

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA



FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES ET BIOLOGIQUES
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MEMOIRE

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master II en sciences
agronomiques

Spécialité : Biotechnologie des Plantes Médicinales et Aromatiques et des Produits
Naturels

THEME

**Evaluation du pouvoir acridicide de l'argel *Solenostemma argel*
(Del) Hayne à l'égard du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*
(Forskal, 1775) *Cyrtanthacridinae*, *Acrididae*.**

Présenté par: **Boudissa mohamed hichem**

Devant le jury composé de:

Mr. HOUMANI Z.	Professeur	USDB	Présidente
Mme. MOUMENE S.	MAA	USDB	Promotrice
Mme. BELGENDOUZ R.	MAA	USDB	Examinatrice
Mr. BENZAAD H.	Dr	USDB	Examineur



Remerciements

Je remercie Dieu le miséricordieux, le tout puissant qui m'a donné la santé, la volonté et la patience pour réaliser ce travail,

*Mes remerciements s'adressent à notre chef d'option et guide, professeur **HOUMANI Z.** pour son soutien, ses conseils, et sa patience tout au long de ces trois dernières années,*

*Je dois remercier fortement ma promotrice Mme **MOUMENE S.** pour son aide, sa présence et sa générosité, un grand merci pour vous Madame,*

*Je tiens également à remercier les membres de jury, d'avoir accepté d'examiner ce travail, et tout particulièrement. Madame **HOUMANI Z.**, qui m'a fait honneur d'accepter de présider mon jury de soutenance. Madame **MOUMENE S.** Madame **BELGENDOUZ R.**, et Monsieur **BENSAAD H.**, qui ont acceptés de juger ce travail. Je leur suis très reconnaissant d'y avoir consacré une partie de leur temps si précieux,*

*Je tiens à remercier spécialement Monsieur **MOUMENE K.** directeur générale de l'institut nationale de la protection des végétaux **INPV** pour l'aide qu'il m'a apporté dans la réalisation de mon travail, qu'il trouve ici toute ma gratitude,*

Et enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à ma famille, à tous mes proches et à tous ceux et celles qui ont contribué à leur manière en vue de rendre ce travail possible.

MERCI.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail à;

Ma très chère mère Khalef H., ma source d'amour qui m'en courage et me pousse toujours vers l'avant,

A mon très cher père BOUDISSA H., ma source
d'inspiration, de volonté, et de courage,

A mes très chères sœurs,

A mon très cher frère,

A toute ma famille et mes proches,

A tous mes professeurs et à tous mes amis,

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

JEREMY

Résumé

Evaluation de l'effet acridicide de *Solenostemma argel* Del (Hayne) à l'égard du criquet pèlerin : *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (*Cyrtacanthacridinae*, *Acrididae*)

Cette présente étude fait d'abord le point d'évaluation de la toxicité des extraits aqueux obtenus par deux méthodes d'extraction, l'entraînement par solvant et l'ébullition.

L'effet toxique des extraits aqueux de la partie aérienne de *Solenostemma argel* (*Asclépiadacée*), en dehors de son stade de floraison a été testé sur la mortalité, et l'activité reproductive du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria in vitro*.

Les bio tests de toxicité ont révélé une mortalité importante des imagos avec l'extrait éthanolique de l'argel pour le mode par contact les doses D1, D2 et D3 et pour le mode par ingestion concernant les doses D1 et D2. Avant leur mort, les adultes du criquet pèlerin traités ont mis en exergue un état de faiblesse, une réduction de l'activité locomotrice, des troubles de l'équilibre, et une forte diminution de l'activité alimentaire notamment pour le mode par ingestion. Leur activité reproductive a été également perturbée par ces extraits en prolongeant de 25 jours le délai des premières pontes pour les femelles traitées par la décoction ou en inhibant complètement cette dernière pour celles traitées par l'extrait éthanolique. Les mêmes traitements ont conduit à la réduction de la production d'oothèques et celle des œufs. Les conséquences issues du traitement par les extraits de cette plante ont confirmé leur pouvoir acridicide en vue de leur utilisation dans la lutte antiacridienne.

Mots clés : *Schistocerca gregaria*, *Solenostemma argel*, extraits aqueux, mortalité, activité acridicide.

Abstract:

Evaluation of the acridicide effect of *Solenostemma argel* Del (Hayne) with regard to the locust pilgrim: *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae).

This present study takes initially stock of evaluation of the toxicity of the aqueous extracts obtained by two methods of extraction, the drive by solvent and boiling.

The toxic effect of the aqueous extracts of the air part of *Solenostemma argel* (Asclépiadacée), apart from its stage of flowering was tested on mortality, and the reproductive activity of the locust pilgrim *Schistocerca gregaria* in vitro.

The bio tests of toxicity revealed an important mortality of the imagoes with the extract ethanolic of the argel for the mode by contact the amounts D1, D2 and D3 and for the mode by ingestion concerning the amounts D1 and D2. Before their death, the adults of the locust pilgrim treated put forward a state of weakness, a reduction of the locomotor activity, disorders of balance, and a strong reduction in the food activity in particular for the mode by ingestion. Their reproductive activity was also disturbed by these extracts by prolonging 25 days the time of the first layings for the females treated by the decoction or by completely inhibiting the latter for those treated by the extract ethanolic. The same treatments led to the reduction of the production of oothèques and that of eggs. The consequences resulting from the treatment by the extracts of this plant confirmed their capacity acridicide for their use in the fight antiacridienne.

Key words: *Schistocerca gregaria*, *Solenostema argel*, extracted aqueous, mortality, acridicide activity.

الملخص

تقييم مفعول نبات الحرجل *Solenostemma argel* ضد الجراد الصحراوي *Schistocerca gregaria* تمحورت هذه الدراسة على تقييم سمومية المستخلصات المائية المستخرجة بطريقتين الاستخراج بمذيب عضوي (الايثانول) و بالغلينان. تم تقييم المفعول السام للمستخلصات المائية للأجزاء الهوائية لنبات الحرجل *Solenostemma argel* خارج مرحلة الأزهار على نسبة الموت و النشاط التكاثري للجراد الصحراوي.

الأختبارات البيولوجية للسمومية أظهرت نسبة موت عالية بالنسبة للأفراد البالغة للجراد الصحراوي عند استعمال المستخلص الأيثانولي لنبات الحرجل عن طريق التلامس بالنسبة للجرعات D_1, D_2, D_3 و عن طريق التغذية بالنسبة للجرعات D_1, D_2 . قبل موت الحشرات المعالجة أظهرت هذه الأخيرة بعض الأعراض كانخفاض النشاط الحركي و اختلال التوازن و انخفاض النشاط الغذائي. اختلال النشاط التكاثري بسبب تأثير المستخلصات المستعملة و ظهر هذا الأخير في تمديد فترة الوضع بخمسة و عشرون يوما عند الاناث المعالجة بمغلى نبات الحرجل حيث لم نسجل أي وضع بالنسبة للأناث المعالجة بالمستخلص الأيثانولي. نفس العلاج أدى الى تقليص عدد الأوتيك و عدد البيض بداخله.

النتائج المتحصل عليها بعد معالجة الحشرات باستعمال المستخلصين المائيين لنبات الحرجل أكدت فعاليتها ضد الجراد الصحراوي التي يمكن تطويرها لاستعمالها في مكافحة ضد الجراد.

نشاط ضد الجراد, مستخلصات مائية, *Solenostemma argel*, *Schistocerca gregaria*, الكلمات المفتاحية

Liste des tableaux

Tableau. 01 : Densités approximatives auxquelles une transformation phasaire peut se produire chez le Criquet pèlerin.....	15
Tableau. 02 : Classement indicatif des pesticides utilisés dans la lutte contre le criquet pèlerin.....	19
Tableau.03 : Classement des dangers des pesticides utilisés dans la lutte contre les criquets.....	20
Tableau. 4: Données sur l'espèce végétale étudiée.....	32
Tableau.05 : Les doses utilisées pour les tests d'évaluation du pouvoir acridicide.....	40
Tableau.06 : Protocole expérimentale pour le paramètre de la reproduction	42
Tableau.07 : population résiduelle pour les deux modes de traitement par l'extrait éthanolique de <i>S.argel</i>	49
Tableau.08 : population résiduelle correspondante au deux modes de traitement par décoction de <i>S.argel</i>	49
Tableau.09 : analyse de variance des taux de la population résiduelle selon le produit appliqué.....	51
Tableau .10 : analyse de variance des taux populations résiduelles selon le mode de traitement.....	52
Tableau.11 : analyse de variance des taux populations résiduelles en fonction de la période de suivi pour les traitements par l'extrait éthanolique.....	53
Tableau .12 : analyse de variance des taux populations résiduelles en fonction de la dose pour les traitements par l'extrait éthanolique.....	53

Liste des figures

Figure .01 : Ailé mature de <i>Schistocerca gregaria</i>	5
Figure 02 : Cycle biologique du Criquet pèlerin.....	6
Figure 03 : Aire d'invasion et de rémission du criquet pèlerin.....	8
Figure 04 : Foyers de grégarisation du Criquet pèlerin.....	10
Figure 05 : Aires de reproduction et mouvements saisonniers.....	11
Figure 06 : Périodes d'invasion et de rémission du Criquet pèlerin, de janvier 1860 à décembre 2000.....	17
Figure 07 : <i>Solenostemma argel</i> (Del) Hayne.....	27
Figure 08 : les graines de <i>S.argel</i>	28
Figure 09 : les fleurs de <i>S.argel</i>	28.
Figure 10 : les fruits de <i>S.argel</i>	28
Figure 11 : molécule de la solargine isolé de <i>S.argel</i>	29.
Figure 12 : Structure des deux molécules d'argiloside A et B isolées de fruit de <i>S.argel</i>	30
Figure 13 : Elevage des imagos mâles et femelles provenant d'Ain gezam (Tamanrasset. Novembre 2012).....	34
Figure.14 Cage renferme six couples proviennent d'Illizi (février, INPV 2012).....	35
Figure.15 Elevage des adultes mâles et femelles	35
Figure.16 Elevage des larves de <i>S.gregaria</i> . Salle d'élevage INPV 2012.....	36
Figure 17 : Les pondoirs.....	36
Figure 18 : Parcelles de récolte des échantillons de <i>Solenostemma argel</i> au niveau de Silet (Tamanrasset, 2012).....	37
Figure.19 Les différentes étapes d'extraction par solvant.....	39

Figure. 20 : Etapes d'extraction par ébullition.....	39
Figure 21 : Cage de traitement pour les couples isolés.....	42
Figure 22 : préparation des boites de traitement pour les modes d'application par contact (1) et par ingestion (2).....	43
Figure 23 : Schéma du dispositif expérimental.....	44
Figure.24 : l'effet des extraits testés sur le paramètre de la reproduction.....	46
Figure.25 imagos morts après application des traitements.....	47
Figure.26 Analyse de la variance des taux de population résiduelle en mode GLM selon la nature de l'extrait appliqué, Deco (Décoction), Ext etha (extrait éthanologique).....	52
Figure.27 analyse de variance des taux populations résiduelles en modèle GLM selon le mode de traitement par extrait éthanologique, CONT (contact), ING (ingestion).....	52.
Figure.28 analyse de variance en modèle GLM des taux populations résiduelles selon la période pour traitement par extrait éthanologique.....	53.
Figure.29 analyse de variance en modèle GLM des taux populations résiduelles selon la dose pour le traitement par l'extrait éthanologique.....	54
Figure.30 analyse de variance en mode GLM des taux populations résiduelles selon le mode de traitement par la formule d'extrait décoction.....	55
Figure.31 analyse de variance en mode GLM des populations résiduelles en fonction de la période, formule Décoction.....	55
Figure.32 analyse de variance des taux de population résiduelle en modèle GLM selon les doses de la décoction appliquées.....	56.
Figure.33 Classification hiérarchique des taux de population résiduelle des adultes de <i>S.gregaria</i> selon les extraits d'argel, leur doses et les modes de pénétration.....	57.
Figure 34 Analyse en composantes principales (ACP) des taux de population résiduelle des adultes de <i>S.gregaria</i> selon les extraits d'argel, leurs doses et les modes de pénétration.....	58.

Sommaire

Sommaire

INTRODUCTION.....	1
-------------------	---

I Synthèse bibliographique

1.1 Données bibliographiques sur le criquet pèlerin <i>Schistocerca gregaria</i> Forskäl, 1775.....	3
--	----------

1.1.1. Dégâts et importance économique du criquet pèlerin.....	3
--	---

1.1.2. Position taxonomique.....	5
----------------------------------	---

1.1.3. Bio-écologie du criquet pèlerin	6
--	---

1.1.4. Le polymorphisme phasaire du criquet pèlerin.....	1
--	---

1.1.5. Différents situations acridiennes.....	15
---	----

1.1.6. La lutte contre le criquet pèlerin (lutte antiacridienne).....	18
---	----

1.1.7. Autres types de lutte contre le criquet pèlerin.....	22
---	----

1.2. Données bibliographiques sur la plante l'argel : (<i>Solenostemma argel</i>).....	24
---	-----------

1.2.1. Généralité sur La famille des asclépiadacées.....	25
--	----

1.2.2 Généralité sur L'argel : <i>Solenostemma argel</i> (Del) Hayne.....	25
---	----

II Matériels et méthodes

2. Introduction.....	32
-----------------------------	-----------

2.1 Matériel biologique.....	32
-------------------------------------	-----------

2.1.1. Matériel végétal.....	32
------------------------------	----

2.1.2. Les individus de l'espèce <i>Schistocerca gregaria</i>	33
---	----

2.2.2. Échantillonnage et identification de la plante.....	36
2.2.3. Préparation des extraits aqueux de la plante.....	38
2.2.4. Évaluation du pouvoir acridicide.....	40
2.3. Analyse statistique.....	45

III Résultats et discussion

3.1 Résultats.....	46
3.1.1 L'effet des deux extraits a base de <i>s.argel</i> sur la reproduction des imagos mâles et femelles	46
3.1.2 L'effet des deux extraits sur la mortalité des imagos mâles et femelles de <i>S.gregaria</i>	46
3.2. Discussion	59
Conclusion.....	65

Références bibliographiques

Annexes

INTRODUCTION

Parmi les criquets migrants, le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775)) est considéré comme l'espèce la plus importante vu l'étendue de son aire d'invasion et les dégâts qu'il peut occasionner. Les invasions constituent un phénomène majeur et spectaculaire et pour cela leur importance économique, depuis des siècles n'a jamais été mise en doute car en pleine période d'invasion, l'ampleur des ravages peut être considérable (Duranton et al., 1995)

Ce dernier constitue en Afrique une menace extrêmement grave pour l'agriculture. Son aire d'invasion couvre l'Afrique, au nord de l'Équateur, le Moyen-Orient, les péninsules Arabiques et Indo-pakistanaise et, parfois, l'Europe méditerranéenne. Cela représente au total 57 pays et plus de 20 % des terres émergées. En, dehors des périodes d'invasion, le Criquet pèlerin se replie en période de rémission dans les zones les plus arides de son aire de dispersion où il passe le plus souvent inaperçu (Lecoq, 1999).

La lutte antiacridienne demeure l'une des préoccupations majeures dans les stratégies de protection des cultures des régions arides et semi-arides déjà soumises aux aléas et caprices du climat. Dans ces zones, le contrôle des sauteriaux et locustes a toujours nécessité et nécessite encore de vastes campagnes de lutte chimique occasionnant l'utilisation de volumes considérables de pesticides chimiques (Zakaria et Sagnia, 2003).

L'utilisation accrue des pesticides, les risques de leur utilisation pour la santé humaine et pour l'environnement ainsi que leurs coûts élevés ont amené certains acteurs à se poser un certain nombre de questions sur l'opportunité et l'efficacité de la stratégie actuelle de lutte et son impact sur l'environnement. C'est dans ce cadre que certains donateurs ont mis l'accent sur la recherche d'une alternative de lutte pouvant avoir peu d'incidences néfastes sur l'environnement tout en apportant une solution durable au problème acridien (Zakaria et Sagnia, 2003).

Depuis l'interdiction de l'usage des pesticides persistants, les chercheurs s'emploient à trouver des substances moins dangereuses pour l'environnement. Ces nouveaux agents potentiels de la lutte antiacridienne sont les dérégulateurs de croissance, les biocides végétaux et les agents entomopathogènes. En raison des avantages qu'ils présentent sur le plan de la rémanence et de la sécurité, les IGRs (insect growth regulators) devraient bénéficier d'un regain d'intérêt pour les applications en barrière contre les bandes larvaires. Les biocides

végétaux ou les agents entomopathogènes tels que *Metarhizium flavoviride* pourraient être utilisés en pulvérisation contre les locustes adultes. La pulvérisation UBV en dérive continuera à être la technique la plus employée étant donné que la plupart des nouveaux agents sont disponibles dans des formulations huileuses (Meinzingen, 1997).

En raison de la conjoncture actuelle, les biopesticides sont appelés à un avenir meilleur, car la demande de produits phytosanitaires sans danger, de faible rémanence, et qualifiés de (produits vert) est actuellement en hausse. Certains biopesticides, produits en petites quantités mais dont la valeur ajoutée est très élevée, pourraient répondre à cette demande et occuper des créneaux spécialisés dans lesquels les multinationales agrochimiques ne sont pas investies (Regnault Roger et al., 2003).

Ainsi de nombreuses études concernant l'effet des plantes sur le criquet pèlerin ont été réalisées dans des conditions contrôlées et semi-naturelles citons ceux de Diop et Wilps, (1997), Barbouche et al. (2001), (Abbassi et al. 2002, 2003a, 2003b, 2003c), Abbassi et al. (2005).

Parallèlement en Algérie, plusieurs travaux rapportés par la bibliographie ont porté sur la lutte antiacridienne par l'utilisation des extraits végétaux citons ceux de Tail (1998), Moussa (2003), Belhadi (2005), Bezaze (2006) ainsi que Doumandji-Mitiche et Doumandji (2007).

Dans ce même contexte, ce présent travail a pour objectif l'évaluation du pouvoir acridicide de deux extraits aqueux à base d'une plante désertique l'argel (*Solenostemma argel*) sur les imagos mâles et femelles de *Schistocerca gregaria*, en tenant compte de leur effet sur la mortalité des imagos mâles et femelles, ainsi que leur action sur leur reproduction.

Chapitre I

Synthèse
Bibliographique

1.1 -Données bibliographiques sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forskål, 1775

1.1.1 –Dégâts et importance économique du criquet pèlerin

Bien que le criquet pèlerin vive dans des régions d'agriculture rudimentaires et que les invasions généralisées soient assez rares, les dégâts aux cultures sont parfois énormes pour des pays entiers (Uvarov, 1927b, 1929). Les longues distances parcourues par les essaims, le grand nombre de pays affectés, l'imprévisibilité des périodes d'invasion et l'extrême polyphagie de l'espèce l'a fait qualifier par (Uvarov, 1927b, 1929). comme le principal acridien ravageur et un des plus sérieux parmi tous les insectes.

Le criquet pèlerin constitue l'espèce acridienne la plus importante de point de vue économique. Ce ravageur polyphage des cultures présente une menace sérieuse pour les ressources agropastorales et les moyens d'existence des populations concernées. Ce fléau transfrontière, qui peut envahir une zone s'étendant de la côte atlantique de l'Afrique à la frontière indo-pakistanaise et de la Méditerranée à l'équateur, constitue un problème de sécurité alimentaire aux répercussions économiques, sociales, de santé publique et environnementale majeures. (CLCPRO, 2010)

En période d'invasion, *Schistocerca gregaria* est considéré comme une catastrophe naturelle dont l'impact économique n'est plus à démontrer. De nombreuses données attestent de cette importance, notamment les famines enregistrées autrefois, les plus récentes en Ethiopie et au Soudan 1950. (Lecoq, 2005)

Les populations grégaires de cet insecte peuvent contaminer des territoires sur plus de 29 millions de kilomètres carrés de la côte occidentale de l'Afrique jusqu'à l'Inde.

En période de rémission, les populations solitaires restent cantonnées dans les parties les plus désertiques de l'aire (Sahara Arabie, Asie du sud-ouest), soit environ de 16 million de km². (Popov et al. 1991).

La Région occidentale de l'Afrique renferme de nombreuses et vastes aires grégarigènes du Criquet pèlerin, et abrite à la fois des zones de reproduction estivale, hiverno-printanière et printanière qui peuvent être à l'origine de départ de résurgences, de recrudescences majeures, voire même d'invasions.

Sur l'ensemble de l'Afrique du nord et du Nord-Ouest, les dégâts occasionnés par une invasion du criquet pèlerin peuvent avoir une extension considérable. L'ensemble des systèmes de production agricole dans son large sens est menacé. On ne peut prédire ni

le nombre ni l'étendue des invasions en l'absence de mesures de lutte, mais le risque existe, réel, attesté par des siècles d'expériences.

Lorsqu'une invasion se développe toutes les formations végétales peuvent en subir l'atteinte celle-ci concernera aussi bien des cultures annuelles pluviales

(Après une reproduction estivale en zone sahélienne, après une reproduction printanière en Afrique du Nord). Les cultures pérennes (arboriculture) et les cultures irriguées y sont encore plus sensibles dans la mesure où elles sont exposées tout au long de l'année. Les zones pastorales subissent également des destructions importantes affectant à la fois la production totale de biomasse et son appétibilité pour le bétail.

La famine a frappé de plein fouet les zones les plus déshéritées. Un tiers des populations mauritaniennes et nigériennes, soit 4,8 millions de personnes, ont été exposées à la famine. En Mauritanie et au Mali, un enfant de moins de cinq ans sur trois a souffert de malnutrition. Au Niger, 350.000 enfants de moins de cinq ans ont été menacés de malnutrition grave (Brader et *al.*, 2006). En Algérie plus de 4.600.000 ha ont été traités dans plus de 30 wilayat.

Toutefois, les dégâts réels sont difficiles à quantifier ; ils dépendent aussi du pouvoir de récupération de l'espèce végétale. Ce dernier est en relation avec l'état physiologique et phénologique de la plante au moment de l'attaque (Lecoq et *al.*, 2003). Quelques chiffres montrent l'ampleur des prélèvements alimentaires :

- Un acridien consomme de 30 à 70 % de son poids d'aliments frais chaque jour. En phase grégaire, cette proportion peut atteindre 100 %
- Un kilomètre carré d'essaim dense renferme plus de 50 millions d'individus
- Chaque ailé pèse 2 grammes en moyenne. Une telle population consomme 100 tonnes de matière végétale fraîche par jour

La maîtrise de l'effectif du criquet pèlerin dans ses aires d'invasion occupe une place importante dans l'agenda des équipes de lutte phytosanitaire en activité au Sahel. Malgré d'énormes efforts consentis par toutes les parties prenantes à la lutte antiacridienne en Afrique, cet acridien persiste et sévit. Il tend à drainer vers lui une partie substantielle des attentions et énergies disponibles à la protection des végétaux en général. Cette attitude se justifie par une extension tous azimuts des infestations dans la quasi totalité des aires arides d'Afrique, et par l'importance des dégâts susceptibles d'être causés par ce déprédateur sur la

végétation dans un environnement déjà accablé de sécheresse (Zafack, 2004). *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) peut être présent soit en phase solitaire pendant la période de récession au cours de laquelle l'espèce est peu abondante, commet moins de dégâts et d'une faible importance économique, soit en phase grégaire, c'est la période d'invasion.

Martini *et al.* (1998) notent qu'un essaim de 10 km² compte environ 50.000.000 millions 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.

Il ajoute que pour la seule année 1988, au cours d'une recrudescence majeure, 14 millions d'hectares ont été traités et le coût global des traitements a été évalué à plus de 100 millions de dollars. En 11 années (1985-1995), la lutte contre le Criquet pèlerin a coûté 250 millions de dollars, soit 23 millions de dollars par an en moyenne, et alors que cette période n'a comporté que 4 années de recrudescence (1987-1988, 1993-1994) et aucune année véritable de pleine invasion.

Benhalima (2006) mentionne que durant la période de 1986 – 1989, 16 millions d'hectares ont été traités ce qui a coûté presque 700 millions \$ EU. Alors que pour la dernière invasion de 2003 – 2005 le traitement a visé 13 millions d'hectares soit un coût de 300 millions \$ EU.

1.1.2. Position taxonomique :

Selon (Duranton *et al.* 1982), *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775), appelé communément Criquet pèlerin ou Criquet du désert, appartient à la classe des insectes, à l'ordre des Orthoptères et au sous ordre des caelifères, à la famille des acridadae et à la sous famille des Cyrtacanthacridinae.

- **Classe : Insectes**
- **Ordre : Orthoptères (criquets et sauterelles)**
- **Sous-ordre : Caelifères (locustes et sauteriaux)**
- **Famille : *Acrididae* (acridiens ou criquets)**
- **Sous-famille : *Cyrtacanthacridinae***
- **Genre : *Schistocerca***
Espèce : *gregaria*

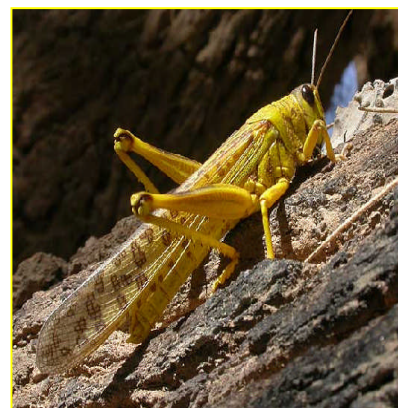


Figure .01 : Ailé mature de *Schistocerca gregaria*

1.1.3. Bio-écologie du criquet pèlerin

1.1.3.1. Biologie du Criquet pèlerin

Le Criquet pèlerin effectue 2 à 3 générations par an, avec un arrêt de développement facultatif à l'état imaginal (quiescence) qui lui permet de passer de longues périodes sèches. En fonction de la température, les œufs mettent de 11 à 60 jours pour se développer. Les larves grégaires passent par 5 stades, mais certaines femelles solitaires, et plus rarement les mâles, peuvent doubler le stade 3 (3 bis). Les grégaires effectuent leur développement larvaire en 25 à 50 jours et les solitaires en 30 à 90 jours. Après la mue imaginale l'imago apparaît. La durée de la période pré-reproductive est très variable selon les conditions écologiques rencontrées. Elle peut durer de 15 jours en saison pluvieuse, à 6 mois en saison sèche, période pendant laquelle l'insecte peut parcourir des distances considérables à la recherche de zones encore vertes. Les femelles pondent en moyenne 2 ou 3 fois (plus rarement 4) dans leur vie. La durée globale d'une génération de Criquets pèlerins, solitaires ou grégaires, varie de 2 à 6 mois (Duranton et Lecoq, 1990a). Les trois états successifs du cycle biologique du Criquet pèlerin peuvent être représentés dans la figure suivante.

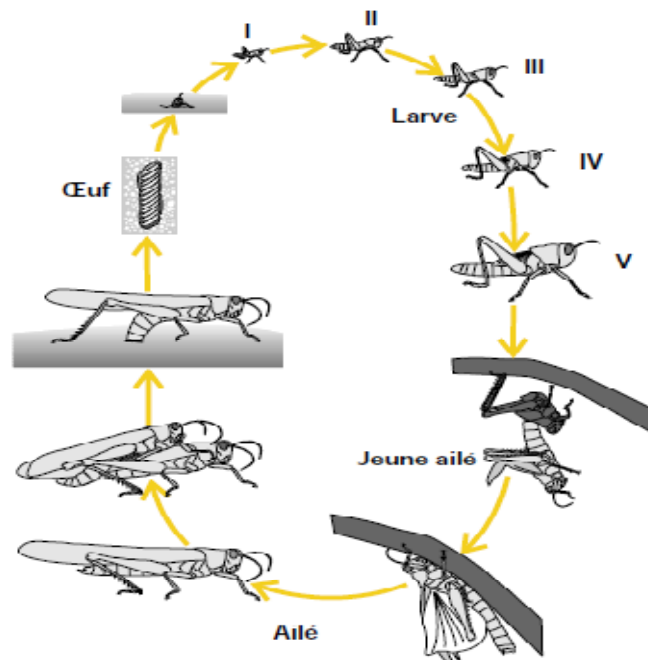


Figure 02 : Cycle biologique du Criquet pèlerin (Symmons et Cressman., 2001)

Les œufs sont pondus par les femelles. Lors de l'éclosion, naissent de jeunes criquets dépourvus d'ailes, appelés larves. Les larves se débarrassent de leur cuticule cinq à six fois pendant leur développement et leur taille s'accroît à chaque fois. Ce processus s'appelle la mue et la période qui sépare deux mues successives s'appelle un stade. La dernière mue, du stade larvaire 5 ou 6 dépourvu d'ailes à l'imago, ou ailé, s'appelle la mue imaginale. Le nouvel ailé, appelé «jeune ailé», doit attendre le séchage et le durcissement de ses ailes avant de pouvoir voler. Les ailés ne muent pas et leur taille ne s'accroît donc pas mais leur poids augmente progressivement. Les ailés qui peuvent voler sont, au départ, sexuellement immatures. Quand ils deviennent sexuellement matures, ils peuvent s'accoupler et pondre des œufs. (Symmons et Cressman., 2001)

.1.3.2. Ecologie du Criquet pèlerin

Le Criquet pèlerin en phase solitaire hante les déserts chauds de l'Ancien Monde. En phase grégaire, il envahit les bordures semi-arides, voire humides des zones désertiques, méditerranéennes ou tropicales. Dans ces milieux contrastés, chaque population bénéficie d'un environnement fluctuant qui lui permet un développement plus ou moins complet. Un environnement se caractérise par des conditions du milieu et les principaux facteurs et conditions écologiques existant dans une zone géographique déterminée. La détermination de l'extension géographique (la chorologie) de chaque milieu conduit à la délimitation d'unités territoriales écologiquement homogènes. L'environnement du Criquet pèlerin est défini comme l'ensemble des facteurs et des conditions écologiques qui agissent sur son développement. Placées dans un même milieu, une population solitaire et une population grégaire de Criquet pèlerin auront des perceptions différentes et donc des environnements respectifs différents (Duranton et Lecoq, 1990a)

Un biotope à Criquet pèlerin est une unité territoriale écologiquement homogène susceptible d'offrir des conditions plus ou moins favorables au développement de populations de cet acridien, ce qui implique que les biotopes soient spatialement et temporellement délimités. (Duranton et Lecoq, 1990b)

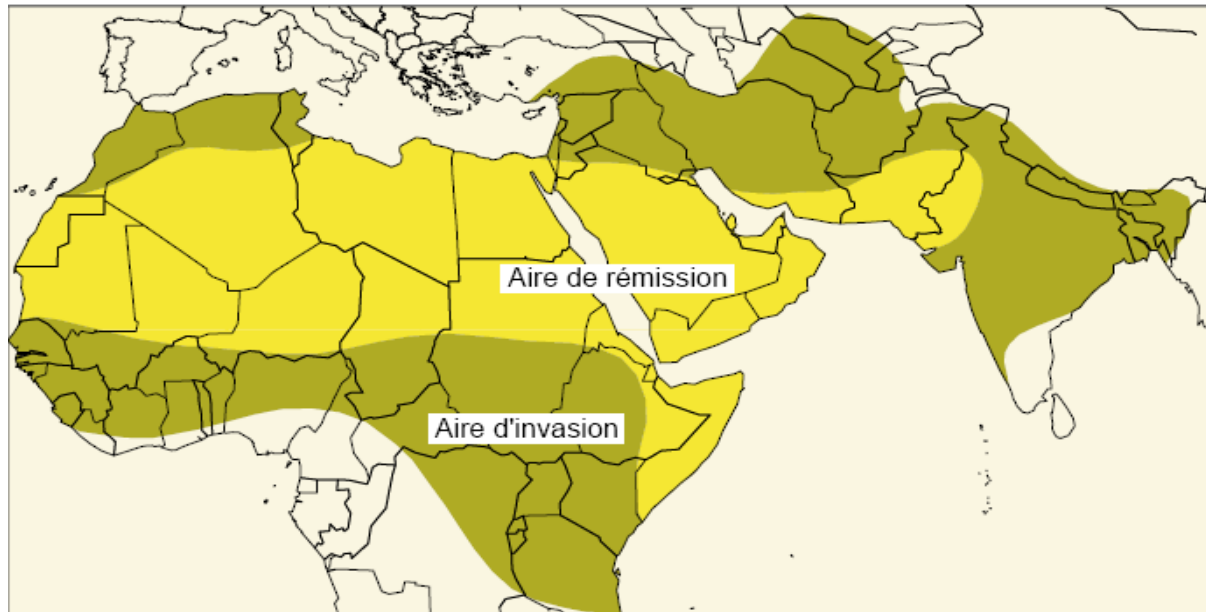


Figure 03 : Aire d'invasion et de rémission du criquet pèlerin (Keita, 2009)

La figure 03 présente les différentes aires de dispersion du Criquet pèlerin selon sa phase. L'aire d'invasion est l'ensemble des territoires susceptibles d'être contaminés par les populations grégaires. Elle est la plus large car les imagos grégaires ont les exigences écologiques les moins contraignantes. L'aire de reproduction des grégaires est la zone où le Criquet pèlerin grégaire est capable de se reproduire. Elle évolue avec les conditions éco-météorologiques et est englobée dans l'aire d'invasion. L'aire de dispersion des solitaires est l'ensemble des zones où le Criquet pèlerin solitaire peut vivre ou survivre. L'aire grégarigène est constituée de territoires écologiquement complémentaires qui assurent le maintien des populations en phase solitaire et la possibilité de transformation phasaire si les conditions éco-météorologiques sont favorables. Elle possède en son sein les foyers de grégarisation. Le foyer de grégarisation est une entité territoriale où des conditions éco-météorologiques favorables induisent des pullulations acridiennes et des phénomènes de densation conduisant à la transformation phasaire. Contrairement aux quatre premières aires du Criquet pèlerin, les limites du foyer de grégarisation évoluent selon les conditions climatiques (Keita, 2009)

1.1.3.2.1. Les biotopes de multiplication (Aires grégarigènes):

Les données recueillies, au cours des cycles anciens de pullulations du Criquet pèlerin ont permis de mettre en évidence la présence de zones où, le plus souvent, les Criquets solitaires se concentrent, se multiplient et grégarisent, avant l'invasion. Ces zones sont soumises à des conditions climatiques particulières qui offrent des complémentarités écologiques saisonnières au Criquet pèlerin pour effectuer son développement en phase solitaire. Ces zones sont appelées les aires grégarigènes (Duranton et Lecoq, 1990b). Selon Lecoq (Duranton et Lecoq, 1990b), les principales aires grégarigènes sont :

- L'aire grégarigène de la région orientale, en bordure du désert indo-pakistanaï (où les systèmes de vents favorisent des concentrations importantes de populations) ;
- L'aire grégarigène centrale des côtes de la Mer Rouge et du Golfe d'Aden (où les régimes de pluies peuvent fournir des conditions favorables à la reproduction tout au long de l'année) ;
- L'aire grégarigène de la région occidentale de l'Afrique de l'Ouest et du Nord-Ouest.

Au sein de ces aires grégarigènes, les zones où les conditions propices à la transformation phasaire sont réunies pour une année donnée sont appelées les foyers de grégarisation. Ces foyers évoluent d'une année à l'autre, mais avec le recul offert par les données historiques il serait envisageable d'en dresser la liste associée à une probabilité d'activité.

Ces notions d'aires grégarigènes et de foyers de grégarisation ont beaucoup aidé à l'organisation de la surveillance et de la lutte. C'est grâce à elles qu'il a été possible de mettre au point une stratégie de lutte préventive.

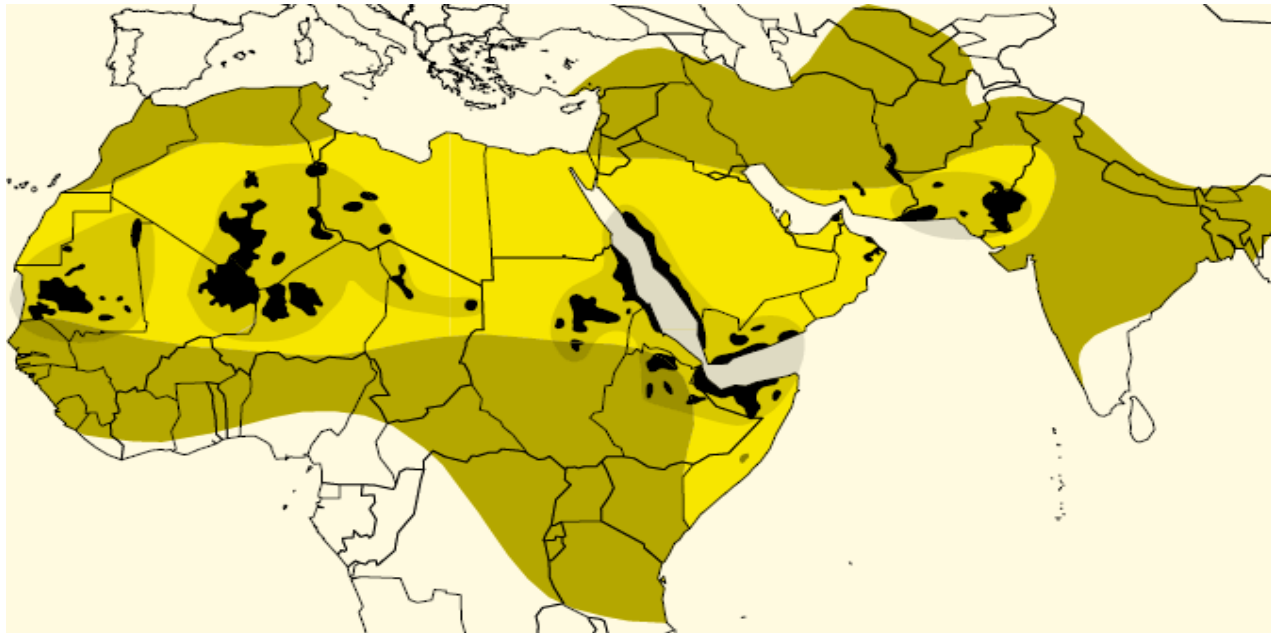


Figure 04 : Foyers de grégarisation du Criquet pèlerin entre 1926 et 1976 d'après (Lecoq, 1999b)

1.1.3.2.2. Complémentarité écologique saisonnière des aires grégarigènes

Pendant la période de rémission, les individus du Criquet pèlerin vivent disséminés dans les zones arides et semi-arides en faible densité. Pour une meilleure utilisation des ressources disponibles et en adaptation aux variations climatiques dont en particulier la répartition spatio-temporelle des pluies, le Criquet pèlerin exploite dans l'ensemble de son aire d'habitat, trois zones principales et complémentaires de reproduction entre lesquelles il y a un échange permanent des insectes. (Ould Ahmedou, 2002).

1.1.3.2.2.1. Zone de reproduction estivale :

Cette zone renferme presque la totalité de l'Afrique sub-saharienne, l'Arabie méridionale, le Pakistan et le Nord-est de l'Inde et fonctionne à la faveur des pluies de mousson entre les mois d'août et d'octobre.

1.1.3.2.2.2. Zone de reproduction hivernale :

Elle comprend le Sud de l'Algérie, le Nord du Tchad, du Niger et du Mali, la Mauritanie, la Corne de l'Afrique et les contrées de l'Asie du sud-ouest. Les reproductions ont lieu entre les mois d'octobre et de janvier.

1.1.3.2.2.3. Zone de reproduction printanière :

Elle couvre le Maghreb, la Somalie, l'Éthiopie et certains pays de l'Asie. La reproduction a lieu entre les mois de décembre et de mai. Les ailés descendent généralement vers la zone estivale à partir de juillet.

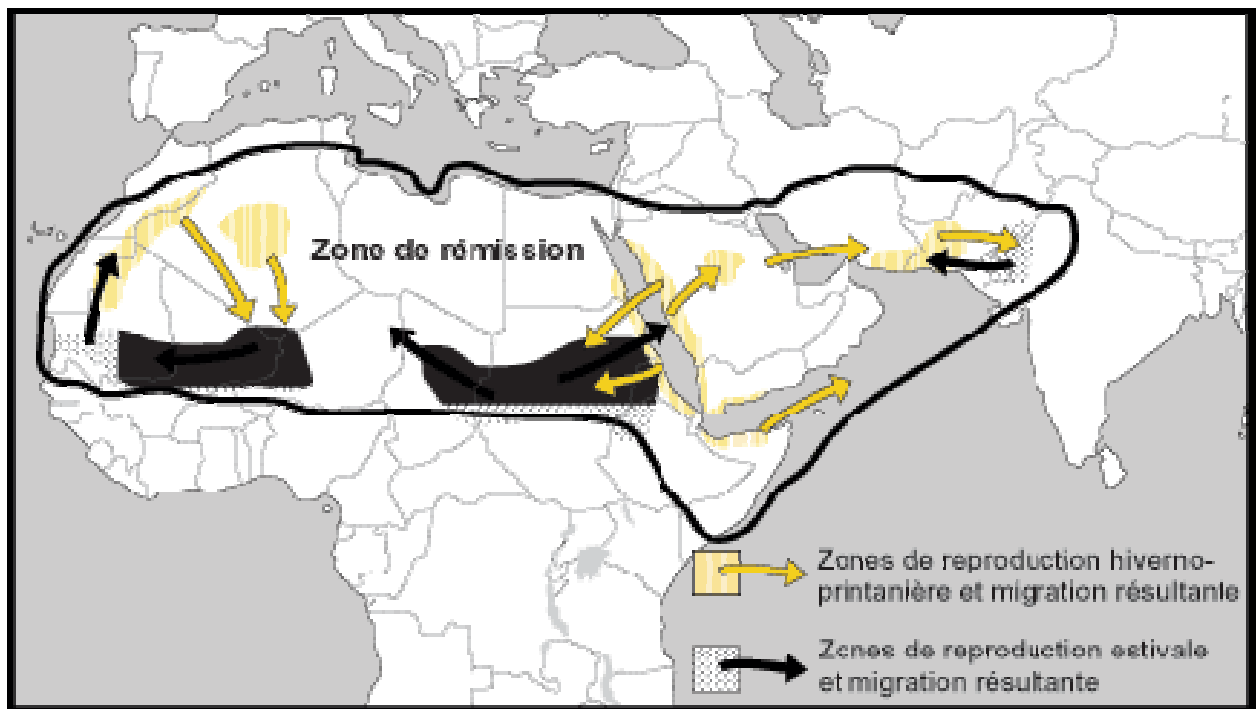


Figure 05 : Aires de reproduction et mouvements saisonniers
du criquet pèlerin (Cressman et al. ,2001)

1.1.4. Le polymorphisme phasaire du criquet pèlerin

Le polymorphisme phasaire désigne la faculté qu'ont les individus d'une même espèce de Criquet de présenter des formes variées et réversibles. Jusqu'en 1921, *Locusta danica* et *Locusta migratoria* étaient considérés comme deux espèces différentes. C'est avec la

découverte du polymorphisme phasaire par B.Uvarov qu'on s'est rendu compte qu'il s'agissait d'une seule et même espèce. En effet. *Locusta danica* représentait les individus solitaires et *Locusta danica* représentait les individus grégaires.

Chez une population de criquets grégariaptés, la grégarisation s'accomplit progressivement; il faut plusieurs générations pour qu'elle s'installe d'une manière durable. Dès que le grégarisme s'amorce, l'insecte commence à subir des transformations sur le plan morphologique, entre autre, et au bout d'un certain temps, il aura la forme d'un individu complètement grégaire. Le passage de la phase grégaire à la phase solitaire se traduit également par des modifications progressives.

Les individus qui ont des formes intermédiaires entre les grégaires et les solitaires sont appelés transiens. Ils sont transiens congregans quand ils évoluent vers la phase grégaire et transiens dissocians lorsqu'ils redeviennent solitaires. (Chara, 1995)

Le déclenchement du phénomène de grégarisme intervient avec l'augmentation de la densité par unité de surface. Les effectifs qui déclenchent la grégarisation varient d'une espèce à une autre. Il suffit qu'il y ait 500 individus par hectare pour que le grégarisme s'amorce chez *Schistocerca gregaria*; par contre il faut au moins 2000 individus par hectare pour que cela se produise chez *Locusta migratoria migratorioides*. On peut donc déduire que l'aptitude au grégarisme varie d'une espèce de locuste à une autre. Les espèces fortement grégariaptés qu'on rencontre en Afrique sont : *Schistocerca gregaria*, *Locusta migratoria migratorioides*, *Dociostaurus maroccanus*, *Nomadacris septemfasciata*, *Anacridium melanorhodon*, *Locusta migratoria capito*.

Parmi les situations qui conduisent à une augmentation de la densité (densation - concentration) par unité de surface et par conséquent à la grégarisation, on peut citer:

- le dessèchement progressif de la végétation: la réduction des espaces favorables au développement des criquets conduit ces derniers à se diriger, pour s'alimenter et se reproduire. vers taches de végétation qui persistent dans les zones d'accumulation des eaux (cuvettes, bas fonds etc...), ce se traduit par une **Centro-densation** ou concentration d'individus;
- Le maintien de conditions écologiques favorables pendant des périodes suffisamment longues : une telle situation permet d'augmenter la longévité des individus et leur

fécondité. En outre, elle limite les pertes par mortalité qui peuvent intervenir dans des conditions défavorables de développement

- L'action des vents convergents qui regroupent des individus venant d'horizons différents : *l'extro-densation*
- Le rassemblement d'individus sur certaines plantes préférentiellement appréciées, *l'identito-densation*.

Dans tous ces cas, les contacts entre individus augmentent et déclenchent chez les criquets des mutations qui conduisent à des transformations morphologiques, anatomiques, physiologiques, écologiques et éthologiques.

1.1.4.1. Transformation morphologiques :

Les principales transformations morphologiques qui interviennent lors du passage de la phase solitaire à la phase grégaire concernent

- **La taille des individus :**

Les criquets grégaires sont généralement de plus petite taille que les solitaires

- **La forme du pronotum :**

Chez *Schistocerca gregaria* le pronotum présente une carène médiane et des carènes latérales parallèles chez les solitaires, par contre celui des grégaires a une carène médiane plus ou moins plate et des carènes latérales convergentes dans la prozone et la mésozone;

- **La forme de l'espace mésosternal et de la furca :**

L'espace mésosternal se présente sous la forme d'un triangle chez les solitaires et d'un rectangle chez les grégaires de *Schistocerca gregaria*. La furca est arrondie chez les solitaires et rectangulaire chez les grégaires.

- **La forme de la tête :**

Élargissement du vertex et de l'espace oculaire chez les grégaires par rapport aux solitaires ; les joues des grégaires sont plus bombées que celles des solitaires.

- **La pigmentation du corps :**

Elle est très apparente chez les larves, celles-ci sont d'une couleur verte ou brune (solitaire) ou jaune pigmentée de noir (grégaire de *Schistocerca gregaria* et de *Anacridium sp.*) ou orange pigmentée de noir (*L. migratoria*). Les individus, d'espèces acridiennes grégariaptés,

dont la coloration est celle des solitaires sont dits solitaricolores et ceux qui ont la couleur des grégaires sont nommés grégariques. Les individus, d'une espèce acridienne grégariques, qui présentent les caractéristiques morphologiques des solitaires sont dits: solitariformes et ceux dont les caractéristiques morphologiques s'apparentent aux grégaires sont appelés grégariques.

1.1.4.2 - Transformation anatomique :

Sur le plan anatomique, la transformation principale concerne la réduction du nombre d'ovarioles par ovaire chez les femelles et du nombre tubes séminifères par testicule chez les mâles. Cette réduction a une répercussion directe sur le potentiel biotique des individus.

1.1.4.3. Transformation physiologique :

Les criquets grégaires ont un métabolisme plus élevé que les solitaires; ils consomment par conséquent plus de nourriture. Un individu prélève généralement l'équivalent de son poids par jour (2.5 g en moyenne).

1.1.4.4. Transformation biologique :

Les durées d'incubation des œufs et de développement de chaque stade larvaire sont en général plus courtes chez les grégaires. Par contre le nombre d'œufs par ponte, le nombre de pontes que produit une femelle au cours de sa vie imaginale et le nombre de stades larvaires sont plus élevés chez les solitaires que chez les grégaires. Ex *Schistocerca gregaria* se développe en cinq stades larvaires en phase grégaire et six stades larvaires en phase solitaire.

1.1.4.5. Modifications dans le tempérament écologique des individus :

Les exigences écologiques des individus sont plus marquées chez les solitaires. En effet, ces derniers ne se rencontrent en période de rémission que dans des régions limitées dans l'espace par contre, en période d'invasion, les criquets grégaires ont une plasticité écologique plus large, ce qui leur permet de coloniser des territoires très étendus. (Chara, 1995)

1.1.4.6. Transformations éthologiques :

Il s'agit notamment de la faculté qu'ont les grégaires à se rassembler pour former des bandes larvaires et des essaims à l'intérieur desquels chaque individu a le même comportement que ses congénères.

Par contre, les individus solitaires ont chacun un comportement qui leur est propre et vivent isolément.

Aussi, les individus solitaires se déplacent la nuit alors que les grégaires font des déplacements diurnes. Toutefois, il peut arriver que des populations grégaires continuent à se déplacer la nuit si les températures restent suffisamment élevées.

Lorsque les criquets ont un comportement grégaire (formation de groupes, essaims et bandes larvaires à l'intérieur desquels chaque individu adopte le même comportement que ses congénères), ils sont dits gréarigestes par contre quand, chaque individu mène une vie isolée et adopte un comportement qui lui est propre il est appelé solitarigeste (Chara, 1995)

Tableau 01 : Densités approximatives auxquelles une transformation phasaire peut se produire chez le Criquet pèlerin. (Duranton, J.F. et Lecoq, M. 1990).

1.1.5. Différents situations acridiennes :

Le stade	Le Nombre de criquets par m ²	Nombre de criquets par ha
Larves de jeune stade	5	50 000
Larves de dernier stade	0,5	5 000
Ailés	0,025-0,05	250-500

1.1.5.1. Période de rémission :

En temps normal, le Criquet pèlerin est présent à de faibles densités dans des zones semi-arides ou arides, loin des principales régions agricoles. Il ne provoque alors pas de dégâts significatifs aux cultures et les bandes larvaires et les essaims sont rares ou totalement absents. Ces périodes sont appelées rémissions. (Cressman et *al.* 2001).

1.1.5.2. Période de résurgence :

Selon Cressman et *al.* (2001), Une résurgence se produit lorsque les effectifs acridiens augmentent pendant plusieurs mois suite à la concentration, la multiplication et la grégarisation. Bien qu'une résurgence soit souvent localisée et limitée à certains habitats, elle peut conduire à la formation de bandes et d'essaims si elle n'est pas maîtrisée. Il rajoute que

les premières étapes d'une résurgence passent souvent inaperçues. Les larves peuvent être dissimulées dans la végétation et échapper ainsi facilement à toute observation durant les prospections.

De même, les ailés peuvent être présents en si petit nombre qu'aucun ou peu d'entre eux seront trouvés. Il est également possible que des ailés soient amenés d'une vaste zone par un flux d'air convergent de basse altitude, probablement associé à la pluie nécessaire au succès de la première reproduction de la séquence.

1.1.5.3. Période de recrudescences :

Les recrudescences sont le résultat de reproductions réussies sur plusieurs générations par une population initialement de petite taille. A chaque génération, la part de la population totale regroupée dans des bandes et des essaims augmente au détriment des individus épars; les effectifs totaux de criquets pèlerins ainsi que la taille et la cohésion des bandes et des essaims augmentent. Plusieurs résurgences se produisant simultanément suivies de deux générations ou plus de reproduction transiens à grégaire peuvent conduire à une recrudescence.

Une telle situation dépend d'une succession de pluies importantes et largement répandues dont les premières au moins tombent dans l'aire de rémission habituellement aride. Au fur et à mesure du développement de la recrudescence, des migrations ont lieu, amenant les ailés d'une zone de reproduction à la zone suivante. Plus d'une recrudescence peut se produire au même moment mais dans des régions différentes. Beaucoup de recrudescences s'éteignent sans avoir entraîné d'invasion majeure. Par exemple, sur les cinq recrudescences qui se sont produites depuis 1970, une seule a conduit à une invasion généralisée. Une telle situation peut être le résultat d'une combinaison de plusieurs facteurs tels que la mauvaise répartition des pluies entraînant des conditions défavorables à la reproduction, la migration des ailés vers une zone dans laquelle ils meurent rapidement, ou des opérations de lutte.

Les quelques recrudescences analysées avec soin sont celles qui ont conduit à des invasions généralisées, même de courte durée. Au cours de ces recrudescences, la séquence des déplacements a souvent été différente.

De plus, plusieurs d'entre elles semblent avoir débuté dans des zones où une reproduction de rémission a très rarement lieu. Les zones de rémission les plus fréquemment infestées peuvent ne pas être les zones les plus importantes (Cressman, 2001).

1.1.5.4. Période des invasions généralisées :

Lorsque la transformation phasaire a réussi et que les populations grégaires sont nombreuses et forment des bandes larvaires et des essaims sur de vastes territoires, on parle alors de période d'invasion. Les dégâts sur les cultures peuvent alors être considérables. Entre deux périodes d'invasion s'intercale une période de rémission. Les populations grégaires sont absentes, les solitaires dominent en vivant isolés. Les dégâts sur les cultures sont alors insignifiants.

Depuis 1860, neuf invasions généralisées et dix recrudescences majeures, interrompues par des périodes de rémission et des résurgences localisées, ont eu lieu. Ces dernières ont duré de quelques mois à plusieurs années. (Cressman, 2001).

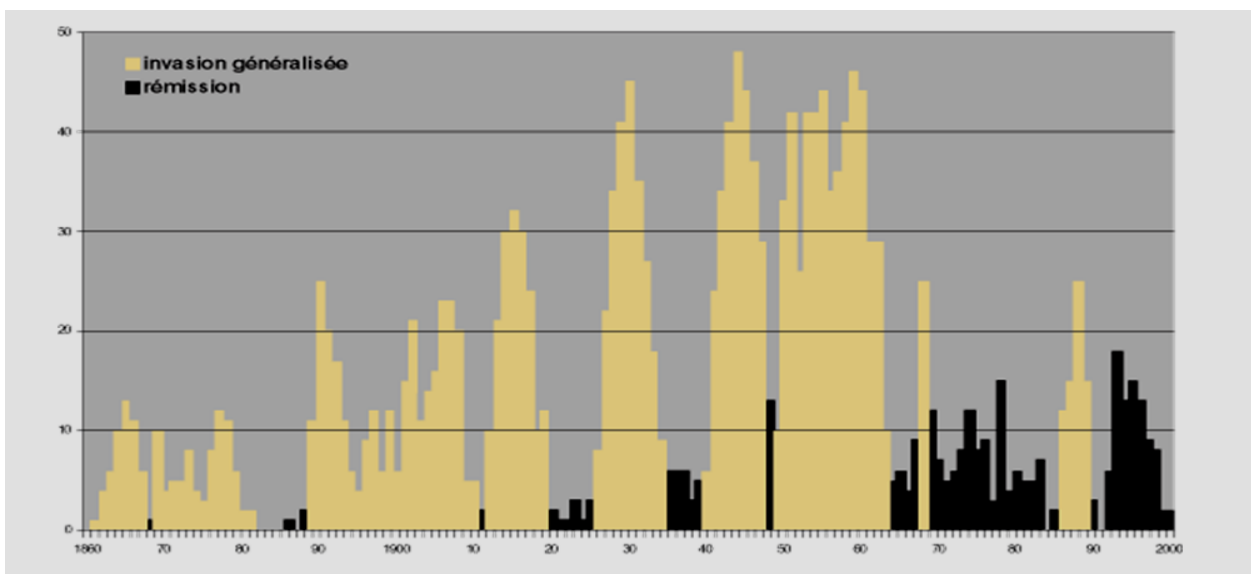


Figure 06 : Périodes d'invasion et de rémission du Criquet pèlerin, de janvier 1860 à décembre 2000 (Cressman et *al.* 2001)

Il y a des périodes d'une ou de plusieurs années, appelées invasions généralisées, au cours desquelles persistent, sur de vastes étendues, d'importantes infestations acridiennes principalement sous forme de bandes ou d'essaims. Une invasion généralisée peut se produire lorsqu'il existe des conditions propices à la reproduction et quand les opérations de lutte ne parviennent pas à stopper l'évolution d'une série de résurgences locales en une recrudescence ne pouvant pas être maîtrisée. On parle d'invasion généralisée majeure lorsque deux régions au moins sont affectées simultanément. Les invasions généralisées sont séparées par des périodes de rémission durant lesquelles les bandes et les essaims sont rares ou totalement absents et la plupart des populations acridiennes présentes à de faibles densités.

Six invasions généralisées majeures du Criquet pèlerin se sont produites au 20e siècle; une d'entre elles a duré près de 13 ans. La zone dans laquelle les invasions généralisées ont lieu couvre environ 29 millions de km, ce qui est presque le double de la superficie de la zone de rémission, et peut englober 57 pays. (Cressman et *al.* 2001)

1.1.6. La lutte antiacridienne :

1.1.6.1. L'effet de la lutte antiacridienne sur l'environnement :

Les dangers hypothétiques des pesticides utilisés dans la lutte contre le criquet pèlerin, peuvent découler d'un nombre varié de modèles. Nous avons résumés les données de la toxicité qui existent dans la littérature dans le **tableau 02** (Exception faite des risques humains, l'échelle utilisé ne représente aucune des classifications formelles). Ces données essentielles basées sur des recherches de laboratoire indiquent clairement un risque potentiel pour les invertébrés aquatique en générale. Le fénitrothion est particulièrement toxique pour les abeilles et peut représenter un danger pour les oiseaux, il est de même pour le bendiocarbe. Le chlorpyrifos et le lambdacyhalothrine sont beaucoup plus toxique contre le poisson. Par contre un faible taux de toxicité du diflubenzuron est mis en évidence sur les vertébrés.

Produits	Classification				
	mammifères abeilles	oiseaux	poissons	faune aquatiques	invertébrés
Bendiocarbe	2	4	2	4	3
Chloropyrifos	2	2	¾	¾	2
Delthamethrine	1	0/1	3	¾	2
Fenitrothion	2	3	2	¾	4
lambdacyhalothrine	1	1	4	-	0/1
Malathion	1	½	3	¾	¾
Diflubenzuron	0	0	3	4	0/1

Les observations faites sur le terrain, concernant les effets toxiques sur ces groupes à risques, seront discutées ci-dessous :

Tableau 02 : Classement indicatif des pesticides utilisés dans la lutte contre le criquet pèlerin (James et *al.*, 1997) :

Humains :

0 = sans danger 1 = peu dangereux 2 = modérément dangereux 3 = très dangereux

4 = extrêmement dangereux

Autres :

0 = très peu toxique 1 = peu toxique 2 = modérément toxique 3 = très toxique

4 = extrêmement toxique - = données insuffisantes

1.1.6.1.1 Exposition humaine :

Il y a trois principaux groupes qui présentent des risques : le personnel manipulateur des pesticides, les personnes exposées aux traitements et les consommateurs des produits contaminés.)

Dans la lutte antiacridienne le premier groupe c'est le plus important. L'exposition des équipes de traitement a été évaluée il y a longtemps (MAC CUAING ,1976), et des études récentes ont été entreprises au Sénégal. Les effets toxiques ont été étudiés chez les opérateurs des appareils de traitement montés sur des véhicules. Ces derniers ont reçu une formation sur les précautions à prendre lors de la manipulation des pesticides. Par contre pendant les traitements aériens, les équipes au sol travaillent avec le plus grand soin, à chaque fois qu'il nous a été donné d'assister à leur travail.

Pour le deuxième groupe à risque, c'est-à-dire ceux là habitant ou passant dans les zones traitées, ils peuvent courir un danger s'ils sont directement exposés aux traitements. Se basant sur un scénario de pire cas « PIRE CAS » possible, nous avons estimé une toxicité dermale d'insecticides choisis pour un enfant pesant 10Kg " dose sans effet = DL50 contact aiguë rat $\times 10^{-3} \times (\text{surface de la peau}) \times 10$; données de Walker et Keith (1994) et Tomlin (1994) ; estimation de la surface de la peau selon Philips et *al* (1993). Les données ont été utilisées pour un classement indicatif des pesticides en fonction des dangers (**Tableau 03**).

Pyréthroïdes et diflubenzuron sont classés au bas de la liste, alors que les carbamates et les organophosphorés y sont très haut placés pour être par conséquent les plus dangereux. Il faut noter que le classement élevé du malathion est plutôt dû à sa toxicité. Le manque de détails sur sa toxicité a joué négativement sur son classement.

Les cultures contaminées présentent un risque pour le consommateur. Même si les produits peuvent se dégrader rapidement, les résidus peuvent être très élevés que les normes acceptées après les traitements. Dans une étude faite au Sénégal avec le fénitrothion, et le diflubenzuron, une période d'attente de plus de deux semaines après traitement a été fixée pour les céréales contaminées lors des expériences. (Gadji, 1993).

Tableau.03 classement des dangers des pesticides utilisés dans la lutte contre les criquets

<i>Insecticides</i>	<i>Dose</i>		
	<i>Recommandée (g/ha)</i>	<i>Dose sans effet² (mg)</i>	<i>Dose à l'exposition maximale (mg)</i>
Bendiocarbe	100	6	4
Chlorpyrifos	240	15	5
Deltaméthrine	12.5	$\geq 20^3$	1
Fénitrothion	450	11	6
Lambdacyhalothrine	20	13	2
Malathion	925	$\geq 20^3$	7
Diflubenzuron	60	$\geq 20^3$	3

Le classement est basé sur la toxicité dermale des animaux. (1 = moins dangereux. 7 = plus dangereux). Le plus grand que (\geq) valeur donnée dans la littérature indique une toxicité faible, dans tous ces trois cas le classement relatif est uniquement basé sur les doses utilisées au champ.

1.1.6.1.2 Elevage :

Il y a deux groupes qui présentent des risques chez les animaux domestiques : ceux directement exposés aux traitements et ceux se nourrissant de végétation ou de fourrage contaminé. Très souvent les troupeaux se trouvent dans les zones à traiter même après plusieurs avertissements. Les dosages maxima peuvent représenter un danger (ref : exposition des humains). La décontamination des herbes fourragères contaminées par le fénitrihion et le diflubezuron nécessite une période d'attente de deux semaines (Gadji ,1993). Les symptômes les plus déclarés c'est l'avortement

1.1.6.1.3. La faune aquatique :

Bien que la plupart des opérateurs (lors des traitements aériens et terrestres) évitent de traiter autant que possible les eaux à ciel ouvert. Le risque de contamination est réel, et prouvé dans des rapports sur les poissons tués (Lahr et Banister 1997). Cependant, les dommages observés par le public concernent uniquement les poissons qui représentent le groupe le moins sensible de la faune aquatique (tableau 1). La partie la plus sensible de cette faune est la communauté des invertébrés : les crustacées et les insectes. Des traitements expérimentaux ont prouvé un effet potentiellement dévastateur pour ces groupes (Lahr et Banister 1997). Cependant, le risque de dégâts inacceptables dépend pour une grande partie du type d'eau. Trois types doivent retenir notre attention : les mares temporaires, les eaux stagnantes pérennes, les cours d'eau et les rivières.

1.1.6.1.4. Les oiseaux :

Les oiseaux sont en danger dans les zones traitées contre les acridiens migrateurs (Mulie et Keith 1993). Cependant, les effets sont limités à des cas individuels d'empoisonnement sans effet pour la population. Dans plusieurs cas, aucun effet n'a été observé (Dynamac, 1988a, b) ; (Balança et Devisscher, 1992) ; (Keith 1992), bien que les méthodologies de ces études n'excluent pas d'erreurs dans ce domaine. Les risques pour les oiseaux comprennent à la fois les intoxications directes et l'absence de nourriture. Les oiseaux exposés aux traitements sont supposés être en danger lorsque des quantités du toxique sont ingérées au moment des nettoyages des plumes (Driver et al. 1991). L'utilisation de la nourriture contaminée est un autre facteur de risque important. Des insectes handicapés ou morts sont des proies faciles. Même s'il n'y a pas de preuve quantifiée pour cette voie d'exposition.

1.1.6.1.5 Les reptiles et les amphibiens :

Malgré le rôle de premier plan que jouent ces groupes taxonomiques dans les écosystèmes (Cloudsley et Thomson 1991), les études qui incluent les reptiles et les amphibiens sont rares. (Stewart et al 1995) ont étudiés l'effet de la deltaméthrine sur l'activité des lacertiliens. Ils ont attribué l'absence d'observations d'un effet de la deltaméthrine au fait que les traitements ont souvent lieu durant les heures d'inactivité des lézards. Il est peu probable qu'il y ait des effets directs. A plusieurs reprises, les têtards exposés aux traitements durant l'expérimentation n'ont pas montré de susceptibilité. (Lahr et Banister, 1997).

Cependant les empoisonnements dus à la nourriture contaminée (la majorité des espèces sont insectivores et / ou des mangeurs de charognes) constituent un facteur de risque qui n'est encore étudié. L'absence d'informations sur ce groupe est une omission sérieuse qui sera en partie corrigée dans les futures immédiates (FAO, 1995b).

1.1.6.1.6 Les mammifères :

Les insecticides utilisés contre la lutte contre le criquet pèlerin ont été sélectionnés pour leur faible toxicité envers les mammifères. (**Tableau 02**). Des effets non désirés s'il y'en a, sont à rechercher chez les insectivores. Des indications sérieuses d'effets n'ont été démontrées que chez les rongeurs (Keith, 1992).

1.1.7. Autres types de lutte contre le criquet pèlerin :

1.1.7.1. La lutte mécanique :

Les méthodes de lutte mécanique contre les acridiens sont les plus anciennes. Elles diffèrent selon qu'il s'agit de détruire physiquement les œufs, les larves ou les ailés. La destruction des œufs s'obtient en labourant les terres de 10 à 15 cm pour atteindre les pontes les plus profondes, cette méthode exige des zones cultivées car le labour ne peut pas être réalisé pour les sols inaccessibles au tracteur ou à la charrue. Les destructions des larves et des jeunes ailés à tégument non durcis se font en rassemblant les acridiens dans un fossé préparé à l'avance. Le rabattage est pratiqué en agitant des vêtements, des feuillages, ou en faisant du bruit (tambours, cris, chants). Le feu est entretenu sur des cordons de feuillages, d'herbes sèches, ou allumé au lance-flamme. Les ailés grégaires sont difficiles à détruire mécaniquement excepté à l'aube et au crépuscule où ils sont posés au sol. Des lance flammes et des grenades ont été utilisés contre eux (Duranton et al., 1982).

1.1.7.2. La lutte écologique :

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

- L'inondation temporaire de certains sites de reproduction,
- La reforestation de clairières,
- Le labourage de sols indurés,
- Les semis de plantes répulsives,
- la suppression des jachères (Duranton et *al.*, 1987).

1.1.7.3. La lutte biologique :

La lutte biologique est une alternative pour assurer une meilleure protection de la santé et de l'environnement. La lutte avec des agents biologiques offre des possibilités pour stopper l'invasion acridienne, tout en préservant la santé et l'environnement. Des espèces animales et végétales ont été identifiées dans le monde comme ayant un potentiel d'utilisation en lutte antiacridienne (Thiama. et *al.*, 2004).

1.1.7.3.1 Les ennemis naturels :

Les acridiens sont aussi la proie ou l'hôte d'un grand nombre d'ennemis naturels vertébrés et invertébrés : prédateurs, parasitoïdes, parasites, agents pathogènes (champignons, bactéries, protozoaires, virus). Beaucoup d'entre eux entraînent la mort de l'insecte (Greathead et *al.*, 1994).

1.1.7.3.2 Les extraits végétaux :

Les extraits provenant de deux méliacées, *Azadirachta indica* (margousier ou neem) et *Melia volkensii*, connus depuis longtemps pour leurs effets répulsifs et antiappétants contre les insectes, présentent également des propriétés antiacridiennes intéressantes. Des extraits de

fruits, de feuillages ou d'écorce protègent efficacement les cultures des attaques d'acridiens. Appliqués directement sur des larves et sur des imagos de criquets pèlerins (Rembold, 1997). Ces produits sont biodégradables et ne sont pas nocifs pour l'homme et l'environnement. Par ailleurs, les plantes-source sont communes, peu exigeantes sur la qualité des sols, et offrent un intérêt économique évident pour les pays d'Afrique qui peuvent tirer avantage en exploitant cette ressource naturelle. Il reste cependant à résoudre des problèmes importants concernant la production de masse de ces extraits (masse végétale nécessaire pour traiter un hectare infesté), le coût de récolte et d'extraction élevés ainsi que les homologations (Luong-Skormand et al., 1999).

1.1.7.3.3 Les mycopesticides :

Sur plusieurs centaines d'espèces de champignons entomopathogènes, seul un très petit nombre affecte les acridiens. Deux genres sont particulièrement prometteurs : *Beauveria* et *Metarhizium*. Ces champignons se trouvent communément dans le sol. Grâce à la germination des spores à travers la cuticule externe ou à travers le tube digestif, ils peuvent envahir la cavité générale de l'hôte. La contamination se fait donc par contact ou par ingestion de la plante traitée par le myco-insecticide. Durant cette première étape, diverses interactions pathogène-hôte agissent au niveau de la cuticule (mécanisme de défense de l'hôte, virulence de la souche, hygrométrie ambiante, etc.....) décidant ou non de la pénétration du pathogène (Fargues et, 1996). Les champignons peuvent tuer très rapidement en l'espace de quelques heures par l'intermédiaire de toxines, ou plus lentement par épuisement de l'hôte dont ils prélèvent l'eau et les nutriments pour se développer. Dans ce dernier cas, on observe une perte d'appétit et une réduction des capacités de vol des criquets ce qui limite les dommages aux cultures avant la mort du ravageur. Le taux de mortalité peut atteindre 70 à 90% et les criquets meurent au bout d'une à deux semaines après le traitement, selon l'importance de la biomasse végétale qui influe sur le taux de dilution des spores épandues, de la dose de spores, de la virulence de la souche et de la susceptibilité des acridiens cibles (Luong-Skormand et al., 1999).

En 2005, la FAO a organisé un essai en Algérie avec la formulation huileuse Green Muscle du champignon entomopathogène, *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*, fourni par la compagnie sud-africaine Biological Control Products (BCP). L'essai a été financé par le Fonds international de développement agricole (FIDA). L'exécution de l'essai a été assurée par des agents de l'Institut National de Protection des Végétaux sous la supervision d'un consultant

de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) de Cotonou, Bénin (Kooyman et *al.*, 2005).

- **Les bactéries entomopathogènes**

Des bactéries impliquées dans des maladies épizootiques sont observées chez les populations de criquets sauvages et élevées au laboratoire. Deux espèces (*Serratia marcescens* et *Pseudomonas aeruginosa*) infectent uniformément des sauterelles une fois ingérées avec la nourriture et peuvent s'étendre dans la population de laboratoire (Zelazny et *al.*, 1997 cité par Allache, 2005).

1.2. Données bibliographiques sur la plante l'argel : (*Solenostemma argel*)

1.2.1. Généralité sur La famille des asclépiadacées :

Importante famille tropicale, qui est peu représenté au Sahara septentrional mais compte déjà une dizaine d'espèces dans le Sahara centrale. Ce sont des plantes vivaces de port très variable a feuilles simple généralement opposées, parfois par trois, a tissus sécrétant un latex ; les fleurs sont régulières de type simple mais présentant des particularités de structures curieuses. (Ozenda., 1991). Les filets des étamines portent du coté externe des appendices de forme variée, le plus souvent en languette dans l'ensemble est appelé couronne ; les étamines elle-même sont soudées en partie a la région stigmatique de l'ovaire et l'ensemble forme un organe spécial appelé gynostège. (Ozenda, 1991).

Le pollen n'est pas pulvérulent mais aggloméré sous forme de masses correspondant chacune au contenu d'une loge d'anthères que l'on appelle pollinies ; il est transporté par les insectes grâce a des dispositifs spéciaux. L'ensemble de ces caractères rappelle beaucoup ce que l'on observe chez les orchidées. Le pistil comprend de carpelles qui sont libres ou presque dans leur partie ovarienne et soudées entre eux au niveau du style et du gynostège ; ce dernier se termine par un plateau pentagonale situé au centre même de la fleur. Au cours de la maturation, les carpelles se séparent complètement et le fruit comprend aussi un ou deux follicules, suivant que les deux carpelles se développent ou que l'un des deux avorte ; les graines sont nombreuses et généralement pourvues d'une aigrette de poils. (Ozenda., 1991).

Les asclépiadacées sont des plantes d'une étude difficile dans la systématique repose sur ces détails d'anatomie florale d'une observation très délicate ; une clé des genres, pour être rigoureuse, devrait être fondée sur ces détails floraux. (Ozenda., 1991).

1.2.2 Généralité sur L'argel : *Solenostemma argel* (Del) Hayne

1.2.2.1 Systématique :

Selon Duranton et al (2012), *Solenostemma argel* (Del) Hayne appartient au règne des *plantae*, au groupe des *Angiospermes*, à la classe des *Eudicots*, à la sous classe des *Gentianale* à l'ordre des *Apocynaceae*, à la famille des *Asclépiadaceae*, et au genre *Solenostemma*.

Basionyme : *Cynanchum argel*

Synonymes : *Cynanchum oleifolium* Nectoux, *Solenostemma oleifolium* (Nectoux) Bullock & E.A. Bruce ex Maire (1933).

1.2.2.2 Description :

Buisson a feuilles opposées, ovales un peu épaisses, glauque, finement velues, rappelant celles de l'olivier, fleurs très odorantes en petites ombelles axillaires ; corolles blanches a pétales dressés étroits ; couronne staminale a cinq lobes entourant la base du gynostème, celui-ci très long et faisant saillie hors de la fleur, Les fruits, sort de gros follicules renflés, violet foncé ou verts tachetés de violet , à surface lisse, font ployer la plante sous leur poids, contenant des graines munies d'aigrette. (Quzel P. et Santa S., 1963)

Solenostemma argel c'est une espèce saharo-sindienne de point de vue biogéographique, de type biomorphologique Chamaephyte, de préférence édaphique des sols complexes plus au moins rocailleux, concernant la préférence hydrique l'argel est une espèce eury-mésoxérophile et supportant la sécheresse, avec une très faible tolérance aux sels (Duranton et al. 2012).



Figure 07 : *Solenostemma argel* (Del) Hayne (Duranton et al., 2012)



Figure 08 : les graines de *S.argel*

(Duranton et al., 2012)



Figure 09 : les fleurs de *S.argel*

(Duranton et al., 2012)



Figure 10 : les fruits de *S.argel*

(Duranton et al., 2012)

1.2.2.3. Profile phytochimique de *S.argel* :

L'argel est une plante très riche en principes actifs qui présentent les différentes molécules biochimiques issues de son métabolisme primaire et secondaire. Selon Murwan. (2010) La feuille (*Solenostemma argel*) est caractérisée par un taux élevé d'hydrates du carbone (64.8%) et des fibres brutes (6.5%). En outre la feuille contient 15 % des protéines, et 1.6% de pétrole brut, et une teneur en eau de 7.7%. Les résultats ont indiqué que la feuille renferme du potassium à (0.54%), du calcium (0.06%), du magnésium (0.03%), du sodium (0.01%), et du manganèse (0.002%). Le fractionnement de protéine de la feuille est caractérisé par le taux élevé des albumines (16.7%), des protéines non azotées (15.3%), la prolamine (11.7) et les basses globulines (8.7 %), et le Glutulin (6.2%). La feuille est constituée des acides phytiques (3.2 g/100g et des tannins (0.4%).

D'un point de vue chimique, les métabolites secondaires de la plupart des plantes du genre *solenostemma* ont été étudiés. Selon Benhouhou.(2006) les principaux constituants de l'argel sont, les Glycosides phénoliques acylés, à savoir argelin et argelosid, choline, flavonoïdes, monoterpène et prégnanes glucosides, sitostérol et les triterpénoïdes saponosides, ces molécules ont été isolées et étudiées par les différentes techniques d'analyses qualitatives et quantitatives basées sur le fractionnement des différents extraits bruts de la plante.

Des nouveaux glucosides phénoliques acylés ont été isolés de la partie aérienne de *solenostemma argel*, et leurs structures ont été identifiées par les moyens d'analyse MS et la RMN sinapyl alcool 9-O-feruloyl-4-O- α -rhamnopyranosyl-(1!2)- β glucopyranoside, solargin I (1), sinapyl alcool 9-O-caffeoyl-4-O- α -rhamnopyranosyl-(1!2)- β -glucopyranoside, solargin II (2), sinapyl alcool 9-O-feruloyl-4-O- α -rhamnopyranosyl-(1!2)- α -rhamnopyranosyl-(1!2)- β -glucopyranoside, solargin III (3) and sinapyl alcool 9-O-caffeoyl-4-O- α -rhamnopyranosyl-(1!2)- α -rhamnopyranosyl-(1!2)- β -glucopyranoside, solargin IV (4).(Kamel., 2003).

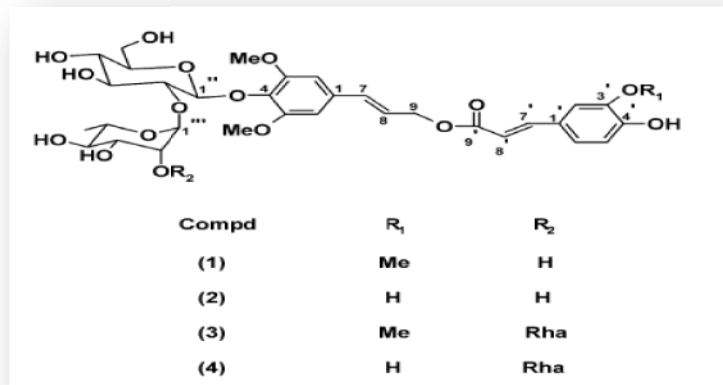


Figure 11 : molécule de la solargine isolé de *S.argel*

Des secopregnanes glucosides à savoir argiloside A et B figur..., ont été isolés dans des fruits de *Solenostemma argel*. Leurs structures ont été établies par ESIMS et des expériences RMN. En particulier la configuration relative des molécules a été définie en combinant les données RMN disponibles avec des calculs chimiques de quantum des géométries et des déplacements chimiques de ¹³C. (Plaza et *al.*, 2003).

Des expériences botaniques et phytochimiques ont été effectuées pour l'identification et la classification de l'herbe aussi bien que l'extraction, la séparation et l'identification des constituants principaux des feuilles d'argel. Elles ont inclus les essais généraux d'identité des feuilles d'argel. L'analyse par exemple macroscopique, microscopique, de macro-produit chimique, la chromatographie en couche mince et l'analyse de colonne pour la présence des alcaloïdes et des flavonoïdes caractéristiques. La détection, la séparation, et l'isolement des flavonoïdes ont comporté l'utilisation des colonnes de silice gel éluées avec différents systèmes dissolvants. Des alcaloïdes ont été extraits à partir des feuilles homogénéisées par le soxlet avec différents systèmes dissolvants. Les essais d'identification ont confirmé la présence des deux alcaloïdes et flavonoïdes en ces extraits.

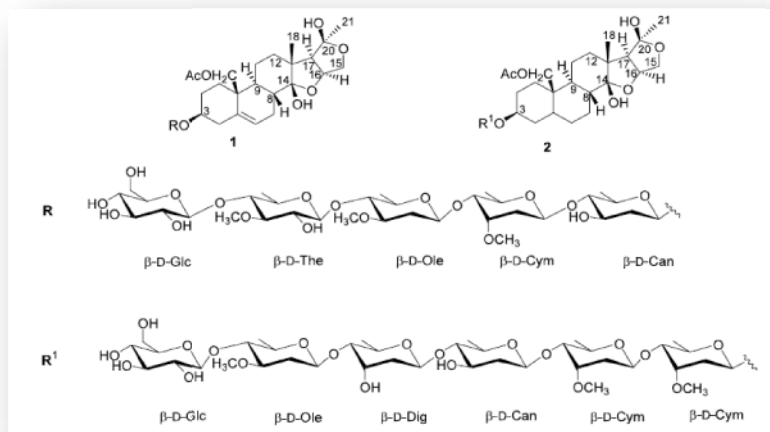


Figure 12 : Structure des deux molécules d'argiloside A et B isolées de fruit de *S.argel*

La potentialité biosynthétique de *S.argel* a été étudiée en établissant des cultures de tissus. L'analyse biochimique a prouvé que les tissus cultivés sont capables pour produire et accumuler des alcaloïdes, des cardinolides et des flavonoïdes. (EL Tigani et Shaza., 2009).

1.2.2.4 Propriétés et usages

Plante peu appréciée des animaux herbivores. Sert de savon pour le corps et le linge et est utilisée comme insecticides pour les jardins. En médecine traditionnelle, toute la plante, utilisée en infusion ou en décoction, a une grande importance pour les traitements des affections respiratoires. Elle est également abortive. Feuilles et fleurs séchées traitent les rhumatismes et les courbatures. Elles sont aussi fébrifuges. Le suc des tiges est un collyre efficace et aide également à la cicatrisation des plaies. La plante est employée pour traiter les t les infections gastro-intestinales de l'appareil urinaire. Les feuilles bouillies dans le lait ou n'importe quel autre liquide sont également très utile d'arrêter le crachement du sang. (Abdellah ., 2004).

Dans l'agriculture traditionnelle, de petites touffes sont mises dans des canaux d'irrigation pour tuer des insectes ou en tant qu'engrais vert. Les branches sont employées pour désinfecter l'eau (Abdellah., 2004).

Chapitre II

Matériels & Méthodes

Introduction

Notre expérimentation s'est déroulée dans le laboratoire de recherche des plantes médicinales et aromatiques et produits naturels (BPMA), Université de Saad Dahleb, Wilaya de Blida et le laboratoire, la salle d'élevage et le laboratoire du département de la lutte anti-acridienne (LAA) de l'institut national de la protection des végétaux (INPV) d'EL Harrach Wilaya d'Alger. Nos travaux ont porté sur l'évaluation de pouvoir insecticide *in vitro* des préparations à base d'une plante tropicale saharienne *Solenostemma argel*, sur la mortalité et la reproduction du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*. Ce travail a nécessité l'utilisation d'un matériel biologique en adoptant une méthodologie rigoureuse et bien déterminée comportant plusieurs étapes.

2.1 Matériel biologique

Le matériel biologique est représenté par le matériel végétal constitué par les parties aériennes de la plantes *Solenostemma argel*, ainsi que les imagos males et femelles de l'espèce *Schistocerca gregaria*.

2.1.1 Matériel végétal

La plante saharienne *Solenostemma argel* à été retenue pour notre étude, les données relatives aux échantillons récoltés ont été résumés dans le tableau suivant :

Tableau 4: Données sur l'espèce végétale étudiée

Données	Photo de la plante dans son milieu naturel
Famille : <i>Asclépiadaceae</i>	
Nom latin : <i>Solenostemma argel</i>	
Nom commun : L'argel	
Nom arabe : الحرجل	
Partie utilisée : tiges, feuilles	
Lieu de collecte : Silet (Wilaya de Tamanrasset)	

2.1.2 Les individus de l'espèce *Schistocerca gregaria*

Nos expériences ont porté sur des imagos mâles et femelles de *Schistocerca gregaria* afin d'étudier le paramètre de la reproduction suite à l'action de nos produits. Nos tests ont été accomplis sur des individus provenant d'un élevage de masse réalisé et maintenu au niveau de la salle d'élevage du département de la lutte antiacridienne (LAA) de l'institut national de la protection des végétaux (INPV) d'El Harrach. Pour évaluer l'action de nos produits sur la mortalité, les traitements ont été réalisés sur des individus imagos mâles et femelles provenant de la région d'Ain gezam (Tamanrasset) suite à l'infestation du mois de novembre 2012. Ces derniers ont été transportés par avion appartenant à la base militaire de Boufarik Wilaya de Blida. **(Figure.13).**

2.2. Méthodes

Notre expérimentation a duré 10 mois, elle a débuté au mois de février 2012 et a pris fin au mois de novembre 2012. Elle comporte six étapes essentielles :

- Réalisation d'un élevage de masse de *s.gregaria* sous des conditions abiotiques contrôlées, et à la capture d'autres individus imagos issus du terrain,
- Echantillonnage de la plante (collecte et identification).
- Préparation de la poudre et des extraits aqueux à base de la plante choisie pour notre étude *S.argel*,
- Application des traitements afin d'évaluer le pouvoir insecticide de nos extraits,
- Analyse statistique des résultats.

2.2.1. Elevage du criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*)

Le stade de développement du criquet pèlerin (adulte) a été pris en considération pour nos essais. Ce qui a nécessité leur élevage en masse. L'élevage a été lancé par six couples provenant d'Illizi suite à l'infestation hivernale (février 2012). Ces derniers ont été considérés comme des individus parents par rapport à toutes les générations issues de l'élevage. **(Figure.14).**

L'élevage des adultes a été réalisé dans des cages cubiques en bois de dimensions : 50×50 ×50 cm, entouré par un grillage sur les quatre cotés pour une bonne aération avec une petite portière sur le coté avant pour faciliter le nettoyage, le renouvellement de la nourriture et le déplacement des criquets lors des traitements. La surface basale des cages a été remplie de sable stérilisé et humidifié pour que les femelles puissent déposer leurs oothèques, l'élevage est exposé à une température entre 30 et 35 °C, cette dernière est contrôlée par les bains

d'huile et la climatisation, et une humidité de 40 à 45% avec 12 heures de photopériode **(Figure.15)**.

Par ailleurs, l'élevage des larves a été réalisé dans les mêmes conditions que celui des adultes mais les cages étaient de 150×70×55 cm de dimensions **(Figure. 16)**.

Quant à l'alimentation, elle a été à base du gazon et du chou cultivé pour favoriser la reproduction et l'apport du son du blé comme complément alimentaire.

Pour l'évaluation de l'effet des extraits de la plante sur la reproduction, les imagos ont été élevés dans des cages disposant des pondoirs, troués à la base pour permettre l'infiltration de l'eau afin d'éviter la pourriture des œufs. Ces derniers sont placés dans les conditions appropriées pour l'incubation des œufs. Leur contrôle se fait quotidiennement pour vérifier l'humidité du sable afin d'éviter le dessèchement des œufs. Les pondoirs sont par la suite récupérés pour effectuer le comptage. **(Figure.17)**.



**Figure 13 : Elevage des imagos mâles et femelles provenant d'Ain gezam
(Tamanrasset. Novembre 2012)**



Figure.14 age renferme six couples proviennent d'Illizi (février, INPV 2012)



Figure.15 Elevage des adultes mâles et femelles



Figure.16 Elevage des larves de *S.gregaria*. Salle d'élevage INPV 2012



Figure 17 : Les pondoirs

2.2.2 Échantillonnage et identification de la plante

Les prélèvements des échantillons de la plante (*Solenostemma argel*) ont été effectués d'une façon aléatoire en février 2012 dans trois parcelles où l'espèce visée était en abondance dans la Wilaya de Tamanrasset région de Silet (Figure 17). La plante était en dehors de stade de floraison plus au moins au début pour certaines touffes. On à collecté six touffes à partir

des trois différentes parcelles. Les échantillons de la plante ont été transportés au département de (LAA) INPV, Alger juste après la récolte pour l'étude histologique et la préparation des extraits.

L'identification de la plante à été faite selon l'inventaire de la végétation saharienne (INPV 2010), et les données de la clé de détermination du Quezel et Santa (1963), et la description du Duranton et *al* (2012).



Figure 18 : Parcelles de récolte des échantillons de *Solenostemma argel* au niveau de Silet (Tamanrasset, 2012)

2.2.3. Préparation des extraits aqueux de la plante

Deux types d'extraits à base de l'argel (*Solenostemma argel*) en adoptant deux méthodes d'extraction différentes (extraction par solvant et extraction par ébullition) ont été retenus pour nos essais expérimentaux. Pour cela, les feuilles et les tiges ont été étalées et séchées à l'ombre sous une température ambiante $25C^{\circ} \pm 3$ pendant 15 jours puis réduites en poudre à l'aide d'un broyeur. La poudre a été conservée dans des sacs en papiers placés dans des boites en plastiques à l'abri d'humidité jusqu'à son utilisation (Bimlesh et *al*, 2010).

2.2.3.1 Extraction par solvant

L'extraction par solvant de notre produit végétal a été basée sur les critères établis par Stagliano, (1992) qui a affirmé que le choix du solvant est très important. Il doit avoir un point d'ébullition assez bas pour être ensuite éliminé aussi complètement que possible. La zone d'ébullition la plus convenable se situe entre 50 et 80°C. Il doit être stable et ne pas réagir chimiquement avec les constituants à extraire.

Dans ce sens, nous avons choisi l'éthanol qui présente un point d'ébullition de 78°C.

En effet, 50 grammes de poudre des feuilles ont été mis à macérer dans 250 ml d'éthanol à 96° pendant 72 h sous agitation magnétique (Sathish et Maneemegalai, 2008). Les extraits éthanoliques ont été rassemblés et le solvant a été évaporé sous vide à 35 °C à l'aide d'un évaporateur rotatif de type Büchi (Figure 19). Après élimination complète du solvant, Le résidu pâteux a été récupéré par 10 ml d'eau distillée pour constituer l'extrait brut (**EB**) (Abbassi et *al.*, 2003).

2.2.3.2. Extraction par ébullition

Concernant cette méthode d'extraction, cinquante grammes de poudre ont été mélangés avec 500 ml d'eau distillée dans un flacon de 1 litre et porté en ébullition dans un extracteur de type soxlet pendant 1heure et demi (Kumar et *al.*, 2010). Après refroidissement, puis filtration à l'aide d'un papier filtre (Figure 20), Les solutions ont stockées à 4. °C jusqu'à l'utilisation.

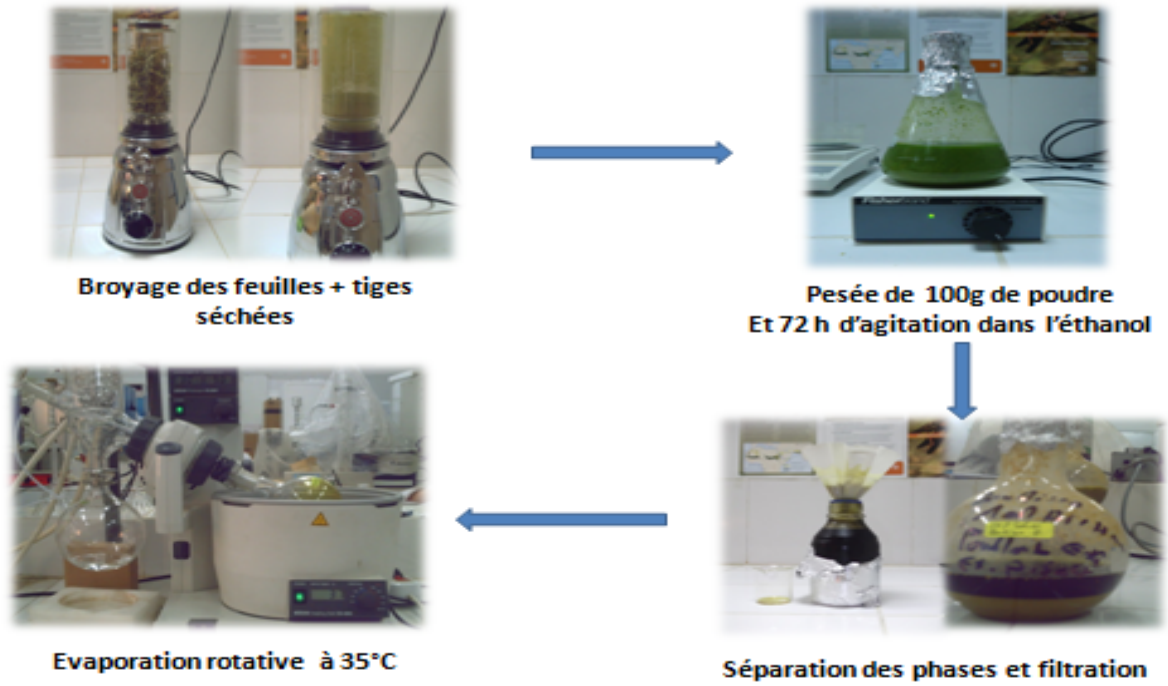


Figure.19 Les différentes étapes d'extraction par solvant

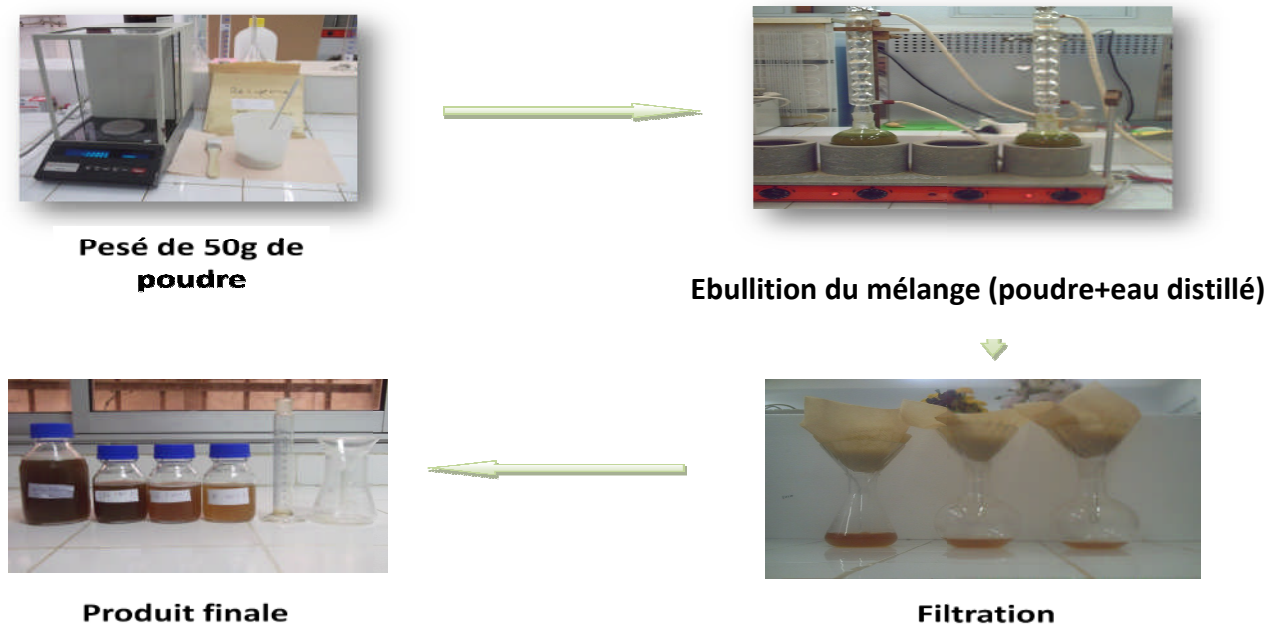


Figure. 20 : Etapes d'extraction par ébullition

2.2.4. Évaluation du pouvoir acridicide

Le pouvoir acridicide des extraits aqueux ainsi préparés a été évalué vis-à-vis des imagos de *S.gregaria* selon les paramètres suivants :

- Effet sur la reproduction des imagos mâles et femelles de *S.gregaria*,
- Effet sur la mortalité des imagos de *S.gregaria*.

Pour réaliser cette étude, les insectes ont été immédiatement isolés dès leur émergence dans des cages où des boîtes de traitements maintenues dans les mêmes conditions de température et d'humidité que l'élevage en masse des adultes et des larves.

Deux modes d'application de traitements ont été réalisés en présence de témoins :

- Le mode par contact qui consiste à la pulvérisation des extraits directement sur les insectes
- Le mode par ingestion où les insectes ont été alimentés avec du gazon traité par les extraits

Pour Les témoins, les traitements ont été substitués par de l'eau distillée pour les deux modes d'application de traitements.

En effet, une seule dose sublétales a été utilisée dans le cas de l'effet des traitements sur la reproduction, afin de suivre le développement de l'insecte au cours de son cycle biologique, tout en adoptant un protocole à plusieurs étapes. Cependant, trois doses ont été préparées à partir de la solution mère et retenues (**Tableau.05**) pour l'effet sur la mortalité, afin de calculer les DL50 et les DL90 pour les deux types d'extraits et selon les deux modes d'application de traitements.

Tableau.05 Les doses utilisées pour les tests d'évaluation du pouvoir acridicide (Jang, 2002) et (Outtar, 2009)

Produits	D1	D2	D3	Ds
Extrait ethanolique	100%	50%	12.5%	8%
Décoction	100%	50%	25%	15%

D1 = dose1, D2 = dose2, D3 = dose 3, Ds = dose sublétales.

2.2.4.1. Effet sur la reproduction et des adultes maless et femelles de

S.gregaria

En raison du problème d'effectif, on a utilisé seulement le traitement par mode de contact. Ce test consiste à placer pour les deux types d'extraits utilisés dans l'expérimentation, y' compris l'eau distillée comme témoin 18 imagos qui viennent juste d'effectuer leurs mue imaginale dans les cages des traitements (**Figure23**), ce qui fait un total de trois couples pour chaque extrait. Les cages sont munies de pondoirs à la base. La vérification de ces derniers se fait quotidiennement pour la récupération d'éventuelles pontes. Les différents couples sont alimentés par du gazon et un complément du son du blé. La durée de cette étude est fixée à 30 jours pour tous les traitements.

Plusieurs paramètres ont été déterminés pour l'effet des deux types d'extraits sur la reproduction des adultes à raison de trois répétitions par traitement. On cite : le délai de la première ponte, le nombre d'oothèques par femelle et le nombre d'œufs par oothèque (**Tableau. 06**).

2.2.4.1.1. Délai de la première ponte

Ce délai correspond à la durée que met une femelle pour déposer sa première ponte. Nous avons enregistré également le nombre de femelles participant à la ponte.

2.2.4.1.2. Nombre d'oothèques par femelle

Nous avons procédé au calcul du nombre total d'oothèques déposées par les femelles ainsi, que le nombre moyen d'oothèques déposées par femelle et par produit

2.2.4.1.3 Nombre d'œufs par oothèque

Nous avons calculé la moyenne des œufs dans chaque oothèque pour chaque produit.



Figure 21 : Cage de traitement pour les couples isolés

Tableau.06 Protocole expérimentale pour le paramètre de la reproduction

Traitement ou produit de Contact	Répétitions	Paramètre 1	Paramètre2	Paramètre3
Eau distillée	R1	Délai de la 1ere ponte	Nombre d'oothèque par femelle	Nombre d'œufs par oothèque
	R2			
	R3			
Extrait par décoction	R1	Délai de la 1ere ponte	Nombre d'oothèque par femelle	Nombre d'œufs par oothèque
	R2			
	R3			
Extrait éthanolique	R1	Délai de la 1ere ponte	Nombre d'oothèque par femelle	Nombre d'œufs par oothèque
	R2			
	R3			

2.2.4.2. L'effet des deux extraits sur la mortalité des imagos mâles et femelles de *S.gregaria*

L'étude de l'effet des traitements sur la mortalité des adultes de *S.gregaria* a été conduite selon le dispositif expérimental résumé par la Figure 23. Il consiste à l'utilisation de 350 imagos, 3 doses (D1.D2.D3) pour chaque type d'extraits à base de *S.argel* en présence d'un témoin D0 (l'eau distillée pour les deux traitements et les deux types d'extraits). Pour chaque dose, 5 répétitions ont été considérées et chaque répétition comprend 5 imagos pour les deux extraits utilisés pour chaque type de traitement, donc nous avons utilisé 150 imagos pour l'extrait éthalonique, 150 pour la décoction, et 50 imagos pour l'eau distillée.

Des boîtes en plastique de 45 x 15 x 17 cm de dimensions ont été conçues pour les deux modes de traitements des imagos. Ces dernières ont été choisies selon le débit du pulvérisateur utilisé (2ml) capable de couvrir toute la surface de la boîte par une seule pulvérisation ce qui permet de traiter les 5 individus testés. Les boîtes ont été remplies d'une couche de sable de 4cm d'épaisseur assurant l'évaluation de l'efficacité de la quantité de l'extrait en contact avec le corps de l'insecte (**Figure22.1**). Le mode de traitement par ingestion consiste à traiter préalablement des quantités de 50g de gazon par chacun des deux types d'extraits à raison de 20ml. Leur mise en boîte se fait 10 minutes après la pulvérisation et avant de mettre les individus à l'intérieur (**Figure22.2**). La durée de cette étude est fixée jusqu'à la mort des imagos témoins et ceux traités par les deux modes d'application.



Figure 22 : préparation des boîtes de traitement pour les modes d'application par contact (1) et par ingestion (2)

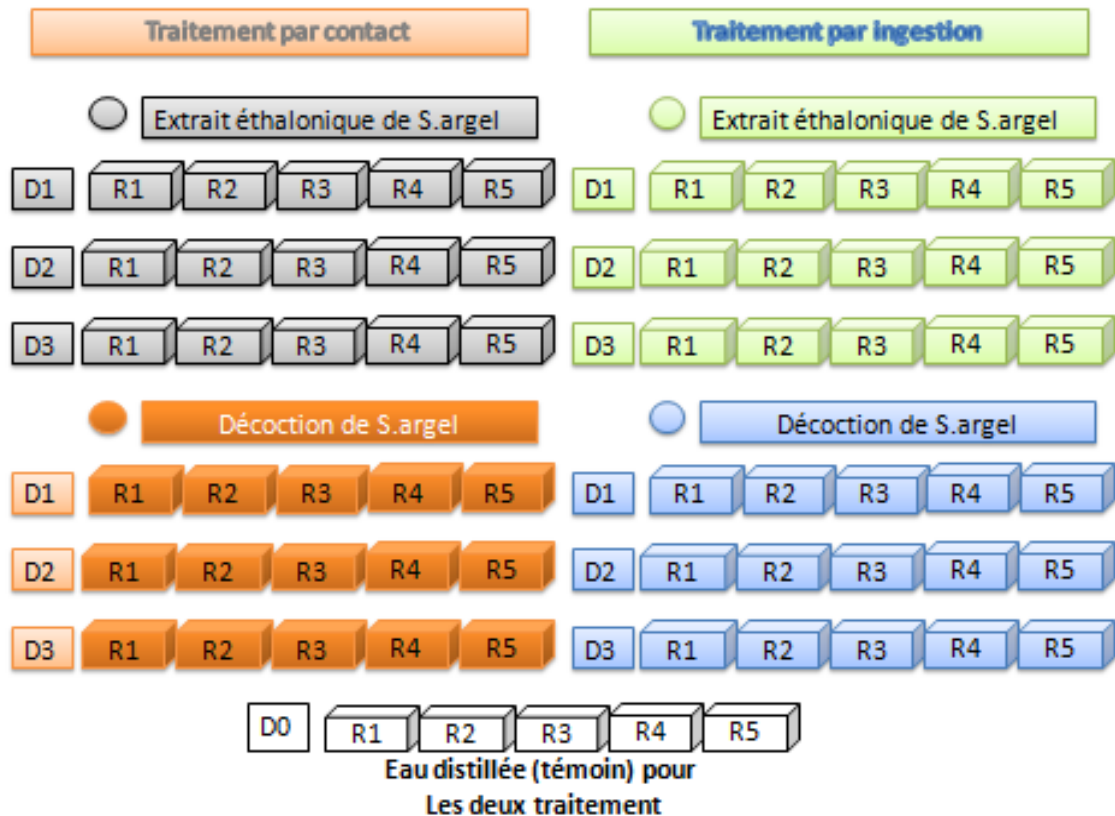


Figure 23 : Schéma du dispositif expérimental

La lecture se fait quotidiennement et consiste à :

- Déterminer les taux de mortalité (%) des imagos traités et témoins selon les deux modes d'application des traitements,
- Citer et décrire les anomalies et les changements morphologiques affectant les imagos après traitements par les deux types d'extraits et selon les deux modes d'application.

En effet, les taux de mortalité chez les imagos témoins et traités est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Taux de Mortalité (\%)} = \frac{\text{Nombre d'individus morts}}{\text{Nombre total d'individus}} \times 100$$

Pour calculer les DL50 et DL90 pour chaque dose de chaque produit dans les deux types de traitements, on a transformé les doses en logarithmes décimaux et les valeurs des pourcentages de mortalité en probits en se servant de la table de BLISS in CAVELIER (1976). Ceci nous permet d'obtenir des équations de droites de régression de type :

$$Y = ax + b$$

Y est remplacé par deux valeurs pour ressortir la valeur du x qui représente le variable de l'équation de la courbe de tendance. Pour calculer les DL50 Y est remplacé par valeur Y=5 dans l'équation de la courbe issus des résultats du pourcentage de la mortalité obtenue pour les deux modes de pénétration et les deux extraits, et la même opération et effectué pour calculer les DL90, dans ce cas la Y= 6.28.

2.3. Analyse statistique

Les résultats obtenus ont été représentés sous forme de graphes en fonction des traitements, des modes de leur application, des doses appliquées, et cela à l'aide du logiciel Microsoft Excel.

Afin de vérifier une éventuelle efficacité des extraits aqueux utilisés vis-à-vis des imagos de *S.gregaria* et testés et comparer les différents modes de traitements utilisés, des analyses statistiques ont été effectuées au moyen du logiciel SYSTAT vers.7, en déterminant la variance à l'aide du GLM (General Linear Model), les différences ont été considérées comme significatives pour un $P \leq 0,05$. Les corrélations existantes entre les différents traitements ont été mises en évidence par une analyse en composantes principales (ACP). L'interprétation de l'ACP a été faite à partir de l'examen du cercle de corrélation et de la position du statut des variables sur les axes factoriels (Philippeau, 1989).

3.1 Résultats

3.1.1 L'effet des deux extraits a base de *s.argel* sur la reproduction des imagos mâles et femelles

Les résultats liés au délai de l'émission de la première ponte et le nombre d'oothèque par femelle et le nombre d'œufs par femelle chez les femelles de *S.gregaria* témoins et traitées aux deux extraits par contact sont consignés dans le **Tableau 16** (Annexe) et illustrés par la (figure.24).

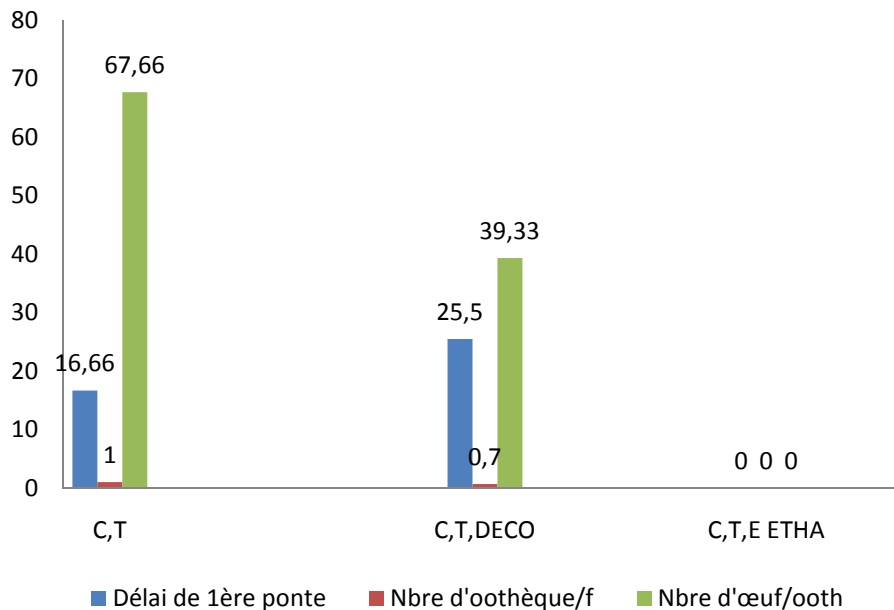


Figure.24 l'effet des extraits testés sur le paramètres de la reproduction

On constate que le délai d'émission de la première ponte est prolongé chez les femelles traitées pulvérisées avec l'eau distillée est de 16.66 jours par contre il a été prolongé pour les femelles traitées par la décoction et il est de 25.5 jours. Par contre y'avait pas de ponte pour les couples traités par l'extraits éthanolique.

Pour le nombre d'oothèque est de 1 oothèque en moyenne pour les témoins contre 0.7 oothèques en moyenne pour les femelles traitées par la décoction, par contre y'avait pas de oothèques pour les couples traités par l'extrait éthanolique puisque y'avait pas de ponte

Le nombre d'œufs a été réduit pour les couples traités par la décoction par rapport aux témoins il est de 39.33 œufs en moyenne contre 67.66 en moyenne pour les témoins.

3.1.2 L'effet des deux extraits sur la mortalité des imagos mâles et femelles de *S.gregaria*

Au moment de l'application des traitements au cours de la pulvérisation des produits on observé les premières réactions des 5 individus de *Schistocerca gregaria* vis-à-vis les extraits.

Pour l'extrait ethnolique les perturbations de mouvement s'étaient les premiers symptômes remarqués sur les insectes traité par contact sur tous pour la dose D1 (100%) et D2 (50%) qui entraînaient la mort des individus au bout de 5 à 6 minutes pour des D1 et de 30 à 36 minutes pour D2. (**Figure 25**), et un affaiblissement à savoir un arrêt de l'activité locomotrice pour les individus traité par D3.

Pour le mode ingestion une faible activité alimentaire a été observé à savoir une inhibition totale de la prise de nourriture pour certains individus les individus ont été mis à jeuner pendant 24 heures. La consommation du gazon avait une action fatale sur les individus qui ont ingérés l'aliment.

Pour la décoction on a pas observé des anomalies juste un affaiblissement modéré dans les première heures après l'application du produits par contact.



Figure.25 imagos morts après application des traitements

3.1.2.1 l'effet de l'extrait ethanologique de *S.argel* sur la mortalité des imagos de *S.gregaria* :

Le taux de la mortalité journalière des imagos est s'exprimé par le pourcentage de la population résiduelle pour les deux modes de pénétration. Suite aux résultats obtenus, après le

traitement des imagos par l'extrait éthanolique pour le mode contact , il apparait que la mortalité commence dès le 1^{er} jour du traitement pour les trois dose et arrive à un taux maximale de 100% pour D1(100%) et D2(50%) qui synchronise à une population résiduelle de 92% pour D3 qui touche un taux de 24% au 10^{ème} jours après traitement qui corresponde à un taux maximale de mortalité pour la D3 qui est de 76%.

Pour le mode de pénétration par ingestion on à marqué une mortalité qui commençait au 2^{ème} jour pour D2 (50%) qui corresponde à une population résiduelle de 96%, et pour D1 (100%) et D3 (12.5%) la mortalité apparait au 3^{ème} jour pour une population résiduelle de 72% pour D1 et 84% pour D3. Le taux de la population résiduelle décroît en fonction du temps jusqu'à avoir des taux minimales de 28%,36% ,60% qui correspondent respectivement aux D1(100%), D2 (50%), D3 (12.5%) au 10^{ème} jour.

3.1.2.2 l'effet de la décoction de *S. argel* sur la mortalité des imagos de *S.gregaria* :

Suite aux résultats obtenus pour le mode contacte on a marqué des taux très élevés de la population résiduelle pour les premiers jours de suivi, la mortalité commence au premier jour pour la dose D1 (100%) par un taux 88% de population résiduelle qui touche le taux de 64% au 10^{ème} jour de suivi, pour la dose D2(50%) la mortalité apparait après deux jours de l'application du traitement sur l'aliment qui s'exprime par une population résiduelle de 96% qui aboutis à un taux de 72% au 10^{ème} jours , le déclenchement de la mortalité a été prolongé pour la D3(12.5)jusqu'à le 4^{ème} jours qui corresponde à un taux de 96% de population résiduelle jusqu'à arriver à 80% de population résiduelle.

Pour le mode ingestion ne n'avons pas marqué une mortalité dans les premiers jours cette dernière à été signalé a partir du 2^{ème} jour pour la dose D1(100%) exprimé par une population résiduelle de 92% qui stagne à un taux de 68% jusqu'à le 10^{ème} jours de suivi, pour la D2(50%) et D3(25%) ne n'avons pas marqué de mortalité jusqu'au 4^{ème} et 5^{ème} jour d'où on a consigné une population résiduelle de 92% pour les deux doses qui arrivent à 80% de populations résiduelle pour D2 et 88% pour D3.

Le calcule du pourcentage de la population résiduelle nous à permet de déterminer le degré de toxicité de l'extrait éthalonique à l'égard de imagos de *Schistocerca gregaria* pour les 3 doses utilisées par les de produits et les deux mode de pénétration de traitement. (**Tableau.07**) et (**Tableau.08**)

Tableau.07 population résiduelle pour les deux modes de traitement par l'extrait éthanolique de *S.argel*.

mode du traitement	Extrait ethalonique (contact)			Extrait ethalonique (ingestion)		
	Dose	D1	D2	D3	D1	D2
j0	0,00	0,00	92,00	100,00	100,00	100,00
j1	0,00	0,00	72,00	100,00	96,00	100,00
j2	0,00	0,00	60,00	72,00	76,00	84,00
j3	0,00	0,00	60,00	52,00	60,00	72,00
j4	0,00	0,00	52,00	52,00	60,00	72,00
j5	0,00	0,00	48,00	52,00	60,00	68,00
j6	0,00	0,00	48,00	40,00	60,00	68,00
j7	0,00	0,00	36,00	28,00	44,00	68,00
j8	0,00	0,00	28,00	28,00	36,00	60,00
j9	0,00	0,00	24,00	28,00	36,00	60,00

Fortement toxique
 moyennement toxique
 faiblement toxique

Tableau.08 population résiduelle correspondante aux deux modes de traitement par décoction de *S.argel*.

Mode du traitement	Extrait éthanolique contact			(Décoction ingestion)		
	Doses	D1	D2	D3	D1	D2
j0	88,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
j1	76,00	96,00	100,00	92,00	100,00	100,00
j2	68,00	76,00	100,00	80,00	100,00	100,00
j3	68,00	72,00	96,00	72,00	100,00	100,00
j4	68,00	72,00	96,00	72,00	92,00	100,00
j5	68,00	72,00	92,00	68,00	92,00	92,00
j6	68,00	72,00	88,00	68,00	84,00	92,00
j7	68,00	72,00	84,00	68,00	84,00	92,00
j8	64,00	72,00	84,00	68,00	80,00	88,00
j9	64,00	72,00	80,00	68,00	80,00	88,00

Les résultats motionnés dans le tableau de la population résiduelle induisaient à l'apparition de trois degrés de toxicité qui varient selon le mode de traitement et les doses appliquées.

Pour le traitement par contacte l'extrait éthanolique présente une forte toxicité pour D1 et D2 cette toxicité qui a été apparue à partir du 1^{er} jour. Pour la D3 la toxicité a touché son fort degré

mais à long terme qui corresponde aux deux derniers jours de suivi (9^{ème} et 10^{ème} jours) par contre au début du traitement D3 était faiblement à moyennement toxique.

Pour le mode de pénétration par ingestion, on assiste toujours à trois degrés de toxicité, pour la dose D1 a présenté les trois degrés au fur des jours de suivie elle se manifestait par une faible toxicité pour les quatre premiers jours de traitement jusqu'à atteindre une toxicité moyenne suite à l'augmentation du taux de la mortalité qui explique la forte toxicité de D1 dans les deux derniers jours (9^{ème} et 10^{ème} jour).

Pour D2 était faiblement à moyennement toxique, par contre D3 c'était la dose la plus faible de point de vue toxicité de ce qui concerne le traitement par ingestion.

Pour le traitement par la décoction la toxicité est très faible par rapport au extrait éthanolique cela est montré par les pourcentages élevés de la population résiduelle même dans les derniers jours de suivi pour les trois doses 100% , 50% , 25 % respectivement 64%, 72% , 80% pour le mode contacte et 68%,80%,88% pour le mode ingestion.

Au cours de la période de suivie, après l'application du traitement, on a noté toutes les anomalies qui touchent le comportement de l'insecte. Ces dernières ont été observées dans les boîtes de traitements correspondant aux trois doses appliquées.

Pour les individus traités par l'extrait éthanolique D1 mode contacte, on constatait une diminution de l'activité locomotrice dès l'application du traitement dans un temps très record, les insectes restaient stagnés pour quelques secondes, qui commencent par la suite de faire de mouvement perturbés suivies par la mort au bout de 5 à 6 minutes.

Pour la dose D2 on assistait à des anomalies identiques à celle qui ont été observées pour les individus traités par D1 qui se présentent par la diminution de l'activité locomotrice de l'insecte suivie par des mouvements perturbés suivie par la mort au bout de 30 à 35 minutes.

Pour les individus traités par D3 les insectes présentaient un affaiblissement très remarquable induisant la mort de certains individus à partir du 1^{er} jour cette mortalité qui touche une moyenne de 76% au bout de 10 jours.

Pour le mode de pénétration par ingestion des anomalies observées concernant l'activité alimentaire des individus en premier lieu, une inhibition totale de la prise de nourriture pour les deux premiers jours de la période de suivi pour tous les individus qui correspondent aux trois doses appliquées. Cette dernière se déclenchait à partir du 3^{ème} à 4^{ème} jour à la moyenne

pour certains individus. Cette prise de nourriture induisait la mort des insectes ayant consommés le gazon traité par l'extrait éthanolique au bout de 24 heures. Par contre d'autres individus évitent la consommation du gazon traité.

L'analyse de variance des taux de population résiduelle selon l'application des deux extraits et le mode de pénétration par les trois doses appliquées, (Figure 26) cette dernière a montré une différence hautement significative entre les deux extraits appliqués ($p=0.000$), qui montre un grand effet de l'extrait ethnolique sur la réduction de la population résiduelle par rapport à la décoction, donc un effet considérable sur la mortalité des imagos de *S.gregaria*.

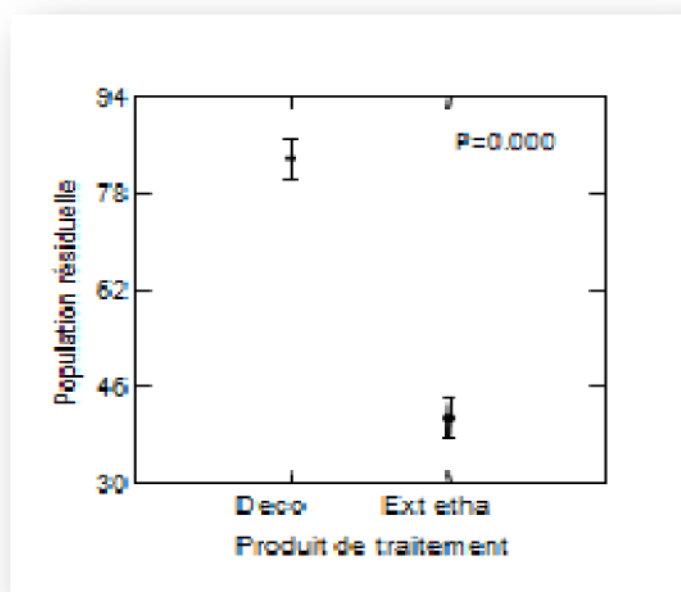
Une différence hautement significative ($p=0.000$) qui a été montrée par l'analyse de variance entre les deux modes de traitement qui signale que le mode contact pour les traitements effectués par l'extrait éthanolique a marqué une population résiduelle très réduite qui se traduit par une mortalité considérable par rapport au mode ingestion qui a marqué des taux de population résiduelle plus élevés qui se traduisent par une mortalité très faible. (Figure 26).

Tableau.09 analyse de variance des taux de populations résiduelle selon le produit appliqué

facteur	Somme des Carrés	d.d.l	Carrés moyens	F-ratio	P
produit	54784.133	1	54784.133	80.910	0.000

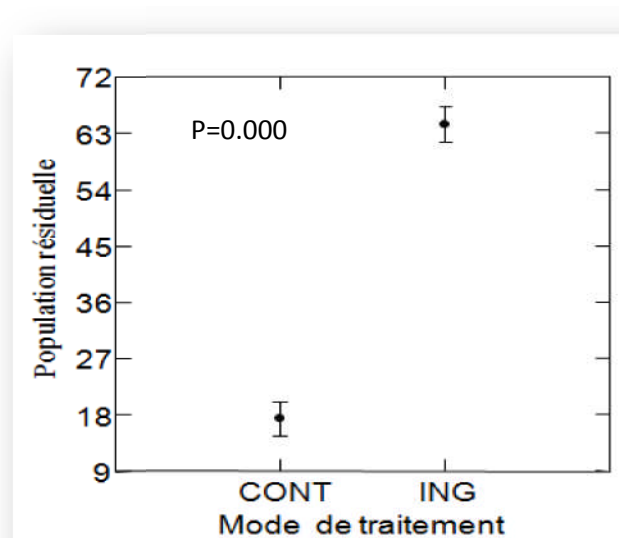
Tableau .10 analyse de variance des taux populations résiduelles selon le mode de traitement.

facteur	Somme des Carrés	d.d.l	Carrés moyens	F-ratio	p
Mode traitement	33229.067	1	33229.0	143.267	0.000



Facteur	Somme des Carrés	d.d.l	Carrés moyens	F-ratio	P
Doses	15648.533	2	7824.267	33.734	0.000

Figure.26 Analyse de la variance des taux de population résiduelle en mode GLM selon la nature de l'extrait appliqué, Deco (Décoction), Ext etha (extrait éthanolique).



L'analyse de variance en mode GLM des populations résiduelles pour les traitements par l'extrait éthanolique en fonction de la période de suivi était hautement significative ($p=0.000$), (**Tableau.11**) qui se traduit par une diminution remarquable de la population résiduelle suite à l'action du traitement par l'extrait éthanolique.

Ainsi que l'analyse de variance en mode GLM des populations résiduelles pour les traitements par l'extrait éthanolique selon les doses appliquées montre une différence hautement significative ($p=0.000$), (**Tableau.12**) qui signale que l'action de produits sur la population

Figure.27 analyse de variance des taux populations résiduelles en modèle GLM selon le mode de traitement par extrait éthanolique, CONT (contact), ING (ingestion).

résiduelles diminue suite à la diminution de la dose d'où on note que D1 et D2 engendrent une mortalité très importante exprimée par des populations résiduelles très faibles par rapport à D3 d'où on assiste à une mortalité moindre qui s'exprime par des populations résiduelles élevées.

Tableau.11 analyse de variance des taux de populations résiduelles en fonction de la période de suivi pour les traitements par l'extrait éthanolique.

Facteur	Somme des Carrés	d.d.l	Carrés moyens	F-ratio	P
Période	10496.267	9	1166.252	5.028	0.000

Tableau .12 analyse de variance des taux de populations résiduelles en fonction de la dose pour les traitements par l'extrait éthanolique.

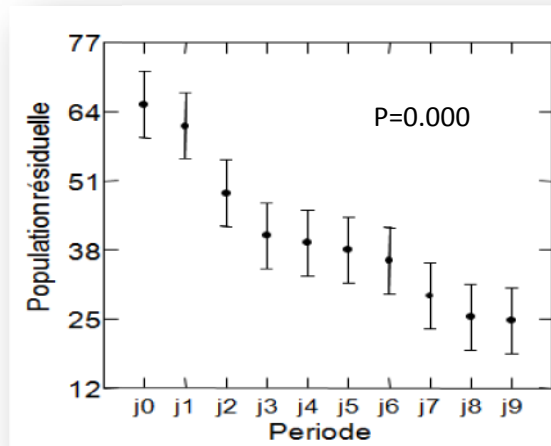


Figure.28 analyse de variance en modèle GLM des taux populations résiduelles selon la période pour traitement par extrait éthanolique

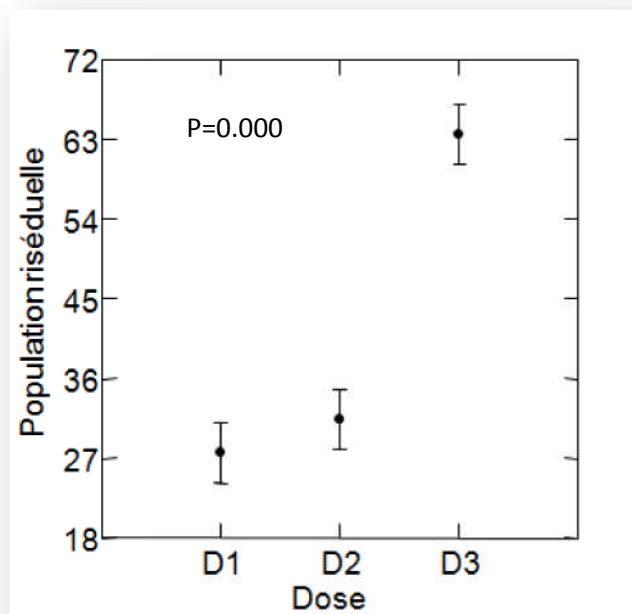


Figure.29 analyse de variance en modèle GLM des taux populations résiduelles selon la dose pour le traitement par l'extrait éthanolique.

L'analyse de variance pour les populations résiduelles monte une différence hautement significative entre les deux modes de traitement contact et ingestion par la formule d'extrait décoction $p = (0.000)$, **Tableau.13** le traitement par contacte entraine une diminution plus au

moins modéré en comparant ce dernière par celui de l'extrait éthanolique mais il influe sur la population résiduelle par une diminution considérable par rapport au traitement par ingestion. (Figure.30)

Tableau.13 analyse de variance des taux populations résiduelles en fonction des mode d'application du traitement par la décoction

Source	Somme de carrés	d.d.l	Carrés moyens	F-ratio	P
Mode d'action	836.267	1	836.267	29.909	0.000

L'analyse de variance montre une significativité très considérable $p= (0.000)$ concernant l'action de la décoction le taux des populations résiduelles en fonction de la période malgré ca faible toxicité à l'égard des insectes de *S. gregaria* d'où assiste à une diminution des population résiduelles au cours des dix jours de suivi.(Figure.31)

Tableau.14 analyse de variance des taux populations résiduelles en fonction de la période

Facteur	Somme de carrés	d.d.l	Carré moyens	F-ratio	P
Periode	3126.400	9	347.378	12.424	0.000

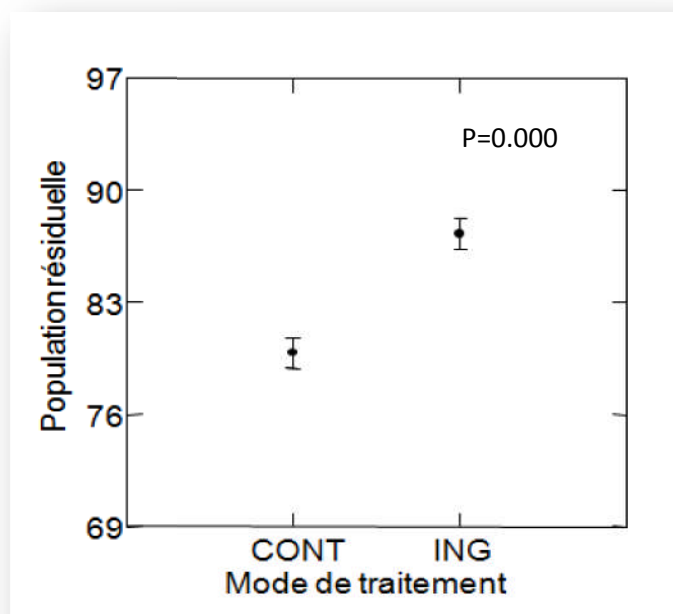


Figure.30 analyse de variance en mode GLM des taux populations résiduelles selon le mode de traitement par la formule d'extrait décoction

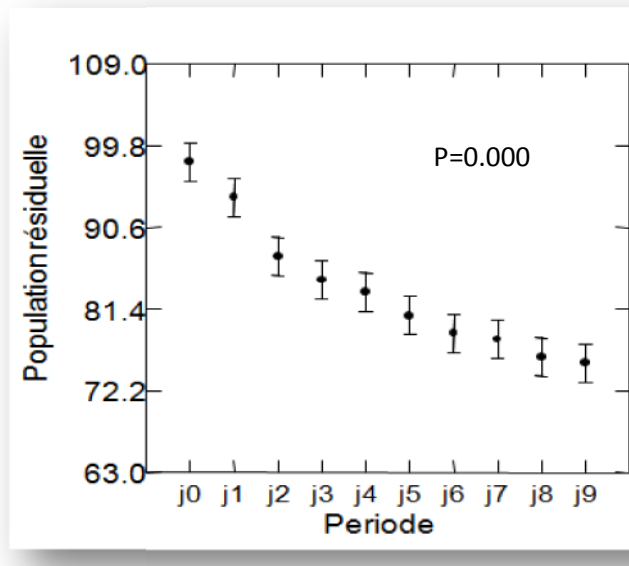


Figure.31 analyse de variance en mode GLM des populations résiduelles en fonction de la période, formule Décoction.

La variabilité concernant l'action de la décoction sur la mortalité en fonction des doses appliquées aux traitements est traduite par une différence hautement significative $p=(0.000)$, (**Tableau.14**) entre les trois doses (D1, D2, D3) qui correspondent au concentrations 100% ,50%,25% d'où la plus efficace c'était la D1 qui provoque la diminution de la population résiduelle jusqu'à des taux & moyennes contre des taux élevés pour D1 50% et D2 25% d'où on assiste à une très faible mortalité suite à une faible efficacité. Par rapport à D1. (**Figure.32**).

Tableau.15 analyse de la variance des taux populations résiduelles en fonction de doses.

Facteur	Somme des Carrés	d.d.l	Carrés moyens	F-ratio	P
Doses	4345.600	2	2172.800	77.710	0.000

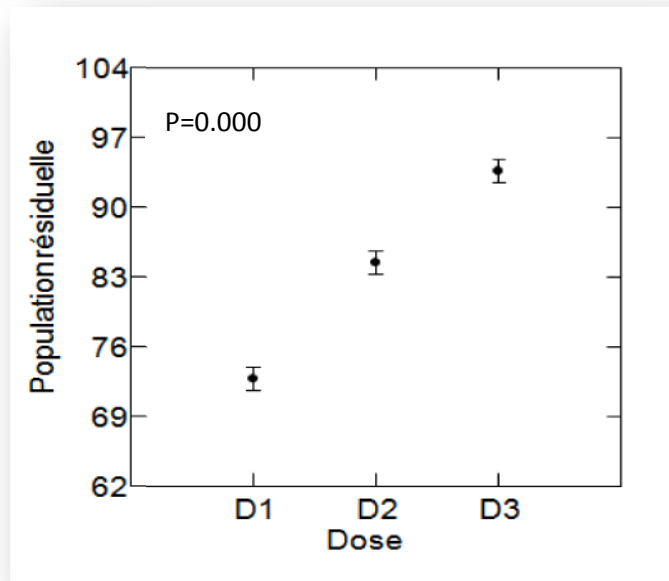


Figure.32 analyse de variance des taux de population résiduelle en modèle GLM selon les doses de la décoction appliquées

On a calculé les DL50 et les DL 90 pour les modes de traitement qui présentait une efficacité donc il s'agit de du traitement par mode contacte

(d'où y : probits et x : log doses), et pour un pourcentage de mortalité de 50 % $y=5$ (dont probit de 50 = 5). Et pour un pourcentage de mortalité de 90% $y= 6.28$ On a obtenu des droites de régression adéquate qui nous ont permet d'effectuer les calculs.

Le DL 50 du traitement par contacte par l'extrait éthanolique est de 12.41% et le DL90 est de 22.41%.

La classification hiérarchique nous a permis de distinguer 4 groupes selon la dose le type de produit et le mode d'application. **(Figure.33).**

L'ACP analyse en composante principale nous permis de relever les meilleurs paramètres ayant montré les taux de mortalité les plus importants (100%) ainsi on peut affirmer que les extraits éthanoliques appliqués par mode contact aux dose D1(100%) et D2(50%) étaient très efficaces une période de latence n'excédant pas 30 minutes.

Parallèlement des taux de mortalité importants qui sont de 64% à 76% ont été enregistrés à une période de latence comprise entre 24h et 10 jours d'où on a pu déterminer les extraits

éthanolique par mode de contact concernant D3 et pour mode ingestion concernant D1 et D2. (Figure.34).

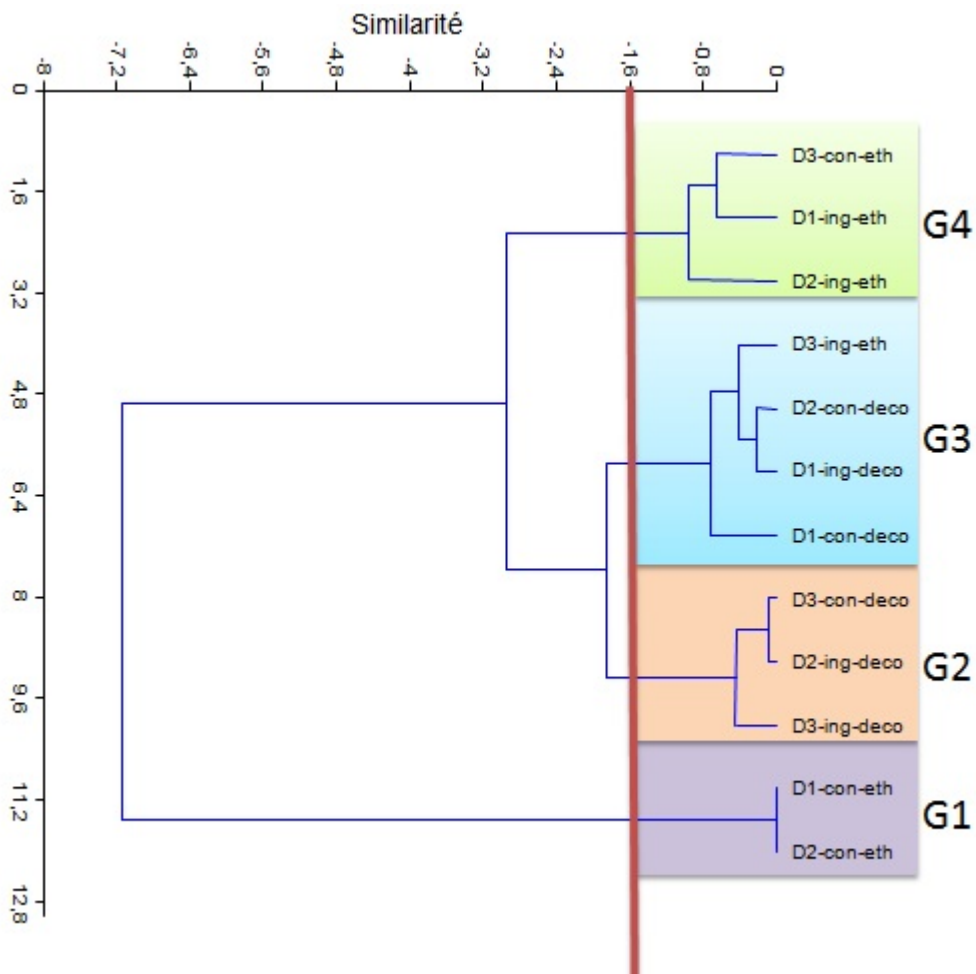


Figure.33 Classification hiérarchique des taux de population résiduelle des adultes de *S.gregaria* selon les extraits d'argel, leur doses et les modes de pénétration

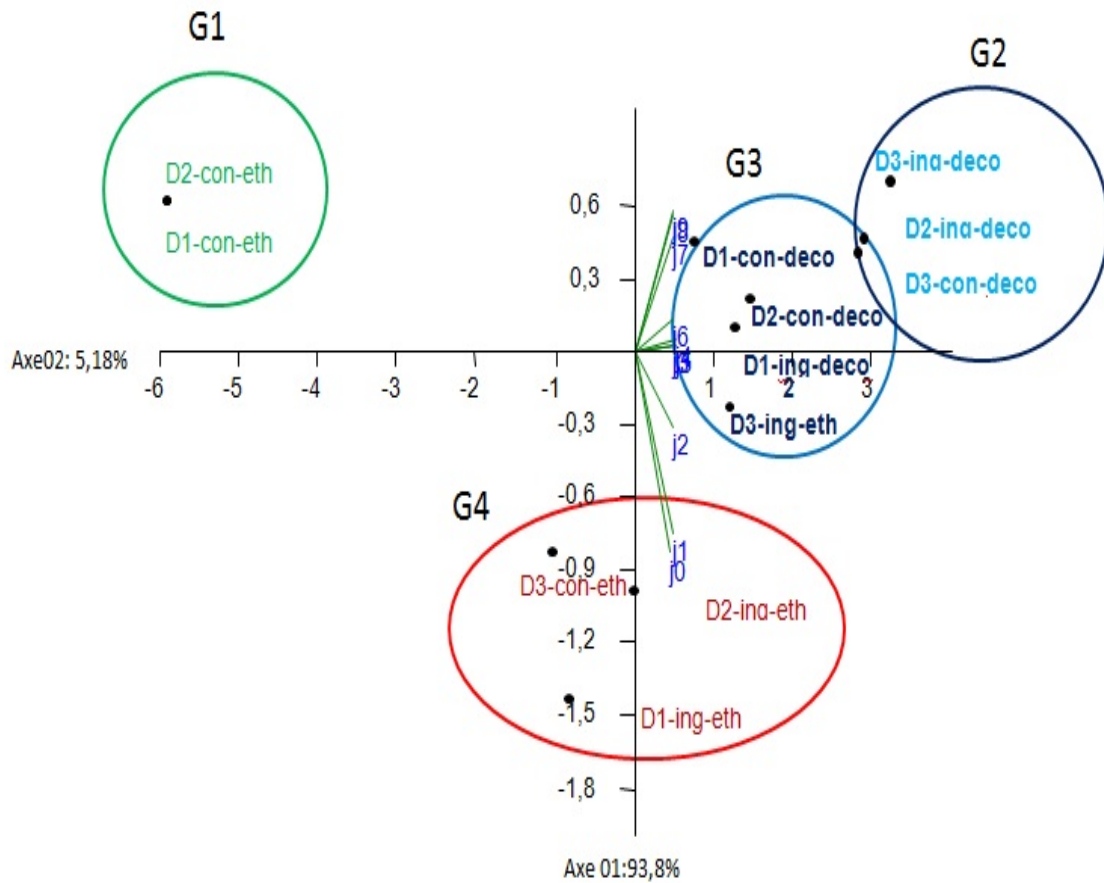


Figure 34 Analyse en composantes principales (ACP) des taux de population résiduelle des adultes de *S.gregaria* selon les extraits d'argel, leurs doses et les modes de pénétration

3.2 Discussion

Pour notre étude, deux extraits à base d'argel *Solenostemma argel* ont été sélectionnés dans l'objectif est d'évaluer leur activité acridicide à l'égard du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*.

En ce qui concerne l'activité reproductive, le suivi des couples du criquet pèlerin traités par les deux extraits a fait ressortir une variabilité pour le délai de la première ponte, le nombre moyen d'oothèques par femelle, et le nombre d'œufs par oothèque entre les adultes témoins et traités de *Shistocerca gregaria*.

Pour les femelles traitées par la décoction de *S.argel*, ces dernières ont émis leurs premières oothèques le 14.66 jour comparativement aux témoins qui ont effectué leur première ponte le 16.66 jours par contre y'avait pas de pontes pour les femelles traitées par l'extrait éthalonique de *S.argel*.

Le nombre moyen d'oothèque par femelle est de 1 oothèque par femelle chez les pulvérisées par l'eau distillée, un nombre de 0.66 oothèques chez les traitées par la décoction, par contre aucun oothèque à été pondu pour les femelles traité par l'extrait éthalonique. Donc avec un total de 3 oothèques pour les femelles traitées par l'eau distillée et 2 oothèque pour celles pulvérisées par la décoction avec, et 0 oothèque pour les femelles traitées par l'extrait éthalonique. Quand au nombre moyen d'œufs par oothèque, est de 67.66 pour les femelles pulvérisées par l'eau distillé contre un nombre moyen de 38.33 pour les femelles traitées par la décoction et un nombre moyen qui est nul pour les femelles traitées par l'extrait éthanoïque puisque il n'avait pas de ponte.

Les deux extraits appliqués par mode contact sur les couples isolés ont perturbé le comportement reproductif des femelles de *S.gregaria* avec prolongement de la durée de l'émission de la 1^{ère} ponte et réduction du nombre moyen d'oothèques pour les femelles traitées par la décoction par contre on assistait à une activité reproductive qui est nulle pour les femelles traitées par l'extrait éthalonique. Notons que le nombre de femelles participant à la ponte est de 3/3 pour les couples témoins et 2/3 pour les couples traités par la décoction et 0/3 pour les couples traités par l'extrait éthalonique.

Les résultats obtenus coïncident avec les travaux de nombreux auteurs cités par la bibliographie.

Nasseh et *al.*, (1992), ont prouvé que le traitement avec les extraits de méliá sur les individus du criquet pèlerin a retardé la maturité sexuelle. Dix jours après la mue, les imagos issus de larves de laboratoire non traitées étaient fertiles à 85 % pour les mâles et à 62 % pour les femelles. En revanche, parmi les imagos issus de larves ayant subi un traitement, seuls 74 % avaient atteint la maturité sexuelle après 53 jours pour les mâles et 14 % des femelles.

Abbassi et *al.*, (2003), signalent que l'extrait des feuilles de *Peganum harmala* au stade végétatif provoque chez 100% des femelles survivantes au traitement, un retard de la maturité sexuelle d'une durée de huit jours au minimum, une réduction de la fécondité, du taux d'éclosion et des troubles de l'équilibre. Et que l'extrait des feuilles récoltées à l'état de fructification entraîne un retard de la maturité sexuelle de six jours seulement chez 16.6% des femelles.

Moussa (2003), a montré que le traitement à l'huile de Neem a entraîné une réduction du nombre d'oothèques/femelle et une diminution du nombre d'oeufs/femelle et même du nombre d'oeufs/oothèque chez *Locusta migratoria migratoria* et *Locusta migratoria migratorioides*.

D'après Abbassi et *al.* (2004), l'extrait brut d'un mélange d'alcaloïdes des feuilles de *Calotropis procera*, provoque chez les imagos de *Schistocerca gregaria* traités un blocage du développement ovarien en prévitellogénèse chez les femelles et une absence de la maturité sexuelle chez les mâles, avec une réduction de motricité chez les imagos des deux sexes.

Belhadi (2005), signale que les femelles de *Schistocerca gregaria* nourries avec les feuilles de *Rosmarinus officinalis* et *Nerium oleander* n'ont pas pondu tout en maintenant la coloration rose qui signifie leur immaturité sexuelle jusqu'à leur mort.

Abdelaoui et *al.*, (2008), montrent que l'acide gibbérellique diminue de façon significative le potentiel reproductif de *Locusta migratoria migratoria* en réduisant la fécondité et la fertilité des œufs pondus. Il provoque aussi un retard de la maturité sexuelle, un prolongement du rythme de ponte et un retard de développement des ovaires.

Les phytoecdystéroïdes sont des substances synthétisées par les plantes et joueraient un rôle de défense chimique contre les insectes phytophages et certains nématodes (Choubaya, 2002).

Chimiquement les phytoecdystéroïdes présentent un groupe comme les saponines tritèrpinique et phytostérole (Dinan et Laurence., 2001). Selon Epifano et *al* (2003) *Solenostemma argel* est riche en phytostérole et on triterpinoides saponines qui sont de

nature stéroïdienne. Ces substances sont des analogues d'hormones juvéniles des insectes (Riba et al., 2001) ces dernières peuvent affecter à tout niveau le développement des insectes, même à doses très faibles. A fortes doses elles sont fatales. Leur sensibilité est remarquable et certains phytoecdystéroïdes ont en outre des modes d'action très spécifiques comme l'inhibition de la maturation ovarienne de certains insectes (Riba et al., 2001) ces substances ont comme propriétés ; l'activité stérilisante provoquée par une réduction de l'oviposition ou une inhibition de l'embryogénèse, l'induction de multiples perturbations morphogénétiques. (Riba et al., 2001).

Les homologues d'hormones juvéniles sont pour la plupart des terpènes actifs (Riba et al., 2001). Cependant certains réduisent l'oviposition chez *Ephestia kuehniella* tandis que d'autres bloquent l'embryogénèse de *Pyrrhocoris apterus*, du lépidoptère *Samia cynthia* ou du *Schistocerca gregaria*.

Les insectes phytophages sont confrontés dans la nature à certains végétaux dont certains ne sont pas consommables pour des raisons chimiques, où sont même insecticides, depuis quelques dizaines d'années les connaissances ont beaucoup progressé dans ce domaine, le nombre de molécules actives sur les insectes identifiées chez les végétaux, est désormais considérable et on cerne mieux leurs modes d'action sur l'animale, leur utilisation pour détourner ou éliminer les ravageurs. (Regnault et al., 2003)

L'effet de nos extraits à base de *S. argel* sur la mortalité des imagos mâles et femelles de *Schistocerca gregaria* présente des résultats variables selon les produits le mode et les doses appliquées présentés par nos résultats qui montrent l'efficacité de l'extrait éthalonique en mode de traitement contact pour les doses D1=100% et D2=50% par un effet de choc qui correspond à une population résiduelle de 0% pour les deux doses et une toxicité modérée par la troisième dose D3 qui se traduit par une diminution de la population résiduelle au cours de la période de suivi cette dernière qui arrive un taux de 14% au 10^{ème} jour.

Pour le traitement par mode ingestion on a assisté à des résultats qui montrent la toxicité de l'extrait éthalonique vis-à-vis des insectes ayant consommé le gazon traité cette activité alimentaire qui induit la mort de ces derniers jusqu'à avoir des taux de population résiduelle très faibles 28% et 36% respectivement pour D1=100% et D2=50% par contre la dose D3 était faiblement toxique par le mode ingestion, une population résiduelle de 100% dans les trois premiers jours qui finit par un taux de 60% au 10^{ème} jour.

Au cours du suivi des anomalies très importantes ont été observés et notés citons la perturbation de l'activité locomotrice pour les individus traité par mode contacte ces mouvements perturbés on été remarqués pour les traitements par D1= 100, D2= 50%. Et un affaiblissement pour les individus traité par D3=12.5%. et pour le mode ingestion les anomalies observés représentaient par l'inhibition de la prise de nourriture du premier jour jusqu'à 3^{ème} jours pour tout les individus traités par l'extrait ethalonique de *S.argel*.

L'extrait éthalonique présente une bonne efficacité qui réponde au besoin de notre objectif surtout de ce qui concerne D1=100% et D2= 50% pour le mode par contact et D1=100% pour le mode par ingestion cette efficacité qui augment avec l'augmentation de la dose. Et suit aux anomalies observés l'extrait agit comme un produits neurotoxique qui induit à des mouvements très perturbés de l'insecte suivies par la mort.

La décoction de *S. argel* c'était la formule la plus faible de point de vue toxicité dont les deux modes de traitement par les trois doses ont été classés dans le 3^{ème} et le 4^{ème} groupe dans la classification hiérachique et une analyse en composante principale. Ces groupes présentent respectivement le groupe des traitements faiblement toxique et les traitements inertes tous en fonction de la dose du produit et de mode de pénétration.

D'après Diop et Wilps (1997), l'efficacité de certains produits à base de Neem et de *Melia volkensii* a été testée dans la lutte contre le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* de 1990 à 1995. Compte tenu d'invasions réduites de locustes, ces recherches se sont jusqu'en 1992 limitées à des essais en cage. Par la suite, les traitements contre les criquets ont été intensifiés. Selon les quantités de matière active appliquées, des taux de mortalité allant jusqu'à 100% ont été atteints au bout de 14 jours. La détérioration de l'état de santé physique, apparaissant généralement 1 à 2 jours après le traitement sous forme de perte quasi complète de la mobilité, était également significative. Les criquets devenaient ainsi des proies faciles pour les prédateurs.

D'après (Rembold, 1994), les produits végétaux étudiés jusqu'à ce jour agissent sur le métabolisme des insectes traités sans exercer aucun effet néfaste sur les mammifères ou sur l'homme. Une solution ULV (ultra bas volume) formulée à 1000 ppm à partir d'un extrait à l'éthanol du fruit de *Melia volkensii*, appliquée à raison de 10 litres par hectare, a produit des effets spectaculaires sur la croissance et la santé des sujets traités. Enfin, l'interférence des extraits avec l'état phasaire constitue un autre résultat intéressant : les criquets traités sont restés en phase solitaire et ont donc été incapables d'entamer la migration caractéristique de la phase grégaire.

Rembold, (1997), ajoute que 80% de malformations chez le criquet pèlerin ont été obtenues après le traitement par l'extrait de *Melia volkensii*.

Mwangi *et al.* (1997), signalent que les fruits de l'arbre de l'Afrique de l'Est *Melia Volkensii* Gurke contiennent des composés terpinoïdes dont l'action insecticide est bien établie. Des extraits concentrés de *M. volkensii* appliqués à fortes doses causent la mort des locustes ou diminuent leur forme physique en provoquant une paralysie de leurs muscles squelettiques sans toutefois affecter les tubes de Malpighi ou la pulsation du coeur dorsal. Les effets obtenus varient en fonction de la température ambiante. Les doses réduites sont d'autant plus efficaces que la température est élevée, d'où une meilleure efficacité de *M. volkensii* contre les locustes dans les zones désertiques chaudes.

Moussa (2003), signale que le traitement à l'huile de Neem a provoqué d'importantes anomalies morphogénitiques chez larves L4 et L5 de *Locusta migratoria migratoria* e *Locusta migratoria migratorioides* expliqué par des dépigmentations, malformations et mue incomplète.

Abbassi *et al.* (2004), ont constaté chez les individus de *Schistocerca gregaria* traités à l'extrait brut d'un mélange d'alcaloïdes des feuilles de *Calotropis procera* (stade végétatif), une hyperexcitabilité interrompue par des moments d'immobilité, des tremblements des appendices et des segments abdominaux.

Selon Rembold (1997), l'extrait de *Melia volkensii* qui a été testé sur les criquets pèlerins au terrain a montré que la poudre brute dosée à environ 10 g/ha-1 donnait de très bons résultats : forte toxicité (mortalité de 28%) et un retardement de la croissance.

NASSEH *et al.* (1992), notent que les effets d'une huile de neem pure provoque également une mortalité de 100 % chez les populations de *Schistocerca gregaria* conservées en milieu naturel comme chez les populations de laboratoire, onzième jour pour les spécimens de laboratoire et au quinzième jour pour les autres. Ils ajoutent quel traitement avec des extraits de mélia a entraîné parmi les larves du criquet pèlerin capturées comme les larves de laboratoire un taux de mortalité d'environ 30 %.

Barbouche et *al.* (2001), ont confirmé que les biotests de la toxicité révèlent une mortalité totale des larves L5 de *Schistocerca gregaria* dans un délai de 2 à 4 jours à partir d'un extrait méthanolique de feuilles de *Cestrum parqui*.

Abbassi et *al.* (2003), annoncent que l'extrait éthanolique des feuilles de *Peganum harmala* au stade végétatif ou au stade de fructification entraîne un taux de mortalité de 29% obtenu avec le premier extrait et de 15% avec le second extrait au bout de 14ème jour de la vie imaginaire.

Abbassi et *al.* (2004), signalent qu'un taux de mortalité de 100% chez les larves de *Schistocerca gregaria* est atteint au bout de 15ème jour du début du traitement à l'extrait d'alcaloïdes des feuilles de *Calotropis procera* en végétation. Selon Ould El Hadj et *al.* (2005), l'étude de la toxicité des extraits de *Melia azedarach*, d'*Azadirachta indica* et d'*Eucalyptus globulus*, vis-à-vis des larves du cinquième stade (L5) et des adultes de *S. gregaria* révèle une mortalité de 100% est atteinte au bout de 10 jours pour les L5 et 13 jours pour les adultes pour *A. indica*. Elle est pour *M. azedarach* de 11 jours pour les L5 et 14 jours pour les adultes. Les individus traités à l'*eucalyptus* meurent quelques jours plus tard. Les larves du cinquième stade s'avèrent être plus sensibles que les imagos à ces extraits.

Conclusion générale

Au terme de ce modeste travail, nous jugeons important de rappeler les résultats obtenus. Dans un premier temps, l'étude de l'activité biologique des extraits aqueux de la partie aérienne de *Solenostemma argel* en dehors du stade de floraison sur les individus adultes de *S. gregaria* a révélé des taux de mortalité importants et variables selon le type d'extrait, la dose utilisée et le mode d'application. Ces derniers ont pu atteindre les 100% après 30 minutes en moyenne de l'application des extraits aux doses respectives D1 (100%) et D2 (50%) responsables de l'effet de choc de l'extrait vis-à-vis des individus de *S.gregaria*. Parallèlement, des taux de mortalité importants compris entre 64 et 76% ont été enregistrés à une période de latence s'étalant entre 24 heures et 10 jours pour les extraits éthanoliques appliqués selon le mode par contact concernant la dose D3 (12.5%) et le mode par ingestion concernant les doses D1 (100%) et D2 (50%). Les individus adultes traités ont connu avant leur mort un état de faiblesse, une réduction de l'activité locomotrice, des troubles de l'équilibre, et une forte diminution de l'activité alimentaire à savoir une inhibition totale pour les traitements des imagos à base d'extraits éthanoliques par ingestion. Parallèlement, ces extraits ont montré une grande influence sur l'activité reproductive des adultes traduite par le prolongement du délai des premières pontes en moyenne de 25 jours pour les femelles traitées par la décoction de la plante par contre, aucune ponte n'a été soulignée pour les femelles traitées par les extraits éthanoliques. Une production négligeable a porté sur le nombre d'oothèques pondues et le nombre d'œufs par oothèque. Cette action a une forte incidence sur la réduction de la fertilité des imagos. Au cours des traitements, on a assisté également à l'avortement d'une femelle qui faisait partie des trois couples traités. En effet, ces constatations nous amène à déduire la forte toxicité des extraits aqueux testés tout en confirmant leur potentialités bioacridicides sur les adultes du criquet pèlerin. Cette activité reste liée à leur composition chimique. Dans le cadre pratique, l'utilisation de ces extraits aqueux d'argel serait efficace dans une lutte rapprochée des cultures ou des zones névralgiques contre les pullulations acridiennes des périodes de rémissions. Il serait très important de refaire ces essais sur d'autres stades évolutifs de l'insecte et dans les conditions semi naturelles pour confirmer l'efficacité des extraits aqueux de *Solenostemma argel* sur *Shistocerca gregaria*. Il serait aussi intéressant de tester le pouvoir anti acridien de cette plante sous une autre forme d'extraits voir les macérations dans l'eau, en changeant la méthode d'extraction ou de tester les fractions de l'extrait brut sur *Schistocerca gregaria*. Il

serait aussi intéressant de tester l'effet des extraits issus d'autres organes de la plante sur le criquet pèlerin et sur d'autres insectes ravageurs ou agents phytopathogènes.

Références bibliographiques

1. **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*, Forsk. 1775). *Zool. baetica* , vol. 15, pp. 153-166.
2. **Abbassi K.,Atay Kadiri Z., Ghaout S., Mergaoui L. et Stambouli A.**, 2003 - Effets des extraits de *Peganum harmala* (*Zygophyllaceae*)sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775). *Zool. baetica* , vol. 13/14 : 203-217.
3. **Abdellaoui K., Benhalima- Kamel M., et Benhamouda M. H.**, 2008 -Action de l'acide gibbérellique sur l'activité reproductrice et le développement ovarien de *Locusta migratoria* (*Orthoptera; Acrididae*). Congrès International sur la Biodiversité des Invertébrés en milieux Agricoles et Forestiers, Inst. Nati. Agro., El-Harrach - Alger.14-17 avril 2008.
4. **Bakrim A 1,2 , Guittard E 1, Maria A1, Sayah F 2 , Lafont R 1 et Takvorian N 1.** :La biosynthèse des phytoecdystéroïdes et sa régulation chez l'épinard (*Spinacia oleracea* L.) et le maïs (*Zea mays* L.)1. Biogenèse des Stéroïdes, FRE 2852 : Protéines, Biochimie Structurale et Fonctionnelle. , Bât A,5ème étage, CC 29, 7 Quai Saint-Bernard-75252. Paris cedex 05Tél. : 00 33 (0)1 44 27 22 53 Fax : 00 33 (0)1 44 27 23 61 E-mail :naja.takvorian@snv.jussieu.fr 2. Laboratoire de Biologie Appliquée, UFR : Biologie Appliquée et Valorisation des Ressources Naturelles.Universit Abdelmalek Essâadi, Faculté des Sciences et Techniques, B.P 416, Tanger -MAROC- Tél. : 00 212 39 39 39 54/55 Fax : 00 212 39 39 39 53 E-mail : bakrim78@yahoo.fr
5. **Balança G et De Visscher M-N**, 1992 - Les effets sur l'environnement des traitements insecticides contre les criquets ravageur. CIRAD-GERTAD-PRIFAS, Document 457, Montpellier, France.
6. **Barry J.P et Celles JC** 1991 - Flors de Mauritanie .1. Angiospermes Dicotylédones Institut Supérieur Scientifique de Nouakchott. Université de Nice (France) 550p.
7. **Belhadi A.**, 2005- Impact de quelques plantes sur certains paramètres biologiques et physiologiques du criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) en conditions contrôlées. Thèse Magister Sci. Agro., Inst. Nati. Agro., El Harrach, 186 p.

8. **Benhalima T.**, 2006 - Problématique du criquet pèlerin et stratégie de lutte préventive. Conf. Rég. appr. lutt. Integr. criq. pèler., Commissar. energ. atom., Alger, 23-24 juillet, (1) : 3-5.
9. **Benhouhou. S** -2006 a guide to medicinal plants in north Africa
10. **Bimlesh K., SARABJOT K., Shakti P., Prashant T. and Kalyani D.**, 2010. Comparative study of anthelmintic activity of aqueous and ethanolic extract of bark of *Holoptelea integrifolia*. Int. J. Drug dev. & res., The Netherlands 2(4):758-763. Available online <http://www.ijddr.in>).
11. **Brader L., Djibo H., Faye F. G., Ghaout S., Lazar M., Nguala, P. M. & Ould Babah, M. A.**, 2006. Towards a More Effective Response to Desert Locusts and their Impacts on Food Insecurity, Livelihoods and Poverty. Independent Multilateral Evaluation of the 2003-05. Desert Locust Campaign. - FAO : Rome. 113p.
12. **C.L.C.P.R.O.** 2010 - Programme EMPRES phase II (Système de prévention et de réponse rapide contre les ravageurs et maladies transfrontières des animaux et des plantes / Composante Criquet pèlerin dans la Région Occidentale de l'Afrique).
13. **Chara B.**, 1995c, Eléments sur la biologie et l'écologie du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskäl, 1775). Stage de formation en lutte antiacridienne. 17 – 27 septembre 1995, INPV-OADA., El Harrach, Alger, :32-45.
14. **Choubaya D.D**, 2002 La perception gustative des phytoecdystéroïdes par les larves de la pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis* Hübner (Lepidoptera, Pyralidae) Taste detection of phytoecdysteroids in European corn borer larvae (*Ostrinia nubilalis* Hübner, Lepidoptera, Pyralidae). THÈSE pour obtenir le grade de Docteur de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon Discipline : Protection des cultures.
15. **Commission de lutte contre le criquet pèlerin en région occidentale (CLCPRO)**. 40p.
16. **Cressman K. et Dobson H.M.**, 2001 –Desert Locust Guidelines : Appendixes.Ed. Food Alimentation Organisation (F.A.O.), Rome, 171 p.
17. **Dinan, Laurence; Savchenko, Tamara; Whiting, Pensri** (2001). "Phytoecdysteroids dans le genre asperges (*Asparagaceae*)" *Phytochemistry* 56 (6):.. 569-76.
18. **Diop B. et Wilps H.**, 1997- Field trials with neem oil and *Melia volkensii* extracts on *S. gregaria*. pp. 201-207 in KRALL S., PEVELING M. and DIALLO D., New Strategies in Locust Control. Ed. Birkhäuser, Basel, Switzerland, 522 p.

19. **Driver CJ, Ligothke MW, Van Voris P McVeety DB** – 1991, Routes of uptake. Springer Verlag, Berlin.
20. **Duranton J.-F. et Launois M.**, 1982. - Mission exploratoire sur le Criquet pèlerin dans l'Adrar des Iforas, le Tamesna et l'Air, 21 juillet- 20 septembre 1980. - Projet doc. multigr.- Coll. : Stations de recherche acridienne sur le terrain, séries techniques. - FAO : Rome. - III + 47 p. 95.
21. **Duranton J.-F. et Lecoq M.**, 1990. - Le Criquet pèlerin au Sahel. -Coll. : Acridologie opérationnelle, n° 6 - CILSS-DFPV / Ministère des Affaires Étrangères des Pays-Bas / CIRAD-GERDAT-Prifas : Niamey / La Haye / Montpellier. – 183.
22. **Duranton J.F., Launois M., Launois-Luong M.H. et Lecoq M. et Rachadi T.**, 1987 – Guide antiacridien du Sahel. Ed. Cirad / Prifas, Départ. G.E.R.D.A.T, Montpellier, 343 p.
23. **Duranton J.F., Launois M., Launois-Luong M.H. et Lecoq M.**, 1982 – Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche. Ed. Cirad / Prifas, Départ. G.E.R.D.A.T, Paris, T. I, 695 p.
24. **Duranton J.-F., Lecoq, M. et Rachadi T.**, 1995. - Stratégies de lutte antiacridienne contre le Criquet pèlerin : concepts, contraintes, perspectives. - CIRAD-GERDAT-PRIFAS : Montpellier. - 25 p.
25. **Duranton.JF, Foucort. A , Gay P.E** avec la collaboration de Abonnier. M 2012 fLORULE DES BIOTOPES DU CRIQUET pèlerin en afrique de l'ouest et do nord-ouest à l'usage des propecteurs de la clutte antiacridienne.
26. **Dynamac** (1988a, 1988b) Results of the Mali Pesticide Testing Trails Against the Senegalese grasshopper : Final Report. USAID. WashingtonDC.
27. **El Tigani S and Shaza S. Ahmed** *Solenostemma argel* Tissue Culture for Production of Secondary Metabolites Botany Department, Faculty of Science, University of Khartoum, Khartoum, Sudan.
28. **Epifano, F, Curini, M., Marcotullio, M.C., Menghini,A., Menghini, L., Altinier, G. & Sosa, S.**, 2003. Anti-inflammatory activity of *Solenostema argel*. Paper at the 51 Annual Congress of the Society of Medicinal Plant research.
29. **FAO** (1995b) Plan d'opération. Document du projet GCP/SEN/041/NET , Food and agricultural Organization, Rome, Italy.
30. **Fargues J. et Goettel M.**, 1996- Environmental constraints of mycopesticides ; a challenge. Bull OILB srop, 19(8).

31. **Greathead D.J., Kooyman C., Launois-Luong M.H. et Popov G.B.**, 1994 – Les ennemis naturels des criquets du Sahel. Ed. Cirad / Prifas, 'Collection Acridologie Opérationnelle n°8', Montpellier, 147 p.
32. **James W. E, Djibril M, Omar B** , Effet de la lutte antiacridienne sur l'environnement Tome1 1997. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Direction de la protection des végétaux. Ministère de l'agriculture – SE NEGAL.
33. **Jang, Y.S., Kim M.K., Ahn Y.J. and Lee H.S.**, 2002. Larvicidal activity of Brazilian plants against *Aedes aegypti* and *Culex pipiens pallens* (Diptera: Culicidae). Agric. Chem. Biotechnol., 45(3): 131-134
34. **Kamel, M.S.**, 2003. Acylated phenolic glycosides from *Solenostemma argel*. Phytochemistry, Vol. 62 (8). pp. 1247-1250.
35. **Keita M. N.** 2009 - Contribution à l'amélioration de la lutte préventive par l'étude de la biogéographie le Criquet pèlerin au Mali. Mémoire de troisième cycle, Inst. Agro et Vét. Hassan II, Agadir, Maroc. 96 p.
36. **Kooyman C., Ammati M., Moumene K., Chaouch A. et Zeyd A.**, 2005- Essai de green muscle sur des nymphes du criquet pèlerin dans la wilaya d'El oued, nord-est Algérie avril-mai 2005, FAO TAC 715. 21p.
37. **Lahr J et Banister K** (in press). The impact of chemical desert locust control on aquatic fauna of the Senegal River System, In: Remane K (Ed) African Inland Fisheries, Aquaculture and Environment Fishing News Books Publ.
38. **Lecoq M.**, 1999. - Lutte contre le Criquet pèlerin. Stratégie commune et restructuration des organismes chargés de la lutte antiacridienne en région occidentale. Note de synthèse suite aux réunions tenues à la FAO Rome du 22 au 24 février et les 21 et 22 mai 1999. - CIRAD-AMIS-PC-Prifas : Montpellier. - 4 p.
39. **Lecoq M.**, 2005. - Enseignements de la récente invasion du Criquet pèlerin en Afrique - 7 e conférence internationale sur les ravageurs en agriculture,
40. **Lecoq M., Wilps H. et Zelazny B.**, 2003 – Locust literature. Ed. ISPI Pest-Directory Locust, GTZ, CIRAD, FAO, Rome.
41. **Luong-Skormand M.H., Rachadi T. et Lecoq M.**, 1999- La lutte contre les criquets ravageurs : l'intérêt des mycopesticides. Ed. Cirad-Amis-Programme Protection des cultures, n°19, Paris, :49-52. (Disponible sur <http://www.inra.fr/dpenv/do.htm#d19>).

- 42. Mac Cuaing**, 1976. The occurrence of insecticides in the blood of staff of a locust control organisation Bull Env Cont Toxicol 15 (2) 162-170.
- 43. Martini P., Lecoq M., Soumaré L. ET Chara B.**, 1998 – Proposition de programme de lutte contre le criquet pèlerin dans la partie occidentale de son aire d'habitat. Ed. Food agric. org., Rome, 92 p.
- 44. Meinzingen W.F.**, 1997- Overview and challenges of new control agents, pp.105-115 in KRALL S., PEVELING R. and BA DIALLO D., New strategies in locust control, Ed. Birkhauser verlag, Basel/ Switzerland, 522p.
- 45. Montpellier, France**, 26-27 octobre 2005. - AFPP-Association française de protection des plantes : Paris. - p. 114.
- 46. 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 migratoria* (R et F, 1850) (*Orthoptera, Acrididae*).Thèse Magister Sci. agro., Inst. Nati. Agro., El Harrach, 123 p.
- 47. Muhammad H. S. et Muhammad S.**, 2005 - The use of *Lawsonia inermis* linn. (henna) in the management of burn wound infections, Ed.African Journal of Biotechnology. Vol. 4 (9), pp. 934-937.
- 48. Mulie WC and Keith JO** (1993) The effects of aerially applied fenitrothion and chlorpyrifos on birds in the savannah of northern Senegal. J Appl Ecol 30 : 536-550.
- 49. Murwan K. Sabah EL-Kheir et Murwa A.M** Chemical Composition, Minerals, Protein Fractionation, and Anti-nutrition Factors in Leaf of Hargel Plant (*Solenostemma Argel*) Batanouny, K. H., 1999. Wild Medicinal Plants in Egypt. The Palm Press. Cairo. 207 p.
- 50. Mwangi R.W., Kabarou J.M. et Rembold H.**, 1997- Potential for *Melia volkensii* fruit extract in the control of locusts, pp. 193-200 in KRALL S., PEVELING R. and BA DIALLO D., New strategies in locust control, Ed. Birkhäuser Verlag, Basel/ Switzerland, 522p.
- 51. Nasseh H.S., Krall H., Wilps H. et Salissou G.B.**, 1992- Les effets des inhibiteurs de croissance et de biocides végétaux sur les laves de *Schistocerca gregaria* (Forskäl). Sahel pv. Info. Bull. Inform. Protect. Végétaux. UCTR/PV n° 45, 5- 9.
- 52. Ould Ahmedou, M. L.**, 2002. - Analyse écologique des formations grégaires de larves du Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskäl, 1775) et leur impact sur les ressources végétales en Mauritanie. Faculté des sciences d'Agadir (Maroc). - VI +114 p.

- 53. Outtar F** 2009 Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae) Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Magister en sciences agronomiques Spécialité : Protection des végétaux – zoophytatrie Option : Acridologie ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE EL HARRACH – ALGER
- 54. Ozenda P.** 2004 – Flore et végétation du Sahara 3ème éd (mise à jour et augmenté)- CNBS Paris 686 p . 168 fig
- 55. Philipeau G.** 1989. Comment interpréter les résultats d'analyse en composantes principales (ACP), Institut technique des céréales et des fourrages (ITCF), Paris.
- 56. Phillips J, Fares RJ et Schweer LG** (1993) Distribution of total Skin surface area to body weight ratios for use in dermal exposure assessment. *J Exposure Anal Environ Epidemiol* 3 (3) 331-338.
- 57. Plaza A, Perrone.A, Balisterieri.C, Hamed A I, Pizza C, Piacente. S** New unusual pregnan glycoside with antiprolifirative activity from *Solenostemma argel* Dipartimento di science farmaceutich universita Studi Salerno via ponte Don mellilo 84084 Fisciano. SA Italy.
- 58. Popov G. B., Duranton, J.-F. & Gigault, J.,** 1991. Etude écologique des biotopes du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) en Afrique Nord Occidentale. Mise en évidence et description des unités territoriales écologiquement homogènes. Coll. : Les Acridiens- CIRAD-PRIFAS : Montpellier. xlii+744p.
- 59. Regnault – Roger.R.C, Philogene.Bjr, Vincent. C** Biopesticide d'origine végétale 11. Rue Lavoisier F-75008 Londre – Paris – New York 192p.
- 60. Rembold H.,** 1994 - Controlling locusts with plant chemicals, pp. 41-49in KRALL S., WILPS H., New trends in locust control. Ed. TZ-Verlags-Gesellschaft, Rossdorf, Germany.
- 61. Rembold H.,** 1997- *Melia volkensii*: a natural insecticide against desert locust, pp.185-191 in KRALL S., PEVELING R. and BA DIALLO D., New strategies in locust control, Ed. Birkhäuser Verlag, Basel/ Switzerland, 522p.
- 62. Riba.G,Silvy.c., 2001** combatre les ravageurs des cultures enjrux et perspectives INRA station de recherche de lutte biologique. La Minière, 78280 Guyancourt.
- 63. Sathish K. and Maneemegalai S.,** 2008. Evaluation of Larvicidal Effect of Lantana *Camara* Linn Against Mosquito Species *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. *Advan. Biol. Res.*, 2 (3-4), India : 39-43.

- 64. Stagliano M.**, 2008. Procédés d'extraction des produits naturels par solvants volatiles (Actifs & additifs en cosmétologie). Tec & Doc.- Lavoisier, chap. 19, Paris : 408-422.
- 65. Stewart Dab**, du Preez T et Price RE (1995) Environmental impact of deltamethrine on non-target organism in Karoo. Agriculture Research Council-PPRI, Repport 05: 7/95 Pretoria, SA.
- 66. Symmons P.M. et Cresman K.**, 2001 –Directives sur le criquet pèlerin - Biologie et comportement. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 43 p.
- 67. Thiam A., Diouf H.R., Kuiseual J., Sarr A., Thiam M.**, 2004 - Pesticides et Alternatives. Lutte antiacridienne : Guérir c'est bien, mais prévenir c'est mieux. N° 23. Ed. Pesticide Action Network (PAN) Africa, Dakar, n°23, 23p.
- 68. Tomlin C** (Ed) (1994). The pesticide manual 10th. Ed British Crop Protection Concil, The Royal Soc of Chem., UK.
- 69. Uvarov B.P.** 1977. Grasshoppers and locusts. Vol 2. Cambrid University Press Cambridge, 613 pp.
- 70. Zafack J.**, 2004 - Le criquet pèlerin: un acridien tout particulier. Bull. Infor. Phyto. (42) : 1-3.
- 71. Zakaria O., Sagnia S.B.**, 2003- Lutte intégrée contre les sautériaux et les locustes: importance du biopesticide Green Muscle. Vol. 5 (3). Ed. Centre Régional Agrhymet, 15p.
- 72. Zimmermann G., Zelazny B., Kleespies R. et Welling M.**, 1994- Biological control of African locusts by entomopathogenic microorganisms, pp. 127-138, in KRALL S., WILPS H., New trends in locust control. Ed. TZ-Verlags-Gesellschaft, Rossdorf, Germany.

Table des matières

INTRODUCTION.....	1
-------------------	---

I Synthèse bibliographique

1.1 Données bibliographiques sur le criquet pèlerin <i>Schistocerca gregaria</i> Forskäl, 1775.....	3
1.1.1. Dégâts et importance économique du criquet pèlerin.....	3
1.1.2. Position taxonomique.....	5
1.1.3. Bio-écologie du criquet pèlerin	6
1.1.3.1. Biologie du Criquet pèlerin.....	6
1.1.3.2. Ecologie du Criquet pèlerin.....	7
1.1.3.2.1. Les biotopes de multiplication (Aires grégarigènes).....	9
1.1.3.2.2. Complémentarité écologique saisonnière des aires grégarigènes.....	10
1.1.3.2.2.1. Zone de reproduction estivale.....	10
1.1.3.2.2.2. Zone de reproduction hivernale.....	11
1.1.3.2.2.3. Zone de reproduction printanière.....	11
1.1.4. Le polymorphisme phasaire du criquet pèlerin.....	11
1.1.4.1. Transformation morphologiques.....	13
1.1.4.2 - Transformation anatomique.....	14

1.1.4.3. Transformation physiologique.....	14
1.1.4.4. Transformation biologique.....	14
1.1.4.5. Modifications dans le tempérament écologique des individus.....	14
1.1.4.6. Transformations éthologiques.....	15
1.1.5. Différents situations acridiennes.....	15
1.1.5.1. Période de rémission.....	15
1.1.5.2. Période de résurgence.....	15
1.1.5.3. Période de recrudescences.....	16
1.1.5.4. Période des invasions généralisées.....	17
1.1.6. La lutte contre le criquet pèlerin (lutte antiacridienne).....	18
1.1.6.1. L'effet de la lutte antiacridienne sur l'environnement	18
1.1.6.1.1. Exposition humaine.....	19
1.1.6.1.2. Elevage.....	21
1.1.6.1.3. La faune aquatique.....	21
1.1.6.1.4. Les oiseaux	21
1.1.6.1.5 Les reptiles et les amphibiens.....	22
1.1.6.1.6 Les mammifères.....	22

1.1.7. Autres types de lutte contre le criquet pèlerin.....	22
1.1.7.1. La lutte mécanique.....	23
1.1.7.2. La lutte écologique.....	23
1.1.7.3. La lutte biologique.....	23
1.1.7.3.1 Les ennemis naturels.....	24
1.1.7.3.2 Les extraits végétaux.....	24
1.2. Données bibliographiques sur la plante l'argel : (<i>Solenostemma argel</i>).....	24
1.2.1. Généralité sur La famille des asclépiadacées.....	25
1.2.2 Généralité sur L'argel : <i>Solenostemma argel</i> (Del) Hayne.....	25
1.2.2.1 Systématique.....	26
1.2.2.2 Description.....	26
1.2.2.3. Profile phytochimique de <i>S.argel</i>	26
1.2.2.4 Propriétés et usages.....	27

II Matériels et méthodes

2. Introduction.....	32
2.1 Matériel biologique.....	32
2.1.1. Matériel végétal.....	32
2.1.2. Les individus de l'espèce <i>Schistocerca gregaria</i>	33

2.2. Méthodes	33
2.2.1. Elevage du criquet pèlerin (<i>Schistocerca gregaria</i>).....	33
2.2.2. Échantillonnage et identification de la plante.....	36
2.2.3. Préparation des extraits aqueux de la plante.....	38
2.2.3.1. Extraction par solvant.....	38
2.2.3.1 Extraction par ébullition	38
2.2.4. Évaluation du pouvoir acridicide.....	40
2.2.4.1. Effet sur la reproduction des adultes mâles et femelles de <i>S. gregaria</i>	41
2.2.4.1.1. Délai de la première ponte.....	41
2.2.4.1.2. Nombre d'oothèques par femelle.....	41
2.2.4.1.3 Nombre d'œufs par oothèque.....	41
2.2.4.2. L'effet des deux extraits sur la mortalité des imagos mâles et femelles de <i>S.gregaria</i>	43
2.3. Analyse statistique	45

III Résultats et discussion

3.1 Résultats	46
3.1.1 L'effet des deux extraits a base de <i>s.argel</i> sur la reproduction des imagos mâles et femelles	46
3.1.2 L'effet des deux extraits sur la mortalité des imagos mâles et femelles de <i>S.gregaria</i>	46
3.1.2.1 l'effet de l'extrait ethanologique de <i>S.argel</i> sur la mortalité des imagos de <i>S.gregaria</i>	48

3.1.2.2 l'effet de la décoction de <i>S. argel</i> sur la mortalité des imagos de <i>S.gregaria</i>	48
3.2. Discussion	59
Conclusion	65
Références bibliographiques	
Annexes	

Annexe

Tableau.16 délai de la 1^{ère} ponte

produit	Eau (Témoin)			Décoction de S, argel			Extrait éthalonique de S, argel		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
délai de la 1ere ponte	16	17	17	21	23				
M									
ET									
Nbre de femelles participant à la ponte	3			2/3			0/3		

Tableau.17 nombre d'oothèque par femelles

produit	N° femelle ,	Nombre oothèques	Nbre, total oothèques	M	E,type
Eau(Témoin)	1	1	3	1	
	2	1			
	3	1			
Décoction S, argel	1	1	2	0,7	
	2	1			
	3	0			
Extrait éthanolique de S, argel	1	0	0	0	
	2	0			
	3	0			

Tableau.18 nombre d'œufs par oothèque.

produits		ponte1(N° œufs)	ponte 2 (N° œufs)	ponte3(N° œufs)	M	ET
Eau (témoin)	R1	70	–	–	67,66	
	R2	65	–	–		
	R3	68	–	–		
Décoction	R1	50	–	–	38,33	
	R2	65	–	–		
	R3	0	–	–		
		0	–	–		
EXT éth	R1	0	–	–	0	
	R2	0	–	–		
	R3	0	–	–		