



MASTER SCIENCES ET TECHNIQUES
GESTION ET CONSERVATION DE LA
BIODIVERSITE
MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDE

*Contribution à l'étude du régime alimentaire
du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria**

Présenté par :
Mouad ROCHDI

Le 23 Juin 2015 devant le jury composé de :

Pr. El Ghadraoui Lahsen	FST-Fès	Président
Pr El Harchli El Hassan	FST-Fès	Co-encadrant
Pr Haloti Saïd	FST-Fès	Co-encadrant
Pr Lazraq Abderrahim	FST-Fès	Examinateur
Pr. Errachdi Faouzi	FS Ain Chok	Examinateur
Pr. Bouraada Khalid :	PMY-Fès	Examinateur

Stage effectué au sein du Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle et Environnement
FST-Fès

Année Universitaire : 2014/2015

Dédicaces

Que ce travail témoigne de mes respects :

A mes parents :

Grâce à leurs forts encouragements et leurs grands sacrifices, Ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études.

A ma famille

Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et mes profonds sentiments envers eux.

Je prie le bon Dieu de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fiers de moi.

Ils vont trouver ici l'expression de mes sentiments de respect et de reconnaissance pour le soutien qu'ils n'ont cessé de me porter.

A tous mes professeurs :

Leur générosité et leur soutien m'oblige de leurs témoigner mon profond respect et ma loyale considération.

A tous mes amis et mes collègues :

Ils vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et d'une amitié infinie

Remerciements :

La réalisation de ce modeste travail doit beaucoup à l'aide précieuse et les conseils reçus des enseignants et de l'équipe du laboratoire d'écologie fonctionnelle et environnement qui ont beaucoup contribué par leurs suggestions et critiques.

Ainsi je tiens à exprimer ma gratitude et présenter mes chaleureux remerciements à :

Monsieur le professeur Lahsen EL GHADRAOUI, notre chef de Master de m'avoir donné l'opportunité d'effectuer mon stage dans des conditions stimulantes et pour son aide, ses conseils et ses orientations tout le long de ce travail.

Monsieur le professeur Saïd HALOTI mon encadrant, qui n'a pas cessé de me prodiguer ses conseils et qui n'a épargné aucun effort pour contribuer à la réussite de mon travail je vous souhaite un bon rétablissement.

Monsieur El HARCHLI el Hassan professeur à faculté des sciences et techniques pour sa disponibilité, et la bienveillante attention qu'il a accordé à mon stage.

Monsieur le professeur LAZRAQ Abderrahim d'avoir accepté de juger ce travail

Je tiens à remercier M. le Professeur ERRACHDI Faouzi de la faculté des sciences Ain-chok Casablanca et M. BOURAADA Khalid du service environnement de la province de Molay Yacob de m'avoir fait l'honneur d'accepter d'être examinateurs de cette thèse, me permettant ainsi de bénéficier de leur expertise. Je les remercie pour le temps qu'ils ont consacré à juger ce travail et je tiens à leur exprimer ma respectueuse considération.

A tous les doctorants du laboratoire d'écologie fonctionnelle et environnement et de biotechnologie microbienne de la faculté des sciences et technique de Fès.

A tous mes professeurs du département des Sciences de la vie de Notre Faculté des Sciences et Techniques qui nous ont donné l'occasion d'acquérir une formation professionnelle.

A tous les fonctionnaires de la faculté des sciences et techniques.

A tous le staff de la buvette de la faculté des sciences et techniques.

Toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.

Résumé

Les locustes sont les insectes ravageurs les mieux connus dans le monde. Leur aire de répartition est extrêmement vaste. Un des traits les plus remarquables est leur aptitude à modifier leur comportement, leur physiologie, leur morphologie, leur développement et leur coloration en réponse à des changements de densité de population. Parmi ces locustes, le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) de la famille des Acrididae a toujours été le plus dévastateur de ces locustes. C'est un insecte polyphage, il est considéré comme une menace majeure pour les ressources agro-pastorales de nombreux pays dont le Maroc.

Dans le présent travail, nous nous sommes intéressés au comportement nutritif de criquet pèlerin maintenu en élevage massif au laboratoire. Ainsi, nous avons essayé de mettre en évidence, d'une part, l'effet du groupe sur le taux de consommation chez des criquets adultes. D'autre part, la composition en microorganismes de la flore intestinale de cette espèce. Les résultats obtenus ont montré que le taux de consommation de poacées augmente avec l'effectif des individus, ce qui pourrait être expliqué par la mise en place de comportement compétitif et agressif chez des individus vivant en groupe. Quant à la composition microbienne de la flore intestinale, nous avons pu montrer que les individus étudiés sont caractérisés par une richesse microbienne importante au niveau des différentes parties de leur intestin. Ces derniers pourraient constituer l'un des éléments les plus impliqués dans la détermination du régime trophique d'une espèce acridienne.

Mots clés :

Schistocerca gregaria, polyphage, taux de consommation, effet de groupe, flore intestinale, microorganismes.

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre .I : Synthèse bibliographique	2
A- Biologie de Schistocerca gregaria	2
1. Position systématique	2
2. Caractéristiques morphologiques	2
3. Anatomie	3
3.1. Appareil digestif	3
3.2. Appareil circulatoire	4
3.3. Système nerveux	4
4. Cycle biologique	5
4.1. Accouplement	6
4.2. Ponte	6
4.3. Œuf	6
4.4. Développement larvaire	7
4.5. Stade imaginal	8
B- Ecologie de Schistocerca gregaria	9
1. Comportement du criquet pèlerin	9
1.1 Grégarisation et polymorphisme larvaire	9
1.2. Aires grégarigènes et foyers de grégarisation	10
2. Mécanismes de la transformation phasaire dans la nature	10
2.1. Multiplication :	10
2.2. Concentration	11
2.3. Grégarisation	11
3. Comportement alimentaire	11
4. Dégâts et importance économique	12
C- Mécanisme de lutte	12
1. Lutte préventive	12
2. Lutte mécanique	13
3. Lutte écologique	13
4. Lutte chimique	14
5. Lutte biologique	14
5.1. Ennemis naturels	14
5.2. Plantes acridifuges ou acridicides	16
Chapitre .II : Matériel et méthodes	18
1. Matériel biologique	18
1.1. Effet de la densité sur le régime trophique :	18
1.2. Etude microbiologique :	18
2. Méthodologie	18
2.1. Effet de la densité sur le régime trophique :	18
2.2. Etude microbiologique :	19
2.2.1. Estimation de la biomasse des microorganismes de l'intestin du criquet pèlerin :	19
2.2.2. Caractérisation des potentiels enzymatiques des isolats purifiés :	19

2.2.3	Test d'effet antibactérien de certaines huiles essentielles sur les bactéries ayant un fort potentiel enzymatique	20
Chapitre .III : Résultats et discussions		22
1.	Effet de la densité sur le régime trophique :	22
1.1.	Poids de fèces :	22
1.2.	Poids des individus :	23
1.3.	Taille des individus	24
2.	Etude microbiologique	25
2.1.	Dénombrement et estimation de la biomasse bactérienne :	25
	Dénombrement des bactéries	25
	Dénombrement des levures	27
2.2.	Potentiels enzymatiques des souches isolées	29
	Activité cellulase	30
	Activité Amylase	30
	Activité pectinase :	31
2.3.	Test d'effet antibactérien de certaines huiles essentielles sur les bactéries ayant un fort potentiel enzymatique :	33
Conclusion générale		36
Références bibliographiques		37

Liste des abréviations

LB	:	Lauria Bertani
YPG	:	Yeast extract Peptone Glucose
CMC	:	Carboxy méthyl cellulose
PGA	:	Acide polygalacturonique
CFU	:	Unité formant colonie
SG	:	Schistocerca gregaria
HE	:	Huile essentielle

Liste des figures :

Figure 1 : adulte de <i>schistocerca gregaria</i>	3
Figure 2 : schéma du tube digestif du criquet pèlerin	4
Figure 3 : cycle biologique de <i>Schistocerca gregaria</i>	5
Figure 4 : Image d'une oothèque de <i>Schistocerca gregaria</i> (DURANTON et <i>al.</i> , 1982)	6
Figure 5 : Larve solitaire de stade 5 (à gauche) et larve grégaire (à droite)	7
Figure 6 : Aire de répartition de <i>S.gregaria</i> (LECOQ, 2004)	11
Figure 7 : variation de la quantité de fèces produite par individu en fonction de la densité	22
Figure 8 : représentation du poids d'individus en gramme en fonction du nombre d'individus par cage	24
Figure 9 : variation de la taille des individus en fonction de la densité	25
Figure 10 : Représentation graphique de la biomasse bactérienne chez les mâles et les femelles de <i>Schistocerca gregaria</i>	27
Figure 11 : Représentation graphique de la biomasse des levures chez les mâles et les femelles de <i>Schistocerca gregaria</i>	28
Figure 12 boîtes de milieu CMC montrant l'activité cellulase des isolats	30
Figure 13 : boîtes de milieu amylase montrant l'activité amylase des isolats	31
Figure 14 : boîte de milieu PGA montrant l'activité pectinase des isolats	31
Figure 15 : variation du diamètre des halos d'inhibitions vis-à-vis les différentes HE testées	33
Figure 16 : test d'activité antibactérienne chez l'isolat 4	34
Figure 17 : test d'activité antibactérienne chez l'isolat 11	34
Figure 18 : test d'activité antibactérienne chez l'isolat 38	35
Figure 19 : auréole d'inhibition obtenue avec l'HE de thym (<i>thymus vulgaris</i>)	35

Liste des tableaux

Tableau 1 : Plantes et leurs effets sur <i>Schistocerca gregaria</i> (Abbassi et al, 2003 cité par Kemassi, 2008).....	17
Tableau 2 : nombre de colonies dans les différentes parties de l'intestin d'une femelle de <i>Schistocerca gregaria</i> :	25
Tableau 3 : biomasse bactérienne de l'intestin d'une femelle de <i>Schistocerca gregaria</i>	26
Tableau 4 : nombre de colonies dans les différentes parties de l'intestin d'un male de <i>Schistocerca gregaria</i>	26
Tableau 5 : biomasse bactérienne de l'intestin d'un male de <i>Schistocerca gregaria</i>	26
Tableau 6 : nombre de colonies de levures dans les différentes parties de l'intestin d'un male de <i>Schistocerca gregaria</i> :.....	27
Tableau 7 : Dénombrement des levures dans l'intestin d'un male de <i>Schistocerca gregaria</i>	28
Tableau 8 : nombre de colonies dans les différentes parties de l'intestin d'une femelle de <i>Schistocerca gregaria</i> :	28
Tableau 9 : dénombrement des levures dans l'intestin d'une femelle de <i>Schistocerca gregaria</i>	28
Tableau 10 : isolats bactériens choisis et leurs provenances :.....	29
Tableau 11 : Tableau récapitulatif des différentes activités enzymatiques testées chez les 40 isolats bactériens	32
Tableau 12 : variation du diamètre des auréoles chez les 5 isolats testés	33

Introduction générale

Les acridiens occupent une place très importante parmi les insectes nuisibles à l'agriculture. C'est un groupe hétérogène comprenant aussi bien des sauterelles que des sauteriaux (Doumandji et Dounadji-Mitiche, 1994). Parmi lesquels, le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Celui-ci est l'acridien le plus redoutable aux productions agricoles et pastorales à l'échelle mondiale y compris le Maroc. Son caractère polyphage et sa voracité le qualifie comme étant un ravageur phytophage apocalyptique par excellence. Il constitue une menace quasi permanente pour les plantes cultivées et les pâturages de nombreux pays de l'Afrique du Nord, de l'Équateur et de l'Atlantique à l'Asie du Sud-ouest en passant par le Proche Orient. Cette menace émane d'une part de sa grande mobilité (formation des essaims pouvant parcourir plus de 1000 kilomètres en quelques jours) et d'autre part de son aptitude alimentaire. De très nombreuses plantes sont alors susceptibles d'être attaquées, quels que soient leurs types, des ligneuses comme le bananier, le palmier dattier, ou herbacées, comme le mil, le maïs, le blé et le sorgho (Duranton et *al*, 1982).

Le Criquet pèlerin manifeste des préférences alimentaires envers certaines espèces. Ce choix nutritionnel est en fonction de nombreux facteurs dont la composition chimique de ses ressources floristiques et de leur composition en certains nutriments indispensables à sa physiologie (Ould El Haj, 2002).

Néanmoins, La grande polyphagie de ce locuste en particulier en phase grégaire le conduisant à s'attaquer à une très large gamme de cultures et à leur causer des dégâts très sévères.

C'est dans une vision de chercher à expliquer le rôle de l'état phasaire dans l'augmentation de la consommation de *Schistocerca gregaria* que nous avons mené cette étude. Nous avons d'une part mis au point une simulation de différents états phasaire à l'échelle du laboratoire. Nous avons d'autre part caractérisé la microflore intestinale de ce ravageur. Nous avons aussi testé le pouvoir antibactérien des huiles essentielles (Thym, Romarin, Sauge et Lavande) vis-à-vis de certains isolats bactériens purifiés.

Chapitre .I : Synthèse bibliographique

A- Biologie de *Schistocerca gregaria*

1. Position systématique

Le Criquet pèlerin « *Schistocerca gregaria* », est un orthoptère du sous-ordre des Caelifères qui regroupe les individus possédant des antennes courtes ne dépassant guère la limite postérieure du pronotum. Il appartient à la famille des Acrididae et sous famille des Crytacanthacridinae (Louveaux et Benhalima, 1986)

Embranchement :..... Arthropodes
 Sous Embranchement :..... Mandibulates
 Classe : Insectes
 Sous classe : Ptérygotes
 Super Ordre :..... Orthoptéroïdes
 Ordre : Orthoptères
 Sous Ordre :..... Caelifères
 Super Famille : Acridioideae
 Famille :..... Acrididae
 Sous famille :..... Cytracanthacridinae
 Genre :..... *Schistocerca*
 Espèce : *Schistocerca gregaria* (FORSKÅL, 1775)

Schistocerca gregaria est présent deux sous espèces:

- *Schistocerca gregaria gregaria* (Forskål, 1775)
- *Schistocerca gregaria flaviventris* (Burmiestr, 1838) répartie en Afrique du Sud-Ouest.

2. Caractéristiques morphologiques

Le Criquet pèlerin est un acridien de grande taille dont les femelles mesurent de 70 à 90 mm de long et les mâles de 60 à 75 mm. Les antennes sont filiformes, la carène médiane est assez basse,. Le pronotum est légèrement comprimé dans le prozone. Le tubercule prosternal est bien développé,. Les lobes latéraux méso sternaux sont plus ou moins rectangulaires. Les élytres et

les ailes dépassent nettement l'extrémité abdominale. Les ailes postérieures sont toujours hyalines ou monochromes, rosâtres ou jaunes, selon l'état physiologique de l'individu. Les cerques mâles sont courts, rectangulaires et la plaque sous génitale est bilobée, avec une échancrure triangulaire au sommet (Duranton et Lecoq, 1990; Mistchenko, 1952). Les jeunes imagos solitaires sont verts pâles, brunâtres ou grisâtres. Les mâles jaunissent faiblement à la maturation sexuelle. Les côtés du pronotum sont parcourus par des bandes foncées et claires.



Figure 1 : adulte de *schistocerca gregaria*

3. Anatomie

3.1.Appareil digestif

Le tube digestif est un simple conduit reliant la bouche à l'anus et présentant une succession de poches spécialisées regroupées en trois ensembles importants : à l'avant : le Stomodeum qui comprend la cavité buccale, le pharynx, l'œsophage, le jabot et le gésier .au centre : le Mésenteron. À l'arrière : le Proctodeum.

La cavité buccale est un espace court et limité, elle est composée de la paroi épi pharyngienne du clypéo-labre à l'avant, les mandibules et les maxilles sur les côtés et l'hypopharynx et le labuim à l'arrière.

On distingue souvent le Cibarium, où s'accumulent les aliments, du Salivarium où les aliments broyés s'imprègnent des sécrétions de deux glandes salivaires placées à la base de l'hypopharynx.

Le pharynx est court, l'œsophage grêle. Le jabot, plus volumineux, permet un premier stockage des aliments. Un gésier musculeux assure ensuite la trituration et régularise le transit vers l'intestin moyen ou mésenteron.

Le mésenteron est une région spécifiquement digestive. Elle est pourvue de six caeca gastriques disposés autour du tube digestif. L'ensemble forme la valvule cardiaque. Chaque caecum abrite une grande quantité de bactéries qui ont un rôle biochimique dans la digestion.

Le proctodeum se différencie à partir du pylore où se placent de nombreux tubes de Malpighi excréteurs. Il forme ensuite un iléon très musculueux, un colon étroit et un rectum dilaté en poche. Une valvule rectale marque la limite entre colon et rectum. Le rectum se termine par un sphincter : l'anus.

L'intestin est recouvert d'une intima cuticulaire et présente une surface plissée. Le rectum permet la récupération de l'eau contenue dans les fèces.

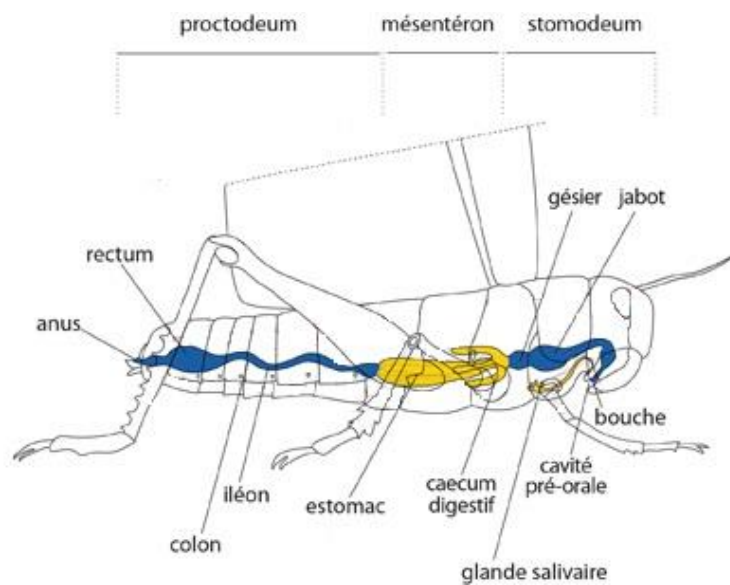


Figure 2 : schéma du tube digestif du criquet pèlerin

3.2.Appareil circulatoire

Le sang des acridiens est appelé hémolymphe n'est pas entièrement canalisé dans les vaisseaux comme chez les Vertébrés. Il remplit la cavité générale du corps (hémocoèle) et la lumière centrale des appendices. Son débit est assuré par les pressions engendrées par les mouvements du corps et les effets du vaisseau dorsal pulsatile, appelé "cœur" (par rapprochement avec les Vertébrés).

3.3.Système nerveux

Le système nerveux sert à commander les muscles, les viscères et assure, grâce au comportement, le maintien de l'individu dans des conditions optimales pour l'espèce. Il contient trois parties: le système nerveux central, le système sympathique et le système périphérique. Il comporte en fait un cerveau dorsal et une chaîne nerveuse ventrale. Le cerveau résulte de la

fusion de trois ganglions: le protocérébron, le deutocérébron et le tritocérébron (Raccaud Schoeller,1980).

4. Cycle biologique

Le Criquet pèlerin, comme tous les autres acridiens, passe par trois états successifs: l'œuf, la larve et l'ailé. Lors de l'éclosion, naissent de jeunes criquets dépourvus d'ailes, appelés larves. Ces dernières se débarrassent de leur cuticule (mue), cinq à six fois pendant leur développement et leur taille s'accroît à chaque fois. La dernière mue, du stade larvaire 5 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.

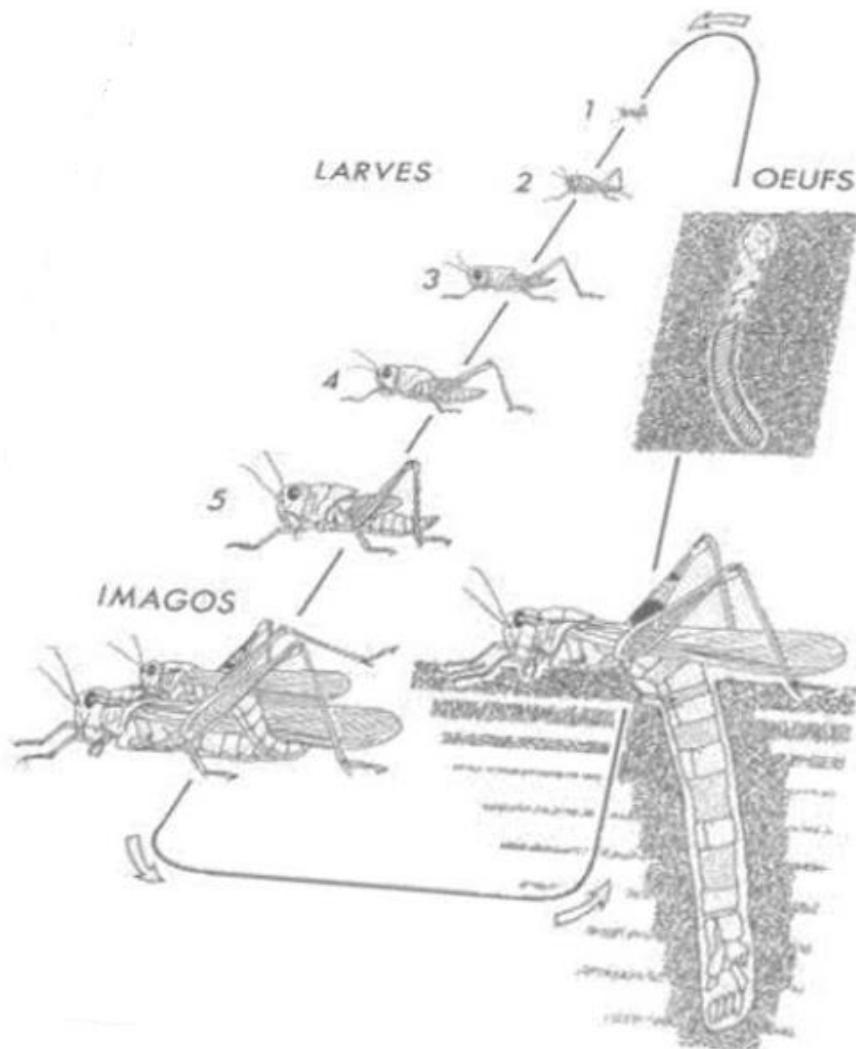


Figure 3 : cycle biologique de *Schistocerca gregaria*

4.1. Accouplement

Avec le début de la maturité sexuelle, les premiers accouplements sont marqués et vont se poursuivre durant la vie reproductive, La durée de copulation est de l'ordre de 3 à 14 heures chez *Schistocerca gregaria* (De gregorio, 1996).

4.2. Ponte

Après accouplement, la femelle cherche un endroit propice à la ponte et choisit en général, un endroit sablonneux et frais. Elle creuse ensuite, le sol avec son oviscapte qu'elle enfonce à une profondeur de 7 cm environ, (Mallamaire et Roy, 1968). La femelle pond les œufs sous forme d'une masse ovigère appelée oothèque. Les œufs sont disposés comme dans un régime de bananes miniature. (Symmons et Cressman, 2001).

Peu après la ponte, l'œuf s'hydrate et augmente de volume. Les œufs doivent absorber l'équivalent de leur propre poids d'eau dans les cinq premiers jours après la ponte; ce qui leur permet de se développer correctement et d'assurer l'éclosion (Duranton et Lecoq, 1990).

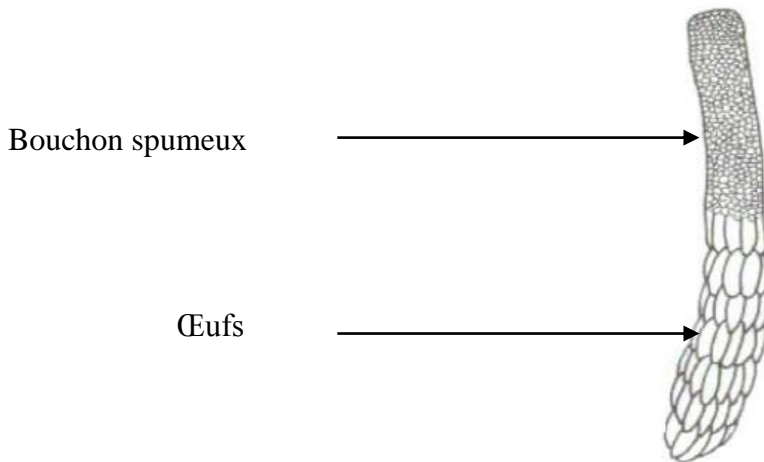


Figure 4 : Image d'une oothèque de *Schistocerca gregaria* (DURANTON et *al.*, 1982)

4.3. Œuf

Pendant la période de reproduction, les femelles matures se rassemblent dans des endroits propices et déposent des œufs dans le sol. La femelle pond en une seule fois, un grand nombre d'œufs qui sont agglomérés dans une sécrétion spumeuse ou oothèque qui durcit affleurant presque à la surface du sol. Il arrive que les œufs du criquet restent viables après plusieurs mois

dans le sol. La durée de vie embryonnaire s'achève par l'éclosion et donne naissance à une jeune larve. (Simbara, 1989).

4.4. Développement larvaire

Après l'éclosion, la première forme larvaire est dite larve vermiforme, Elle se débarrasse de sa cuticule post-embryonnaire au cours de la mue intermédiaire et devient alors une larve de premier stade (L1). Elle passe ensuite par cinq ou six stades larvaires en fonction de son état phasaire.

Ainsi il a été montré que la durée de développement larvaire est de l'ordre de 38 jours en conditions naturelles, et 25 jours en laboratoire.

Seule une fraction des larves survit jusqu'à la mue imaginale. Jusqu'à 70 ou 80% des larves du stade L1 peuvent mourir à cause des réserves hydriques inadéquates, du cannibalisme et de la prédation par les fourmis. Au cours du développement des larves survivantes, une mortalité de 10 à 20% peut être due au cannibalisme, au parasitisme et à la prédation (Symmons et Cressman, 2001).

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



Figure 5 : Larve solitaire de stade 5 (à gauche) et larve grégaire (à droite)

(DURANTON et LECOQ, 1990)

4.5. Stade imaginal

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

4.5.1. IMAGOS SOLITAIRES

Les imagos solitaires sont plus grands que les grégaires. Les femelles mesurent 60 à 90 mm de long, alors que les mâles mesurent de 45 à 60 mm, d'aspect robuste. La teinte générale est à

dominante jaune sable, brune ou grise .Les yeux portent 6 à 7 stries en relation avec le nombre de stades larvaires accomplis. On note la présence de macules et des lignes sombres sur le pronotum ainsi qu'une ligne claire médiane sur le vertex de la tête. Le fémur postérieur possède une ligne noire longitudinale sur sa face externe (ligne fémorale) latéralement. La plaque du mésothorax située au dessus de l'articulation de la deuxième paire de pattes est nettement plus sombre que les parties antérieures et postérieures. Au cours de la maturation sexuelle, il y a un léger jaunissement des mâles. Chez les individus immatures, les ailes sont hyalines (Launois-Luong et Popov, 1992; Duranton et Lecoq, 1990).

4.5.2. IMAGOS GREGAIRES

Le Criquet du désert est l'espèce de locuste la plus sensible à la densité. Le changement phasaire s'amorce à partir de 500 imagos /ha (Lecoq, 1988). Chez les grégaires, la teinte générale du corps est plus homogène que chez les solitaires. La coloration est rose à rouge brunâtre pour les imagos immatures, et jaune chez les imagos matures. Les femelles mesurent de 50 à 60 mm de long et les mâles de 45 à 50 mm. Ils se distinguent par leur pronotum concave, chez les imagos matures. Les yeux obscurs portent 6 stries souvent indistinctes (Launois-Luong et Popov, 1992). Les individus transiens peuvent présenter des colorations plus ou moins intermédiaires (Duranton et Lecoq, 1990) (Photo 4). Chez les grégaires ou les solitaires, le Criquet pèlerin présente des antennes filiformes (Pastres et *al.*, 1988; Lounois Luong et Popov, 1992). Dans la nature, la longévité des imagos du Criquet pèlerin, varie en moyenne de 34 à 230 jours en fonction essentiellement de l'existence ou non d'une période de quiescence imaginaire ou bien à la durée de celle-ci (Duranton et Lecoq, 1990).

B- Ecologie de *Schistocerca gregaria*

1. Comportement du criquet pèlerin

1.1 Grégarisation et polymorphisme larvaire

Le criquet pèlerin appartient au groupe des acridiens grégariaptés, encore appelés locustes qui ont la particularité de se présenter sous la forme solitaire ou sous la forme grégaire selon certaines circonstances. Le passage d'une forme à l'autre se fait par un processus de transformation phasaire. Cette transformation est réversible et se fait de manière progressive. Le criquet pèlerin fait partie des espèces les plus sensibles à l'effet de la densité. Les caractères

qui différencient les solitaires des grégaires sont extrêmement complexes et variés (Latchininsky et Launois-Luong, 1997).

1.2. Aires grégariques et foyers de grégariation

Les aires grégariques sont un ensemble de régions entre lesquelles se font des échanges réguliers de populations, aboutissant après certaines années à des véritables grégariations. Elles forment donc des ensembles fonctionnels géographiquement définis et sont incluses dans l'aire d'habitat permanent de l'espèce (Lecoq, 2004). Selon Duranton et Lecoq (1990), les foyers grégariques sont les lieux où s'accomplit la grégariation. chez *S. gregaria*, les foyers en Afrique de l'Ouest seraient très disjoints dans l'espace. Beaucoup semblent circonscrits aux zones d'épandage des grands Oueds Sahariens alimentés par les massifs montagneux désertiques, d'autres aux régions côtières sableuses à de fortes pluviosités

2. Mécanismes de la transformation phasique dans la nature

Au cours de la transformation phasique, trois phénomènes importants vont intervenir :

2.1. Multiplication :

Permet une augmentation des effectifs, si des conditions écologiques optimales se maintiennent.

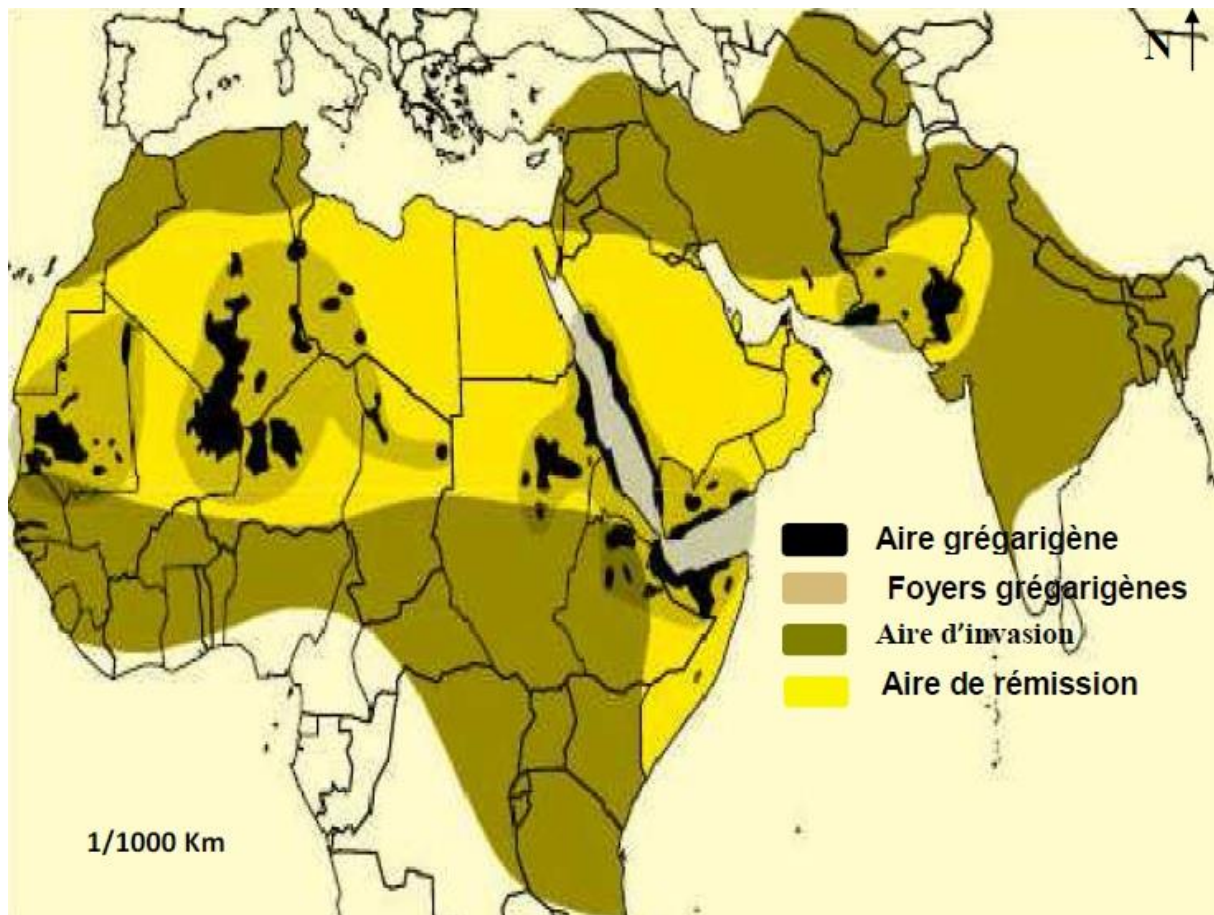


Figure 6 : Aire de répartition de *S.gregaria* (LECOQ, 2004)

2.2. Concentration

Sur des superficies réduites offrant des conditions favorables au Criquet pèlerin. Elle peut se réaliser, d'une part, à l'échelle synoptique grâce au regroupement d'imagos solitaires par les systèmes de vents et/ou, d'autre part, à la méso-échelle par réduction des surfaces habitables.

2.3. Grégarisation

Si la densité critique est atteinte et maintenue au moins le temps d'une génération; en réalité, le passage de la phase solitaire-type à la phase grégaire-type nécessitera le maintien de conditions favorables pendant au moins 4 générations successives (Duranton et Lecoq, 1990).

3. Comportement alimentaire

Il est admis communément que le comportement des insectes dans la sélection de substrats alimentaire est un changement dans l'opportunité de consommer une plante plutôt qu'une autre (Moumen, 1997). En effet, le choix par un insecte d'un végétal comme aliment dépend de la présence des substances qui stimulent ou inhibent la prise de nourriture ou d'une substance qui est appréciée par l'insecte. Le criquet pèlerin malgré sa polyphagie, présente une prédilection

marquée pour certaines plantes de familles botaniques différentes, comme les poacées, les crucifères, les légumineuses (Uvarov, 1928 cité par Doumandji et Doumandji mitiche, 1994). Halouane (1997) a remarqué que le criquet du désert s'accommode bien avec le chou comme substrat alimentaire. Tail (1998) souligne la préférence de cette locuste pour *Triticum durum*.

4. Dégâts et importance économique

Les dégâts infligés par les acridiens aux cultures et aux pâturages sont de diverses natures :

- Prélèvement alimentaire sur les feuilles, les fleurs, les fruits, les semences, les jeunes écorces, les pousses, les plantules.
 - Blessures des plantes consécutives aux morsures. Elles ont deux conséquences dont l'ouverture d'une voie d'infection aux parasites et aux maladies végétales, et création d'une lésion (section des vaisseaux appauvrissant la plante en sève) entraînant une destruction des tissus 5 à 10 fois plus importante que la prise de nourriture elle-même.
 - Souillure des surfaces foliaires par les déjections déposées. La photosynthèse en est perturbée.
- 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.

Le criquet pèlerin occupe une importance particulière suite aux caractéristiques qu'il possède entre autre sa grande mobilité, sa voracité, la fréquence élevée de ses invasions ainsi que sa large distribution. Etant phytophage, les dommages imputables se manifestent à différents stades de développement. 8 % des dommages sont dus aux larves, 69 % aux insectes immatures et 23 % aux essaims d'insectes adultes (Nurein, 1989).

En Algérie, en 1866, les pertes ont été estimées à 19.652.981 de francs français (équivalent de 52 millions d'euros de 2003). En 1941 en Libye, les criquets ont totalement endommagé un million de pieds de vignes (Lecoq et *al.*, 2003). Les pertes au niveau mondial sont estimées à 15 millions de Livre Sterling en 1935, 30 millions en 1950, 45 millions en 1980, malgré les efforts de lutte (Zafack 2004).

C- Mécanisme de lutte

1. Lutte préventive

La prévention est la seule stratégie de lutte contre le criquet pèlerin économiquement et écologiquement acceptable. De ce fait tous les moyens doivent être mis en oeuvre pour empêcher que les effectifs du criquet pèlerin n'atteignent la masse critique de transiens au-delà

de laquelle le processus de grégarisation généralisé devient inversible (Popov et *al.*, 1991). Duranton et Lecoq (1990) mentionnent que l'objectif est d'éviter le départ d'invasion car une fois déclenchée, elle est très difficile à arrêter, même avec des opérations intensives de lutte curative, et alors le risque secondaire de traitement acaricides pour l'environnement est considérable compte tenu de surfaces concernées. La stratégie de lutte préventive contre le criquet pèlerin se résume en trois étapes :

- Les surveillances des conductions écologiques dans les aires potentielles de reproduction et de grégarisation,
- L'organisation des prospections aériennes et terrestres dans les aires devenues potentiellement favorables à la suite des précipitations abondantes
- La lutte contre toutes les populations des criquets pèlerins dépassant un certain seuil, principalement dans les biotopes réputés constituer des foyers grégarigènes (Duranton et Lecoq, 1990).

2. Lutte mécanique

Les méthodes de lutte mécanique contre les acridiens sont les plus anciennes (Duranton et *al.* 1982). Ces méthodes consistent à creuser des tranchées pour que les larves y tombent ou à les balayer avec des branchages. Elles sont parfois utilisées, en dernier recours, pour essayer de protéger la culture. Elles peuvent éviter quelques dégâts si l'infestation acridienne est légère mais elles ont peu d'effet sur la population acridienne totale de la région et elles peuvent échouer à protéger les cultures quand de nombreux criquets envahissent les champs de façon continue. Il arrive qu'on bêche ou on laboure les champs de ponte. Mais il est difficile de trouver un grand nombre de champs de ponte sans disposer d'une très bonne information sur les sites de ponte des essaims (Dobson, 2001).

3. Lutte écologique

La lutte écologique consiste à utiliser tous les moyens naturels pour empêcher la pullulation d'une espèce ravageuse, par exemple, en modifiant l'environnement de l'acridien dans un sens qui lui est défavorable (Letchinsky et Launois-Luong, 1997). Duranton et *al.* (1987) citent :

- l'inondation temporaire de certains sites de reproduction;
- le labourage des sols indurés;
- la reforestation des clairières ;
- les semis des plantes répulsives ;

- la suppression des jachères.

L'inconvénient de cette forme de lutte réside dans la difficulté de son application à grande échelle.

4. Lutte chimique

La lutte chimique consiste à atteindre les criquets ravageurs directement ou indirectement (par empoisonnement de la végétation), au moyen de substances actives, naturelles ou de synthèse, pour les tuer ou les faire fuir (Duranon et *al.* 1987). La lutte chimique actuellement est la seule arme disponible pour traiter les fléaux acridiens de grande ampleur à l'échelle locale, nationale et internationale. Néanmoins, elle doit être employée à bon escient et les traitements doivent être réalisés dans le respect des règles de bon usage (Launois Luong et *al.* 1988). Pour tuer les criquets, il faudrait utiliser les produits les plus spécifiques des organismes cibles, tout en choisissant ceux qui sont aussi peu dangereux que possible pour l'homme et le milieu. Malheureusement, les insecticides ne sont jamais strictement acridicides (qui ne tuent que les acridiens) et l'on prend toujours le risque de détruire les pollinisateurs (auxiliaires indispensables à la fécondation de nombreuses plantes), les coprophages (reminéralisation du sol par enfouissement et transformation de la matière organique contenue dans les excréments du bétail) et bien d'autres insectes dont le rôle est si essentiel aux agro systèmes

5. Lutte biologique

L'idée d'utiliser les ennemis naturels pour lutter contre les criquets est très ancienne car, en conditions naturelles, les acridiens sont la proie de quantités de prédateurs et hôte de parasite et de maladies. Bien que l'action des agents biologiques soit discrète et ponctuelle comparée aux effets des facteurs climatiques, il arrive que localement, les acridiens puissent être totalement éliminés par leurs ennemis naturels (Latchinsky et Launois-Luong, 1997). La lutte biologique consiste généralement à l'utilisation contrôlée d'ennemis naturels contre un organisme pour le détruire entièrement ou au moins limiter son expansion démographique (Duranton et *al.*, 1987).

5.1. Ennemis naturels

La lutte biologique contre les orthoptéroïdes nuisibles en particulier les acridiens s'exerce principalement par l'utilisation de leurs ennemis naturels: parasites, prédateurs et agents pathogènes (Kevan, 1992 et Greathead et *al.*, 1974), aussi certaines plantes possèdent des propriétés acridifuges (Lomer et Prior 1992).

➤ Parasites

Les larves et les imagos des acridiens sont parasités par des mouches des familles suivant: *Tachinidae*, *Nemestrinidae*, *Sarcophagidae* et surtout par des nématodes de la famille de *Nermithidae* (Greathead et al., 1994) des acariens ectoparasites sont souvent observés sur les criquets en Algérie. Ils appartiendraient à l'espèce *Thrombidium parasitica* (Doumandji et Doumandji –Mitiche, 1994).

➤ **Prédateurs**

- **Invertébrés**

Greathead et al. (1994) mentionnent les scorpions, les punaises, les mouches, les galéodes, les mantes et les guêpes parmi les prédateurs, des larves et des imagos. Doumandji et Doumandji–Mitiche (1994) ont énuméré un certain nombre d'invertébrés prédateurs des acridiens en Algérie. La liste comprend : *Androchonus austeralis* et *A. amoureuxi* ennemis potentiels de *S. gregaria* au Sahara, et dont Kara (1997) a fait également mention dans la région d'Adrar; *Galeodes Arabs*, *Riventina fasciata*, *Sphodromantis viridis*, *Mantis religiosa* et *Empusa pennata*

- **Vertébrés**

Selon Trincheri (1916) et Harris (1841) cités par Kevan (1992) les chinois ont été les premiers à utiliser les oiseaux domestique (poules, canards et dindons) dans la lutte contre le criquet locuste, puis les européens et les américains Trincheri (1916) rapporté par Kevan (1992) a signalé l'utilisation des porcs domestiques pour lutter contre les acridiens dans diverses régions d'Europe, d'Afrique du Nord et des Etats Unis d'Amérique. L'utilisation des extraits végétaux à base 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, ils provoquent une mortalité élevée au bout de deux semaines, retardent la croissance et la maturation sexuelle, réduisent considérablement le taux de reproduction, et provoquent de nombreuses malformations. Ces produits sont biodégradables et ne sont pas nocifs pour l'homme et l'environnement.

Par ailleurs, 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 élevé ainsi que les homologations (Lecoq et al. 2003).

5.2.Plantes acridifuges ou acridicides

L'idée d'utiliser les plantes dans le cadre de lutte contre les prédateurs n'est pas nouvelle beaucoup de travaux font état de la possibilité d'utiliser les substances insecticides ou antiappétants contenues dans les végétaux en lutte biologique contre les insectes nuisibles (Wilps et *al.*, 1992). Les plantes refusées par les acridiens appartiennent à plusieurs familles botaniques. Rungs (1946) cité par Doumandji et Doumadji-Mitiche (1994) signale l'action toxique d'Eucalyptus (*Eucalyptus occidentalis*) et de chêne liège (*Quercus suber*). Des essaims de *S. gregaria* ont été retrouvés morts le lendemain après avoir dévorés les familles et les jeunes pousses de ces plantes. Dans le tableau ci-dessous établi à partir des données de divers auteurs figure une liste des plantes et leurs effets sur les acridiens notamment le criquet pèlerin.

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

Tableau 1 : Plantes et leurs effets sur *Schistocerca gregaria* (Abbassi et al, 2003 cité par Kemassi, 2008)

Chapitre .II : Matériel et méthodes

En vue de montrer l'effet de densité sur le régime trophique, ainsi que sur la morphologie du criquet pèlerin ,nous avons utilisé les méthodologies expérimentales suivantes sur *Schistocerca gregaria*

1. Matériel biologique

1.1. Effet de la densité sur le régime trophique :

L'étude est menée sur *Schistocerca gregaria* dont les individus de différents stades sont issus d'élevage au laboratoire d'écologie fonctionnelle et environnement FSTF, quatre stades sont analysés, avec 190 individus par stade.

1.2. Etude microbiologique :

Les individus de *Schistocerca gregaria* utilisés sont issus du Centre National de Lutte Antiacridienne d'Ait Melloul. En total, 3 males et 3 femelles sont manipulés.

2. Méthodologie

2.1.Effet de la densité sur le régime trophique :

Pour cette étape, nous avons utilisé la méthode décrite par Abbassi (2004) et Kemassi (2008). Le suivi est réalisé sur trois groupes d'individus par stade: le groupe de 10 criquets pour simuler la forte densité, 6 individus pour une densité intermédiaire et 3 individus pour une faible densité. L'ensemble des criquets ont été élevés dans des cages en bois mesurant 46 x 46 x 40 cm et nourris sur le ray-grass (*Lolium perenne* L.), plante herbacée de la famille des poacées préférable pour les orthoptères (Essakhi et *al*, 2015). Chaque cage était vitrée sur une face et possédait un filet pour l'aération. Les différentes catégories de cages étaient groupées en lots de quatre ou cinq, entourant une ampoule électrique de 100 watts, allumée tous les jours de 9 h à 16 h. L'humidité relative au niveau de la chambre d'élevage était de 60 % et à température de 33°C pendant le jour et 30°C la nuit. Un ensemble de 190 criquets de chaque stade sont manipulés (10 répétitions pour chaque groupe : 30 individus pour les groupes de trois, 60 pour les groupes de six et 100 individus pour les groupes de dix). Nous avons effectué les pesages des fèces par jours la taille et le poids des individus de chaque groupes sont notés aussi.

2.2. Etude microbiologique :

2.2.1. Estimation de la biomasse des microorganismes de l'intestin du criquet pèlerin :

La mise en évidence de la microflore intestinale a débuté par l'isolement de l'intestin du criquet. Des individus mâles et femelles sont alors désinfectés avec de l'alcool à 96 ° et puis sont disséqués dans des conditions d'asepsie. Nous avons ensuite isolé l'intestin et que nous avons découpé en trois parties : le stomodeum, le mésenteron et le proctodeum.

Chaque partie de l'intestin est broyée puis suspendue dans un tube à hémolyse contenant 3 ml d'eau physiologique stérile qui a constitué la solution mère. Une série de dilutions est réalisée à partir des 3 solutions mères obtenues, puis un volume de 10 µl de chaque dilution est ensemencé par étalement dans un milieu LB et un milieu YPG additionné au kanamycine afin d'empêcher la croissance bactérienne. Les boîtes LB et YPG sont incubées respectivement dans des températures de 37°C et de 30 °C pendant 24H et 48H. Les colonies apparues sur les différentes boîtes de pétri ont subi un dénombrement pour estimer la biomasse microbienne dans les différents parties de l'intestin.

Après le dénombrement on choisit deux lot de 20 isolats qu'on va les épuiser et les ré épuiser afin de purifier les isolats bactériens choisis (B1, B2,.....B40).

Après l'incubation nous avons dénombré les colonies dans les différentes boîtes, Puis nous avons utilisé la formule suivante pour estimer la biomasse : (la norme ISO 7218 octobre 2007)

$$Biomasse = \frac{\sum C}{V \times 1,1 \times d}$$

Avec :

C : nombre de colonies dans deux boîtes de dilutions successives comprises entre 10 et 300

V : Volume étalé

d : dilution la plus élevée retenue sur les 2 successives choisies

2.2.2 Caractérisation des potentiels enzymatiques des isolats purifiés :

Activité Cellulase :

Cette activité est visualisée par l'utilisation d'un milieu contenant le carboxy-méthyl- cellulose (CMC) comme seule source de carbone, servant à la croissance des bactéries testées

.L'incubation de ces microorganismes sur ce milieu solide est effectuée pendant 24 heures et à une température de 37°C et L'activité cellulase est ensuite révélée par l'ajout d'une solution de rouge Congo à concentration de 1 mg/ml pendant 15 minutes suivie de trois rinçages avec une solution molaire de NaCl.

L'activité cellulase est alors manifestée par le développement d'auréole jaunâtre autour de la colonie possédant un pouvoir cellulosique

Activité Amylase :

Pour détecter les souches qui ont une activité amylase, nous les avons mis en culture dans un milieu à base d'amidon.

L'activité amylase se manifeste par l'apparition des halos clairs d'activité amylase autour des colonies après la révélation

Activité Pectinase :

Afin de cribler les souches productrices de l'enzyme pectinase, nous avons réalisé une culture des micro-organismes purifiés sur un milieu contenant l'acide polygalacturonique (PGA) substrat de la polygalacturonase.

La visualisation d'halos de l'activité pectinase extracellulaire a été déterminée par l'ajout sur chaque boîte de Pétri de 3ml d'une solution d'acétate de cuivre à 7,5 % pendant 15 min suivi de trois rinçages avec de l'eau distillée.

Les colonies pectinase positives sont alors caractérisées par la présence d'auréoles blanchâtres.

2.2.3 Test d'effet antibactérien de certaines huiles essentielles sur les bactéries ayant un fort potentiel enzymatique

Les isolas qui ont un fort potentiel enzymatique sont repiqués pour avoir une culture jeune On prépare des tubes contenant de l'eau physiologique stérile puis on ajoute les bactéries jusqu' à l'obtention d'une turbidité pareille à celle du tube McFarland (Normes de McFarland sont employés comme une référence pour ajuster turbidité des suspensions

bactériennes de sorte que le nombre de bactéries soit dans une marge donnée.) pour avoir un tapis bactérien homogène

Les suspensions ainsi obtenues sontensemencées par inondation sur des boites de pétri contenant un milieu LB, puis nous avons placé un disque Wattman au centre de chaque boite.

Après nous avons déposé 5µl des différentes huiles essentielles qu'on veut tester

Thym *Tumus vulgaris*

Romarin :*Rosmarinus officinalis*

Sauge *Salvia officinalis*

Lavande *Lavandula latifolia*

Nous avons incubé les boites à 37°C pendant 24 heures, les auréoles obtenues autour des disques correspondent aux zones d'inhibition de la croissance bactérienne, le diamètre de chaque auréole est mesuré avec un pied à coulisse numérique.

Chapitre .III : Résultats et discussions

Lors du protocole expérimental réalisé, nous avons récolté des résultats en relation avec notre thème

1. Effet de la densité sur le régime trophique :

1.1. Poids de fèces :

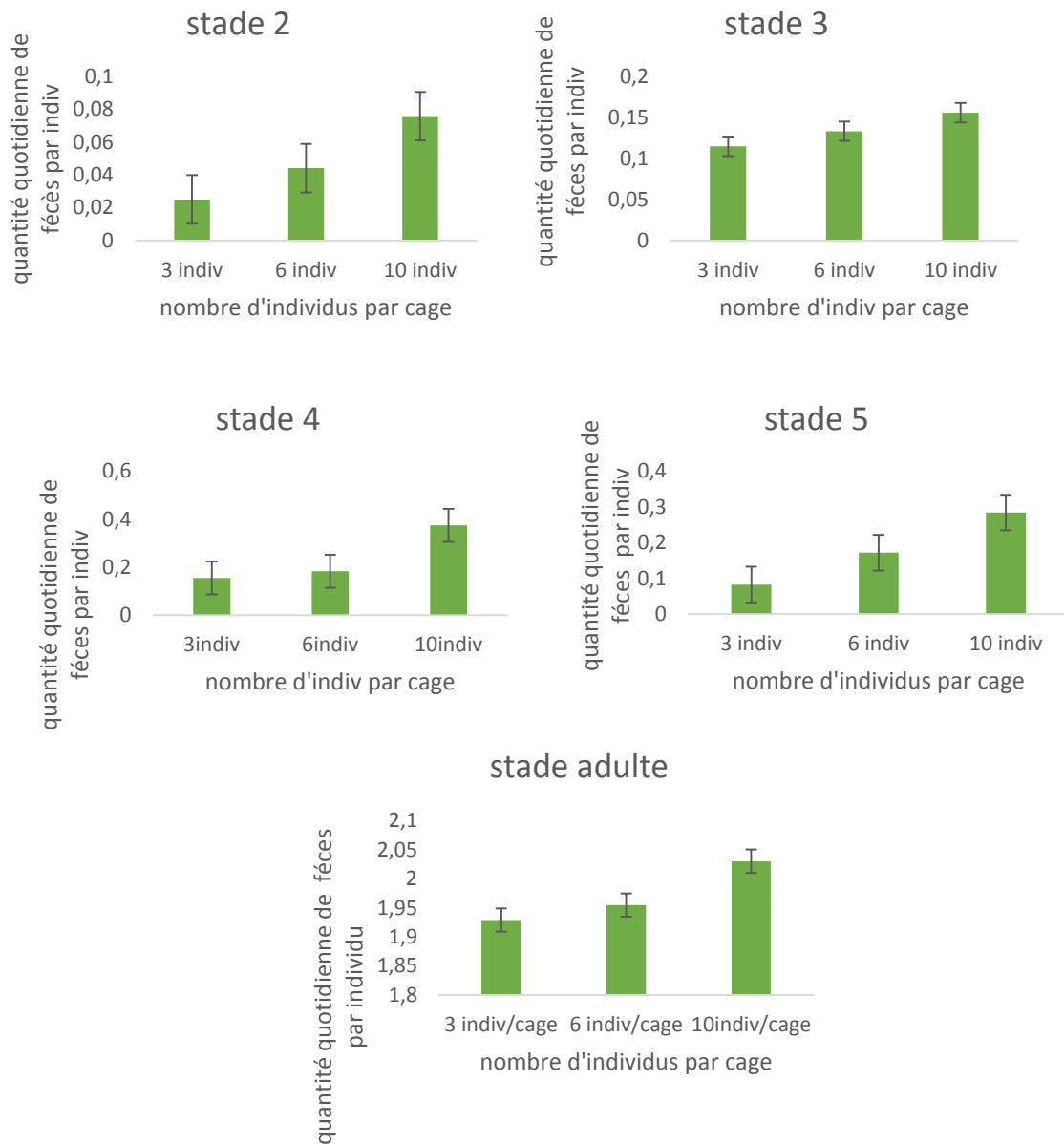


Figure 7 : variation de la quantité de fèces produite par individu en fonction de la densité

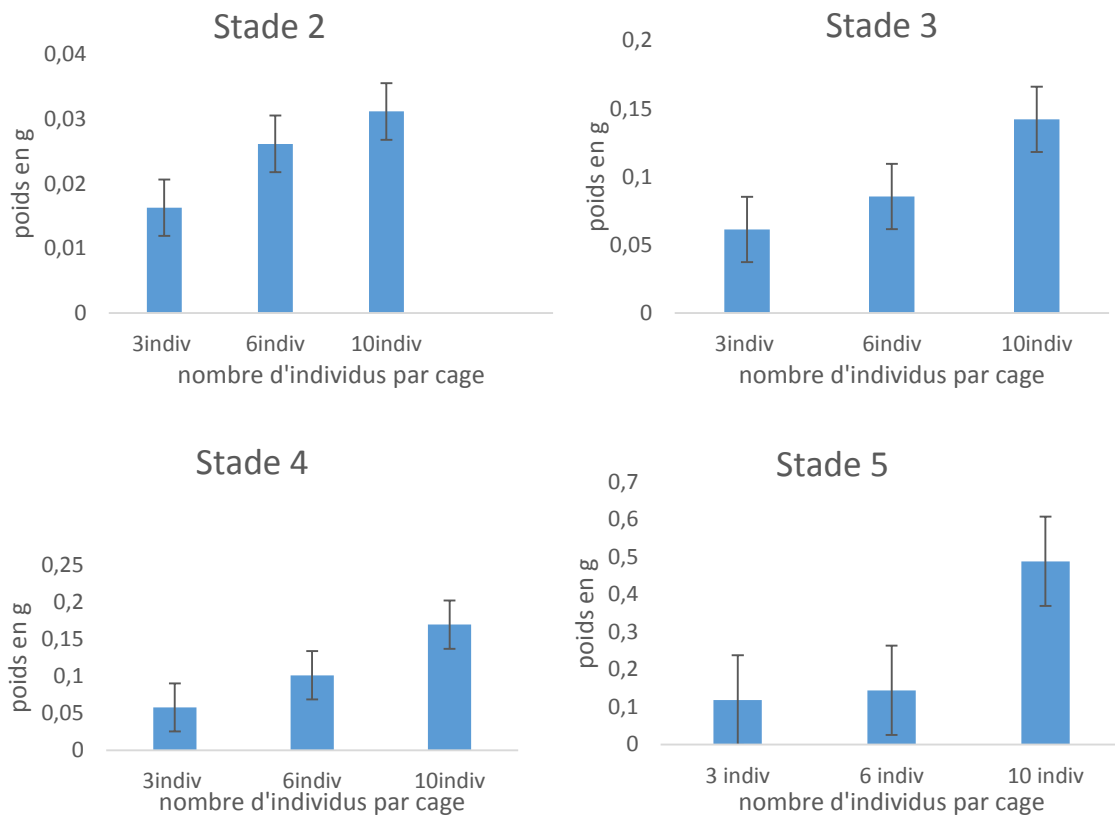
D'après les résultats (figure 7), la quantité (poids) des fèces produites par les individus de *Schistocerca gregaria* diffère d'un groupe à l'autre. Les graphes ci-dessus montrent que les

groupes de grande densité produisent plus des féces que les individus des groupes de faible densité.

En effet, le poids moyen des féces produites par individus au niveau du groupe de 10 individus se montre le plus important par apport aux autres groupes (3 et 6 individus). Ces constatations concernent tous stades analysés, Donc, on peut dire que plus la densité (individus/surface) des acridiens augmente plus la consommation et la voracité envers des végétaux augmente.

Ce facteur de sensibilité à la densité a aussi été révéleé par Lecoq,1980 .

1.2. Poids des individus :



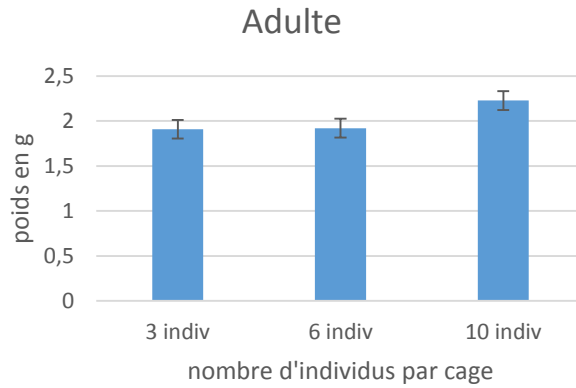
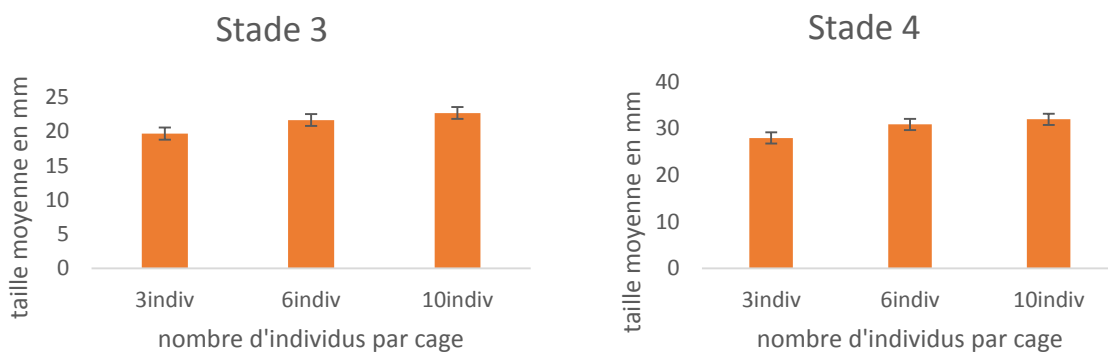


Figure 8 : représentation du poids d'individus en gramme en fonction du nombre d'individus par cage

D'après les résultats (figure 8), le poids des individus de *Schistocerca gregaria* diffère d'un groupe à l'autre. Les graphes ci-dessus montrent que les groupes de grande densité ont un poids plus important que les individus des groupes de faible densité.

En effet, le poids des individus au niveau du groupe de 10 individus se montre le plus important par rapport aux autres groupes (3 et 6 individus). Ces constatations concernent tous les stades analysés, Donc, on peut dire que le poids des individus est en corrélation positive avec la densité des individus par cage .

1.3. Taille des individus



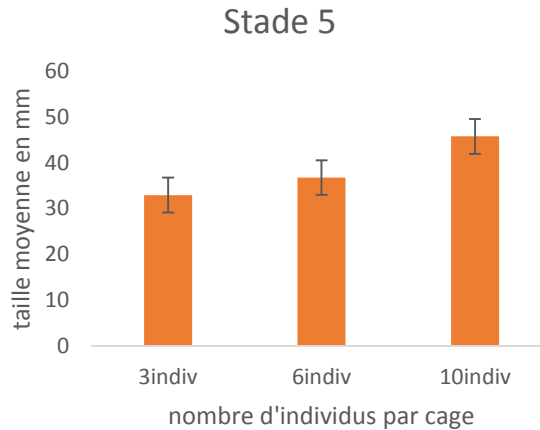


Figure 9 : variation de la taille des individus en fonction de la densité

La figure 9 présente la variation de la taille des larves de *Schistocerca gregaria* en fonction du nombre d'individus par cage, nous avons constaté que la taille des individus varie d'un groupe à l'autre, une légère différence a été remarquée entre les différents groupes étudiés. Donc, ce qui nous mène à penser que la taille des larves est légèrement influencée par le nombre d'individus par cage.

Launois-Luong et Popov en 1992 ont trouvé que le changement phasaire qui est dû à une augmentation de la densité des individus affecte la taille des individus de *Schistocerca Gregaria*

2. Etude microbiologique

2.1. Dénombrement et estimation de la biomasse bactérienne :

Dénombrement des bactéries

Après l'incubation, nous avons compté le nombre de colonies dans chaque boîte, les résultats sont représentés dans le tableau 2 pour les femelles et dans le tableau 4 pour les mâles :

Tableau 2 : nombre de colonies dans les différentes parties de l'intestin d'une femelle de *Schistocerca gregaria* :

	SM	10-1	10-2	10-3	10-4	10-5	10-6
stomodeum	tapis	-	-	270	62	-	-
mesenteron	tapis	-	-	-	102	24	-
proctodeum	tapis	-	-	260	86	-	-

Après le comptage des colonies, nous avons calculé la biomasse bactérienne dans les différents fragments de l'intestin, la biomasse en CFU est représentée dans le tableau 3 pour les femelles et dans le tableau 5 pour les mâles.

Tableau 3 : biomasse bactérienne de l'intestin d'une femelle de *Schistocerca gregaria*

intestin ♀	biomasse en cfu
stomodeum	$3,018 \times 10^7$
mesenteron	$1,145 \times 10^8$
proctodeum	$3,145 \times 10^7$

Tableau 4 : nombre de colonies dans les différentes parties de l'intestin d'un male de *Schistocerca gregaria*

	SM	10-1	10-2	10-3	10-4	10-5	10-6
stomodeum	tapis	-	-	230	25	-	-
mesenteron	tapis	-	-	-	114	29	-
proctodeum	tapis	-	300	110	-	-	-

Tableau 5 : biomasse bactérienne de l'intestin d'un male de *Schistocerca gregaria*

intestin ♂	Dénombrement
stomodeum	$2,318 \times 10^7$
mesenteron	$1,281 \times 10^8$
proctodeum	$3,636 \times 10^7$

Les résultats de la biomasse obtenue chez les mâles et les femelles de *Schistocerca gregaria* ont permis d'établir le graphe ci-dessous

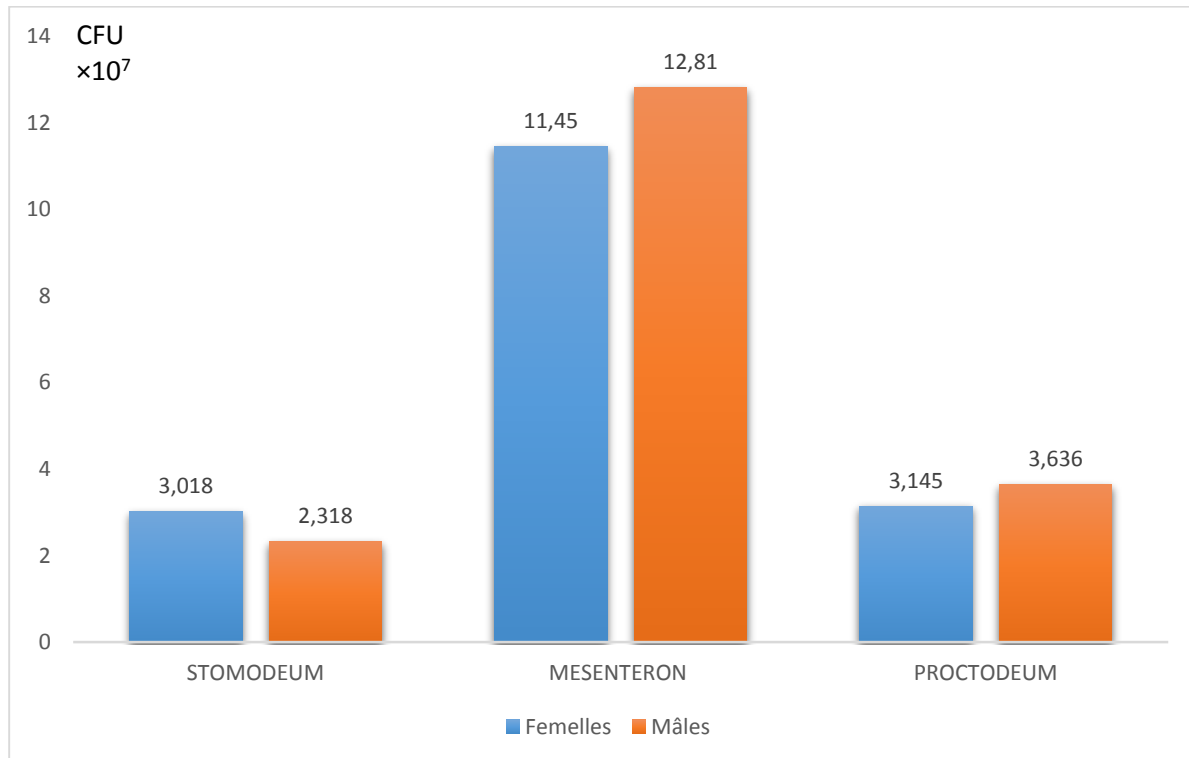


Figure 10 : Représentation graphique de la biomasse bactérienne chez les mâles et les femelles de *Schistocerca gregaria*

D'après la figure on constate que la biomasse bactérienne est plus élevée au niveau du mésenteron que dans la partie antérieure et postérieure de l'intestin (stomodeum et proctodeum), ce qui nous dirige à suggérer que la première partie est consacrée à la digestion mécanique, d'ailleurs elle est composée de la cavité buccale, le pharynx, l'œsophage, le jabot et le gésier qui sont des organes spécialisés dans la digestion mécanique.

Au niveau du mésenteron, la biomasse bactérienne est 3 fois plus importante que dans les deux autres parties citées précédemment, ceci nous permet de dire que ce fragment de l'intestin est le responsable de la digestion enzymatique chez *Schistocerca gregaria*, concernant la partie postérieure de l'intestin (proctodeum) la biomasse est à peu près égale à celle de la première partie, d'après ces constatations et la littérature ce fragment de l'intestin est destiné au stockage des fèces avant l'excrétion.

Dénombrement des levures

Les résultats obtenus pour le dénombrement des levures dans le milieu YPG solide n'ont pas été satisfaisantes, pour cela nous avons refait la manipulation en utilisant la méthode enrichie, l'intestin isolé est mis en suspension dans un erlenmeyer contenant 50 ml de YPG liquide et trois antibiotiques (ampicilline, chloramphénicol et Kanamycine), celui-ci est incubé sous agitation pendant 48h, le milieu devient trouble ce qui témoigne de la croissance des levures, ce milieu ci-obtenu va constituer la nouvelle solution mère.

Une série de dilution a été réalisée et 50 µl de chaque dilution seraensemencé dans un milieu YPG solide et incubé pendant 48 h, nous avons compté les colonies obtenues et les résultats sont représentés dans le tableau 6 pour les mâles et dans le tableau 8 pour les femelles

Tableau 6 : nombre de colonies de levures dans les différentes parties de l'intestin d'un male de *Schistocerca gregaria* :

	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
partie 1	240	42	12
partie 2	324	164	24
partie 3	294	75	7

Les résultats mentionnés dans le tableau ci-dessus permettent de calculer la biomasse des levures dans les tableaux 7 et 9

Tableau 7 : Dénombrement des levures dans l'intestin d'un male de *Schistocerca gregaria*

partie	Dénombrement
1	$4,909 \times 10^7$
2	$1,7 \times 10^8$
3	$7,45 \times 10^7$

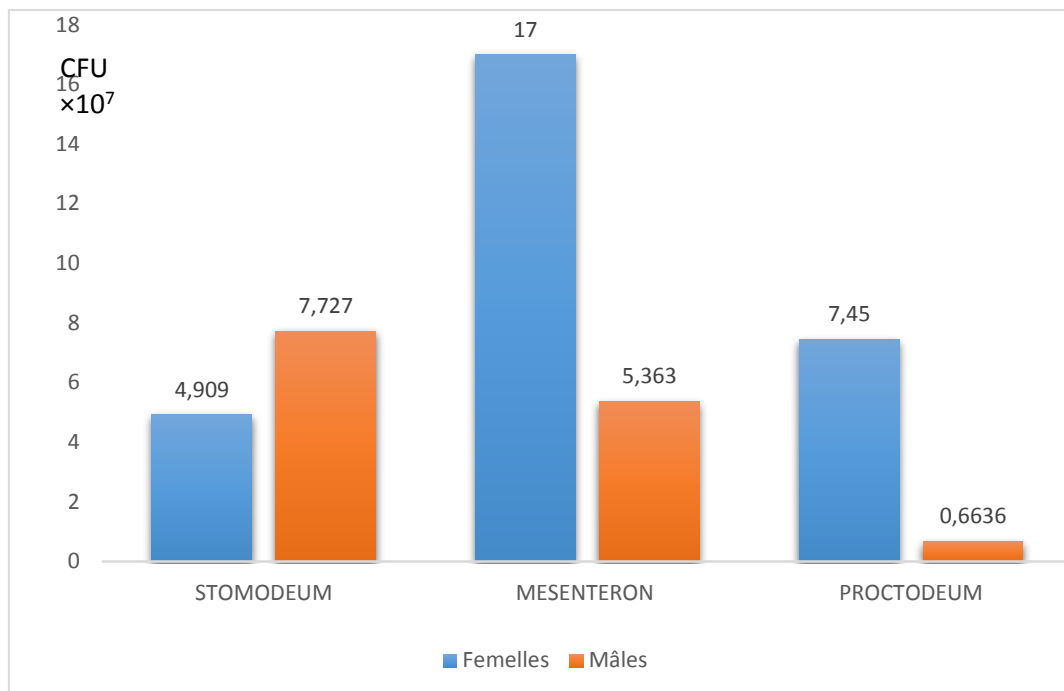
Tableau 8 : nombre de colonies dans les différentes parties de l'intestin d'une femelle de *Schistocerca gregaria* :

	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
Partie 1	320	72	13
Partie 2	260	53	6
Partie 3	58	15	-

Tableau 9 : dénombrement des levures dans l'intestin d'une femelle de *Schistocerca gregaria*

Partie	Denombrement
1	$7,727 \times 10^7$
2	$5,363 \times 10^7$
3	$6,636 \times 10^6$

Les biomasses de levures obtenues dans les différentes parties de l'intestin, chez les mâles et les femelles de *Schistocerca gregaria* sont représentées dans la figure 11

**Figure 11 : Représentation graphique de la biomasse des levures chez les mâles et les femelles de *Schistocerca gregaria***

Chez les femelles, la répartition des levures tout au long de l'intestin est pareille à celle des bactéries, la biomasse des levures est prédominante dans le mésenteron. Par contre chez les mâles, on observe une répartition différente que celle des bactéries, la première partie présente une biomasse de levures plus importante que les deux autres parties, mais elle n'atteint pas celle de la partie médiane chez les femelles, ceci peut être expliqué par la différence du sexe et l'état physiologique de l'individu. En effet la taille de l'intestin des femelles et ces caractéristiques physicochimiques diffèrent de celles de l'intestin des mâles.

2.2. Potentiels enzymatiques des souches isolées

Après le dénombrement nous avons choisi 2 lots de 20 colonies chacun qu'on va les épuiser et les ré épuiser afin de purifier les isolats bactériens choisis (B1, B2,.....B40).

Tableau 10 : isolats bactériens choisis et leurs provenances :

Isolat	Provenance	Isolat	Provenance
B1	♀ P1	B21	♂ P2
B2	♀ P1	B22	♂ P2
B3	♀ P1	B23	♂ P2
B4	♀ P2	B24	♂ P2
B5	♀ P2	B25	♂ P2
B6	♀ P2	B26	♂ P2
B7	♀ P2	B27	♂ P2
B8	♀ P3	B28	♂ P2
B9	♀ P3	B29	♂ P2
B10	♀ P3	B30	♀ P2
B11	♂ P2	B31	♀ P2
B12	♂ P2	B32	♀ P2
B13	♂ P1	B33	♀ P2
B14	♂ P1	B34	♀ P2
B15	♂ P1	B35	♀ P2
B16	♂ P2	B36	♀ P2
B17	♂ P2	B37	♀ P2
B18	♂ P3	B38	♀ P2
B19	♂ P3	B39	♀ P2
B20	♂ P3	B40	♀ P2

Activité cellulase

Pour visualiser l'activité cellulase chez les 20 isolats choisis, on a repiqué les colonies purifiées sur un milieu à base de CMC (carboxy-méthyl-cellulose).

L'activité cellulase est alors mise en évidence par le développement d'auréole jaunâtre autour de la colonie possédant un pouvoir cellulosique

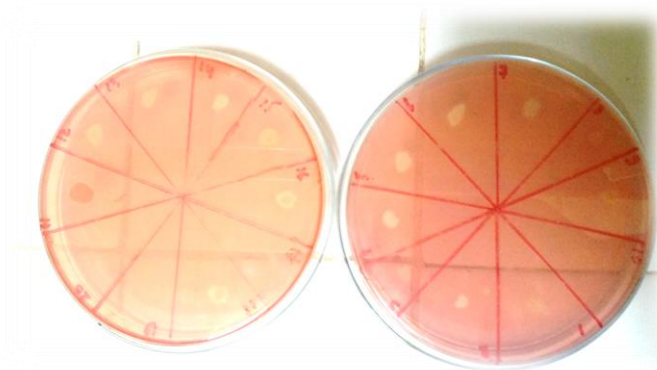


Figure 12 boîtes de milieu CMC montrant l'activité cellulase des isolats

Les isolats ayant une activité cellulase positive sont : B1, B2, B4, B5, B6, B7, B11, B14, B16, B18, B23, B29, B38, B39 et B40

On a repiqué ces isolats dans un milieu CMC pour s'assurer de leurs activités cellulase

On observe que la plupart des isolats ayant un pouvoir cellulosique sont issues de la partie médiane de l'intestin, ce qui confirme les constatations qu'on a citées dans les résultats de l'estimation de la biomasse.

Activité Amylase

Pour détecter les souches qui ont une activité amylase, nous les avons mis en culture dans un milieu à base d'amidon. L'activité amylase se manifeste par l'apparition des halos clairs d'activité amylase autour des colonies après la révélation.

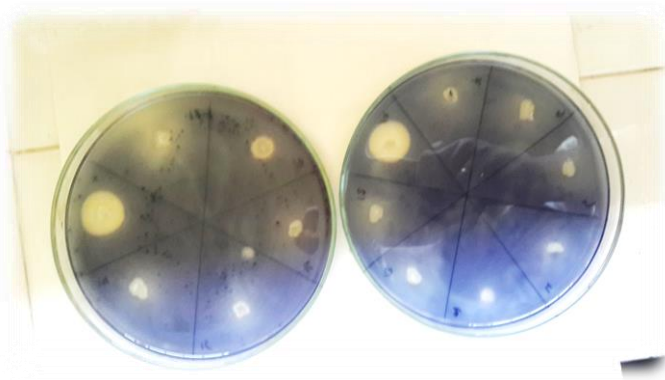


Figure 13 : boîtes de milieu amylose montrant l'activité amylose des isolats

Les souches possédant une activité amylose sont remises en culture dans le milieu à base d'amidon afin de s'assurer de leurs activités, Les souches ayant une activité amylose sont : B4, B11, B13, B16, B17, B25, B30, B37, B38, B39 et B40.

Activité pectinase :

Pour mettre en évidence les souches ayant une activité pectinase, on les met en culture dans un milieu contenant le PGA (acide polygalacturonique)

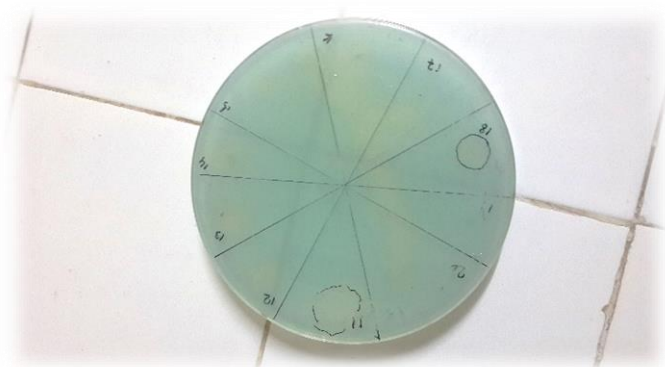


Figure 14 : boîte de milieu PGA montrant l'activité pectinase des isolats

Les résultats de toutes ces activités sont mentionnées dans le tableau ci-dessous, les 40 isolats bactériens présentent des potentiels enzymatiques très variés, nous avons remarqué que 5 isolats ont toutes les activités enzymatiques testées, de ce fait nous les avons considérés comme étant des isolats actifs, ces isolats qui sont le B4, B11, B38, B39 et B40 vont servir pour les tests d'activité antibactérienne des huiles essentielles.

Tableau 11 : Tableau récapitulant les différentes activités enzymatiques testées chez les 40 isolats bactériens

Isolat	Cellulase	Amylase	Pectinase	Isolat	Cellulase	Amylase	Pectinase
B1	+	-	-	B11	+	+	+
B2	+	-	-	B12	-	-	-
B3	-	-	-	B13	-	+	-
B4	+	+	+	B14	+	-	-
B5	+	-	-	B15	-	-	-
B6	+	-	-	B16	+	+	-
B7	+	-	-	B17	-	+	-
B8	-	-	-	B18	+	-	+
B9	-	-	-	B19	-	-	-
B10	-	-	-	B20	-	-	-

Isolat	Cellulase	Amylase	Pectinase	Isolat	Cellulase	Amylase	Pectinase
B21	-	-	-	B31	-	-	-
B22	-	-	-	B32	-	-	-
B23	+	-	-	B33	-	-	-
B24	-	-	-	B34	-	-	-
B25	-	+	-	B35	-	-	-
B26	-	-	-	B36	-	-	-
B27	-	-	-	B37	-	+	-
B28	-	-	-	B38	+	+	+
B29	+	-	+	B39	+	+	+
B30	-	+	-	B40	+	+	+

2.3. Test d'effet antibactérien de certaines huiles essentielles sur les bactéries ayant un fort potentiel enzymatique :

Après avoir mesuré le diamètre des halos d'inhibitions obtenus, les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 12 : variation du diamètre des auréoles chez les 5 isolats testés

	Diamètre de l'auréole en mm			
	thym	lavande	Romarin	sauge
<i>isolat 4</i>	8,54	0	11,23	0
<i>isolat 11</i>	26,9	12,31	13,93	9,42
<i>isolat 38</i>	8,37	7,61	9,41	7,3
<i>isolat 39</i>	7,59	7,01	9,31	6,61
<i>isolat 40</i>	8,45	7,27	7,29	6,75

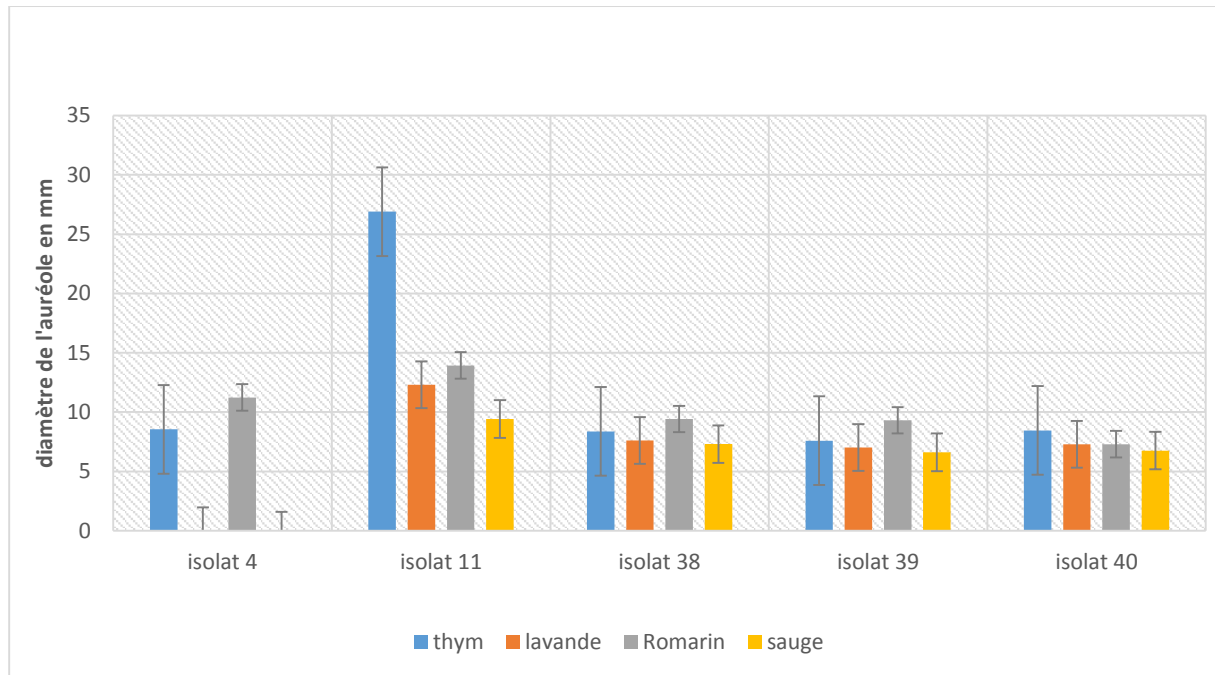


Figure 15 : variation du diamètre des halos d'inhibitions vis-à-vis les différentes HE testées

La figure ci-dessus présente l'activité antibactérienne des huiles essentielles étudiées vis-à-vis les différents isolats, L'activité antibactérienne sur les isolats étudiés diffère significativement par rapport à l'huile essentielle utilisée.

l'intensité de cette activité est en fonction du diamètre de l'auréole d'inhibition obtenue, si ce dernier est inférieur à 6 mm, l'isolat est considéré comme résistant, si le diamètre est compris

entre 6mm et 13mm, l'isolat a une sensibilité intermédiaire vis-à-vis à l'huile essentielle et si le diamètre dépasse 13 mm ,l'isolat est considéré comme sensible.

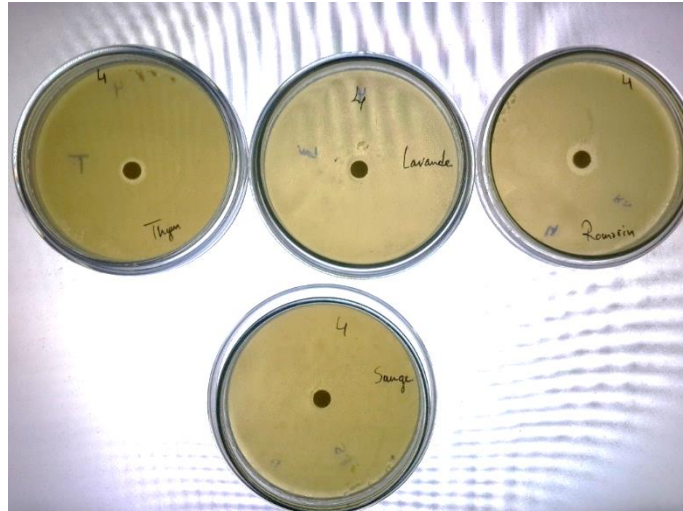


Figure 16 : test d'activité antibactérienne chez l'isolat 4

Chez l'isolat 4, les huiles essentielles de lavande et de sauge n'ont pas d'effet, par contre thym et le romarin présentent une activité antibactérienne intermédiaire. Car leurs diamètres ne dépassent pas 13 mm.

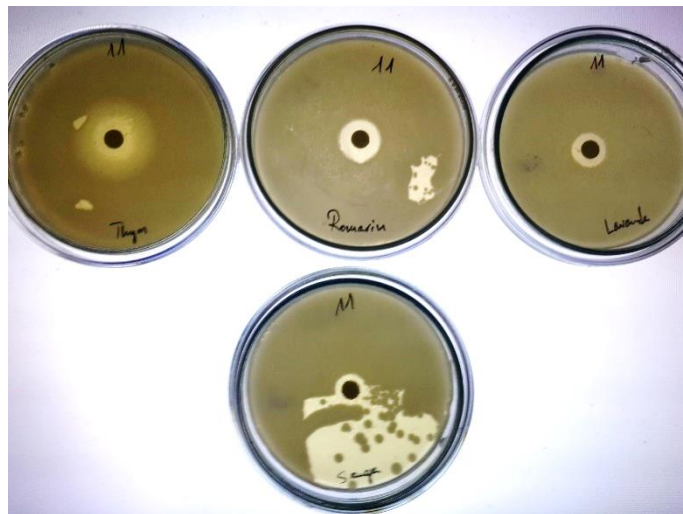


Figure 17 : test d'activité antibactérienne chez l'isolat 11

L'isolat 11 était le plus sensible vis-à-vis toutes les huiles essentielles utilisées, l'huile de thym (*thymus vulgaris*) a permis d'avoir un halo d'inhibition de 26,9 mm de diamètre ce qui témoigne de la forte activité antibactérienne de cette huile essentielle.

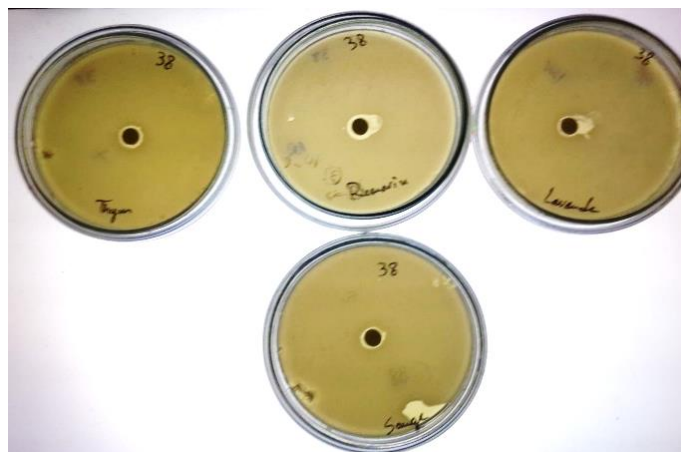


Figure 18 : test d'activité antibactérienne chez l'isolats 38

Les isolats 38, 39 et 40 ont une sensibilité intermédiaire envers les différentes huiles essentielles testées, en effet les diamètres d'auréoles d'inhibition obtenues sont compris entre 6 et 13 mm.

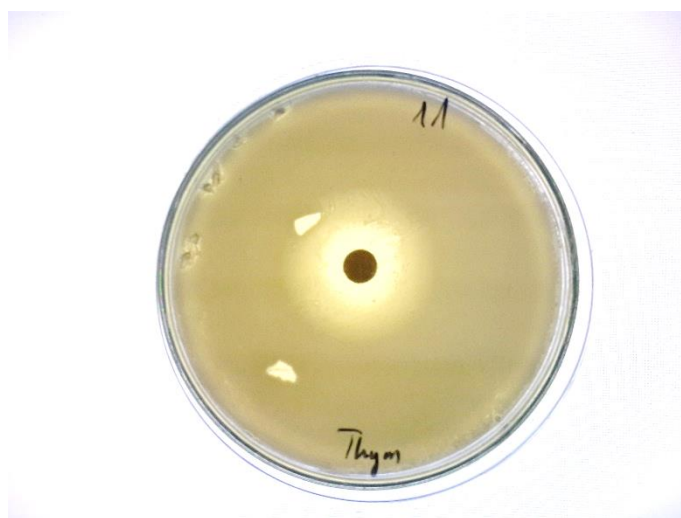


Figure 19 : auréole d'inhibition obtenue avec l'HE de thym (*thymus vulgaris*)

L'huile essentielle de thym, a montré une activité antibactérienne très importante vis-à-vis tous les isolats étudiés, ceci nous mène à penser d'exploiter ces résultats pertinentes afin d'élaborer une approche alternative de lutte biologique contre cette espèce dévastatrice, en utilisant les vertus de cette plante largement disponible au Maroc

Conclusion générale

Les principaux résultats obtenus dans ce travail sont synthétisés. Les éléments de réponse à la problématique générale de l'étude sont présentés. Des perspectives de recherche à court et moyen termes sont aussi proposées.

Notre travail témoigne d'abord, de l'effet de la densité des individus sur la voracité, le poids et la taille des individus, ceci est expliqué par le phénomène de grégarisation qui transforme ces acridiens en machines dévastatrices, nous avons constaté que plus on augmente le nombre d'individus par cage, la quantité de fèces produite, la taille et le poids des individus augmentent significativement.

L'étude microbiologique menée sur l'intestin de *Schistocerca gregaria* a montré une grande variabilité de la biomasse des bactéries et des levures tout au long de l'intestin de ce dernier, la partie médiane a montré une biomasse très importante ainsi que des bactéries ayant une activité enzymatique cellulase, amylase et pectinase très intense. Ces bactéries sont considérées comme l'arme redoutable qu'utilise cette espèce pour causer les dégâts très importants.

Le dernier axe étudié s'intéresse à tester l'effet antibactérien des quatre huiles essentielles : le thym, la sauge, le romarin et la lavande contre ces bactéries isolées de l'intestin, nous avons remarqué une variation de sensibilité des isolats testés vis-à-vis ces huiles essentielles, mais l'activité très importante de l'huile essentielle de thym nous pousse à chercher à développer une approche alternative de lutte biologique en utilisant cette plante largement répandue au Maroc.

Malgré tous ces résultats obtenus, notre travail reste encore incomplet, et nous envisageons une identification moléculaire des bactéries isolées, un calcul de la CMI (concentration minimale inhibitrice) et la CMB (concentration minimale bactéricide) ainsi que déterminer la composition chimique des huiles essentielles utilisées.

Dans les perspectives, nous cherchons à développer un insecticide très efficace, répondant aux normes internationales à base des plantes aromatiques et médicinales, cet insecticide va remplacer la lutte chimique qui perturbe la biodiversité des écosystèmes.

Références bibliographiques

- **Abbassi, K., Atay-Kadiri, Z., Ghaout, S.**, 2003 a. Biological effects of alkaloids extracted from three plants of Moroccan areas on the desert locust. *Physiological Entomology* 28, 232–236.
- **Moumène, K.** 2002 : La transformation phasaire chez le criquet pèlerin : mécanisme et identification des caractéristiques éco physiologiques de la substance femelle de grégarisation. Thèse en Biologie, Fac. Sci. Tunis, 92p. Tunisia
- **Benhalima T.**, Louveaux A., 1987 - Catalogue des Orthoptères Acridoidea d'Afrique du Nord-Ouest. *Bull. Soc. Ent. France*, Vol. 3-4 n° 91. pp. 73-87.
- **Ould El Hadj M.D.**, 2002- Etude du régime alimentaire des cinq espèces d'acridiens dans les conditions naturelles de la cuvette d'Ouargla (Algérie). *L'entomologiste*, pp 197-209.
- **Duranton J. F. et Lecoq M.**, 1990.- Le Criquet pèlerin au Sahel. Coll. Acrid. Opé. (6), CIRAD/PRIFAS, Montpellier: 178 p.
- **RACCHAUD-SCHOELLER J.**, 1980- Les insectes: physiologie et développement. Ed. Masson, Paris, 296p
- **Duranton J. F., Launois M.** ; Launois- Luong M.M. ; Lecoq M. et Rachadi T., 1987- Guide antiacridien du Sahel. Min .Coop. Dev. Ed .CIRAD- PRIFAS, Montpellier, 344p
- **Essakhi D, El Harchli E.H, Bejelloun M, Maazouzi N, Mansouri I, El Ghedroui L** (2015) contribution à l'étude du régime alimentaire des orthoptères acridien dans le moyen Atlas *IJES* Vol 5 iss 2 60,66 p
- **SIMBARA A.**, 1989 - Comparaison orthoptérologique des stations de Léré et de Sams (Bamako - Mali) et de la Mitidja (Algérie) - Mémoire d'Ingénieur d'État en Agronomie, Institut National Agronomique (INA) El-harrach Alger - Algérie. 102p.
- **Kemassi, A., Z. Boual, A. Ould El Hadj- Khelil, 2010. Activité biologique de l'extrait d'Euphorbia guyoniana (Boiss. & Reut.) (Euphorbiaceae) chez le Criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididae).** *Ann. de Sci. et Technol. Uni. Kasdi Merbah- Ouargla.* 2 (1): 60-71.
- **Symmons, P. M., and Keith Cressman.** 2001. *Biology and behavior.* In Desert locust guidelines (2nd edition). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- **Latchininsky A.V., Launois-Luong M.H..** 1997 :Le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskal, 1775) dans la partie Nord-orientale de son aire de distribution = The desert locust (*Schistocerca gregaria* Forskal, 1775) in the North-oriental part of its invasion area 1997. Montpellier : CIRAD-PRIFAS, 210 p.
- **YOUSSEF O. A.,** 1999- Régime alimentaire de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Acrididae, Cytracanthacridinae) en phase solitaire dans les conditions naturelles de la marre d'Akjoujt (Mauritanie). Cycle biologique sur *ScorprerusVermiculatus* (Fabaceae). Mém ing. Agro., INFS/AS, Ouargla, 66p.

Annexes

Les milieux de culture utilisés :

➤ Milieu LB :

Peptone 10 g
Extrait de levure 5g
NaCl 10 g
Agar 20 g
Eau distillée QSP1 Litre

➤ Milieu YPG :

Peptone 10 g
Extrait de levure 5 g
Glucose 20 g
Agar..... 20 g
Eau distillée QSP 1litre

➤ Milieu CMC :

- Milieu minimum M9

Na₂HPO₄ 6g
KH₂PO₄..... 3g
NH₄Cl 1g
NaCl 0,5g
Eau QSP 1 litre

Le milieu est autoclavé pendant 15 min à 110 °C. Ensuite, sont ajoutés les produits suivants :

- 0,01g de CaCl₂, 2H₂O (soit 1 ml d'une solution à 0,1 M)
 - 0,24g de MgSO₄, 7H₂O (soit 1ml d'une solution 1M)
-

- Milieu CMC

CMC 10g
Extrait de levure 5g
Glycérol (50%) 1 ml
Agar 20g
Tampon M9 QSP 1 litre

- Milieu à base d'amidon :

Peptone 6g
MgSO₄(7H₂O) 0,5g
KCl 0,5g
Amidon de pomme de terre.. 1g
Agar 20g
Eau QSP 1 litre

- Milieu PGA :

- Milieu solide

Extrait de levure 5g
PGA 2,5g
(NH₄)₂SO₄ (10%) 5ml
MgSO₄ (Molaire) 0,5 ml
Glycerol (50%) 5ml
Agar 20g
Eau QSP 1 litre

- Tampon (pH = 8) :

Na₂HPO₄ 15g
NaH₂PO₄ 0,7g
Eau QSP 1 litre
