

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Université de Mohamed Kheider –BISKRA



Réf : .....

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Biologie

Spécialité : Ecologie Animale

Option : Gestion des populations naturelles en zone arides et semi-aride

**suje**t

**Activité biologique des extraits foliaires de  
*Cleome arabica* L. (Capparidaceae) chez  
*Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)  
(Orthoptera, Acrididae)**

Présenté par : Lebbouz Ismahane

Membres de jury :

Président	BELHAMRA Mohamed	MC	Univ. Biskra
Encadreur	OULD EL HADJ M. Didi	Professeur	Univ. Ouargla
Examineur	LAAMARI Malik	Professeur	Univ. Batna
Examineur	SAKER Med Lakhdar	MC	Univ. Ouargla
Invité d'honneur	LAKHDARI Fattoum	MC	Directrice/CRSTRA

Année universitaire : 2009/2010

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Université de Mohamed Kheider –BISKRA



Réf : .....

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Biologie

Spécialité : Ecologie Animale

Option : Gestion des populations naturelles en zone arides et semi-aride

**suje**t

**Activité biologique des extraits foliaires de  
*Cleome arabica* L. (Capparidaceae) chez  
*Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)  
(Orthoptera, Acrididae)**

Présenté par : Lebbouz Ismahane

Membres de jury :

Président	BELHAMRA Mohamed	MC	Univ. Biskra
Encadreur	OULD EL HADJ M. Didi	Professeur	Univ. Ouargla
Examineur	LAAMARI Malik	Professeur	Univ. Batna
Examineur	SAKER Med Lakhdar	MC	Univ. Ouargla
Invité d'honneur	LAKHDARI Fattoum	MC	Directrice/CRSTRA

Année universitaire : 2009/2010

## Dédicace

A la lumière de ma vie, mes parents

Ce modeste travail est dédié

## Remerciements

Tout d'abord un grand merci à mon Dieu, le tout puissant de m'avoir donnée, le courage, la volonté et la force pour réaliser ce travail.

Mes remerciements s'adressent aussi à tous les personnes qui ont participé de près ou loin à la réalisation de ce travail et je cite en particulier

Mr OULD EL HADJ Mohamed Didi professeur au département de biologie à la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers de l'université Kasdi Merbah-Ouargla, d'avoir accepté d'encadrer et diriger ce travail, merci pour votre présence et votre disponibilité permanente, pour vos conseils et votre patience, 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 sincères reconnaissances et mes respectueuses gratitudee.

Il m'est très agréable de remercier Mr BELHAMRA Mohamed maître de conférences au département des sciences de la nature et de la vie de la faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie de l'université de Mohamed Kheider-Biskra vous qui me faites le grand honneur de présider le jury de ce mémoire.

Je voudrais remercier également les membres du jury, Mr LAAMARI Malik professeur au département d'agronomie de la faculté des sciences de l'université de Batna, Mr SAKER Mohamed Lakhdar maître de conférences au département des sciences agronomiques de la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers de l'université Kasdi Merbah-Ouargla, et M<sup>elle</sup> LAKHDARI Fattoum directrice du CRSTRA à Biskra, pour avoir accepté d'examiner ce travail; mes sincères reconnaissances et remerciements et mes respectueuses gratitudee.

Je tiens à remercier aussi Mr. KEMASSI Abdellah maître assistant au département de Biologie au centre universitaire de Ghardaïa de m'avoir guidé au cour de l'expérimentation ainsi que pour ses remarques et conseils fructueux.

Je remercie aussi Mr LAZHER, chef de département d'acridologie à l'institut nationale de protection des végétaux (INPV), à ALGER 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 tous le personnel des bibliothèques (département de biologie, chimie et pharmacie) de l'université Mentouri-Constantine, département de biologie et d'agronomie de l'université Kasdi Merbah-Ouargla, les laborantins du laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides de l'université Kasdi Merbah-Ouargla, BOUGHABA L. et Mr SAADINE S. E., merci pour l'aide, votre encouragement et gentillesse.

J'adresse également mes sincères remerciements à mes collègues de la première promotion de post-graduation à l'université Mohammed Khider-Biskra; le seul garçon FOUZI, ASMA, AICHA, HAYET, NASSIMA, BAHIA et IKRAM pour votre encouragement, l'ambiance chaleureuse et amicale durant l'année théorique. J'exprime mes profonds remerciements à SABRINE, ROKAIA, AICHA, FARAH, SOUMIA et ALIA. Que ceux qui ne sont pas nommés ici, me pardonnent s'ils ont été oubliés, ce n'est que par l'écrit.

Enfin merci à ma famille et plus particulièrement à mes parents pour leur soutien continu.

## *Sommaire*

<b>Introduction.</b> .....	10
<b>Chapitre I.– Aperçu général sur <i>Schistocerca gregaria</i> (Forskål, 1775) en relation avec les substances acridicides ou acridifuges.</b> .....	12
1.1.- Position systématique. ....	13
1.2.- Description morphologique. ....	13
1.3.- Cycle biologique du criquet pèlerin. ....	14
1.3.1.- Développement embryonnaire. ....	14
1.3.2.- Développement larvaire. ....	17
1.3.3.- Vie imaginale. ....	17
1.4.- Polymorphisme phasaire chez le criquet pèlerin. ....	20
1.4.1.- Différences éthologiques. ....	21
1.4.2.- Différences physiologiques. ....	21
1.4.3.- Différences morphologiques. ....	22
1.5.- Aire de répartition. ....	22
1.5.1.- Aire de récession (rémission). ....	22
1.5.2.- Aire d'invasion. ....	22
1.5.3.- Aires de récession et de multiplication (grégarigène). ....	24
1.6.- Importance économique. ....	24
1.7.- Lutte antiacridienne. ....	25
1.7.1.- Lutte mécanique. ....	26
1.7.2.- Lutte préventive. ....	26
1.7.3.- Lutte chimique. ....	27
1.7.3.1.- Insecticides utilisés en lutte chimique. ....	27
1.7.3.2.- Lutte chimique et toxicité. ....	28
1.7.3.2.1.- Toxicité. ....	29
1.7.3.2.2. - Voies de pénétration des toxines. ....	29
1.7.3.2.2.1. - Diverses manifestations de la toxicité. ....	30
1.7.3.3.- Conséquences de la lutte chimique sur les écosystèmes. ....	31
1.7.3.3.1.- Apparition de déséquilibres au niveau des biocénoses. ....	31
1.7.3.3.2.- Apparition de souches résistantes. ....	32
1.7.3.3.2.1.- Mécanismes de résistance comportementale. ....	32
1.7.3.3.2.2.- Mécanismes de résistance physiologique. ....	33
1.7.3.3.2.3.- Mécanismes de résistance biochimique. ....	33
1.7.4.- Lutte biologique. ....	34
1.7.4.1.- Ennemis naturels du criquet pèlerin. ....	34
1.7.4.1.1.- Parasite et parasitoïde. ....	35
1.7.4.1.2.- Prédateurs. ....	35
1.7.4.1.3.- Agents pathogènes. ....	36

1.7.4.2.- Insecticides botaniques. ....	36
1.7.4.2.1.- Métabolites secondaires chez les végétaux et relations plante –insecte. .	36
1.7.4.2.1.1.- Alcaloïdes. ....	37
1.7.4.2.1.2.- Huiles essentielles. ....	38
1.7.4.2.1.3.- Composés phénoliques. ....	42
1.7.4.2.2.- Plantes acridicides ou acridifuges. ....	44
<b>Chapitre II.- Méthodologie de travail. ....</b>	<b>47</b>
2.1.- Principe adopté. ....	48
2.2.- Matériel d'étude. ....	48
2.2.1.- Matériel biologique. ....	48
2.2.1.1.- <i>Cleome arabica</i> . ....	49
2.2.1.1.1.- Position systématique. ....	49
2.2.1.1.2.- Description morphologique. ....	49
2.2.1.1.3.- Répartition géographique. ....	50
2.2.1.1.4.- Importance socioéconomique. ....	50
2.2.1.1.5.- Données phytochimiques. ....	50
2.2.1.2.- <i>S. gregaria</i> . ....	52
2.2.1.2.1.- Choix des stades. ....	52
2.2.1.2.2.- Elevage de <i>S. gregaria</i> . ....	52
2.2.2.- Matériels et méthodes d'extraction des extraits bruts. ....	52
2.2.2.1.- Hydro-distillation. ....	52
2.2.2.2.- Macération. ....	54
2.3.- Tests de toxicité. ....	54
2.3.1.- Traitement par contact. ....	54
2.3.2.- Traitement par ingestion. ....	54
2.4.- Exploitation des résultats. ....	56
2.4.1.- Calcul de la TL <sub>50</sub> . ....	56
2.4.2.- Calcul du coefficient d'utilisation digestif (CUD). ....	57
2.4.3.- Analyses statistiques. ....	57
<b>Chapitre III.- Résultats et discussion. ....</b>	<b>58</b>
3.1.- Etude de la toxicité par ingestion de l'extrait brut foliaire acétonique de <i>C. arabica</i> .....	59



3.1.1.- Action sur la prise de nourriture chez les larves L <sub>5</sub> et les individus adultes de <i>S. gregaria</i> . .....	59
3.1.2.- Action de l'extrait foliaire de <i>C. arabica</i> sur la prise de poids. ....	64
3.1.3.- Action de l'extrait foliaire de <i>C. arabica</i> sur le coefficient d'utilisation digestive (CUD). .....	67
3.1.4.- Action de l'extrait foliaire de <i>C. arabica</i> sur le développement larvaire.....	70
3.1.5.- Action de l'extrait foliaire de <i>C. arabica</i> sur le développement ovarien. ...	74
3.1.6.- Action de l'extrait foliaire de <i>C. arabica</i> sur le taux de mortalité. ....	76
3.1.6.1.- Evaluation des TL <sub>50</sub> de l'extrait foliaire brut de <i>C. arabica</i> . ....	78
3.2.- Etude de la toxicité par contact des huiles essentielles de <i>C. arabica</i> chez les individus de <i>S. gregaria</i> . .....	82
3.2.1.- Action des huiles essentielles de <i>C. arabica</i> su les larves L <sub>5</sub> et les adultes de <i>S. gregaria</i> . .....	82
3.2.2.- Temps létal 50 (TL <sub>50</sub> ) des huiles essentielles de <i>C. arabica</i> su les larves et les adultes de <i>S. gregaria</i> . .....	85
<b>Conclusion.</b> .....	90
<b>Références bibliographiques.</b> .....	93
<b>Annexes.</b> .....	106
<b>Résumés.</b> .....	113

## Liste des tableaux

N°	Titre	Page
I-	Quelques plantes à caractères acridifuges et/ou acridicides testées sur <i>S. gregaria</i> . .....	45
II-	Consommation journalière moyenne (g) enregistrée chez les larves L <sub>5</sub> et les adultes des lots témoins et traités par l'extrait foliaire brut de <i>C. arabica</i> . .....	60
III-	Effet de l'extrait foliaire brut de <i>C. arabica</i> sur la prise de nourriture des larves L <sub>5</sub> et des individus adultes de <i>S. gregaria</i> (DDL: degré de liberté; F- ratio: F-calculé; P: probabilité et F- théo: F- théorique tiré de la table de FICHER-SNEDECOR. ....	61
IV-	Evolution pondérale moyenne (g) enregistrée chez les larves L <sub>5</sub> et adultes des lots témoins et traités par l'extrait foliaire brut de <i>C. arabica</i> . ....	65
V-	Comparaison des moyennes de poids (g) par le test «t» de Student enregistrées chez les larves L <sub>5</sub> et les individus adultes des lots témoins et traités par l'extrait foliaire brut de <i>C. arabica</i> (P: probabilité, SD: Ecart type). ....	66
VI-	Analyse de l'effet de l'extrait foliaire brut de <i>C. arabica</i> sur la taille des ovarioles des femelles de <i>S. gregaria</i> (DDL : degré de liberté; F- ratio : F-calculé; P : probabilité; F-théo : F-théorique). ....	74
VII-	Mortalités corrigées et probits correspondants en fonction du temps de traitement par l'extrait foliaire de <i>C. arabica</i> (MC: Mortalité Corrigée).....	80
VIII-	Variation journalière moyenne (%) du CUD enregistré chez les larves L <sub>5</sub> et les adultes témoins et traités par l'extrait foliaire brut de <i>C. arabica</i> .....	106
VIII-	Pourcentages de passage des larves L <sub>5</sub> au stade adulte de <i>S. gregaria</i> des lots témoins et traités par l'extrait foliaire brut de <i>C. arabica</i> . ....	107
X-	Pourcentage de malformations enregistrées chez les larves L <sub>5</sub> des lots témoins et traités par l'extrait foliaire brut de <i>C. arabica</i> . ..	108
XI-	Taille moyenne des ovarioles des femelles de <i>S. gregaria</i> des lots témoins et nourris aux feuilles de chou traitées par l'extrait foliaire brut de <i>C. arabica</i> .....	108
XII-	Mortalités corrigées (MC) et probits correspondants en fonction du temps de traitement par les huiles essentielles de <i>C. arabica</i> enregistrées chez les larves L <sub>5</sub> et adultes témoins et traités .....	109

---

XIII-	Mesures morpho-métriques des individus de <i>Schistocerca gregaria</i> maintenus en élevage de masse au laboratoire (C : Largeur céphalique ; F : Longueur de fémure postérieur; E : Longueur d'élytre). .....	110
-------	--	-----

---

## Liste des figures

N°	Titre	Page
1-	Imagos et larves du cinquième stade de différentes phases chez <i>S. gregaria</i> . .....	15
2-	Oothèques du Criquet pèlerin. ....	16
3-	Développement embryonnaire chez le Criquet pèlerin <i>S. gregaria</i> . ....	18
4-	Mue larvaire d'une larve de 3 <sup>e</sup> stade sortant de son exuvie de larve de 2 <sup>e</sup> stade. ....	19
5-	Aire de répartition de criquet pèlerin. ....	23
6-	<i>C. arabica</i> au stade fructification à l'Oued Itel (El Oued). ....	51
7-	Dispositif d'extraction par hydro - distillation. ....	53
8-	Dispositif de rotor vapor. ....	55
9-	Variations journalières du coefficient d'utilisation digestif (CUD) des larves L <sub>5</sub> de <i>S. gregaria</i> témoins et traités par l'extrait foliaire brut de <i>C. arabica</i> . ....	68
10-	Variations journalières du coefficient d'utilisation digestif (CUD) des individus adultes de <i>S. gregaria</i> témoins et traités par l'extrait foliaire brut de <i>C. arabica</i> . ....	69
11-	Cinétique de passage des larves L <sub>5</sub> au stade adulte de <i>S. gregaria</i> des lots témoins et traités par l'extrait foliaire brut de <i>C. arabica</i> . ....	71
12-	Pourcentage de malformations chez les larves L <sub>5</sub> de <i>S. gregaria</i> des lots témoins et traités par l'extrait foliaire brut de <i>C. arabica</i> . ....	72
13-	Malformations enregistrées chez les individus adultes émergés de <i>S. gregaria</i> traités au stade L <sub>5</sub> par l'extrait foliaire brut de <i>C. arabica</i> .....	73
14-	Taille moyenne des ovarioles des femelles de <i>S. gregaria</i> des lots témoins et traitées par l'extrait foliaire brut de <i>C. arabica</i> . ....	75
15-	Corps de résorption observés chez une femelle de <i>S. gregaria</i> nourries aux feuilles de chou traité par l'extrait foliaire brut de <i>C. arabica</i> . .	77
16-	Pourcentage de mortalité cumulée chez les larves L <sub>5</sub> de <i>S. gregaria</i> des lots témoins et traitées par l'extrait foliaire brut de <i>C. arabica</i> . ....	79
17-	Relation entre les larves L <sub>5</sub> de <i>Schistocerca gregaria</i> et l'extrait foliaire brut de <i>C. arabica</i> en fonction du temps. ....	80
18-	Pourcentage de mortalité cumulée chez les larves L <sub>5</sub> de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile essentielle de <i>C. arabica</i> . . ....	83
19-	Pourcentage de mortalité cumulé chez les individus adultes de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par les huiles essentielles de <i>C. arabica</i> . .. ....	84
20-	Action des huiles essentielles de <i>C. arabica</i> . sur les larves L <sub>5</sub> de <i>S. gregaria</i> . ....	87

---

21- Action des huiles essentielles de <i>C. arabica</i> . sur les individus adultes de <i>S. gregaria</i> ....	88
22- Abaque morphométrique des individus de <i>S. gregaria</i> maintenus en élevage de masse au laboratoire. ....	111

---

# *Introduction*

En régions chaudes, les criquets constituent souvent la biomasse la plus importante de l'entomofaune des cultures, des friches, des jachères ainsi que des pâturages. Certaines années, l'explosion démographique de quelques unes d'entre elles révèle leur caractère ravageur (LAUNOIS – LUONG et *al.*, 1988). Parmi les acridiens, le Criquet pèlerin constitue l'espèce la plus importante d'un point de vue économique par l'étendue de son aire d'invasion et par les dégâts qu'il peut occasionner. Les ravages de cette espèce sont connus depuis l'antiquité. Les invasions constituent un phénomène majeur, spectaculaire. Leur importance économique, depuis des siècles, n'a jamais été mise en doute (MARTINI et *al.*, 1998). Les dégâts peuvent être considérables sur tous types de cultures et sur des pâturages. L'impact macro-économique des pullulations, très important autrefois (nombreuses famines enregistrées, les plus récentes en Éthiopie et au Soudan dans les années 1950), est maintenant mieux maîtrisé grâce aux moyens modernes de surveillance et de lutte. Pour certaines espèces, comme le criquet pèlerin, la possibilité de dégâts annuels de plusieurs dizaines de millions d'euros reste cependant bien réelle. Les conséquences microéconomiques demeurent généralement désastreuses lorsque les invasions n'ont pu être enrayerées à un stade précoce. À l'échelon local, les criquets peuvent causer des destructions complètes de récoltes dont l'impact sur l'autoconsommation et la fragile économie de populations vivant d'une agriculture à risques climatiques élevés est souvent très important. Les conséquences sociales pour de nombreuses populations rurales sont tels que les criquets sont souvent traités comme une priorité nationale. Les opérations de lutte chimique à grande échelle demeurent encore le seul moyen fiable pour contrôler ces ravageurs. Outre leur coût élevé, près de 300 millions d'euros 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, les pesticides 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. Ces zones concernent souvent des écosystèmes fragiles (zones désertiques d'Afrique) et riches en espèces endémiques (Madagascar...) (LECOQ, 2004). Les effets secondaires de la lutte chimique sont aussi catastrophiques que le fléau lui-même ajoutent ABBASSI et *al.* (2005).

Dans la quête de nouvelles techniques pour protéger les cultures contre les insectes nuisibles afin d'augmenter la production agricole, pour une population mondiale sans cesse croissante, tout en préservant l'environnement, les organismes et les institutions de recherches s'orientent vers la lutte biologique. C'est un procédé de lutte, consistant à détruire les insectes nuisibles par l'utilisation rationnelle de leurs

ennemis naturels appartenant soit au règne animal, soit au règne végétal (BALACHOWSKY et MENSIL, 1936 cités par MOUSSA, 2003). La possibilité d'utiliser les substances secondaires des plantes contre les insectes nuisibles en général et contre le criquet pèlerin en particulier, a suscité beaucoup de travaux. Les plus récents sont ceux de ABBASSI *et al.* (2003a, 2003b, 2004, 2005), OULD EL HADJ *et al.* (2006), ZOUITEN *et al.* (2006), IDRISSE et HERMAS (2008), DOUMANDJI-MITICHE et DOUMANDJI (2008) et AMMAR et N'CIR (2008)

Le Sahara dispose d'une biodiversité floristique exceptionnelle, constituée de 480 espèces (MAIRE, 1933) dont on dénombre 162 espèces endémiques dans le Sahara Septentrional seul et à la quelle s'ajoute une tradition séculaire de pharmacopée traditionnelle. Plusieurs espèces sont connues par leurs propriétés thérapeutiques remarquables (QUEZEL, 1978 cités par CHEHMA, 2006).

Les plantes spontanées des zones arides sont considérées comme l'une des ressources phytogénétiques qui présentent un intérêt agronomique, économique, écologique mais aussi stratégique (UNESCO, 1960). Face à ce constat, et pour mieux caractériser et valoriser les potentialités de la flore saharienne, la présente étude recherche à partir de *Cleome arabica* L. (Capparidacée); une plante spontanée du Sahara septentrional Est algérien, épargnée par le Criquet du désert, ses caractéristiques acridicides, acridifuges ou anti-apétantes. Elle porte sur les effets toxiques de cette espèce végétale sur quelques paramètres biologiques et physiologiques de ce ravageur.

Le présent travail s'articule sur trois chapitres. Le premier chapitre est consacré à un aperçu général sur *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) en relation avec les substances acridicides ou acridifuges. Le second chapitre porte sur la méthodologie de travail adoptée. Le chapitre trois traite des résultats obtenus et la discussion. Une conclusion générale qui est un ensemble de réflexions, achève ce travail.



*Chapitre I.- Aperçu général sur Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) en relation avec les substances acridicides ou acridifuges*

Le criquet pèlerin connu sous le nom scientifique de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775), est appelé desert locust (Criquet du désert) par les anglo-saxons. Ces deux qualificatifs marquent, d'une part les habitudes de nomadisation de cet acridien, d'autre part, son aptitude à vivre dans les zones caractéristiques très contrastées de son aire d'habitat, comptant presque trente millions de kilomètres carrés où il exploite les pâturages éphémères qui se différencient à la suite des pluies erratiques (POPOV et *al.*, 1991).

### 1.1.- Position systématique

SYMMONS et CRESSMAN (2001) ont classé *S. gregaria*, comme suit :

Classe	Insectes	
Ordre	Orthoptères	Criquets et sauterelles (environ 20 000 espèces dans le monde)
Sous-ordre	Cælifères	Criquets, locustes et sauteriaux (antennes courtes) (environ 10 000 espèces dans le monde)
Super-Famille	Acridoidea	Acridiens ou criquets
Famille	Acrididae	
Sous-famille	Cyrtacanthacridinae	
Genre	Schistocerca	
Espèce	<i>Schistocerca gregaria</i>	

*S. gregaria* présente deux sous-espèces, l'une nominative et la plus connue *S. gregaria gregaria* (Forskål, 1775) et l'autre *S. gregaria flaviventris* (Burmeister, 1838) plus modestement répartie en Afrique du Sud-Ouest (LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG, 1997). ROBERT (2001) note que chez le criquet pèlerin, *S. flaviventris* désigne les sauterelles de la phase solitaire et *S. gregaria* celle de la phase grégaire.

### 1.2.- Description morphologique

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 (CHIFAUD et MESTER, 1991). Les antennes sont filiformes, le pronotum en vue latérale concave chez les grégaires, convexe chez les solitaires. Les élytres maculés de taches brunes, dépassant nettement l'extrémité abdominale et les genoux postérieurs. Les cerques mâles sont courts, rectangulaires et la plaque sous-génitale est incisée. La coloration du criquet

pèlerin est très variable. Elle dépend de l'état phasaire et de la maturation sexuelle (DURANTON et LECOQ, 1990). La teinte générale des individus solitaires est brune ou plus ou moins grisâtre. Un léger jaunissement des individus mâles, est noté en période de maturité sexuelle. Les individus grégaires immatures sont de teinte rosâtre, alors que les individus sexuellement mûrs sont jaune-vif (couleur particulièrement accentuée chez les mâles) (LAUNOIS, 1978 et LECOQ, 1988).

Les larves solitaires ont une teinte assez uniformément verte au cours des premiers stades, pouvant devenir brune en fin de développement (deux derniers stades), sans macules pigmentaires noirs. Pour les larves grégaires; les deux premiers stades sont essentiellement noirs. Le troisième présente un mélange de rouge ou d'orange et de noir. Les quatrième et cinquième stades comportent un mélange de jaune et de noir. Les stades 3 à 5 possèdent une tache occipitale rouge. Les larves transiens possèdent une teinte générale identique à celle des grégaires, mais le développement de la maculature est plus ou moins accentué (DURANTON et LECOQ, 1990) (Fig. 01).

L'œuf du criquet pèlerin a une forme allongée légèrement incurvée, de couleur jaune claire à brunâtre, sa longueur est légèrement inférieure à un (1) centimètre. Les œufs du criquet pèlerin sont déposés dans le sol sous forme d'une oothèque. Celle-ci est composée d'une masse d'œufs, appelée grappe ou masse ovigère, surmontée d'un bouchon spumeux (POPOV et *al.*, 1990) (Fig. 02).

### **1.3.- Cycle biologique du criquet pèlerin**

Le cycle biologique du Criquet pèlerin comprend, comme chez les autres espèces de criquets, trois états successifs (DURANTON et LECOQ, 1990).

#### **1. 3.1.- Développement embryonnaire**

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. Cela est suffisant pour leur permettre de se développer correctement (DURANTON et LECOQ, 1990). Les œufs ne peuvent survivre que dans des sols à humidité adéquate, la possibilité de quiescence est limitée et la période de viabilité dans un sol sec varie de 10-12 semaines (NEVO, 1996). Les principaux stades de développement embryonnaire chez *S. gregaria* d'après DURANTON et *al.* (1982) sont représentés sur la figure 03. De 01 à 14, c'est le premier stade appelé anatropsis. Le deuxième stade qui est le retournement embryonnaire, va de 15 à 18.

Fig. 1



A : Imago solitaire (brun clair)



B : Larve solitaire de stade 5



C : Imago grégaire mature (jaune)  
(MONARD cités par LECOQ, 2004)



D : Larve grégaire de stade 5

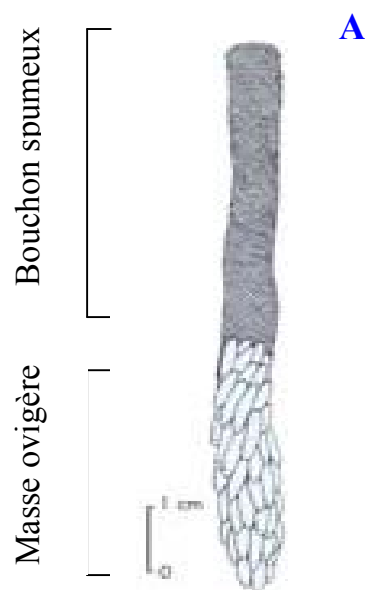


E : Imago transien (rose claire)



F : Larve Transien de stade 5

**Fig. 1(A, B, C, D, E, F)**- Imagos et larves du cinquième stade de différentes phases chez *S. gregaria* (DURANTON et LECOQ, 1990)



A : Présentation schématique d'une oothèque de criquet pèlerin (POPOV et *al.*, 1990).



B : Masses ovigères des oothèques de criquet pèlerin (POPOV et *al.*, 1990)

**Fig. 2(A et B)-** Oothèques du Criquet pèlerin.

et le dernier stade nommé catatrepsis va de 19 à 23.

Au sahel, pendant la principale période de reproduction de juin à septembre, liée aux pluies de mousson, la durée d'incubation des œufs du criquet pèlerin est en moyenne de l'ordre de 13 jours (DURANTON et LECOQ, 1990) et dans les conditions d'hivernage sahélien elles peuvent atteindre 25 jours en fin de saison de pluie, pour se développer à cause de l'abaissement de la température du sol (POPOV *et al.*, 1990).

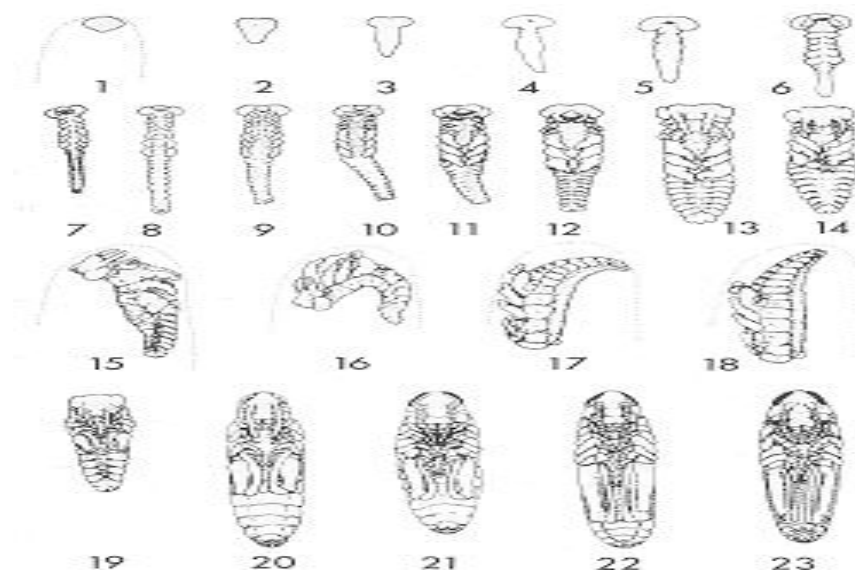
### **L.3.2.- Développement larvaire**

L'éclosion se produit enfin de développement embryonnaire. La nouvelle larve vermiforme progresse vers le sol le long du bouchon spumeux de l'oothèque et immédiatement se débarrasse de sa cuticule. Elle prend l'aspect d'un petit criquet blanchâtre sans ailes (NEVO, 1996). Les criquets sont des insectes à métamorphoses incomplètes, car les larves ne diffèrent de l'adulte que par l'absence d'ailes (VILLENEUVE et DESIRE, 1961). Après 24 heures, la larve commence à se nourrir, elle marche et saute à la façon de l'adulte (SIRE, 1974 et NEVO, 1996). Les larves du criquet pèlerin passent de l'éclosion à l'état imaginal par plusieurs stades. Leur nombre est variable en fonction de la phase; 5 stades chez les grégaires et 6 stades le plus fréquemment chez les solitaires. Le stade supplémentaire se situe entre le 3<sup>ème</sup> et le 4<sup>ème</sup> stade (DURANTON et LECOQ, 1990). Le passage d'un stade à un autre se fait par un processus qu'on appelle la mue (NEVO, 1996) (Fig. 04). La durée du développement larvaire varie en fonction de la température de l'air. Par ailleurs dans des conditions écologiques identiques, les grégaires se développent plus rapidement que les solitaires (DURANTON et LECOQ, 1990). PEDGLEY, (1981) cité par POPOV *et al.* (1991) mentionne que la durée de développement dans les mêmes conditions (élevage artificiel), est plus courte pour les solitaires : 30 jours contre 33,5 pour les grégaires. Selon les mêmes auteurs, dans les conditions naturelles, la durée de développement larvaire n'est connue que pour les grégaires. Elle oscille entre 28 et 48 jours dans la zone méditerranéenne.

### **L.3.3.- Vie imaginale**

Avec la mue imaginale s'achève l'état larvaire et commence l'état imaginal. Le jeune imago possède des téguments mous qui durcissent progressivement. La première phase de la vie imaginale est donc la phase de durcissement cuticulaire. Elle s'achève au bout de 5 à 10 jours selon la saison (la température de l'air).

Fig. 3



**Fig. 3-** Développement embryonnaire chez le Criquet pèlerin *S. gregaria*  
(SHULOV et PENER, 1963 cités par DURANTON et *al.*, 1982)

- 1 : un petit amas cellulaire au pôle postérieur de l'œuf
- 2 : différenciation d'une partie postérieure et d'une partie antérieure
- 3 : allongement de la partie postérieure
- 4-5 : segmentation des rudiments d'antennes et différenciation du labre, apparition des rudiments de pièces buccales : mandibules, maxilles, et labium, segmentation du thorax
- 6-7 : segmentation de l'abdomen
- 8-9 : segmentation des appendices des pièces buccales, formation d'un sillon le long du thorax et de l'abdomen
- 10 : rudiments de pattes tournés vers l'intérieur, encoche sur le bord postérieur du labre
- 11-14 : poursuite de la différenciation des appendices thoraciques
- 15 : début de retournement embryonnaire
- 16-17 : poursuite du retournement embryonnaire
- 18 : fin du retournement embryonnaire, l'embryon occupe la moitié de l'œuf
- 19 : l'embryon occupe les trois-quarts de l'œuf
- 20 : la tête de l'embryon atteint le bord antérieur de l'œuf, début de pigmentation des yeux composés
- 21 : apparition d'épines sur le bord du tibia postérieur et de dents sur les mandibules
- 22 : les dents des mandibules deviennent plus sombres que le reste du tégument
- 23 : les yeux composés sont complètement pigmentés, les épines des tibias postérieurs sont bien pigmentées, l'embryon est prêt à éclore.



Fig. 4



**Fig. 4-** Mue larvaire d'une larve de 3<sup>e</sup> stade sortant de son exuvie de larve de 2<sup>e</sup> stade (DURANTON et LECOQ, 1990)



Le jeune imago se consacre surtout à la recherche d'un biotope favorable à l'alimentation. Il y a augmentation du poids par accumulation de réserves sous forme de corps gras. Durant toute cette période, les ovaires des femelles restent en pré-vitellogenèse. Si les conditions à la reproduction sont favorables, les populations deviennent sexuellement matures.

L'imago devient alors adulte. Les mâles commencent leur maturation les premières. Ils dégagent des substances chimiques (phéromones sexuelles), déclenchant la maturation des femelles. Les ovaires commencent à croître, le vitellus s'accumule peu à peu dans les ovocytes qui deviennent jaunes et leur taille s'accroît progressivement jusqu'à atteindre la taille du futur œuf lors de la ponte (DURANTON et LEQOC, 1990). Il se note également durant cette période les premiers accouplements qui vont se poursuivre pendant toute la vie reproductive (SIRE, 1974). La fécondation se fait lors de la ponte et la durée d'accouplement est souvent longue peut atteindre jusqu'à 14 heures (DURANTON et LEQOC, 1990).

La ponte a lieu n'importe quel moment du jour ou de la nuit dans des sols qui peuvent être assez variés, depuis le sable assez grossier jusqu'aux argiles limoneuses (DURANTON et LEQOC, 1990). La femelle courbe son abdomen, le gonfle d'air, lui donne une direction sensiblement verticale, creuse un trou de 8 à 10 cm de profondeur grâce aux mouvements répétés des valves. La femelle commence par déposer du mucus au fond du trou puis l'abdomen, très distendu se rétracte lentement. Il en sort, au fur et à mesure de son retrait une cinquantaine d'œufs enrobés dans un mucus écumeux qui agglomère les particules de terre, la ponte se termine par un bouchon spumeux de même origine (SIRE, 1974).

La durée totale d'une génération, de l'œuf à l'œuf est de l'ordre d'une cinquantaine de jours, mais en cas de conditions défavorables, cette durée peut atteindre une dizaine de mois, soit par ralentissement du développement sous l'influence des basses températures, soit par arrêt de la reproduction et l'installation d'une période de quiescence (LECOQ, 1991).

#### **1.4.- Polymorphisme phasaire chez le criquet pèlerin**

Le criquet pèlerin, espèce appartenant à la catégorie des locustes présentant un phénomène de polymorphisme phasaire. Le criquet du désert peut se rencontrer soit en phase solitaire, soit en phase grégaire (LAUNOIS-LUONG et LECOQ, 1989). Pour LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1997), le criquet pèlerin fait partie des espèces les plus sensibles aux effets de la densité. DURANTON et

LEQOC (1990), notent que les seuils densitaires de passage de l'état solitaire à l'état grégaire sont approximativement de :

- Petites larves ( $L_1, L_2, L_3$ ) : 50 000/ ha ( $5/m^2$ )
- Grosses larves ( $L_4, L_5$ ) : 5000/ha ( $0.5/m^2$ )
- Imago 250 – 500/ha ( $0.025 – 0.05/ m^2$ )

Entre les deux phases extrêmes solitaire et grégaire, il existe deux états intermédiaires appelés transiens. Les criquets sont transiens congrégans quant ils évoluent vers la phase grégaire et transiens degregans lorsqu'ils évoluent vers la phase solitaire (LECOQ, 1991). Les extrêmes phasaires sont très distincts tant sur le plan éthologique que sur les plans physiologiques et morphologiques, car les derniers changements sont lents et dans certaines mesures héréditaires. Ils ne sont acquis (ou perdus) qu'au cours de plusieurs générations successives (POPOV et *al.*, 1991).

#### **1.4.1.- Différences éthologiques**

Les larves des populations solitaires du criquet pèlerin, sont très peu actives et ne quittent pas leur abri dans la végétation que sous l'effet du grégarisme (POPOV et *al.*, 1991), par contre, les larves en forte densité forment des agrégats organisés d'abord en taches puis en bandes larvaires. Dans une bande larvaire, le groupe est plus cohérent et se dirige dans une même direction (DURANTON et LEQOC, 1990). Les imagos forment ce qu'on appelle des essaims. Les grégaires volent de jour et les solitaires de nuit. Les essaims se déplaçant de jour, sont soumis à des conditions atmosphériques très différentes de celles auxquelles sont soumis les solitaires qui volent de nuit. Les températures plus élevées et les courants ascendants qui règnent pendant les heures chaudes de la journée permettant aux insectes de gagner de l'altitude et de traverser des obstacles qui seraient infranchissables pour les individus solitaires, se déplaçant la nuit (POPOV et *al.*, 1991).

#### **1.4.2.- Différences physiologiques**

A l'état embryonnaire, dans une oothèque de solitaires pour une même masse ovigère, les œufs sont plus petits, donc plus nombreux (POPOV et *al.*, 1991). Le nombre d'œufs chez les grégaires va de 60 à 80 œufs contre 110 à 140 œufs chez les solitaires (POPOV et *al.*, 1990). DURANTON et LECOQ (1990) mentionnent qu'une femelle solitaire peut déposer plus de 3 pontes contre 2 à 3 pontes chez une femelle grégaire.

### **1.4.3.- Différences morphologiques**

Le principal critère à prendre en compte pour caractériser l'état phasaire des larves, est la pigmentation (DURANTON et LECOQ, 1990). SIRE (1974) note qu'il ne faut pas se fier aux colorations pour déterminer la phase grégaire ou la phase solitaire. Les mesures biométriques peuvent apporter dans l'analyse des phénomènes de transformation phasaire, une aide précieuse sinon déterminante.

### **1.5.- Aire de répartition**

Les aires de répartition se subdivisent en aire de récession (rémission), aire d'invasion et en aires de récession et de multiplication (grégarigène) (Fig. 05).

#### **1.5.1.- Aire de récession (rémission)**

En phase solitaire, *S. gregaria* occupe une aire vaste mais limitée aux régions les plus désertiques d'un territoire, allant de l'atlantique à l'Inde. Il s'agit de régions où la pluviométrie moyenne annuelle est en général inférieure à 100 mm (LECOQ, 1991). Dans cette zone appelée aire de récession et couvrant environ 16 millions de km<sup>2</sup>, dans une trentaine de pays, les populations solitaires de ce criquet ne sont présentes qu'en effectifs très faibles (EL-BACHIR, 1996 et LECOQ, 2004).

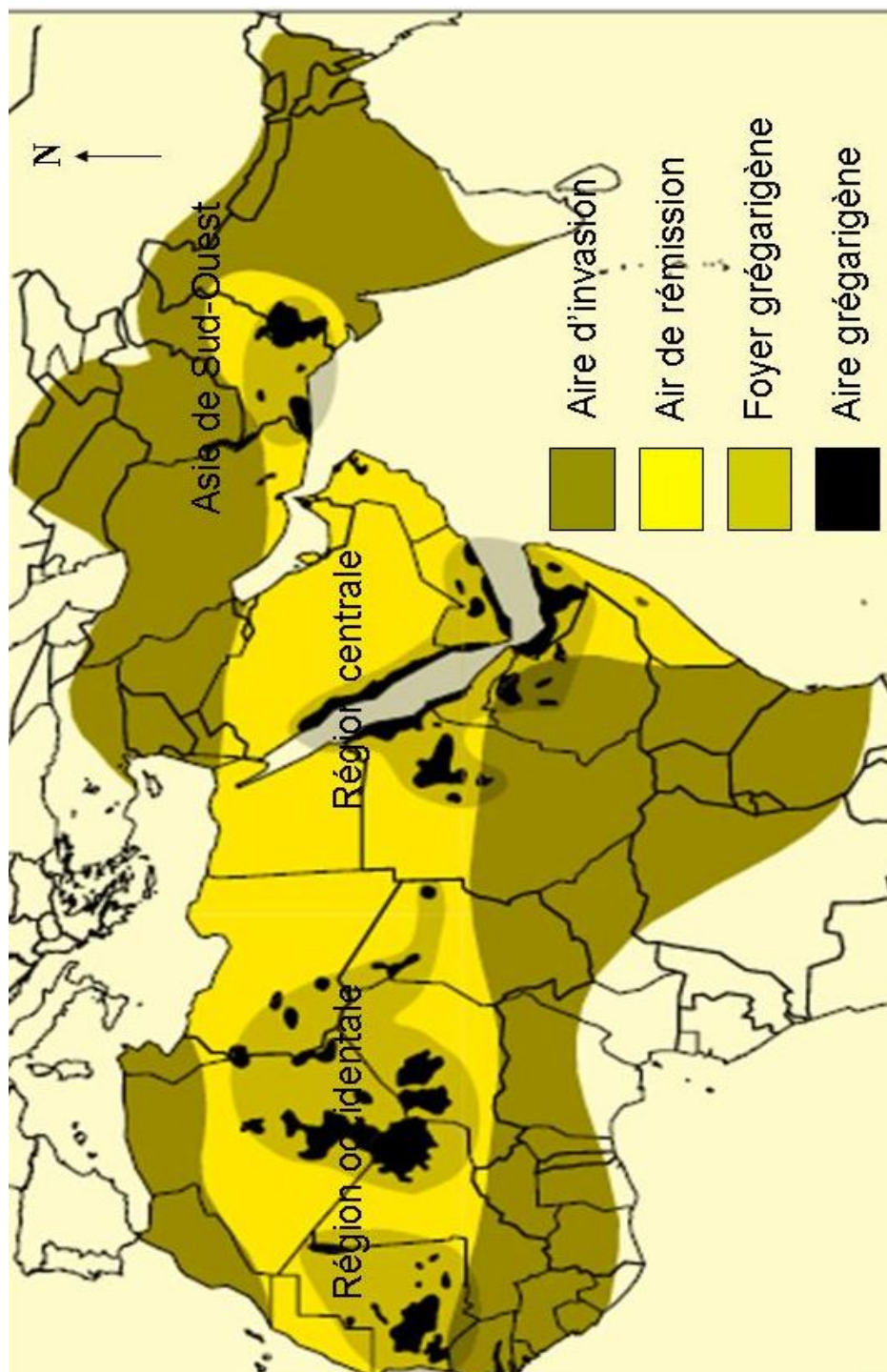
En Algérie, l'analyse des cartes de distribution de *S. gregaria* en période de rémission de 1983 à 2000, montre que le criquet à l'état solitaire se retrouve essentiellement sur les piémonts du Hoggar, seul le Sahara central et méridional sont concernés par des reproductions régulières ou chroniques du criquet pèlerin solitaire, l'une entre mars et juin (Sahara central), et l'autre entre septembre et décembre (Sahara méridional) (GUENDOZ- BENRIMA et *al.*, 2007).

#### **1.5.2.- Aire d'invasion**

Lorsque des conditions écologiques favorables, en particulier des précipitations généralisées, se répètent pendant plusieurs saisons consécutives, les résurgences de population déclenchent un cycle d'essaimage durant lequel le criquet agrandit son domaine jusqu'à occuper une zone, dépassant 30 millions de km<sup>2</sup> (EL-BACHIR, 1996), soit à peu près 20% des terres émergées, 57 pays sont alors concernés (LECOQ, 1991).

En Algérie, durant les périodes d'invasion, les essaims du criquet pèlerin

Fig. 5



**Fig. 5** - Aire de répartition de criquet pèlerin (LECOQ, 2004)

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 (GUENDOUZ - BENRIMA, 2005).

### **1.5.3.- Aires de récession et de multiplication (grégarigène)**

L'aire de récession et de multiplication du criquet pèlerin comporte trois parties distinctes qui sont écologiquement très proches, quoique très éloignés géographiquement les unes des autres (DURANTON et LECOQ, 1990 et EL BACHIR, 1996).

#### **- région occidentale**

Les bordures de certains massifs montagneux où les phénomènes d'écoulement favorisent la création de sites favorables (massifs du Sahara central et méridional, bordure sud de l'atlas, bordure ouest des montagnes de l'Oman, Vallée du Mekran au Pakistan et en Iran).

#### **- Région centrale**

Les bords de la mer rouge et du Golf d'Aden où le régime des pluies peut fournir des conditions favorables à la reproduction tout au long de l'année.

#### **- Région septentrionale**

La frontière Indopakistanaise où les systèmes de vents favorisent des concentrations importantes des populations.

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 (GUENDOUZ- BENRIMA, 2005).

### **1.6.- Importance économique**

Les acridiens constituent souvent en régions chaudes la biomasse la plus importante de l'entomofaune des cultures, des friches, des jachères, ainsi que des

pâturages. Les pertes sont pour l'essentiel dues au prélèvement direct sur tous les organes aériens des plantes cultivées, ce qui réduit la photosynthèse, diminue l'espérance de récolte, quand ce ne sont pas les plants qui sont entièrement détruits. Les dégâts réels sont difficiles à évaluer quantitativement, mais il est sûr qu'un agriculteur qui a connu une invasion acridienne s'en souvient toute sa vie. Dans le Sahel, les cultures vivrières, mil, sorgho, maïs, riz sont particulièrement sensibles, nettement plus que le coton, le niébé et l'arachide. Les dégâts dans les pâturages sont généralement moins visibles, mais on connaît quelques exemples de compétition alimentaire entre le bétail et les criquets (LAUNOIS-LUONG et *al.*, 1988). Le criquet pèlerin occupe une place particulière chez les ravageurs (BARBOUCH et *al.*, 2001). Il constitue une menace quasi permanente pour les plantes cultivées et les pâturages de nombreux pays de l'Afrique du nord à l'équateur et de l'Atlantique à l'Asie du sud-ouest, en passant par le Proche Orient, l'importance de ce ravageur réside selon LECOQ (1991) dans:

- Sa grande mobilité (les essaims peuvent parcourir plus de 1000 km en quelques jours),
- Son aire d'invasion très vaste, couvrant environ 30 millions de km<sup>2</sup>,
- Son grand potentiel reproducteur,
- Sa capacité à consommer chaque jour son propre poids,
- Polyphagie qui lui permet de causer des dégâts sévères à une large gamme de cultures.

Un essaim de 10 km<sup>2</sup> compte environ 50.000.000 d'individus par km et détruit environ 500 à 1000 tonnes de matière verte par jour, ce qui entraîne une perte de récolte irrémédiable sur une ou plusieurs années. En un an, un tel essaim de taille et de densité modeste pour le criquet pèlerin consomme l'équivalent de la biomasse de 1000 hectares (MARTINI et *al.*, 1998).

En Algérie, en 1866, les pertes ont été estimées à 19.652.981 francs français (52 millions d'euros en 2003). En 1941, les criquets ont totalement endommagé en Libye un million de pieds de vignes, en 1954 au Soudan 55.000 tonnes de céréales et en 1951 au Sénégal 16.000 tonnes de mil. 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 (LECOQ, 2004).

## **1.7.- Lutte antiacridienne**

La stratégie de la lutte antiacridienne consiste à la coordination des actions

et des manœuvres dans le but d'enrayer les départs d'invasion, de réduire l'ampleur des pullulations et si possible d'empêcher leur apparition (DURANTON *et al.*, 1987).

### **1.7.1.- Lutte mécanique**

Dans le passé, la lutte contre les acridiens s'organise par les paysans de diverses manières (THIAM, 1991) :

- prières, sacrifices, offrandes, etc.,
- production de bruits violents : tambours, cris, etc.,
- destruction des insectes par le feu et la fumée.

D'après DOBSON (2001), les méthodes de lutte mécanique consistent à creuser des tranchées pour que les larves y tombent ou à les balayer avec des branchages; sont parfois utilisées en dernier recours, pour essayer de protéger les cultures. Elles peuvent éviter quelques dégâts si l'infestation acridienne est légère, mais elles ont peu d'effet sur la population acridienne totale de la région, et elles peuvent échouer à protéger les cultures quand de nombreux criquets envahissent les champs de façon continue. Il arrive qu'on bêche ou laboure les champs de ponte. C'est une tâche laborieuse et il est difficile de trouver un grand nombre de champs de ponte sans disposer d'une très bonne information sur les sites de ponte des essaims.

### **1.7.2.- Lutte préventive**

Le principe de base de cette stratégie est de maîtriser les départs d'invasion et le phénomène de grégarisation qui à mesure qu'il s'accroît, devient de plus en plus difficile à contrôler. Il faut intervenir le plus tôt possible, dès le tout début de la transformation phasaire en exerçant une action destructive sur les populations acridiennes franchissant un seuil densitaire critique (500 ailés /ha ou 5000 larves /ha) où constituant de par leur étendue un danger potentiel (MARTINI *et al.*, 1998). Cette stratégie ne cherche pas à tuer tous les criquets, ni à détecter et supprimer toutes les pullulations, ce qui serait évidemment impossible. Elle vise essentiellement par le maintien d'une surveillance permanente et par des actions de luttes régulières ponctuelles et bien ciblées, à abaisser le niveau des populations acridiennes et à les maintenir en deçà des seuils critiques (LECOQ, 2004). La lutte antiacridienne préventive permet de :

- Maintenir les activités agricoles dans les zones affectées, les invasions pouvant se traduire par des abandons des cultures et des exodes ruraux;

- De lutter indirectement contre la désertification, en particulier dans le cas du criquet pèlerin par le maintien d'activité agricole ou pastorale et par l'existence du réseau de veille acridienne, permettant tout à la fois de localiser les zones propices aux pullulations et de contribuer à la surveillance des conditions écologiques, et à la connaissance des zones désertiques fréquentées par ce criquet;
- Optimiser l'utilisation des insecticides pour limiter les quantités utilisées et les superficies affectées et dans le cadre d'une gestion de type intégrée d'offrir une place aux récents insecticides biologiques, agissant lentement et peu utilisables en lutte curative dans des situations d'urgence;
- 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.

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 (LECOQ, 2004).

### **1.7.3.- Lutte chimique**

La lutte curative devient nécessaire quand la lutte préventive n'a pas été suffisante pour enrayer les pullulations. Une fois le fléau acridien déclaré, il n'y a plus d'autre alternative que la lutte curative. Le combat doit être organisé en situation d'urgence soit sur des aires très vastes et discontinues, soit sur des sites précis. Il faut intervenir rapidement, sans confondre rapidité d'exécution et précipitation, pour sauver ce qui peut encore l'être. Sachant qu'à cause des circonstances même de l'intervention une partie des récoltes ou des pâturages sera perdue (LAUNOIS-LUONG *et al.*, 1988).

La lutte chimique, c'est l'attaque offensive par tout produit toxique, visant à empoisonner l'organisme. Les produits qui intoxiquent à mort l'insecte sont nommés les insecticides (LHOSTE et GRISON, 1989).

#### **1.7.3.1.- Insecticides utilisés en lutte chimique**

Le but initial de la lutte chimique est de supprimer, d'exterminer le ravageur, la mauvaise herbe, le pathogène, le parasite. On s'est servi de composés relativement simples à base d'arsenic, de soufre, de chaux, de dérivés du pétrole, de substances à base de fluor ou extraites de plantes comme la nicotine. C'est ce qu'on



appelle les pesticides de la première génération. Ils se caractérisent par leur toxicité relativement élevée pour les organismes non visés et surtout pour leur rémanence (PHILOGENE, 1991). A la seconde guerre mondiale, on assiste à la mise au point d'une deuxième génération de pesticides; les composés synthétiques. Les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates apparaissent successivement sur le marché et connaissent un certain succès dans la lutte contre les insectes et bien sur des acrididés. Ces substances qui regroupent la plupart des insecticides encore utilisés aujourd'hui, ont une action rapide, mais peuvent avoir une rémanence tenace, c'est le cas des organochlorés (PHILOGENE, 1991). Les années 1960 voient un bouleversement dans l'utilisation des pesticides. Les recherches des physiologistes conduisent à la découverte des insecticides de la troisième génération, des substances produites par les ravageurs eux-mêmes, soit les hormones des insectes et leurs analogues. Le fénoxycarbe, un analogue d'hormone juvénile des insectes, testé sur des larves de dernier stade de criquet pèlerin a provoqué d'une part des altérations morphologiques au cours de la mue et, d'autre part, la solitarisation des grégaires en modifiant la couleur, la morphologie et le comportement, ce qui conduit à la dispersion des bandes larvaires (DORN et *al.*, 1997). Les recherches sur les phéromones, les nouvelles formulations, faisant appel à des synergistes et des adjuvants plus performants donnent aussi d'autres moyens de lutte contre les insectes nuisibles (PHILOGENE, 1991).

### **1.7.3.2.- Lutte chimique et toxicité**

RAMADE (2005) note que la découverte des insecticides de synthèse a apporté dans l'immédiat, une solution radicale à bien des problèmes de protection des cultures et d'entomologie médicale. En bien de circonstances, les gains de rendement obtenus par l'usage des pesticides sont très significatifs, atteignant 50% ou plus. Dans quelques cas, l'accroissement de la productivité qu'ils permettent, est encore plus élevé. De même, les pullulations de criquets migrants ont été en règle générale contenues depuis plusieurs décennies par traitement aérien des aires grégaires, sitôt que les densités des criquets y atteignent un seuil critique. Malheureusement, malgré les avantages immédiats inhérents à l'emploi des pesticides, un certain nombre d'inconvénients, certains d'importance majeure, apparurent peu à peu, dont l'importance avait été initialement sous-estimée. Tous découlent de leur particularité toxicologique, ces substances présentent un spectre de toxicité étendu non seulement pour les plantes et les animaux mais en réalité sur l'ensemble de l'écosystème.

### **1.7.3.2.1.-Toxicité**

La toxicité est la capacité inhérente à une substance de produire des effets délétères sur l'organisme (altération d'un ou de plusieurs organes ou fonctions) (LAUWERYS et *al.*, 2007). Selon GASTAGNOU et GUYOTJEANNIN (1969), pour atteindre ce but, la condition *sine qu'a none* est que le poison y pénètre dans l'organisme.

### **1.7.3.2.2. - Voies de pénétration des toxines**

En toxicologie, trois voies d'absorption ou bien de contamination par les composés toxiques sont distinguées (RAMADE, 2007) :

- Voie respiratoire (inhalation): La contamination s'effectue à travers les conduites respiratoires, les poumons (BLIEFERT et PERRAUD, 2001). Si l'insecte est dépourvu de poumons, il présente par un système échangeur aérien multiple ramifié et profond constitué par les trachées qui apportent directement l'oxygène de l'air au stade cellulaire. Il est possible d'obstruer mécaniquement ses pores aériens cutanés, privant quantitativement ainsi l'animal de l'air nécessaire à ses échanges vitaux soit introduire dans cette air un produit gazeux toxique (GASTAGNOU et GUYOT, 1969).

- Voie digestive : il est aussi appelé la voie trophique alimentaire chez les animaux et transradiculaire chez les végétaux (RAMADE, 2007). Pour GASTAGNOU et GUYOTJEANNIN (1969), l'attaque par voie digestive par la pulvérisation de la substance toxique sur la nourriture habituelle de l'animale, est assurée et se fait très aisément. Ce mode d'introduction convient parfaitement lorsque l'insecte consomme directement les organes végétaux.

- Voie dermique : l'intoxication se fait par absorption à travers la peau des substances toxiques (BLIEFERT et PERRAUD, 2001). Selon GASTAGNOU et GUYOTJEANNIN (1969), un rappel très succinct de la constitution anatomo-histologique du revêtement cutané des arthropodes s'impose. Il est complètement différent de la peau des animaux supérieurs. Ceux-ci ont une charpente interne minérale; ils ont une charpente externe organique. Selon les mêmes auteurs, les téguments des insectes sont constitués, en proportions variables, par trois types de composantes :

- La chitine est un élément résistant de cette charpente, constituée par l'association de chitobiose, combinaison de deux molécules de glucosamine à groupes aminés acétyles.

- De lipides, fixes ou labiles (glycérides et cires),

- Des éléments nobles qui sont les cénapses lipido-protidiques et les enzymes.

L'ensemble de ces substances se présente en zone stratifiée plus ou moins épaisse et complexe (épicuticule, pro-cuticule, hypoderme). Il en résulte trois faits; les deux premiers de nature physique, le dernier de nature pharmacologique :

- Il peut y avoir obturation mécanique des trachées, l'insecte meurt par asphyxie.
- La toxine peut agir sur la répartition locale superficielle des lipides cuticulaires, ce qui engendre l'affaiblissement de la cuticule. De ce fait, l'insecte devient plus vulnérable à l'action des substances toxiques hydrosolubles associées.
- Dans le cas où la substance toxique présente une action neurotrope (action sur le système nerveux), les symptômes d'intoxication apparaissent rapidement, car chez les insectes à l'opposé de l'homme, le système nerveux est une entité formée par une succession de ganglions (un pour chaque segment), émettant d'une part, des nerfs sensitifs et moteurs à fonction réflexe vers la cuticule où ils se ramifient dans l'extrémité des canaux susmentionnés. D'autre part des filets nerveux qui les associent les uns aux autres par une chaîne nerveuse ventrale et qui aboutit à son cerveau constitué par l'association des ganglions cervicaux péri- œsophagien (GASTAGNOU et GUYOTJEANNIN, 1969).

La mort de l'individu intoxiqué résulte souvent en dernière analyse à des lésions nerveuses, même dans le cas des poisons dont les effets primaires s'exercent sur d'autres organes. Les cardiotoxiques, comme l'atropine ou des substances qui affectent les fonctions respiratoires (monoxyde de carbone, cyanures), provoquent la mort par anoxie des neurones, d'où l'apparition des lésions cérébrales irréversibles (RAMADE, 2007).

#### **1.7.3.2.2.1. - Diverses manifestations de la toxicité**

Les êtres vivants peuvent présenter des troubles physiologiques variés selon les quantités absorbées et la durée d'exposition pour une même substance (RAMADE, 2007) :

- **Toxicité aiguë** : les indésirables se manifestent après absorption par voie orale ou cutanée, d'une dose unique ou de plusieurs doses réparties sur 24 heures ou à la suite d'une exposition par inhalation de 4 heures (DOMIEN, 2006). C'est la toxicité la plus connue et celle qui est le plus souvent envisagée, puisque les effets apparaissent peu de temps après l'absorption des substances toxiques (BOURON, 1977).
- **Toxicité subaiguë** : elle diffère de la toxicité aiguë par le fait qu'une proportion significative de la population, voir la totalité peut survivre à l'intoxication, bien que tous les individus aient présenté des signes cliniques d'intoxication. Elle correspond pour une substance donnée à une contamination par des concentrations plus faibles

que celles qui engendrent une intoxication aiguë et qui soient suffisantes pour provoquer éventuellement la mort de certains individus de la population exposée (RAMADE, 2007).

- **Toxicité à long terme** : elle s'observe suite à une exposition intermittente ou contenue à une substance ou un mélange de substances pendant un délai au moins égale à la durée de vie de l'organisme en question (MARCHAND et TISSIN, 2006). CABRIDENC et *al.* (1979), mentionnent qu'au cours des tests de toxicité chronique, la durée peut concerner la vie de l'espèce en expérience (au moins 03 ans pour le rat). Les troubles de la toxicité à long terme, apparaissent brutalement sans aucun signe d'alarme préalable et avant qu'aucun remède ne puisse être apporté (BOURON, 1977). La toxicité à long terme, comme le soulignait TRUHAUT (1974) cités par RAMADE (2007), ne désigne pas les conséquences toxicologiques de l'exposition permanente d'un organisme à un toxique mais aux séquelles permanentes d'une intoxication aigue qui perdure longtemps après l'exposition à la substance considérée.

### **1.7.3.3.- Conséquence de la lutte chimique sur les écosystèmes**

#### **1.7.3.3.1.- Apparition de déséquilibres au niveau des biocénoses**

OULD EL HADJ et *al.*, (2007a). Dans une étude expérimentale sur les conséquences de la lutte chimique; cas d'un acridicide (Dursban 240) sur l'entomofaune d'une palmeraie, 48 heures, après le traitement par le Dursban 240, au sein des 33 espèces inventoriées avant le traitement; 23 espèces (69.7%) ont révélé une sensibilité létale à ce pesticide, 07 espèces (20.6%) ont disparu, n'ayant pas été retrouvées, ni mortes, ni vivantes, et 03 espèces ont manifesté une certaine résistance vis avis de l'acridicide. L'analyse du groupe des espèces sensibles montre que les espèces prédatrices sont les plus nombreuses, alors qu'elles sont nécessaires au maintien de l'équilibre de l'écosystème. Elles contrôlent la pullulation des ravageurs. La destruction des prédateurs constitue une entrave à l'équilibre d'un écosystème fragilisé par le milieu environnant saharien. En plus des espèces sensibles ou disparues, certaines ont manifesté une résistance vis-à-vis de l'insecticide. Il s'agit de *Parlatoria blanchardi*, *Ectomyelois ceratoniae* et *Apate monachus*. Ce sont les principaux ravageurs du palmier dattier. Le Dursban 240 tue indistinctement la majorité des espèces de la faune de la palmeraie. Ce milieu est un biotope où sont présentes diverses espèces animales dont certaines sont déprédatrices, et d'autres encore utilisent les palmiers comme lieux d'hibernation. C'est un milieu ambiant où règne un microclimat, de type oasien créant les conditions nécessaires à la pullulation de nombreuses espèces. L'usage des produits chimiques crée, sans aucun doute,

un déséquilibre en éliminant de nombreuses espèces. L'utilisation d'acridicide a entraîné un déséquilibre aux conséquences notables dans la palmeraie, déjà fragilisée par la sévérité des conditions arides du milieu saharien .

### **1.7.3. 3.2.- Apparition de souches résistantes**

En raison de l'application répéter de la même molécule active sur les ravageurs nuisibles, des souches résistantes à ces composés de synthèse sont apparus, exerçant ainsi une pression plus sévère sur les cultures (DESCOIN, 1979). Selon GEORGHIU et MELLON (1983) cités par PHILOGENE (1991), plus de 400 espèces d'Arthropodes qu'aujourd'hui, résistent pratiquement à toutes les catégories d'insecticides mises sur le marché. PIART , (1978), note chez les larves de *S. gregaria* traitées à la dieldrine par voie orale, une partie non négligeable, soit 36% environ du produit est éliminé par les excréments, tandit que la plus grande partie de la dieldrine restante a été rapidement bloquée dans le corps de l'insecte. Par voie orale, le produit pénètre dans la cavité générale de l'hémolymphe de l'insecte à travers le tégument. Il est alors susceptible de se fixer électivement sur certains tissus riches en lipides ou lipoprotéines, les tissus adipeux et nerveux en particulier. DOUAHO *et al.* (1982), rapportent que des individus de *Locusta migratoria* traités par le lindane par voie orale, sont capables d'excréter une importante quantité, cette excrétion peut atteindre 16 à 19% de la dose ingérée et le reste subissant des réactions biochimiques variées qui transforment les molécules actives en composées inoffensifs et faciles à éliminer. D'une manière générale HAUBRUGE et AMICHOT, (1998) distinguent trois types de mécanisme de résistance chez les insectes qui se traduisent par des modifications comportementales, physiologiques et biochimiques.

#### **1.7.3.3.2.1.- Mécanismes de résistance comportementale**

La résistance comportementale s'observe au niveau de l'insecte qui présente un comportement différent empêchant le toxique d'agir. Deux catégories de mécanismes de résistance comportementale sont rapportées, le premier implique une reconnaissance de la substance toxique par des récepteurs sensoriels de l'insecte, créant une irritabilité ce qui pousse l'insecte à quitter l'environnement toxique (permet à l'insecte d'éviter le contact avec le pesticide), et dite aussi résistance associée à la mobilité de l'insecte (MAGNIN *et al.*, 1985 et HAUBRUGE et AMICHOT, 1998). Alors que le second mécanisme de résistance comportementale est associé à l'immobilité de l'insecte. Il correspond à la possibilité que possède l'insecte à limiter le temps de contact avec le pesticide, par exemple des individus de certaines souches d'*Haematobia irritans* résistantes aux

pyréthrinoides qui fréquentent les régions ventrales et postérieures non traitées des bovins, possédant à l'oreille une étiquette imprégnée de pesticides (GEORGHIU, 1990 cités par HAUBRUGE et AMICHOT, 1998).

#### **1.7.3.3.2.2- Mécanismes de résistance physiologique**

La résistance physiologique s'exprime au niveau des tissus et organes. Il est observé deux catégories de mécanismes physiologiques de résistance. Le premier par une diminution de pénétration de l'insecticide, pour atteindre leur cible moléculaire. Il pénètre à l'intérieur de l'insecte en traversant soit la cuticule, soit les parois du tube digestif. Cette pénétration a lieu à une vitesse qui, pour un même toxique, varie d'une espèce à l'autre. Si la cinétique de pénétration est suffisamment lente, l'insecticide pourra être dégradé par les détoxifications et aura peu d'effet (HAUBRUGE et AMICHOT, 1998). Les mêmes auteurs signalent que les mécanismes moléculaires de la pénétration n'ont été que peu étudiés. Les seules données expérimentales connues portent sur le bilan de la pénétration, en mesurant, après un certain temps, la quantité d'insecticide marqué radio-activement présente à l'intérieur ou à l'extérieur de l'insecte. Le second par une augmentation de l'excrétion de l'insecticide, par exemple chez les *Sitophilus graarii* et *Rhyzopertha dominica*, on observe un phénomène d'excrétion directe sans biotransformation, respectivement du bromure de méthyle et du phosphore d'aluminium (CHAUDRY, 1997 cités par HAUBRUGE et AMICHOT, 1998). Ce type de résistance est mal connu chez les insectes. Il est cependant intéressant de noter que chez *Caenorhabditis elegans* un cas de résistance au vanadate et thiabendazole est associé au gène SKS1 (+) (Multi Drug Resistance). Celui-ci est surexprimé et la protéine synthétisée, expulse rapidement hors du nématode (USUI et al., 1995 cités par HAUBRUGE et AMICHOT, 1998). Ce type de gène est également décrit chez la drosophile (WU et al., 1991 cités par HAUBRUGE et AMICHOT, 1998). Ceci peut ouvrir une nouvelle voie d'approche pour l'étude de ce type de résistance (HAUBRUGE et AMICHOT, 1998).

#### **1.7.3.3.2.3.- Mécanismes de résistance biochimique**

Au moment où l'insecte entre en contact avec l'insecticide, ce dernier pénètre dans l'organisme et atteint, plus ou moins rapidement, au niveau cellulaire, les protéines et les enzymes cibles dont il entrave le fonctionnement normal (MAGNIN et al., 1985). On distingue deux types de modifications :

- Une activité accrue des systèmes de dégradation des xénobiotiques (et donc des

insecticides), dont nombreuses toxines possèdent un caractère lipophile et peuvent devenir plus hydrosolubles par biotransformation dans l'insecte, et de ce fait plus facilement excrétables. Les possibilités qu'ont les insectes à dégrader les insecticides sont associées aux systèmes enzymatiques de détoxification. Dans le cas des insecticides, la métabolisation de toxiques se traduit souvent par une perte d'activité des produits avec le développement du phénomène de résistance. Trois types d'enzymes participent à ce processus; les mono-oxygénases qui introduisent un atome d'oxygène dans leur substrat, les glutathion-s-transférases qui catalysent la conjugaison des molécules ayant un centre électrophile avec le groupement thiol du glutathion, et enfin les hydrolases qui clivent les esters et les amides augmentant ainsi la polarité des métabolites.

- Une modification de la cible de l'insecticide, devenant capable de fonctionner correctement malgré la présence d'insecticide, dont plus de 90% d'insecticides de synthèse, sont des organophosphorés, des carbamates et des pyréthriinoïdes, avec des sites d'action localisés dans le système nerveux. Parmi les cibles moléculaires, le plus important l'acétylcholinestérase (AChE) qui est la protéine la mieux connue en tant que cible des organophosphorés et des carbamates. Cette enzyme est indispensable au bon fonctionnement des synapses cholinergiques, si l'action de cette enzyme est bloquée, la membrane post synaptique se trouve continuellement excitée. Les organophosphorés et les carbamates agissent en inhibant l'activité catalytique de l'AChE. Ils se fixent sur le site actif de l'enzyme à la place de l'acétylcholine. L'accumulation de celle-ci dans la région synaptique provoque une hyperexcitation des liaisons cholinergiques, causant finalement la mort de l'insecte (MAGNIN *et al.*, 1985 et HAUBRUGE et AMICHOT, 1998).

#### **1.7.4.- Lutte biologique**

Selon DEKOUASSI (2001), la lutte biologique désigne l'utilisation d'ennemis naturels des organismes nuisibles pour leur contrôle. Ce concept 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 insecticides botaniques, des biocides autonomes ou inertes, les méthodes culturales, la résistance variétale, les phéromones et juvénocoles et les méthodes physiques de lutte.

##### **1.7.4.1.- Ennemis naturels du criquet pèlerin**

Pratiquement tous les organismes vivants peuvent être considérés comme des ennemis naturels selon l'angle avec lequel on examine leur écologie. Dans le

contexte de lutte biologique contre les insectes ravageurs quatre groupes d'organismes, sont surtout utilisés. Ce sont les micro-organismes, les nématodes, les prédateurs et les parasitoïdes BOIVIN (2001). Pour GREATHEAD et *al.* (1994), les acridiens sont aussi la proie d'un grand nombre d'ennemis naturels vertébrés et invertébrés.

#### **1.7.4.1.1.- Parasite et parasitoïde**

D'après les mêmes auteurs, les oothèques, les larves et les imagos sont des hôtes de certains parasites et parasitoïdes. Parmi les parasitoïdes d'œufs d'acridien; les hyménoptères scélionides l'espèce *Scelio sudanensis* prélevées sur *S. gregaria*. Cette espèce se trouve sur des pontes de criquet pèlerin solitaire, entraînant un taux moyen de parasitisme qui varie entre 10 et 15%. En Somalie et en Erythrie, *Blaesoxipha agrestis* et *Blaesoxipha filipjevi* (Sarcophagidae) sont observés parasiter des larves et des imagos de criquet pèlerin. *Trichopsidae costala* (Nemestrinidae) parasite 30% de criquet pèlerin sur les cotes de la Mer Rouge. Les parasites des larves et des imagos des acridiens sont principalement des nématodes, chez le criquet pèlerin *M. nigrescens* (Mermithidae) entraîne un retard de la synthèse des protéines du corps gras, inhibant le processus de la mue larvaire (GREATHEAD et *al.*, 1994)..

#### **1.7.4.1.2.- Prédateurs**

Parmi les prédateurs des oothèques des acridiens, les Curtonotidae, dont *Cutonotum cuthbertsoni* a été élevé sans problème à partir d'oothèque de criquet pèlerin provenant de la Mer Rouge. *Stomorina lunata* (Calliphoridae) est l'un des ennemis naturels les plus importants du criquet pèlerin. *Sparinus ornatus* (Histeadae) était attiré par les femelles du criquet pèlerin entraîne de pondre. Ce histéride consomme ensuite les œufs et pond à leur tour à proximité (GREATHEAD et *al.*, 1994). Les reptiles, les oiseaux et les mammifères s'attaquent aux acridiens. Une lionne a été vue attrapant et consommant du criquet pèlerin au nord du Kenya, et une autre en Somalie. 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 leur déplacement (GREATHEAD et *al.*, 1994). Les oiseaux sont responsables de la destruction de huit millions d'imagos et de larves en 14 jours (ASHALL et Ellis, 1962). TRIPLET et *al.*, (1993) notent différentes espèces, exploitant cette abondante ressource dans le delta du fleuve Sénégal entre autre; *Bubulcus ibis* (Héron garde bœuf), *Egretta gazetta* (Aigrette garzette).



#### **1.7.4.1.3.- Agents pathogènes**

D'après UVAROV (1927, 1928, 1929) cités par LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1997), certains microorganismes peuvent provoquer des épizooties sur des larves et des imagos du criquet. L'attaque par *Fusarium acridiorum* a été observée sur des imagos en Algérie. Les criquets atteints se reconnaissent par les taches noirâtres au niveau de l'abdomen. Mais ils n'en mourraient pas. Une bactérie *Coccobacillus acridiorum* décrite par D'HERELLE (1911, 1914) sur *Schistocerca pallens*, provenant d'Amérique centrale, peut générer des épizooties brutales et mortelles en 8 jours sur différents acridiens y compris le Criquet pèlerin. MORITZ (1928) a observé une épidémie dont à été victime le criquet pèlerin dans une cage et dont l'origine serait bactérienne. Les criquets présentent un noircissement de l'abdomen, lequel se remplit progressivement d'un liquide brun foncé. Les ailés infestés grimpent en haut des tiges pour mourir tête en bas.

Parmi les microorganismes, les protozoaires grégarines trouvés dans l'intestin des larves. MONTCHADSKY cité par PREDTETCHENSKY (1935) signale que 92,5% de larves L<sub>4</sub> et L<sub>5</sub> contenaient parfois plus de 30 grégaires, chacune bien paraissant extérieurement saines (LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG, 1997).

La plupart des virus isolés à partir de criquets malades appartiennent à la famille des Poxviridae dont Entompose (SEV) a été isolé de *Schistocerca gregaria* au Yémen (PURRINI et RHODE, 1988 cités par GREATHEAD et *al.*, 1994).

#### **1.7.4.2.- Insecticides botaniques**

Des nouvelles mesures préventives ainsi que de nouveaux produits sont continuellement recherchés pour assurer, d'une part une protection efficace de la production agricole, et d'autre part contribuer à une gestion durable de l'environnement (BARBOUCHE et *al.*, 2001). Parmi les substances utilisables contre les criquets, les insecticides végétaux, se sont avérés efficaces contre les insectes, non toxiques sur les vertébrés, se dégradant complètement dans le sol. Ils sont peu néfastes pour l'environnement (IDRISSI et *al.*, 2002),

##### **1.7.4.2.1.- Métabolites secondaires chez les végétaux et relations plante-insecte**

Chez les insectes, les métabolites secondaires des végétaux présentent des effets différents, soit :

- **Répulsif** : lorsqu'elles agissent à distance en empêchant l'approche des ravageurs lors de l'orientation olfactive (RIBA et SILVY, 1992; LOUIS, 2004).

- **Anti-appétante**: pour définir ce terme KMUNAKATA cité par DESCOINS (1979), considère quatre étapes dans le comportement d'un insecte vis-à-vis de son alimentation qui sont: la reconnaissance et la localisation de la plante hôte, début de l'alimentation, poursuite de l'alimentation et ensuite fin d'alimentation. L'anti-appétence concerne la deuxième et la troisième étape, les substances anti-appétantes ne tue, ni ne repousse l'insecte, celui-ci reste près de la nourriture et finit par mourir de faim.

Les métabolites secondaires appartiennent à trois grands groupes chimiques :

- les alcaloïdes ;
- les huiles essentielles ;
- les composés phénoliques.

#### **1.7.4.2.1.1.- Alcaloïdes**

Ce sont des substances azotées plus ou moins basiques d'origine naturelle, de distribution restreinte. Ils sont issus au moins pour partie du métabolisme des acides aminés et possèdent des propriétés pharmacologiques marquées, les molécules qui répondent à ces critères sont des alcaloïdes vrais (BRUNETON, 2005). Il ne s'agit apparemment que des substances de déchet apparaissant au cours des dégradations de substances azotées (HELLER, 1969). Ce sont des composés très actifs et sont habituellement responsables de la toxicité des plantes qui les renferment même à faible dose. Ils ont des vertus thérapeutiques avérées :

- Action sur le système nerveux central : excitations (caféine, strychnine), dépresseurs (morphine, codéine).
- Action sur le système nerveux autonome : Sympathomimétique (éphédrine) ou sympatholytique (ergo lamine) et parasympathomimétique (ésérine) ou parasympatholytique (Atropine et hyosciamine),
- Anesthésiques locaux (cocaïne), des antispasmodiques (papavérine), des cardiaux régulateurs (ajmaline, quinidine), des vasoconstricteurs ou des vasodilateurs, des parasitocides (quinine, pellé trine) et antitumoraux (vincalécoblastine) (RUBIN et MESSALI, 1990 et HAMMICHE, 1995).

Dans les relations plante-insecte, les alcaloïdes ont principalement un rôle de défense. Ce sont des performants antiappétant, répulsifs, voir toxique. Le plus connu des alcaloïdes entomotoxiques reste cependant la nicotine (LOUIS, 2004). Cet alcaloïde est synthétisé principalement à partir du tabac *Nicotiana tabacum* à

raison de 2 à 8% du poids sec en association avec l'acide citrique et l'acide malique. Elle agit au niveau des synapses de système nerveux central de l'insecte. Sa cible principale est le récepteur à l'acétylcholine. Incorporé dans le milieu alimentaire de *Spodoptera frugiperda* (Noctuidae), sa dose létale 100 est de 0,02%. Cette molécule a donc un effet puissant sur la plupart des ravageurs. D'autres alcaloïdes, tels que les furanoquinolines et les bêtacarbolines de la famille des Olestéracées peuvent avoir des effets létaux directs ou bien ils peuvent retarder le développement larvaire ou encore être ovocides. La berbérine est un alcaloïde présent particulièrement dans les plantes du genre berbéris est aussi toxique pour les phytophages que pour les larves d'hématophages (DEVILL et al., 1980; PHILOGENE et al., 1984; DOUGALL et al., 1988). Ainsi, *Coccuus tribolus* n'est attaquée que par les lépidoptères *Oraesia exavata* (Noctuidae), et *Oraesia emarginata* (Noctuidae), qui ne sont pas sensibles à l'isoboldine; un alcaloïde fortement antiappétant pour d'autres lépidoptères qui côtoient cette plante (WADA et MUNAKATA, 1968).

#### **1.7.4.2.1.2.- Huiles essentielles**

Il est difficile de donner une seule définition, car la notion d'huiles essentielles varie avec le point de vue de la formation professionnelle aussi dissemblable que des botanistes, des physico-chimistes, des industriels, des parfumeurs ou des pharmacologues. Sous le nom d'essences ou d'huiles essentielles, on désigne les principes généralement odoriférants contenus dans les végétaux (BELAICHE, 1979).

Selon BRUNETON (2005), le langage courant confond huiles essentielles et essences. Toutefois, pour une même matière première, huiles essentielles et essences peuvent avoir des compositions très différentes. CATIER et ROUX (2007) définissent les essences comme des substances aromatiques naturelles que sécrète la plante, directement extraite par expression et les huiles essentielles sont le résultat de la distillation à la vapeur d'eau des plantes aromatiques pour en extraire les essences. Les essences et les huiles essentielles sont différentes, notamment en raison de modifications chimiques que subissent les essences au cours de sa distillation.

Une définition simple a été proposée par CSEKE et KAUFMAN (1999) cités par CHAISSON et BELOIN (2007), les huiles essentielles sont par définition des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyens de défense contre les ravageurs phytophages. Les huiles essentielles sont largement réparties dans le règne végétal. Certaines familles sont particulièrement riches (conifères, rutacées,

myrtacées, ombellifères, labiées, composées). Elles peuvent se rencontrer dans tous les organes végétaux; sommités fleuries (lavande, menthe), écorce (cannelier), racines (vétiver, gingembre), fruits (anis, fenouil, badianier), bois (camphrier), etc. Elles peuvent être localisées dans les cellules sécrétrices isolées (lauracées), mais on les trouve le plus souvent dans des organes sécréteurs : poches sécrétrices schizogènes ou schizohysigènes (Myrtacées, rutacées), canaux sécréteurs (conifères, ombellifères) et poils sécréteurs (labiées, composés) (PARIS et HURABIELLE, 1981). La composition chimique des huiles essentielles est assez complexe. Il se retrouve généralement de nombreux constituants, ceux-ci appartiennent principalement à deux grands types chimiques :

- Les composés terpéniques qui sont formés d'unités isométriques en  $C_5$  et comprennent les monoterpènes ( $C_{10}$ ), les sesquiterpènes ( $C_{15}$ ), les diterpènes ( $C_{20}$ ) et les triterpènes ( $C_{30}$ ).
- Les composés aromatiques du phénylpropane, qui sont moins répandus que les précédents. Ce sont des allyphénols quelquefois aussi des aldéhydes, tels l'anéthol, l'eugénol. La vanilline est assez fréquente parmi les composés aromatiques (CATIER et ROUX, 2007).

La composition chimique des huiles essentielles fait appel à plusieurs remarques (PARIS et HURABIELLE, 1981) :

- En fait, la plupart des constituants, sont d'origine terpénique, seul un petit nombre d'essences (essences de cannelle, essences de giroflier) contiennent une majorité de composés aromatiques.
- Parmi les constituants très nombreux des huiles essentielles (leur nombre dépasse souvent la centaine), l'un domine généralement. Les essences de badiane et d'anis par exemple renferment environ 95% d'anéthol.
- A l'intérieur d'une même espèce végétale, on observe des variations chimiques (qualitatives et quantitatives), parfois importantes ayant conduit à admettre l'existence de races chimiques. C'est le cas notamment, des thyms à thymol, à géraniol, à linalol, etc.
- La composition chimique des huiles essentielles varie encore de façon appréciable avec le milieu, l'époque de la végétation. Elle peut se modifier au cours de l'obtention et durant la conservation, d'où la nécessité de les conserver dans des flacons bien bouchés à l'abri de la lumière et de les renouveler chaque année.

La fonction des huiles essentielles dans les plantes n'est pas pu être clairement démontrée. Généralement, on considère qu'il s'agit de produits de déchets du métabolisme (BELAICHE, 1979). Cependant pour les plantes des régions arides l'utilité des huiles essentielles a été rattachée à la conservation d'une humidité

indispensable à la vie des plantes, exposées à des climats désertiques. Les vapeurs aromatiques ont pour propriétés de saturer l'air autour de la plante, empêchant le jour la température de l'air de monter jusqu'à un degré insupportable pour la vie végétale et la nuit de baisser de façon excessive (UNESCO, 1960) et (BELAICHE, 1979).

La diversité des constituants présents dans les huiles essentielles, entraîne des activités physiologiques variées :

- Certaines huiles essentielles agissent au niveau du tube digestif. Ce sont des stomachiques, eupeptiques, carminatifs (essences de badiane, menthe et verveine) d'autres sont cholagogues ou cholérétiques (sauges), d'autres encore sont vermifuges (tanaïsie, chénopode).
- Certaines ont des propriétés antiseptiques; au niveau respiratoire (huiles essentielles de pin, d'eucalyptus, de niaouli), au niveau des voies urinaires (huiles essentielles de Buchu).
- Quelques unes ont des propriétés stimulantes du système nerveux central, l'exemple le plus important est celui des plantes à anéthol.
- D'autres enfin sont actives, en usage externe, comme anti-inflammatoires, cicatrisant (lavande, romarin, sauge) (PARIS et HURABIELLE, 1981).

L'utilisation des huiles essentielles à de fortes doses et en mélange par voie orale n'est pas sans dangers. Elles déclenchent souvent des phénomènes d'irritation à différents niveaux et des cas d'intoxication ont été reportés. Elles sont également assez agressives en usage externe. Il faut être prudent lorsqu'on ajoute quelques gouttes d'essence de romarin ou de thym à l'eau de son bain. Quelques gouttes de trop, entraînent des brûlures sur les parties les plus sensibles du corps (HOSTETTMANN, 1997).

Dans les relations plante-insecte, les huiles essentielles ont des effets répulsifs. C'est le cas des glandes sub-épidermiques de cotonnier, connu pour leur extrême activité répulsive (RIBA et SILVY, 1992). Lors des tests de choix, 13 huiles essentielles ont été testées avec le bruche haricot par PAPACHITOS et STAMOPOULOS (1987) cités par CHIASSON et BELOIN (2007), et 09 huiles essentielles avec la blatte américaine par NGOH *et al.* (1998) cités par CHIASSON et BELOIN (2007), dans la majorité des cas, les insectes se sont dirigés vers le témoin non traité. Ces études ont également démontré que l'effet répulsif était étroitement lié à la structure de la molécule testée. D'autres effets des huiles essentielles sont aussi des antiappétants. Dans la série des terpènes, MUKATA cités par DESCOINS (1979), travaillant sur les effets antiappétants de divers extraits de

plantes de chenilles de *Spodoptera littoralis*, a isolé du *Parabenzoin tribolum* (lauracées) trois substances; le shiromol et le mono acétate et le diacétate de chirmodiol, *Spodoptera littoralis* réagit de la même façon à ces trois produits, l'activité antiappétante étant de 90 à 100% pour des concentrations, variant entre 0,25 et 0,5 %. Un autre produit qui semble promoteur, est le polygodial, sesquiterpène isolé du poivre des marais *Polygonum hydropiper* (Polygonacées); de *Drimys lanceolatus* (Winteracés) de l'hépatique *Porella venucosa* et de l'écorce d'une plante Est africaine *Warburgia stahlmani* (Canellacées). L'ugandensidial et le warburganal de structure apparentée, ont été isolées d'une deuxième espèce de plantes du genre *warburgia Warburgia ugandensis*. Ces trois composés ont une activité antiappétante très prononcée sur les chenilles de *Spodoptera littoralis* (Noctuidae) et *Spodoptera exempta* (Noctuidae). Cependant le polygodial et ses analogues ne sont pas des antiappétants universels. Ils sont inactifs sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* et sphinx du tabac *Manduca sexta* (DESCOINS, 1979).

Les dérivés terpénoïdiques, contenus dans diverses huiles végétales dont l'azadirachtine extraite des fruits d'*Azadirachta indica* est un très puissant antiappétant pour les criquets (ASCHER, 1970 cités par RIBA et SILVY, 1992). JENNIFER MORDUE et NISBET (2000), montrent que l'azadirachtine (complexe tétranotriterpénoïde limonoïde) est le composé responsable à la fois des effets antiappétants et toxique contre les insectes. L'activité antiappétante de l'azadirachtine varie selon l'ordre des insectes, les lépidoptères sont extrêmement sensibles à l'azadirachtine et l'activité antiappétante se déclenche à partir des concentrations inférieures de 1 à 50 ppm, suivant les espèces. Les coléoptères, les hémiptères et les homoptères sont moins sensibles et l'activité antiappétante étant de 100% pour des concentrations, variant entre 100 à 600 ppm. Les effets physiologiques de l'azadirachtine sont plus consistants que les effets antiappétants. Elle agit sur le système endocrinien qui contrôle le développement et la mue des espèces (JENNIFER MORDUE et NISBET, 2000). D'après CLEMENT, ses cibles primaires sont des sites répondant à l'ecdysone (hormone de la mue). L'azadirachtine affecte aussi le processus reproductif chez les deux sexes des insectes par exemple chez *Locusta migratoria* l'azadirachtine inhibe l'ovogenèse et la synthèse des ecdystéroïdes et empêche l'oviposition (JENNIFER MORDUE et NISBET, 2000). Les taux de mortalités sont très importants. OULD EL HADJ (2004) a enregistré un taux de mortalité de 100% au bout de 10 jours pour les larves de 5<sup>ème</sup> stade de *Schistocerca gregaria*, et de 13 jours pour les adultes de la même espèce traités par l'extrait foliaire d'*Azadirachta indica*. OULD EL HADJ *et al.* (2006) notent que la mortalité est le premier critère de jugement de l'efficacité d'un

traitement chimique ou biologique.

#### **1.7.4.2.1.3.- Composés phénoliques**

Bien qu'étant très diversifiés, ils ont tous en commun un ou plusieurs cycles benzéniques, portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles (JACQUES MACHEIX et *al.*, 2005). Les composés phénoliques peuvent être regroupés en de nombreuses classes, allant de composés simples comme l'acide salicylique, molécule donnant par synthèse l'aspirine à des substances plus complexes comme les composés phénoliques aux quels sont rattachés les glucosides (ISERIN, 2001) dont les flavonoides et les tanins. Les tanins sont aussi des composés phénoliques que l'on trouve dans toutes les plantes à un degré plus ou moins élevé (ISERIN, 2001). Les deux principaux groupes de tanins sont les tanins hydrosolubles et les tanins condensés. Les tanins hydrosolubles sont essentiellement trouvés chez les Dicotylédones des Angiospermes (HASLAM, 1981 cités par MAUFFETE, 1992). Ils constituent les formes désoxydées des acides phénoliques simples, comme l'acide gallique et sa forme dimère, l'acide hexahydroxydiphédmique, qui s'agglomère avec le glucose (HARBONE, 1982 cités par MAUFFETE, 1992). Par ailleurs, les tanins condensés, sont des oligomères ou de polymères de flavane, et contrairement aux tanins hydrolysables qui peuvent être dégradés par hydrolyse chimique (alcaline ou acide) ou enzymatique; les tanins condensés sont résistants à l'hydrolyse et seules les attaques chimiques fortes permettent de les dégrader, ainsi par traitement acide à chaud. Ils se transforment en pigments rouges (JACQUES MACHEIX et *al.*, 2005).

Le rôle physiologique des composés phénoliques est encore incertain, beaucoup de ces composés ont un effet sur la croissance lorsqu'ils sont appliqués sur des tissus à une concentration physiologique, mais ils sont tellement variés structuralement qu'il paraît improbable que tous possèdent un rôle universel dans la régulation de la croissance et de développement (GORHAN, 1977 cités par LOUISS, 2004).

Le rôle physiologique des flavonoides dans les plantes a fait l'objet de nombreuses spéculations pendant des années. Au début des années 1960, plusieurs chercheurs ont rapporté que deux flavonols, le kaempférol et la quercétine étaient impliqués dans la croissance de la tige de plantules de pois qui est régulée par la lumière. Le kaempférol inhibait la croissance, en stimulant l'oxydation de l'AIA (Acide Indole 3- Acétique, hormone de croissance), et cet effet était contrecarré par la quercétine. D'autres études font intervenir les flavonoides dans la croissance des

racines et la dormance. Actuellement, il n'est pas avéré que les flavonoides jouent un rôle significatif dans la croissance des plantes (HOPKING, 2003).

S'il est difficile d'attribuer un rôle physiologique à la plupart des composés phénoliques, de très nombreuses données témoignent de leur rôle écologique (LOUIS, 2004). Les composés phénoliques jouent une action protectrice contre les attaques des microorganismes. Les isoflavonoides ont une activité antimicrobienne. Ces substances font partie d'un groupe de substances chimiques, de structures différentes connues sous le nom phytoalexines, qui contribuent à limiter l'extension des infections bactériennes et fongiques dans les plantes. Les phytoalexines sont généralement présentes en très faibles concentrations ou absentes mais sont rapidement synthétisées lors d'un envahissement par des pathogènes bactériens et fongiques. Apparemment, une variété de polysaccharides et de protéines d'origine bactérienne et fongique joue le rôle d'éliciteurs qui incitent la plante à synthétiser des phytoalexines (HOPKING, 2003).

Les composés phénoliques jouent un rôle dans les interactions entre les plantes supérieures, ce qu'on appelle phénomène d'allélopathie qui représente la composition chimique qui peut exister entre les plantes de différentes espèces à l'intérieur d'une communauté végétale. L'un des exemples classiques concerne l'action inhibitrice qu'exerce le noyer sur le développement de différentes plantes herbacées ou ligneuses, lorsque les feuilles et les tiges du noyer sont lessivées par la pluie. Elle relâche une naphthoquinone particulière, la juglone qui est très toxique pour les cultures végétales et également un puissant inhibiteur de germination. D'autres exemples concernent les plantes de milieux désertiques ou semi-désertiques où la compétition pour l'eau est importante. Les feuilles de la plante buissonnante *Encelia farinosa* (Composées) produisent une toxine de nature phénolique (3-acétyl-6-méthoxybenzaldéhyde) qui inhibe la croissance des plantes annuelles et évite ainsi la compétition pour l'eau (JACQUES MACHEIX et *al.*, 2005).

Dans les relations plante-insecte, les flavonoides attirent les insectes pollinisateurs, beaucoup d'insectes peuvent détecter la lumière ultra-violette et sont capables de percevoir les spectres émis par les flavonoides incolores aussi bien que les spectres colorés perceptibles par l'homme (Mc CREA et LEVEY, 1983 cités par HOPKING, 2003). Ils jouent donc un rôle de signal visuel, mais tous les pollinisateurs ne perçoivent pas les couleurs de la même manière, ainsi les fleurs rouges apparaissent non colorées aux abeilles qui sont par contre très sensibles aux couleurs jaunes et bleues et aux UV proches du spectre visible. Elles reconnaissent



donc aisément les fleurs de couleur blanche crème, riche en flavones et flavonols dont l'absorption UV est importante. La visite éventuelle des fleurs rouges par les abeilles dépendra alors de la présence des co-pigments phénoliques associés aux anthocyanes (et également d'autres paramètres additionnels comme la fraction de nectar) (JACQUES MACHEIX *et al.*, 2005).

D'après ISERIN, (2001), la présence du tanin dans les plantes leur donnent un goût amer à l'écorce ou aux feuilles et les rendent impropres à la consommation pour les insectes ou le bétail. DETHIER, (1982) cités par MAUFETTE (1992) a émis l'hypothèse que les tanins solubles qui ne sont perçus par certaines larves de lépidoptères inhibent les récepteurs de sucres de ces insectes, faisant ainsi considérer la plante comme une source de nourriture inappropriée. Selon RAVEN *et al.* (2003) les tanins fournissent une défense chimique statique alors que certaines plantes produisent des phytoalexines, d'autres produisent des tanins et des substances phénoliques et ces substances semblent jouer le même rôle dans la nature, les tanins constituent généralement des défenses statiques, présentes en permanence dans les portions des plantes où elles se rencontrent. Dans certains cas cependant, ils peuvent être produits par la plante à la suite d'une agression. Lorsqu'un papillon (*Bombyx disparate*) attaque et détruit le feuillage des chênes (*Quercus* spp) par exemple, les arbres produisent de nouvelles feuilles, beaucoup plus riches en tanins et autres produits phénoliques qu'habituellement. Les nouvelles feuilles produites dans ces conditions sont également plus coriaces et contiennent moins d'eau que celles qu'elles remplacent. Les différences sont effectivement suffisantes pour réduire la croissance des larves qui se nourrissent de ces nouvelles feuilles et pour diminuer ainsi le niveau de prolifération ultérieur du papillon. Les tanins semblent agir sur la digestion des insectes en se combinant aux protéines de leur cavité orale (HARBORNE, 1988 cités par LOUIS, 2004). La moindre croissance des insectes causée par les tanins serait essentiellement due à une inhibition post-absorption plutôt qu'à une inhibition de la digestion (BULER, 1989 cités par LOUISS, 2004).

#### **1.7.4.2.2.- Plantes acridicides ou acridifuges**

La lutte contre les insectes entre donc dans une nouvelle phase puisque cette approche botanique fournit des moyens en meilleure harmonie avec l'environnement, moyens venant des organismes à protéger eux-mêmes (PHILOGENE, 1991). C'est dans ce contexte que beaucoup de travaux se consacrent à l'utilisation des plantes acridifuges ou acridicides (Tableau I).



**Tableau I-** Quelques plantes à caractères acridifuges et/ou acridicides testées sur *S. gregaria*

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

---

<i>Peganium harmala</i> L.	Zygophyllaceae	- Toxique, antiappétant - Réduit la fécondité et la fertilité de l'adulte femelle. - Lésion de la muqueuse intestinale.	Alcaloïdes indoliques (la Harmine, Harmaline, Harmol et Harmalol)	IDRISSI HASSANI <i>et al.</i> , 2002 ABBASSI <i>et al.</i> , 2003a, 2003b, 2005. IDRISSI HASSANI <i>et</i> HERMAS, 2008
<i>Zygophyllum gaetullum</i>	Zygophyllaceae	Toxique et antifertilisant	Alcaloïdes	ABBASSI <i>et al.</i> , 2003a
<i>Glinus lotoide</i> L.	Aizoacées	Répulsif et toxique	/	OULD AHMEDOU <i>et al.</i> , 2001
<i>Olea europea</i>	Oleaceae	Répulsif et antiappétant	Polyphénols totaux	DOUMANDJI-MITICHE <i>et</i> DOUMANDJI, 2008
<i>Nerium oleander</i>	Apocynaceae			
<i>Inula viscosa</i>	Compositae	Toxique et antiappétant	/	
<i>Salvia officinalis</i>	Labiataeae			

---

## *Chapitre II.- Méthodologie de travail*

## **2.1.- Principe adopté**

Certaines espèces végétales au cours de leur métabolisme élaborent 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 aérien (PHILOGENE, 1991). Ces substances secondaires déterminent la spécificité de la relation plante- insecte. Elles peuvent être perçues par l'insecte et soit l'attirer (phagostimulation) ou le repousser (répulsion, dissuasion), elles constituent d'une manière générale un moyen de défense pour la plante (IDRISSI et *al.*, 2002). Il existe deux catégories de composés secondaires des plantes :

- Des composés à valeurs quantitatives, agissant selon leurs concentrations, on cite les tanins qui sont des substances phénoliques, ayant la propriété de réduire la digestibilité des parties comestibles des plantes;
- Des composés ayant une activité spécifique à des concentrations relativement faibles. Ces substances ont un effet anti-appétant lorsqu'elles inhibent la prise de nourriture ou un effet toxique lorsqu'elles empêchent l'approche des ravageurs (FEENY, 1975).

La présente étude recherche à partir d'extraits bruts ou d'huiles essentielles isolées au niveau des parties aériennes de *Cleome arabica* L. (Capparidacée); une plante épargnée par le Criquet du désert, leurs caractéristiques acridicides, acridifuges ou anti-apétantes. Elle porte sur les effets toxiques de cette espèce végétale sur quelques paramètres biologiques et physiologiques de ce ravageur. Les critères d'appréciation sont non seulement les taux de mortalité, mais aussi les effets en terme de consommation de feuilles de plante traitées par les extraits foliaires bruts, de croissance pondérale, de développement ovarien, mais aussi leurs actions sur la mue chez cette locuste du désert.

## **2.2.- Matériel d'étude**

### **2.2.1.- Matériel biologique**

Le matériel biologique se compose d'individus de *Schistocerca gregaria* (larve de 5<sup>ème</sup> stade et Imago) issus d'un élevage de masse réalisé au laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides de l'université de Kasdi Merbah-Ouargla et d'une plante spontanée du Sahara septentrional Est Algérien, *Cleome arabica* L. (Capparidacée).

### 2.2.1.1.- *Cleome arabica*

*C. arabica* appartient à la famille des Capparidacées qui comprend 45 genres et plus de 1000 espèces (OZENDA, 1991).

#### 2.2.1.1.1.- Position systématique

HENRY (1949), H DES ABBAYES et *al.*, (1963), MAIRE (1965), OZENDA (1991), CHWEYA et MENZAVA (1997) et JUDD et *al.*, (2002) classent *Cleome arabica* comme suit :

Embranchment	Spermaphytes
Sous- Embranchment	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Dillenidae
Ordre	Capparales
Sous- ordre	Capparidineae
Famille	Capparidaceae (Capparaceae, Cleomaceae)
Sous-famille	Capparidoideæ
Tribu	Cleomoideae
Genre	Cleome
Espèce	<i>Cleome arabica</i> L.

#### 2.2.1.1.2.- Description morphologique

*C. arabica* est une herbe verte, brièvement poilue -glanduleuse, visqueuse et pluricaule. C'est une plante à odeur fétide. Les tiges dressées de 20 à 90 cm de longueur; sont densément feuillées, simples ou un peu rameuses inférieurement. Les feuilles sont pétiolées, les basales primordiales et les florales supérieures unifoliées, les autres trifoliolées, décroissant régulièrement vers le sommet de la tige. Les folioles sont oblongues ou linéaires-oblongues, brièvement pétiolées. Les fleurs sont auxiliaires, plus nombreuses à l'extrémité des branches, à des pétales jaunes teints de pourpre à leur sommet. Le fruit est une gousse velue de 2 à 5 cm de long. Les graines sont subglobuleuses-réniformes, un peu comprimées, noires, de 1,8 à 2

mm de diamètre. Elles sont couvertes de poils blanchâtres, presque aussi longs que le diamètre de la graine. La floraison a lieu entre mars-mai, et après les pluies étésiennes (MAIRE, 1965; OZENDA, 1991) (Fig. 06).

#### **2.2.1.1.3.- Répartition géographique**

*C. arabica*, fréquent dans les savanes désertiques et les tamaricaies de l'étage tropical, monte dans l'étage méditerranéen inférieur sur les pentes pierreuses et dans les ravins sablonneux jusque vers 2300 m d'altitude (MAIRE, 1933). Selon OZENDA, (1991) dans la région saharienne, *C. arabica* se trouve sur des rocailles, du sable, des graviers. En Tripolitain est très commun dans la partie saharienne, atteint jusqu'au littoral en Tunisie, il est commun dans le Sud, atteint Ain Cherchira; les îles Kerkennah vers le Nord et les îles de Djerba. En Algérie; la plante est commune dans la cuvette du Hodna et assez commune dans l'atlas Saharien. Au Maroc; elle est commune dans l'atlas saharien et au Sahara septentrional.

#### **2.2.1.1.4.- Importance socioéconomique**

Selon MAIRE, (1933), les chameaux refusent cette plante et les chèvres et moutons n'en mangent que très peu. *C. arabica* est une plante spontanée médicinale, les indigènes l'utilisent comme diurétique et contre les rhumatismes (MAIRE, 1933 et OZENDA, 1991). En médecine traditionnelle, *C. embylocarpa* est utilisée comme sédatif, ou associé à *Juniperus phoenicia* pour soulager les douleurs, avec *Hammada scoparium* pour les maux de tête et avec *Artemisia herba alba* comme traitement gastrique, colique et contre la grippe et le vomissement (UICNR, 2005).

#### **2.2.1.1.5.- Données phytochimiques**

D'après KJAER et *al.* (1955), l'utilisation des espèces appartenant aux capparidacées en médecine traditionnelle émane de la présence des composés volatiles dont l'isothiosyanate. Les espèces *C. arabica* et *Gynandropsis gynandra* L., sont considérées comme source de méthyle isothioscynate qui est un glucoside nommé glucocapparine. L'analyse chromatographique de l'extrait méthanolique permet à TOUIL et *al.* (1998) de détecter 24 flavonoides glucosidiques entre autres 10 étaient séparés et identifiés. Un autre groupe de flavonoides ont été identifiés par (ISMAIL et *al.*, 2005) à partir de l'analyse chromatographique de l'extrait méthanolique des tiges et des feuilles de cette plante. SELLOUM et *al.* (2004) et BOURICHE et *al.* (2003, 2005) mentionnent que la richesse de *C. arabica* en flavonoides (19%) contribue à élucider leurs propriétés pharmacologiques et explique leur utilisation en médecine traditionnelle.





Fig. 6

**Fig. 6- *C. arabica* au stade fructification à l'Oued IteI (El Oued) (Originale)**

### **2.2.1.2.- *S. gregaria***

#### **2.2.1.2.1.- Choix des stades**

Le choix des stades porte sur des adultes et les larves du 5<sup>ème</sup> stade. Selon OULD-EL HADJ et al. (2006), le choix des individus adultes se justifie car c'est le stade où l'insecte est le plus à craindre à cause de l'amplitude de ses déplacements. Pour des raisons de commodité au laboratoire et pour faire ressortir l'action d'un acaricide sur la mue, les larves du 5<sup>ème</sup> stade sont retenues.

#### **2.2.1.2.2.- Elevage de *S. gregaria***

Les individus issus de pontes de deux couples d'adultes reçus le 12/05/2009 de l'institut national de protection des végétaux (INPV) d'Alger, sont maintenus dans une cage parallélépipédique à armature en bois, de dimensions 1,2 m x 0,80 m x 0,70 m. La cage est couverte d'un grillage métallique à mailles fines. Une petite porte coulissante à la face antérieure de la cage permet les diverses manipulations. Le fond de la cage comporte des ouvertures circulaires où sont placés des pondoires remplis de sable humidifié. Les individus sont maintenus à une température de  $33 \pm 02$  °C, à un éclairage continu et une humidité relative  $45 \pm 05\%$ . La nourriture composée surtout de Poacées dont le blé dur (*Triticum durum*), l'orge (*Hordeum vulgare*), l'avoine (*Avena sativa*), le gazon (*Stenotaphrum americanum* L.), mais aussi de la luzerne (*Medicago sativa* var.) (Fabacées), des feuilles de choux (*Brassica oleracea* L.) (Brassicacées), et le son de blé. Le renouvellement de la nourriture, le nettoyage de la cage, l'humidification et la vérification des pondoires s'effectuent quotidiennement.

### **2.2.2.- Matériels et méthodes d'extraction des extraits bruts**

Deux méthodes ont été requises pour l'extraction des principes actifs à partir de *C. arabica*; l'hydro-distillation pour extraire les huiles essentielles et la macération pour obtenir autres principes, tels que les alcaloïdes, les composés phénoliques, etc.

#### **2.2.2.1.- Hydro-distillation**

L'hydro-distillation consiste à immerger la matière première dans un bain d'eau. L'ensemble est porté à ébullition et l'opération est généralement conduite à pression atmosphérique (HERNANDEZ OCHOA, 2005). Le milieu réactionnel constitué par la matière végétale et l'eau est porté à ébullition grâce à un chauffe-ballon à une température de 100 °C (Fig. 07).



Fig. 7

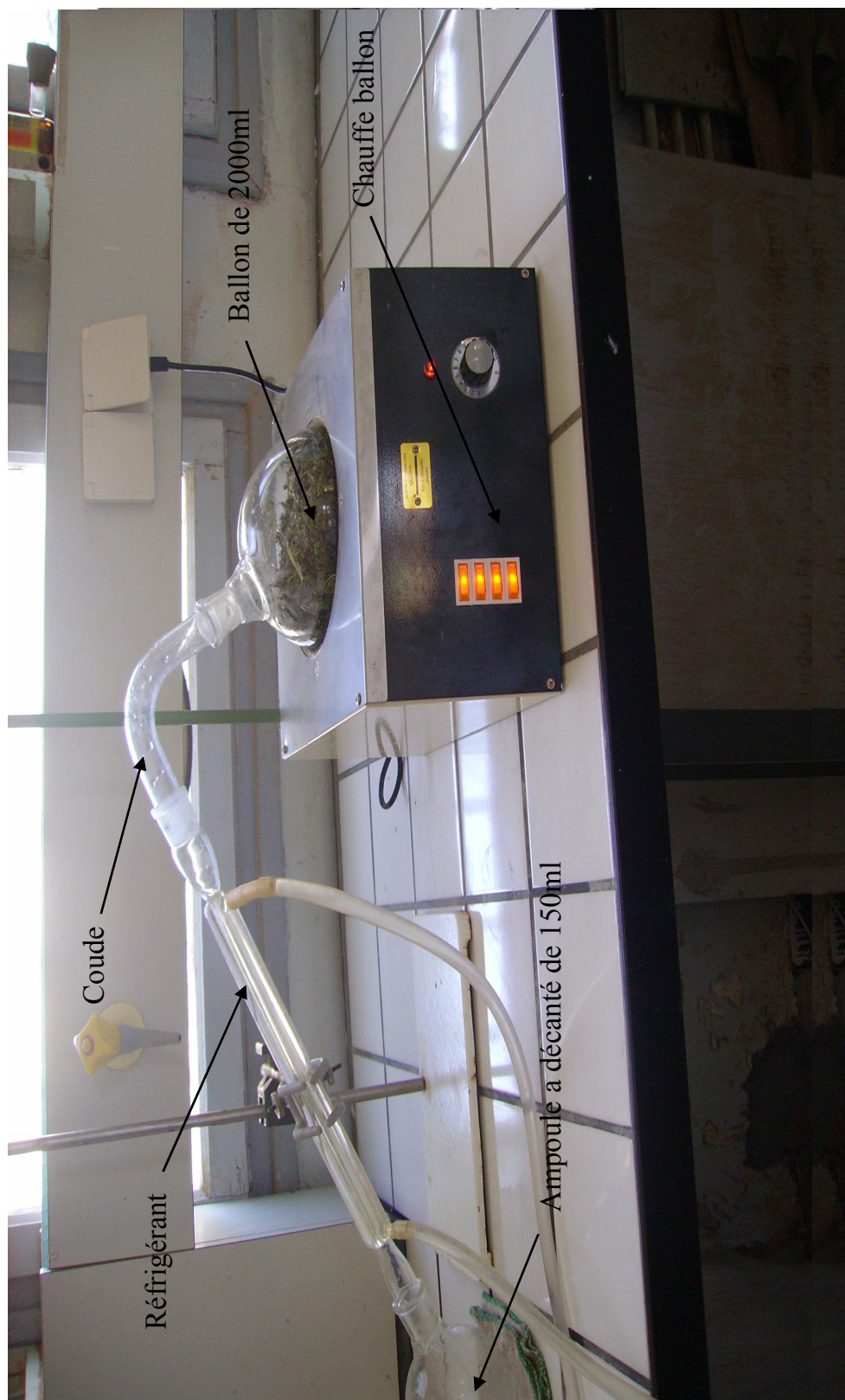


Fig. 7- Dispositif d'extraction par hydro - distillation

### **2.2.2.2.- Macération**

La macération consiste à émerger 100g de feuilles sèches de *C. arabica* dans l'acétone pendant 24 heures. Ensuite la filtration est effectuée sous vide à l'aide d'une fiole à vide et d'un entonnoir. Le résidu sec est jeté alors que le filtrat recueilli est soumis à une évaporation sous vide dans un rotor vapor pour éliminer l'acétone. Le produit ainsi obtenu est un extrait auquel est ajouté 20 ml d'acétone. Ce mélange est donc le produit de traitement (AMER et t RASMY, 1993; MOMEN et AMER, 1994 cités par OULED EL HADJ, 2004) (Fig.08).

### **2.3.- Tests de toxicité**

Les tests de toxicité ont pour objet d'évaluer le degré de sensibilité (ou de résistance) d'une substance toxique chez les diverses espèces animales ou végétales. En pratique, on cherche à déterminer les différentes formes de toxicité (par ingestion ; inhalation ou par contact) et à faire une évaluation quantitative des principaux effets létaux ou sublétaux (RAMADE, 2007). Deux modes de traitements, seront étudiés, l'un par contact (huiles essentielles), et l'autre par ingestion (extrait brut des feuilles de *C. arabica*).

#### **2.3.1.- Traitement par contact**

Les huiles essentielles de *C. arabica*, sont pulvérisées directement sur les L<sub>5</sub> et les adultes du criquet pèlerin. Les observations porteront sur l'activité motrice, le taux de mortalité et quelques paramètres physiologiques. L'expérimentation est suivie jusqu'à la mort des individus traités au cas échéant jusqu'à la ponte. A cet effet, 4 lots d'insectes sont utilisés à raison de 60 individus dont 30 mâles et 30 femelles par lot, ce qui fait un totale de 240 individus. Deux lots pour les L<sub>5</sub>, un témoin et l'autre pour le traitement et les deux autres sont constitués par les imagos dont l'un pour le témoin et l'autre pour le traitement aussi.

#### **2.3.2.- Traitement par ingestion**

Les insectes sont mis individuellement dans des bocaux d'une capacité de 1litre, doté de supports pour permettre aux larves de se percher et de muer. Le test consiste à alimenter les insectes L<sub>5</sub> 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. 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

Fig. 8

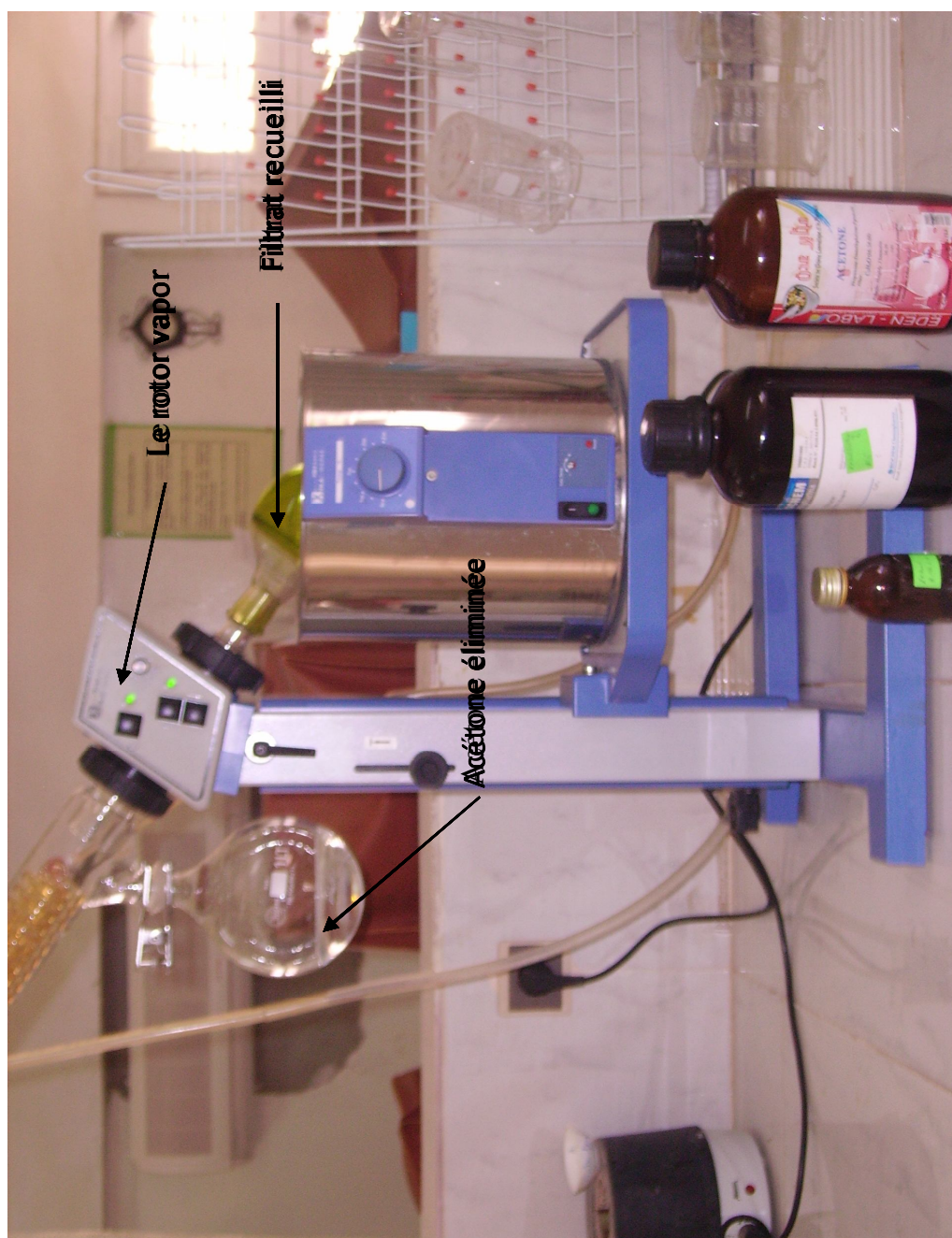


Fig. 8- Dispositif de rotor vapor



aux insectes. Après 24 heures, les bocaux sont nettoyés. 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 ou dans le cas contraire après les premières pontes. 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 L<sub>5</sub> 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 femelles, les individus survivants sont marqués et mis dans une cage parallépipédique 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).

## **2.4.- Exploitation des résultats**

### **2.4.1.- Calcul de la TL<sub>50</sub>**

Le temps léthal 50 (TL<sub>50</sub>) correspond au temps nécessaire pour que périssent 50% des individus exposés à une dose ou à une concentration déterminée (RAMADE, 2007). Il est calculé à partir de la droite de régression des probits correspondants aux pourcentages des mortalités corrigées en fonction des logarithmes des temps de traitement (RAMADE, 2007). On utilise la formule de Schneider et la table de probits.

Formule de Schneider :  $MC = [M_2 - M_1 / 100 - M_1] \times 100$

MC : % de mortalité corrigée

M<sub>2</sub> : % de mortalité dans la population traitée

M<sub>1</sub> : % de mortalité dans la population témoins

#### **2.4.2.- Calcul du coefficient d'utilisation digestif (CUD)**

Le CUD est le pourcentage correspondant à la part d'un nutriment qui ne finira pas dans les fèces. Il représente les résultats d'interaction entre le tube digestif et la composition de la plante consommée. Le CUD est déterminé selon l'équation de WALDBRAUER (1968) :

$$\text{CUD} = \frac{\text{Quantité ingérée} - \text{poids des fèces}}{\text{Quantité ingérée}} \times 100$$

#### **2.4.3.- Analyses statistiques**

Les résultats sont comparés par ANOVA (Analysis of variance), en utilisant le logiciel Student Systat. Selon BERK et STEAGALL (1995), le test d'analyse de variance est un test de comparaison de deux variances; la variance intergroupe en fonction de la variance intragroupe. Si la variation intergroupe est plus élevée que la variation intragroupe, les deux groupes sont significativement différents. 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*



### **3.1.- Etude de la toxicité par ingestion de l'extrait brut foliaire acétonique de *C. arabica***

#### **3.1.1.- Action sur la prise de nourriture chez les larves L<sub>5</sub> et les individus adultes de *S. gregaria***

Les quantités moyennes exprimées en grammes journalièrement ingérées par les larves L<sub>5</sub> et les individus adultes du Criquet pèlerin, sont consignées dans le tableau II. Il apparaît au vu des résultats, une diminution des quantités consommées chez les larves L<sub>5</sub> nourries par des feuilles de *B. oleracea* traitées par l'extrait foliaire brut. Cette chute de prise de nourriture, devient nulle 24 heures avant la mue imaginale. Pour les larves du cinquième stade du lot témoin, alimentées par des feuilles de choux non traitées, la diminution des quantités consommées n'est perceptible qu'un jour avant la mue imaginale.

Le poids moyen des feuilles de chou traitées par les extraits foliaires brut de *C. arabica*, consommé par les larves L<sub>5</sub> est  $1.460 \pm 0.784$ g de feuilles fraîches de chou. Cette prise de nourriture diffère selon les sexes. Chez les mâles une consommation de  $1.459 \pm 0.720$ g de feuilles fraîches de chou est notée avec pour les femelles de  $1.461 \pm 0.837$ g de feuilles fraîches de chou. La prise de nourriture des larves L<sub>5</sub> des lots témoins, est de  $2.481 \pm 1.008$ g de poids frais de feuilles de chou, les larves des lots nourries aux feuilles de chou traitées consomment deux fois moins. Les quantités de feuilles ingérées pour les larves du lot témoin, sont pour les mâles de  $2.497 \pm 0.942$ g de feuilles fraîches de chou et les femelles de  $2.464 \pm 1.091$ g de feuilles fraîches de chou.

La prise de nourriture, chez les individus adultes de *S. gregaria* alimentés par des feuilles de chou non traités par l'extrait foliaire de *C. arabica*, est de  $2.153 \pm 1.040$ g de feuilles fraîches de chou. Les individus mâles ont consommé  $1.615 \pm 0.893$ g de feuilles fraîches de chou, alors que pour les femelles, se note une consommation moyenne de  $2.690 \pm 0.890$ g de feuilles fraîches de chou. Les individus adultes nourris par des feuilles *B. oleracea* traitées aux extraits foliaires de *C. arabica*, n'ont consommé que  $1.536 \pm 0.757$ g de feuilles fraîches de chou, avec chez les mâles une consommation de  $1.221 \pm 0.692$ g de feuilles fraîches de chou et les femelles de  $1.852 \pm 0.686$ g de feuilles fraîches de chou. La consommation chez les larves du criquet pèlerin augmente au début de chaque stade, atteint un maximum puis diminue à l'approche de la mue. La prise de nourriture s'annule 2 à 3 jours avant la mue (OULD EL HADJ et al., 2007 b). OULD EL HADJ (2001) mentionne que la prise de nourriture est l'un des facteurs les plus importants dans le

**Tableau II-** Consommation journalière moyenne (g) enregistrée chez les larves L<sub>5</sub> et les adultes des lots témoins et traités par l'extrait foliaire brut de *C. arabica*

Jours	Larves (L <sub>5</sub> )		Adultes	
	Lot témoin	Lot traité	Lot témoin	Lot traité
1	2.848±0.617	2.285±0.293	2.372±0.278	1.019±0.491
2	2.807±0.551	1.750±0.418	2.986±0.378	1.660±0.719
3	2.819±0.389	1.560±0.551	3.104±0.459	2.070±0.589
4	2.916±0.653	1.651±0.729	3.279±0.474	1.381±0.587
5	2.551±1.066	1.469±0.803	3.089±0.608	1.345±0.264
6	1.186±1.140	1.312±0.667	1.622±0.416	0.937±0.427
7	0.990±1.378	0.787±0.566	2.608±0.733	1.585±0.716
8	0.000±0.000	0.120±0.280	2.432±1.046	1.384±0.472
9	Imago	0.000±0.000	2.283±0.937	2.225±0.551
10	Imago	Imago	2.188±0.646	2.075±0.480
11	Imago	Imago	2.825±1.605	2.515±0.732
12	Imago	Imago	2.614±1.456	1.822±0.519
13	Imago	Imago	2.128±0.930	1.836±0.551
14	Imago	Imago	2.306±1.067	1.793±0.675
15	Imago	Imago	1.484±0.572	1.453±0.677
16	-	-	1.657±0.499	1.156±0.450
17	-	-	1.704±0.448	1.666±0.709
18	-	-	1.761±1.010	1.494±1.210
19	-	-	1.524±1.125	1.370±0.752
20	-	-	1.504±0.874	1.441±0.760
21	-	-	1.228±0.779	0.811±0.602
22	-	-	1.297±0.960	1.094±0.698
23	-	-	1.691±0.957	1.319±0.620
24	-	-	1.569±0.951	1.006±0.662
25	-	-	2.003±1.189	1.903±0.993

Déclenchement de l'activité ovarienne assurant aussi les besoins métaboliques intenses de la vittellogenèse. La faible prise de nourriture enregistrée chez les larves et les adultes nourris aux feuilles de chou traitées par les extraits foliaires de *C. arabica* par rapport aux lots témoins des individus adultes et des larves du cinquième stade, semble provenir de l'effet de l'extrait foliaire de *C. arabica*.

Les résultats de l'analyse de la variance à un facteur pour l'évaluation de l'effet de l'extrait foliaire de *C. arabica* sur la prise de nourriture des larves L<sub>5</sub> et les individus adultes du criquet pèlerin, sont groupés dans le tableau III.

**Tableau III** - Effet de l'extrait foliaire brut de *C. arabica* sur la prise de nourriture des larves L<sub>5</sub> et des individus adultes de *S. gregaria* (DDL: degré de liberté; F- ratio: F- calculé; P: probabilité et F- théo: F- théorique tiré de la table de FICHER-SNEDECOR

Stade	Source	Somme carrés	DDL	Carré moyen	F- ratio	P	F-théo																																																								
<b>Larve L<sub>5</sub></b>	Facteur	35.520	1	35.520	44.276	0.000	11.605																																																								
	Erreur	108.303	135	0.802				<b>Larve L<sub>5</sub> mâles</b>	Facteur	17.717	1	17.717	19.787	0.000	12.09	Erreur	62.976	66	0.954	<b>Larve L<sub>5</sub> femelles</b>	Facteur	17.192	1	17.192	24.283	0.000	12.03	Erreur	43.896	62	0.708	<b>Adultes</b>	Facteur	47.472	1	47.472	57.348	0.000	11.001	Erreur	412.239	498	0.828	<b>Adultes mâles</b>	Facteur	9.733	1	9.733	15.239	0.000	11.232	Erreur	158.394	248	0.639	<b>Adultes femelles</b>	Facteur	43.879	1	43.879	69.440	0.000	11.232
<b>Larve L<sub>5</sub> mâles</b>	Facteur	17.717	1	17.717	19.787	0.000	12.09																																																								
	Erreur	62.976	66	0.954				<b>Larve L<sub>5</sub> femelles</b>	Facteur	17.192	1	17.192	24.283	0.000	12.03	Erreur	43.896	62	0.708	<b>Adultes</b>	Facteur	47.472	1	47.472	57.348	0.000	11.001	Erreur	412.239	498	0.828	<b>Adultes mâles</b>	Facteur	9.733	1	9.733	15.239	0.000	11.232	Erreur	158.394	248	0.639	<b>Adultes femelles</b>	Facteur	43.879	1	43.879	69.440	0.000	11.232	Erreur	156.712	248	0.632								
<b>Larve L<sub>5</sub> femelles</b>	Facteur	17.192	1	17.192	24.283	0.000	12.03																																																								
	Erreur	43.896	62	0.708				<b>Adultes</b>	Facteur	47.472	1	47.472	57.348	0.000	11.001	Erreur	412.239	498	0.828	<b>Adultes mâles</b>	Facteur	9.733	1	9.733	15.239	0.000	11.232	Erreur	158.394	248	0.639	<b>Adultes femelles</b>	Facteur	43.879	1	43.879	69.440	0.000	11.232	Erreur	156.712	248	0.632																				
<b>Adultes</b>	Facteur	47.472	1	47.472	57.348	0.000	11.001																																																								
	Erreur	412.239	498	0.828				<b>Adultes mâles</b>	Facteur	9.733	1	9.733	15.239	0.000	11.232	Erreur	158.394	248	0.639	<b>Adultes femelles</b>	Facteur	43.879	1	43.879	69.440	0.000	11.232	Erreur	156.712	248	0.632																																
<b>Adultes mâles</b>	Facteur	9.733	1	9.733	15.239	0.000	11.232																																																								
	Erreur	158.394	248	0.639				<b>Adultes femelles</b>	Facteur	43.879	1	43.879	69.440	0.000	11.232	Erreur	156.712	248	0.632																																												
<b>Adultes femelles</b>	Facteur	43.879	1	43.879	69.440	0.000	11.232																																																								
	Erreur	156.712	248	0.632																																																											

Pour l'analyse de la variance au seuil 0.1%, les valeurs de F<sub>obs</sub> sont nettement supérieures aux valeurs de F<sub>théor</sub> tirées de la table de FICHER-SNEDECOR. Il est

enregistré pour les larves L<sub>5</sub> un F<sub>obs</sub> de 44.276, les mâles ont enregistré un F<sub>obs</sub> de 24.289 et les femelles enregistrent un F<sub>obs</sub> de 19.787. Les adultes ont enregistré un F<sub>obs</sub> de 57.348, les mâles ont enregistré un F<sub>obs</sub> de 15.239 et les femelles ont enregistré un F<sub>obs</sub> de 69.440. L'extrait foliaire brut de *C. arabica* a un effet très hautement significatif sur la prise de nourriture des larves du cinquième stade et des individus adultes de *S. gregaria*.

L'impératif primordial de la prise de nourriture, est de couvrir les besoins caloriques de sorte que le billant recette-dépense s'équilibre (OULD EL HADJ et al., 2007<sub>b</sub>). Le choix d'une plante pour un insecte comme aliment dépend des quantités relatives d'agents stimulants ou inhibants l'absorption de nourriture présente dans la plante (DESCOIN, 1979). Ces stimulus chimiques sont des composées secondaires contenus dans les plantes, ne sont pas nécessaires pour leur croissance, mais lui confère une protection biochimique contre certains insectes phytophages (NICOLE, 2002). La perception des substances chimiques dans l'environnement nécessite que les nerfs sensitifs soient exposés au milieu. L'organe de perception des odeurs, contient trois éléments de base, au moins une cellule nerveuse bipolaire (dendrite), deux ou trois cellules accessoires et une cuticule protectrice (NICOLE, 2002). Chez les insectes les sensilles réceptrices sont concentrées dans les antennes ou encore sur les pièces buccales (HASKELL et SCHOONHOVEN, 1969 et SINOIR, 1969 cités par LEGALL, 1989). La prise de nourriture est précédée d'une séquence comportementale de reconnaissance. Généralement les criquets explorent la surface de la feuille avec ses palpes avant de mordre. Le rejet du végétal s'effectue habituellement après la morsure (LEGALL, 1989). 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 (BLANEY et al., 1985 cités par LEGALL, 1989). 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 (BLANEY et SIMMONDS, 1985 cités par LEGALL, 1989). Les stimulus chimiques perçus par récepteurs sensoriels, non seulement guident les insectes dans la reconnaissance de la plante hôte, mais la quantité de nourriture prise (ASPIROT et LAUGE, 1981). Au vu des résultats du tableau II, les larves L<sub>5</sub> et les individus adultes du Criquet du désert, ont consommé les feuilles de chou trempées dans l'extrait foliaire de *C. arabica*, mais en quantité réduite par rapport aux individus des lots témoins. La faible prise de nourriture constaté chez les larves et les adultes traitées, laisse supposer que l'extrait foliaire de *C. arabica* renferme des substances anti-appétentes qui ont causé un effet d'anti-appétence secondaire car les insectes des lots nourris aux feuilles de chou traitées à l'extrait foliaire de *C. arabica*, consomment l'aliment traité par opposition au cas d'anti-appétence primaire, où l'insecte ne consomme pas l'aliment (MORDUE et BLACKWELL, 1993 cités par BELHADI, 2005). La poursuite d'alimentation des individus des lots des feuilles de chou trempées dans l'extrait foliaire de *C. arabica*,

s'explique soit par une adaptation à la présence des feuilles de chou traitées à l'extrait foliaire de *C. arabica*. L'alimentation sur une source nutritive présentant des phago-répulsifs, peut se réaliser à l'acquisition d'une certaine accoutumance à ces substances (LEGALL, 1989). Le blocage de la prise de nourriture dû au phago-répulsif ne serait pas insurmontable. L'alimentation sur les plantes, nécessite différentes adaptations à plusieurs niveaux comme par exemple l'habilité à surmonter les défenses chimiques des plantes (NICOLE, 2002). Soit ils sont rongés par la faim et/ou la soif, dans la présente étude les individus de *S. gregaria* n'ont pas le choix que les feuilles de chou traitées par l'extrait foliaire de *C. arabica*. Chaque espèce de locuste choisit sa nourriture selon sa disponibilité et ses caractéristiques nutritionnelles (OULD EL HADJ, 2001). Le manque d'eau oblige parfois les criquets à consommer certaines plantes peu propices à leur développement, mais dont la teneur en eau est relativement élevée (OULD EL HADJ, 2001). En saison sèche, des plantes encore vertes, auparavant refusées par *Dociostaurus maroccanus*, sont consommées tels que *Scorzonera pygmaea*, *Koeleria vallesiana*, *Scirpus holoschoenua*, *Thymus ciliatus* (BEN HALIMA et al., 1984 et 1985). *S. pygmaea*, bien que défavorable à la reproduction, est mangée en quantité importante par les adultes de *S. gregaria*. Il est probable que le manque d'eau explique un tel choix alimentaire qui représente une adaptation aux conditions défavorables de l'environnement. L'eau est par ailleurs, considérée comme un phago-stimulant mais son excès dans l'aliment influence, comme son insuffisance, la prise de nourriture et peut même constituer un facteur limitant ou affecter la croissance (BEN HALIMA et al., 1983).

Des comportements d'anti-appétence secondaire sur les larves et les adultes de *S. gregaria* sont rapportés par OULD AHMDOUD et al. (2001). Ils soulignent que les larves L<sub>4</sub> du criquet pèlerin élevées sur *Glinus lotoides* ne consomment que 15.50±0.70 mg de poids frais de feuilles tandis que celles élevés sur le blé germé consomment 470.20±39.80 mg de poids frais de feuilles en moyenne. Des larves L<sub>5</sub> de *S. gregaria* alimentées par des feuilles de laitue fraîche traitées par l'extrait brut foliaire de *Calotropis procera*, la consommation moyenne calculée sur sept jours est de l'ordre de 0.45±0.214g de feuilles fraîches, est inférieure à celle des témoins de 1.235±0.305g de feuilles fraîches (ABBASSI et al., 2005).

### 3.1.2.- Action de l'extrait foliaire de *C. arabica* sur la prise de poids

Les résultats relatifs aux variations de poids moyens journaliers des larves du cinquième stade et des adultes du criquet pèlerin des lots témoins et des lots nourris par des feuilles de chou traités par l'extrait foliaire brut de *C. arabica*, sont consignés dans le tableau IV. Il apparaît que les larves L<sub>5</sub> et les individus adultes des lots nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait foliaire brut de *C. arabica*, ont des poids plus faibles comparativement aux individus des lots témoins. Les larves L<sub>5</sub> mise en présence de feuilles de chou trempées dans l'extrait foliaire de *C. arabica*, ont un gain de poids de 51.63% et les témoins ont enregistré une proportion de 62.63%. Pour les individus adultes des lots traités enregistrent un gain de poids de 58.42% alors que les témoins ont noté une proportion de 68.60%.

Les résultats de comparaison des moyennes pondérales des individus traités par rapport à celles des témoins par le test «t» de student, sont rapportés dans le tableau V. La comparaison des moyennes pondérales des individus traités par rapport aux témoins au seuil 1% montre une différence hautement significative entre le poids moyen des adultes des lots traités de 2.07±0.575g et le poids moyen des adultes témoins de 2.231±0.664g, de même la différence entre le poids moyen des femelles traitées de 2.408±0.528g et le poids moyen des femelles témoins de 2.752±0.563g est très hautement significative au seuil p< 0.1%. Chez les mâles la différence de poids moyens des traités est de 1.739 ±0.399g et des témoins de 1.653±0.231g n'est pas significative au seuil 5%. La différence entre le poids moyen des larves traitées de 1.315±0.297g et le poids moyen des témoins de 1.327 ±0.3 n'est pas significative au seuil 5%.

La prise de poids chez l'insecte, est liée aux éléments nutritifs contenus dans la plante consommée (HURPIN, 1962). L'amélioration du poids enregistrée chez les lots témoins et les traitées (larves et adultes) alimentés à base de feuilles de chou traitées à l'extrait brut foliaire de Cleome d'Arabie respectivement, est due probablement aux éléments nutritifs que renferme le chou. Dans une étude sur l'influence de l'alimentation sur le cycle biologique de la sauterelle pèlerine *Schistocerca gregaria*, DOUMANDJI METICH et al. (1996) rapportent que le poids moyen des femelles, est le plus faible pour le lot élevé sur *Citrus limonum* soit 1,12g, suivi des individus nourris sur les feuilles de la laitue avec 1,29g, puis celles élevés sur le maïs avec 1,43g et sur le chou atteignant 1,55g. Parmi les quatre aliments présentés aux individus de *S. gregaria*, le chou présente des performances du point de vue conversion en matière corporelle. Ses qualités résultent de sa richesse en eau, en protéines et en glucides. C'est un aliment de haute valeur biologique pour le criquet pèlerin (OULD EL HADJ et al., 2007<sub>b</sub>). Le faible gain du

**Tableau IV-** Evolution pondérale moyenne (g) enregistrée chez les larves L<sub>5</sub> et adultes des lots témoins et traités par l'extrait foliaire brut de *C. arabica*

Jours	Larves (L <sub>5</sub> )		Adultes	
	Lot témoin	Lot traité	Lot témoin	Lot traité
1	0.785±0.154	0.813±0.157	1.571 ± 0.250	1.514 ±0.172
2	1.071±0.214	1.155±0.152	1.629 ± 0.344	1.563 ± 0.376
3	1.263±0.220	1.210±0.157	1.850 ± 0.292	1.701 ± 0.328
4	1.357±0.276	1.270±0.141	1.855 ± 0.294	1.708 ± 0.291
5	1.438±0.276	1.352±0.167	1.944 ± 0.303	1.671 ± 0.330
6	1.636±0.243	1.440±0.221	2.044 ± 0.343	1.819 ± 0.264
7	1.622±0.214	1.520±0.255	2.016 ± 0.360	1.686 ± 0.284
8	1.494±0.266	1.594±0.283	2.097 ± 0.311	1.782 ± 0.316
9	1.334±0.292	1.467±0.267	2.145 ± 0.409	1.794 ± 0.339
10	Imago	1.455±0.267	2.180 ± 0.422	1.985 ± 0.331
11	Imago	Imago	2.196 ± 0.480	1.992 ± 0.340
12	Imago	Imago	2.276 ± 0.604	2.123 ± 0.346
13	Imago	Imago	2.313 ± 0.624	2.159 ± 0.396
14	Imago	Imago	2.338 ± 0.709	2.235 ± 0.448
15	Imago	Imago	2.528 ± 0.864	2.210 ± 0.554
16	-	-	2.338 ± 0.756	2.299 ± 0.584
17	-	-	2.399 ± 0.775	2.237 ± 0.501
18	-	-	2.455 ± 0.788	2.307 ± 0.566
19	-	-	2.494 ± 0.811	2.325 ± 0.679
20	-	-	2.568 ± 0.891	2.340 ± 0.647
21	-	-	2.483 ± 0.789	2.417 ± 0.689
22	-	-	2.505 ± 0.782	2.347 ± 0.692
23	-	-	2.439 ± 0.778	2.339 ± 0.695
24	-	-	2.431± 0.788	2.418 ± 0.709
25	-	-	2.500 ± 0.841	2.404 ± 0.753

poids constaté chez les individus des lots traités (adultes et L<sub>5</sub>), émane de l'action anti-appétente qu'exerce l'extrait brut foliaire de *C. arabica* suite à une réduction de consommation chez les individus traités par rapport aux témoins.

La chute de poids enregistrée chez les larves et les adultes du criquet pèlerin traitées par l'extrait des feuilles de *Peganum harmala* n'est pas seulement liée à la

**Tableau V-** Comparaison des moyennes de poids (g) par le test «t» de Student enregistrées chez les larves L<sub>5</sub> et les individus adultes des lots témoins et traités par l'extrait foliaire brut de *C. arabica* (P: probabilité, SD: Ecart type)

<b>Stades</b>	<b>Echantillon</b>	<b>Moyen</b>	<b>SD</b>	<b>P</b>
<b>Larve L<sub>5</sub></b>	traités	1.315	0.297	0.795
	témoins	1.327	0.358	
<b>Larve L<sub>5</sub> femelle</b>	traités	1.392	0.307	0.139
	témoins	1.496	0.369	
<b>Larve L<sub>5</sub> mâle</b>	traités	1.221	0.256	0.331
	témoins	1.166	0.262	
<b>Adultes</b>	traités	2.073	0.575	0.004
	témoins	2.231	0.664	
<b>Adultes femelles</b>	traités	2.408	0.528	0.000
	témoins	2.752	0.563	
<b>Adultes mâles</b>	traités	1.739	0.399	0.035
	témoins	1.653	0.231	

baisse de prise de nourriture mais aussi à une perte d'eau sous forme des fèces hydratées. Cette perte en eau affecte le volume hémolympatique qui véhicule toute les substances nécessaires aux fonctions vitales du criquet (ABBASSI et al., 2005). Ce phénomène de perte d'eau sous forme de fèces liquides n'est pas observé chez les individus traités d'où le faible pris de poids chez les individus traités comparativement aux témoins. Une chute drastique de poids chez les larves et les adultes de criquet pèlerin traité par l'extrait foliaire de *Melia azadarach* et *Azadirachta indica*

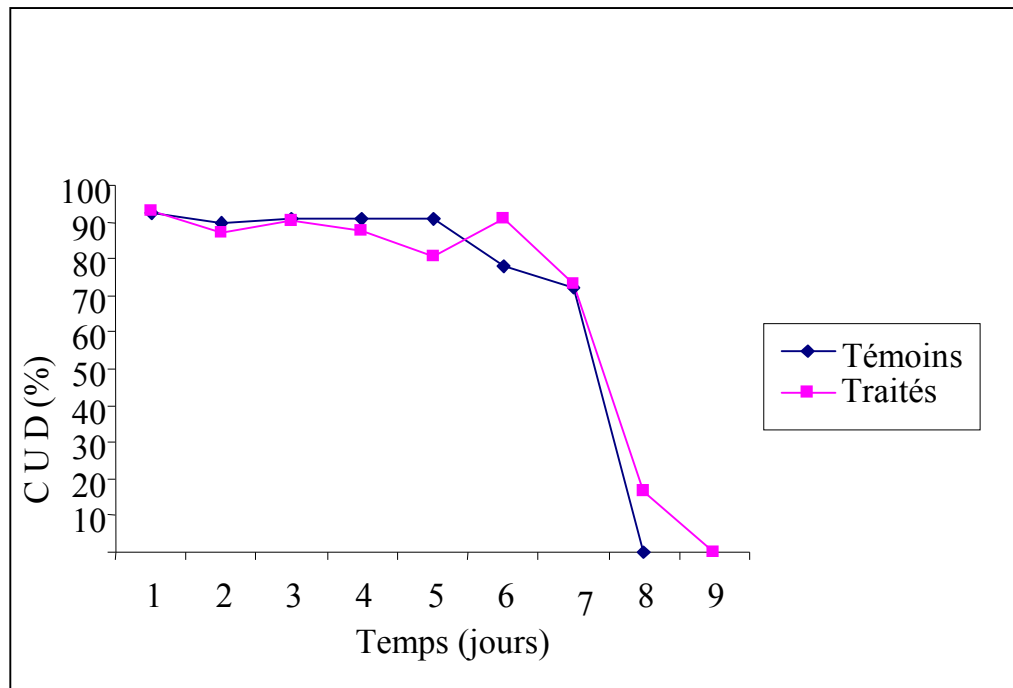


, est notée par OULD EL HADJ *et al.* (2006). La diminution de prise de poids des larves et des adultes traitées est la résultante d'une baisse de prise de nourriture de celle-ci par rapport aux individus témoins. La prise de poids est liée à la capacité des insectes de convertir l'aliment ingéré en tissus de croissance. Des études ont démontré que seulement 2 à 38% de matière végétale ingérée est efficacement transférée en matière corporelle (NICOLE, 2002).

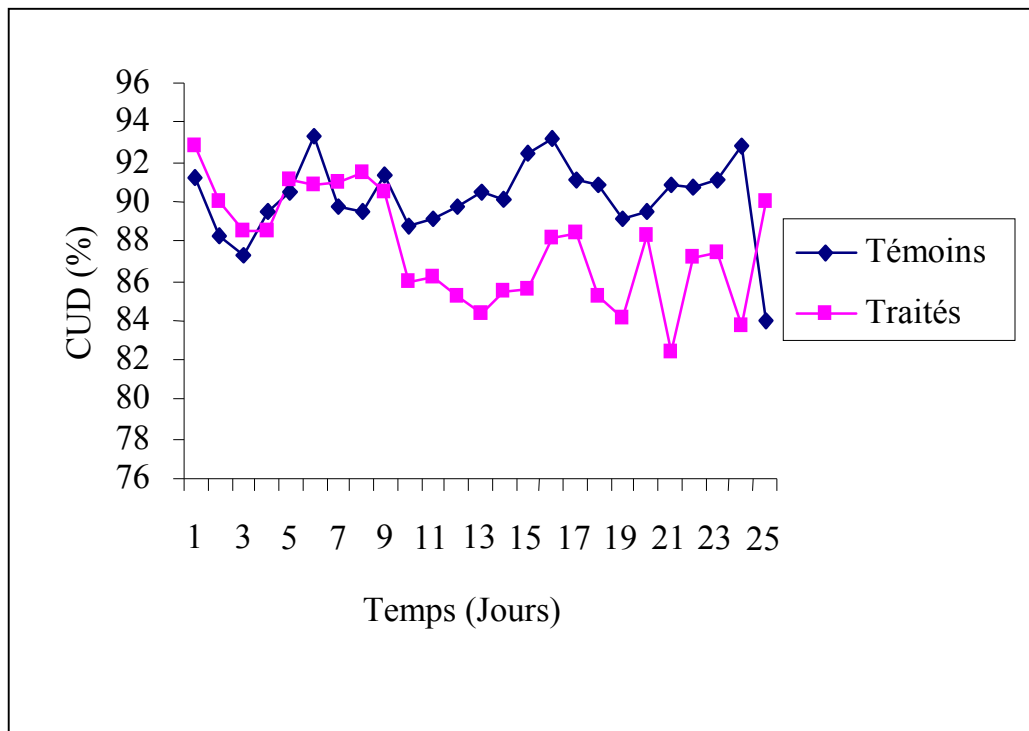
### **3.1.3.- Action de l'extrait foliaire de *C. arabica* sur le coefficient d'utilisation digestive (CUD)**

Les variations journalières du coefficient d'utilisation digestive (CUD), enregistrées chez les larves L<sub>5</sub> et les individus adultes sont rapportées sur les figures 09 et 10. Il ressort que les valeurs moyennes des CUD enregistrés chez les larves et les adultes traités, sont respectivement 68.797% et 87.692%. Elles sont, pour les larves L<sub>5</sub> et les individus adultes témoins de 75.673% et de 90.344% respectivement. Une valeur moyenne de CUD de 54.133% chez les adultes de *S. gregaria* traités par l'extrait foliaire brut de *C. arabica* moins important que celle noté chez les larves L<sub>5</sub> traité par le même extrait et qui est de l'ordre de 68.031%, sont rapportées par KEMASSI (2008). Dans une étude sur le comportement alimentaire des larves L<sub>4</sub> de *S. gregaria* élevées sur un régime alimentaire mono-spécifique à base de *Glinus lotoides* et *Ciitrillus colocynthis* (plante référence, révélée pour son pouvoir toxique), OULD AHMEDOU *et al.* (2001) notent des CUD de 40.13% et 67.21% respectivement. *Glinus lotoides* bien que faiblement consommé n'a pas été métabolisé par les larves L<sub>4</sub> ce qui explique la faible valeur de CUD comparativement au *Ciitrillus colocynthis*.

L'action toxique de l'extrait au mélange méthanol-acétone de graines de neem à la dose moyenne 600–800 ppm sur différents stades larvaires de *Spodoptera littoralis* et *S. gregaria*, abouti à une hypertrophie du mésentéron accompagnée d'importantes formations vésiculées et d'altérations des tubes de Malpighi (KPEGAN, 1994). Une étude sur l'effet de l'alimentation de *Peganum harmala* sur le tube digestif des larves L<sub>4</sub> de *S. gregaria* révèle que la toxicité est surtout intestinale. Il semble que les substances actives de la plante mises en solution lors de processus digestifs attaquent les cellules absorbantes intestinales qui ne peuvent plus remplir leur rôle d'où carence protéique et lipidique d'où la mort de l'insecte (IDRISSI HASSANI et HERMAS, 2008). La toxicité de *P. harmala* n'est pas perçue par l'insecte lors de l'alimentation mais qu'au niveau métabolique, la plante n'est pas assimilée (IDRISSI HASSANI et HERMAS, 200). La quantité d'énergie et de substances utiles extraits de la plante consommée, dépend de ses caractéristiques (présence de cellulose ou bien de substances gênantes la digestion



**Fig. 09-**Variations journalières du coefficient d'utilisation digestif (CUD) des larves L<sub>5</sub> de *S. gregaria* témoins et traités par l'extrait foliaire brut de *C. arabica*



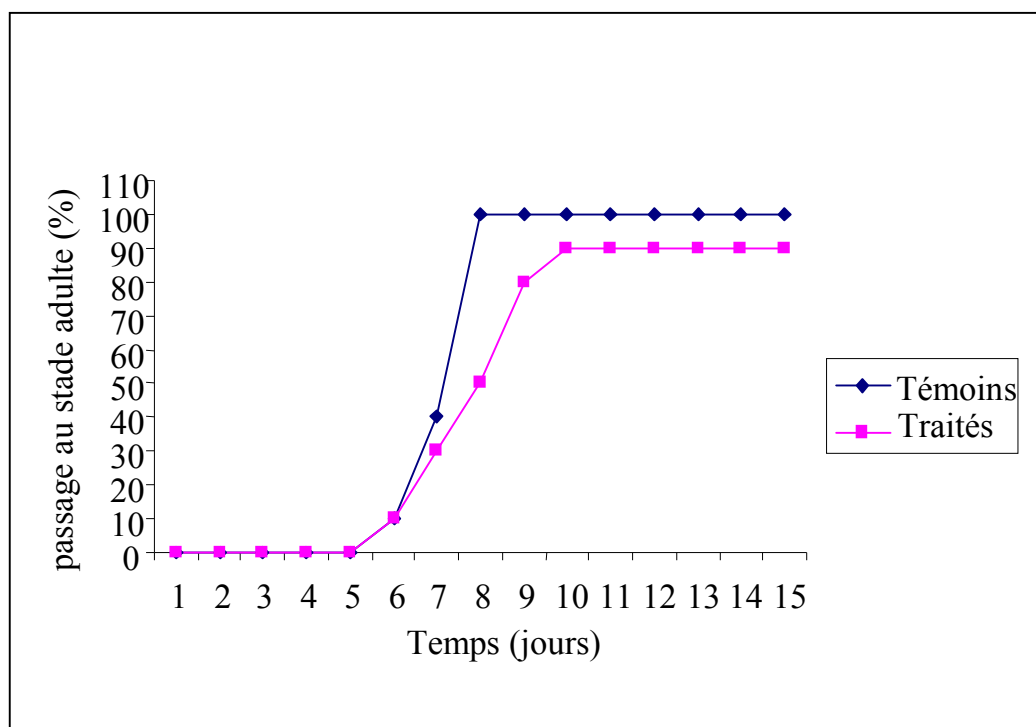
**Fig. 10-** Variations journalières du coefficient d'utilisation digestif (CUD) des individus adultes de *S. gregaria* témoins et traités par l'extrait foliaire brut de *C. arabica*

tel que les tanins) et de la capacité du système digestif du phytophage.

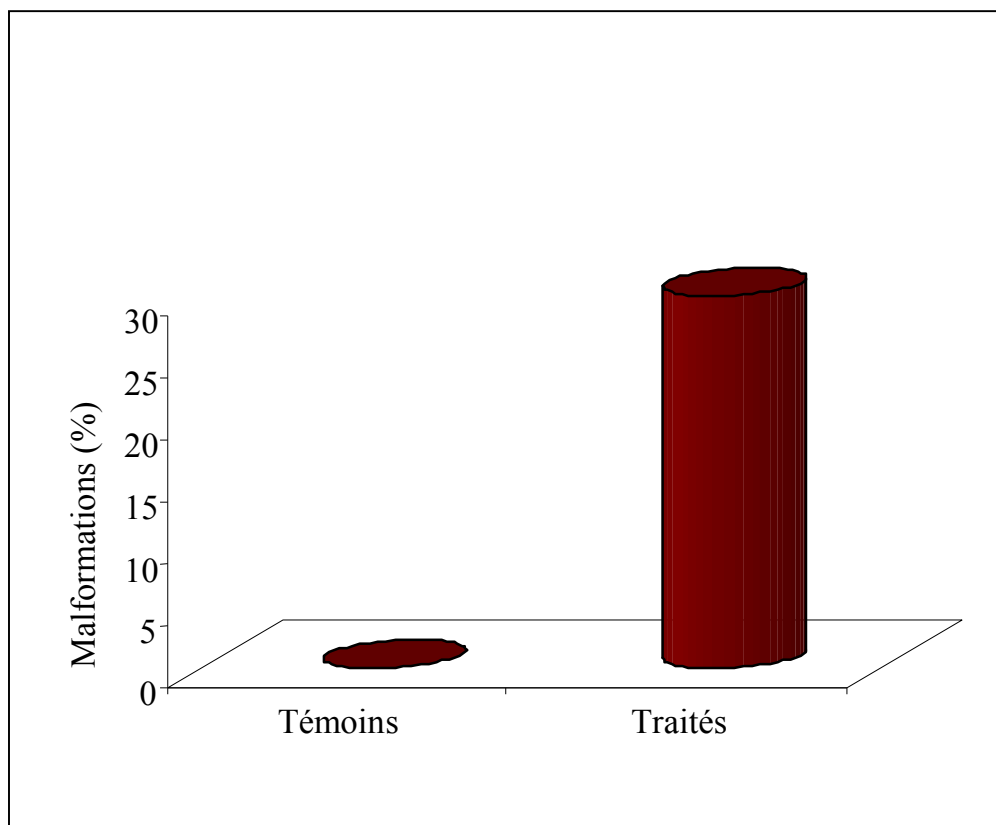
Le coefficient d'utilisation digestif représente les résultats d'interaction entre le tube digestif et la composition de la plante consommée (LEGALL, 1989).

### **3.1.4.- Action de l'extrait foliaire de *C. arabica* sur le développement larvaire**

Les résultats de suivie du développement larvaire des larves L<sub>5</sub>, laissent remarquer que lors du passage à 100% au stade imago des larves L<sub>5</sub> des lots témoins, il est noté seulement que 50% au stade imago chez des larves L<sub>5</sub> des lots traités (Fig. 11). Les imagos des lots témoins ne présentent aucune malformation. Chez les larves L<sub>5</sub> des lots traités, 30% des imagos émergés présentent des difficultés au cours de la mue (Fig. 12). Près 66.67% présentent des ailes males étalées et 33.33% après la mue demeurent incapables de se débarrasser à leur exuvie. L'exuvie reste reliée à l'insecte au niveau des fémurs ou des ailes (Fig. 13A, B, C et D). Des malformations chez des L<sub>4</sub> et L<sub>5</sub> des espèces de *Locusta migratoroides* (R et F) *Locusta migratoria migratoria*, traitées par ingestion par la solution de l'huile de neem, sont signalées par MOUSSA (2003). Dans une étude sur des larves de *Periplaneta americana* et *Blattella germanica* traitées par ingestion du difflubenzuron, inhibiteurs de la synthèse de la chitine, ABO ELGHAR et al. (2004) signalent des malformations chez adultes émergés se manifestant, par des ailes males étalées et abdomen très court par rapport aux individus témoins. BAKR et al. (2009) traitant des larves L<sub>5</sub> de *S. gregaria* de lot âgé de 24 heures et de lot âgés de 6 jours, par Hexaflumuron, observent que certains adultes en émergeant, sont incapables de se défaire de l'exuvie complètement et ce dernier reste collé à différentes positions (aile, femure). Certaines larves du cinquième stade achèvent leur processus de la mue mais, les adultes émergés sont déformés au niveau des ailes (Fig.13B et D). En plus de l'effet anti-appétant de l'azadirachtine, PHILLOGENE (1991) et NASSEH et al. (1992) constatent une interférence avec le système endocrinien qui se traduit par des effets morphogénétiques. L'azadirachtine semble bloquer la synthèse de l'ecdysone (hormone de la mue). SUBRAHMANYAM et al. (1989) cités par MOUSSA (2003) rapportent que l'azadirachtine inhibe l'activité du 20- mono-oxygénase. La fonction principale de ces enzymes est la transformation des composés liposolubles (comme le sont la majorité des toxines produites par les plantes) en produits hydrosolubles facilement excrétés par les insectes. Ces enzymes permettent aussi de synthétiser ou de dégrader des composés ecdystéroïdes et l'hormone juvénile.



**Fig. 11-** Cinétique de passage des larves L<sub>5</sub> au stade adulte de *S. gregaria* des lots témoins et traités par l'extrait foliaire brut de *C. arabica*



**Fig. 12-** Pourcentage de malformations chez les larves L<sub>5</sub> de *S. gregaria* des lots témoins et traités par l'extrait foliaire brut de *C. arabica*



A : exuvie reste relia à l'insecte au niveau des fémurs (Originale).



B : adulte émergé avec des ailes males étalées (Originale).



C : exuvie reste relia à l'insecte au niveau des ailes (Originale).



D : adulte émergé avec des ailes males étalées (Originale).

**Fig. 13** (A, B, C et D) - Malformations enregistrées chez les individus adultes émergés de *S. gregaria* traités au stade L<sub>5</sub> par l'extrait foliaire brut de *C. arabica*

Ces substances nécessaires au développement et la reproduction des insectes (NICOLE, 2002). Les dérégulateurs de croissance interagissent avec les hormones régulatrices de la synthèse de chitine en influençant la production des ecdystéroïdes (BAKR *et al.*, 2009).

### 3.1.5.- Action de l'extrait foliaire de *C. arabica* sur le développement ovarien

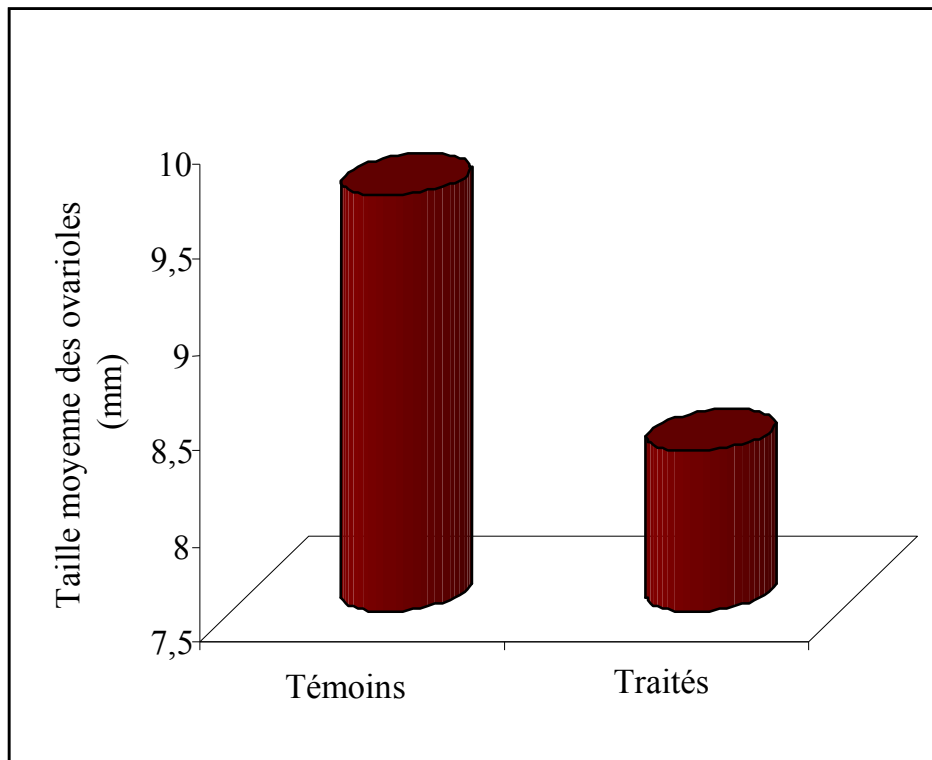
Après traitement, l'état du développement ovarien est étudié. Il concerne la forme et la taille des ovarioles des différents individus femelles du Criquet du désert des lots témoins et traités. La taille moyenne des ovarioles des individus femelles disséqués des lots témoins et traitée est représentée sur la figure 14. Au vu des résultats de l'étude, il se remarque que les individus adultes traités présentent une taille moyenne des ovarioles de 8.333mm. Par contre la taille des ovarioles des individus femelles des lots témoins, est de 9.667mm. Les individus femelles des lots traités laissent remarquer une taille d'ovarioles moins importante que les individus femelles des lots témoins. Des adultes de *S. gregaria* sous l'effet de l'extrait foliaire de *Citrillus colocynthis*; KEMASSI (2008) note une taille moyenne des ovarioles de 8.80 mm par rapport aux témoins de 9.85mm.

Les résultats de l'analyse de variance à un facteur effectués pour l'évaluation de l'effet de l'extrait brut sur la taille des ovarioles sont rapportés dans le tableau VI. Les résultats montrent qu'au seuil de 5%, l'extrait brut de *C. arabica* a un effet significatif sur la taille des ovarioles des individus traités par rapport aux témoins. Il apparaît que la valeur de  $F_{obs}$  de 8.000 est supérieure à la valeur de  $F_{théor}$  de 7.710 tirée de la table de FICHER-SNEDECOR.

**Tableau VI-** Analyse de l'effet de l'extrait foliaire brut de *C. arabica* sur la taille des ovarioles des femelles de *S. gregaria* (DDL : degré de liberté; F- ratio : F-calculé; P : probabilité; F-théo : F-théorique)

Source	Somme des carrés	DDL	Carré moyen	F – ratio	P	F-théo
<b>Facteur</b>	2.667	1	2.667	8.000	0.047	7.71
<b>Erreur</b>	1.333	4	0.333			





**Fig. 14-** Taille moyenne des ovarioles des femelles de *S. gregaria* des lots témoins et traitées par l'extrait foliaire brut de *C. arabica*

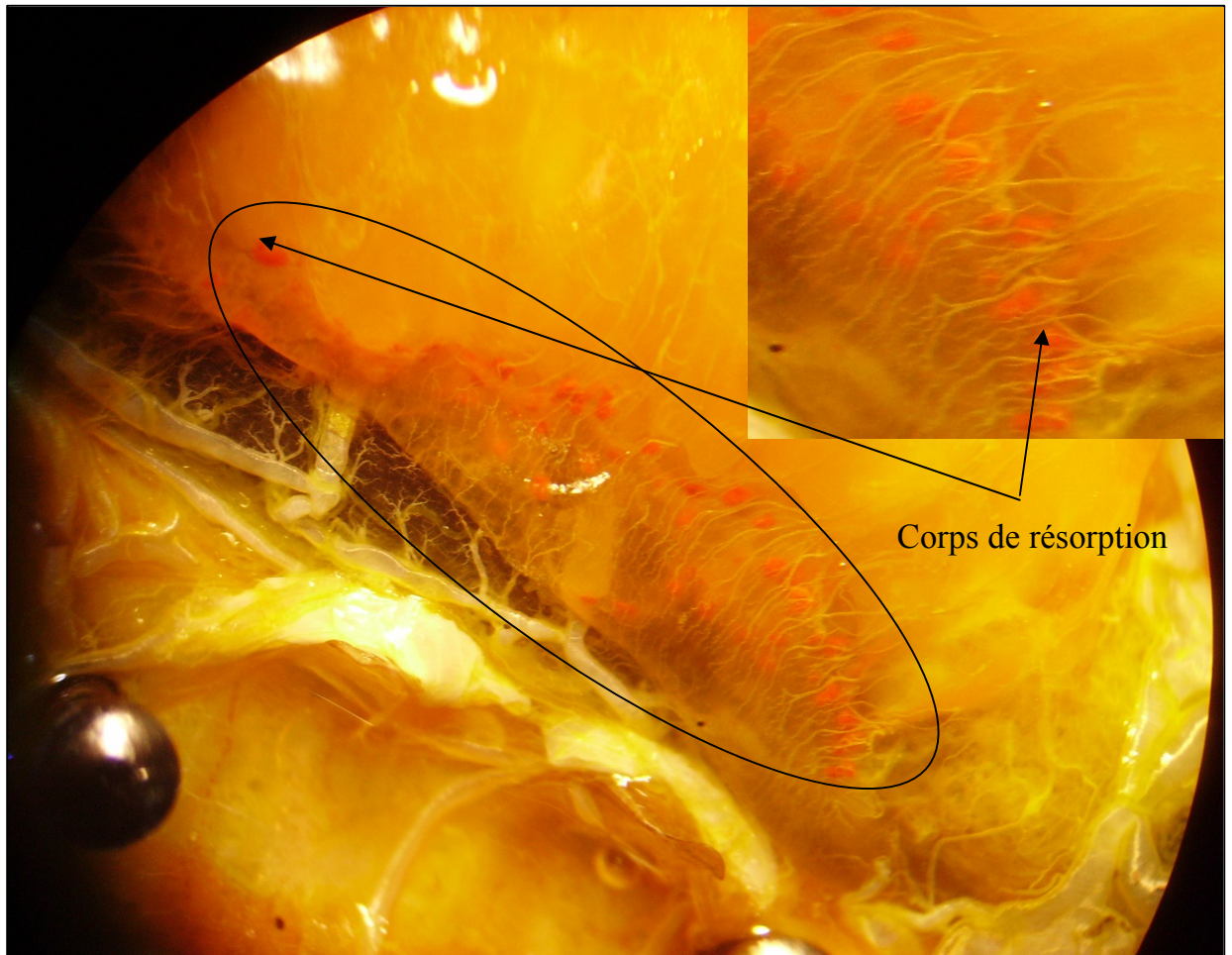
Au cours de l'étude du développement ovarien, il est observé la présence de corps de résorption d'une façon plus accentuée chez les individus femelles traités que chez les témoins (Fig. 15).

DOUMAINDJI et DOUMAINDJI-MITICHE (1994) notent que les corps de résorption résultent d'un phénomène d'accumulation des pigments caroténoïdes et lipidiques de couleurs orange ou rouge restant, en déchets à la base d'un ovocyte qui échoue dans sa croissance.

Les ovocytes peuvent être résorbés sous l'influence des facteurs diverses; déficit alimentaire, photopériode courte, absence d'accouplement, affection parasitaire et déséquilibre hormonal (ALLAL-BENFECKIH, 2006). Pour la présente étude l'expérimentation est menée sous conditions contrôlées, l'absence d'accouplement peut expliquer l'apparition de corps de résorption chez les femelles des lots témoins qui sont restées isoler des mâles durant la période expérimentale ou bien par le stress exercé sur les femelles lors des manipulation de prise de poids. STEVEN et *al.* (2001) notent que le stress physiologique entraîne une augmentation du taux de régression ovocytaire et par conséquent du nombre de corps de résorption. L'apparition des corps de résorption d'une manière plus intense chez les femelles traitées est probablement due non seulement à l'absence d'accouplement ou au stress physiologique, mais aussi à un déficit alimentaire résultant, d'une prise de nourriture réduite affectée par la présence des substances anti-appétantes. LAUNOIS-LUONG (1978) cités par DOUMAINDJI-MITICHE (1994) note que l'apparition des corps de résorption indique que le processus de la vitellogenèse, est affecté. Cette vitellogenèse interrompue peut s'expliquer par la division améotique des cellules folliculaires qui vont envahir l'ovocyte et intervenir dans sa résorption, ces cellules phagocytent et digèrent les plaquettes vitellines et l'ooplasm. Le noyau devient pycnotique et il dégénère (RACCAUD-SHOCLLER, 1980).

### **3.1.6.- Action de l'extrait foliaire de *C. arabica* sur le taux de mortalité**

Il est enregistré un taux de mortalité de l'ordre de 10% chez les larves L<sub>5</sub> nourries aux feuilles de chou traitées par l'extrait foliaire brut de *C. arabica*, et de 0% chez les larves témoins (Fig. 16). Chez les individus adultes aucune mortalité n'est enregistrée ni chez les lots traités ni chez les lots témoins. OULD AHMEDOU et *al.* (2001), enregistrent un taux de mortalité de 10% chez des larves L<sub>4</sub> de *S. gregaria* élevées sur *Citrillus colocynthis*, plante révélée pour son pouvoir toxique. BELHADI (2005) note 10% de mortalité chez les L<sub>5</sub> de *S. gregaria* élevées sur *Lonicera japonica*. L'absence de mortalité chez les adultes par rapport aux



**Fig. 15-** Corps de résorption observés chez une femelle de *S. gregaria* nourries aux feuilles de chou traités par l'extrait foliaire brut de *C. arabica*

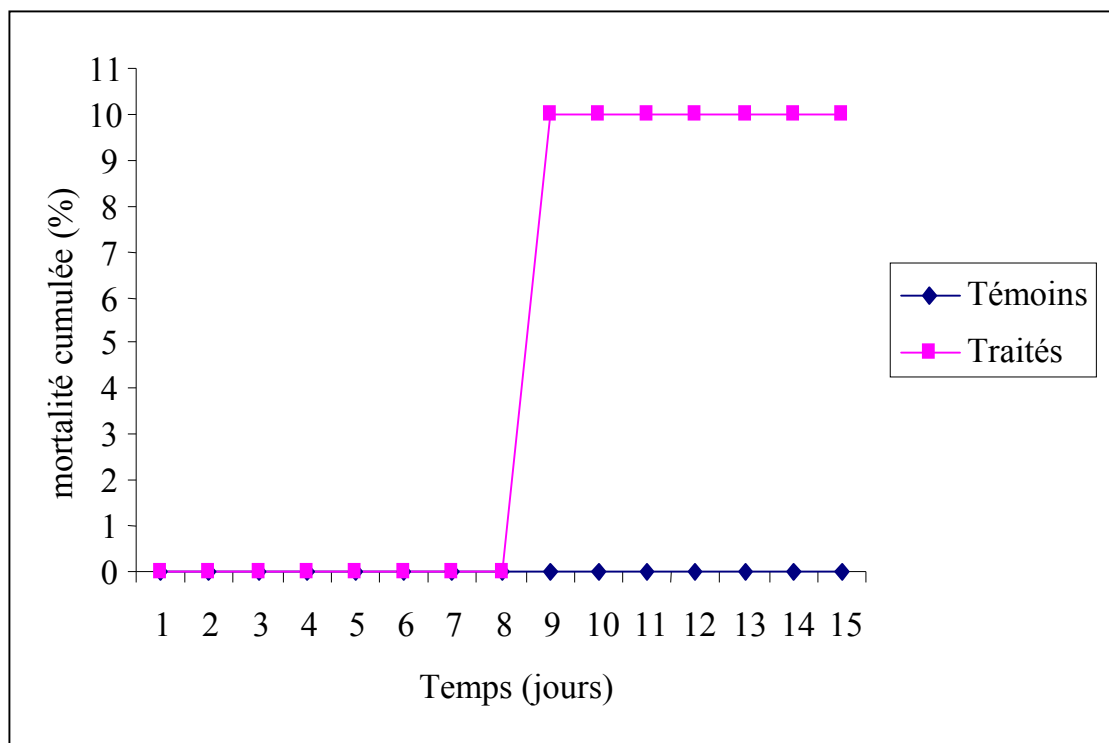
larves, s'expliquent soit par l'insuffisance de la dose appliquée, soit par la résistance des imagos par rapport aux larves (IDDRISSI HASSANI *et al.*, 2002). La taille et le stade de développement des animaux influent sur la toxicité. Les stades juvéniles sont en général plus sensibles que les adultes pour les raisons ci-dessous évoquées par RIVIERE (1998) :

- Une plus grande exposition; surface de corps plus grande (exposition par voie cutanée), besoins en oxygène (exposition par voie pulmonaire) et besoins alimentaires (exposition par voie intestinale) plus important que les adultes;
- Système de métabolisation moins actif que les adultes;
- Les cibles chez les juvéniles sont plus sensibles que celles des adultes (organe en formation).

L'effet anti-appétant de l'extrait foliaire de *C. arabica*, qui affecte la prise de nourriture et par conséquent la prise de poids, le développement, la reproduction n'entraîne pas de taux de mortalité importants chez les adultes. Ceux-ci s'expliquent par la capacité des ces insectes à surmonter les métabolites secondaires contenues dans l'extrait ingéré. KIMBERLY et JONATHAN, (2007) notent que le criquet pèlerin se nourrissant, sur *Schouwia purpurea*, une plante qui contient des taux de glucosinolates dix fois plus élevés que la plupart des autres Brassicaceae. Il est signalé que l'enzyme glucosinolate sulfatase, détectée dans les intestins des différents stades larvaires ainsi que chez les deux sexes adultes, catalyse l'hydrolyse des glucosinolates contenues dans la plante en produits non toxiques. Ce système de détoxification permet de minimiser les effets physiologiques néfastes des métabolites secondaires des plantes et d'élargir le spectre alimentaire des insectes herbivores (KIMBERLY et JONATHAN, 2007).

#### **3.1.6.1.- Evaluation des TL<sub>50</sub> de l'extrait foliaire brut de *C. arabica***

Les mortalités corrigées et les probits correspondants sont mis dans le tableau VII. Afin d'évaluer le TL<sub>50</sub> de l'extrait foliaire de *C. arabica* sur les larves L<sub>5</sub> de *S. gregaria*, il est tracé la droite de régression des probits en fonction des logarithmes des durées des traitements (Fig. 17). Il ressort que le TL<sub>50</sub> enregistré pour les L<sub>5</sub> nourries par des feuilles de *B. oleracea* traitées par l'extrait foliaire de *C. arabica* est de l'ordre de 50.12 jours. Chez les larves témoins et les adultes témoins et traités les TL<sub>50</sub> ne sont pas déterminés parce que aucune mortalité n'a été enregistrées au niveau des différents lots pour la présente étude. KEMASSI, (2008) enregistre un TL<sub>50</sub> de l'ordre de 18.88 jours chez les larves L<sub>5</sub> de *S. gregaria*



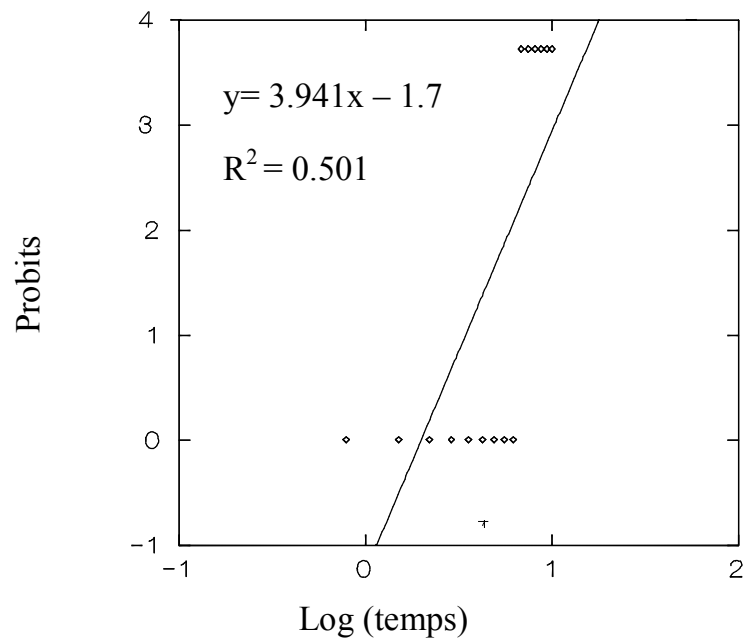
**Fig. 16-** Pourcentage de mortalité cumulée chez les larves  $L_5$  de *S. gergaria* des lots témoins et traitées par l'extrait foliaire brut de *C. arabica*

nourries par des feuilles de *B. oleracea* traitées par l'extrait foliaire brut de *C. colocynthis* alors que celles nourries par des feuilles de *B. oleracea* traitées par l'extrait foliaire brut de *C. arabica* ont enregistrées un TL<sub>50</sub> de l'ordre de 24.80 jours.

**Tableau VII-** Mortalités corrigées et probits correspondants en fonction du temps de traitement par l'extrait foliaire de *C. arabica* (MC : Mortalité Corrigée)

<b>Temps</b>	<b>Log (temps)</b>	<b>MC (%)</b>	<b>Probits</b>
1	0.000	0	-
2	0.301	0	-
3	0.477	0	-
4	0.602	0	-
5	0.698	0	-
6	0.778	0	-
7	0.845	0	-
8	0.903	0	-
9	0.954	10	3.720
10	1.000	10	3.720
11	1.041	10	3.720
12	1.079	10	3.720
13	1.114	10	3.720
14	1.146	10	3.720
15	1.176	10	3.720

Fig. 17



**Fig. 17-** Relation entre les larves L<sub>5</sub> de *Schistocerca gregaria* et l'extrait foliaire brut de *C. arabica* en fonction du temps

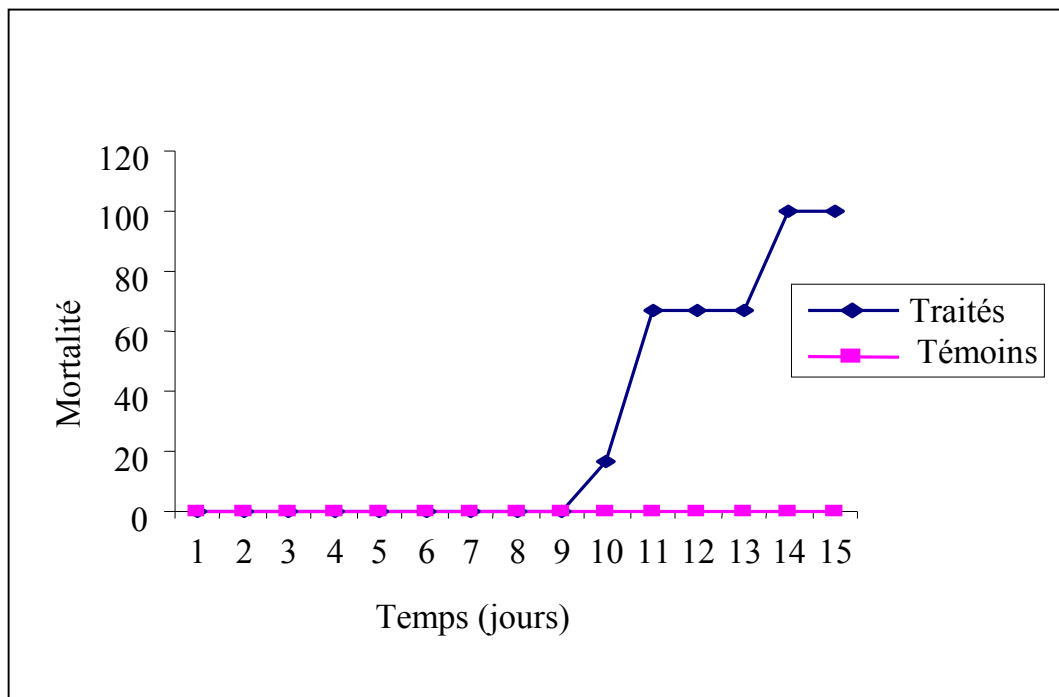
### **3.2.- Etude de la toxicité par contact des huiles essentielles de *C. arabica* chez les individus de *S. gregaria***

#### **3.2.1.- Action des huiles essentielles de *C. arabica* su les larves L<sub>5</sub> et les adultes de *S. gregaria***

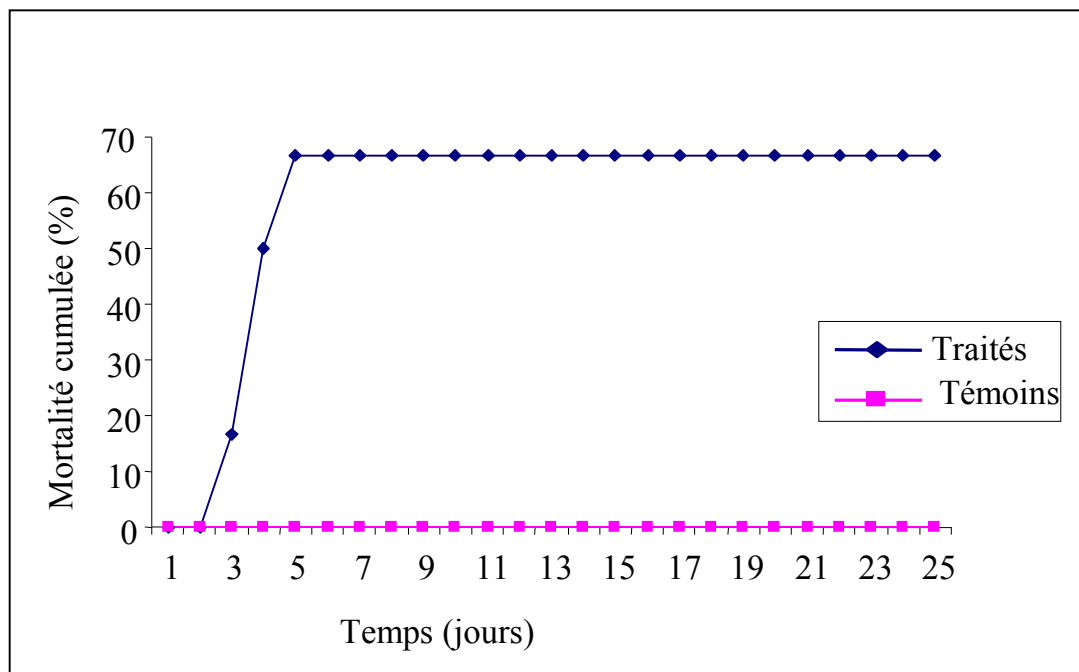
L'étude de l'action des huiles essentielles de *C. arabica* sur les larves L<sub>5</sub> et les individus adultes du criquet pèlerin est testée par inhalation suite à une pulvérisation directe. Après contact des huiles essentielles de *C. arabica*, chez les larves L<sub>5</sub>, il se remarque une hyperexcitation des individus. Pour les lots des individus adultes, il est noté des sauts successifs. Au cours des différentes observations, il se remarque une réduction de la motricité, des troubles de l'équilibre et une défécation intense est notée chez les larves. Parmi les survivants des larves du cinquième stade la prise de nourriture est réduite comparativement aux individus des lots témoins qui ingèrent toute les quantités de nourriture qui leur étaient présentées.

Les taux de mortalité enregistrés après traitement, sont illustrés sur les figures 18 et 19. Il ressort que les larves L<sub>5</sub> ont un taux de mortalité de l'ordre de 100% au bout de 14 jours. Les individus adultes laissent apparaître un taux de mortalité de 100% pour les femelles et 33.33% pour les mâles, ce qui donne un taux de mortalité total de 66.66% en 6 jours. Aucune mortalité n'est enregistrée chez les lots témoins. Le mode d'action des huiles essentielles est de mieux en mieux connu chez les insectes (NGAMO et HANCE, 2007). Elles exercent des effets physiologiques et autres physiques (CHIASSON et BELOIN, 2007). Les effets physiologiques peuvent affecter les neurotransmetteurs des invertébrés dont l'octopamine qui a un effet régulateur sur les battements des cœurs, la motricité, la ventilation, le vol et le métabolisme des invertébrés. ENAN (2000) cités par CHIASSON et BELOIN (2007) fait le lien entre l'application de l'eugénol, de l' $\alpha$ -terpinol et de l'alcool cinnamique et le blocage des sites accepteurs de l'octopamine. Les huiles essentielles ont des effets anti-appétent, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondation et le développement des insectes ou des acariens. L'effet physique des huiles essentielles se produit après application directe sur les insectes, elles agissent directement sur la cuticule des insectes et des acariens à corps mou (CHIASSON et BELOIN, 2007). Le rôle de la cuticule est de prévenir les pertes hydriques. Elle est sécrétée par l'épiderme, comporte plusieurs couches dont la couche externe, composée des cires donnant les propriétés hydrofuges à la cuticule. Les molécules de cette couche cireuse présentent une rangée de groupes aliphatiques vers l'extérieur, créant ainsi une couche hydrofuge et imperméable. La nature lipophile des huiles essentielles peut dégrader la couche cireuse et causée des





**Fig. 18-** Pourcentage de mortalité cumulée chez les larves  $L_5$  de *S. gregaria* des lots témoins et traitées par les huiles essentielles de *C. arabica*



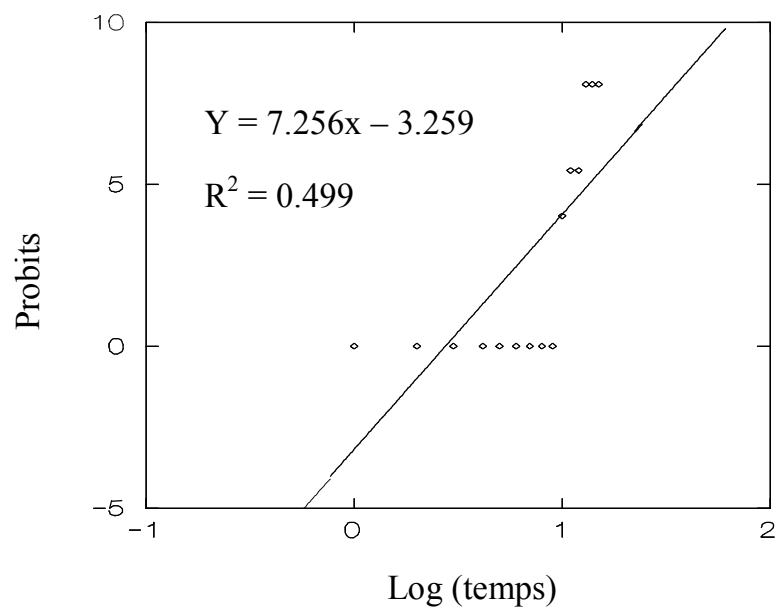
**Fig. 19-** Pourcentage de mortalité cumulé chez les individus adultes de *S. gregaria* des lots témoins et traités par les huiles essentielles de *C. arabica*

perdes en eau. Les trachées et les sacs d'air des insectes sont enduits de cette couche cireuse et sont affectées par les huiles essentielles qui peuvent entraîner l'asphyxie de l'insecte. Il reste à déterminer précisément le (s) site (s) de dégradation de l'enveloppe externe de l'insecte ou de l'acarien et le type de dommage causé par l'application topique ou par fumigation (CHIASSEON et BELOIN, 2007). Des études signalent que l'effet anti-appétant des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* (Cupressaceae) sur les adultes de *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) (BOUZOUÏ et al., 2008). ASAWALAM et al. (2006) notent que les huiles essentielles de *Xylopiya aethiopica* (Annonaceae) sur les *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), entraîne le plus haut pourcentage de mortalité soit 82% avec la forte dose de 750 mg après 7 jours. CAMARA (2009) note que les activités insecticides des huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* (Lamiaceae), *Ocimum gratissimum* (Lamiaceae) et de *Cymbopogon citratus* (Poaceae) sur *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) et *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) dans les stocks de riz. Les huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* et *Ocimum gratissimum* ont des activités insecticides contre les deux ravageurs qui sont fonctions de la nature des huiles essentielles, des volumes utilisés, du temps et des espèces d'insecte. Les mortalités supérieures ou égales à 50% sont obtenues à partir du troisième et quatrième jour. Les huiles essentielles de *Cymbopogon citratus* ne provoquent aucune mortalité durant les six premiers jours de l'expérience. *Ocimum basilicum* (Lamiaceae), *Ocimum gratissimum* (Lamiaceae), avec *Ocimum canum* (Lamiaceae) et *Thymus vulgaris* (Lamiaceae) ont une activité larvicide contre l'*Anopheles gambiae* (Diptera, Culicidae), des taux de mortalité de 100% des larves L<sub>4</sub> s'obtiennent à la concentration de 100ppm pour *Cymbopogon citratus*, 200ppm pour *Thymus vulgaris*, 350ppm pour *Ocimum gratissimum* et 400ppm pour *Ocimum canum* (TCHOUMBOUGNANG et al., 2009). MAWUSSI et al. (2009) signalent l'activité insecticide des huiles essentielles d'*Aeollanthus pubescens* (Labiatae) sur le scolyte du fruit du caféier *Hypothenemus hampei* (Coleoptera, Scolytidae). Ils enregistrent une DL<sub>50</sub> de l'ordre de 220 µg.ml<sup>-1</sup> comparativement à une DL<sub>50</sub> de 450 µg.ml<sup>-1</sup> d'endosulfan, insecticide commercial.

### 3.2.2.- Temps léthal 50 (TL<sub>50</sub>) des huiles essentielles de *C. arabica* su les larves et les adultes de *S. gregaria*

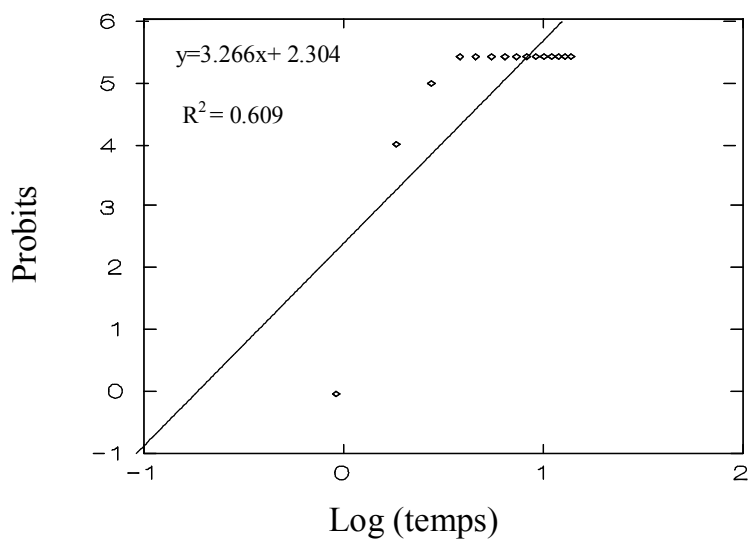
Les TL<sub>50</sub> des huiles essentielles *C. arabica*, sont calculés. Les figures 20 et 21 regroupent les équations et les droites de régression, les coefficients de régressions et les valeurs de TL<sub>50</sub> évaluées pour les huiles essentielles de *C. arabica*. Les résultats laissent remarquer que les larves L<sub>5</sub> et les individus adultes sont influencés par les huiles essentielles de *C. arabica* avec une rapidité d'action sur les individus adultes femelles comparativement aux mâles et les larves L<sub>5</sub>. Il est noté un TL<sub>50</sub> de l'ordre de 6.69 jours chez les individus adultes et un TL<sub>50</sub> de l'ordre de 13.74 jours chez les larves L<sub>5</sub>.

KEMASSI (2008) enregistre un TL<sub>50</sub> de l'ordre de 9 min, 17' chez les L<sub>5</sub> et un TL<sub>50</sub> de 41 min, 50' chez les adultes du criquet pèlerin traité par les huiles essentielles de *C. arabica* récolté à l'oued MZAB de la région de Ghardaïa. NGAMO et HANCE (2007), montrent que les mono-terpènes contenus dans les huiles essentielles sont inhibiteurs de la reproduction, chez *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae), cette action est très rapide et très forte chez les femelles que chez les adultes mâles et les larves par fumigation. Toutefois il faut noter la grande variation dans la sensibilité des espèces pour une même huile essentielle ou pour un même composé, une même molécule allélochimique n'exerce pas forcément la même activité avec différents stades de cycle biologique d'un insecte.



**Fig. 20-** Action des huiles essentielles de *C. arabica* sur les larves  $L_5$  de *S. gregaria* dans le temps

Fig. 21



**Fig. 21-** Action des huiles essentielles de *C. arabica* sur les individus adultes de *S. gregaria* dans le temps

## *Conclusion*

L'étude de l'activité biologique des extraits foliaires et des huiles essentielles de *C. arabica* (Capparidacée), plante récoltée au Sahara septentrional Est Algérien, épargnée par le criquet pèlerin, sur quelques paramètres biologiques des larves du cinquième stade et des individus adultes, révèlent des effets physiologiques perceptibles sur cet insecte. Une diminution significative des quantités ingérées par les individus des lots traités comparativement aux individus des lots témoins aussi bien chez les larves L<sub>5</sub> et les adultes que chez les deux sexes de cette espèce. Le poids moyen des feuilles de chou traitées, consommé par les larves L<sub>5</sub>, est de 1.460±0.784g. Les mâles consomment 1.459±0.720g de feuilles fraîches de chou et les femelles 1.461±0.942g de feuilles fraîches de chou. En comparant, la prise de nourriture des larves L<sub>5</sub> du lot témoin de 2.481±1.008g de feuilles fraîches de chou, elles ingèrent le double du poids consommé par les individus du lot traité.

Pour les individus adultes du lot témoin un poids moyen de 2.153±1.040g de feuilles fraîches de chou, est ingéré. Chez les mâles une consommation de 1.615±0.893g de feuilles fraîches de chou est notée, avec de 2.690±0.890g de feuilles fraîches de chou pour les individus femelles. Les individus adultes nourris sur des feuilles de chou trempées dans l'extrait foliaire brut de *C. arabica*, ne consomment que 1.536±0.757g de feuilles fraîches de chou. Pour les individus mâles cette consommation, est de 1.221±0.692g de feuilles fraîches de chou et les femelles de 1.852±0.686g de feuilles fraîches de chou. La faible prise de nourriture des individus des lots traités comparativement à ceux des lots témoins, témoigne de la présence des substances anti-appétentes dans l'extrait brut foliaire de *C. arabica* affectant, la prise de nourriture chez ce locuste. La prise de poids des larves L<sub>5</sub> et des individus adultes mis en présence des feuilles de chou traitées par l'extrait brut foliaire de *C. arabica*, est réduite par rapport aux proportions de gains de poids des larves L<sub>5</sub> et des individus adultes des lots témoins. Le coefficient d'utilisation digestif (CUD) laisse remarquer que les valeurs de CUD enregistrées pour les larves L<sub>5</sub> et les individus adultes de *S. gregaria* nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait brut foliaire, sont de 68.79% et de 87.692% respectivement. Ces valeurs semblent plus faibles que celles enregistrées chez les larves L<sub>5</sub> et les individus adultes des lots témoins.

Le processus de la mue chez les larves L<sub>5</sub> nourries par des surfaces de feuilles de chou trempées dans l'extrait foliaire brut, est affecté. La mue imaginale des individus des lots témoin est de 100%. Pour les individus des lots traités, il est noté seulement 90% d'imagos. Les imagos immergés des lots traités présentent des malformations, avec des ailes males étalées et une exuvie qui reste relié au niveau des fumures ou des ailes. Les cas de malformation, ne sont pas enregistrés chez les larves L<sub>5</sub> du lot témoin.



Le développement ovarien des femelles déterminé à partir de la taille des ovarioles, montre une taille moyenne de 8.33 mm des ovarioles des femelles de lot traité qui semble réduite par rapport à la taille moyenne des femelles de lot témoin de 9.66 mm. Des corps de résorptions sont constatés chez les femelles du lot traité.

Un taux de mortalité de 10% est signalé chez les larves L<sub>5</sub> du lot traité. Le TL<sub>50</sub> des larves L<sub>5</sub> est de l'ordre de 50.12 jours. Aucune mortalité, n'est perceptible chez les adultes des lots traités et des témoins.

Les résultats de test de la toxicité par contact des huiles essentielles de *C. arabica* sur les larves L<sub>5</sub> et les individus adultes du criquet du désert, font remarquer des taux de mortalité de 100% au bout de 14 jours chez les larves L<sub>5</sub> et 66.66% au bout de 6 jours chez les individus adultes. Les larves L<sub>5</sub> et les individus adultes des lots témoins aucun cas de mortalité n'a été signalé. Les TL<sub>50</sub> sont de 13.74 jours pour les L<sub>5</sub> et de 6.69 jours pour les adultes.

## **Perspectives**

Les métabolites secondaires constituent une approche alternative de la lutte chimique. Il est souhaitable de :

- Approfondir les études sur quelques paramètres physiologiques;
- Utiliser des solvants organiques à polarité différente pour extraire les différentes familles de composés chimique;
- Pour comprendre le mode d'action de ces extraits, une étude phytochimique des extraits pour identifier le principe actif responsable;
- Faire des essais en plein champ.

## *Références bibliographiques*

**ABBASSI K., ATAY-KADIRI Z. and 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.

**ABBASSI K., MERGAOUI L., ATAY-KADIRI Z., GHAOUT S. et STAMBOULI A., 2005.-** Activités biologiques des feuilles de *Peganum harmala* (zygophyllaceae) en floraison sur la mortalité et l'activité génésique chez le criquet pèlerin. Zool. Bætica, vol. 16: 31-46.

**ABO-ELGHAR G. E., FUJIYOSHI P. AND MATSUMURA F., 2004.-** Significance of the sulfonylurea receptor (SUR) as the target of diflubenzuron in chitin synthesis inhibition in *Drosophila melanogaster* and *Blattella germanica*. Insect Biochemistry and Molecular Biology, Vol. 34: 743-752.

**ALLAL-BENFEKIH L., 2006.-** Recherches quantitatives sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Orth. Oedipodinae) dans le Sahara algérien. Perspectives de lutte biologique à l'aide de microorganismes pathogènes et de peptides synthétiques. Thèse doc., Université de Limoges, 150 p.

**AMMAR M. and N'CIR S., 2008.-** Incorporation of *Cestrum parquii* (solonaceae) leaves in an artificial diet affected larval longevity and gut structure of the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Tunisian journal of plant protection, Vol. 3 (1): 27-34.

**ASAWALAM E. F., EMOSAIRUE S. O. and HASSANALI A., 2006.-** Bioactivity of *Xylopi aetiopica* (dunal) a. rich essential oilconstituents on maize Weevi *sitophilus*, *Zeamais motschulsky* (coleoptera: curculionidae). Electron. J. Environ. Agric. Food Chem. EJEAFChe, 5 (1): 1195-1204.

**ASHALL C., Ellis P.E. , 1962.-** Studies on numbers and mortality in fielded population of desert Locust *Schistocerca gregaria* (Forskål). Bull anti-locust, (38): 1-59.

**ASPIROT J. et LAUGE G., 1981.-** Etude expérimentale de l'action phagostimulante du saccharose et de la sinigrine et mise en évidence de phénomènes de régulation chez le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Orthoptère Acrididae). *Reprod, Natr, Dévelop*, 21 (5A): 695-704.

**BAKR R. F.A., MOHAMMED M. I., EL-GAMMAL A. M. and MAHDY M. N., 2009.-** Biological effects of Chitin-synthesis inhibitor, Hexaflumuron compound on the desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forskål). *Acad. J. biolog. Sci.*, 1 (1): 49-57.

**BARBOUCHE N., HAJJEM B., LOGNAY G. et AMMAR M., 2001.-** Contribution à l'étude de l'activité biologique d'extraits de feuilles de *Cestrum parqui* l'Hérit. (Solanaceae) sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, vol. 5 (2) : 85-90.

**BELAICHE P., 1979.-** Traité de phytothérapie et d'aromathérapie 'l'aromatogramme'. Ed. S. A. Maloine, 240 p.

**BELHADI A., 2005.-** Impact de quelques plantes sur certains paramètres biologiques et physiologiques du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) en conditions contrôlées. Thèse de magister, Sci. Agro. Inst. Nat. Agro., El Harrach, Alger, 106 p.

**BELIEFERT C. et PERRAUD R., 2001.-** Chimie de l'environnement : air, eau, sol, déchets. Ed. Diffusion De Boeck. S.a., 477 p.

**BENHALIMA T., LOUVEAUX A. et GILLON Y., 1983.-** Rôle de l'eau de boisson sur la prise de nourriture sèche et le développement ovarien de *Locusta migratoria migratorioides*. *Ned. Entomol. Ver. Amsterdam*, vol. 33: 329-335.

**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.

**BEN HALIMA T., GILLON Y. et LOUVEAUX A., 1985.-** Spécialisation trophique individuelle dans une population de *Dociostaurus muroccurzus* (Orthopt. : Acrididae) *Acta, Oecologica oecol. Gener.*, vol. 6 (1): 17-24.

**BERK K.N. et STEAGALL J.W., 1995.-** Analyse statistique de données avec Student Systat. Version Windows. Logiciel inclus, International Thomas Pub., Paris, 630 p.

**BOURICHE H., SELLOUM L., TIGRINE C. and BOUDOUKHA C., 2003.-** Effect of *Cleome arabica* leaf extract on rat paw edema and human neutrophil migration. *Pharmaceutical biology*, vol. 41 (1): 10-15.

**BOURICHE H., MILES E.A., SELLOUM L. and CALDER P., 2005.-** Effect of *Cleome arabica* leaf extract, rutin and quercetin on soybean lipoxygenase activity and on generation of inflammatory eicosanoids by human neutrophils. *Prostaglandins, leukotriene and essential fatty acids*, vol. 72: 195-201.

**BOURRON H., 1977.-** Défense des cultures horticoles. Ed. J. B. Baillière, 329 p.

**BOUZOU N., KACHOURI F., BEN HALIMA M. et CHAABBOUNI M.U., 2008.-** Compositions chimiques et activités antioxydants, antimicrobienne et insecticides des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea*. *Journal de la société chimique de Tunisie*, (10) : 119–125.

**BOVIN G., 2001.-** Parasitoides et lutte biologique : paradigme ou panacée ? *Vertigo*, vol. 2 (2) : 29-35.

**BRUNETON J., 2005.-** Plantes toxiques : végétaux dangereux pour l'homme et les animaux. Ed. Tec et Doc Lavoisier, 618 p.

**CABRIDENC R., CHOROLINKOV I. et de LAVAUUR E., 1979.-** Evaluation au stade laboratoire des risques toxiques résultant des pesticides. Suppléments au fascicule 4 des Cahier de nutrition et de diététique, *Pesticide*: 47-53.

**CAMARA A., 2009.-** Lutte contre *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) et *Tribolium castaneum* herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en basse-guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales. Thèse doc, Université du Québec à Montréal, 154 p.

**CATIER O. et ROUX D., 2007.-** Cahier du préparateur en pharmacie. Collection porphyre, 141 p.

**CHEHMA A., 2006.-** Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien. Laboratoire de protection des écosystèmes en zone arides et semiarides, Univ. Kasdi Merbah, Ouargla, 140 p.

**CHIASSEON H. et BELOIN N., 2007.-** Les huiles essentielles, des bio-pesticides 'Nouveau genre'. *Antennae*, vol. 14(1) : 3-6.

- CHIFFAUD J. et MESTER J., 1991.-** Élément d'acridologie Ouest Africaine -1-, direction des applications agro météorologiques. Centre Agrhymet, Niger: 3-47.
- CHEWYA J. and MANZAVA A., 1997.-** Cat's whiskers, *Cleome gynandra*. L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops, (11):1 -54.
- 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.
- DESCOINS C., 1979.-** Nouvelles tendances de l'agrochimie, théories et applications. Supplément au fascicule 4 des Cahier de nutrition et de diététique. Pesticide: 93-105.
- DEVILL BD., PHILLOGENE B.J.R. and HINKS CF., 1980.-** Effect of veratine, berberine, nicotine and atropine on developmental characteristics and survival of the dark-sided cutworm, *Euxoa messoria* (Lepidoptera: Nctuidae). Phytoprotection, 61: 88-102.
- DOBSON H.M., 2001.-** Directive sur le criquet pèlerin 4: lutte antiacridienne. Ed. FAOUN, Rome, 47 p.
- DOMIEN A., 2006.-** Guide du traitement des déchets. Ed. Dunod, 549 p.
- DORN A., SCHNEIDER M., BOTENS FFW., HOLTSMANN M., and PETZAK I., 1997.-** Field application of the juvenile hormone analogue Fenoxycarb against hopper bands of *Locusta migratoria capito* in Madagascar. S. Krall : New strategies in locust control, 143-150.
- DOUAHO K., KERSHOAS L. et FUZEAUS S., 1982.-** Mécanismes de la sensibilité au landane chez le criquet migrateur *Locusta migratoria*.L. Agronomie, 2 (9) : 895-900.
- DOUMANDJI S. et DOUMANDJI-MITICHE B., 1994.-** Criquets et sauterelles (acridologie). Ed. Off. Pub. Univ., Ben Aknoun, Alger, 99 p.
- DOUMANDJI-MITICHE B., DOUMANDJI S., SEDDIK A., KARA F. Z., OUCHENE D. et HALOUANE F., 1996.-** Influence de l'Alimentation sur le cycle biologique de la sauterelle pèlerine *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididae) - Bulletin de Zoologie Agricole et Forestière, El-Harrach, Alger, N° 13: 5-9.
- DOUMANDJI-MITICHE B. et DOUMANDJI S., 2008.-** Quelques agents biologiques susceptibles d'être utilisés en lutte anti-acridienne. Revue des régions arides, vol. 3(21) : 1154-1158.

- DURANTON J.F., LAUNOIS-LUONG N.H. et LECOQ M., 1982.-** Manuel de Prospection acridienne en zone tropicale sèche. Ed. Min. coop. GERDAT, T.I., Paris, 695 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.
- DURANTON J. F. et LECOQ M., 1990.-** Le criquet pèlerin au Sahel. Collection Acridologie Opérationnelle, N° 6, CIRAD/PRIFAS, Montpellier, 84 p.
- EL BASHIR S., 1996.-** Stratégie d'adaptation et de survie du criquet pèlerin dans un milieu de résection et de multiplication. Sécheresse, vol.07 (2):115-118
- FEENY P. P., 1975. -** Plant appetency and chemical defense. Ed. Plenum Press, New York: 1-40.
- FESTY D., 2007.-** Ma bible des huiles essentielles : Guide complet d'aromathérapie. Ed. LEDUCS, Paris, 549 p.
- GASTAGNOOU R. et GUYOTJEANNIN CH., 1969.-** traité de biologie appliquée : toxicologie industrielle médicamenteuse et agricole. Tome VII Ed. librairie maloine. S.A. 543 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.
- GUNDOUZ 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 Harach, Alger, 212 p.
- GUNDOUZ BENRIMA A., DURANTON J. F., BENHAMMOUDA M. H. et DOUMANDJI MITICHE B., 2007.-** Distribution des populations de criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Insecta, Orthoptera) en période de rémission en Algérie 1983 à 2000. Sécheresse, vol. 4 (18) : 246-253.
- HAMMICHE V., 1995.-** Morphologie et systématique botanique. Ed. Réimpression, 190 p.

- HAUBRUGE E. et AMICHOT M., 1998.-** Les mécanismes responsables de la résistance aux insecticides chez les insectes et les acariens. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 2(3) :161-174.
- H des ABBAYES. CHADEFAUD M., DE FERRE Y., FELDMAN J., GAUSSEN H., GRASSE P. P., LEREDDE M. C., OZENDA P. et PREVOT A.R., 1963.-** Botanique, anatomie, cycle évolutif, systématique. Ed. Masson et C<sup>ie</sup>, 1039 p.
- HELLER R., 1969.-** Biologie végétale : nutrition et métabolisme. T. II, Ed. Masson, Paris, 578 p.
- HENERY T. A., 1949.-** The plant Alkaloids. Ed. Fourth, 803 p.
- HERNANDEZ OCHOA L. R., 2005.-** Substitution de solvants et matières actives de synthèse par une combine « solvant/actif » d'origine végétale .Thèse de doc, institut national polytechnique de Toulouse, 225 p.
- HOPKINS W. G., 2003.-** Physiologie végétale. Ed. Deboect et Larcier, 514 p.
- HOSTTEMANN K., 1997.-** Tous savoir sur le pouvoir des plantes, source de médicaments. Ed. Favera, 240 p.
- HURPIN B., 1962.-** Super - famille des Scaraboidea. Entomologie appliquée à l'agriculture. Tome. I, Vol. 1. Ed. Masson, Paris, 24-204.
- IDRISSI HASSANI L. M., OULD AHMEDOU M. L., MAYAD E. H. et BOUAICH A., 2002.-** Pouvoir insecticide de *Peganum harmala* sur *Schistocerca gregaria*, effets de l'huile et des extraits des feuilles. *Biologie et santé*, Vol. 2 (2): 122-133.
- IDRISSI HASSANI L. M. et HERMAS J., 2008.-** Effet de l'alimentation en *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur le tube digestif du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. (Orthoptera, Acrididae). *Zool. Baetica*, Vol.19: 71-84.
- ISERIN P., 2001.-** Encyclopédie des plantes médicinales : Identification, Préparation, soins. Ed. Larousse, 335 p.
- IS ISMAIL I. S., ITO H., SELLOUM L., and YOSHIDA T., 2005.-** Flavonoids from *Cleome arabica* leaves and twigs. *Nat. Med. Journal*, vol. 59 (1): 53.
- JACQUES MACHEIX J., FLEURIET A. et JAY-ALLEMAND C., 2005.-** Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 191 p.



**JENNIFER MORDUE (LUNTZ) A. and NISBET A. J., 2000.-** Azadirachtin from the Neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. An. Soc. Entomol. Brazil, vol. 29 (4): 615-632.

**JUDD W. S., CAMPBELL C. S. KELLOGG E. A. et STEVENS P., 2002.-** Botanique Systématique, une perspective phylogénétique. Université De Boeck, Bruxelles, 467 p.

**KEMASSI A., 2008.-** 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). Thèse de magister, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 164 p.

**KIMBERLY F. and JONATHAN G., 2007.-** The desert locust, *schistocerca gregaria*, detoxifies the glucosinolates of *schouwia purpurea* by desulfation. Journal of Chemical Ecology, Vol. 33, N° 8:1542-1555

**KJAER A., GMELIN R. and LARSEN I., 1955.-** Methyl iso-thiocyanate, a new naturally occurring mustard oil, present as glycoside (glucocapparine) in capparidaceae. Acta. Chem. Scand., Vol. 9 (5): 857-858.

**KPEGAN A., 1994.-** Etude des propriétés insecticides de l'extrait de graines de neem. Thèse doc, Université Montpellier, 115 p.

**LATCHININISKY A. V. et LAUNOIS-LUONG M., 1997.-** Le criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) dans la partie Nord oriental de son aire d'invasion. Ed. CIRAD, GERDAT-PRIFAS, Montpellier, 192 p.

**LAUNOIS M., 1978.-** Practical manual of identification of the principal locusts and grasshoppers of the Sahel. GERDAT-PRIFAS, Paris, 303 p.

**LAUNOIS-LUONG M. H. et LAUNOIS M., 1987.-** Catalogue iconographique des principaux acridiens du Sahel, Ministère de la Coopération, Paris, et Cirad/ Prifas, Montpellier, 255 p.

**LAUNOIS-LUONG M. H., LAUNOIS M. et RACHADI T., 1988.-** La lutte chimique contre les criquets au Sahel. Collection acribologie opérationnelle, N°3, CIRAD/PRIFAS, Montpellier, 44 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.

**LAUWERYS R., HAUFROID V. et LISON D., 2007.-** Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. Ed. Elsevier Masson, 1252 p.

**LECOQ M., 1988.-** Les criquets du Sahel. Collection acridologie opérationnelle, N° 1, CIRAD/PRIFAS, Montpellier, 125 p.

**LECOQ M., 1991.-** Le criquet pèlerin : enseignements de la dernière invasion et perspectives offertes par la bio modélisation. Lutte anti – acridienne, John Libbey Eurotext, Paris : 71-98.

**LECOQ M., 2004.-** Vers une solution durable au problème du criquet pèlerin ? Sécheresse, vol. 15 (3) : 217-224.

**LEGAL P., 1989.-** Le choix des plantes nourricières et la spécialisation trophique chez les Acridoidea (Orthoptères). Bull. Ecol. Ento., Vol. 20 (3) : 245-261.

**LHOSTE J. et GRISON P., 1989.-** La phytopharmacie française. Ed. INRA, Paris, 279 p.

**LOUIS S. 2004.-** Diversité structurale et activités biologiques des albumines entomotoxiques de type 1b des graines de légumineuses. Thèse doct. Institut national des sciences appliquées de Lyon, 260 p.

**MAGNIN M., FOURNIER D. et PASTEUR N., 1985.-** Mécanismes physiologiques de la résistance des insectes aux insecticides. Cah. ORSTOM, Sér, Ent, méd et parasitol, Vol. XXIII (4) : 273-280.

**MAIRE R., 1933.-** Etudes sur la flore et la végétation du Sahara central. Mémoire de la Société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord, N° 03, Alger, 361 p.

**MAIRE R., 1965.-** Flore de l'Afrique du Nord. Encyclopédie biologique, vol. XII, Ed. Paul Lechvalier, Paris, 407 p.

**MARCHAND M. et TISSIN CH., 2006.-** Analyse du risque chimique en milieu marin, l'approche méthodologique européenne. Ed. INRA ; Paris, 126 p.

**MARTINI P., LECOQ M., SOUMARE L. et CHARA B., 1998.-** Proposition de programme de lutte contre le criquet pèlerin dans la partie occidentale de son aire d'habita. Programme de prévention et de réaction rapide (EMPRES). Composante acridienne (Criquet pèlerin) en Système Région occidentale, FAO, Rome, 93 p.

**MAUFFETTE Y., 1992.-** La résistance des plantes et la production de tanins. La lutte Biologique. Ed. Gaétan Morin, Cincinnati, Canada, 671 p.

**MAWUSSI G., VILAREM G., RAYNAUD CH., MERLINA G., GBONGLI A. K. , WEGBE K. and SANDA K., 2009.-** Chemical composition and insecticidal activity of *Aeollanthus pubescens* essential oil against coffee berry borer (*Hypothenemus hampei ferrari*) (*Coleoptera: Scolytidae*). Jeobp, 12 (3): 327 – 332.

**McDOUGALL C., PHILOGENE B.J.R., ARNASON J.T. and DONSKOV N., 1988.-** Comparative effects of two plant secondary metabolites on host-parasitoid association. Journal of Chemical Ecology, Vol. 14, No. 4: 1239-1252.

**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 et F, 1850) (Orthoptera, Acrididae). Thèse de magister, Sci. Agro. Inst. Nat. Agro., El Harrach, Alger, 123 p.

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

**NICOLE M.C., 2002.-** Les relations des insectes phytophages avec leurs plantes hôtes. Antennae, Vol. 9, N° 1:1-7.

**NGAMO L.S.T. et HANCE TH., 2007.-** Diversité des ravageurs, des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. Tropicultura, 25(4): 215-220.

**NEVO D., 1996.-** Desert Locust, *Schistocerca gregaria*, and its control in the land of Israel and Near Est in antiquity, with some reflection on its appearance in Israel in modern time. Phytoparasitica, vol. 01 (24): 7-32.

**OULD AHMEDOU M. L., BOUAICHI A. et IDRISSE HASSANI L. M., 2001.-** Mise en évidence du pouvoir répulsif et toxique de *Glinus lotoide* (Aizoacées) sur les larves du criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* Forskål (Orthoptera, Acrididae). Zool. Baetica, 12 : 109-117.

**OULD EL HADJ M. D., 2001.-** Etude du régime alimentaire de cinq espèces d'acridiens dans les conditions naturelles de la cuvette de Ouargla (Algérie). Science Technologie, N° 16: 73 - 80.

**OULD EL HADJ M. D., 2004.-** Le problème acridien au Sahara algérien. Thèse de doctorat d'état. Sci. Agro., Inst. Nat. Agro, El Harrach, Alger, 276 p.

**OULD EL HADJ M. D., DAN-BADJO A.T., HALOUANE F. et DOUMANDJI S., 2006.-** Toxicité comparée des extraits de trois plantes acridifuges sur les larves de cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). (Orthoptère, Acrididae). Sécheresse, vol. 17(3) : 407-414.

**OULD EL HADJ M.D., ABDI M. et DOUMANDJI S., 2007a.-** Impact du Dursban 240 (Acridicide) sur l'entomofaune associée en palmeraie dans la cuvette de Ouargla (Nord – Est Sahara septentrional Algérien). Revista Italiana, Epos (43) : 25-36.

**OULD EL HADJ M. D., DAN-BADJO A.T., HALOUANE F. et DOUMANDJI S., 2007b.-** Etude de cycle biologique de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptère, Acrididae) sur le chou *Brassica oleracea* L. (Brassicaceae) en laboratoire. L'entomologiste, T. 63 (1) : 7-12.

**OZENDA P., 1991.-** Flore et végétation de Sahara Ed. CNRS, Paris, 662 p.

**PARIS M. et HURABIELLE M., 1981.-** Abrégé de matière médicinale : Pharmacognosie, Généralités, Monographie. Tome I. Ed. Masson, 339 p.

**PHILOGENE B.J.R. and MCNEIL J. N., 1984.-** The influence of light on the non diapause related aspects of development and reproduction in insects. Photochem, Photobiol; 40 :753-761.

**PHILOGENE B.J.R. 1991.-** L'utilisation des produits naturels dans la lutte contre les Insectes : problème et perspective. La lutte anti acridienne. Ed. AU PELF-UREF, Paris : 269-278.

**POPOV G. B., LAUNOIS-LUANG M. H. et VANDERWEL J., 1990.-** Les oothèques des criquets du Sahel. Collection acribologie opérationnelle, N° 07, CIRAD/PRIFAS, Montpellier, 93 p.

**POPOV G. B., DURANTON J. F. et GIGAULT J., 1991.-** Etude écologique des biotopes du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) en Afrique Nord Occidentale. Collection des acridiennes, CIRAD/PRIFAS, Montpellier, 743 p.

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

**RAMADE F., 2005.-** Elément d'écologie : Ecologie appliquée. Ed. DUNOD, 864 p.

- RAMADE F., 2007.-** Introduction à l'écotoxicologie: fondement et application. Ed. TEC et DOC, 618 p.
- RAVEN P. H., FRANKLIN EVERT R., EICHHON S. E. et BOUHARMONT J., 2003.-** Biologie végétale. Ed. De Boeck Université, 968 p.
- RIBA G. et SILVY C., 1992.-** Combattre les ravageurs des cultures, Enjeux et Perspectives, INRA, Paris, 230 p.
- RIVIERE J.L., 1998.-** Evaluation du risque écologique des sols pollués. Ed. TEC et DOC, 230 p.
- ROBERT P. A., 2001.-** Les insectes (4<sup>ème</sup> édition). Ed. Delachaux et Niestlé SA Lausanne (Suisse), Paris, 461 p.
- RUBIN M. et MESSALI J. P., 1990.-** Guide pratique de phytothérapie et d'homéopathie. Ed. Marketing, Paris, 175 p.
- SELLOUM L., BOURICHE H., SEBIHI L., BOUDOUKRA C., TIGRINE CH., DJELLILI H. and ZAIDI F., 2004.-** Inhibition of neutrophil pholasin Chemiluminescence's by *Cleome arabica* leaf extract. Pharmaceutical biology, vol. 42 (7): 1-8.
- SIRE M., 1974.-** Elevage des petits animaux. Vol. I. Ed. Le Chevalier, Paris, 544 p.
- STEVEN V.S., LUONG – SKOUMAND M. and WITMAN D. W., 2001.-** Morphology and developpement of oocyte and follicle resorption bodies in the tuber grasshopper *Romalea microptera* (Beauvois). Journal of orthoptera reaserch, 10 (01): 39-51.
- SYMMONS P. M. et CRESSMAN K., 2001.-** Directive sur le Criquet pèlerin 1: biologie et comportement (2<sup>ème</sup> édition). Ed. FAOUN, Rome, 43 p.
- TCHOUMBOUGNANG F., DONGMO P. M. J., SANEZA M., MBANJO E. G. N., FOSTO G. B. T., ZOLLO P. H. A. et MENUT C., 2009.-** Activités larvicides sur *Anopheles gambia* giles et compositions chimiques des huiles essentielles extraites des quatre plantes cultivées au Cameroun. Biotechnol. Agron. Soc. Environ, 13 (01): 77-84.
- THIAM A., 1991.-** Problématique de l'utilisation des insecticides chimiques dans la lutte antiacridienne. Ed. AU PELF- UREF, Paris : 193-206.

**TOUIL A., RHOUATI S. and JAY M., 1998.-** Flavonols glucosides from *Cleome arabica*. Journal de la Société Algérienne de chimie, Vol. 8 (1) : 117-120.

**TRIPLET P., TRECA B. et SCHRICK E., 1993.-** Oiseaux consommateurs de *Schistocerca gregaria*. L'oiseau et R. F. O. : 224-227.

**UICNR, 2005.-** A guide to medicinal plants in North Africa. Union internationale pour la conservation de la nature et ses ressources, Centre for mediterranean cooperation, Malaga, 256 p.

**UNESCO, 1960.-** Les plantes médicinales des régions arides. Recherche sur les zones Arides. Vol. 13, Paris, 99 p.

**VILLENEUVE F. et DESIRE C., 1965.-** Zoologie. Collection des sciences naturelles. Ed. Film office et Bordas, Paris, 335 p.

**WADA K. and MUNAKATA K. 1968.-** Naturally occurring insect control chemicals isoboldine, a feeding inhibitor and cocculolidine, an insecticide in the leaves of *Cocculus trilobus*. DC. J. Agric. Food Chem, 16: 471-474.

**ZOUITEN H., ABBASSI K., ATAY-KADIRI Z., MZARI M., EL MAHI M. And ESSASSI E. M., 2006.-** Insecticidal activity of *Solanum sodomaeum* (solanaceae) extracts on *Schistocerca gregaria* (Forskål) larvae. Journal of orthoptera research, 15 (2):171-173.

*Annexex*

## ANNEXE 1

Les valeurs moyennes journalières du coefficient d'utilisation digestive calculées chez les larves L<sub>5</sub> et les adultes du Criquet pèlerin, sont consignées dans le tableau VIII.

**Tableau VIII** - Variation journalière moyenne (%) du CUD enregistré chez les larves L<sub>5</sub> et les adultes témoins et traités par l'extrait foliaire brut de *C. arabica*

Jours	Larves (L <sub>5</sub> )		Adultes	
	Lot témoin	Lot traité	Lot témoin	Lot traité
1	92.689±1.581	92.810±0.859	91.189±1.987	92.795±3.176
2	89.804±3.139	87.028±4.114	88.320±1.921	90.035±3.628
3	90.750±2.136	90.123±4.199	87.301±1.306	88.492±2.630
4	90.975±1.594	87.887±3.504	89.488±1.719	88.496±6.288
5	90.981±2.499	80.568±28.459	90.501±1.909	91.057±4.249
6	78.225±33.034	90.840 ± 4.200	93.325±2.768	90.836±5.851
7	71.964±37.701	73.289±30.529	89.704±2.621	91.008±3.422
8	0.000 ± 0.000	16.634±33.535	89.536±2.983	91.428±3.441
9	Imago	0.000 ± 0.000	91.315±2.201	90.421±2.387
10	Imago	Imago	88.704±7.609	85.945±2.951
11	Imago	Imago	89.123±4.324	86.223±7.857
12	Imago	Imago	89.799±4.216	85.244±4.119
13	Imago	Imago	90.475±5.510	84.380±4.825
14	Imago	Imago	90.168±4.481	85.442±3.292
15	Imago	Imago	92.428±5.195	85.562±2.998
16	-	-	93.190±3.137	88.195±6.097
17	-	-	91.152±4.450	88.422±3.564
18	-	-	90.819±2.688	85.230±3.483
19	-	-	89.170±3.645	84.048±5.661
20	-	-	89.539±2.543	88.323±5.232
21	-	-	90.838±2.565	82.342±5.836
22	-	-	90.715±3.045	87.211±3.740
23	-	-	91.123±2.039	87.383±3.102
24	-	-	92.845±2.886	83.753±6.001
25	-	-	83.957±29.598	90.035±2.558



## ANNEXE 2

Les résultats de suivie cinétique du passage des larves L<sub>5</sub> des lots témoins et traités sont groupés dans le tableau VIII.

**Tableau VIII** - Pourcentages de passage des larves L<sub>5</sub> au stade adulte de *S. gregaria* des lots témoins et traités par l'extrait foliaire brut de *C. arabica*.

<b>Passage au stade adulte %</b>		
<b>Jours</b>	<b>Lot témoin</b>	<b>Lot traité</b>
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	10	10
7	40	30
8	100	50
9	100	80
10	100	90
11	100	90
12	100	90
13	100	90
14	100	90
15	100	90

### ANNEXE 3

Les malformations exprimées en pourcentage (%) chez les larves L<sub>5</sub> des lots témoins et traités sont présentées dans le tableau X.

**Tableau X** - Pourcentage de malformations enregistrées chez les larves L<sub>5</sub> des lots témoins et traités par l'extrait foliaire brut de *C. arabica*

<b>Lot témoin</b>	<b>Lot traité</b>
0 %	30 %

### ANNEXE 4

La taille moyenne des ovarioles des femelles de *S. gregaria* des lots témoins et nourrie aux feuilles de chou traitées par l'extrait foliaire brut de *C. arabica* sont présentées dans le tableau XI.

**Tableau XI** - Taille moyenne des ovarioles des femelles de *S. gregaria* des lots témoins et nourris aux feuilles de chou traitées par l'extrait foliaire brut de *C. arabica*

<b>Lot témoin</b>	<b>Lot traité</b>
9.667mm	8.333mm

## ANNEXE 5

Afin d'évaluer les  $TL_{50}$  des huiles essentielles de *C. arabica* sur les larves  $L_5$  et les adultes de *S. gregaria*, il est tracé la droite de régression des probits en fonction des logarithmes des durées des traitements. Les mortalités et les probits correspondants sont illustrés dans le tableau XII

**Tableau XII** - Mortalités corrigées (MC) et probits correspondants en fonction du temps de traitement par les huiles essentielles de *C. arabica* enregistrées chez les larves  $L_5$  et adultes témoins et traités

Temps		Témoins				Traités			
Temps (Jours)	Log (Temps)	MC (%)		Probits		MC (%)		Probits	
		$L_5$	Adulte	$L_5$	Adulte	$L_5$	Adulte	$L_5$	Adulte
1	0.000	0	0	-	-	0	0	-	-
2	0.301	0	0	-	-	0	0	-	-
3	0.477	0	0	-	-	0	16.66	-	4.0236
4	0.602	0	0	-	-	0	50	-	5
5	0.699	0	0	-	-	0	66.66	-	5.43
6	0.778	0	0	-	-	0	66.66	-	5.43
7	0.845	0	0	-	-	0	66.66	-	5.43
8	0.903	0	0	-	-	0	66.66	-	5.43
9	0.954	0	0	-	-	0	66.66	-	5.43
10	1.000	0	0	-	-	16.66	66.66	4.0236	5.43
11	1.041	0	0	-	-	66.66	66.66	5.43	5.43
12	1.079	0	0	-	-	66.66	66.66	5.43	5.43
13	1.114	0	0	-	-	66.66	66.66	5.43	5.43
14	1.146	0	0	-	-	100	66.66	8.09	5.43
15	1.176	0	0	-	-	-	66.66	-	5.43
16	1.204	-	0	-	-	-	66.66	-	5.43
17	1.230	-	0	-	-	-	66.66	-	5.43
18	1.255	-	0	-	-	-	66.66	-	5.43
19	1.279	-	0	-	-	-	66.66	-	5.43
20	1.301	-	0	-	-	-	66.66	-	5.43
21	1.322	-	0	-	-	-	66.66	-	5.43
22	1.342	-	0	-	-	-	66.66	-	5.43
23	1.362	-	0	-	-	-	66.66	-	5.43
24	1.380	-	0	-	-	-	66.66	-	5.43
25	1.415	-	0	-	-	-	66.66	-	5.43

## ANNEXE 6

D'après le tableau XIII et la figure 22, les individus du Criquet pèlerin maintenus en élevage de masse au laboratoire, sont de types transiens congrégans. Cela témoigne l'état phasaire de la population expérimenté.

**Tableau XIII** - Mesures morpho-métriques des individus de *Schistocerca gregaria*

maintenus en élevage de masse au laboratoire (C : Largeur céphalique ; F :  
Longueur de fémure postérieur; E : Longueur d'élytre)

exes	Mesures morpho - métriques (mm)				
	C	F	E	E/F	F/C
<b>Femelles</b>	6.7	24	56	2.333	3.582
	6.7	24	56	2.333	3.582
	6.7	22	55	2.500	3.283
	6.7	22	50	2.272	3.283
	6.7	24	55	2.291	2.582
	6.7	26	58	2.230	3.880
	6.7	23	54	2.347	3.432
	6.7	22	57	2.590	3.283
	6.7	23	57	2.478	2.432
	6.7	23	57	2.478	2.432
<b>Mâles</b>	5.5	20	45	2.25	3.636
	6.0	20	49	2.45	3.333
	5.5	19	45	2.36	3.454
	6.9	20	49	2.45	2.898
	5.7	20	46	2.30	3.508
	6.0	20	47	2.35	3.333
	6.9	21	47	2.23	3.043
	7.0	22	51	2.31	3.142
	6.0	20	47	2.35	3.333
	6.5	22	49	2.22	3.384

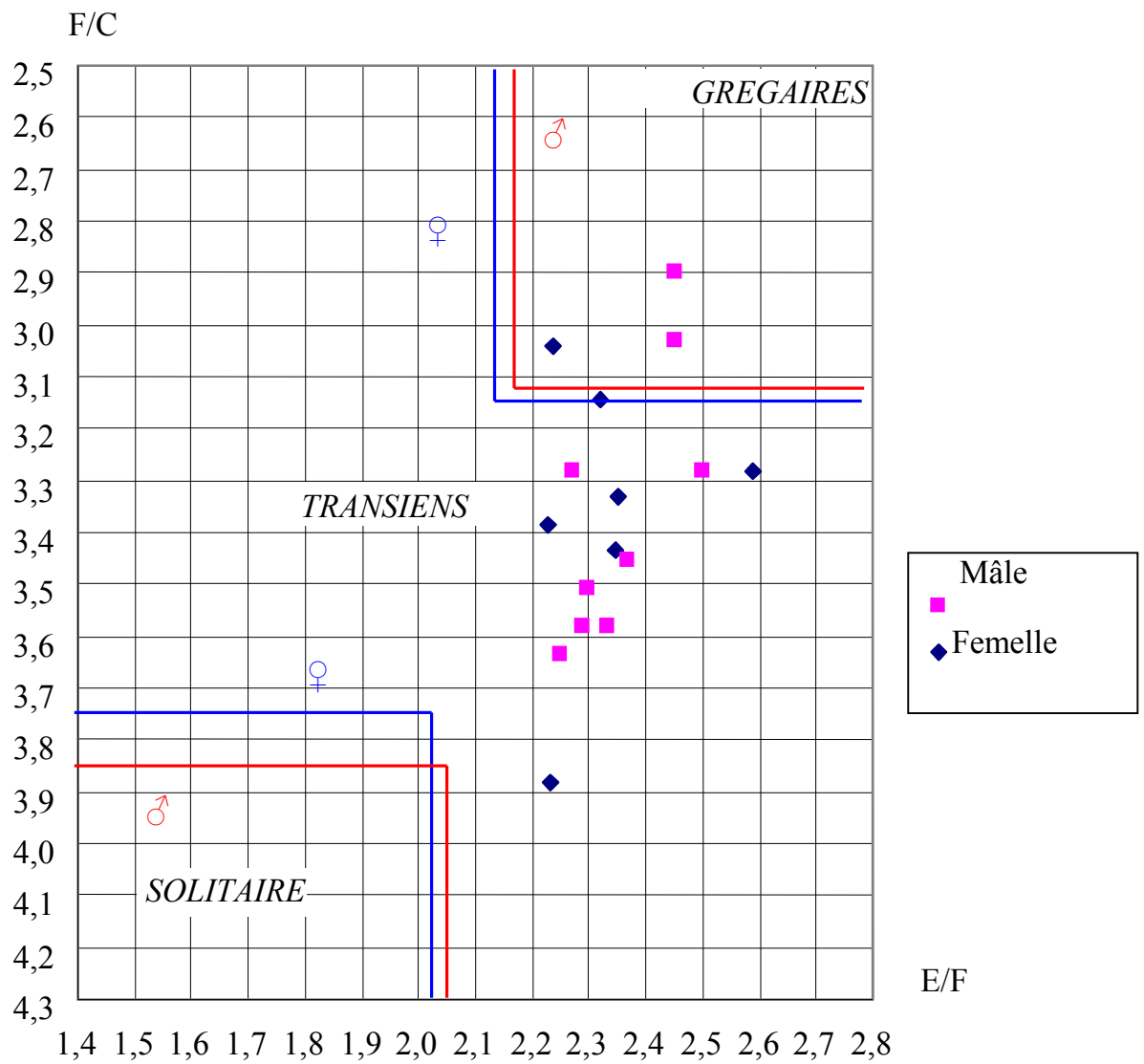


Fig. 22- Abaque morphométrique des individus de *S. gregaria* maintenus en élevage de masse au laboratoire (DURANTON et LECOQ, 1990)

## *Résumés*

La présente étude porte sur l'activité biologique des extraits foliaires bruts et des huiles essentielles de *C. arabica* chez les larves du cinquième stade et les individus adultes de *S. gregaria*. Les critères d'appréciation concernent la prise de nourriture, de poids, le développement larvaire, ovarien et les taux de mortalité. Deux modes de traitement sont utilisés; un test de toxicité par ingestion et un test de toxicité par contact.

Les résultats révèlent une réduction significative de la prise de nourriture chez les individus. Le poids moyen des feuilles de chou traitées par les extraits foliaires brut de *C. arabica*, consommé par les larves L<sub>5</sub>, est de 1.460±0.784g de feuilles fraîches de chou. Les larves L<sub>5</sub> du lot témoin, consomment 2.481±1.008g de poids frais de feuilles de chou. Il apparaît que les larves du lot nourri aux feuilles de chou traitées, consomment deux fois moins que celles du lot témoin. Pour les individus adultes de *S. gregaria* alimentés par des feuilles de chou non traitées par l'extrait foliaire de *C. arabica*, la prise de nourriture est de 2.153±1.040g de feuilles fraîches de chou. Les individus adultes nourris par des feuilles *B. oleracea* traitées aux extraits foliaires de *C. arabica*, n'ont consommés que 1.536 ± 0.757g de feuilles fraîches de chou.

Les individus L<sub>5</sub> mis en présence de feuilles de chou trempées dans l'extrait foliaire de *C. arabica*, ont un gain de poids de 51.63% et les témoins, enregistrent une proportion de 62.63%. Pour les individus adultes, les traités enregistrent un gain de poids de 58.42% alors que les témoins ont note une proportion de 68.60%. Il apparaît que les larves L<sub>5</sub> et les individus adultes des lots nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait foliaire brut de *C. arabica*, ont un gain de poids plus faible comparativement aux individus des lots témoins. Les valeurs moyennes calculées du coefficient d'utilisation digestive des larves L<sub>5</sub> et des adultes des lots traités, sont respectivement de 68.797% et 87.692%. Elles semblent faibles par rapport à celles calculés des larves L<sub>5</sub> et des adultes des lots témoins et qui ont respectivement 75.673% et 90.344%. Le processus de la mue, est rompu chez 30% des larves L<sub>5</sub> traitées. Les adultes en émergeant, présentent des malformations se manifestant par des ailes males étalées et des difficultés à défaire définitivement de leur exuvie. Une taille moyenne des ovarioles des femelles du lot traitée de 8.333 mm, paraît réduite comparativement à la taille moyenne des ovarioles des femelles témoins 9.667 mm. Un taux de mortalité de 10% est enregistré chez les larves L<sub>5</sub> avec un TL<sub>50</sub> de 50.12 jours.

Le traitement par les huiles essentielles entraine des taux de mortalités de 100% chez les larves L<sub>5</sub> traités au bout de 14 jours et 66.66% chez les adultes traités au bout de 6 jours. Les TL<sub>50</sub> sont de l'ordre de 13.74 jours pour les larves L<sub>5</sub> et pour les adultes de 6.69 jours. Il n'est noté aucune mortalité chez les larves L<sub>5</sub> et les adultes des lots témoins.

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

The study focuses for the biological activity of crude leaf extracts and essential oils of *C. arabica* against fifth instar larvae and adults individuals of *S. gregaria*. The assessment criteria relate to food intake, weight, moulting, ovarien development and mortality rates. Two modes of treatment are used: a test of toxicity by ingestion and contact toxicity test.

The results show a significant reduction in food intake among individuals. The average weight of cabbage leaves treated by crude leaf extracts of *C. arabica* consumed by larvae L<sub>5</sub> is  $1,460 \pm 0.784$ g of fresh leaves of cabbage. L<sub>5</sub> larvae in the control group, consuming  $2481 \pm 1.008$ g fresh weight of cabbage leaves. It appears that the larvae of lot-fed cabbage leaves treated consume twice less than the control group. For adult individuals of *S. gregaria* fed cabbage leaves not treated with leaf extract of *C. arabica*, food intake was  $2.153 \pm 1.040$ g of fresh leaves of cabbage. Individuals' adults fed leaves *B. oleracea* treated leaf extracts of *C. arabica*, which have consumed  $1.536 \pm 0.757$ g of fresh leaves of cabbage. Individuals L<sub>5</sub> set of leaves of cabbage leaf dipped in the extract of *C. arabica*, have a weight gain of 51.63% and cookies, a record proportion of 62.63%. For adult individuals, treaties recorded a weight gain of 58.42% while the witnesses have noted a proportion of 68.60%. It appears that the L<sub>5</sub> larvae and adult forms of the batch fed with cabbage leaves treated with crude leaf extract of *C. arabica*, have a lower weight gain compared to control groups of individuals.

The mean values of digestibility of L<sub>5</sub> larvae and adult treatment groups were respectively 68.797 and 87.692%%. They seem low compared to those calculated to L<sub>5</sub> larvae and adult control groups, which have respectively 75.673 and 90.344%%. The process of molting, is disturbs in 30% of L<sub>5</sub> larvae treated. The emerge adults, are manifested by malformations of the male wings spread out and difficult to definitively discard their exuviae. An average size of the lot ovarioles of females treated 8.333 mm, seems small compared to the average size of ovarioles control females 9.667 mm. A mortality rate of 10% is registered in L<sub>5</sub> larvae with a LT<sub>50</sub> of 50.12 days.

Treatment with essential oils causes of mortality rates of 100% in L<sub>5</sub> larvae treated after 14 days and 66.66% in adults treated after 6 days. The LT<sub>50</sub> is in order of 13.74 days for the larvae L<sub>5</sub> and the flatterers of 6.69 days. It is noted no mortality L<sub>5</sub> larvae and adult control groups.

**Key words:** *S. gregaria*, toxicity, acridifuges plants, Sahara, extracts, essentials oils.



تركز هذه الدراسة على التأثيرات البيولوجية للمستخلص الخام و الزيوت الطيارة المستخرجة من أوراق نبتة *C. arabica* على حوريات الطور الخامس و الطور اليافع للجراد الصحراوي *S. gregaria* معايير التقييم تستند على الإستهلاك الغذائي, الوزن, الإنسلاخ, التطور المبيضي و معدلات الوفيات, و لهذا الغرض تم اختيار اختبارين للعلاج: اختبار سمية عن طريق التناول و اختبار سمية عن طريق الرش المباشر.

أظهرت النتائج انخفاضاً كبيراً في الاستهلاك الغذائي بين الافراد, حيث بلغ متوسط وزن الملفوف المغمور في المستخلص الخام المستهلك من طرف حوريات الطور الخامس بـ  $1.460 \pm 0.784$  غ بينما متوسط وزن الملفوف المستهلك من طرف الشاهد فيقدر بـ  $2.481 \pm 1.008$  غ أي ما يعادل ضعف وزن الملفوف المعالج. أما بالنسبة لأفراد الطور اليافع, فمتوسط وزن الملفوف المغمور في المستخلص الخام المستهلك فقد بلغ  $1.356 \pm 0.757$  غ و هو أقل من وزن الملفوف المستهلك من طرف الشاهد و الذي بلغ  $2.153 \pm 1.536$  غ.

تقدر نسبة الوزن المكتسب لدى حوريات الطور الخامس و أفراد الطور اليافع المستهلك لأوراق الملفوف المعالج بـ 51.63% و 62.63% على التوالي وهي أقل من نسب الوزن المكتسب المسجلة عند حوريات الطور الخامس و أفراد الطور اليافع الشواهد وهي على التوالي 58.42% و 68.60%. كذلك سجلنا لدى حوريات الطور الخامس و أفراد الطور اليافع المستهلك لأوراق الملفوف المعالج متوسط قيم معامل الهضم على التتابع بـ 68.797% و 87.692% وهي أقل من متوسط قيم معامل الهضم المسجلة عند حوريات الطور الخامس و أفراد الطور اليافع الشواهد وهي على التوالي 75.673% و 90.334%.

تأثرت عملية الإنسلاخ لدى 30% من حوريات الطور الخامس و الحشرات اليافعة من الحريات المعالجة حدث لها تشوهات في الأجنحة و فشل بعضهم في التخلص التام من جلد الحوريات. كما أظهرت نتائج متابعة التطور المبيضي لدى إناث الطور اليافع أن متوسط طول مبايض الإناث الشواهد بلغ 9.667 مم و هو أكبر نسبياً من متوسط مبايض إناث الطور اليافع المستهلكة لأوراق الملفوف المغمورة في المستخلص الخام و المقدر بـ 8.333 مم. نسبة الوفيات المسجلة لدى حوريات الطور الخامس هي 10% أما زمن الوفاة  $50 (TL_{50})$  فهو 50.12 يوم.

نتائج المعالجة بالزيوت الطيارة عن طريق الرش المباشر فقد أظهرت أن نسبة الوفيات تقدر بـ 100% في ظرف 14 يوم بالنسبة لحوريات الطور الخامس في حين يقدر زمن الوفاة  $50 (TL_{50})$  بـ 13.74 يوم أما نسبة الوفيات لدى أفراد الطور اليافع فقد بلغت 66% في ظرف 6 أيام و زمن الوفاة  $50 (TL_{50})$  يقدر بـ 6.69 يوم. تجدر الإشارة الى أنه لم تسجل أي حالة وفاة لدى الشواهد في كلا الطورين.

**الكلمات الدالة:** الجراد الصحراوي, السمية, نباتات منفرة, الصحراء, مستخلص, زيوت طيارة.

