomodeum) ou de l'œsophage (RACCAUD-SCHOELLER, 1980).

I.8.2.2.1.- Corpora cardiaca

Ce sont deux épaississements pyriformes de la paroi aortique allongés dorso-ventralement juste en arrière du cerveau. Les deux corpora cardiaca sont nettement distincts l'un de l'autre à leur extrémité dorsale. Par contre, les extrémités ventrales se rejoignent et constituent le plancher du tube aortique. Elles sont constituées de 2 parties distinctes: l'une, glandulaire dorsale constituée de cellules assez volumineuses, renfermant des vésicules de sécrétion de 300 nm de diamètre. Ces cellules présentent des prolongements ressemblant à des fibres et sont parfois considérées comme des cellules neurosécrétrices, et l'autre nerveuse ventrale, regroupant principalement les extrémités, axoniques des cellules neurosécrétrices cérébrales (GIRARDIE, 1991a). Les corpora allata influent sur la mue, le métamorphose, la maturation ovocytaire, la pigmentation, la locomotion, les mouvements péristaltiques des tubes de Malpighi et des intestins au niveau de l'intestin postérieur proctodeum. Elles ont un rôle de réservoir pour les hormones thoracotropes émises par les cellules neurosécrétrices de la pars intercerebralis (CHAUVIN, 1956; MICHEL, 1972, 1973; RACCAUD-SHCOELLER, 1980; GIRARDIE, 1991a).

I.8.2.2.- Corpora allata

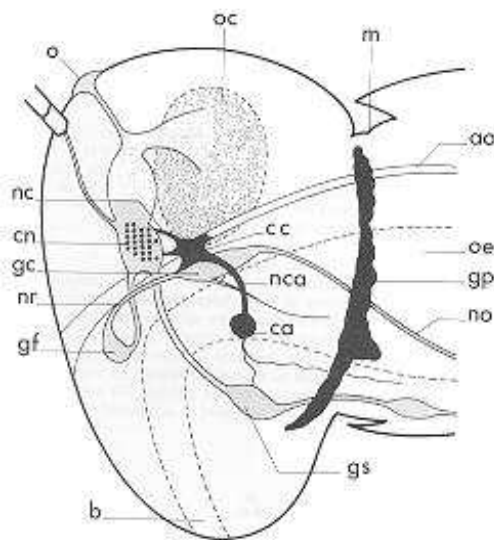
Ce sont deux petites masses fusiformes chez la larve, plus volumineuses et ellipsoïdes chez l'adulte. Elles apparaissent au cours de l'embryogenèse comme deux invaginations ectodermiques du segment maxillaire. Elles migrent ensuite dorsalement. L'amplitude de cette migration n'est pas la même chez tous les insectes, si bien qu'elles peuvent avoir une position définitive qui reste relativement ventrale. Les corpora allata sont reliées d'une part aux corpora cardiaca par un nerf allato-cardiaque, d'autre part, au tritocérébron et aux ganglions sous-oesophagiens par une innervation secondaire. Chez les acridiens grégariptes, les corpora allata produisent l'hormone juvénile responsable de l'expression des caractères larvaires, inhibent les synthèses d'ARNm responsables des caractères imaginaux, responsables de la maturation des corps gras nécessaires à la maturation sexuelle des femelles. Elles induisent par l'intermédiaire de l'hormone gonadotrope la production des phéromones mâles et stimulent l'activité des glandes accessoires mâles (production des spermatophores). Elles contrôlent le verdissement pigmentaire des solitaires ainsi que le jaunissement des grégaires mâles du Criquet migrateur et des deux

sexes du Criquet pèlerin. Elles agissent sur le rythme cardiaque (fonction myotrope). Certains caractères solitaires sont dus à une teneur plus élevée en hormone juvénile, circulant dans l'hémolymphe des solitaires, tels que: verdissement des individus, rythme cardiaque élevé, faible poids des néonates, persistance des glandes prothoraciques, un stade larvaire supplémentaire, forte fertilité, le rapport E/F3 (longueur de l'élytre / la longueur du fémur métathoracique plus faible, etc....) (CASSIER et DELORME-JOULIE, 1976; RACCAUD-SCHOELLER, 1980; GIRARDIE, 1991b). L'hormone juvénile présente un effet sur le polymorphisme phasaire (CASSIER et DELORME-JOULIE, 1976; RACCAUD-SCHOELLER, 1980; GIRARDIE, 1991b). Les corpora allata par le biais de l'hormone juvénile jouent un rôle prépondérant dans la synthèse des protéines hémolympathiques et favoriseraient ainsi leur passage dans les ovocytes au cours à la vitellogenèse (BENTZ et *al.*, 1970).

1.8.2.3.- Glandes prothoraciques (glandes de mue)

Glandes prothoraciques sont deux rubans, présentant des renflements et des rétrécissements variés, fixés par leurs extrémités dorsales sur la boîte crânienne, reposant dans leur partie moyenne sur le tentorium et ventralement sur la mandibule. Elles augmentent de taille au cours du développement larvaire et régressent chez l'adulte. Au cours de la vie larvaire, la glande de la mue a une faible activité permanente. Elle présente en plus, de façon cyclique, une suractivité sous le contrôle des cellules neurosécrétrices protocérébrales qui produisent l'hormone prothoracotrope (PTTH: Prothoracicotropic hormone) qui stimule la sécrétion d'ecdysone par les glandes prothoraciques. Chez les Criquets grégariaptés, les glandes de mue sont présentes chez les larves et adultes solitaires et même chez les larves grégaires. Elles disparaissent chez l'adulte grégaire (RACCAUD-SHCOELLER, 1980; GIRARDIE, 1991a). Les glandes de mue sécrètent l'ecdysone (α - ecdysone) qui contrôle la mue et les phénomènes de morphogenèse. La présence d'un faible taux d'hormone de mue (ecdysone) assure la croissance de certains tissus. Il stimule les synthèses d'ARNm dans l'épiderme, les disques imaginaux, les glandes salivaires ainsi que leur action particulière dans la mue qu'elle soit larvaire, nymphale ou imaginale. L'élévation importante de son taux sous l'action de l'hormone prothoracotrope stimule l'exuviation. Un premier pic d'ecdysone circulant est responsable de la crise mitotique des cellules épidermiques, conduisant à l'apolyse (décollement cuticulaire), alors que le second pic est responsable de la synthèse de la

nouvelle cuticule. Entre les deux pics il y'a une chute d'ecdysone circulant dans l'hémolymphe. Cette dernière correspond à la période de la réabsorption de liquide exuviale thoracotrope, déclenchant les phénomènes de l'exuviation (mue) (CHAUVIN, 1956; RACCAUD-SCHOELLER, 1980; HOFFMANN, 1980; GIRARDIE, 1991a). Quoique GIRARDIE (1991b) mentionne que chez les femelles adultes du Criquet migrateur, l'ecdysone ovarienne passe dans les ovocytes sous forme de conjugués. Dans l'œuf, les conjugués sont hydrolysés au cours du développement embryonnaire pour redonner de l'ecdysone responsable de la réinitiation méiotique et des mues embryonnaires, et que les glandes de mue présentent un effet sur le polymorphisme phasaire, notamment sur la pigmentation et l'activité locomotrice des grégaires.



ao : aorte, b : bouche, ca : corpora allata, cc : corpora cardiaca, cn : cellules neurosécrétrices du cerveau, gc : ganglion hypocérébral, gf : ganglion frontal, gp : glande prothoracique, gs : ganglion sous-oesophagien, m : membrane du cou, nc : nerf des corpora cardiaca, nca : nerf des corpora allata, no : nerf oesophagien externe, nr : nerf récurrent, o : ocelle, oc : œil composé, oe : œsophage.

Figure 5 - Schéma du système endocrinien de *Locusta migratoria* (LINNEE, 1758) (CIRAD, 2003)

1.8.2.4.- Action des diverses toxines sur le système endocrinien

L'intoxication des insectes par les insecticides provoque de profondes perturbations physiologiques. Celles-ci se traduisent principalement par des troubles du système nerveux central et périphérique, une perte d'eau intense, résultant d'une défécation et d'une transpiration excessive, un accroissement des rythmes respiratoires, une déperdition de divers métabolites (glucides, métabolites intermédiaires du cycle de Krebs et lipides). Certains aspects du syndrome d'empoisonnement suggèrent que l'action sur le système nerveux s'accompagne de perturbations au niveau des organes endocrines

(MORETEAU, 1991). Bien que RACCAUD-SCHOELLER (1980), prouve que certains insecticides provoquent la libération dans l'hémolymphe d'une hormone hyperglycémique chez le Criquet pèlerin, ce qui engendre des perturbations létales. D'après MORETEAU (1991), chez le Criquet migrateur, l'intoxication par le Lindane provoque des lésions cytopathologiques dans la région glandulaire et la partie nerveuse des corpora cardiaca. Dans la zone glandulaire, les saccules et vésicules golgiennes s'hypertrophient et constituent des vacuoles de tailles anormales qui envahissent le cytoplasme. L'intoxication aiguë par le lindane, tant au cinquième stade larvaire que chez les femelles en cours du premier cycle ovarien, provoque des modifications ultrastructurales dans les corpora allata. Une augmentation anormale du volume des espaces intercellulaires est observée. Chez les larves du cinquième stade dont les corpora allata sont inactifs, les espaces intercellulaires sont normalement virtuels. Ils deviennent dilatés après l'intoxication. Alors que chez les femelles adultes du Criquet migrateur où les corpora allata sont actifs, les espaces intercellulaires s'hypertrophient de façon considérable après intoxication.

L'usage des analogues et mimétiques d'hormones dans la lutte contre les insectes se traduit essentiellement par des perturbations endocriniennes. De nombreuses substances naturelles ou bien synthétiques qui plus ou moins apparentées aux hormones juvéniles et qui manifestent un important pouvoir juvénilisant. La juvabione ou Pape factor, est extrait d'un conifère *Abies balsamea* L. (Pinaceae). Elle présente un effet sur *Pyrrhocoris* spp. (Hemiptera-Pyrrhocoridae), se traduisant par l'apparition de stades larvaires surnuméraires. Certaines plantes contenant des substances ayant la même structure que les hormones de mue des insectes. Les fougères de la famille de Taxaceae et de Podocarpaceae sont particulièrement riches en phytoecdysones; certaines Angiospermes contiennent également des substances qui agissent sur le phénomène de mue (RACCAUD-SCHOELLER, 1980).

I.8.3.- Système respiratoire et circulatoire

I.8.3.1.- Système respiratoire

L'oxygène est un élément vital pour les organismes vivants. Il intervient dans le métabolisme des nutriments. Chez les insectes, il est inspiré par des organes spécialisés (trachées et stigmates) et apporté aux organes par un

réseau très dense de trachées et de trachéoles jusqu'au niveau cellulaire. Le gaz carbonique est rejeté par les mêmes voies (RACCAUD-SCHOELLER, 1980).

I.8.3.1.1- Trachées

Comme la plupart des insectes, les acridiens respirent par un système de tube d'origine ectodermique de structure spiralée, revêtues intérieurement de cuticule, renforcée de filaments élastiques spiralés, les taenidies respiratoires qui les maintiennent béantes. (DURANTON et *al.*, 1982). D'après RACCAUD-SCHOELLER (1980), le système de trachées se développe au cours de la vie embryonnaire à partir d'invaginations ectodermiques disposées métamériquement sur les côtés du corps. L'invagination s'allongeant forme une trachée stigmatique. Ces derniers s'unissent pour former de chaque côté un tronc trachéen longitudinal. Les orifices de ces invaginations deviendront des stigmates. Les gros troncs trachéens communiquent entre eux par des anastomoses transversales, puis se divisent en un réseau de trachées secondaires. Elles se terminent au niveau de minuscules cellules étoilées ou trachéoblastes qui sont à l'origine des trachéoles (WIGGLESWORTH, 1942).

I.8.3.1.2- Stigmates

Un stigmate est formé d'un seul sclérite annulaire, muni d'une valve donnant accès à une chambre appelée atrium ou vestibule sur laquelle débouchent les trachées. La valve est formée de deux lèvres sclérifiées dont l'une est mobile et l'autre fixe (WIGGLES WORTH, 1942). Les stigmates sont au nombre de dix paires, deux thoraciques et huit abdominaux. Fréquemment, un certain nombre de stigmates disparaissent ou deviennent non fonctionnels, ne subsistant que sous forme de cicatrice (RACCAUD- SCHOELLER, 1980). Les dix paires de stigmates ont des fonctions différentes. Les quatre premières servent à l'inspiration de l'air, les six autres interviennent dans l'expiration. Le mouvement de l'air peut s'inverser dans certaines conditions ambiantes (excès de gaz carbonique, par exemple). Les stigmates ne s'ouvrent que lors de la circulation de l'air pour éviter les pertes d'eau par évaporation. Dans les trachées, l'air est en légère surpression. Les mouvements respiratoires sont accélérées par :

- La compression latérale de l'abdomen et son extension ;
- Le télescopage des segments abdominaux ;

- La protraction et la rétraction de la tête;
- Les variations de la forme du thorax sous l'action des muscles des organes locomoteurs (CHAUVIN, 1956 ; RACCAUD- SCHOELLER, 1980).

L'ouverture et la fermeture des stigmates est commandée par le système nerveux central en fonction de la qualité de l'air ambiant et des besoins en oxygène. En activité, l'air rejeté contient 3 fois moins d'oxygène et 2 fois plus de gaz carbonique qu'au repos (CHAUVIN, 1956 ; RACCAUD- SCHOELLER, 1980).

I.8.3.1.3- Système de ventilation

La consommation d'oxygène en vol, atteint 400 fois celle au repos. La ventilation met en jeu les contractions des muscles de l'abdomen et du thorax. Pour *S. gregaria*, la ventilation trachéolaire se déroule de la manière suivante: l'insecte inspire pendant 1/4 de seconde par les stigmates thoraciques et par le premier et la deuxième paire abdominale. Les autres paires de stigmates (3 à 8) sont fermées. Puis, il dilate son abdomen et ferme les stigmates qui ont permis l'inspiration. Il se déroule alors une phase de compression d'une seconde où la pression interne augmente par suite des contractions musculaires. Finalement, il y a une expiration passive pendant une seconde par les stigmates 3 à 8. Au repos, le Criquet pèlerin consomme 40 ml d'air par gramme et par heure et 500 ml en vol (MILLER, 1959). D'après CHAUVIN (1956), les insectes possèdent aussi une respiration cutanée. Celle-ci couvre environ 2,5% des besoins totaux en oxygène. Pour la même espèce, la consommation de l'oxygène varie considérablement en fonction du stade, l'âge et l'état physiologique de l'individu (MOSCONI BERNARDINI et LAUDANI, 1966).

I.8.3.2.- Système circulatoire

Il est constitué d'un vaisseau dorsal principal qui s'étend de la tête jusqu'au niveau du dixième segment abdominal. La partie antérieure à la hauteur de la tête et du thorax forme l'aorte dorsale. Le cœur proprement dit possède des dilatations nommées chambres cardiaques ou ampoules pulsatiles dans chaque segment abdominal, du second au huitième segment. Il se rétrécit ensuite et est obturé au niveau du dixième segment. Chaque ampoule pulsatile a une paire d'ouverture latérale, les ostioles, munies de valvules qui drainent l'hémolymphe

(RACCAUD-SCHOELLER, 1980; WIGGLESWORTH, 1942) (Fig. 6).

I.8.3.2.1.- Cycle cardiaque et régulation du rythme cardiaque

La circulation de l'hémolymphe est assurée essentiellement par les contractions rythmiques du cœur. La fréquence ou le nombre de battement du cœur varie considérablement avec l'âge de l'animal, l'état physiologique, l'activité de l'insecte et la température (CHAPMAN, 1969; RACCAUD-SCHOELLER, 1980). Le rythme et les amplitudes des battements cardiaques sont sous le contrôle du système neuro-endocrinien. Chez le Criquet migrateur, le rythme cardiaque est diminué après allatectomie (ablation de corpora allata) et accéléré après implantation de corpora allata ou injection de l'hormone juvénile (HJ), donc cette hormone présente une fonction myotrope (GIRARDIE, 1991b).

D'après RACCAUD-SCHOELLER (1980), les valeurs obtenues pour les battements cardiaques oscillent de près zéro (pupe et insecte en diapause) à plus de 300 battements par minute chez *Calliphora* spp. (Diptera- Calliphoridae). Elles sont de l'ordre de 40 à 50 battements par minute chez les imagos de *Sphinx ligustri* L. (Lipédoptera- Sphingidae) au repos et de 110 à 140 battements par minute en période d'activité.

I.8.3.2.2.- Hémolymphe

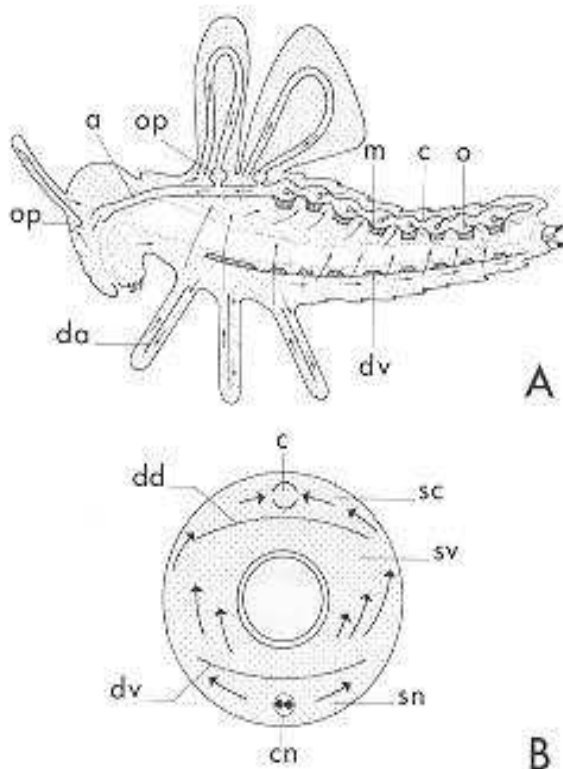
L'hémolymphe est un liquide extracellulaire circulant dans le corps des insectes. Il est de couleur généralement blanchâtre, jaune ou vert; l'hémolymphe peut représenter plus de 50% du poids total de l'acridien. Il n'est pas entièrement canalisé dans les vaisseaux comme chez les Vertébrés. Il remplit la cavité générale du corps (hémocoèle) et la lumière centrale des appendices. Son débit est assuré par les pressions engendrées par les mouvements du corps et les effets du vaisseau dorsal pulsatile, appelé "cœur" (DURANTON et *al.*, 1982).

L'hémolymphe ne sert pratiquement pas aux échanges gazeux. Elle transporte des substances chimiques nutritives ou porteuses d'informations (RACCAUD-SCHOELLER, 1980). Le sang ou hémolymphe est formé de plasma et de cellules ou hémocytes. Le plasma est un mélange d'eau, de protéines, de glucides et d'acide urique. Il contient quelques éléments non organiques tels que le potassium, le sodium, le manganèse, le chlore, le zinc, le phosphore, le

calcium, etc.... Sa densité est de 1,02 à 1,03 g/ml. Chez *Anacridium aegyptium* (LINNE, 1764) (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae), la pression osmotique est de l'ordre de 11,5 atmosphère, alors qu'elle est de 9,2 atmosphère chez *Locusta viridissima* (Orthoptera, Oedipodinae) (CHAUVIN, 1956).

Les hémocytes sont les principales cellules en suspension dans le plasma, s'y ajoutent quelques cellules adipeuses et des débris tissulaires. Leur densité varie de 15000 à 60000 hémocytes par cm^3 chez *Periplaneta americana* (LINNE, 1758) (Dictyoptère- Blattidae) et il va de 15000 à 275000 hémocytes par cm^3 chez *Gryllus assimilis* (Orthoptera- Gryllidae) (WIGGLESWORTH, 1942; RACCAUD-SCHOELLER, 1980).

L'hémolymphe présente diverses fonctions dont les principales sont le: transport des nutriments et des hormones, le maintien de la turgescence de l'acridien, la défense contre les infections ou certains parasites internes, cicatrisante et réparatrice en cas de lésions. D'ailleurs, les hémocytes interviennent dans le métabolisme des phénols en particulier dans le phénomène de la sclérotinisation et de mélanisation de la cuticule (WIGGLESWORTH, 1942; CHAUVIN, 1956; RACCAUD-SCHOELLER, 1980).



a: aorte, c: coeur, cn: chaîne nerveuse, da: diaphragme des appendices, dd: diaphragme dorsal, dv: diaphragme ventral, m: muscles aliformes, o: ostiole, op: organe pulsatile, sc: sinus péricardique, sn: sinus périneural, sv: sinus péviscéral.

Les flèches indiquent le sens de la circulation de l'hémolymphe.

A: Vue générale en coupe longitudinale

B: Coupe transversale dans l'abdomen

Figure 6 - Schéma de l'appareil circulatoire d'un acridien d'après (BROCHER in CIRAD, 2003)

I.8.3.2.3.- Action des diverses toxines sur le système circulatoire et respiration

Chez *periplaneta americana* L., l'ajout de la nicotine à moyenne concentration au liquide de perfusion cause une stimulation puis dépression, alors qu'aux fortes concentrations, il engendre une stimulation suivie de paralysie complète. Aux fortes concentrations, la nicotine arrête le cœur en systole chez l'adulte et en diastole chez la larve (CHAUVIN, 1956). Alors que l'extrait de neem *Azadirachta indica* Juss. (Miliaceae) agit efficacement sur l'hémogramme (diminution du nombre et de taux de cellules hémolympatique) de *Locsta migratoria migratorioides* (R & F, 1850) et *Locsta migratoria migratoria* (LINNEE, 1758). Il engendre une baisse de la teneur en protéines hémolympatiques (MOUSSA, 2003).

En 1895, Geoffrey a isolé de la racine de *Derris elliptica* L. (Fabaceae) et de *Lonchocarpus nicou* (Aublet). (Fabaceae) une toxine respiratoire dite la roténone, un flavonoïde très toxique sur les insectes. Leur toxicité est liée à l'inhibition de l'oxydation mitochondriale par le blocage de transfert d'électrons entre le NAD et le co-enzyme Q. La roténone stoppe la respiration et l'activité cardiaque, de ce fait les insectes sont paralysés progressivement (CLEMENT, sd.; LOUIS, 2004). Un autre composé très toxique sur nombreux arthropodes est la saponine, un triterpène très répandus dans les Monocotylédones, ce composé s'avère toxique et antiappétant pour de nombreuses insectes, leur toxicité serait due à la liaison avec les stérols libres du tube digestif, elles réduisent ainsi le taux d'assimilation des ces stérols dans l'hémolymphe ce qui interfère avec le processus de mue (LOUIS, 2004). Bien que MORETEAU et CHAMINADE (1983) ont observé un accroissement des échanges respiratoires, une perte d'eau intense et une diminution de la teneur en glucides dans l'hémolymphe de *Locusta migratoria* L. (Orthoptera- Acrididae), traités par divers insecticides de synthèse.

Chapitre II- Méthodologie de travail

Chapitre II- Méthodologie de travail

2.1.- Principe adopté

Les végétaux font un usage constant de la lumière pour croître et se développer. Certaines espèces ont poussé 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). D'après FEENY (1975), il existe deux catégories de composés secondaires des plantes:

- Des composés à valeurs quantitatives agissant selon leurs concentrations, on cite les tannins, se sont des substances phénoliques qui ont 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.

A cet effet, la présente étude recherche à partir d'extraits bruts et des huiles essentielles isolées au niveau de la partie aérienne de certaines espèces végétales 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 des plantes traitées par les extraits bruts, de croissance pondérale, de développement ovarien, mais aussi leurs actions sur la mue chez ce locuste du désert.

2.2.- Matériel d'étude

2.2.1.- Matériel biologique

Le matériel biologique se compose de larves du 5^{ème} stade (L₅) et d'imagos 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 et des plantes spontanées du Sahara Septentrional Est

algérien connues pour leur qualité acridifuge ou acridicide.

2.2.1.1.- Choix des plantes

La capacité que possèdent les plantes de se protéger a été réexaminée en détail depuis le début du siècle 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 puisque 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). A cet effet, en se basant sur la liste des plantes appréciées ou délaissées par les acridiens proposé par RUNGS (1945), et suite à des observations sur terrain, une liste des plantes épargnées par le Criquet pèlerin au Sahara septentrional Est Algérien durant la dernière invasion acridienne de 2003 à 2006, est dressée. Les différentes espèces végétales retenues sont consignées dans le tableau 2.

Tableau 2- Liste des espèces végétales retenues épargnées par le Criquet du désert au Sahara septentrional Est algérien

Groupes	Familles	Noms scientifiques	Noms vernaculaires
Gnetopsida	Ephedraceae	<i>Ephedra alata</i> (Stapf.)	Alenda
	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia guyoniana</i> (Boiss. & Reut.)	Oum el Lebina
DI	Zygophyllaceae	<i>Peganum harmala</i> L.	El harmel
CO	Rhamnaceae	<i>Zizyphus lotus</i> (L.) Desf.	Sedra
TY		<i>Colocynthis vulgaris</i> (L.) Schard. ou	
LE	Cucurbitaceae	<i>Citrullus colocynthis</i> (Schard).	Hadja
DO			
NES	Capparidaceae	<i>Cleome arabica</i> L.	Netil

2.2.1.1.1.- *Ephedra alata* (Stapf.)

2.2.1.1.1.1.- Position systématique

Embranchement	: Spermaphyte
Sous embranchement:	Gymnosperme
Classe	: Gnetopsida
Ordre	: Ephedrales
Famille	: Ephedraceae
Genre	: <i>Ephedra</i>
Espèce	: <i>Ephedra alata</i> (Stapf.) (OZENDA, 1991)

2.2.1.1.1.2.- Description botanique

Arbuste de 1 à 3 mètres de haut, à rameaux articulés et très ramifiés d'une couleur vert-jaunâtre, portant au niveau des nœuds de petites feuilles opposées, alternant d'un nœud à l'autre. Les rameaux inférieurs émettent de longs stolons. Plante à racines rampantes, horizontales, elle présente des fleurs en petits cônes blanchâtres, dioïques (fleurs mâles et femelles sur des pieds différents) et un fruit entouré de bractées largement membraneuses (Photo 5) (GUBB, 1913; OZENDA, 1991).

2.2.1.1.1.3.- Répartition géographique

Commune dans le Sahara du Maroc à la Libye jusqu'à l'Égypte et l'Arabie. En Algérie, *E. alata* se trouve dans le Sahara septentrional et occidental au niveau des terrains sableux, des regs et les lits sablonneux des oueds. Il est même observé dans le sable de l'étage tropical et le Hamada de Tinghert (MAIRE, 1933; OZENDA, 1991).

2.2.1.1.1.4.- Intérêts socioéconomiques

Le genre *Ephedra* est utilisé en pharmacopée traditionnelle dans de nombreuses régions et les propriétés pharmacologiques de certaines espèces sont très diverses. *E. sinica* est employé dans certaines pharmacopées traditionnelles en Afrique et en Amérique du Sud-Ouest pour traiter divers symptômes du froid, d'allergie, de fièvres, soulage les douleurs et les

inflammations, et traite le rhumatisme (YAMADA et al., 2008). *E. nevadensis*, *E. trifurca*, *E. geradina*, et *E. sinica* sont prescrits pour le traitement des asthmes, bronchites et d'arthrites (WANG et al., 2006). *E. alata* est une plante vivace très appréciée par le dromadaire. En pharmacopée, *Ephedra alata* s'utilise en tisane contre la grippe, la coqueluche et la faiblesse générale et sous forme de goutte nasale contre les rhums (CHEHMA, 2006). Les espèces végétales du genre *Ephedra* notamment *Ephedra alata* contiennent deux alcaloïdes, l'éphédrine et la pseudo-éphédrine. Leur teneur en alcaloïdes totaux varie de 0,7 à plus de 2,5%. *Ephedra alata* donne surtout de l'éphédrine dont la formule est proche de celle de l'adrénaline chez l'homme (CHOPRA et al., 1960). Bien que PHINNEY et al. (2005) note la présence de six alcaloïdes dont éphédrine, pseudo-éphédrine, N-méthyléphédrine, N-méthylpseudo-éphédrine, noréphédrine, et norpseudo-éphédrine. Cependant, les effets hypertenseurs et vasoconstricteurs de l'éphédrine, sont moins rapides et moins puissants, mais plus durables et plus stable dans les conditions du métabolisme contrairement à l'adrénaline (CHOPRA et al., 1960).

2.2.1.1.2.- *Euphorbia guyoniana* (Boiss. & Reut.)

2.2.1.1.2.1.- Position systématique

Embranchement	: Spermaphyte
Sous embranchement:	Angiosperme
Classe	: Dicotylédones
Sous classe	: Rosidea
Ordre	: Euphorbiales
Famille	: Euphorbiaceae
Genre	: <i>Euphorbia</i>
Espèce	: <i>Euphorbia guyoniana</i> (Boiss. & Reut.) (OZENDA, 1991)

2.2.1.1.2.2.- Description botanique

Plante vivace à système racinaire très développer pénétrant profondément dans le sol et développe des tiges dressées et très ramifiées partant de la base de 30 à 100 cm de haut, portant des feuilles étroites, très peu nombreuses ou absentes surtout sur les rameaux fleuris. Elle fleurit en janvier-février. Elle présente des fleurs de taille réduite, appelées cyathes. Elles sont de couleur



Photo 5 - *Ephedra alata* (Stapf.) en végétation
(Oued N'sa "Février 2008") (Originale)



Photo 6 - *Euphorbia guyoniana* (Boiss. & Reut.) au stade floraison
(Oued Mzab "Mars 2008") (Originale)

jaunâtre (Photo 6). Les tiges et les feuilles laissent échappés un latex très âcre lorsqu'elles se cassent (GUBB, 1913; OZENDA, 1991).

2.2.1.1.2.3.- Répartition géographique

C'est une espèce 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 elle a été répertoriée également dans le sable de l'étage tropical (MAIRE, 1933; OZENDA, 1991).

2.2.1.1.2.4.- Intérêts socioéconomiques

Dans la médecine traditionnelle, les Euphorbiaceae sont utilisés dans de nombreuses régions du monde dans le traitement de nombreuses affections telles que les maladies gastro-intestinales. Ces espèces possèdent également 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 s'utilisent comme antihelminthiques, hémostatiques, purgatifs et contraceptifs (MAMPANE et *al.*, 1987). Ils sont également utilisés dans le traitement du paludisme, des rhumatismes, des inflammations et dans le traitement de la syphilis (CHABRA et *al.*, 1990). Un grand nombre 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 *Euphobia* présente une importance particulière. Plusieurs espèces présentent 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 emétique et comme laxatif (STEINMETZ, 1954). *Euphorbia guyoniana* est utilisée en pharmacopée contre les morsures des serpents, bien qu'elle est toxique, elle est à éviter en pâturage pour les animaux d'élevages (CHEHMA, 2006). 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.

2.2.1.1.3.- *Peganum harmala* L.

2.2.1.1.3.1.- 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).

2.2.1.1.3.2.- Description botanique

Plante herbacée vivace, à tiges ordinairement peu rameuses, de 30 à 90 cm de haut, à entrenœuds assez courts, densément feuillés, à feuilles allongées et irrégulièrement divisées en multiples lanières très fines pouvant atteindre 5x5 cm, les feuilles supérieurs ne dépassent pas 1,5 mm de largeur. Elle 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 atténué en style. Les fruits sont des petites capsules sphériques déprimées au sommet renfermant des graines noires (Photo 7) (MAIRE, 1933; CHOPRA et *al.*, 1960; OZENDA, 1991).

2.2.1.1.3.3.- Répartition géographique

Cette plante 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).

2.2.1.1.3.4.- Intérêts socioéconomiques

Elle est utilisée par les populations locales en fumigation pour dissiper les troubles provoqués par le mauvais œil, 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, CHEHMA, 2006).

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). En effet, l'extrait des feuilles de *P. harmala* entraîne chez le Criquet pèlerin 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., 2003b).

2.2.1.1.4.- *Zizyphus lotus* (L) Desf.

2.2.1.1.4.1.- Position systématique

Embranchement	: Spermatophytes
Sous embranchement	: Angiospermes
Classe	: Dicotylédones
Sous classe	: Rosidae
Ordre	: Rhamnales
Famille	: Rhamnaceae
Genre	: <i>Zizyphus</i>
Espèce	: <i>Zizyphus lotus</i> (L) Desf. (OZENDA, 1991)

2.2.1.1.4.2.- Description botanique

Zizyphus lotus est un arbuste épineux très ramifié, pouvant atteindre de 2 à 4 m de haut, des tiges à longs rameaux flexueux en zigzag, de couleur blanc grisâtre. Les feuilles simples presque glabres ne portant que quelques poils sur les nervures de la face inférieure, de couleur vert clair, ovales, lancéolées. Les stipules sont épineuses inégales, l'une droite et l'autre recourbée vers le bas. Les fleurs sont petites, vert jaunâtre, en grappe axillaire (Photo 8). L'arbre fleurit d'avril à mai. Le fruit est sphérique de la grosseur d'un pois (OZENDA, 1991).

2.2.1.1.4.3.- Répartition géographique

Zizyphus lotus se rencontre en Europe méridionale et dans les steppes semi-désertiques d'Afrique du Nord méditerranéen, en Arabie, au Sahara septentrional, au Sahara central et en Asie-mineure. On le rencontre dans les zones rocailleuses au niveau des falaises, aux pieds des collines et dans les lits oueds à fond rocailleux (MAIRE, 1933; CHOPRA et al., 1960; OZENDA, 1991).

2.2.1.1.4.4.- Intérêts socioéconomiques

En médecine traditionnelle, les feuilles, les fruits et les racines sont utilisés en décoction, comme pectorale, émolliente, sédatif et diurétique. Les feuilles et les fruits broyés, mélangés avec de l'eau ou du lait tiède sont appliqués comme emplâtre sur les furoncles. La racine est utilisée pour les affections pulmonaires,



Photo 7 - *Peganum harmala* L. en végétation
(Oued Mzab "Mars 2008") (Originale)



Photo 8 – *Zizyphus lotus* (L) Defs. En végétation
(Oued Mzab "Mars 2008") (Originale)

et dans le cas d'ictères (CHEHMA, 2006). En pharmacopée traditionnelle tunisienne, *Z. lotus* est employé pour les traitements de la bronchite pulmonaire, diabète, comme anti-inflammatoire et analgésiques (RENAULT et *al.*, 1997; BORGI et *al.*, 2008). Les recherches scientifiques menées sur *Z. lotus* rapportent que cette espèce présente des propriétés antiulcèreuses (BORGI et *al.*, 2007), antimicrobiennes (LE CROUÉOURA et *al.*, 2002), anti-inflammatoires et anti-analgésiques (BORGI et *al.*, 2008). Les fruits à pulpe sucrée appelée "Nbag" sont très appréciés par les populations locales, et font même l'objet d'un commerce dans la zone. *Zizyphus lotus* est très brouté par le dromadaire, elle est considérée comme l'une des espèces les plus importantes des parcours sahariens (MAIRE, 1933; OZANDA, 1991 ; CHEHMA, 2006). Peu de travaux sont consacrés à leur chimie. KAWAGUTI et KIM (1940 cité par PARIS et DILLEMANN, 1960) ont mis en évidence la présence de l'acide bétulinique qui appartient au groupe des triterpènes dans les graines de *Zizyphus lotus*. Des études portant la chimie des espèces du genre *Zizyphus* ont permis de noter la présence de flavonoïdes, de saponines, de lipopolysaccharides, d'alcaloïdes et des hydroquinones dans les feuilles et les racines et les fruits (RENAULT et *al.*, 1997; LE CROUÉOUR et *al.*, 2002; BORGI et *al.*, 2008; GHALY et *al.*, 2008).

2.2.1.1.5.- *Colocynthis vulgaris* (L.) Schard.

2.2.1.1.5.1.- Position systématique

Embranchement	: Spermaphyte
Sous embranchement	: Angiosperme
Classe	: Dicotylédones
Sous classe	: Dilleniidae
Ordre	: Violales
Famille	: Cucurbitaceae
Genre	: <i>Colocynthis</i>
Espèce	: <i>Citrullus Colocynthis</i> Schard. (OZENDA, 1991).

2.2.1.1.5.2.- Description botanique

Colocynthis vulgaris ou bien *Citrullus colocynthis* est une plante vivace à longues tiges rampantes qui s'étalent sur le sol et pouvant dépasser 1 m de long. C'est une plante hispide mais à poiles non piquantes. Les feuilles sont

profondément découpées dont les marges sont souvent enroulées au début de dessiccation. Pendant la période de floraison, vers le mois d'avril-mai, il apparaît des fleurs composées de cinq pétales jaune claire (Photo 9). La coloquinte présente des fruits sphériques lisses de couleur verte tacheté, puis jaunâtre à maturité. Il présente un goût amer très prononcé (OZENDA, 1991).

2.2.1.1.5.3.- Répartition géographique

Cette espèce se trouve en Arabie, en Syrie et en Egypte, ainsi que dans les étendues arides et sablonneuses du Nord-Ouest, du centre et du Sud de l'Inde. Elle est aussi cultivée dans certaines régions de l'Espagne et du Chypre (CHOPRA et *al.*, 1960). D'après OZENDA (1991), la coloquinte est commune dans tout le Sahara, au niveau des terrains sablonneux et sablo-argileux des lits d'oued et des dépressions.

2.2.1.1.5.4.- Intérêts socioéconomiques

Les feuilles et les fruits sont utilisés en infusion, en cataplasme, en pommade et en compresse pour les traitements des piqueurs de scorpion, des indigestions, des dermatoses et des infections génitales. Elle est également utilisée par les populations locales pour soigner les dermatoses des dromadaires (UICN., 2001). La coloquinte contient un principe alcaloïdique qui a un effet violemment purgatif, ainsi que de l' α -élatérine mais pas de β -élatérine (isomère actif). La colocynthine ou la citrulène, qui est un glucoside, se compose d'un alcaloïde et d'un alcool cristallisable, le citrullol. Les racines contiennent de l' α -élatérine et les graines une huile jaune brunâtre qui renferme notamment un alcaloïde, un glucoside et de la saponine (CHOPRA et *al.*, 1960). TESSIE et *al.* (1975); GAMLATH et *al.* (1988) et DINAN et *al.* (2004) signalent l'existence d'un composé triterpène tétracyclique appelé cucurbitacine isolé des feuilles et des fruits de coloquinte et qui présente des effets anti-appétants. C'est un antagoniste des hormones stéroïdiennes des insectes.

2.2.1.1.6.- *Cleome arabica* L.

2.2.1.1.6.1.- Classification

Embranchement : Spermaphyte

Sous embranchement : Angiosperme
Classe : Dicotylédones
Sous classe : Dilleniidae
Ordre : Capparales
Famille : Capparidaceae
Genre : Cleome
Espèce : *C. arabica* L. (OZENDA, 1991).

2.2.1.1.6.2.- Description botanique

Plante vivace de 30 cm de hauteur, à tiges dressées et ramifiées, *C. arabica* présente de petites feuilles poilues, trifoliées à folioles lancéolées. Les fleurs ont des pétales dont la couleur va du jaune au pourpre-foncé. Le fruit est une gousse velue de 2 à 5 cm de longueur située à la base de pétiole (Photo 10). C'est une plante à odeur fétide, toxique et présente des effets hallucinogènes. Les glandes stipées sécrètent une substance visqueuse (GUBB, 1913; OZENDA, 1991).

2.2.1.1.6.3.- Répartition géographique

Espèce fréquente dans les savanes désertiques et les tamarisades de l'étage tropical, monte dans l'étage méditerranéen inférieur sur les pentes pierreuses et dans les ravines sablonneuses. C'est une espèce commune dans tout le Sahara septentrional, Egypte et en Afrique tropicale (MAIRE, 1933; OZENDA, 1991).

2.2.1.1.6.4.- Intérêts socioéconomiques

Les feuilles et les racines de certaines espèces du genre *Cleome* telles que *C. rosea* L., *C. viscosa* L., *C. gynandra* L. et *C. africana* L. sont utilisées dans plusieurs régions du monde en pharmacopée traditionnelle contre les diarrhées. Elles présentent des propriétés anti-inflammatoires, antimicrobiennes, anti-arthritiques, anti-prolifératives, anti-oxydantes, anti-néoplasiques. L'extrait aqueux de *C. viscosa* L. est employé comme analgésique, antipyrétique, et comme hypoglycémique (NAGAYA, et *al.*, 1997; PARIMALA DEVI et *al.*, 2002; SUDHAKAR et *al.*, 2006; SIMÕES et *al.*, 2006 et NARENDHIRAKANNAN et *al.*, 2007). Certaines espèces comme *Cleome hirta* L., sont utilisées comme

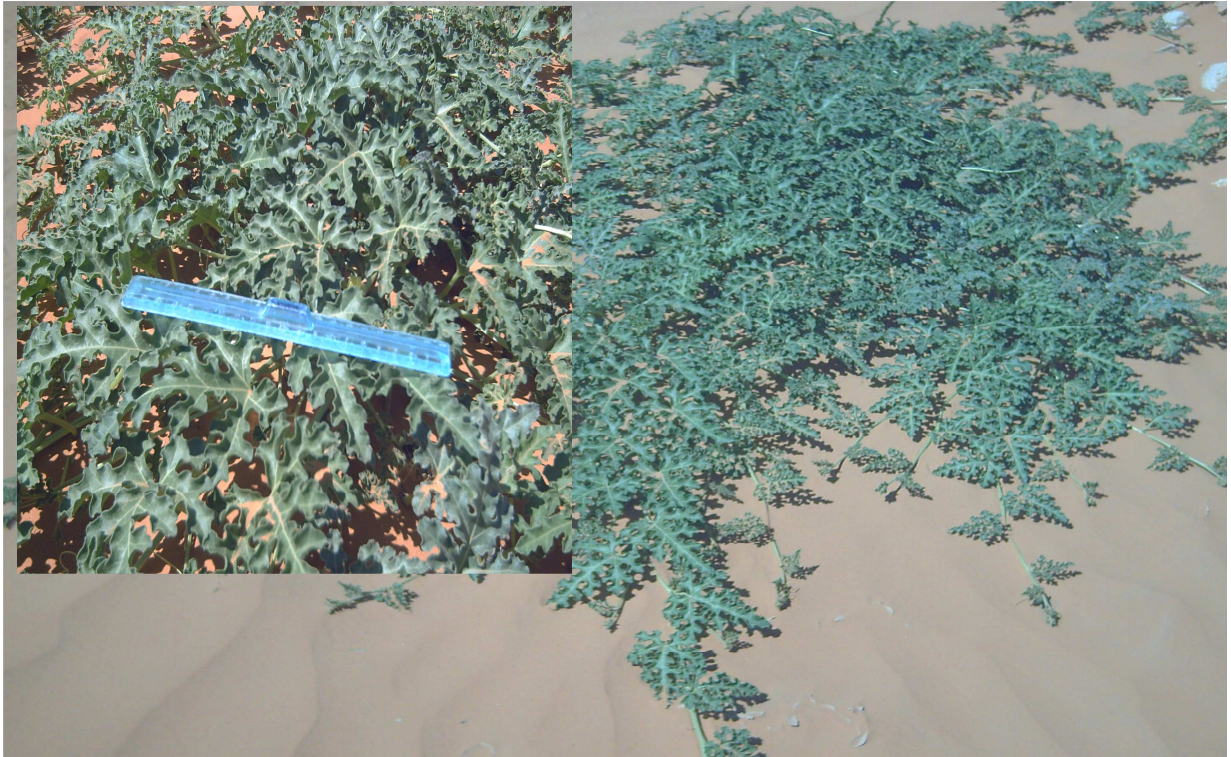


Photo 9 - *Colocynthis vulgaris* (L) Schard. en végétation
(Oued Sabseb "Mai 2008") (Originale)



Photo 10 - *Cleome arabica* L. au stade fructification
(Oued Mzab" Mars 2008") (Originale)

pesticides à des fins agronomiques (NDUNGU et *al.*, 1999). Divers groupes de composés secondaires dont les triterpènes, les anthroquinones, les flavonoïdes, les saponines, les stéroïdes, les résines, les lectines, les glycosides, les tannins et autres composés phénoliques et les alcaloïdes ont été isolés des Capparidaceae notamment des espèces du genre *Cleome* (NARENDHIRAKANNAN et *al.*, 2007). En pharmacopée, certains indigènes utilisent *C. arabica* L. comme diurétique et contre les rhumatismes. Cette plante ne présente guère d'intérêt pastoral car elle n'est pas broutée par le dromadaire et très peu appréciée par les chèvres et les moutons (MAIRE, 1933).

2.2.1.2.- Choix de stades

La présente étude porte sur les juvéniles du 5^{ème} stade et sur les imagos du Criquet pèlerin issus d'un élevage de masse réalisé au Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-arides du Département des Sciences Agronomiques de l'Université Kasdi Merbah- Ouargla. Les criquets sont placés selon les stades d'étude dans deux cages parallélépipédiques dont la charpente en bois de dimension 1,2 m x 0,80 m x 0,70 m. 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 5^{ème} 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 11). 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 160 W assurent un éclairage continu. L'alimentation est constituée essentiellement des feuilles de chou *Brassica oleracea* L. (Brassicaceae), de blé dur *Triticum durum* L. (Poaceae), d'orge *Hordeum vulgare* L. (Poaceae), de gazon *Stenotaphrum americanum* L. (Poaceae) et du son de blé. 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.

2.2.1.3.- Matériel utilisé au laboratoire

- Une balance de précision pour la peser;
- Montage de distillation;

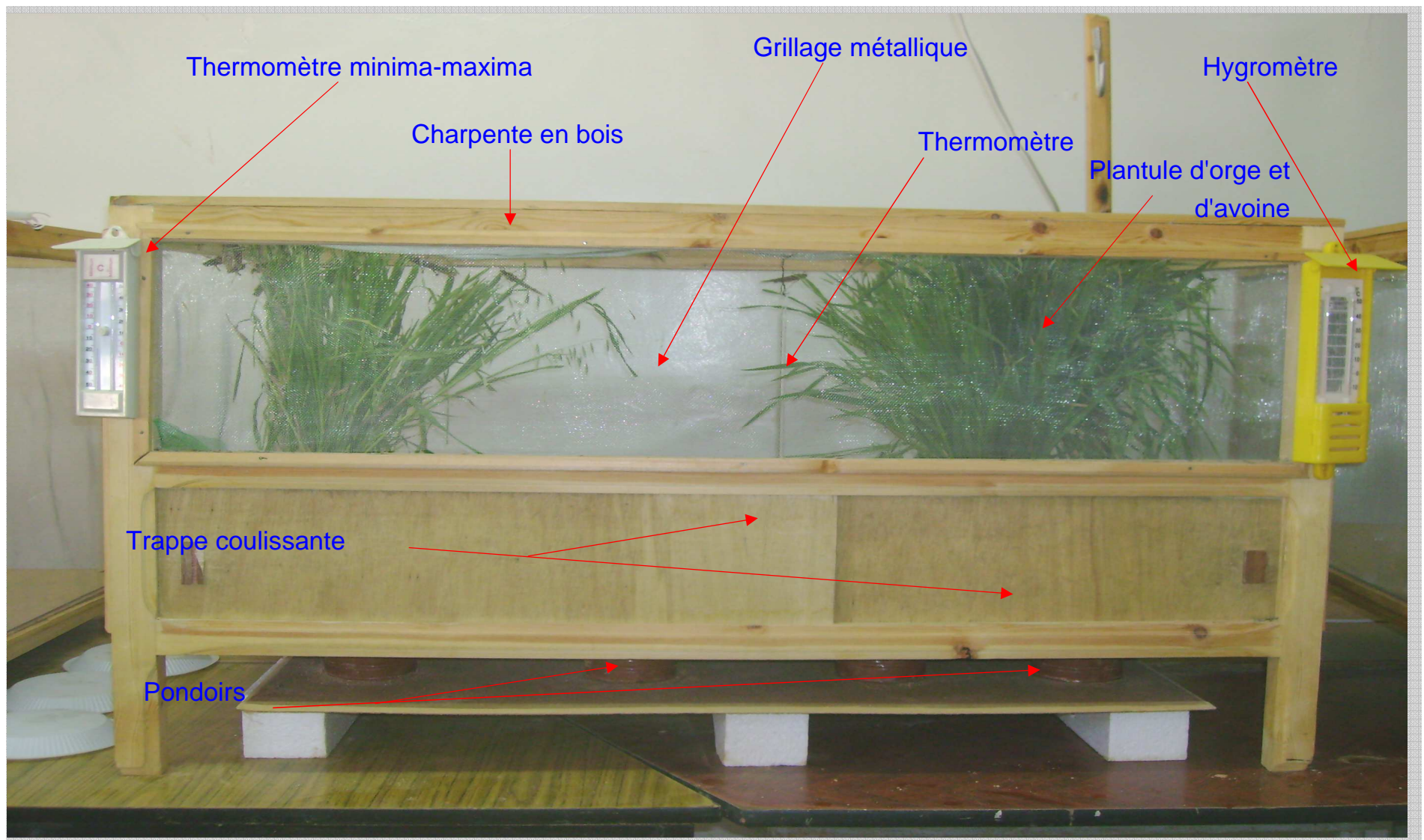


Photo 11- Cage parallélépipédique utilisé pour l'élevage du Criquet pèlerin (Originale)

- Ampoule à décanter de 250 ml;
- Un rotavapor pour l'évaporation de solvant;
- Béchers de 500 ml;
- Erlenmeyer de 500 ml;
- Papiers filtres;
- Ballons de 2000 ml;
- Chauffe ballon.

2.3.- Préparation des extraits végétaux

Pour la présente étude, il est adopté deux méthodes d'extraction dont l'hydrodistillation pour extraire les huiles essentielles, la macération à l'acétone pour extraire les alcaloïdes, les flavonoïdes, les terpenoïdes, des acides gras, des amines.

2.3.1.- Hydrodistillation

Elle est indiquée particulièrement dans l'extraction des huiles essentielles légères (Photo 12). Dans un ballon de 2 litre, mettre 1 à 1,5 kg de végétal frais avec suffisamment d'eau distillée. L'eau est portée à ébullition à l'aide d'une plaque chauffante, en prenant garde de ne pas chauffer jusqu'à sec. La vapeur d'eau entraîne les produits organiques volatils qui se condensent à l'aide de réfrigérant. Après décantation les huiles essentielles sont récupérées. Elles subissent une déshydratation par du sulfate de sodium anhydre, afin d'éliminer le peu d'eau susceptible d'avoir été retenue dans la phase organique. Le produit ainsi obtenu servira pour le traitement des insectes. Parmi les espèces végétales objet d'étude, l'hydrodistillation est effectuée que pour deux espèces particulièrement odorantes (dégagent de fortes odeurs fétides), il s'agit de *Peganum Harmala*. et de *Cleome arabica*.

2.3..2.- Macération à l'acétone

L'extraction par macération est une extraction à froid. C'est un simple contact entre le support solide et le solvant, la séparation se fait par filtration. Elle est utilisée couramment dans l'extraction des terpènes, des alcaloïdes, des flavonoïdes, des acides gras, des amines,

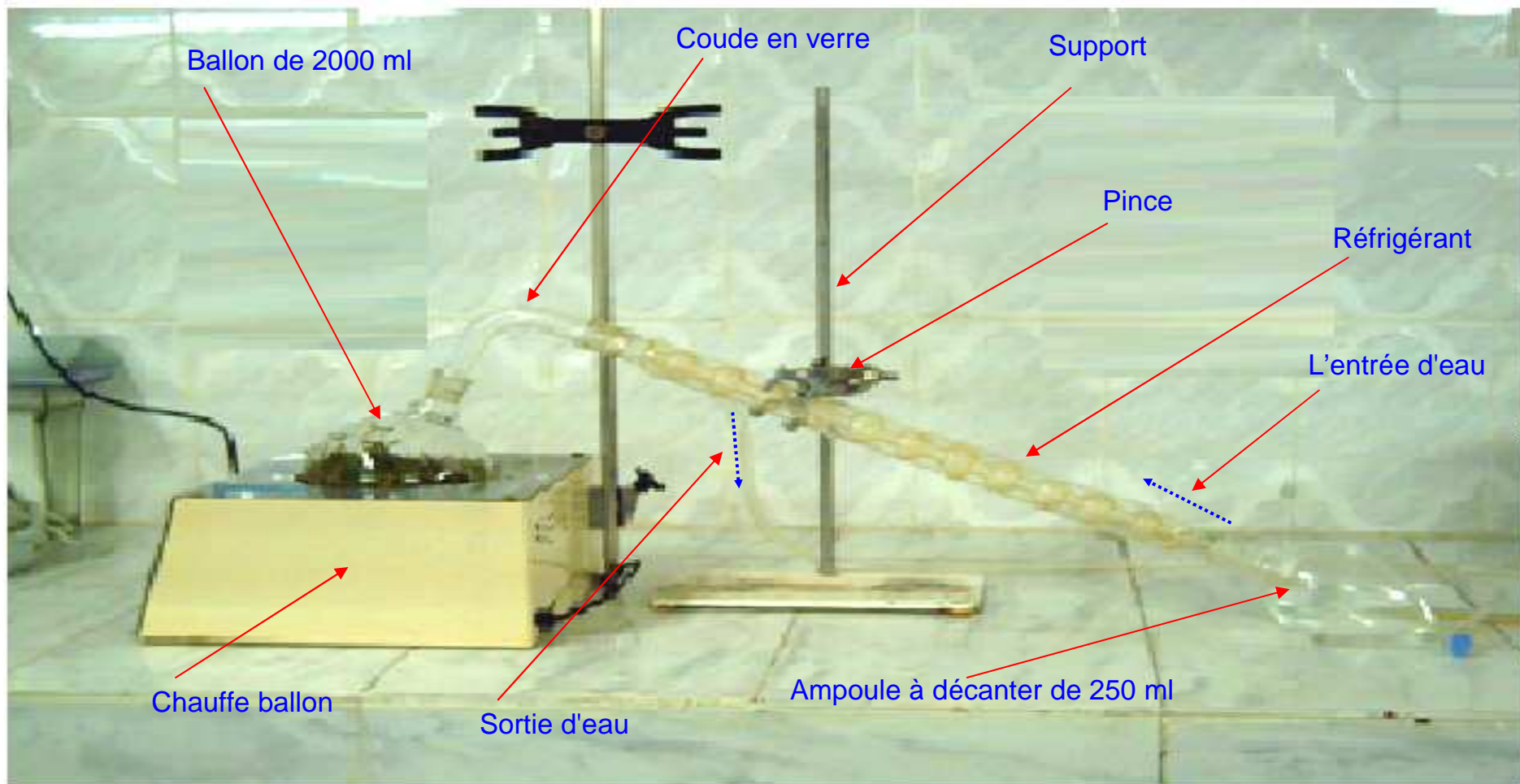


Photo 12- Montage d'hydro-distillation pour l'extraction des huiles essentielles

Elle consiste à prendre 100 grammes de feuilles de la plantes préalablement séchées à l'ombre dans la température ambiante et les macérés dans 200 ml d'acétone pendant 24 heures. La filtration est ensuite effectuée sous vide à l'aide d'une fiole à vide et d'un entonnoir. Le résidu sec est jeté. Le filtrat recueilli est soumis à une évaporation sous vide dans un rotavapor muni d'une pompe à vide pour éliminer l'acétone. On ajoute 20 ml d'acétone au produit obtenu d'extraction. Ce mélange constitue donc le produit à tester.

2.4.- Etude de la toxicité

L'étude de la toxicité concerne les extraits bruts obtenus par macération, mais porte aussi sur les huiles essentielles extraites des espèces végétales spontanées à tester. Deux modes de traitement, seront étudiés, l'un par contact et l'autre 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 en tissu gaze.

2.4.1.- Toxicité par contact

Les huiles essentielles brutes sont pulvérisées directement sur les juvéniles du cinquième stade et sur les adultes de *S. gregaria* afin d'étudier leur action par contact. Il est noté quotidiennement après traitement le poids, les mues, l'activité motrice, le taux de mortalité. L'effet de l'impact sur quelques paramètres physiologiques notamment sur le développement ovarien, la fécondité et la maturation sexuelle des mâles des huiles essentielles chez le criquet est noté. L'expérimentation est suivie jusqu'à la mortalité de la totalité des individus des lots traités. A cet effet pour chaque espèce végétale considérée 4 lots d'insectes à raison de 60 individus dont 30 mâles et 30 femelles par lot sont constitués, ce qui fait un total de 240 individus. Deux lots sont des larves L₅ dont un pour le témoin et l'autre pour le traitement et les deux autres sont constitués par des adultes dont l'un pour le témoin et l'autre pour le traitement.

2.4.2.- Toxicité par ingestion

Le test consiste à alimenter les insectes L₅ et les 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 la présente étude, le choix a porté sur le chou *Brassica oleracea* L. (Brassicaceae), vu leur valeur nutritive exceptionnelle et leur appétibilité par ce locuste (OULD EL HADJ et *al.*, 2007b). Les fragments de chou sont trempés 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 trempée dans l'acétone et laissés durant 15 à 20 mn à l'air libre pour faire évaporer l'acétone. A chaque fois l'évolution pondérale des individus et le nombre des morts sont notés. L'expérimentation est suivie jusqu'à la mortalité totale de tous les individus des lots traités. De même, pour l'étude de chaque extrait d'une espèce végétale prise en considération 4 lots d'insectes à raison de 60 individus par lot sont constitués (30 mâles et 30 femelles), ce qui fait un total de 240 individus. Deux sont de larves L₅ dont un pour le témoin et l'autre pour le traitement et les deux autres sont constitués par des adultes dont l'un pour le témoin et l'autre pour le traitement.

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 de maturité sexuelles des mâles immatures (DURANTON et LECOQ, 1990).

2.5.- Méthode d'exploitation des résultats

2.5.1.- Calcul de la TL₅₀

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

logarithmes du temps du traitement. On utilise 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_2 : % de mortalité dans la population traitée;
- M_1 : % de mortalité dans la population témoin.

2.5.2.- Calcul de coefficient d'utilisation digestive (C.U.D.)

Le C.U.D. est la quantité de nutriment ingérée est différente de celle qui, une fois digérée, va être absorbée au niveau de l'intestin. Le CUD 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):

$$\text{C.U.D.} = \frac{\text{Quantité ingérée} - \text{Poids des fèces}}{\text{Quantité ingérée}} \times 100$$

2.5.3.- Calcul de l'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, plus 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).

A fin d'évaluer l'effet des extraits végétaux sur le rendement de la transformation de végétal ingéré par les larves de cinquièmes stades et par les adultes de *S. gregaria* en gain du poids vif et dans le but de suivre l'évolution de la croissance pondérale en fonction de la consommation journalière des feuilles de chou témoin et traités à l'aide des extraits foliaires de six plantes acridifuges, l'indice de consommation (IC) est calculé. Il est calculé en appliquant la formule suivante :

IC = quantité ingérée / 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 L₅ et adulte du Criquet pèlerin.

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

Les traitements des données obtenues fait 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. Il 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 III- Résultats et discussion

Chapitre III- Résultats et discussion

3.1.- Etude de la toxicité par ingestion des extraits de différents échantillons de plantes

3.1.1- Action des extraits des plantes sur la prise de nourriture

Les quantités moyennes exprimées en gramme quotidiennement ingéré par les larves du cinquième stade et par les adultes de *S. gregaria* sont consignées dans le tableau 3. Il apparaît au vu des résultats une différence dans la consommation parmi les lots nourris par les feuilles de *B. oleracea* traitées par les extraits foliaires des différentes et le témoin d'une part, et en fonction de des extraits végétaux d'autre part. L'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* entraîne une prise de nourriture nulle aussi bien chez les larves L₅ que chez les adultes de *S. gregaria*. OULD EL HADJ et al. (2006), dans leur étude sur la toxicité du neem *Azadirachta indica* (Miliaceae) sur les larves L₅ et adultes de *S. gregaria*, notent une prise de nourriture nulle engendré. Cela est due à l'effet anti-péristaltique du neem au niveau du canal alimentaire des criquets qui a pour conséquence l'inhibition de la consommation des surfaces foliaires traitées par le neem. Cependant, les feuilles de chou imbibées d'extrait d'*Ephedra alata*, de *Peganum harmala*, de *Zizyphus lotus*, de *Citrullus colocynthis* et de *Cleome arabica* sont plus consommées qu'*Euphorbia guyoniana*. Cette prise de nourriture est à des proportions relativement différentes (Tableau 3). *Zizyphus lotus* et *Citrullus colocynthis* sont plus consommées que *Peganum harmala*, *Ephedra alata* et *Cleome arabica* par les larves que par les adultes du Criquet pèlerin. Il est perceptible également que les feuilles de chou traitées par l'extrait foliaire de *P. harmala* sont plus consommées par les larves L₅, suivies de celles traitées par l'extrait de *Cleome arabica* et d'*Ephedra alata*. Par contre, les adultes de *S. gregaria* consomment plus les feuilles de *B. oleracea* traitées par l'extrait d'*Ephedra alata* suivi de celles traitées par l'extrait de *P. harmala* et de *C. arabica*. Il est constaté que les larves de cinquième stade de *S. gregaria* consomment 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 L₅ et des adultes. Ce refus de consommer les feuilles de chou imbibé dans les extraits végétaux des plantes testées, indique sans doute la présence des substances chimiques inhibant par conséquent la prise de

Tableau 3.- Consommation journalière en (g) enregistrer chez les larves du cinquième stade et les adultes de *S. gregaria* mis en présence de feuilles de chou témoin et traité par les extraits des six plantes acridifuges

Temps (jours)	<i>B. oleracea</i> (Témoin)		<i>B. oleracea</i> traité à l'extrait de					
			<i>E. alata</i>		<i>E. guyoniana</i>		<i>P. harmala</i>	
	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne
1	2,116±0,369	2,059±0,888	1,422±0,703	1,582±0,987	0,114±0,132	0,128±0,149	1,589±1,461	1,075±1,004
2	2,653±0,673	1,930±1,161	1,013±1,067	0,613±0,952	0,012±0,030	0,084±0,164	1,853±1,309	1,009±1,085
3	2,843±0,172	1,599±1,052	1,204±1,093	1,950±0,491	0,123±0,162	0,020±0,049	2,230±1,093	0,892±1,126
4	2,262±0,155	1,486±1,002	0,701±0,783	2,194±0,798	0,096±0,106	0,014±0,035	0,889±0,862	1,010±1,507
5	2,717±0,673	2,193±1,206	0,995±1,209	2,104±0,416	0,000±0,000	0,103±0,108	1,246±1,578	1,106±1,566
6	1,808±1,009	2,122±0,972	1,899±0,632	2,311±0,574	0,101±0,098	0,145±0,173	1,102±1,200	0,310±0,548
7	2,513±0,802	2,122±0,972	1,867±0,300	1,635±0,581	0,000±0,000	0,052±0,092	1,574±0,994	0,784±0,965
8	2,049±0,426	3,377±0,370	1,783±0,145	0,727±0,734	0,000±0,000	0,040±0,078	1,915±1,191	1,773±0,655
9	Imagos	3,377±0,370	Imagos	0,679±0,627	0,031±0,054	0,076±0,099	Imagos	1,590±1,282
10	Imagos	2,179±0,820	Imagos	1,541±0,267	0,025±0,040	0,074±0,047	Imagos	1,764±1,145
11	Imagos	2,185±0,757	Imagos	1,909±0,631	0,050±0,059	0,318±0,475	Imagos	1,799±0,430
12	Imagos	1,779±0,545	Imagos	1,733±0,337	0,000±0,000	0,066±0,058	Imagos	0,809±0,474
13	Imagos	2,787±0,676	Imagos	0,828±0,595	0,000±0,000	0,298±0,097	Imagos	0,607±0,959
14	Imagos	1,979±0,490	Imagos	1,201±0,805	0,000±0,000	0,108±0,036	Imagos	0,555±0,714
15	Imagos	2,318±0,481	Imagos	1,208±0,469	0,000±0,000	0,749±0,170	Imagos	1,152±1,041

(Suite)

Tableau 3.- Consommation journalière en (g) enregistrer chez les larves du cinquième stade et les adultes de *S. gregaria* mis en présence de feuilles de chou témoin et traité par les extraits des six plantes acridifuges

Temps (jours)	<i>B. oleracea</i> (Témoin)		<i>B. oleracea</i> traité à l'extrait de					
			<i>E. alata</i>		<i>E. guyoniana</i>		<i>P. harmala</i>	
	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne
16	-	1,990±0,502	-	0,593±0,617	-	0,152±0,210	-	1,254±0,262
17	-	1,742±0,739	-	0,967±0,347	-	0,465±0,741	-	0,441±0,562
18	-	1,922±0,468	-	1,925±0,374	-	0,140±0,052	-	0,223±0,144
19	-	1,846±0,724	-	1,184±0,371	-	0,407±0,558	-	0,763±0,733
20	-	1,751±0,437	-	1,308±0,321	-	0,596±0,560	-	0,271±0,186
21	-	1,972±0,680	-	0,540±0,458	-	0,842±0,608	-	0,205±0,062
22	-	2,236±0,372	-	0,567±0,472	-	0,436±0,639	-	1,593±1,135
23	-	2,397±0,558	-	0,310±0,394	-	0,995±0,673	-	0,205±0,200
24	-	1,633±0,975	-	1,138±0,785	-	0,148±0,085	-	0,117±0,087
25	-	1,925±0,284	-	1,391±1,102	-	0,063±0,056	-	1,221±0,583
26	-	1,865±0,491	-	1,609±0,657	-	0,070±0,054	-	0,484±0,186
27	-	1,668±0,584	-	1,030±0,547	-	0,053±0,015	-	1,341±1,729
28	-	1,668±0,584	-	1,556±1,204	-	0,030±0,044	-	1,045±0,671
29	-	1,755±0,449	-	1,188±0,258	-	0,012±0,018	-	2,039±0,542
30	-	1,913±0,485	-	1,041±0,303	-	0,062±0,063	-	1,651±0,393

(Suite)

Tableau 3.- Consommation journalière en (g) enregistrer chez les larves du cinquième stade et les adultes de *S. gregaria* mis en présence de feuilles de chou témoin et traité par les extraits des six plantes acridifuges

Temps (jours)	<i>B. oleracea</i> traité à l'extrait de					
	<i>Z. lotus</i>		<i>C. colocynthis</i>		<i>C. arabica</i>	
	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne
1	1,979±0,834	2,452±0,996	2,156±0,349	1,291±1,174	0,939±0,766	0,010±0,024
2	2,508±0,656	2,132±1,483	1,663±0,438	1,273±1,231	1,329±1,207	0,076±0,096
3	2,460±0,884	2,039±1,630	1,935±0,348	1,453±1,537	1,951±1,018	0,141±0,102
4	2,411±1,221	1,560±1,162	1,465±1,202	1,614±1,288	1,545±1,077	0,951±0,630
5	1,307±1,594	1,815±1,202	0,502±0,781	2,244±0,938	1,240±0,806	0,537±0,443
6	1,425±2,093	2,296±0,737	1,006±1,240	2,619±1,118	1,817±0,464	0,191±0,123
7	0,948±1,150	2,538±1,522	1,092±1,247	2,400±1,408	1,224±0,652	0,046±0,064
8	Imagos	1,749±0,907	1,386±1,115	1,964±1,214	1,458±0,784	0,104±0,099
9	Imagos	1,549±1,127	Imagos	1,199±1,002	Imagos	0,191±0,069
10	Imagos	1,771±1,654	Imagos	2,926±1,368	Imagos	1,235±0,732
11	Imagos	1,453±1,409	Imagos	1,424±1,188	Imagos	1,067±0,576
12	Imagos	1,337±1,064	Imagos	2,411±0,236	Imagos	1,238±0,533
13	Imagos	2,289±0,538	Imagos	2,617±0,517	Imagos	1,235±0,407
14	Imagos	2,091±0,306	Imagos	2,161±0,376	Imagos	0,634±0,653
15	Imagos	1,311±1,158	Imagos	2,654± 0,924	Imagos	0,809±0,744

(Suite)

Tableau 3.- Consommation journalière en (g) enregistré chez les larves du cinquième stade et les adultes de *S. gregaria* mis en présence de feuilles de chou témoin et traité par les extraits des six plantes acridifuges

Temps (jours)	<i>B. oleracea</i> traité à l'extrait de					
	<i>Z. lotus</i>		<i>C. colocynthis</i>		<i>C. arabica</i>	
	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne
16	-	1,661±1,110	-	1,490±0,797	-	0,233±0,096
17	-	1,875±0,849	-	1,740±0,802	-	0,759±0,717
18	-	1,434±1,507	-	1,266±0,589	-	1,584±0,255
19	-	1,284±1,492	-	0,752±0,529	-	1,497±0,078
20	-	1,468±1,020	-	2,454±0,623	-	1,097±0,810
21	-	1,468±1,020	-	1,724±0,975	-	0,728±0,739
22	-	1,755±0,274	-	1,420±1,247	-	1,007±0,727
23	-	1,140±1,008	-	1,537±1,078	-	0,174±0,054
24	-	1,735±0,498	-	1,757±0,908	-	0,652±0,604
25	-	0,690±1,050	-	0,666±0,577	-	1,557±0,861
26	-	1,232±0,931	-	1,226±0,909	-	1,269±1,208
27	-	1,681±0,867	-	2,187±0,513	-	0,754±1,015
28	-	1,657±1,166	-	1,307±0,989	-	0,871±0,857
29	-	1,970±0,714	-	1,987±0,532	-	0,949±0,616
30	-	1,522±0,878	-	1,119±0,833	-	1,050±0,947

nourriture chez le Criquet pèlerin. FELLOWS et *al.* (1986), rapportent la présence des alcaloïdes polyhydroxylés chez les Euphorbiaceae, ses composés inhibent le métabolisme du sucre, et se sont des excellents anti-appétants pour divers insectes dont les Orthoptères. DA COSTA et JONES (1971) et TESSIE et *al.* (1975) signalent 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 antiappétant de *Citrullus colocynthis* chez Criquet pèlerin chez des individus mis en présence de feuilles *C. colocynthis*. ABBASSI et *al.* (2003b), 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 antiappétant sur le Criquet pèlerin. La diminution de la consommation journalière constatée, observée pour les extraits d'*Ephedra alata*, *Zizyphus lotus*, *Cleome arabica*, résulte de la présence de substances particulièrement antiappétants, inhibant la prise de nourriture chez *S. gregaria*, dont les terpénoïdes, alcaloïdes, flavonoïdes et les composés phénoliques contenant dans ses diverses plantes.

Les résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification effectués pour l'évaluation de l'effet des extraits végétaux sur la prise de nourriture, sont rapportés dans le tableau 4.

D'après les résultats de l'analyse de la variance au seuil de 0,1%, les valeurs de F observé sont nettement supérieures aux valeurs de F théorique de la table SNEDECOR pour $\alpha = 0,001$, qui sont de : 36,63 et 53,33 pour les larves L₅ et adulte respectivement, ce qui traduit l'existence d'une différence très hautement significative de l'action des différents extraits sur la prise de la nourriture chez cet insecte à différents stade de développement.

Chez les acridiens en particulier chez le Criquet pèlerin, la faim et/ou la soif peuvent induire un comportement alimentaire inhabituel, 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. BARBOUCHE et *al.* (1995) cité par MOUMEN (1997), signalent qu'il arrive que certains plantes toxiques soient consommées par les insectes notamment par le Criquet pèlerin lorsqu'ils

ont assoiffé ou affamé. 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.

Tableau 4- Analyse de la variance de l'effet des extraits végétaux sur la prise de nourriture chez les larves L₅ et adultes de *S. gregaria* (DL: Degré de liberté; SC: Somme des carrés; CM: Carré moyen; F obs.: F observé ou calculé; P: Probabilité; F théo.: F théorique de la table de SNEDECOR; *** : Effet très hautement significatif)

Stade	Source	DL	SC	CM	F obs.	P	F théo.	Signification
Larves L ₅	Facteur	6	36,002	6,000	36.63	0,001	4,39	***
	Erreur	55	9,001	0,234				
	Total	61	45,013					
Imago	Facteur	6	74,841	12,473	53,33	0,001	3,91	***
	Erreur	203	47,482	0,234				
	Total	209	122,323					

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 Criquets la prise nourriture est précédée d'une séquence comportementale de reconnaissance. Généralement le criquet explore 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 les stimulus enregistrés par ses palpes avec le rejet qui suit les premières morsures (LE GALL, 1989).

Il est constaté que les extraits foliaires d'*Euphorbia guyoniana* sont dissuasives, leur action se traduit par un refus total et par l'inhibition de la prise

de nourriture, alors que pour les extraits foliaires d'*Ephedra alata*, *Peganum harmala*, *Zizyphus lotus*, *Citrullus colocynthis* et *Cleome arabica* une diminution de la prise de nourriture est observée, donc l'action antiappétante de ses extraits est constatée.

3.1.2.- Action sur la mortalité

Le tableau 5 regroupe l'évolution temporelle de pourcentage de mortalité cumulée enregistrée dans les différents lots témoin et traitée par les extraits des six plantes acridifuges.

Les résultats laissent apparaître que la toxicité chez les individus et les larves du cinquième, diffèrent d'une espèce végétale à l'autre. Les individus nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait d'*Euphorbia guyoniana*, présente un taux mortalité de 100 % au 14^e jour pour les L₅, alors que chez les adultes, 66,67% de taux de mortalité est noté au 15^e jour. Pour les individus de *Schistocerca gregaria* alimentés par des feuilles de *Brassica oleacera* traitées par des extraits de feuilles de *Peganum harmala*, de *Citrillus colocynthis* et de *Cleome arabica*, respectivement une mortalité de 16,66%, 33,33% et de 16,66% est atteinte à partir du 14^e jour de traitement chez les larves L₅, pour les adultes, elle est de l'ordre de 16,66% pour *P. harmala*, 16,66% pour *C. colocynthis* et de 33,33% pour *C. arabica* respectivement au bout des 12^e, 18^e et 16^e jours. Aucune mortalité n'est enregistrée chez les individus adultes et les larves L₅ des lots nourris à base des feuilles de chou traitées à l'aide des extraits d'*Ephedra alata* et de *Zyzuphus lotus* (Fig. 7A et B). Certes, les conditions de laboratoire, la mortalité est différente de celle qui peut survenir dans des conditions naturelles où les larves des différents âges et les adultes sont soumis à des amplitudes thermiques importants, à l'action du vent, de la pluie et autres facteurs climatiques. Les manipulations journalières que subissent les larves et même les imagos, occasionnent des blessures aux différents individus, notamment des larves et provoquent une mortalité artificielle qui reste difficile à évaluer en condition de laboratoire. La mortalité globale relevée au niveau des lots témoins, est de 16,66% chez les adultes et nulle chez les larves L₅. 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. Les larves L₅ sont plus sensibles aux extraits des différentes plantes étudiées comparativement aux adultes. Il est admis communément que la résistance des

Tableau 5- Cinétique de la mortalité journalière chez les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* mis en présence de feuilles de chou témoin et traité par les extraits des six plantes acridifuges

Temps (jours)	<i>B. oleracea</i> traité aux extraits							
	Témoin		<i>E. alata</i>		<i>E. guyoniana</i>		<i>P. harmala</i>	
	L ₅	Adulte	L ₅	Adulte	L ₅	Adulte	L ₅	Adulte
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	16,66	0	0	0
7	0	0	0	0	16,66	0	0	0
8	0	0	0	0	16,66	0	16,66	0
9	0	16,66	0	0	16,66	0	16,66	0
10	0	16,66	0	0	33,33	50,00	16,66	0
11	0	16,66	0	0	50	50,00	16,66	0
12	0	16,66	0	0	50	50,00	16,66	16,66
13	0	16,66	0	0	83,33	50,00	16,66	16,66
14	0	16,66	0	0	100	50,00	16,66	16,66
15	0	16,66	0	0	-	66,67	16,66	16,66
16	-	16,66	-	0	-	66,67	-	16,66
17	-	16,66	-	0	-	66,67	-	16,66
18	-	16,66	-	0	-	66,67	-	16,66
19	-	16,66	-	0	-	66,67	-	16,66
20	-	16,66	-	0	-	66,67	-	16,66
21	-	16,66	-	0	-	66,67	-	16,66
22	-	16,66	-	0	-	66,67	-	16,66
23	-	16,66	-	0	-	66,67	-	16,66
24	-	16,66	-	0	-	66,67	-	16,66
25	-	16,66	-	0	-	66,67	-	16,66
26	-	16,66	-	0	-	66,67	-	16,66
27	-	16,66	-	0	-	66,67	-	16,66
28	-	16,66	-	0	-	66,67	-	16,66
29	-	16,66	-	0	-	66,67	-	16,66
30	-	16,66	-	0	-	66,67	-	16,66

(Suite)

Tableau 5.- Cinétique de la mortalité journalière chez les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* mis en présence de feuilles de chou témoin et traité par les extraits des six plantes acridifuges

Temps (jours)	<i>B. oleracea</i> traité aux extraits					
	<i>Z. lotus</i>		<i>C. colocynthis</i>		<i>C. arabica</i>	
	L ₅	Adulte	L ₅	Adulte	L ₅	Adulte
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	16,66	0	16,66	0
9	0	0	33,33	0	16,66	0
10	0	0	33,33	0	16,66	0
11	0	0	33,33	0	16,66	0
12	0	0	33,33	0	16,66	0
13	0	0	33,33	0	16,66	0
14	0	0	33,33	0	16,66	0
15	0	0	33,33	0	16,66	0
16	-	0	-	0	-	16,66
17	-	0	-	0	-	16,66
18	-	0	-	16,66	-	33,33
19	-	0	-	16,66	-	33,33
20	-	0	-	16,66	-	33,33
21	-	0	-	16,66	-	33,33
22	-	0	-	16,66	-	33,33
23	-	0	-	16,66	-	33,33
24	-	0	-	16,66	-	33,33
25	-	0	-	16,66	-	33,33
26	-	0	-	16,66	-	33,33
27	-	0	-	16,66	-	33,33

28	-	0	-	16,66	-	33,33
29	-	0	-	16,66	-	33,33
30	-	0	-	16,66	-	33,33

insectes aux insecticides croît avec le développement de l'insecte (DOUAHO et *al.*, 1982 cité par ACHEUK, 2000).

Il a été remarqué, chez les individus traités à l'extrait d'*Euphorbia guyoniana* et de *Citrullus colocynthis* quelques heures après leurs morts, un noircissement de la face ventrale au niveau de l'intestin moyen ou mésentéron, ce qui semble lié vraisemblablement aux réactions enzymatiques suite à l'action de la toxine (Photo 13 et 14). OULD EL HADJ et *al.* (2006), dans les mêmes conditions expérimentales, avec des extraits d'*Azadirachta indica* sur les larves L₅ de *S. gregaria*, notent un noircissement du mésentéron après la mort des individus.

La mortalité constatée au niveau des différents lots traités, semble être liée aux effets des métabolites secondaires des différentes plantes étudiées, dont les terpènes et alcaloïdes d'*E. guyoniana*, alcaloïdes indoliques de *P. harmala*, terpènes de *C. colocynthis* et de *C. arabica*. ABBASSI et *al.* (2003b), 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 imaginaire 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* et *Zygophyllum gaetulum* respectivement. OULD AHMEDOU et *al.* (2001), déclarent qu'en élevage, en régime alimentaire mono-spécifique à base *Citrullus colocynthis* des larves de quatrième stade du Criquet pèlerin, une mortalité de 10% est obtenue au bout du 15^e 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 qu'au bout de 15 jours, une mortalité de 100% est atteinte par 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 le Criquet du désert par injection du latex de *C. procerea*. Des malformations sont observées suite à la mue imaginaire au niveau de trois lots traités. Il s'agit des larves L₅ traités à l'aide de l'extrait foliaire de *Peganum harmala*, *Coleome arabica* et *Citrullus colocynthis* (Fig. 8) (Photo 15 A et B).

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



Photo 13- Noircissement de la face ventrale d'une larve L₅ de *S. gregaria* traités par l'extrait d'*Euphorbia guyoniana*



Photo 14- Noircissement de la face ventrale d'une larve L₅ de *S. gregaria* traités par l'extrait de *Citrulus colocynthus*

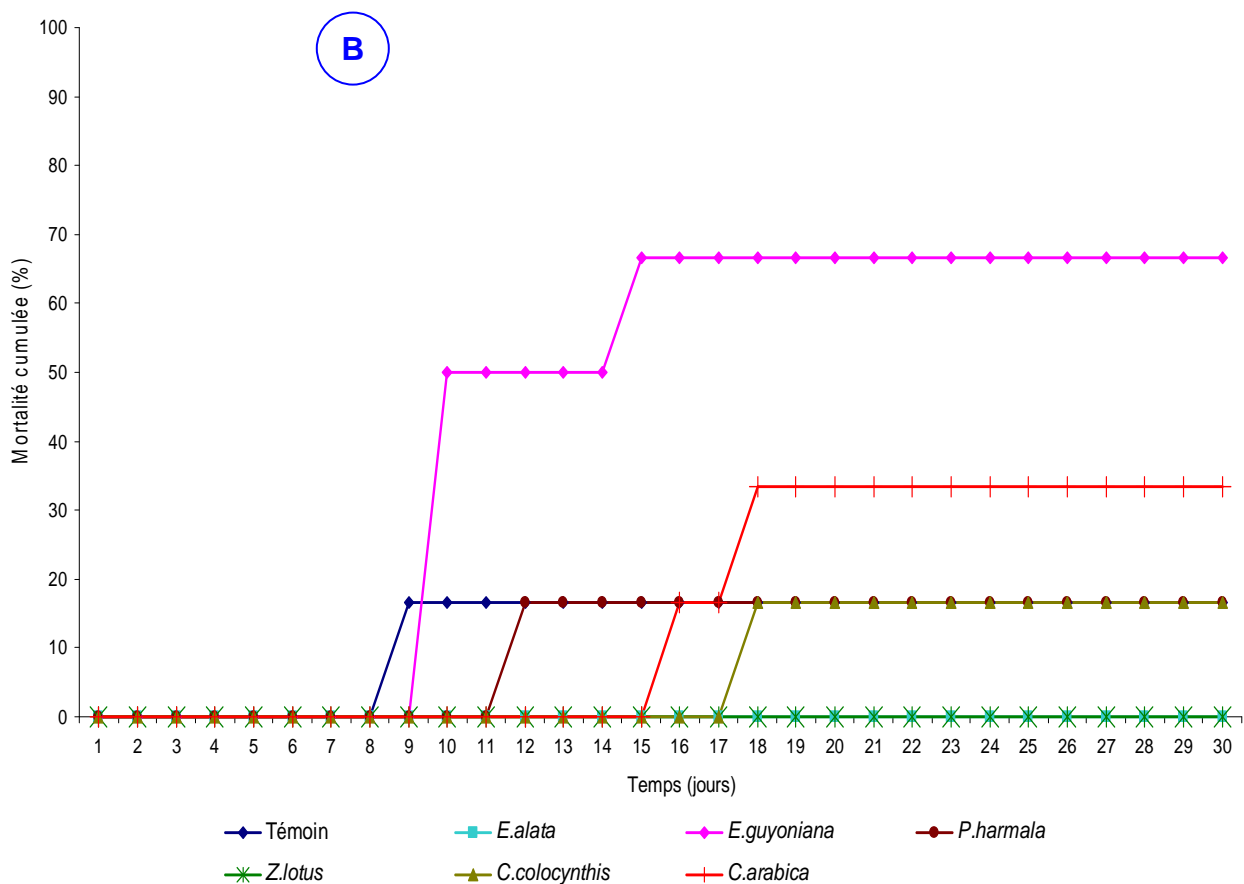
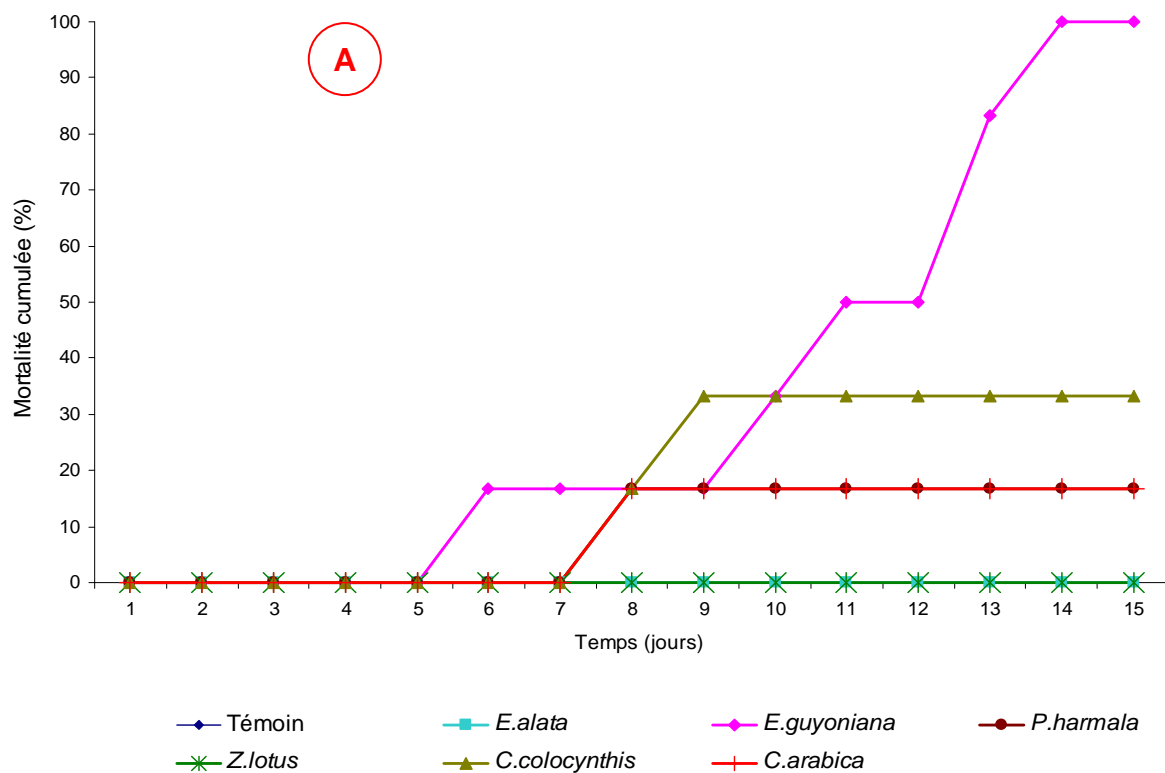


Figure 7 A, B.- Actions de différents extraits végétaux sur la mortalité cumulée des larves et adultes de *S. gregaria* (A: Larves L₅, B: Adultes).

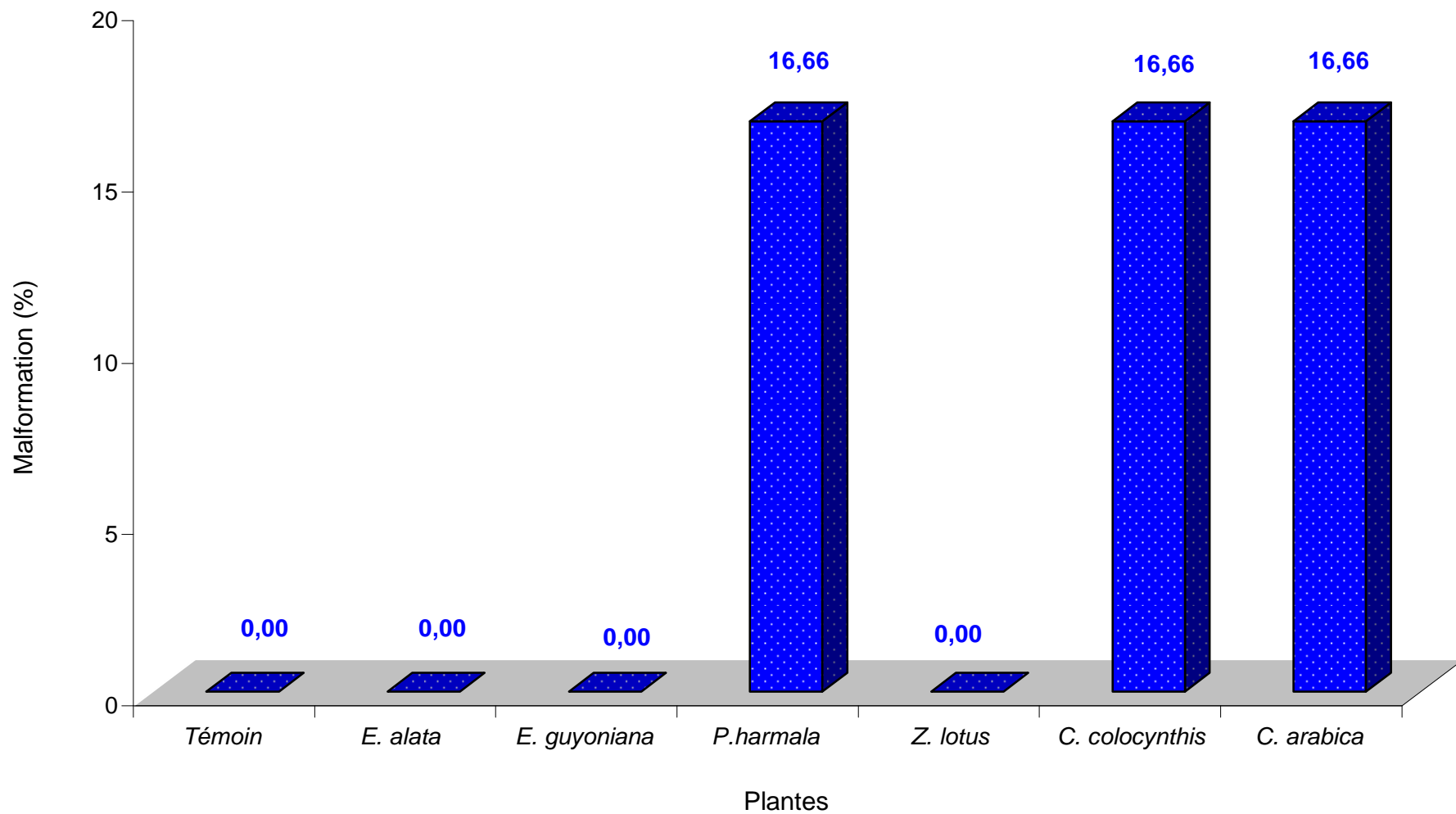


Figure 8- Pourcentage de malformations chez les larves L₅ témoins et traitées par les extraits foliaires des plantes acridifuges



Larve L₅ de *S. gregaria* mise en présence de l'extrait de *Cleome arabica*



Larve L₅ de *S. gregaria* mise en présence de l'extrait de *Citrullus colocynthis*

Photo 15 (A et B)- Malformations chez les larves L₅ de *S. gregaria* nourries par des feuilles de *Brassica oleracea* aspergées de l'extrait foliaire des deux plantes acridifuges.

extraits toxiques que les adultes. *Euphorbia guyoniana* semble être plus toxique, suivi par le *Citrillus colocynthis* puis par *Cleome arabica* et *Peganum harmala*.

3.1.3.- Temps léthal 50 (TL₅₀) des différents extraits des plantes étudiées

Les calculs de temps léthal 50% (TL₅₀) ont été effectués 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 de la TL₅₀ de chaque extrait végétal testé et la droite de régression des probits en fonction du logarithme des durées de traitement (Fig. 9A, B, C, D, E, F, G et H), il apparaît que l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* semble plus toxique. Les résultats du tableau 7 montrent que l'extrait d'*E. guyoniana* est plus toxique que celle de *Peganum harmala*, *Cleome arabica* et de *Citrillus colocynthis*. Pour les extraits végétaux d'*Ephedra alata* et de *Zizyphus lotus* aucune mortalité n'est observée aussi bien chez les larves L₅ que chez les adultes de *S. gregaria*. Les valeurs de la TL₅₀ diffèrent selon l'extrait et le stade de l'insecte qu'il s'agit de larves L₅ ou d'imagos. L'extrait d'*E. guyoniana* s'avère plus toxique, avec un TL₅₀ calculé de 10,51 jours et 20,02 jours pour les larves L₅ et pour les adultes respectivement. Quant aux autres extraits végétaux, Chez les larves L₅, 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 TL₅₀ le plus élevé est enregistré pour de *Citrillus colocynthis* avec 82,87 jours, suivi de *Cleome arabica* avec 45,86 jours et de *Peganum harmala* avec 43,95 jours.

Cette variabilité du TL₅₀ constatée, entre les différents extraits et entre les différents stades pour le même extrait est probablement due aux variations de pourcentage de mortalité cumulée enregistrée entre extraits, stade et moment d'apparition des premiers cas de mortalité. OULD EL HADJ et al. (2006) notent chez les larves L₅ des TL₅₀ plus court : pour le neem *Azadirachta indica* soit 7,5

Tableau 6- Mortalités corrigée et probits correspondants en fonction du temps de traitement par les extraits des six plantes acridifuges
(M.C. : Mortalité cumulée)

Temps (jours)	Log (temps)	Plante							
		<i>E. alata</i>				<i>E. guyoniana</i>			
		M.C. (%)		Probits		M.C. (%)		Probits	
L ₅	Adultes	L ₅	Adultes	L ₅	Adultes	L ₅	Adultes		
1	0,00	0	0	-	-	0	0	-	-
2	0,30	0	0	-	-	0	0	-	-
3	0,47	0	0	-	-	0	0	-	-
4	0,60	0	0	-	-	0	0	-	-
5	0,69	0	0	-	-	0	0	-	-
6	0,77	0	0	-	-	16,66	0	4,02	-
7	0,84	0	0	-	-	16,66	0	4,0236	-
8	0,903	0	0	-	-	16,66	0	4,0236	-
9	0,954	0	0	-	-	16,66	0	4,0236	-
10	1,000	0	0	-	-	33,33	50,00	4,5958	5
11	1,041	0	0	-	-	50	50,00	5	5
12	1,079	0	0	-	-	50	50,00	5	5
13	1,114	0	0	-	-	83,33	50,00	5,9776	5
14	1,146	0	0	-	-	100	50,00	7,614	5
15	1,176	0	0	-	-	-	66,67	-	5,4398
16	1,204	-	0	-	-	-	66,67	-	5,4398
17	1,230	-	0	-	-	-	66,67	-	5,4398
18	1,255	-	0	-	-	-	66,67	-	5,4398
19	1,279	-	0	-	-	-	66,67	-	5,4398
20	1,301	-	0	-	-	-	66,67	-	5,4398
21	1,322	-	0	-	-	-	66,67	-	5,4398
22	1,342	-	0	-	-	-	66,67	-	5,4398
23	1,362	-	0	-	-	-	66,67	-	5,4398
24	1,380	-	0	-	-	-	66,67	-	5,4398
25	1,398	-	0	-	-	-	66,67	-	5,4398
26	1,415	-	0	-	-	-	66,67	-	5,4398
27	1,431	-	0	-	-	-	66,67	-	5,4398
28	1,447	-	0	-	-	-	66,67	-	5,4398
29	1,462	-	0	-	-	-	66,67	-	5,4398
30	1,477	-	0	-	-	-	66,67	-	5,4398

(Suite)

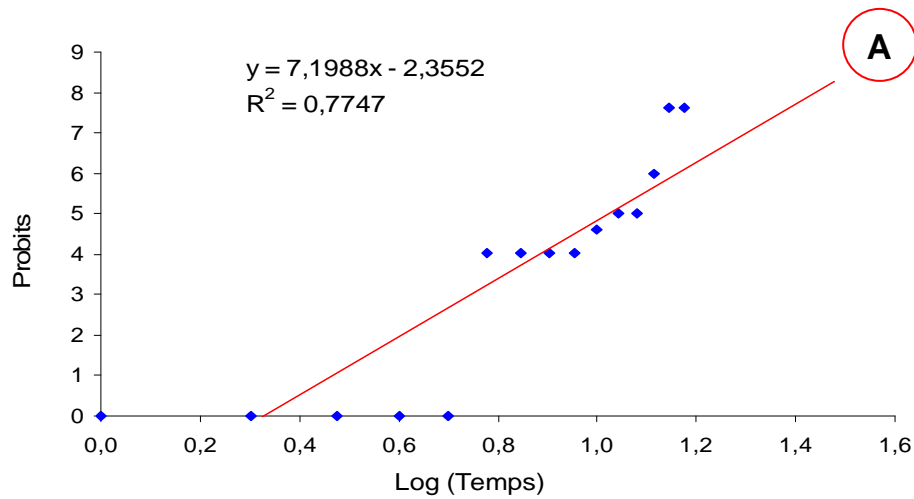
Tableau 6- Mortalités corrigée et probits correspondants en fonction du temps de traitement par les extraits des six plantes acridifuges

Temps (jours)	Log (temps)	Plante							
		<i>P. harmala</i>				<i>Z. lotus</i>			
		M.C. (%)		Probits		M.C. (%)		Probits	
L ₅	Adultes	L ₅	Adultes	L ₅	Adultes	L ₅	Adultes		
1	0,000	0	0	-	-	0	0	-	-
2	0,301	0	0	-	-	0	0	-	-
3	0,477	0	0	-	-	0	0	-	-
4	0,602	0	0	-	-	0	0	-	-
5	0,699	0	0	-	-	0	0	-	-
6	0,778	0	0	-	-	0	0	-	-
7	0,845	0	0	-	-	0	0	-	-
8	0,903	16,66	0	4,0236	-	0	0	-	-
9	0,954	16,66	0	4,0236	-	0	0	-	-
10	1,000	16,66	0	4,0236	-	0	0	-	-
11	1,041	16,66	0	4,0236	-	0	0	-	-
12	1,079	16,66	16,66	4,0236	4,0236	0	0	-	-
13	1,114	16,66	16,66	4,0236	4,0236	0	0	-	-
14	1,146	16,66	16,66	4,0236	4,0236	0	0	-	-
15	1,176	16,66	16,66	4,0236	4,0236	0	0	-	-
16	1,204	-	16,66	-	4,0236	-	0	-	-
17	1,230	-	16,66	-	4,0236	-	0	-	-
18	1,255	-	16,66	-	4,0236	-	0	-	-
19	1,279	-	16,66	-	4,0236	-	0	-	-
20	1,301	-	16,66	-	4,0236	-	0	-	-
21	1,322	-	16,66	-	4,0236	-	0	-	-
22	1,342	-	16,66	-	4,0236	-	0	-	-
23	1,362	-	16,66	-	4,0236	-	0	-	-
24	1,380	-	16,66	-	4,0236	-	0	-	-
25	1,398	-	16,66	-	4,0236	-	0	-	-
26	1,415	-	16,66	-	4,0236	-	0	-	-
27	1,431	-	16,66	-	4,0236	-	0	-	-
28	1,447	-	16,66	-	4,0236	-	0	-	-
29	1,462	-	16,66	-	4,0236	-	0	-	-
30	1,477	-	16,66	-	4,0236	-	0	-	-

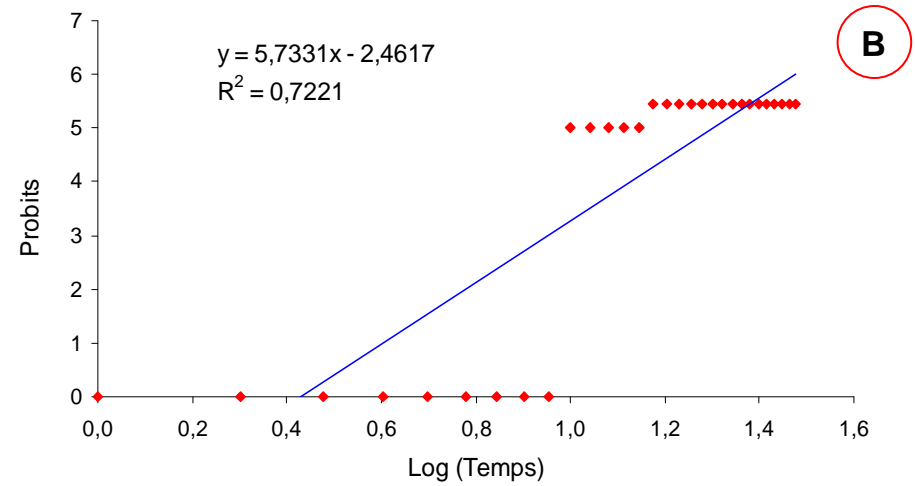
(Suite)

Tableau 6- Mortalités corrigée et probits correspondants en fonction du temps de traitement par les extraits des six plantes acridifuges

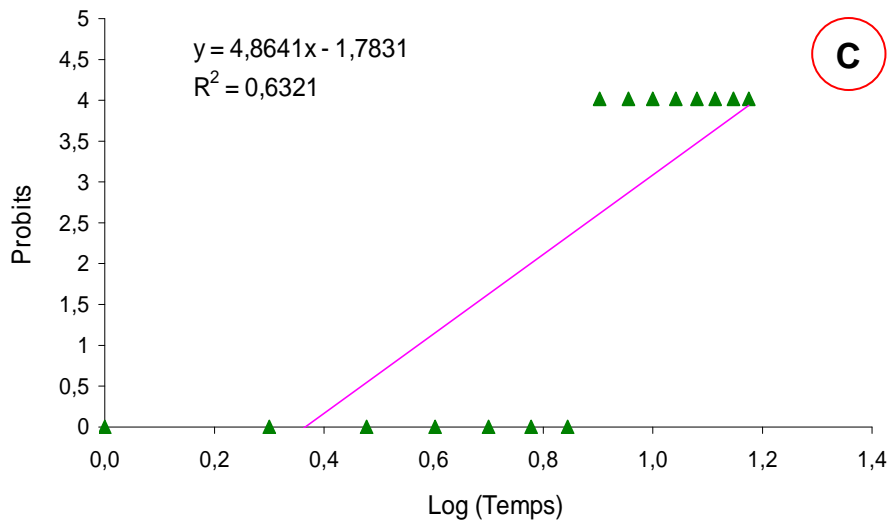
Temps (jours)	Log (temps)	Plante							
		<i>C. colocynthis</i>				<i>C. arabica</i>			
		M.C. (%)		Probits		M.C. (%)		Probits	
L ₅	Adultes	L ₅	Adultes	L ₅	Adultes	L ₅	Adultes		
1	0,000	0	0	-	-	0	0	-	-
2	0,301	0	0	-	-	0	0	-	-
3	0,477	0	0	-	-	0	0	-	-
4	0,602	0	0	-	-	0	0	-	-
5	0,699	0	0	-	-	0	0	-	-
6	0,778	0	0	-	-	0	0	-	-
7	0,845	0	0	-	-	0	0	-	-
8	0,903	16,66	0	4,0236	-	16,66	0	4,0236	-
9	0,954	33,33	0	4,5958	-	16,66	0	4,0236	-
10	1,000	33,33	0	4,5958	-	16,66	0	4,0236	-
11	1,041	33,33	0	4,5958	-	16,66	0	4,0236	-
12	1,079	33,33	0	4,5958	-	16,66	0	4,0236	-
13	1,114	33,33	0	4,5958	-	16,66	0	4,0236	-
14	1,146	33,33	0	4,5958	-	16,66	0	4,0236	-
15	1,176	33,33	0	4,5958	-	16,66	0	4,0236	-
16	1,204	-	0	-	-	-	16,66	-	4,0236
17	1,230	-	0	-	-	-	16,66	-	4,0236
18	1,255	-	16,66	-	4,0236	-	33,33	-	4,5958
19	1,279	-	16,66	-	4,0236	-	33,33	-	4,5958
20	1,301	-	16,66	-	4,0236	-	33,33	-	4,5958
21	1,322	-	16,66	-	4,0236	-	33,33	-	4,5958
22	1,342	-	16,66	-	4,0236	-	33,33	-	4,5958
23	1,362	-	16,66	-	4,0236	-	33,33	-	4,5958
24	1,380	-	16,66	-	4,0236	-	33,33	-	4,5958
25	1,398	-	16,66	-	4,0236	-	33,33	-	4,5958
26	1,415	-	16,66	-	4,0236	-	33,33	-	4,5958
27	1,431	-	16,66	-	4,0236	-	33,33	-	4,5958
28	1,447	-	16,66	-	4,0236	-	33,33	-	4,5958
29	1,462	-	16,66	-	4,0236	-	33,33	-	4,5958
30	1,477	-	16,66	-	4,0236	-	33,33	-	4,5958



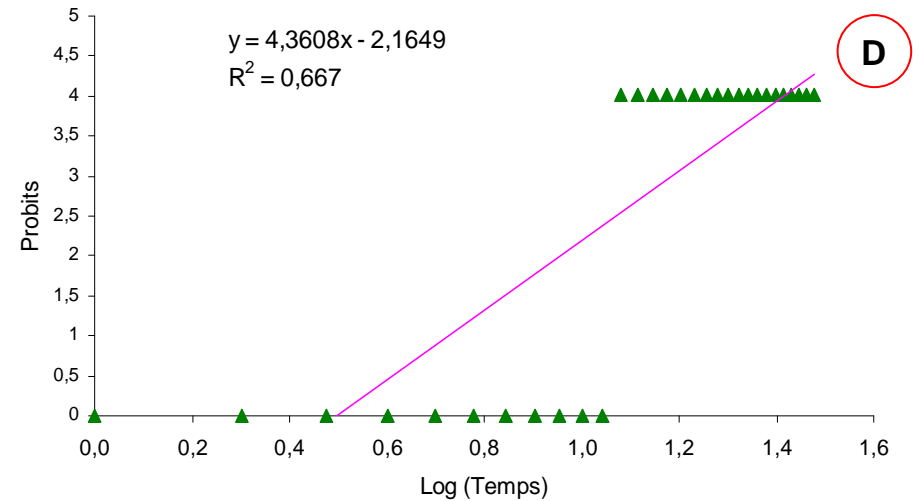
Action de l'extrait d'*Euphorbia guyoniana* dans le temps sur les larves L₅ de *S. gregaria*.



Action de l'extrait d'*Euphorbia guyoniana* dans le temps sur les Adultes de *S. gregaria*.

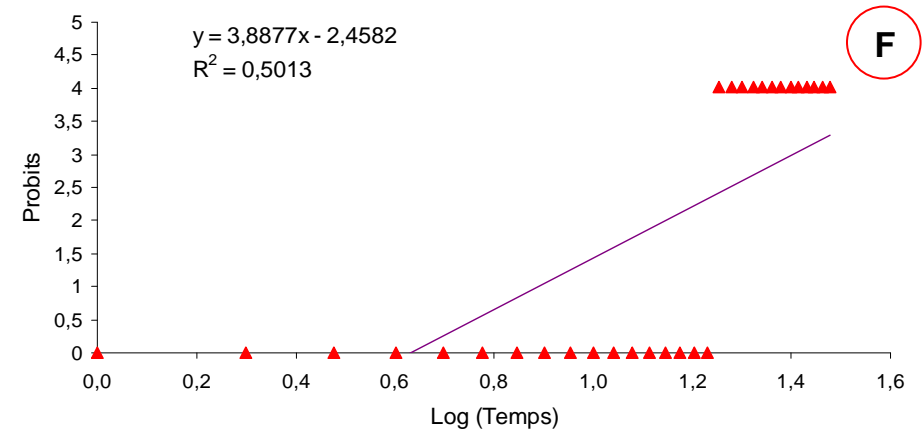
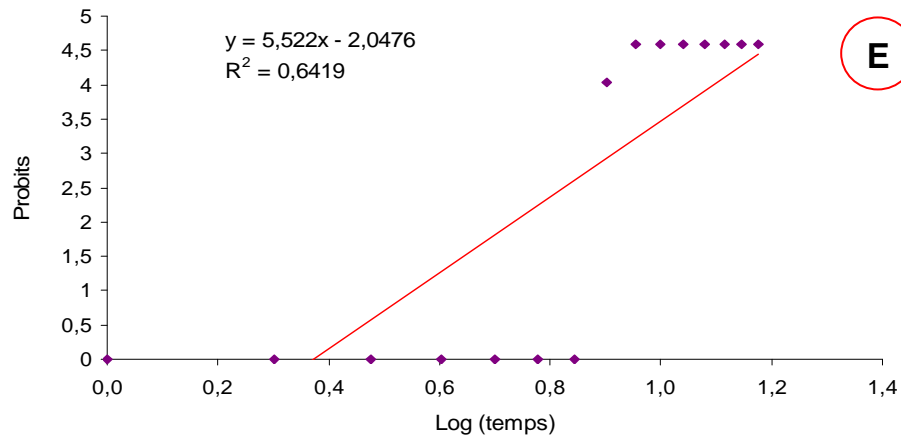


Action de l'extrait de *Peganum harmala* dans le temps sur les larves L₅ de *S. gregaria*.



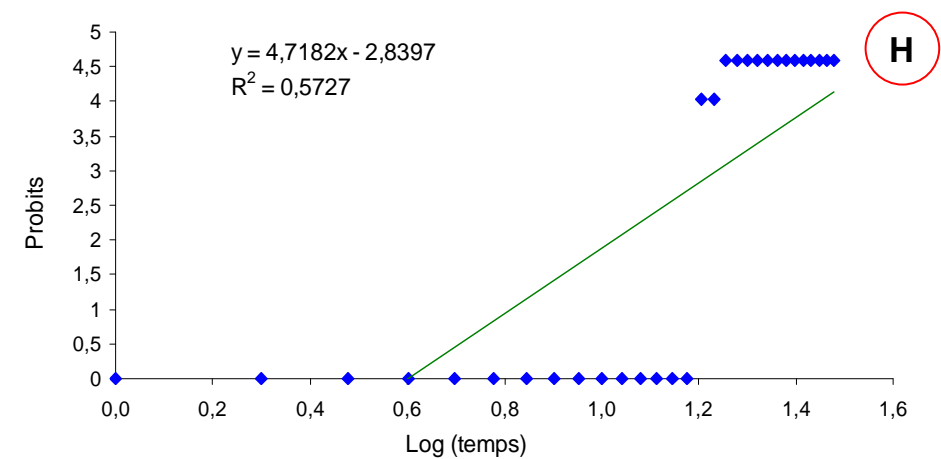
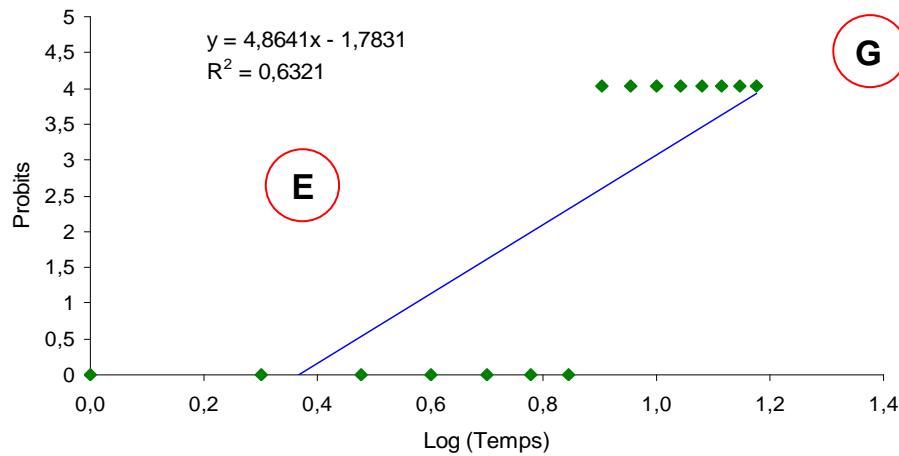
Action de l'extrait de *Peganum harmala* dans le temps sur les Adultes de *S. gregaria*.

(Suite)



Action de l'extrait de *Citrilus colocynthis* dans le temps sur les larves L₅ de *S.gregaria*

Action de l'extrait de *Citrilus colocynthis* dans le temps sur les adultes de *S.gregaria*.



Action de l'extrait de l'extrait de *Cleome arabica* dans le temps sur les larves L₅ de *S.gregaria*.

Action de l'extrait de l'extrait de *Cleome arabica* dans le temps sur les adultes de *S.gregaria*.

Figure 9A, B, C, D, E, F, G, H- Relation entre *Schistocerca gregaria* et les extraits des plantes en fonction du temps

jours, pour mélia *Melia azedarach* 8,2 jours, et 10,4 jours pour *Eucalyptus globulus*. 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. Utilisant un champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* sur les larves L₅ de *S. gregaria*, HALOUANE (1997) note un TL₅₀ de l'ordre de 4,85 jours pour une concentration de 1,3.10³ spores/ml.

Tableau 7 - Equations des droites de régression, coefficients de régressions et les valeurs de TL₅₀ évaluées pour les six extraits de plantes acridifuges

Plantes	Stade	Equation de régression	Coefficient de régression (R ²)	Temps létal 50 (TL ₅₀) (en jours)
<i>E. guyoniana</i>	L ₅	y= 7,1988x – 2,3552	0,7747	10,5123
	Adulte	y= 5,7331x – 2,4617	0,7221	20,0216
<i>P. harmala</i>	L ₅	y= 4,8641x – 1,7831	0,6321	24,8027
	Adulte	y= 4,3608– 2,1649	0,667	43,9566
<i>C. colocynthis</i>	L ₅	y= 5,522x – 2,0476	0,6419	18,8886
	Adulte	y= 3,8877x – 2,4582	0,5013	82,8705
<i>C. arabica</i>	L ₅	y= 4,8641x – 1,7831	0,6321	24,8027
	Adulte	y= 4,7182x – 2,8397	0,5727	45,8669
<i>E. alata</i>	L ₅	/	/	/
	Adulte	/	/	/
<i>Z. lotus</i>	L ₅	/	/	/
	Adulte	/	/	/

L'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* est plus toxique car présente le TL₅₀ le plus court comparativement aux autres extraits foliaires, présentant des

TL₅₀ relativement élevés. La rapidité d'action est beaucoup plus marquée chez les larves L₅, ayant des TL₅₀, signalés plus faibles comparativement à ceux constatés chez les adultes. Cela traduit la toxicité des extraits s'avérant plus élevée pour les larves comparativement aux adultes.

3.1.4.- Action des extraits végétaux sur le coefficient d'utilisation digestive (CUD)

Les valeurs moyennes du coefficient d'utilisation digestif, calculées à partir de chaque espèce végétale testée, durant la période d'expérimentale, sont regroupées dans le tableau 8.

Tableau 8- Valeurs moyennes du coefficient d'utilisation digestif (CUD) des différents extrais végétaux chez les adultes et les larves L₅ *S. gregaria*

Paramètres	Coefficient d'utilisation digestif (CUD) de différents stades (%)	
	Larves L ₅	Adultes
Témoin	93,975 ± 01,968	93,928 ± 02,092
<i>Ephedra alata</i>	63,463 ± 07,851	65,181 ± 04,221
<i>Euphorbia guyoniana</i>	23,431 ± 22,993	45,858 ± 03,659
<i>Peganum harmala</i>	66,609 ± 12,454	66,501 ± 03,038
<i>Zizyphus lotus</i>	68,062 ± 11.611	71,632 ± 06,771
<i>Citrullus colocynthis</i>	55,478 ± 16,053	68,236 ± 03,100
<i>Cleome arabica</i>	68,031 ± 03,391	54,133 ± 07,703

Au vu des résultats du tableau 8, il ressort l'existence d'une grande variabilité des valeurs du coefficient d'utilisation digestif (CUD) pour les différents extraits. Les valeurs du coefficient d'utilisation digestif (CUD), notées pour les extraits foliaires des six plantes testées, sont nettement inférieures à celles des

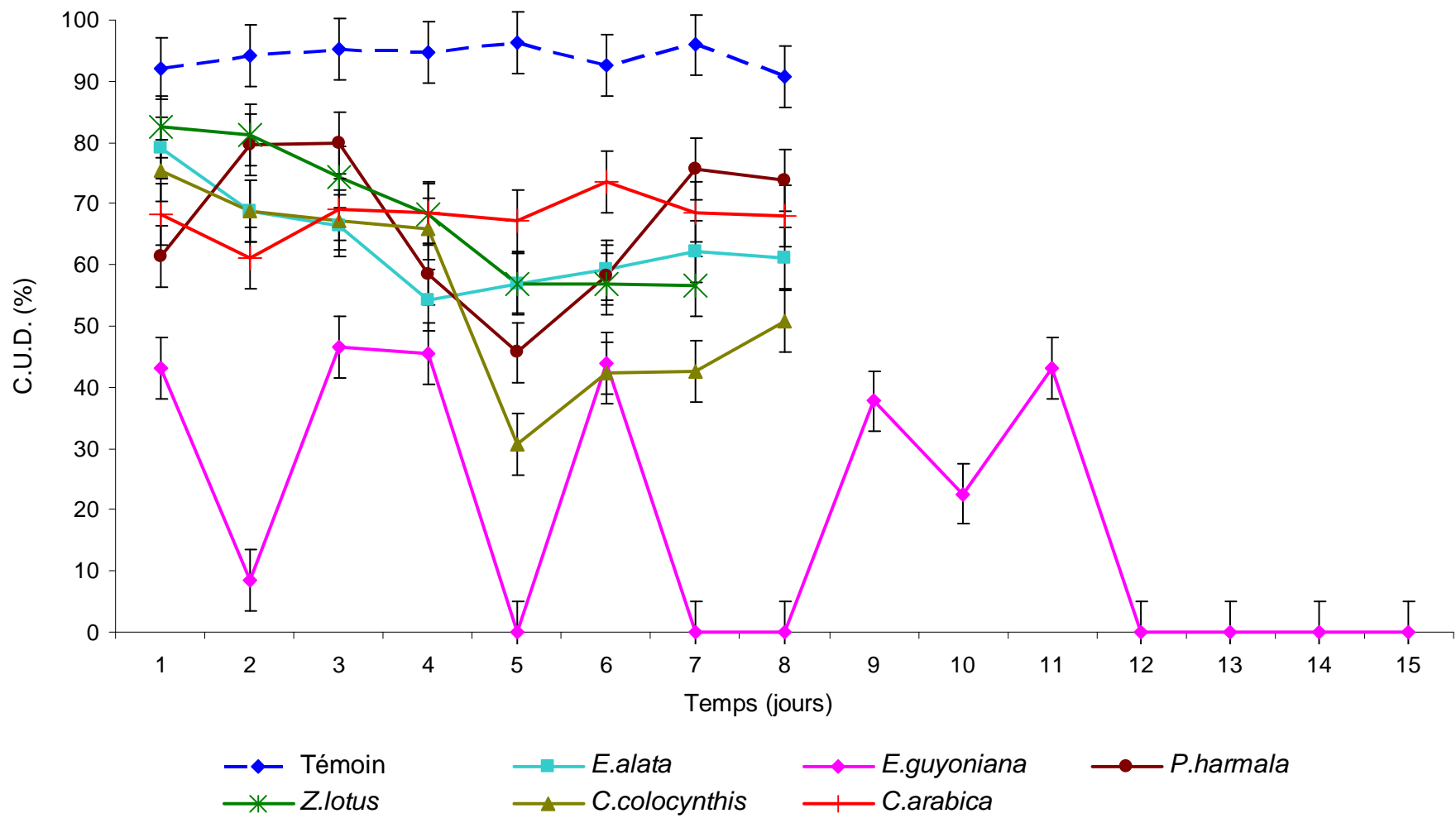


Figure 10- Variations journalières des valeurs du coefficient d'utilisation digestif (CUD) des larves L₅ de *S. gregaria* mis en présence de feuilles de chou témoin et traité par les extraits des six plantes acridifuges.

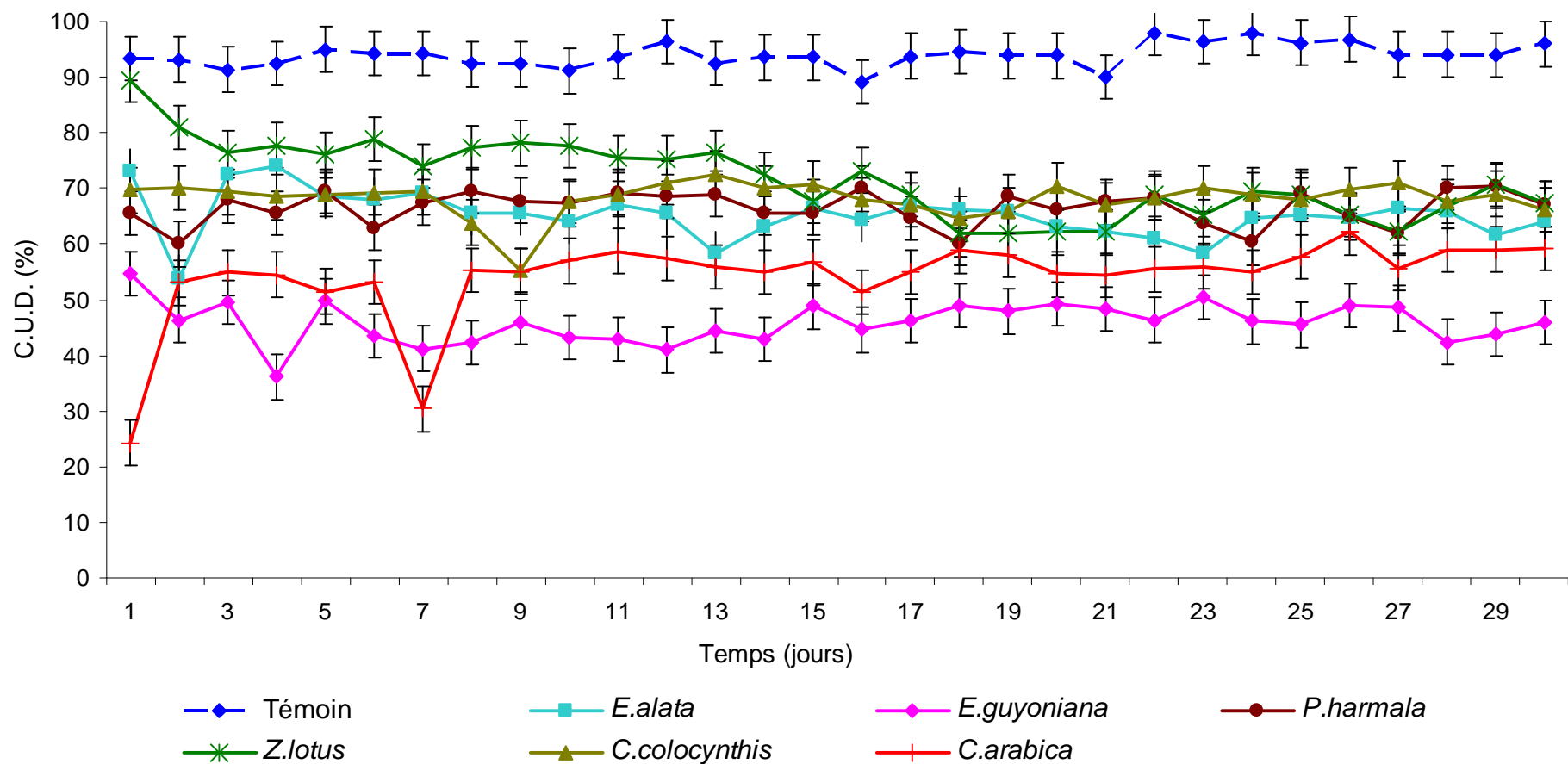


Figure 11- Variations journalières des valeurs du coefficient d'utilisation digestif (CUD) des adultes de *S. gregaria* mis en présence de feuilles de chou témoin et traité par les extraits des six plantes acridifuges

témoins (Fig. 10 et 11). L'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* présente une action appréciable sur la digestibilité chez les larves L₅ et adultes de *S. gregaria*. Il est suivi par l'extrait de *Citrullus colocynthis*, puis par l'extrait de *Cleome arabica* et de *Peganum harmala*. Les larves L₅ et les adultes du Criquet pèlerin semble relativement moins sensible aux extraits d'*Ephedra alata* et de *Zizyphus lotus*.

Avec un coefficient d'utilisation digestif (CUD) observé, de 23,431% chez les larves et 45,858% chez les adultes, l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* semble plus d'efficace, et affecte profondément la digestion chez les criquets traités. La conséquence de ses faibles valeurs du coefficient d'utilisation digestif (CUD), se traduit par une défécation intense et par des pertes en eau exceptionnelle extériorisée, par des diarrhées rouges observées durant toute la période d'expérimentation. Les mêmes symptômes sont notés chez les individus traités par des extraits foliaires de *Citrillus colocynthis* (photo 16), de *Cleome arabica* ou de *Peganum harmala*, mais avec une moindre action que celles perceptibles chez *Euphorbia guyoniana*. La valeur de leur coefficient d'utilisation digestive (CUD) chez cet insecte est supérieure à celle notée chez les traités avec l'extrait d'*E. guyoniana*. L'extrait foliaire de ces trois plantes, présence des coefficients d'utilisations digestives (CUD) de l'ordre de 55,478%, 68,031% et 66,609% pour les larves L₅ et de 68,236%, 54,133% et 66,501% pour les adultes traités par les extraits de *Citrillus colocynthis*, *Cleome arabica* et de *Peganum harmala* respectivement. Les mêmes symptômes sont observés par MORETEAU (1991) chez les individus de *Locusta migratoria* (R. & F.), exposés aux pesticides de synthèse utilisés en lutte antiacridienne. Cependant, les criquets traités par des extraits de feuilles d'*Ephedra alata* et *Zizyphus lotus*, le coefficient d'utilisation digestive (CUD) observé, est de 63,463% et 65,181% pour les larves L₅ et adultes respectivement pour le premier extrait et de 68,062% et 71,632% pour le second. Ces valeurs du coefficient d'utilisation digestive (CUD), comparativement à celles notées pour les témoins soit 93,975 % pour les larves L₅ et 93,928% pour les adultes sont les résultats d'une défécation intense mais dont la teneur en eau est relativement plus faible par apport aux premiers extraits végétaux. Il est remarqué que la sensibilité des larves L₅ et des adultes en matière de capacité digestif, sont relativement semblables. OULD AHMEDOU et al. (2001), dans leur étude sur comportement alimentaire de *S. gregaria*, rapporte que sur un régime alimentaire mono-spécifique à base de *Glinus litoides* (Aizoaceae) et *Citrillus colocynthis* (Cucurbitaceae) des larves L₄

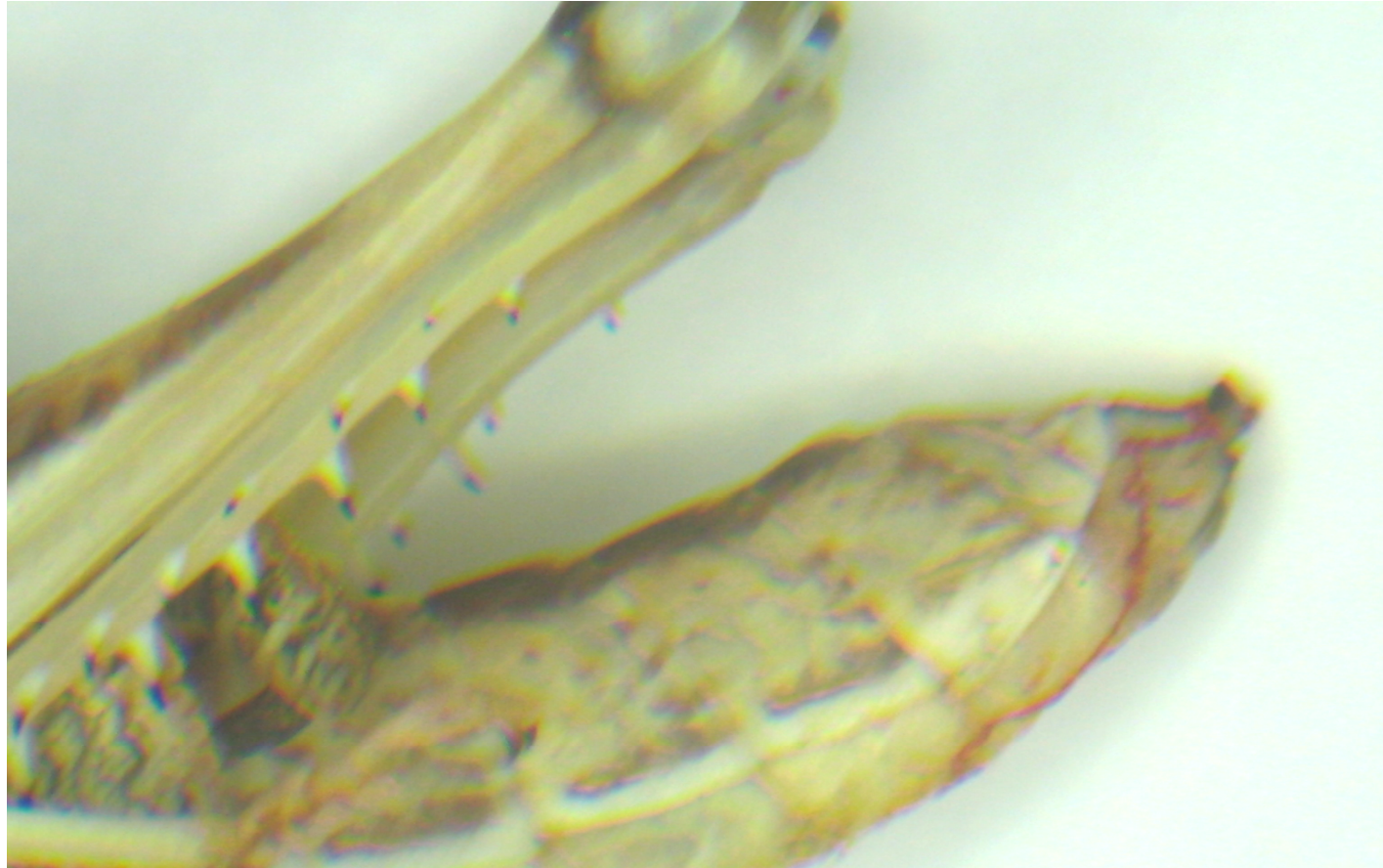


Photo 16.- Diarrhée rouge observé sur femelle de *S. gregaria* traité par l'extrait de *Citrullus colocynthis*.

présentent un coefficient d'utilisation digestive (CUD) de l'ordre de 40,13 % \pm 13,14 pour *G. litoides* et de 67,21% \pm 6,28 pour *C. colocynthis*.

La diminution de la digestibilité des feuilles de *B. oleracea* est constatée dans l'ensemble des lots traités par rapport à celles des témoins. Des fèces liquides sont constatées chez les traités à l'aide des extraits d'*Euphorbia guyoniana*, *Citrullus colocynthis*, *Cleome arabica* et de *Peganum harmala*, avec apparition de diarrhées rouges. Chez les individus traités à l'aide des extraits d'*Ephedra alata* et *Zizyphus lotus*, une défécation intense est observée. Les extraits foliaires des plantes testées, affectent la digestion des criquets, et engendrent des profondes perturbations de métabolisme hydrique chez les insectes. D'ailleurs, il est admis que la régulation du métabolisme hydrique chez les criquets, demeure sous le contrôle du système neuroendocrinien par le biais des facteurs hormonaux dits diurétiques synthétisés par les cellules du ganglion sous-oesophagien. Elles agissent sur le tube de Malpighi pour la sécrétion de l'urine primaire et antidiurétique d'origine cérébrale joue un rôle antidiurétique au niveau de rectum en favorisant la réabsorption de l'eau du bol alimentaire (PROUX, 1991). Cela révèle l'action des extraits végétaux sur le mécanisme de régulation de la réabsorption d'eau, soit par une inhibition des hormones ou de leurs cibles tissulaires, en provoquant des altérations au niveau de cellules rectales responsable de la réabsorption d'eau ou bien par l'augmentation de la sécrétion d'eau sous forme d'urine par le tube de Malpighi.

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 glyco-, lipo- 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 cellobiose 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). Leurs présences engendrent 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 (LOUIS, 2004). 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 des substances gênants la digestion tels que les tanins, et de la capacité du système digestif du phytophage. Le coefficient d'utilisation digestive (CUD) représente les résultats d'interactions entre le tube digestif et la composition de la plante consommée (LE GALL, 1989).

3.1.5.- Action des extraits végétaux sur la croissance pondérale

Les résultats relatifs aux variations du poids moyens journalier constaté chez les larves L₅ et adultes de *S. gregaria* témoins et traités à l'aide des extraits végétaux de six plantes acridifuges, sont rapportés dans le tableau 9.

D'après les résultats rapportés du tableau 9, il est constaté que chez les larves L₅ et chez les adultes de *S. gregaria* traités à l'aide de l'extrait foliaire d'*Ephorbia guyoniana* une diminution constante du poids. Cette chute du poids constaté est probablement la conséquence de refus de consommer les feuilles de chou traité à l'extrait d'*E. guyoniana*. Cette diminution de poids est moins perceptible chez les criquets traités à l'aide des autres extraits végétaux (Fig. 12). Toutefois, une diminution continue du poids des larves L₅, par contre, les adultes améliorent leur poids par une prise de nourriture conséquente, chez les individus traités à l'extrait de *Zizyphus lotus*. Cela montre une tolérance des adultes par apport aux larves. Tandis que chez les individus nourris avec des feuilles traitées à l'extrait de *C. colocynthis*, *C. arabica*, *E. alata* ou *P. harmala*, les larves L₅, ainsi que les adultes ont augmentés leur poids, mais à des proportions très faibles comparativement aux individus des lots témoins. Au vu de la figure 12, il ressort que chez les L₅ et adultes mis en présence des feuilles de chou traitées à l'aide de l'extrait foliaire d'*E. guyoniana*, perdent 26,93% et 33,09% de leur poids initial respectivement. Alors que chez les traités à l'aide des extraits de *Z. lotus* et *C. colocynthis*, une chute du poids est constaté chez

Tableau 9 - Évolution pondérale moyenne (g) des larves L₅ et des adultes de *S. gregaria* mis en présence de feuilles de chou traité par les extraits foliaires des six plantes acridifuges

Temps (jours)	<i>B. oleracea</i> (Témoin)		<i>B. oleracea</i> traité aux extraits					
			<i>E. alata</i>		<i>E. guyoniana</i>		<i>P. harmala</i>	
	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne
1	1,510±0,237	2,361±0,489	1,513±0,243	2,565±0,733	1,119±0,227	2,366±0,406	1,405±0,208	2,150±0,383
2	1,593±0,310	2,426±0,563	1,397±0,430	2,492±0,671	1,091±0,171	2,305±0,436	1,483±0,358	2,211±0,379
3	1,597±0,346	2,565±0,648	1,379±0,311	2,485±0,688	1,081±0,158	2,238±0,425	1,513±0,336	2,211±0,467
4	1,790±0,368	2,542±0,671	1,394±0,388	2,493±0,685	1,059±0,174	2,156±0,413	1,419±0,255	2,207±0,476
5	1,805±0,362	2,513±0,671	1,536±0,355	2,482±0,635	0,989±0,172	2,153±0,425	1,464±0,122	2,225±0,524
6	1,789±0,354	2,536±0,723	1,655±0,397	2,500±0,647	0,984±0,180	2,150±0,426	1,449±0,175	2,218±0,519
7	1,843±0,280	2,536±0,723	1,617±0,361	2,511±0,644	0,949±0,219	2,109±0,446	1,552±0,167	2,221±0,524
8	1,852±0,258	2,586±0,758	1,726±0,335	2,521±0,657	0,882±0,169	2,082±0,427	1,632±0,286	2,206±0,471
9	Imagos	2,586±0,758	Imagos	2,525±0,658	0,850±0,150	2,032±0,424	Imagos	2,220±0,504
10	Imagos	2,640±0,803	Imagos	2,483±0,724	0,781±0,143	2,015±0,422	Imagos	2,238±0,520
11	Imagos	2,671±0,842	Imagos	2,466±0,693	0,741±0,076	2,016±0,426	Imagos	2,240±0,538
12	Imagos	2,698±0,866	Imagos	2,469±0,709	0,639±0,060	2,006±0,400	Imagos	2,249±0,546
13	Imagos	2,705±0,851	Imagos	2,460±0,685	0,602±0,046	2,011±0,403	Imagos	2,268±0,555
14	Imagos	2,737±0,819	Imagos	2,577±0,755	0,589±0,000	2,014±0,406	Imagos	2,205±0,518
15	Imagos	2,759±0,860	Imagos	2,526±0,726	0,000	2,017±0,409	Imagos	2,170±0,446

(Suite)

Tableau 9 - Évolution pondérale moyenne (g) des larves L₅ et des adultes de *S. gregaria* mis en présence de feuilles de chou traité par les extraits foliaires des six plantes acridifuges

Temps (jours)	<i>B. oleracea</i> (Témoin)		<i>B. oleracea</i> traité aux extraits de					
			<i>E. alata</i>		<i>E. guyoniana</i>		<i>P. harmala</i>	
	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne
16	-	2,744±0,816	-	2,543±0,790	-	2,015±0,430	-	2,176±0,494
17	-	2,748±0,851	-	2,543±0,756	-	2,018±0,443	-	2,186±0,536
18	-	2,756±0,865	-	2,511±0,769	-	2,014±0,455	-	2,199±0,512
19	-	2,743±0,864	-	2,523±0,747	-	1,992±0,437	-	2,203±0,517
20	-	2,766±0,864	-	2,536±0,764	-	1,973±0,385	-	2,211±0,576
21	-	2,789±0,825	-	2,545±0,774	-	1,977±0,418	-	2,227±0,555
22	-	2,804±0,916	-	2,559±0,829	-	1,973±0,466	-	2,208±0,607
23	-	2,810±0,881	-	2,515±0,759	-	1,983±0,461	-	2,219±0,559
24	-	2,806±0,873	-	2,533±0,758	-	1,970±0,443	-	2,181±0,535
25	-	2,829±0,851	-	2,558±0,832	-	1,949±0,428	-	2,186±0,471
26	-	2,821±0,864	-	2,569±0,834	-	1,838±0,221	-	2,168±0,519
27	-	2,838±0,965	-	2,57±10,802	-	1,893±0,403	-	2,179±0,495
28	-	2,838±0,965	-	2,516±0,770	-	1,855±0,369	-	2,202±0,516
29	-	2,826±0,937	-	2,537±0,787	-	1,802±0,367	-	2,223±0,551
30	-	2,840±0,937	-	2,513±0,763	-	1,778±0,368	-	2,252±0,693

(Suite)

Tableau 9 - Évolution pondérale moyenne (g) des larves L₅ et des adultes de *S. gregaria* mis en présence de feuilles de chou traité par les extraits foliaires des six plantes acridifuges

Temps (jours)	<i>B. oleracea</i> traité aux extraits					
	<i>Z. lotus</i>		<i>C. colocynthis</i>		<i>C. arabica</i>	
	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne
1	1,343±0,248	2,844±0,678	1,771±0,171	2,360±0,633	1,291±0,120	2,426±0,476
2	1,413±0,180	2,843±0,682	1,901±0,209	2,371±0,538	1,331±0,287	2,400±0,455
3	1,396±0,275	2,849±0,667	1,840±0,227	2,363±0,574	1,359±0,281	2,396±0,454
4	1,359±0,343	2,866±0,681	1,811±0,252	2,392±0,603	1,344±0,334	2,384±0,442
5	1,214±0,245	2,883±0,692	1,796±0,358	2,417±0,597	1,334±0,382	2,355±0,431
6	1,218±0,224	2,927±0,806	1,816±0,282	2,475±0,546	1,428±0,442	2,325±0,478
7	1,098±0,133	2,910±0,765	1,774±0,303	2,479±0,574	1,406±0,413	2,273±0,391
8	Imagos	2,930±0,739	1,704±0,341	2,509±0,579	1,463±0,410	2,295±0,394
9	Imagos	2,946±0,892	Imagos	2,525±0,570	Imagos	2,301±0,385
10	Imagos	2,958±0,872	Imagos	2,537±0,659	Imagos	2,314±0,391
11	Imagos	3,008±0,783	Imagos	2,526±0,625	Imagos	2,367±0,432
12	Imagos	2,970±0,769	Imagos	2,579±0,587	Imagos	2,383±0,450
13	Imagos	2,959±0,839	Imagos	2,561±0,594	Imagos	2,391±0,434
14	Imagos	3,008±0,867	Imagos	2,584±0,610	Imagos	2,392±0,459
15	Imagos	3,078±0,934	Imagos	2,606±0,620	Imagos	2,407±0,505

(Suite)

Tableau 9 - Évolution pondérale moyenne (g) des larves L₅ et des adultes de *S. gregaria* mis en présence de feuilles de chou traité par les extraits foliaires des six plantes acridifuges

Temps (jours)	<i>B. oleracea</i> traité aux extraits					
	<i>Z. lotus</i>		<i>C. colocynthis</i>		<i>C. arabica</i>	
	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne	L ₅ Moyenne	Adulte Moyenne
16	-	3,069±0,841	-	2,589±0,646	-	2,391±0,486
17	-	3,101±0,861	-	2,632±0,607	-	2,325±0,480
18	-	3,072±0,803	-	2,664±0,580	-	2,338±0,498
19	-	3,054±0,923	-	2,592±0,680	-	2,337±0,489
20	-	3,218±0,950	-	2,629±0,648	-	2,353±0,483
21	-	3,218±0,950	-	2,681±0,746	-	2,369±0,495
22	-	3,286±1,059	-	2,711±0,759	-	2,376±0,500
23	-	3,281±1,100	-	2,749±0,758	-	2,363±0,510
24	-	3,287±1,086	-	2,781±0,744	-	2,346±0,456
25	-	3,271±1,078	-	2,787±0,786	-	2,359±0,482
26	-	3,274±1,167	-	2,810±0,840	-	2,374±0,501
27	-	3,231±1,064	-	2,836±0,840	-	2,377±0,500
28	-	3,263±1,052	-	2,851±0,866	-	2,374±0,540
29	-	3,217±1,045	-	2,884±0,900	-	2,370±0,540
30	-	3,215±1,057	-	2,843±0,881	-	2,378±0,549

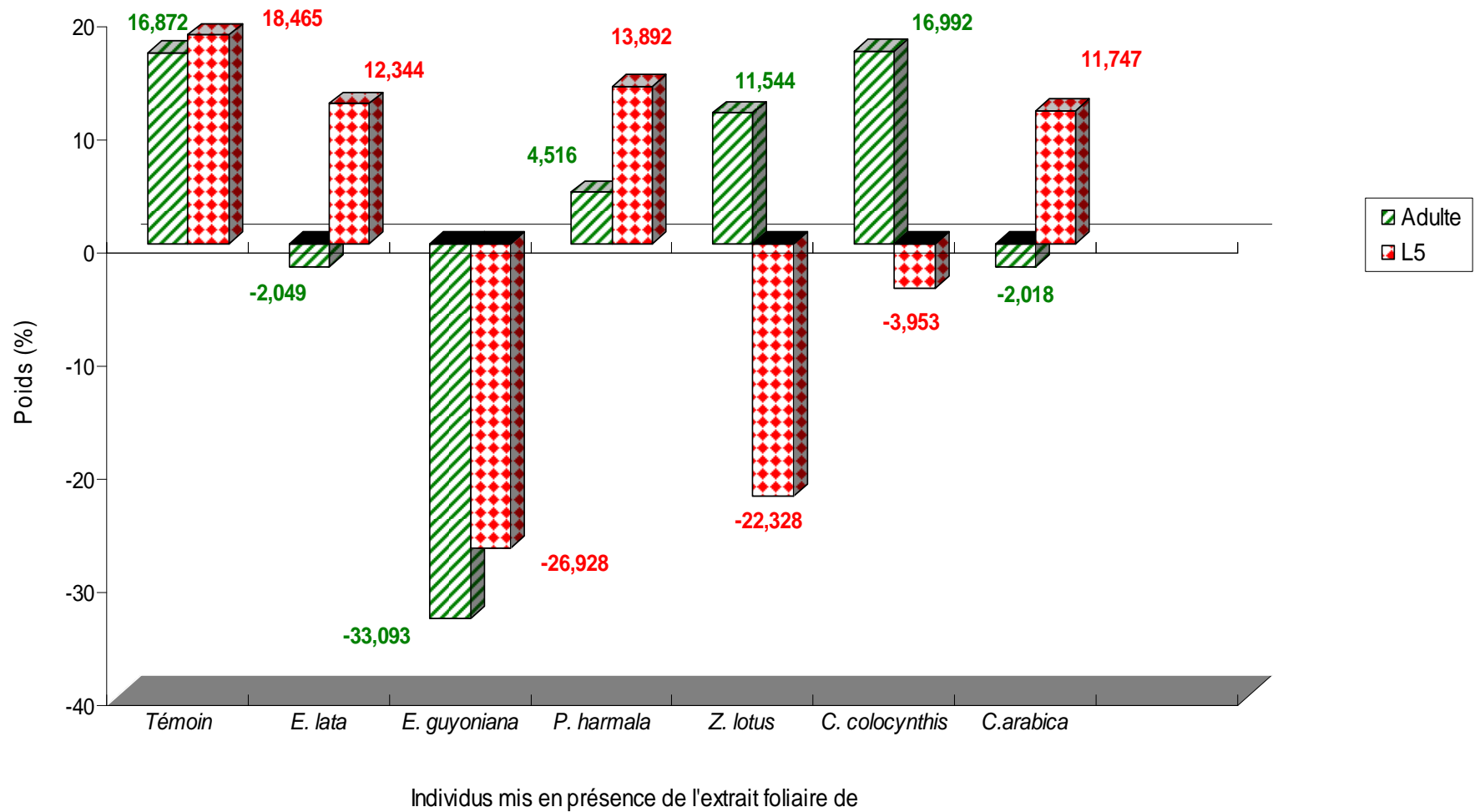


Figure 12 - Comparaison de pourcentage des variations moyennes du poids par apport au poids initial des larves L₅ et adultes de *S. gregaria* témoins et traités.

les larves L₅. Elle est de 22,33% avec *Z. lotus* et 03,95% avec *C. colocynthis*. Cependant, une amélioration du poids de l'ordre de 11,54% et 16,99% est enregistrée chez les traités avec l'extrait foliaire de *Z. lotus* et *C. colocynthis* respectivement. Une amélioration du poids chez les larves L₅ traités à l'aide de l'extrait d'*E. alata* et *C. arabica* de l'ordre de 12,34% pour le premier et 11,75% pour le second respectivement est constaté. Quant aux adultes une chute de poids de 02,05% est remarquée avec l'extrait d'*E. alata* et de 02,02% avec *C. arabica*. Ce gain de poids est plus notable chez les témoins des larves L₅ et les adultes. Elles ont augmentés leur poids de 18,46% pour les larves L₅ et les adultes de 16,87%. 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 L₅ et adultes du Criquet pèlerin à une plantes nourricière aspergée d'extraits de *Milia azerdarach*, d'*azeradarachta indica*, de *Nerium oleander*, d'*inola viscosa*, d'*Eucalyptus occidentalis*, de *Calotropis procerea*, et de *Glinus litoides*, 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 nourris aux feuilles de *B. oleacera* traitées à l'extrait foliaire d'*E. guyoniana* sont notés. Les larves L₅ et adultes mis en présence de feuilles de chou imprégnés de l'extrait à l'acétone d'*E. alata*, *P. harmala* *Z. lotus*, *C. colocynthis* et *C. arabica*, ont manifesté un sévère ralentissement de croissance pondérale et des difficultés au cours de la mue sont constatés chez les traités par les extraits foliaires de *P. harmala*, *C. colocynthis*, et *C. arabica* de 16,66% pour chacune des plantes.

La sous alimentation ou bien l'inanition totale entraîne chez les insectes de profondes altérations physiologiques et biochimiques (CHAUVIN, 1956). Bien que WILPS et al. (1992), TAIL (1998) rapportent que les composés actifs contenus dans les extraits de *Milia volkensis* ralentissent la croissance et le développement de *S. gregaria* en affectant la prise alimentaire, fertilité et la fécondité des criquets traités.

La nourriture est un facteur essentiel pour la croissance et le développement des insectes, en fonction de sa quantité et qualité, joue un rôle primordial, en modifiant plusieurs paramètres biologiques, physiologiques et comportementaux des phytophages. En effet certains phénomènes notamment la mue et la maturation sexuelle, dépend 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 constatés révèlent la faculté phagorépusive 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 L₅ et adultes, de même bloque la mue imaginale.

Les études menées sur la nutrition des insectes ou bien sur l'effets de substances de synthèses ou naturelles sur les mécanismes nutritionnelles des insectes phytophages, sont opérés 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 du 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.

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

La figure 13 rassemble les moyennes de l'indice de consommation des larves L₅ et des adultes du Criquet pèlerin calculées de pour chaque extrait végétal et témoins. Il apparaît que pour chacun que ce soit larve L₅ ou adulte, l'indice de consommation présente une variabilité assez grande, pour le même lot, mais et entre les différents lots. Des valeurs négatives de l'indice de consommation sont notées chez les traités avec les extraits végétaux d'*Ephedra alata*, *Euphorbia guyoniana*, *Citrillus colocynthis* et *Cleome arabica*. Pour les individus des lots témoins, les valeurs de l'indice de consommation sont élevées comparativement aux résultats des lots nourris aux feuilles de chou traitées par les extraits. L'indice de consommation rapporté pour les larves L₅ et les adultes de lots témoins sont respectivement de l'ordre de 132.22 et 42,56. Les moyennes du gain de poids constaté chez les individus nourris par les feuilles de chou traitées par les extraits de *P. harmala* et *Z. lotus* sont de 0,004 g et 0,013 g.

Il apparaît que les extraits présentent des effets nocifs sur la capacité digestive et de conversion digestive. Bien que, les insectes se nourrissent de feuilles de chou aspergées des différents extraits, les insectes ne gagnent guère ou pas de poids, ou perdent. Cela révèle l'effet dissuasif des extraits végétaux testés sur la digestion et sur le métabolisme de Criquet pèlerin.

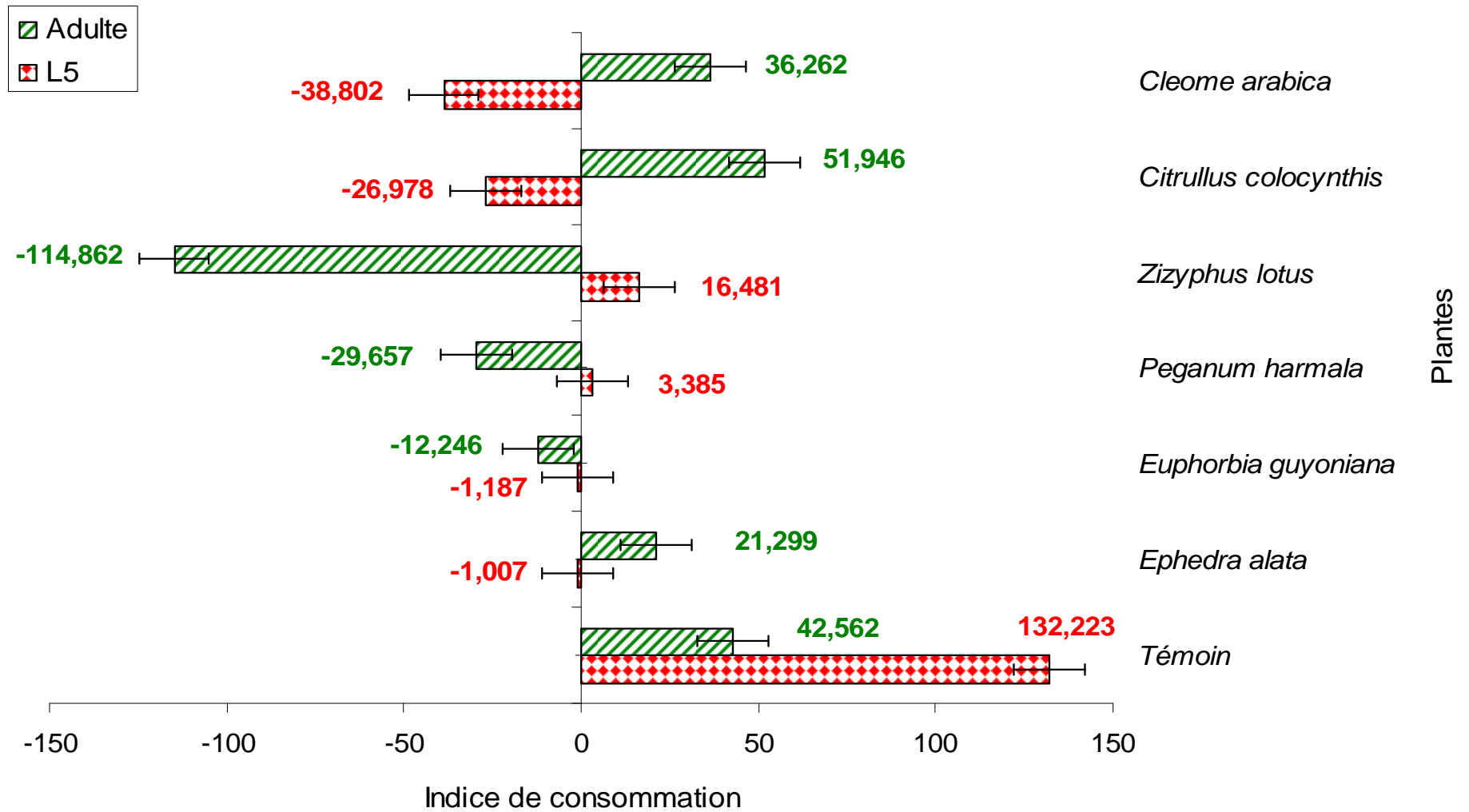


Figure 13 - Valeurs moyenne de l'indice de consommation évalué pour chaque extrait végétal et témoin chez les adultes et les larves L₅ de *S. gregaria*

Pour PHILLOGEN (1991), l'effet des métabolites secondaires des plantes sur les insectes peut prendre trois aspects: par la présence de substances indigestes capables de réduire la possibilité d'assimilation ce qui engendre des carences en nutriments nécessaires à un développement normal. Ou bien, par la contenance des composés capables d'affecter directement l'intégrité des cellules et par conséquent la fonction digestive intrinsèque en rompant le développement et la croissance. Ou par la présence des composés à action mimétique ou anti-hormonale, qui peuvent provoquer de profondes perturbations endocriniennes toute en affectant diverses fonctions élémentaires chez les insectes dont l'exuviation, le développement, la diapause et la reproduction.

3.1.1.6.- Action des extraits végétaux sur le développement ovarien

Le tableau 10 rapporte les résultats de l'analyse de la variance à un facteur contrôlé pour la taille des ovarioles.

Tableau 10- Analyse de la variance pour la taille des ovarioles (DL: Degré de liberté; SC: Somme des carrés; CM: Carré moyen; F obs.: F observé ou calculé; P.: Probabilité; F théo.: F théorique de la table de SNEDECOR ; *** : effet très hautement significatif).

Source	D.L.L.	S.C.E.	C.M.	F. Obs.	P.	F. théo.	Signification
Facteur	6	43,125	7,188	13,95	0.001	4,468	***
Erreur	53	27,304	0,515				
Total	59	70,429					

Au vu les résultats de l'analyse de la variance au seuil de 0,1%, il est constaté l'existence d'action différente, sur le développement ovarien très hautement significative entre les lots nourris aux extraits foliaires des végétaux et les lots nourris témoins (Tab. 10). La taille moyenne des ovarioles varie en fonction de l'extrait végétal. La taille la plus faible est observée chez les traités avec l'extrait de *E. guyoniana*, suivi de *C. arabica*, *P. harmala*, *E. alata*, *C. colocynthis*, et *Z. lotus* (Fig. 14). Cela, révèle l'effet nocif des toxines végétales des extraits foliaires étudiés sur le développement ovarien, ou bien, il est probablement le résultat de la baisse de la prise de nourriture qui peut engendrer des carences en nutriment nécessaires pour le développement notamment les

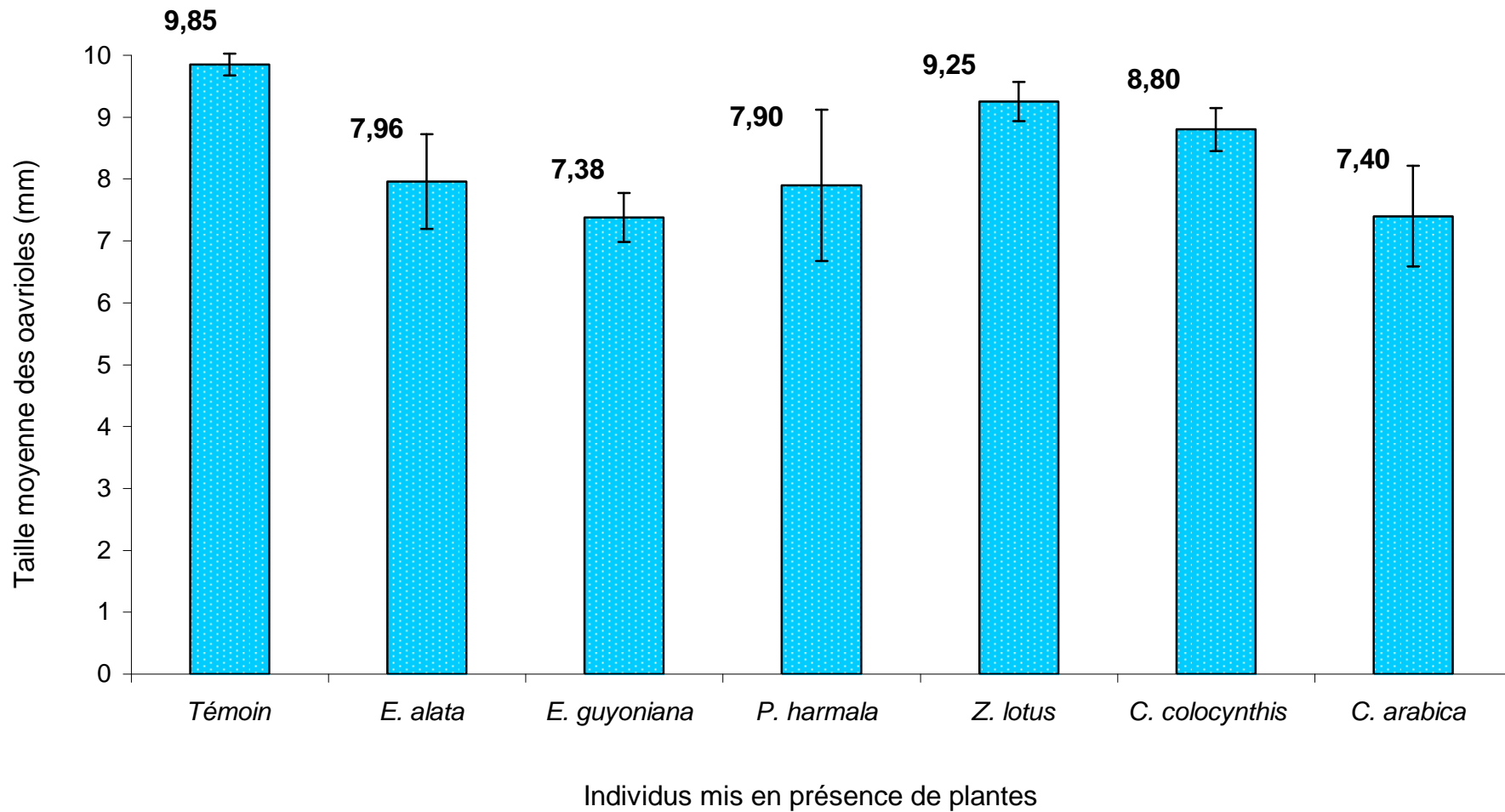


Figure 14 - Taille moyenne des ovarioles des femelles de *S. gregaria* témoins et traités par les extraits végétaux de six plantes acridifuges

protéines et les corps gras et à l'incapacité de digestion et d'assimilation constaté qui soldent par des valeurs de coefficient d'utilisation digestive faible et par une croissance pondérale restreinte (RAO et MEHROTRA, 1977). ABBASSI et *al.* (2003b), notent que la croissance ovocytaire et le cycle ovarien sont rompus chez les femelles du Criquet pèlerin mis en présence de feuilles de chou traitées à l'aide de l'extrait alcaloïdique de *Peganum harmala*. ABBASSI et *al.* (2004), rapportent que les toxines de *Calotropis procerea*, sont à l'origine du blocage de développement ovarien et de la vitellogénèse chez le Criquet pèlerin. Toutefois, QUERSHI et *al.* (1991) affirment le pouvoir abortif et antisperme de *Calotropis procerea* chez les mammifères.

En outre des dépôts de vitellus jaune sont constatés chez les femelles traités et témoins, de ce fait, il est jugé que les extraits végétaux des plantes étudiées n'affectent guère la vitellogénèse et même des ovocytes murent sont observés. Paradoxalement, lors de la dissection des femelles du Criquet pèlerin traités à l'extrait foliaire de *Citrullus colocynthis*, des corps de résorptions ou de régressions sont constatés (photo 17). Cela révèle l'effet anti-fertilisant de cette plante vis-à-vis de *S. gregaria*. En effet l'apparition des corps de résorptions indique que le processus de vitellogénèse est affecté (LAUNIOS –LUONG, 1978 in DOUMANDJI et DOUMANDJI- MITICHE, 1994).

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 affect profondément les systèmes élémentaires des insectes dont le système reproducteur. BEN HALIMA et *al.* (1984) cité par LE GALL (1989), rapport que la consommation de *Scorzonera pygmaea* L. (Asteraceae) par *Dociostaurus marocanus* affecte le développement ovarien chez cet acridien.

3.2.- Toxicité par contact

3.2.1.- Effet des huiles essentielles de *P. harmala* et *C. arabica* sur la mortalité des adultes et de larves L₅ de *S. gregaria*

Les résultats des figures 15 et 16, laissent apparaître que les huiles essentielles des deux plantes présentent, un effet létal aussi bien sur les larves

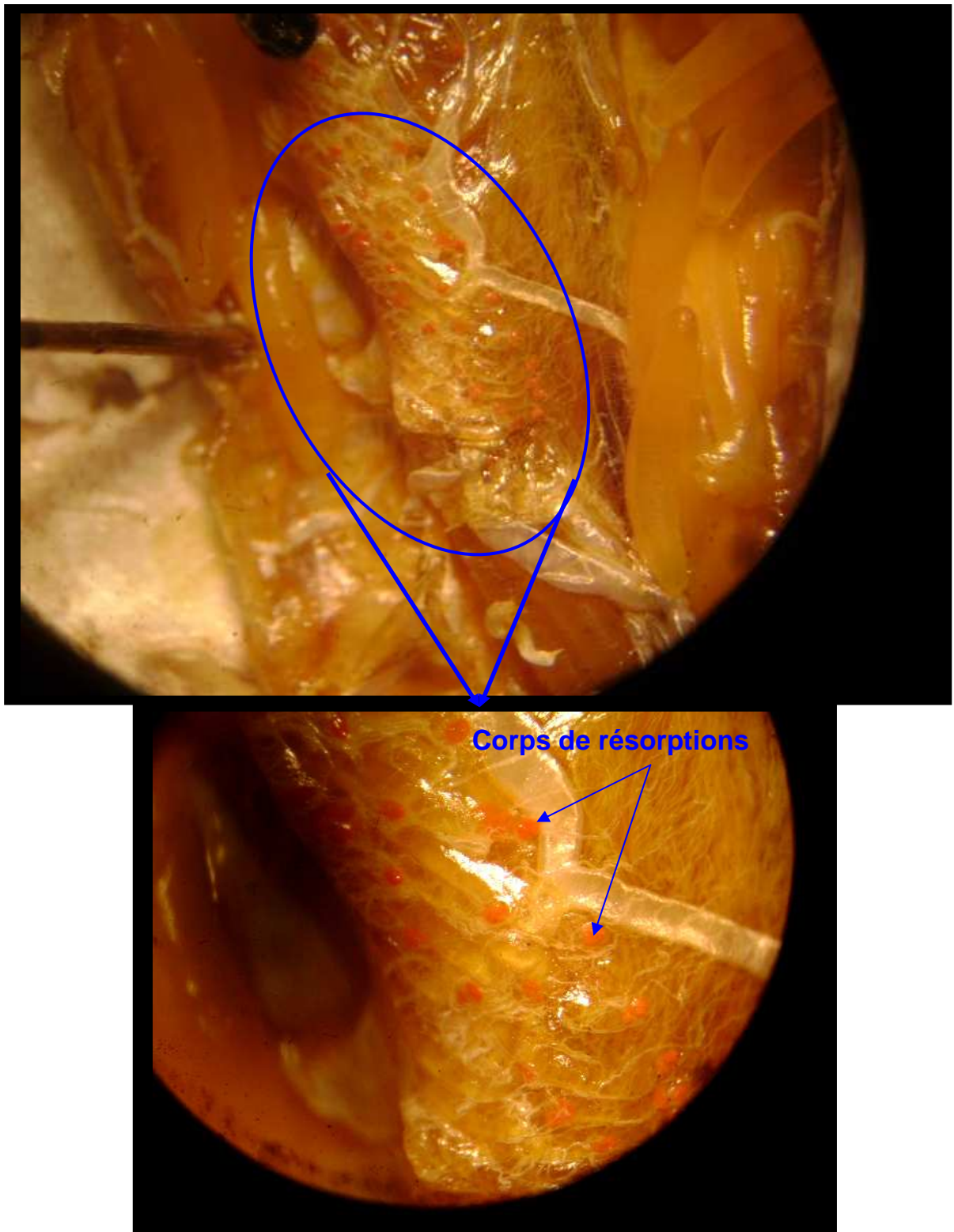


Photo 17- Corps de résorptions observés chez les femelles de *S. gegeria* mis en présence de feuilles de chou aspergées de l'extrait foliaire de *Citrullus colocynthis*.

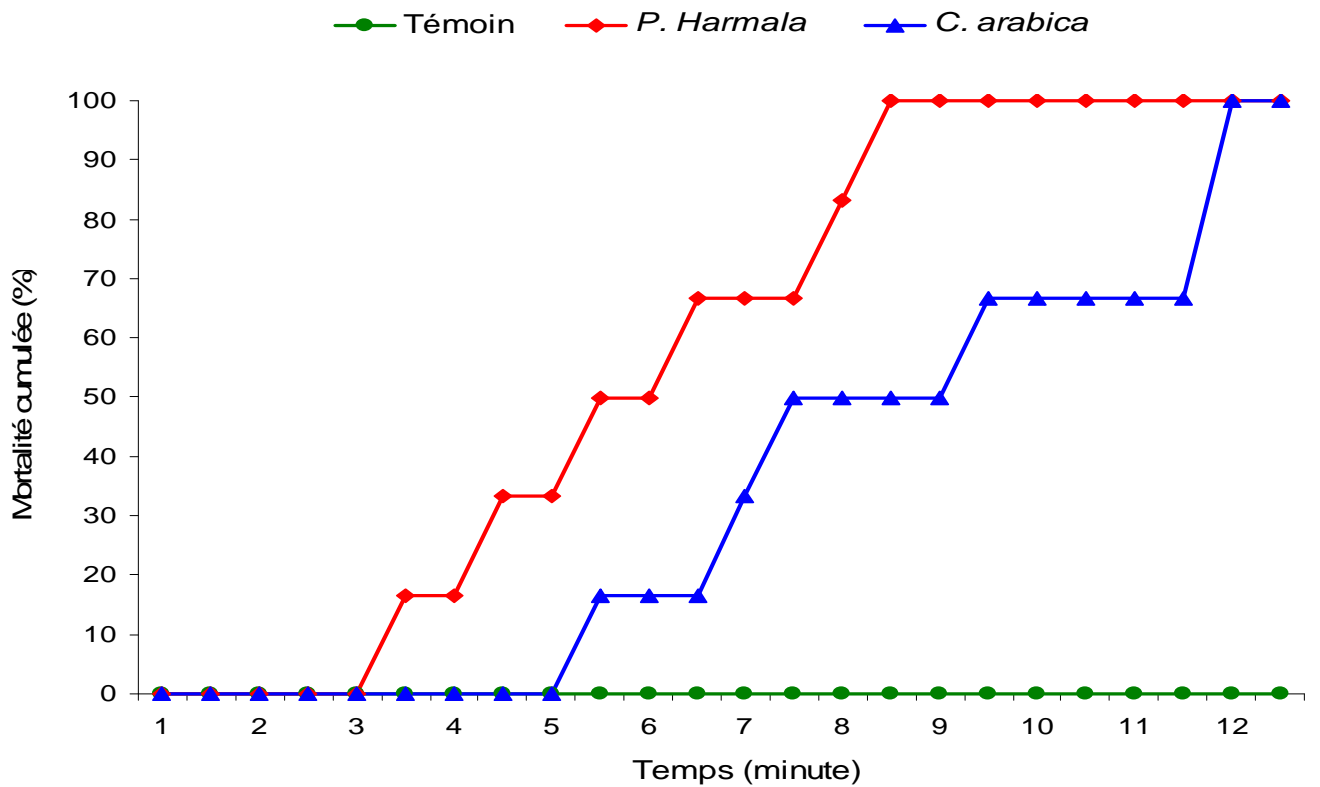


Figure 15 - Cinétique de la mortalité cumulée des larves L₅ de *S. gregaria* témoins et traitées par les huiles essentielles de *Peganum harmala* et *Cleome arabica*

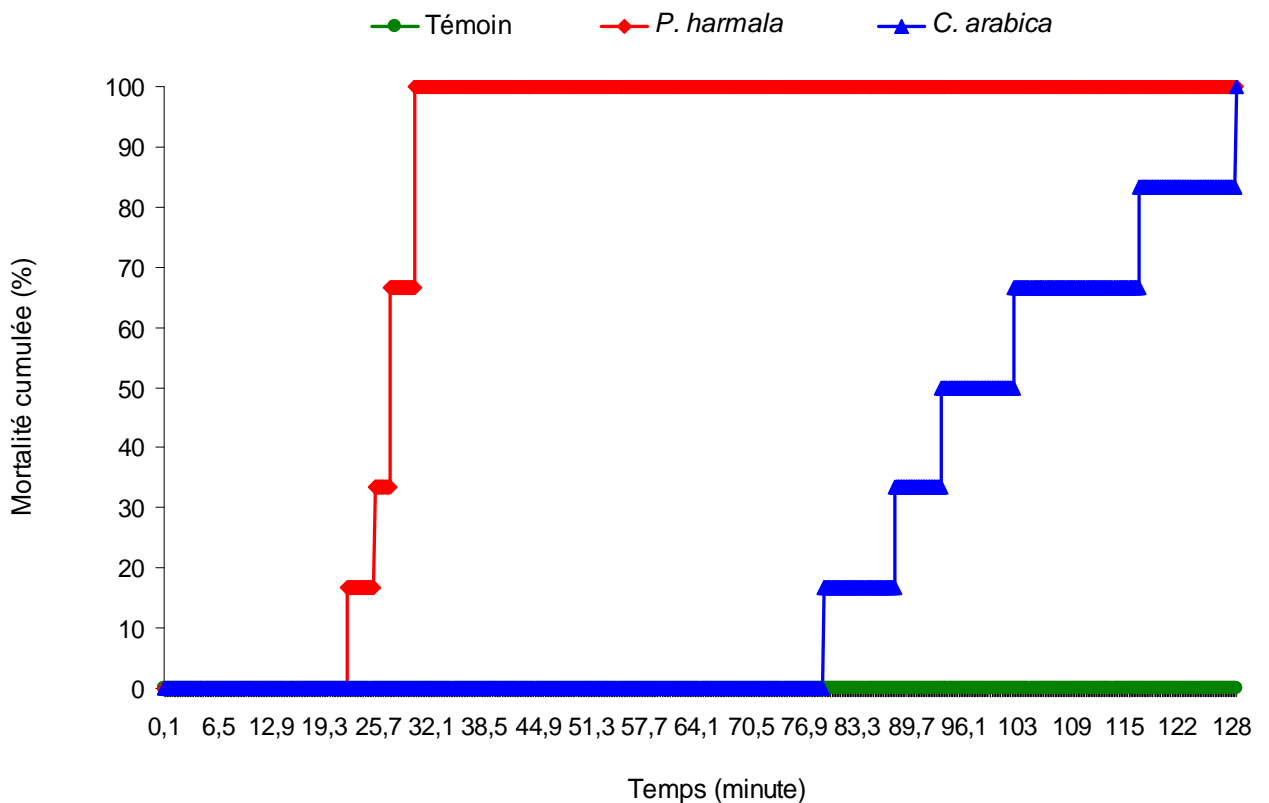


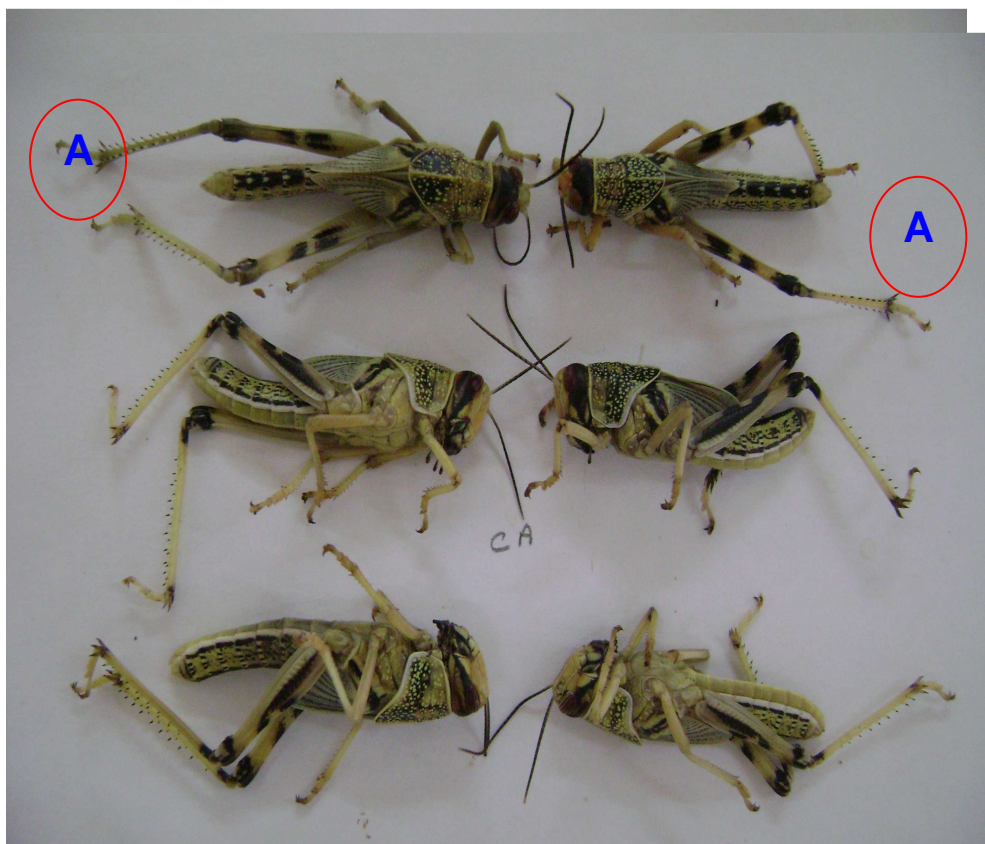
Figure 16 - Cinétique de la mortalité cumulée chez les adultes de *S. gregaria* témoins et traités par les huiles essentielles de *P. harmala* et *C. arabica*

L₅ que sur les adultes du Criquet pèlerin (photos 18A, B et 19A, B). Les larves L₅ semblent être plus sensibles que les adultes. Une mortalité de 100% est atteinte au bout de 08 mn 30' chez les traités avec les huiles essentielles de *P. harmala*, tant dis que chez les adultes, cette durée est de 30 mn 18'. Pour les traités à l'aide des huiles essentielles de *C. arabica*, une mortalité larvaire de 100% est constatée au bout de 12 mn 10'. Pour les adultes, c'est au bout de 128 mn 40' que la mortalité de 100% est atteinte. En revanche, aucune mortalité n'est observée chez les individus témoin et que les larves L₅ ont achevé leur mue imaginale au bout de 7±1 jours. Par ailleurs, des troubles de l'équilibre, des mouvements convulsifs, défécation intense, perte de la capacité de se percher à un support suite l'incapacité de jointure tarsique et réduction de la motricité sont observés. Cela témoigne l'action neurotoxique des huiles essentielle sur le Criquet pèlerin. Des manifestations analogues sont constatées chez les criquets traités avec des insecticides organohalogènes sur les criquets essaimants (MORETEAU, 1991).

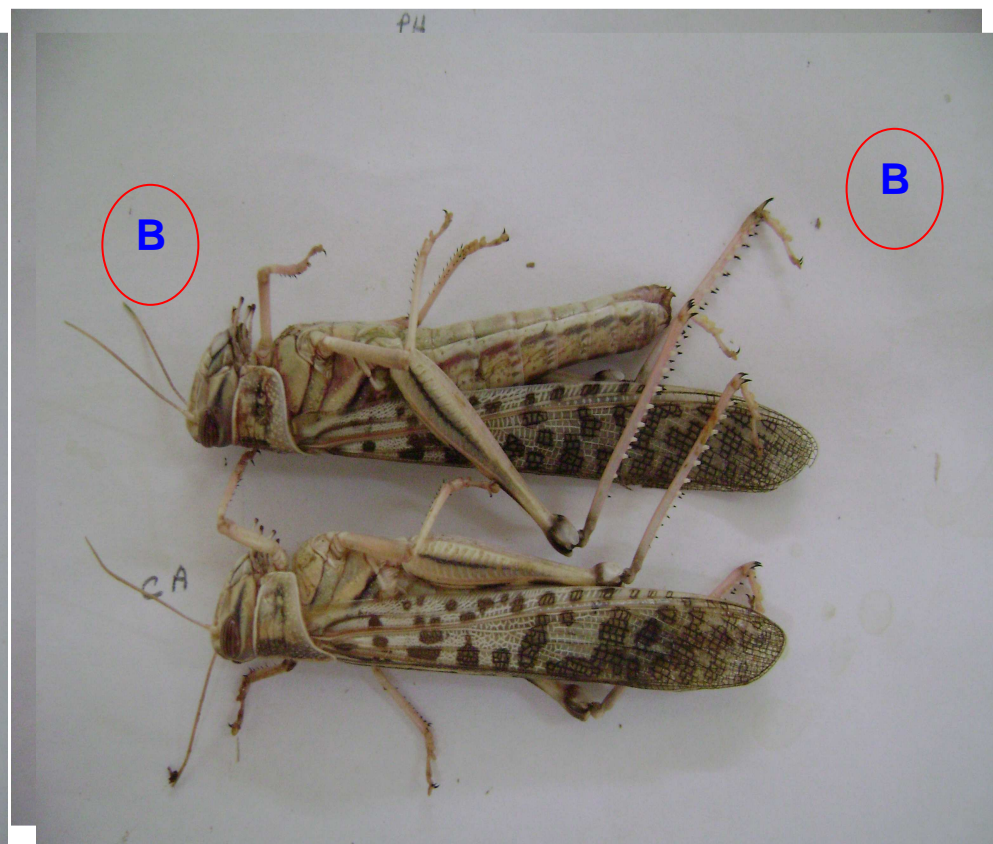
En examinant les cadavres des criquets sous la loupe binoculaire, aucune lésion cuticulaire n'est observée. Donc les huiles essentielles de ces deux plantes n'exercent guère d'effets sur la cuticule. Elles présentent une action par inhalation. ISMAN (2000) et CHIASSON et BELOIN (2007), en étudiant l'activité biologique des huiles essentielles de nombreuses plantes dont l'origan, basilic, marjolaine, thym, sauge, laurier, romarin, lavande et autres sur Thrips, les Pucerons, les Aleurodes, Coléoptères et les Hyménoptères, notent que les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des insectes et acariens à corps mou tel que les Thrips, les Pucerons, les Aleurodes et certains acariens. Par contre, elles se sont avérées moins efficaces avec des insectes à cuticule dure tels que des Coléoptères et Hyménoptères adultes et certains Acariens prédateurs.

Les huiles essentielles *Peganum harmala* et *Cleome arabica* présentent un effet létal aussi bien sur les larves que sur les adultes de *S. gregaria*, avec une rapidité d'action moindre, notée chez les adultes comparativement aux larves L₅.

Les huiles essentielles sont des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages. Ces extraits contiennent en moyenne 20 à 60 composés qui sont pour la plupart des



Larves L₅ de *S. gregaria* traitées par les huiles essentielles de *Peganum harmala*



Adultes de *S. gregaria* traités par les huiles essentielles de *Peganum harmala*

Photo 18 A, B– Larves L₅ et adultes de *Schistocerca gregaria* morts suite à la pulvérisation des huiles essentielles de *Peganum harmala*

Larves L₅ de *S. gregaria* traitées par les huiles
essentielles de *Cleome arabica*

Adultes de *S. gregaria* traités par les huiles
essentielles de *Cleome arabica*

Photo 19 A, B – Larves L₅ et adultes de *Schistocerca gregaria* morts suite à la pulvérisation
des huiles essentielles de *Cleome arabica*

molécules peu complexes, soit des monoterpènes avec leurs phénols reliés, et des terpènes plus complexes, dont les sesquiterpènes. Les biopesticides à base d'huiles essentielles présentent plusieurs caractéristiques d'intérêt. Plusieurs sont aussi efficaces que les produits de synthèse. Ils ont en général une efficacité à large spectre, mais très peu rémanents, pour cela, ils peuvent être appliqués jusqu'au moment de la récolte. Cette faible rémanence permet également de travailler au champ ou dans une serre dans un court délai après le traitement sans aucun risque d'intoxication (PAPACHRISTOS et STAMOPOULOS, 2002).

Les mécanismes d'action des propriétés pesticides des huiles essentielles sont méconnus et relativement peu d'études ont été réalisées à ce sujet (ISMAN, 2000). Il est rapporté que ces mécanismes sont uniques et que les biopesticides à base d'huiles essentielles peuvent être des outils de choix dans les programmes de lutte ou bien de gestion de la résistance des ravageurs aux pesticides classiques. Avec ces mécanismes d'action particuliers, ces biopesticides peuvent être utilisés seuls et à répétition sans potentiellement inciter le développement de la résistance chez les ravageurs (CHIASSEON et BELOIN, 2007).

Les huiles essentielles ont des effets antiappétants, répulsifs, affectant ainsi la mue, la fécondité, le développement et agissent directement sur la cuticule des insectes et acariens, engendrant des lésions, et peuvent également avoir des effets létaux sur nombreux organismes vivants (REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI, 1995; ISMAN, 2000; CHIASSEON et BELOIN, 2007).

3.2.1.- Temps léthal 50 (TL₅₀) des huiles essentielles de *P. harmala* et *C. arabica* sur les adultes et les larves L₅ de *S. gregaria*

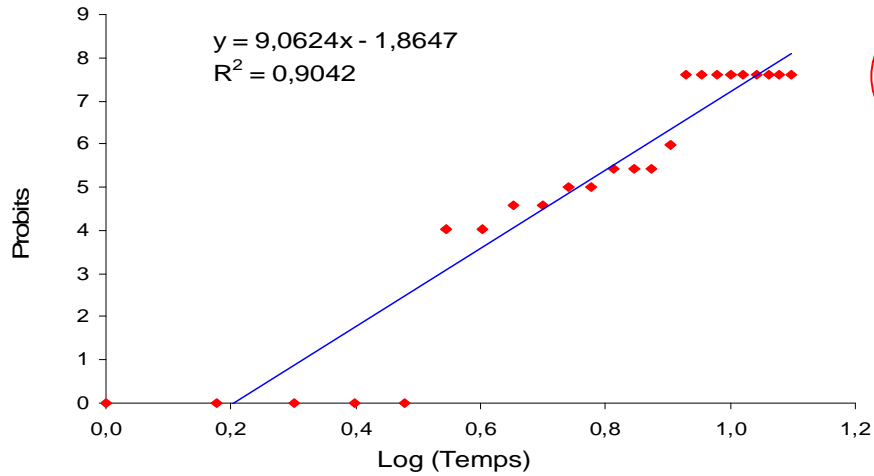
Les TL₅₀ des huiles essentielles de *Peganum harmala* et *Cleome arabica* sont calculés. Le tableau 11 et la figure 17 A, B, C, D, regroupent les équations et les droites de régression, les coefficients de régressions et les valeurs de TL₅₀ évalués pour les huiles essentielles des deux plantes étudiées.

Au vu des résultats du tableau 11, il est constaté une rapidité d'action de huiles essentielles de *P. harmala* comparativement aux ceux de *C. arabica*.

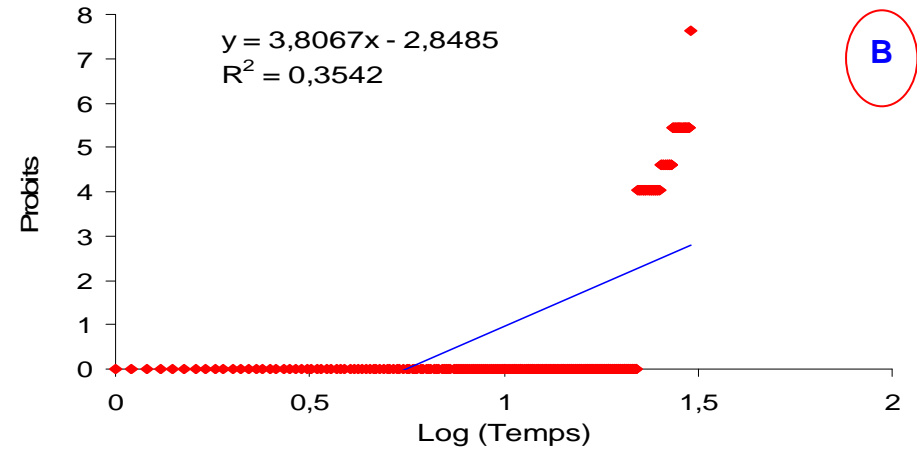
Tableau 11.- Equation de régression, coefficient de régression et les TL₅₀ calculés pour les huiles essentielles de *P. harmala* et *C. arabica*

Plantes	Stade	Equation de régression	Coefficient de régression (R ²)	Temps léthal 50 (TL ₅₀) (minute)
<i>P. harmala</i>	L ₅	$y = 9,0624x - 1,8647$	0,9042	06 mn 12'
	Adulte	$y = 3,8067x - 2,8485$	0,3542	19 mn 21'
<i>C. arabica</i>	L ₅	$y = 7,9709x - 2,6713$	0,769	09 mn 17'
	Adulte	$y = 4,2562x - 5,199$	0,4321	41mn 50'

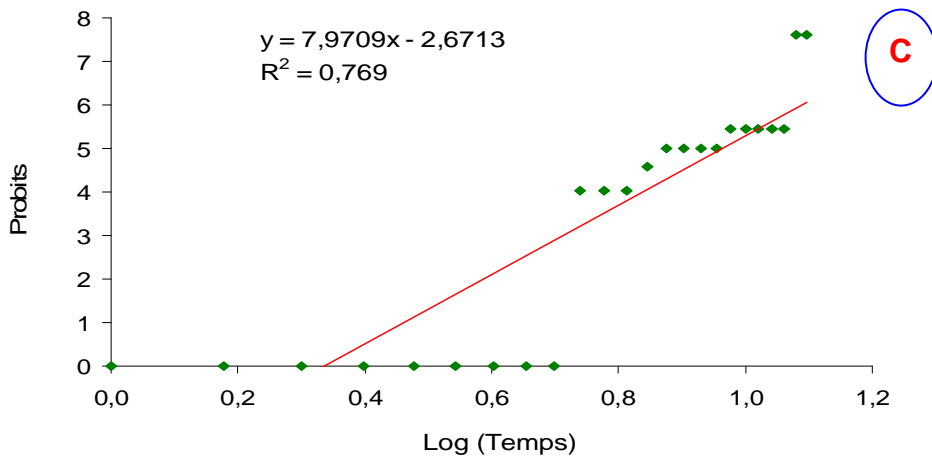
Le TL₅₀ noté pour les larves du cinquième stade traitées à l'aide des huiles essentielles de *P. harmala* est de 06 mn 12', alors qu'il est de 19 mn 21' pour les adultes. Quant aux traités avec les huiles essentielles de *C. arabica*, il est de l'ordre de 07 mn 17' et 41 mn 50' pour les larves L₅ et les adultes de *S. gregaria* respectivement. Il est à noter également que les larves L₅, sont plus sensibles à l'effet des huiles essentielles que les adultes. Cette différence dans la rapidité d'action entre les huiles essentielles de *P. harmala* et *C. arabica* est sans doute le résultat de la variation dans la composition chimique des huiles essentielles de deux plantes étudiées.



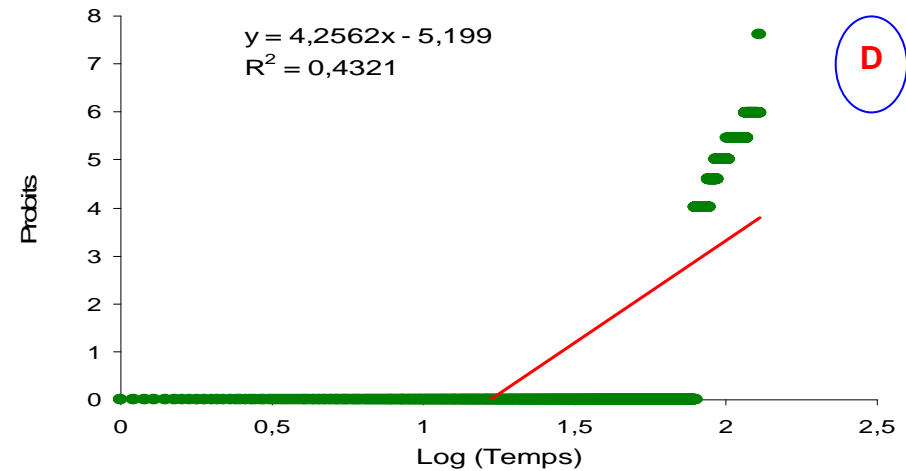
Huiles essentielles de *Peganum harmala* dans le temps sur les larves L₅ de *S. gregaria*.



Huiles essentielles de *Peganum harmala* dans le temps sur les Adultes de *S. gregaria*.



Huiles essentielles de *Cleome arabica* dans le temps sur les larves L₅ de *S. gregaria*.



Huiles essentielles de *Cleome arabica* dans le temps sur les Adultes de *S. gregaria*.

Figure 17A, B, C, D- Relation entre *Schistocerca gregaria* et les huiles essentielles de *Peganum harmala* et *Cleome arabica*.

Conclusion

Conclusion

Le Sahara algérien dispose d'une diversité floristique exceptionnelle, plusieurs espèces sont utilisées en pharmacopée traditionnelle comme remède pour soigner les différentes maladies et les infections. De même, il à signaler que certaines espèces de la flore spontanée, sont épargnées aussi bien par les juvéniles que par les adultes du Criquet pèlerin.

L'étude de l'activité biologique des extraits bruts à l'acétone de six plantes acridifuges endémiques du Sahara septentrional est Algérien sur les larves du cinquième stade et adultes de *S. gregaria*, est entreprise. Il s'agit de *Ephedra alata* (Ephedraceae), *Euphorbia guyoniana* (Euphorbiaceae), *Peganum Harmala* (Zygophyllaceae), *Zizyphus lotus* (Rhamnaceae), *Citrullus colocynthis* (Cucurbitaceae) et *Cleome arabica* (Capparidaceae). L'étude de l'activité biologique des extraits foliaires de ces plantes, révèle une abstinence et une diminution significative de la prise de nourriture aussi bien chez les larves L₅ que chez les adultes de *S. gregaria*. Il est noté également que chez les individus nourris par des feuilles de chou traitées à l'aide de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana*, la prise de nourriture est quasi nul aussi bien chez les larves L₅ que chez les adultes. Ceci témoigne de l'effet dissuasif d'*E. guyoniana* sur cet acridien. Un effet anti-appétant est constaté pour *Ephedra alata*, *Peganum harmala*, *Zizyphus lotus*, *Citrullus colocynthis* et *Cleome arabica* en raison de la faible consommation noté chez les larves L₅ et adultes de *S. gregaria* misent en présence des extraits foliaires de ses plantes. Chez les larves L₅ mises en présence de l'extrait végétal d'*E. guyoniana*, l'effet inhibiteur sur la prise de nourriture a engendré une chute leur poids, a rompu la mue chez les larves L₅ et une mortalité de 100% est atteinte au bout de 14^e jours. Quant aux adultes, une perte progressive du poids a été constatée, et 66,67% des adultes traités, meurent au bout du 30^e jour. Tandis que chez les larves, consommant les feuilles de *B. oleacera* traitées avec les extraits de *Peganum harmala*, *Citrullus colocynthis* et *Cleome arabica*, les larves L₅ en moyenne ont amélioré leur poids. Il est noté une mortalité de 16,66 % au niveau des larves traitées avec l'extrait foliaire de *P. harmala*, 33,33% pour *C. colocynthis*, 16,66% pour *C. arabica* et que les survivants ont pu effectuer leur dernière mue. Chez les adultes, une mortalité de 16,66% est notée pour *P. harmala*, 16,66% pour *C. colocynthis* et pour 33,33% *C. arabica* qui est probablement la conséquence de l'ingestion des feuilles de chou traitées ou bien résultent d'une carence nutritionnelle résultant

de l'effet anti-appétant constaté. En outre, chez les adultes de *S. gregaria* mis en présence de feuilles de chou trempées dans les extraits foliaires de *P. harmala*, *C. colocynthis* et *C. arabica* une amélioration progressive du poids été constaté. Par contre chez les traités avec les extraits végétaux *E. alata* et *Z. lotus* aucune mortalité n'est enregistré aussi bien pour les larves L₅ que pour les adultes de *S. gregaria*, et l'effet anti-appétant, se traduit par une évolution pondérale faible comparativement aux lots témoins.

Par ailleurs le calcul du Coefficient d'utilisation digestif (C.U.D) a permis d'évaluer l'effet des extraits végétaux sur la digestion, et a montré que les larves L₅ et les adultes de *S. gregaria* mis en présence de feuilles de chou trempées dans les extraits foliaires de six plantes présentent des C.U.D plus faibles comparativement aux valeurs du CUD calculé pour les individus des lots témoins. A la chute du taux de consommation des feuilles de chou traitées avec les extraits végétaux, s'ajoute une défécation intense et des pertes en eaux exceptionnelles, pouvant agir sur la croissance pondérale chez cet acridien.

L'évaluation des temps létaux 50 (TL₅₀) montre que les larves sont plus sensibles à l'effet toxique que les adultes. Le TL₅₀ le plus court est enregistré pour l'extrait d'*E. guyoniana* soit 10,51 jours, suivis respectivement de *C. colocynthis* avec 18,88 jours, *P. harmala* avec 28,40 jours et de *C. arabica* avec 28,40 jours, chez les larves. Pour les adultes du Criquet du désert, le TL₅₀ le plus court, s'observe pour l'extrait d'*E. guyoniana* soit 20,02 jour, puis *P. harmala* avec 43,95 jours, *C. arabica* avec 45,86 jours et enfin de *C. colocynthis* avec 82,87 jours. Quant aux extraits d'*E. alata* et *Z. lotus* aucune mortalité n'est observée.

L'effet des extraits végétaux sur le développement ovarien est opéré. Chez les femelles traitées à l'aide des extraits foliaires de six plantes, la taille des ovarioles est significativement plus faible que celles des lots témoins. Des corps de régressions (résorption) sont observés chez les femelles traitées avec l'extrait de *C. colocynthis*. Cela témoigne l'action des extraits sur la fertilité et la fécondité des femelles de *S. gregaria*.

L'étude de la toxicité des huiles essentielles de *P. harmala* et *C. arabica* sur les larves L₅ et adultes de *S. gregaria* a mis en évidence leurs pouvoir acridicides sur le Criquet pèlerin. L'examen des temps létaux 50 (TL₅₀), laisse

apparaître la rapidité d'action des huiles essentielles de *P. harmala* comparativement à ceux de *C. arabica*. Les TL_{50} calculés pour les huiles essentielles de *P. harmala* sont de 06 mn 12' pour les larves L_5 et de 19 mn 21' pour les adultes. Quant aux huiles essentielles de *C. arabica*, les $T L_{50}$ sont de l'ordre de 09 mn 17' et 41 mn 50' pour les larves L_5 et adultes respectivement.

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 de lutte de la dernière décennie. Leurs propriétés pesticides et leur relative innocuité environnementale en font des composés très intéressants pour les traitements phytosanitaires à venir.

En perspective, pour une meilleure poursuite de la recherche des molécules actives des six plantes acridifuges du Sahara septentrional Est Algérien, de la présente étude, il est souhaitable de:

- Utiliser des solvants organiques à polarité différente pour l'extraction afin d'extraire les différentes familles de composés chimiques;
- Réaliser des tests de doses minimales admissibles;
- Tester leurs efficacités en plein champ;
- Etudier l'action des extraits végétaux sur d'autres paramètres notamment la fécondité et l'histologie du tube digestif;
- Suivi les teste biologiques par des tests de caractérisation et d'identification phyto-chimique des extraits végétaux ou bien des huiles essentielles pour identifier le principe actif.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ABBASSI K., ATAY-KADIRI Z. et GHAOUT S., 2003a.-** Biological effects of alkaloids extracted from three plants of Moroccan arid areas on the desert locust. The Royal Entomological Society, Physiological Entomology, (28): 232-236.
- ABBASSI K., MERGAOUI L., ATAY KADIRI Z., STAMBOULI A. et GHAOUT S., 2003b.-** Effet des extraits de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Zool. Baetica., vol. 13 et 14: 203-217.
- ABBASSI K., ATAY-KADIRI Z et GHAOUT S., 2004.-** Activité biologique des feuilles de *Calotropis procera* (AIT.R.BR) sur le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Zool. Baetica, vol. 15: 153-166.
- ABOUZAÏD H., BOURCHICH L. et FOUTLANE A., 1991.-** Effet des insecticides utilisés pour la lutte antiacridienne au Maroc sur les eaux utilisées pour l'alimentation en eau potable. La lutte antiacridienne. Ed. AUPEL-UREF, John Libbey Eurotext, Paris: 229-238.
- ACHEUK F., 2000.-** Effet de quelques substrats alimentaires sur quelques paramètres de la biologie et la reproduction de *Locusta migratoria* (Orthoptera-Oedipodinea). Etude de l'efficacité de deux insecticides de synthèse : Dursban et Decis au laboratoire, et de perturbation histopathologiques du tube digestif. Thèse de magister, Sci. Agro. Inst. Nat. Agro., El harrach 85p.
- AL ROBAI A. A., 1997-** Toxicological studies on the latex of the uscher plant *Calotropis prcerea* (Ait.) in Saoudi Arabia. Effects of partly purified uscher latex and the poison gland secretion of the uscherhopper; *Poekilocereus bufonius* (klug) on the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acridea). Arab Gulf Journal of Scientific Research. vol. 15 (3): 709-716.
- ALRC., 2006.-** The Locust Handbook. Ed. Anti-Locust Research Centre, London, 43 p.
- ANNIE-MONARD J., 1991-** Les stratégies de survie en conditions adverses des acridiens ravageurs d'importance économique en Afrique de l'Ouest. Ed. Dossier de la session de formation, Montpellier, 178 p.
- ANTHELME F., WAZIRI MATO M., DE BOISSIEU D. et GIAZZI F., 2006.-** Dégradation des ressources végétales au contact des activités humaines et perspectives de conservation dans le massif de l'Aïr (Sahara, Niger). La revue en sciences de l'environnement, vol. 7 (2): 1-12.
- APPERT J. et DEUS J. 1982.-** Les ravageurs des cultures vivrières et maraîchères sous les tropiques. Ed. Maison neuve et Larose, Paris, 419 p.

- ASAWALAM E.F., EMOSAIRUE, S. O. and HASSANALI A., 2006.-** Bioactivity of *Xylopiya aetiopica* (dunal) a. rich essential oil constituents on maize weevil *Sitophilus zeamais* motschulsky (Coleoptera - Curculionidae). Electronic journal of environmental agricultural and food chemistry, vol. 5 (1): 1195-1204.
- AWAD E.W., SAADÉ F. E. and HADI AMIRI M., 1997.-** Effect of azadirachtin on the nutrition, development and biogenic amine levels in the Eastern Death's Head hawk moth, *Acherontia styx* (Lepidoptera: Sphingidae). Experimental Biology Online – EBO: 2-15.
- BAILLON F., 1992.-** Comportement des oiseaux face à la pullulation de *Schistocerca gregaria* au Sénégal (hiver 1988-1989). L'oiseau et la revue française d'ornithologie, vol. 62 (4): 4 p.
- BALANÇA G. et DE VISSCHER M. N., 1992.-** Glossaire des termes élémentaires d'acridologie et de lutte antiacridienne en Afrique sahélienne. Ed. CIRAD/GERDAT/PRIFAS, Montpellier, 157 p.
- BARBOUCHE N., HAJJEM B., LOGNAY G. et AMMAR M., 2001.-** Contribution à l'étude de l'activité biologique d'extraits de feuilles de *Cestrum parqui* l'Hérit (Solanaceae) sur la Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Biotechnol. Agron. Soc. Environ., vol. 5 (2): 85-90.
- BENHALIMA T., LOUVEAUX A. et GILLON Y., 1984.-** Utilisation des ressources trophiques par *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815). Choix des espèces consommées en fonction de leur valeur nutritive. Acta, Oecologica oecol. Gener., vol. 5 (4): 383-406.
- BENTZ F., GIRARDIE A. et CAZAL M., 1970.-** Étude électrophorétique des variations de la protéinémie chez *Locusta migratoria* pendant la maturation sexuelle. Journal of Insect Physiology, vol. 16, Great Britain: 2257-2270.
- BERCHICHE T., 2000.-** Enjeux et stratégies d'appropriation du territoire steppique: Cas de la zone de Maamora (Saïda). Options Méditerranéennes, (39): 107-120.
- BOCCARD R., 1963.-** Etude de la production de la viande chez les ovins. Ann. Zootech., vol. 12 (3): 227-230.
- BORGI, W., GHEDIRA, K. and CHOUCANE, N., 2007.-** Antiulcerogenic activity of *Zizyphus lotus* (L.) extracts. Journal of Ethnopharmacology, vol. 112: 228–231.
- BORGI, W., RECIO M. C., RÍOS J. L. and CHOUCANE, N., 2008.-** Anti-inflammatory and analgesic activities of flavonoid and saponin fractions from *Zizyphus lotus* (L.) Lam. South African Journal of Botany, vol. 74: 320-324.
- BRADER L. H. DJIBO H., FAYE F. G, GHAOUT S., LAZAR M., LUZIETOSO**

- P. N. et OULD BABAH M. A., 2006.-** Evaluation multilatérale de la campagne 2003- 2005 contre le Criquet pèlerin. Ed. FAOUN, Rome, 101 p.
- BRENNIÈRE J. JOVER H. et DE MALMANN R., 1949.-** Sur la nutrition de quelques Orthoptères. Revue de pathologie végétale et d'entomologie agricole de France, T. 28 (3): 134-141.
- CABRIDENC R., COULINKOV I. et DE LAVAUUR E., 1980.-** Evaluation au stade laboratoire des risques toxiques résultant des pesticides. Pesticides. Cahier du nutrition et de diététique, Paris (4): 69-74.
- CASSIER P. et DELORME-JOULIE C., 1976.-** La différenciation imaginale du tégument chez le criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Les différences phasages et leur déterminisme. Insectes Sociaux, T. 23, Paris. (2): 179-198.
- CHABRA S. C., MAHUNNAH L. A. and MSHIU E. N., 1990.-** Plants used in traditional medicine in eastern Tanzania. Angiosperms (Euphorbiaceae-Menispermaceae). Journal of Ethnopharmacology, vol. 28: 255-283.
- CHAIIB I., BEN HALIMA M. et BEN HAMOUDA H., 2006.-** Expériences de toxicité de l'extrait saponique du *Cestrum parqui* sur divers insectes nuisibles. Revue des Régions Arides: 245-251.
- CHAMPY P., 2008.-** Plantes toxiques. Plantes toxiques, UFR. Pharmacie. Université Paris- Sud, 47 p.
- CHAPMAN R.F., 1969.-** The insect: structure and fonction. Ed. The English, Univ. Press., London: 675-691.
- CHARIEF A., 2000.-** Etude bioécologique du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) dans la région d'Adrar. Etude de la morphométrie, du régime alimentaire sur terrain et du photo-preferandum alimentaire au laboratoire. Mém. Ing. Sci. Agro. Acrid., Inst. Nat. Agro., El Harrach, Alger: 135 p.
- CHAUVIN R., 1956.-** Physiologie des insectes. Le comportement, les grandes fonctions, écophysiologie. Ed. INRA., Paris, 917 p.
- CHEHMA A., 2006.-** Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien. Laboratoire de protection des écosystèmes en zone arides et semi-arides, Univ. Kasdi Merbah, Ouargla, 140 p.
- CHIASSEON H. et BELOIN N., 2007.-** Les huiles essentielles, des biopesticides «Nouveau genre». Revue de littérature "Antennae", vol. 14 (1): 3-6.
- CHOPARD L., 1938-** La biologie des Orthoptères. Encyclopédie entomologique, Ed. Paul Lechevalier, Paris, 511 p.
- CHOPRA C., ABROL B. K. et HANDA K. L., 1960.-** Les plantes médicinales

- des régions arides considérées surtout du point de vue botanique: 1^{ière} partie. Recherche sur les zones arides XIII. Ed. UNESCO, Rome, 97 p.
- CIRAD., 2003.-** Locust literature CD. Ed. CIRAD, Montpellier.
- CLEMENT J.L., sd.-** Les substances naturelles insecticides des plantes: Rôle et utilisations dans la lutte contre les ravageurs des cultures. C.N.R.S., Marseille: 34-39.
- COPR., 1982.-** The locust and grass shopper agricultural manual. Ed. Cent. Overs. Pest. Rese., London, 960 p.
- DACOSTA C. P. et JONES C. M., 1971.-** Cucumber beetle resistance and mite susceptibility controlled by the bitter gene in *Cucumis sativus* L. Science, vol. 172: 1145-1146.
- DAGNELIE P., 1975.-** Théorie et méthodes statistiques. Les méthodes de l'inférence statistique. Ed. Les presses agronomiques de Gembloux, A.S.B.L., Belgique: 463 p.
- DAJOZ R., 1982 -** Précis d'écologie. Ed. Gauthier Willars, Paris, 549 p.
- DARKOH M. B. K., 2003.-** Regional perspectives on agriculture and biodiversity in the drylands of Africa. Journal of Arid Environments, vol. 54: 261-279.
- DE KOUASSI M., 2001.-** La lutte biologique une alternative viable à l'utilisation des pesticides. La revue en sciences de l'environnement, vol. 2 (2): 7-12.
- DE NAZARÉ D. M. M., SEBASTIÃO F. PALMEIRA J., CONSERVA L. M. and LYRA LEMOS R. P., 2005.-** Quinoline alkaloids from *Sebastiania corniculata* (Euphorbiaceae). Biochemical Systematics and Ecology, vol. 33 (5): 555-558.
- DE VISSCHER M. N., 1991.-** L'environnement de la lutte antiacridienne: les perspectives et les contraintes de la recherche. La lutte antiacridienne. Ed. AUPEL-UREF, John Libbey Eurotext, Paris: 219-227.
- DHOUIB M. H. et JARAYA A B., 1990 -** L'invasion acridienne en Tunisie et son impact sur l'environnement. Journées Internationale sur l'environnement, Tunisie: 12 p.
- DHOUIB S., 1994.-** Action de quelques substrats alimentaires sur la croissance, le développement et la structure de la cuticule chez le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (forskål, 1775) (Orthoptera- Acrididea). Mém. Ing. Agro. INFSAS, Ouargla, 50 p.
- DINAN L., WHITING P., GIRAULT J. P., LAFONT R., DHADIALLA T. S., CRESS D. E., MUGAT B., ANTONIEWSKI C. and LEPESANT J. A., 1997.-** Cucurbitacine are insect steroid hormone antagonists acting at the ecdysteroid receptor. Biochem. Journ., vol. 327: 643-650.
- DOUMANDJI S. et DOUMANDJI-MITICHE B., 1994.-** Criquets et sauterelles

(acridologie). Ed. Off. Pub. Univ., Alger, 99 p.

DOUMBAI L., 1994.- Les effets de *Melia azedarach* sur les larves de criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskåll, 1775). Rev. Sahl. Pv. Info., N°60 : 2-10.

DURANTON J. F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M. H. et LECOQ M., 1982.- Manuelle de prospection acridienne en zone tropicale sèche. Ed. Min. Coop. GERDAT, T. I, Paris: 695 p.

DURANTON J. F. et LECOQ M., 1990.- Le criquet pèlerin au Sahel. Coll. Acrid. Opé. (6), CIRAD/PRIFAS, Montpellier, 178 p.

DURANTON J. F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M. M., LECOQ M. et RACHADI T., 1987.- Guide antiacridien du Sahel. Min. Coop. Dév. Ed. CIRAD / PRIFAS., Montpellier: 344 p.

ESMERALDINO L. E., SOUZA A. M. and SAMPA S. V., 2005.- Evaluation of the effect of aqueous extract of *Croton Urucurana Baillon* (Euphorbiaceae) on the hemorrhagic activity induced by the venom of *Bothrops jararaca*, using new techniques to quantify hemorrhagic activity in rat skin. Phyt.dicinem, vol.12 (8): 570- 576.

F.A.O., 2007.- L'avenir des biopesticides dans la lutte contre le criquet pèlerine .Atelier international. F.A.O.U.N. Saly- Senegal (12-15 Février). 34p.

FEENY P. P., 1976.- Plant appetency and chemical defense. Ed. Plenum Press, New York: 1-40.

FELLOWS L. E., EVANS S. V., NASH R. and BELL E. A., 1986.- Polyhydroxy plant alkaloids as glycosidase inhibitors and their possible ecological role. Natural resistance of plant to pest, Ed. American chemical society., Washington: 72-78.

GAMLATH B., GUNATILAKA A. A., ALVI A., RAMAN A. and BALASUBRAMANIAM S., 1988.- Cucurbitacins of *Colocynthis vulgaris*. Phytochemistry, vol. 27 (10): 3225-3229.

GHALY I. S., ATAA S. and MOSAAD A., 2008.- *Zizyphus jujuba* and *Origanum majorana* extracts protect against hydroquinone-induced clastogenicity. Environmental Toxicology and Pharmacology, vol. 25: 10-19.

GIRARDIE A. et GIRARDIE J., 1970.- Mise en évidence par électrophorèse de trois fractions protéiniques fuchsinophiles dans la part intercerebralis de *Locusta migratoria*. Journal of Insect physioly. vol. 16, Great Britain: 1745-1756.

GIRARDIE A. et GRANIER S., 1973.- Système endocrine et physiologie de la diapause imaginale chez le Criquet égyptien *Anacridium aegyptium*. Journal of Insect physiology, vol.19, Great Britain: 2341-2358.

GIRARDIE A., MOULINS M. et GIRARDIE J., 1974.- Rupture de diapause

ovarienne d'*Anacridium aegyptium* par stimulation électrique des cellules neurosécrétrices médianes de la pars intercerebralis. Journal of Insect physiology, vol. 20, Great Britain: 2261-2275.

GIRARDIE A., 1991a.- Régulation endocrinienne du développement de la reproduction et du polymorphisme phasaire. La lutte antiacridienne. Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris: 119-127.

GIRARDIE J., 1991b.- Structure des glandes endocrines et chimie des hormones des Criquets grégarisables. La lutte antiacridienne. Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris: 101-117.

GRASSE P. P., 1970.- Zoologie- Des Invertébrés. Ed. Massons, Paris, 1500 p.

GREATHEAD D. J., KOOYMAN C., LAUNOIS – LUONG M. M. et POPOV G. B., 1994.- Les ennemies naturelles des criquets au Sahel. Collection Acridologie Opérationnelle n°8, CIRAD/PRIFAS, Montpellier, 147 p.

GUBB A. S., 1913.- La flore Saharienne: Un aperçu photographique. Ed. ADOLPHE JOURDANE, Alger, 129 p.

GUENDOZ-BENRIMA A., 2005.- Ecophysiologie et biogéographie du Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) dans le Sud algérien. Thèse de Doctorat d'état, sci. Agro. Inst. Nat. Agro., El Harrach, Alger, 212 p.

HABA H., LAVAUD C. HASSINA HARKAT H., ALABDUL MAGID A., MARCOURT L. and BENKHALED M., 2007.- Diterpenoids and triterpenoids from *Euphorbia guyoniana*. Phytochemistry, vol. 68: 1255–1260.

HALOUANE F., 1997.- Cycle biologique de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera acrididae). Efficacité *Metarhizium anisopliae* (Meth) (Hyphomycetes, deuteromycotina) et effet sur quelques paramètres physiologiques de *Schistocerca gregaria*. Thèse Magister, sci. Agro. Inst. Nat. Agro., El Harrach, Alger, 237 p.

HASSANALI A., 2007.- Connaissance de base sur le PAN. (Phénylacétonitrile). Atelier international sur L'avenir des biopesticides en lutte contre le Criquet pèlerin. Ed. FAO, Sénégal: 32 p.

HERNANDEZ T., CANALES M., AVILA J. G., DURAN A., CABALLERO J., ROMO DE VIVAR A. and LIRA R., 2003.- Ethnobotany and antibacterial activity of some plants used in traditional medicine of Zapotitlán De Las Salinas (Mexico). Journal of Ethnopharmacology, vol. 88 (2): 181-188.

HOFFMANN J., 1980.- Ecdysone et reproduction chez les femelles adultes des insectes. Reprod. Nutr. Dévelop., vol. 20 (2): 443-456.

HUNSA P., CHULABHORN M., RUCHIRAWAT S., PRAWAT U.,

- TUNTIWACHWUTTIKUL P., TOOPTAKONG U., TAYLOR W. C., PAKAWATCHAI C., BRIAN W., SKELTON and ALLEN H., 1995.-** White Cyanogenic and non-cyanogenic glycosides from *Manihot esculenta*. *Phytochemistry*, vol. 40 (4): 1167-1173.
- HUNTER D. M., 2007.-** Application de Green Guard *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* contre la Criquet migrateur oriental *Locusta migratoria manilensis* en Chine. Atelier international sur l'avenir des biopesticides en lutte contre le criquet pèlerin. Ed. FAO, Sénégal: 32 p.
- INPV., 1999.-** Instrument de développement de la protection phytosanitaire. Ed. Institut Nationale de la protection des végétaux, Alger, 32 p.
- ISMAN M.B., 2000.-** Plant essential oils for pest and disease management. *Crop. Prot.*, vol. 9: 603-608.
- JOUAN Y., 1980.-** Effets des pesticides sur les chaînes trophiques. *Pesticides cahier de nutrition et de diététique*, (4): 47-54.
- KARA F. Z., 1997.-** Etude de quelques aspects écologiques et régime alimentaire de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Cyrtacanthacridinea) dans la région d'Adrar et en conditions contrôlées. Thèse Magi., Prot. Végé. Zool. Agri. Fore., Acrid., Inst. Nat. Agro., El Harrach, Alger, 181 p.
- KARTAL M., ALTUN M.L. et KURUCU S., 2003.-** HPLC. Method for the analysis of harmol, harmalol, harmine and harmaline in the seeds of *Peganum harmala* L. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, vol. 31: 263-269.
- KEMASSI A., 2004.-** Contribution à l'étude de la bioécoéthologie de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) et de *Locusta migratoria* (Linnée, 1758) (Orthoptera- Acrididae) dans les périmètres irrigués sous pivots dans la région de Ouargla. *Mém. Ing., Zool. Dép. Agro., Univ. Blida*, 101 p.
- KEVAN D. K., 1992.-** Les agents de lutte biologique existant et potentiels contre les Orthoptéroïdes nuisibles. Ed. Geaten morin, Québec, 221 p.
- KIENDREBEOGO M., OUEDRAOGO A. O. et NACOULMA O. G., 2006.-** Activités insecticides de *Striga hermonthica* (Del.) Benth (Scrophulariaceae) sur *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera- Bruchidae). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, vol. 10 (1): 17–23.
- KOGAN M., 1975-** Plant resistance in pest management. Introduction to insect pest management. Ed. W.A. Sons., New york: 103-146.
- LANGELWALD J. et SCHMUTER H., 1992.-** Effet du traitement à l'huile de nems sur la phase du criquet pèlerin. Ed. C.A.B. International, Wollingford, 400 p.

- LATCHININSKY A. V. et LAUNOIS-LUONG M. H., 1992-** Le criquet marocain *Dociostarus marocanus* (Thunberg, 1815), dans la partie orientale de son aire de redistributions. Ed. CIRAD-GREDAT-PRIFAS, Montpellier, 270 p.
- LATCHININSKY A. V. et LAUNOIS-LUONG M. H., 1997.-** Le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) dans la partie Nord-Orientale de son aire d'invasion. Ed. CIRAD-GERDAT-PRIFAS, Montpellier, 192 p.
- LAUNOIS-LUONG M. H. et LECOQ M., 1989.-** Vade Mecum des criquets du sahel. Collection Acridologie Opérationnelle N°5, CIRAD-PRIFAS, Montpellier, 82 p.
- LAUNOIS-LUONG M. H., LAUNOIS M. et RACHIDI T., 1988.-** La lutte chimique contre le criquet du sahel. Collection Acridologie Opérationnelle n°3, CIRAD/PRIFAS, Montpellier, 43 p.
- LAUNOIS-LUONG M. H. et POPOV G. B., 1992.-** *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Acrididea- Cyrtacanthacridinae). Ed. CIRAD- PRIFAS, ISBN. Paris, 45 p.
- LE CROUÉOURA G., THÉPENIERA P., RICHARDA B., PETERMANNA C., GHÉDIRAB K., and ZÉCHES-HANROTA M. 2002.-** Lotusine G: a new cyclopeptide alkaloid from *Zizyphus lotus*. *Fitoterapia*, vol. 73: 63-68.
- LECOQ M., 1988.-** Les Criquets du Sahel. Collection Acridologie Opérationnelle n°1, CIRAD/PRIFAS, Montpellier, 125 p.
- LECOQ M., 2004.-** Vers une solution durable au problème du Criquet pèlerin. *Sécheresse*, vol. 15 (3): 217-224.
- LECOQ M., 2005.-** Enseignement de la récente invasion du Criquet pèlerin en Afrique. Ed. CIRAD, Montpellier, 17 p.
- LEGAL P., 1989.-** Le choix des plantes nourricières et la spécialisation trophique chez les Acridoidea (Orthoptères). *Bull. Ecol. Ento.*, T. 20 (3): 245-261.
- LI B., WANG X., CHEN R., WEIGUO HUANGFU W. and XIE G., 2008.-** Antibacterial activity of chitosan solution against *Xanthomonas* pathogenic bacteria isolated from *Euphorbia pulcherrima*. *Carbohydrate Polymers*, vol. 72: 287-292.
- LOMER C. J. et PRIOR C., 1992.-** Lutte biologique contre les acridiens. *Compte rendu. At., Inst. Int. Agri. Trop.*, Cotonou, 400 p.
- LOUIS S., 2004.-** Diversité structurale et d'activité biologique des albumines entomotoxiques de type 1b des graines des Légumineuses. Thèse de Doctorat, Institut national des sciences appliquées de Lyon, 260 p.
- MADR, 2004.-** Rapport national de l'Algérie sur la mise en œuvre de la convention de lutte contre la désertification. Ministère de l'agriculture et du

développement durable, Direction générale des forêts, 35 p.

MAHJOUB N., 1988.- Le problème du Criquet pèlerin et les perspectives de sa solution. Sahel prot. Végé. Info, (7): 8-11.

MAIRE R., 1933.- Études sur la flore et la végétation du Sahara central. Mémoire de la société d'histoire naturelle de l'Afrique du nord n°3, Mission du Hoggar II, Alger, 361 p.

MAIZA K., BRAC DE LA PERRIERE R. A. et HAMMICHE V., 1993. Pharmacopée traditionnelle saharienne: Sahara septentrional. Actes du 2^e colloque Européen d'Ethnopharmacologie et de la 11^e Conférence internationale d'Ethnomédecine, Heidelberg: 169-171.

MALBRANQUE S., 2004.- L'aldicarbe (Témik 10g): Un insecticide nématocide à base carbamate. Mémoire de diplôme interuniversitaire de toxicologie clinique, UFR de médecine, Université de Montpellier, 49 p.

MAMADOU A., MAZIH A. et INEZDANE A., 2005.- L'impact des pesticides utilisés en lutte contre le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) sur deux espèces de *Pimelia* (Coleoptera, Tenebrionidae). La revue en sciences de l'environnement, vol. 6 (3): 1-8.

MAMPANE K. J., JOUBERT P. H. and HAY I. T., 1987. *Jatropha curcas*: use as a traditional Tswana medicine and its role as a cause of acute poisoning. Phytotherapy Research, vol.1: 50-59.

MAVAR M. H., BRICK D., MARIE D. E. P. and QUETIN-LECLERCQ J., 2004.- In vivo anti-inflammatory activity of *Alchornea cordifolia* (Schumach. & Thonn.) (Euphorbiaceae). Journal of Ethnopharmacology, vol. 92 (2-3): 209-214.

MAZOIR N., BENHARREF A., BAILÉN M., REINA M., and GONZÁLEZ-COLOMA A., 2008.- Bioactive triterpene derivatives from latex of two *Euphorbia* species. Phytochemistry, vol. 69: 1328–1338.

MICHEL R., 1972.- Influence des corpora cardiaca sur les possibilités de vol soutenu du Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*. Journal of Insect Physiology, vol. 18: 1811-1827.

MICHEL R., 1973.- Variations de la tendance au vol. soutenu du Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* après implantations de corpora cardiaca. Journal of insect physiology, vol. 19: 1317-1325.

MILLER P. L., 1959.- Respiration in the desert locust: The control of ventilation. Ann. Université of Cambridge: 224-236.

MORETEAU B. et CHAMINADE N., 1983.- Effets de quatre insecticides de contact (Lindane, Fenithion, Baygon et Deltaméthrine) sur la glycémie et la tréhalosémie au cours du dernier stade larvaire de *Locusta migratoria* L.

(Orthoptera. Acrididae). Ann. Soc. Ent., vol. 19: 433-439.

MORETEAU B., 1991.- Etude de certains aspects de la physio-toxicologie d'insecticides de synthèse chez le Criquet migrateur *Locusta migratoria* (R. & F.). La lutte antiacridienne. Ed. AUPEL-UREF, Paris: 167-178.

MOSCONI BERNARDINI P. et LAUDANI U., 1966.- La consommation d'oxygène de la glande prothoraciques et *Leucophea madaerae* et *Periplaneta americana* d'après l'aspect histologique des organes endocrines. Journal of insect physiology, vol. 12: 1289-1294.

MOUMEN K., 1995.- Méthodes et techniques des luttés contre les acridiens. Stage de formation en lutte antiacridienne. Ed. INPV/ OADA, Alger: 137-148.

MOUMEN K., 1997- La transformation phasaire chez le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) Mécanique et action de l'alimentation. Thèse DEA, Tunis, 38 p.

MOUSSA A., 2000- Régime alimentaire d'*Anacridium aegyptium* (Linné, 1746) à dergana. Comparaison d'extraits des plantes sur quelques paramètres physiologiques de *Locusta migratoria* (Linné, 1758) et *A aegyptium* (Orthoptera, Acrididae). Mêm. Ing., Agr. Inst. Nat. Agr., El Harrach, Alger: 85 p.

MOUSSA A., 2003.- Effet de l'huile de neem (*Azadirachta indica*) sur quelques paramètres biologiques et physiologiques de *Locusta migratoria migratoria* (Linné, 1758) et *Locusta migratoria migratorioides* (R&F, 1850) (Orthoptera-Acrididae). Thèse de Magister, INA, El Harrach, Alger: 123 p.

NAGAYA H., TOBITA Y., NAGAE T., ITOKAWA H., TAKEYA K., AHMED F. HALIM A. F. and ABDELHALIM O. B., 1997.- Cytotoxic triterpenes from *Cleome Africana*. Phytochemistry, vol. 44 (6): 1115-1119.

NARENDHIRAKANNAN R. T., SUBRAMANIAN S. and KANDASWAMY M., 2007.- Anti-inflammatory and lysosomal stability actions of *Cleome gynandra* L. studied in adjuvant induced arthritic rats. Food and Chemical Toxicology, vol. 45: 1001–1012.

NDUNGU M. W., CHHABRA S. C. and LWANDE W., 1999.- *Cleome hirta* essential oil as livestock tick *Rhipicephalus appendiculatus* and maize weevil *Sitophilus zeamais* repellent. Fitoterapia, vol. 70: 514-516.

OULD AHMADOU M. L., BOUAICHI A. et IDIRISSI HASSANI L. M., 2001.- Mise en évidence du pouvoir répulsif et toxique de *Glinus litoides* (Aizoaceae) sur les larves du Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera – Acrididea). Zool. Beatica, vol.. 12: 109-117.

OULD EL HADJ M. D., 1991. Bioécologie des sauterelles et sauteriaux dans trois zones d'études au Sahara. Mêm., INA, El Harrach, Alger, 85 p.

- OULD EL HADJ M. D., TANKARI DAN-BADJO A., HALOUANE F. et DOUMANDJI S., 2006-** Toxicité comparée des extraits de trois plantes acridifuges sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Cyrtacanthacridinae). Sécheresse, vol. 17(3): 407-414.
- OULD EL HADJ M. D., ABDI M., et DOUMANDJI S., 2007a-** Impact du DURSIBAN 240 (Acridicide) sur l'entomofaune associée en palmeraie dans la cuvette de Ouargla (Nord-Est Sahara septentrional Algérien). Rivista italiana EPPOS (43): 25-36.
- OULD EL HADJ M. D., TANKARI DAN-BADJO A., HALOUANE F., et DOUMANDJI S., 2007b-** Etude de cycle biologique de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera- Acrididae) sur le chou *Brassica oleracea* L. Brassicaceae) en laboratoire. L'Entomologiste, T. 63 (1): 7-12.
- OZANDA P., 1991-** Flore et végétation du Sahara. (3^{ème} édition, augmentée). Ed. CNRS, Paris: 662 p.
- PAINTER R.H., 1951-** Insect resistance in crop plants. University of Kansas, Press, 520 p.
- PAN., 2006-** Utilisation et gestion des pesticides dans la lutte antiacridienne de 2004-2005 au Sénégal. Rapport n°10, Pesticide Action Network (PAN Africa), Sénégal, 62 p.
- PAPACHRISTOS D. P. et STAMOPOULOS D. C., 2002-** Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera : Bruchidae). Jour. Stored. Prod. Res., vol. 38: 117-128.
- PARIMALA DEVI B., BOOMINATHAN R. and MANDAL S. C., 2002-** Evaluation of anti-diarrheal activity of *Cleome viscosa* L. extract in rats. Phytotherapy, vol. 9: 739–742.
- PARIS R. et DILLEMANN G., 1960-** Les plantes médicinales des régions arides considérées surtout du point de vue pharmacologique: 2^{ème} partie. Recherche sur les zones arides XIII. Ed. UNESCO, 97 p.
- PASQUIER R. et GERBINOT B., 1945-** Utilisation du *Milia* pour la protection des cultures contre les de la sauterelle pèlerin. Bult. Sem. Off. Nat. Lut. Antiacridien, Alger, 2 S.(2): 17-23.
- PASTER P., SMOLIKOWSKI S. et THEWYS G., 1988-** La lutte antiacridienne. Dossier Deltaméthrine. Ed. Rossel Uclaf, Paris, 127 p.
- PEVELING R., 2000-** Suivi environnemental des activités de la lutte antiacridienne à Malaimbandy, Madagascar. Projet d'appui à la gestion de

l'environnement. International Ressources Group, n°839, Washington, 38 p.

PHILOGENE B. J. R., 1991.- L'utilisation des produits naturels dans la lutte contre les insectes: problèmes et perspectives. La lutte antiacridienne. Ed. AUPEL-UREF, Paris: 269-278.

PHINNEY K. W., IHARA T., SANDER L. C., 2005.- Determination of ephedrine alkaloid stereoisomers in dietary supplements by capillary electrophoresis. Journal of Chromatography A, vol. 1077: 90–97.

POPOV G. B., 1997.- Atlas des aires de reproduction du Criquet pèlerin. Commentaire descriptif. Ed. FAOUN, Rome, 122 p.

POPOV G. B., DURANTON J. F. et GIGAUL T., 1991.- Etude des biotopes du Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskál, 1775) en Afrique du Nord occidentale. Mini. Coop. Dével., CIRAD/ PRIFAS, Montpellier, 753 p.

POPOV G. B., LAUNOIS-LUONG M. H. et VANDERWEEL F., 1990- Les oothèques des criquets du sahel. Collection Acridologie Opérationnelle n°7, CIRAD/ PRIFAS, Montpellier, 135 p.

PROUX J., 1991.- La régulation hormonale du métabolisme hydrique chez les criquets grégarisables. Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris: 129-134.

QUENTIN J. C. et SEUREAU C., 1975.- Sur l'organogenèse de *Seuratum cadarachense* (Desportes, 1947) (Nematoda- Seuratoidea) et les réactions cellulaires de l'Insecte *Locusta migratoria*, hôte intermédiaire. Z. Parasitenk, vol. 47: 55- 68.

QUERSHI M. A., QUERSHI N. M., ARSHD R. and BEGUM R., 1991.- Study on anti-sperm activity in extracts from different part of *Calotropis procerea*. Pakistan journal of zoology, vol. 23 (2): 161-165.

QUÉZEL P., 1957.- Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du nord. Encyclopédie biogéographique et écologique X. Ed. Paul Lechevalier, Paris, 463 p.

RACCAUD-SCHOELLER J., 1980.- Les insectes, physiologie et développement. Ed. Masson, Paris, 296 p.

RACHADI T., 1991.- Précis de lutte antiacridienne: La pulvérisation des pesticides. Mim. Coop. Dév., CIRAD/ PRIFAS, Montpellier, 312 p.

RAINA S.K., 1991.- Evaluation d'une stratégie de lutte contre le Criquet pèlerin. *Schistocerca gregaria*. Ed. Cab International, paris, 452.

RAMADE F., 1991.- Caractères écotoxicologiques et impact environnemental potentiel des principaux insecticides utilisés dans la lutte anti-acridienne. Lu lutte antiacridienne. Ed. AUPEL-UREF, Paris: 179-191.

- RAO P. J. and MEHROTRA K.N., 1977.-** Phagostimulants and antifeedants from *Calotropis gigantea* for *Schistocerca gregaria*. Indian journal of experimental biology, vol. 15: 148-150.
- REGNAULT-ROGER C. et HAMRAOUI A. 1995.-** Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Jour. Stored. Prod. Res., vol. 31: 291-299.
- RENAULT J.-H., GHEDIRA K., THEPENIER P., LAVAUD C., ZECHES-HANROT M. and LE MEN-OLIVIER L., 1997.-** Dammarane saponins from *Zizyphus lotus*. Phytochemistry, vol. 44 (7): 1321-1327.
- RUNGS C. I. A., 1945-** Bulletin semestriel de l'office national de lutte antiacridien. Ed. ONAA, Paris: 76-87.
- SAIZONOU N. J. 2000-** Lubilosa et la lutte contre les acridiens. Mini. Agriculture HS. n°1, Paris: 3-17.
- SAXENA R. C., 1988.-** Neem a source of natural insecticides. Insecticides of plant origin, n°387, IRRI, Los Banos, Philippines: 110-135.
- SEYE F., NDIONE R. D. et NDIQYE M., 2006.-** Etude comparative de deux produits de neem (huile et poudre) sur les stades préimaginaux du moustique *Culex quiquefasciatus* (Diptera- Culicidae). Afrique science, vol. 2 (2): 212-225.
- SIEBER K. P. et RAMBOLD H., 1983.-** The effect of azadirachtin on the endocrine control of moulting in *Locusta migratoria*. Jour. Insects physiology, n° 97: 523-527.
- SIMÕES C., CARLOS J. P. DE MATTOS, KÁTIA SABINO C. C., CALDEIRA-DE-ARAÚJO A., MARSEN COELHO G. P. ALBARELLO N., SOLANGE L. and FIGUEIREDO F. L., 2006.-** Medicinal potential from in vivo and acclimatized plants of *Cleome rosea*. Fitoterapia, vol. 77: 94–99.
- SMIRNOFF W. A., 1991.-** Réflexion à propos de la lutte biologique contre les insectes nuisibles. La lutte antiacridienne. Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris: 279-187.
- STEINMETZ E. F., 1954.-** Materia medica vegetabilis. Ed. Herbalist, T.1., Amsterdam: 234 p.
- SUDHAKAR M., RAO C. V., RAO P.M. and RAJU D. B., 2006.-** Evaluation of antimicrobial activity of *Cleome viscosa* and *Gmelina asiatica*. Fitoterapia, vol. 77: 47– 49.
- SYMMONS P. M. et CRESSMAN K., 2001.-** Directive sur le Criquet pèlerin 1. Biologie et comportement. Ed. FAO, Rome, 43 p.
- TAIL G., 1998-** Action de quelques substrats alimentaires sur quelques

paramètres biologiques de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775), (Orthoptera Acrididae) Efficacité entologique de *Pseudomonas fluorescens* (Pseudomonadales) sur quelques aspects physiologiques du criquet pèlerin. Thèse Mag., INA, El Harrach, Alger, 190 p.

TESSIE A. M., BOUQUE A. et PARI R. R., 1975.- Sur quelques Euphorbiacées toxiques africaines. Journal de plantes médicinales et phytothérapie, T. IX (3): 238-249.

THIAM A., 1991.- Problématique de l'utilisation des insecticides chimiques dans la lutte anti-acridienne au Sahel. La lutte antiacridienne. Ed. AUPEL-UREF, John Libbey Eurotext, Paris: 193-206.

THOMAS A. et MESNIER M., 1973.- Le rôle du système nerveux central sur les mécanismes de l'oviposition chez *Carausius morosus* et *Clitumnus extradentatus*. Journal of insect physiology, vol. 19: 383-396.

TRIPATHI R. D. and TIWARI K. P., 1980.- Genticulatin, a triterpenoid saponin from *Euphorbia geniculata*. Phytochemistry, vol. 19 (10): 2163-2166.

U.I.C.N., 2001.- Connaissance, Valorisation et Contrôle de l'Utilisation de la Flore Sauvage en Médecine Traditionnelle (Plantes Médicinales). Programme Union Internationale pour la Conservation de la Nature pour l'Afrique du Nord. Ministère de l'Agriculture Algérienne, 153 p.

USAID, 2001.- Lutte d'urgence contre les invasions transfrontalières de ravageurs en Afrique et en Asie. Agence des Etats-Unis pour le Développement International, Washington, 143 p.

UVAROV B. P., 1928.- Grasshopper and book for their study and control. Ed. Imperial officine on entomology, London, 353 p.

VAYSSIERE P., 1929.- La lutte contre les sauterelles nuisibles en France et en Afrique du nord. Pub. Agri. Comp. Chem. Fer., Paris à Lyon et la méditerranée, n°33, 52 p.

VERSCHAFFELT C., 1910.- The cause determining the selection of food in some herbivorous insects. Pro. Acad. Sci., vol. 13, Amsterdam: 536-542.

VINCENT C. et CODERRE D., 1992.- La lutte biologique. Ed. Gaston Morin, Québec, 671 p.

WALBAUER G.P., 1968.- The utilization and consumption of food by insects. Journal of Insect physiology, vol.5, Great Britain: 229-288.

WANG Q., YANG Y., ZHAO X. A., ZHU B., NAN P., ZHAO J., WANG L., CHEN F., LIU Z. and ZHONG Y., 2006.- Chemical variation in the essential oil of *Ephedra sinica* from Northeastern China. Food Chemistry, vol. 98: 52–58.

WIGGLESWORTH V. B., 1942.- The principles of insect physiology. Ed.

Methuen, London, 434 p.

WILPS H. NASSEH O. KRALL S. et SALISSOU G. B., 1992.- Les effets inhibiteurs de croissance et de biocides végétaux sur les larves de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Rev. Sahel, PV. Info, n°45: 5-19 .

YAMADA I., GOTO T., TAKEUCHI S., OHSHIMA S., YONEYAMA K., SHIBUYA T., KATAOKA E., SEGAWA D., SATO W., DOHMEN T., ANEZAKI Y., ISHII H. and OHNISHI H., 2008.- Mao (*Ephedra sinica* Stapf) protects against D-galactosamine and lipopolysaccharide-induced hepatic failure. Cytokine, vol. 41: 293–301

ZERGOUN Y., 1994 -Bioécologie des peuplements Orthoptérologique de trois stations: palmeraies, cultures maraîchères et non cultivées, Beni-Izguen et Ghardaïa. Thèse Mag. Agr., INA, El Harrach-Alger, 110 p.

Annexes

D'après le tableau 12 et la figure 18, les individus du Criquet pèlerin maintenus en élevage de masse au laboratoire, sont de type transiens congrégans. Cela témoigne l'état phasaire de la population expérimenté.

Tableau 12.- Mesures morpho-métriques de la souche de *Schistocerca gregaria* maintenue en élevage de masse au laboratoire

Sexes	Indices morpho-métriques du Criquet pèlerin en (mm)					
	LC	E	F3	C	E/F3	F3/C
Femelles	80	63	30	7,61	2,100	3,942
	73	60	29	7,55	2,069	3,841
	72	56	28	7,4	2,000	3,784
	75	60,3	29	7,5	2,079	3,867
	81,5	65	32	8,3	2,031	3,855
	72	60	29	7	2,069	4,143
	68	65,7	28	6,8	2,346	4,118
Mâles	65	49	26	7,2	1,885	3,611
	63	49	25	7	1,960	3,571
	62	50,5	25	6,6	2,020	3,788
	64,5	52,5	26	6,7	2,019	3,881
	63,8	53,3	27	6,5	1,974	4,154
	65	54,5	28	6,6	1,946	4,242
	68,3	57,2	28,8	6,7	1,986	4,299
	61	53,2	24,5	5,9	2,171	4,153

LC: Longueur du corps; **F3:** Longueur de fémure postérieur;
E: Longueur d'élytre; **C:** Largeur céphalique.

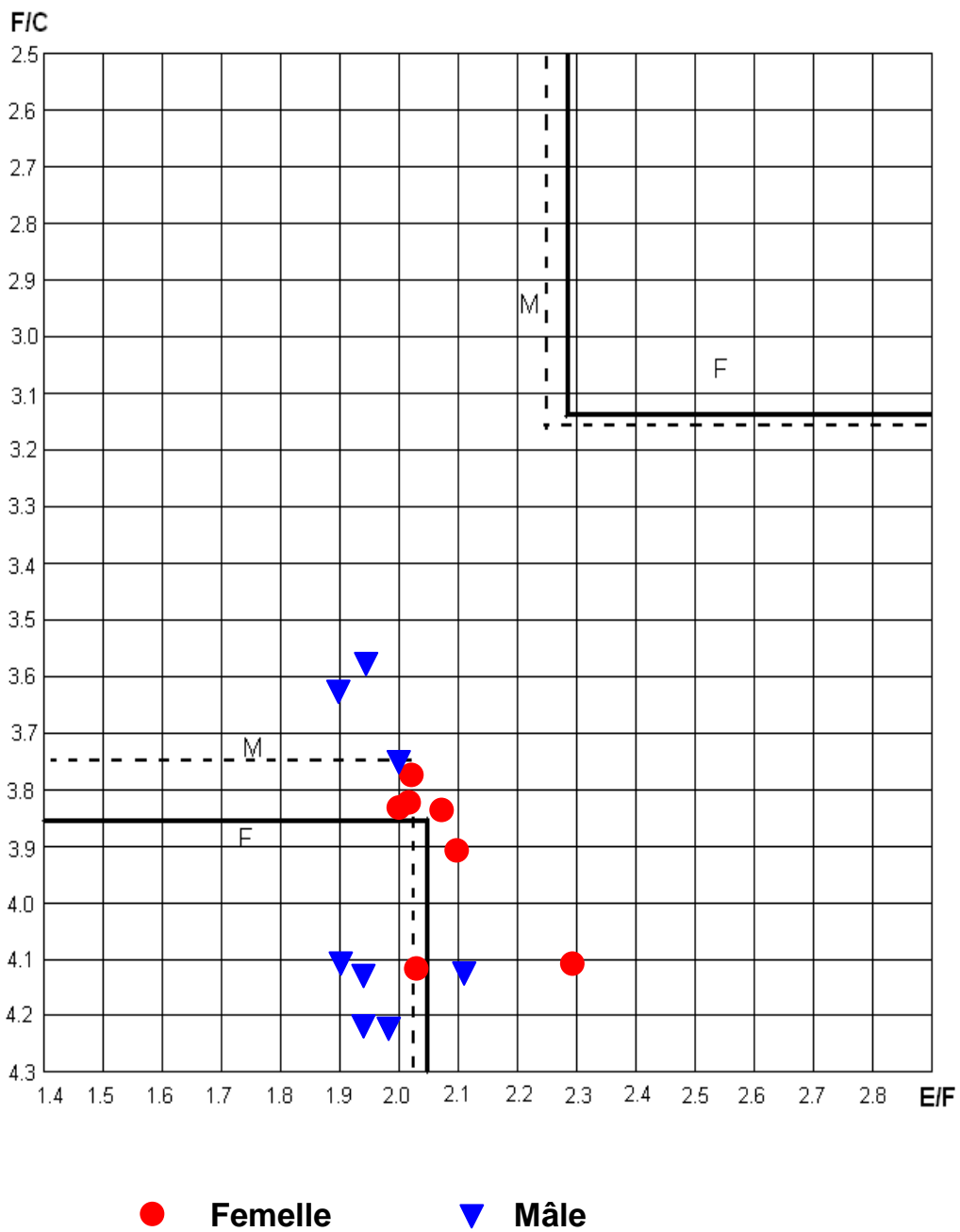


Figure 18 - Abaque morphométrique des individus de *S. gregaria* maintenus élevage de masse au laboratoire

Résumés

Toxicité comparée des extraits de quelques plantes acridifuges du Sahara septentrional Est algérien sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)

Résumé

L'étude porte sur l'activité biologique des extraits des plantes à caractère acridifuge du Sahara septentrional est Algérien, dont *Ephedra alata* (Ephedraceae), *Euphorbia guyoniana* (Euphorbiaceae), *Peganum harmala* (Zygophyllaceae), *Zizyphus lotus* (Rhamnaceae), *Citrullus colocynthis* (Cucurbitaceae) et *Cleome arabica* (Capparidaceae); vis-à-vis des larves L₅ et d'adultes de *Schistocerca gregaria*. Elle concerne leur action sur la prise de nourriture, le poids, le développement ovarien, la mue et la mortalité chez ce locuste du désert.

Les larves L₅ et adultes de *S. gregaria* mis en présence de feuilles de chou aspergées de l'extrait des feuilles d'*E. guyoniana* perdent respectivement 26,93% et 33,09% de leur poids initial. Chez les individus (adultes et larves L₅) nourris par les feuilles de chou traitées par les extraits foliaires de *Z. lotus* ou de *C. colocynthis*, la chute de poids constaté est de 22,33% pour les larves L₅ et 03,95% pour les imagos. Bien que les adultes semblent perdre moins de poids, cette amélioration n'est que de 11,54% pour *Z. lotus* et de 16,99% pour *C. colocynthis*. Les individus alimentés par des feuilles *B. oleacera* traitées avec les extraits foliaires d'*E. alata* et de *C. arabica*, une perte restreinte du poids de 02,05% pour *E. alata* et 02,02% pour *C. arabica*, est notée chez les larves L₅. Par contre, une évolution du poids de 12,34% et 11,75% est constatée chez les adultes mis en présence de feuilles de chou trempées dans les extraits d'*E. alata* et *C. arabica* respectivement. L'extrait de foliaire de *P. harmala*, montre un gain du poids des larves L₅ de 13,89% et 04,52% pour les adultes. Parallèlement, les larves L₅ nourris aux feuilles de chou de l'extrait foliaire d'*E. guyoniana* n'ont pas pu effectuer leur mue imaginale, de plus, une mortalité larvaire de 100% est notée au bout du 14^e jour, et après le 30^e jour 66,67% des adultes sont morts. Chez les individus nourris aux feuilles de chou traitées aux extraits d'*E. alata* et *Z. lotus* aucune mortalité n'est observé aussi bien chez les larves L₅ que chez les adultes. Les mesures de la taille des ovarioles, révèlent chez les femelles traitées par les extraits foliaires des six plantes acridifuges, une taille inférieure comparativement aux femelles des lots témoins.

L'évaluation des temps létaux 50 (TL₅₀) montre que les larves sont plus sensibles à l'effet toxique que les adultes. Le TL₅₀ le plus court pour les larves est de 10,51 jours pour l'extrait des feuilles d'*E. guyoniana*, suivis respectivement de *C. colocynthis* avec 18,88 jours, *P. harmala* avec 28,40 jours et de *C. arabica* avec 28,40 jours. Pour les adultes du Criquet du désert, le TL₅₀ le plus court s'observe pour l'extrait foliaire d'*E. guyoniana* soit 20,02 jours, puis celles de *P. harmala* avec 43,95 jours, *C. arabica* avec 45,86 jours et enfin de *C. colocynthis* avec 82,87 jours. Quant aux extraits d'*E. alata* et *Z. lotus* aucune mortalité n'est observée.

De même, les traitements par contact avec les huiles essentielles de *P. harmala* et *C. arabica*, laissent remarquer pour les plantes, des effets létaux sur les larves L₅ et adultes de *S. gregaria*.

L'examen des temps létaux 50 (TL₅₀) montre la rapidité d'action des huiles essentielles de *P. harmala* comparativement aux *C. arabica*. Le TL₅₀ calculé pour larves L₅ traitées par *P. harmala* est de 06 mn 12' et de 19 mn 21' pour les adultes, quant aux huiles essentielles de *C. arabica*, le TL₅₀ évalué est de 09 mn 17' et 41 mn 50' pour les larves L₅ et adultes respectivement.

Mots clés: *S. gregaria*, toxicité, plantes acridifuges, Sahara, extraits, huiles essentielles.

Comparative toxicity of acridifuges plants extracts from northern Sahara of Algeria on larvae L₅ and adults of *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)

Abstract

The study focuses on the biological activity of acridifuges plants extracts from northern Sahara of Algerian that: *Ephedra alata* (Ephedraceae), *Euphorbia guyoniana* (Euphorbiaceae), *Peganum Harmala* (Zygophyllaceae), *Zizyphus lotus* (Rhamnaceae), *Citrullus colocynthis* (Cucurbitaceae) and *Cleome arabica* (Capparidaceae) on larvae L₅ and adults of *Schistocerca gregaria*. It concerns their action on food intake, weight, ovarien development, moulting and mortality among this desert locust.

Larvae L₅ and adults of *S. gregaria* made in presence of cabbage leaves sprayed with the extract of the leaves of *E. guyoniana* lost respectively 26,93 % and 33,09% of their initial weight. Among individuals (adults and larvae L₅) fed by the cabbage leaves treated by the leaf extracts of *Z. lotus* or *C. colocynthis*, falling weight is found to 22,33 % for larvae L₅ and 03,95% for adults. Although adults seem to lose less weight, this improvement is only 11,54 % for *Z. lotus* and 16,99 % for *C. colocynthis*. Individuals fed leaves *B. oleacera* treated with the leaf extracts of *E. alata* and *C. Arabica*, a small weight loss of 02,05 % for *E. alata* and 02.02 % for *C. arabica*, is rated at larvae L₅. As against a changing weight of 12,34 % and 11,75 % is found among adults in the presence of cabbage leaves soaked in the extracts from *E. alata* and *C. arabica* respectively. The leaf extract of *P. harmala*, shows a increase weight larvae L₅ of 13,89 % and 04,52 % for adults. Meanwhile, the larvae L₅ fed on leaves of cabbage leaf extract of *E. guyoniana* could not do their fledging Moreover, larval mortality of 100% was noted after the 14th day, and after the 30th day, 66,67 % of adults died. Among individuals fed cabbage leaves treated with extracts of *E. alata* and *Z. lotus* no mortality was observed among both larvae L₅ than adults. The size measures of ovarioles shows in females treated by the leaf extracts of the six acridifuge plants towards a smaller size compared to females lots of witnesses.

The evaluation of lethal time₅₀ (TL₅₀) shows that the larvae are most

sensitive to the toxic effects than adults. The less TL_{50} for the larvae is 10,51 days for *E. guyoniana* extracts, followed respectively by *C. colocynthis* with 18,88 days, *P. harmala* day with 28,40 and *C. Arabica* days with 28,40 days. For adults of the desert locust, the TL_{50} observed with *E. guyoniana* leaf extract (20,02 days) was shortest than those of *P. harmala* (43,95 days), *C. Arabica* days, (45,86) and *C. colocynthis* (82,87 days). However, with *E. alata* and *Z. lotus* leaves extracts no mortality is observed.

Similarly, the contact treatment with essential oils of *P. harmala* and *C. Arabica*, shows lethal effects on the larvae L_5 and adults of *S. gregaria*.

A review of lethal time 50 (TL_{50}) shows the speed of action of essential oils of *P. harmala* compared to *C. arabica*. The TL_{50} calculated for larvae L_5 treated by *P. harmala* is of 06 mn 12 'and 19 mn 21' for adults, about the essential oils of *C. arabica*, the TL_{50} is estimated of 09 mn17 'and 41 mn 50' for larvae L_5 and adults respectively.

Keywords: *S. gregaria*, toxicity, acridifuge plants towards, Sahara, extracts, essential oils.

مقارنة سمية مستخلصات بعض نباتات شمال شرق الصحراء الجزائرية المنفردة للجراد على حوريات الطور الخامس و بالغي الجراد الصحراوي *Schistocerca gregaria*(Forskål, 1775)

المخلص

تتضمن هذه الأطروحة دراسة الفاعلية البيولوجية لمستخلصات بعض النباتات الصحراوية التي تتميز بقدرتها المنفردة للجراد، وهي: *Euphorbia* ، *Ephedra alata* ، *Citrullus colocynthis* ، *Zizyphus lotus* ، *Peganum harmala* ، *guyoniana* و *Cleome arabica* على حوريات الطور الخامس و بالغي الجراد الصحراوي *Schistocerca gregaria*. تهتم هذه الدراسة بتأثير مستخلصات هذه النباتات على التغذية، الوزن، التطور المبيضي، الإنسلاخ، و على الموت عند الجراد الحاج.

حوريات الطور الخامس و البالغين الموضوعين في وجود أوراق الكرنب معالجة بمستخلص *E. guyoniana* تفقد 26,93 % و 33,03 % من وزنها الأصلي. فيما يخص الأفراد المعالجين بمستخلصات كل من *Z. lotus* و *C. colocynthis* فقد كانت نسبة فقدان الوزن أقل حدة، إذ قدرت بالنسبة للحوريات بـ 22,03 % و 03,95 % في كلا النباتين على التوالي. في حين سجلت زيادة في أوزان البالغين بـ 11,45 % للمعالجين بـ *Z. lotus* و بـ 16,99 % للمعالجين بمستخلص *C. colocynthis* . كما سجل فقدان طفيف في أوزان الحوريات التي غذيت بأوراق الكرنب المنقع في مستخلصات *E. alata* و *C. arabica* قدرت بـ 02,34 % و 02,02 % لكلا النباتين على التوالي. أما المعالجين بمستخلص *P. harmala* فقد سجلت زيادة طفيفة في الوزن بنسبة 13,89 % عند الحوريات و بـ 04,52 % عند البالغين. زيادة على ذلك، كل حوريات الطور الخامس التي غذيت بأوراق الكرنب المنقعة في مستخلص *E. guyoniana* لم تستطع القيام بعملية الإنسلاخ الأخيرة، و كانت نسبة الموت 100 % في غضون 14 يوما، أما عند البالغين قدرت نسبة الموت بـ 66,67 % في 30 يوما، في حين لم تسجل أية وفيات عند الأفراد (حوريات أو بالغين المعالجين بمستخلصات *Z. lotus* و *E. alata*). أظهرت قياسات مبايض إناث الجراد المعالج بمستخلصات النباتات الست، أنها أقل طولا مقارنة بتلك المسجلة عند إناث الشاهد.

بين حساب زمن الوفاة 50 (TL₅₀) أن حوريات الطور الخامس أكثر حساسية من البالغين. أقل زمن 50 مسجل عند الحوريات، كان عند تلك المعالجة بمستخلص *E. guyoniana* (10,51 يوم) متبوع بـ *C. colocynthis* (18,88 يوم)، *P. harmala* (28,40 يوم)، و *C. arabica* (28,40 يوم)، كما قدر بـ 20,02 يوم ، 43,95 يوم، 45,86 يوم و بـ 82,87 يوم عند الجراد البالغ المعالج بمستخلصات *E. guyoniana* ، *P. harmala* ، *C. arabica* ، *C. colocynthis* على التوالي.

كما بينت دراسة الفاعلية البيولوجية للزيوت الطيارة بالتماس ، أن الزيوت الطيارة لـ *P. harmala* و *C. arabica* لها تأثير قاتل على حوريات الطور الخامس و

كذا على بالغى الجراد الصحراوي. في حين أظهرت نتائج تقييم الزمن الموت 50، سرعة فاعلية الزيوت الطيارة لـ *P. harmala* مقارنة بالزيوت الطيارة لـ *C. arabica* حيث قدر هذا الزمن بالنسبة لحوريات الطور الخامس المعالجة بـ *P. harmala* بـ 6 د و 12 ثا و بـ 19 د و 21 ثا عند البالغين، أما بالنسبة للأفراد المعالجين بالزيوت الطيارة لـ *C. arabica* فقد بـ 09 د و 17 ثا بالنسبة لحوريات الطور الخامس و بـ 41 د و 50 ثا عند البالغين.

الكلمات الدالة: *S. gregaria* ، السمية، نباتات منفرة للجراد، الصحراء، مستخلصات، الزيوت الطيارة.