

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA

RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BLIDA -1-



FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DÉPARTEMENT DE BIOTHECNOLOGIE

Mémoire en vue de l'obtention du

Diplôme de Master en Sciences de la Nature et de la Vie

Option : Phytopharmacie Appliquée

Thème :

Evaluation de la sensibilité des criquets migrateur *L.migratoria* vis-à-vis des biopesticides *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* et *Lawsonia inermis* l employées dans la lutte antiacridienne. La mise en évidence d'une étude histologique.

Présenté par : KERRICHE Malika

MESSELMY Saida

Soutenue le : 20/09/2016

Devant le jury:

Mme. GUENDOZ BENRIMA	Pr	USDB	Présidente
Mme. OUTTAR.F	MCB	USDB	Promotrice
Mr. MAHDJOBI.DJ	MAA	USDB	Co-promoteur
Mr. KIRDI.B	MAA	USDB	Examineur

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2015/2016

Remerciements

*Je remercie **ALLAH**, le tout puissant, pour m'avoir donnée la force, le courage et patience.*

*J'adresse mes sincères remerciements à **Mlle OUTTAR F**, notre promotrice pour tout l'aide qu'elle nous apportée, depuis le début du mémoire et jusqu'à la réalisation du présent travail, pour sa confiance qu'elle nous accordée, sa présence, disponibilité, aide et écoute et ses nobles qualités humaines ont été le moteur de notre motivation. J'ai énormément appréciée sa vision éclairée et sa logique. Par sa simplicité et sa sympathie .merci madame.*

*Je remercie le Co-promoteur **Mr MAHDJOUBI DJ**, pour son aide.*

*Toute ma respectueuse reconnaissance à **Mme GUENDOUZ BENRIMA**. pour avoir bien voulu présider mon jury.*

*Je tiens également à exprimer ma gratitude à **Mr KERDI B**.
D'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Je remercie **Mr et Mme DOUMANDJI** professeurs de l'école nationale supérieure d'agronomie,*

***SOUMIA CHOUIHA, SOUMIA BEN ALIA,
BISSAAD FZ, Mme AMINA** pour ses aides*

*Je tiens à remercier profondément tous les enseignants du Département Biotechnologie à la faculté des sciences de la nature et de la vie et de l'université **SAAD D'AHLEB***

Je remercie vivement le personnel D'INPV et tous les chefs services, spécialement Mr LAZAR M.

Je remercie le chef service d'anapath Mr ABDELLALI pour leur accueil et, Kenza et Sonia pour son aide et le personnel du service de centre hôpital universitaire d'Hussein dey à Alger.

Ma reconnaissance et mes remerciements vont également à l'encontre de toute personne qui a participé de près ou de loin, à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace

Je m'incline devant ALLAH tout puissant qui m'a ouvert la porte du savoir et m'a aidé la franchir.

Je dédie ce modeste travail:

A ma mère et A mon père source d'affectation de courage et d'inspiration qui a autant sacrifié pour me voir atteindre ce jour.

A mes frères OMAR et NOUREDDINE.

A mes sœurs SALIMA, NADJIA, DALILA, FATIMA ZOHRÀ, HANAN.

A mes frères de mon oncles BELKACEM et sa femme AMINA, DJAMEL, AZEDDINE, RIAD, SID ALI, CHIHAB, SORJA et HADJIRA.

A mes très chères nièces CHYAMA, MANAR, AMINE, TAREK, IKRAM, AHLAM, SIFO, AYOUB, RAHMA, GHOFRANE, ANESS et INESS.

A tous mes oncles et mes tantes.

A mon fiancée FATEH et toute la famille de BOUKERRA ABASSI.

A tous mes ami(e)s HAMIDA, IBTISSEM, SIHEM, IMAN, SOSO, SAIDA, NADJET, HANAN, HIND ET FARIDA.

Une spéciale dédicace à mon oncle RABEH, tante CHARIFA et ses fils, SMAIL et sa femme NADJET et ses filles ALAE, HIBA et IBTIHAL.

A tous mes ami(e)s du département d'agronomie et spécialité de Phytopharmacie appliquée.

MALIKA

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à

A mes très chers parents

Ma mère" Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

" Mon père", l'école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.

A mon très cher frère " ilyess "

A mon marie " abdelwahab"

A mes cher sœurs " Soumia" et " Ihcen"

A hanunti sabah, zineb, et les petite enfants younes, mohamed, yousef, tassnim.

A chaque membre de la famille " MËSSELMÏ"

A mes chères copine " Asma, Malika, fatim Zohra, Fouzia, Fatima et ses enfants, Karima "

Tous mes cousins.

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux que j'aime.

Je dédie ce travail

Merci



Résumé :

Evaluation de la sensibilité des criquets ravageurs vis-à-vis des biopesticides employés dans la lutte antiacridienne. La mise en évidence d'une étude histologique

Cette étude a permis de tester l'effet de champignon entomopathogène (*M.anisopliae* var *acridium*) et d'une plante médicinale (*lowsonia inermis*) sur la morphologie, l'activité alimentaire, ainsi que sur l'histologie du tube digestif des larves L5 du criquet migrateur *L. migratoria*.

On constate d'après les résultats obtenus, Sur le plan morphologique, des changements de taille et de couleur ont été observés, au moment de la mue ainsi que les déformations totales ou partielles de l'insecte engendrées par les deux biopesticides, D'après l'analyse des indices nutritionnels étudiés, nous avons remarqué que les taux de ces indices de tous les larves traités sont faibles par rapport à ceux enregistrés chez les larves témoins, ce qui explique que la conversion des nutriments issus de la digestion est mauvais pour les larves, par conséquent, la croissance des larves est devenue faible. Après la réalisation des coupes histologiques, l'examen des différentes parties du tube digestif a montré quelques modifications histologiques chez les individus traités.

Mots clés: *Locusta migratoria*, henné, *Metarhizium anisopliae*, histologie et morphologie, activité alimentaire.



Summary

Evaluation of the sensitivity of locust pests vis-à-vis biopesticides used in locust control. The demonstration of a histological study

The migrating locust *Locusta migratoria* is a frightening bio-attacker because of its polyphagous mode. This insect causes innumerable damage within the framework of agriculture considering the extent of its invasions. In order to solve this aggravating problem, several work was undertaken, the majority of them had recourse to the chemical fight which helped much to minimize the results catastrophic of this insect but the contribution of those remains ineffective even harmful, thing which weighed down the environmental assessment by the intoxication of the man and the cattle, the rarefaction and the destruction of useful fauna and the insects auxiliary. From these problems, we thought of curing this phenomenon by the means of the biological fight.

This study made it possible to test the effect of mushroom entomopathogenes (*M.anisopliae* var *acidium*) and plants medicinal (*lowsonia inermis*) on morphology, the food activity, like on the histology of digestive of the larvae of the fifth stage of the migrating locust *L.migratoria*.

One notes according to the results obtained, On the morphological level, of the changes of size and of color were observed, at the time of the moult as well as the deflections total or partial of the insect generated by both biopesticides, According to the analysis of the studied nutritional indices, we noticed that the rates of these indices of all the larvae treated weak compared to those are recorded in the pilot larvae, which explains why the conversion of the nutrients resulting from digestion is poor , consequently, the growth of the larvae became weak. After the realization of the histological cuts, the examination of the various parts of the digestive tract showed some histological modifications at the treated individuals.

The study confirmed the possibility of finding bioinsecticides natural containing henné *M.anisopliae* and which can be toxic against *Locusta migratoria* the, effective ones and is not very pathogenic for fauna and the flora.

Key words: *Locusta migratoria*, henné, *Metarhizium anisopliae*, histological and morphological, food activity.



تقييم حساسية افة الجراد للمبيدات الحيوية المستخدمة في مكافحتها . تسليط الضوء عل دراسة نسيجية

إن الجراد المهاجر (*Locusta migratoria*) هو كائن حيوي معتد مروع بسبب نظامه المتعدد. تسبب هاته الحشرة أضرارا لا تعد ولا تحصى على الزراعة نظرا لمدى اجتياحها. لحل هذا المشكل المزعج، تم إجراء العدد من الدراسات. حيث لجأ معظمها للمكافحة الكيميائية التي ساعدت كثيرا على التقليل من النتائج الكارثية لهذه الحشرة. ومع ذلك، فإن مساهمتها تبقى غير فعالة وحتى ضارة، ما أثقل النتائج السيئة للتوازن البيئي عن طريق تسمم البشر والماشية، واستنزاف الحياة البرية القيمة والحشرات المفيدة وتدميرها.

انطلاقا من هذه الإشكالية، ارتأينا معالجة هذه الظاهرة من خلال المكافحة البيولوجية.

تمكننا الدراسة من تحديد تأثير كل من الفطر المضاد للحشرات و الحناء على الشكل، الوظيفة الغذائية و ايضا على نسيج الانبوب الهضمي ليرقات الطور الخامس للجراد المهاجر.

اثبت من خلال النتائج المحصل عليها تغيرات شكلية بالنسبة للوزن و اللون و كذا صعوبة في عملية الانسلاخ ليرقات الطور الخامس المعالجة. و فيما يخص تحليل نسب المؤشرات الغذائية ليرقات الطور الخامس المعالجة تبين انخفاض ملحوظ مقارنة بتلك المسجلة لدى الشاهد بفسر هذا بسوء الغذاء المحول للهضم هذا ما يؤدي إلى نمو ضعيف لدى اليرقات المعالجة. كذلك تبين وجود تغيرات نسيجية للأنبوب الهضمي لدى اليرقات المعالجة.

إن الدراسة تخلص إلى إمكانية إيجاد محاليل حيوية فعالة للمحاربة ضد الجراد المهاجر من جهة، و غير ضارة للحيوان و النبات من جهة.

الكلمات المفتاحية: الجراد المهاجر, *Metarhizium anisopliae*, حناء (*lawsonia inermis*), الشكل, الوظيفة الغذائية, نسيج الانبوب الهضمي

Liste des tableaux

Titre	page
Tableau 1 : Effet des traitements par ingestion des deux biopesticides sur l'ingéra des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	56
Tableau 2 : Effet des traitements par ingestion des deux biopesticides sur l'egesta des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	58
Tableau 3 : Effet des traitements par ingestion des deux biopesticides sur l'indice de consommation des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	59
Tableau 4: Effet des traitements par ingestion des deux biopesticides sur l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de <i>L. migratoria</i>	61
Tableau 5: Effet des traitements par ingestion des deux biopesticides sur l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de <i>L. migratoria</i>	62
Tableau 6: Effet des traitements par ingestion des deux biopesticides sur le coefficient d'utilisation digestif des larves L5 de <i>L. migratoria</i> .	63
Tableau 7: Effet des traitements par ingestion des deux biopesticides sur l'indice de croissance des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	65

Liste des figures

Titre	page
Fig.1 : Oothèque de <i>L. migratoria</i>	6
Fig.2 : Adulte femelle de <i>L. migratoria</i> en phase grégaire	7
Fig.3 : Adulte mâle de <i>L. migratoria</i> en phase grégaire	7
Fig.4 : La ponte chez la femelle de <i>L. migratoria</i>	8
Fig.5 : Larve L1 de <i>L. migratoria</i> lors de l'éclosion	9
Fig.6 : Larve L2 de <i>L. migratoria</i>	10
Fig.7 : Larve L3 de <i>L. migratoria</i>	10
Fig.8 : Larve L4 de <i>L. migratoria</i>	11
Fig.9 : Larve L5 de <i>L. migratoria</i>	11
Fig.10 : Accouplement chez <i>L.migratoria</i>	12
Fig.11 : Cycle biologique de <i>L. migratoria</i>	13
Fig.12 : Schéma de l'appareil digestif d'un acridien en vue dorsale	15
Fig.13 : Distribution géographique des sous-espèces de <i>L. migratoria</i>	17
Fig.14 : Conidies de <i>Metarhizium anisopliae</i>	23
Fig.15 : Schéma du cycle biologique des champignons entomopathogènes	25
Fig.16 : Les feuilles du henné	28
Fig.17 : Les fleurs du henné	28
Fig.18 : Les fruits du henné	29
Fig.19 : Poudre de feuilles de henné et pâte de henné	30
Fig.20 : Cages utilisées pour l'élevage des adultes	34
Fig.21 : cage utilisé pour les pondoirs d'incubation des œufs	35
Fig.22 : la poudre sèche des spores de « Green Muscle »	35
Fig.23 : technique réalisée pour le comptage des spores	37
Fig.24 : cellule de Malassez	37
Fig.25 : les feuilles de <i>Lawsonia inermis .L</i>	38
Fig.26 : la méthode d'extraction de <i>Lawsonia inermis .L</i>	39
Fig.27 : Mode d'application des traitements biologiques	40
Fig.28 : Marquage des larves	40
Fig.29 : trois boîtes contenant chacune 4 larves de <i>L. migratoria</i>	41

Fig.30 : Protocole expérimental utilisé pour l'étude de l'effet de deux biopesticides sur l'activité alimentaire des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	42
Fig.31 : Protocole expérimental utilisé pour la dissection des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	46
Fig.32 : Les étapes suivies pour la déshydratation des tubes digestifs	47
Fig.33 : l'inclusion des tubes digestifs dans la paraffine	47
Fig.34 : La confection et l'étalement des coupes	48
Fig.35 : Déparaffinage, réhydratation et coloration des coupes	50
Fig.36 : Montage et observation microscopique	51
Fig.37 : Larves L5 de <i>L. migratoria</i> après le traitement par l'extrait de henné	53
Fig.38 : Larve L5 de <i>L. migratoria</i> rosâtre après le traitement par <i>M. anisopliae</i>	54
Fig.39 : Larves L5 de <i>L. migratoria</i> après le traitement par l'eau distillée	54
Fig.40 : L'évolution pondérale des ingéra des larves L5 de <i>L. migratoria</i> témoins et traitées aux deux biopesticides par ingestion	56
Fig.41 : L'évolution pondérale des egesta des larves L5 de <i>L. migratoria</i> témoins et traitées aux deux biopesticides par ingestion	57
Fig.42 : L'indice de consommation des larves L5 de <i>L. migratoria</i> témoins et traitées aux deux biopesticides par ingestion	59
Fig.43 : Efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de <i>L. migratoria</i> témoins et traitées aux deux biopesticides par ingestion	60
Fig.44 : L'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de <i>L. migratoria</i> témoins et traitées aux deux biopesticides par ingestion	62
Fig.45 : Le coefficient d'utilisation digestif des larves des larves L5 de <i>L. migratoria</i> témoins et traitées aux deux biopesticides par ingestion.	63
Fig.46 : L'indice de croissance des larves L5 de <i>L. migratoria</i> témoins et traitées aux deux biopesticides par ingestion	64
Fig.47 : Coupes histologiques transversales du Stomodeum de larve L5 de <i>L. migratoria</i> témoin	66
Fig.48 : Coupes histologiques transversales du caecum gastrique de larve L5 de <i>L. migratoria</i> témoin.	67

Fig.49 : Coupes histologiques transversales du gésier de larve L5 de <i>L. migratoria</i> traité par le henné.	68
Fig.50 : Coupes histologiques transversales du Mésenteron de larve L5 de <i>L. migratoria</i> traité par le henné.	69
Fig.51 : Coupes histologiques transversales du Mésenteron de larve L5 de <i>L. migratoria</i> traité par le <i>M. anisopliae</i> .	70

Liste des abréviations

L1: Larve de premier stade.

L2 : Larve de deuxième stade.

L3 : Larve de troisième stade.

L4 : Larve de quatrième stade.

L5 : Larve de cinquième stade.

L. migratoria : *Locusta migratoria*.

S. gregaria : *Schistocerca gregaria*.

I.N.P.V. : Institut National de la Protection des Végétaux.

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation.

D : Dose.

I.C. : Indice de consommation.

E.C.I. : Efficacité de conversion de la nourriture ingérée.

E.C.D. : Efficacité de conversion de la nourriture digérée.

C.U.D. : Coefficient d'utilisation digestif.

I.Cr. : Indice de croissance.

M : Moyenne.

Et : Ecart type.

M.a : *M.anisopliae*.

H : Henné.

T : Témoin.

LAA : lutte anti acridienne.

a : acinus.

an : anus.

c: caria.

cg: coeca gastriques.

co : colon.

es : canal salivaire.

g : gésier.

gl : glande salivaire.

i : iléon : jabot.

l : lobe.

M : mesenteron.

m : partie moyenne.

o : œsophage.

P : proctodeum.

p : pylore.

Pr : papillrectale.

r: rectum.

S : stomodeum.

tm: tube de Malpighi.

Ep : épithélium intestinale.

Ic : Intima cuticulaire.

Mc : muscle circulatoire.

Mli : Muscles longitudinaux internes.

Da : Débris alimentaires.

Ep : épithélium intestinale.

Tc : Tissu conjonctif.

L : lumière intestinal.

Table de matière

	Titre	Page
Remerciements		
Dédicace		
Résumé		
Abstract		
ملخص		
Introduction générale		1
Chapitre I : Synthèse bibliographique		
1- Données bibliographiques sur le criquet migrateur <i>Locusta migratoria</i>		5
1.1- Position systématique.....		5
1.2 -Morphologie		5
1.2.1 – L’oothèque.....		5
1.2.2 – la larve.....		6
1.2.3 – L’adulte.....		6
1.3- Le cycle biologique.....		7
1.3.1- La ponte.....		7
1.3.2- Le développement embryonnaire.....		8
1.3.3- éclosion et développement larvaire.....		8
1.3.4- Développement imaginal et maturation sexuelle.....		11
1.3.5- L’accouplement.....		11
1.4- Polymorphisme phasaire.....		14
1.4.1- Transformation morphologique.....		14
1.4.2- Transformation physiologique.....		14
1.5 Structure Anatomique du criquet migrateur		15
1.5.1 L’appareil digestif du criquet migrateur		15
1.6- Ecologie et distribution géographique de <i>Locusta migratoria</i>		16
1.6.1. Ecologie.....		16
1.6.2. Distribution géographique.....		16
1.7. Dégâts et importance économique.....		17
1.8- La lutte anti-acridiennes.....		17
1.8.1- La lutte préventive.....		17
1.8.2- La lutte mécanique.....		18
1.8.3- La lutte écologique		18
1.8.4- La lutte chimique		18

1.8.5- La lutte biologique	19
2-Données bibliographiques sur <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>acridum</i>	21
2.1- Historique.....	21
2.2-Généralités	21
2.3. Position systématique et morphologie du <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>acridum</i>	22
2.3- Les voies d'infection par <i>Metarhizium anisopliae</i>	23
2.5 - Symptomatologie et mode d'action parasitaire	23
2.6 - L'infectivité des champignons entomopathogènes.....	24
2.6.1- Phase d'adhésion.....	24
2.6.2. Phase de germination.....	24
2.6.3. Phase de pénétration.....	24
2.7 - Les facteurs limitants l'efficacité des champignons acridopathogènes comme agents de lutte biologique.....	25
2.7.1. Les facteurs de l'environnement.....	25
2.7.1. Les facteurs liés au pathogène.....	26
2.8 - Production, formulation et conservation de <i>Metarhizium anisopliae</i>	26
2.9 - Gamme d'hôtes.....	26
3-Données bibliographiques sur le henné: <i>Lawsonia inermis</i>	27
3.1- Distribution botanique et géographique	27
3.2- Systématique.....	29
3.3- Utilisation.....	30
Chapitre II : Matériel et méthodes de travail	
1-Matériel biologique.....	33
1.1- Les criquets.....	33
1.2. Les biopesticides testés	35
1.2.1-Le champignons entomopathogène: <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>Acridum</i>	35
1.2.1.1- Préparation de la solution mère	36
1.2.1.2 -Comptage des spores et détermination des concentrations.....	36
1.2.2. L'extrait du henné: <i>Lawsonia inermis</i>	38
2 - Matériel et produits utilisés.....	39
3- Méthodes.....	39
3.1- Etude de l'effet de deux biopesticides sur la morphologie et la mortalité des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	39

3.1.1. Mode d'application des traitements biologiques.....	39
3.1.2. Effet sur l'activité alimentaire.....	43
3.1.2.1. Effet sur la consommation journalière des larves L5.....	43
3.1.2.2. Evaluation des indices nutritionnels de consommation et d'utilisation de la nourriture.....	43
3.2. Etude de l'effet des traitements de deux biopesticides par mode ingestion sur le stomodeum du tube digestif.....	45
3.2.1. Prélèvement des tubes digestifs.....	45
3.2.2. Déshydratation des tubes digestifs.....	46
3.2.3. Inclusion des tubes digestifs.....	47
3.2.4. Confection des blocs des tubes digestifs.....	48
3.2.5. Réalisation des coupes.....	48
3.2.6. Etalement des coupes.....	48
3.2.7. Déparaffinage, réhydratation et coloration (HE) des tubes digestifs.....	49
3.2.8. Montage et observation microscopique.....	51
4. Analyses statistiques.....	51
Chapitre III : Résultats.....	
1. L'effet de deux biopesticides sur la morphologie des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	53
2. L'effet de deux biopesticides sur l'activité alimentaire.....	55
2.1. Effet sur la consommation journalière des larves L5.....	55
2.1.1. Effet sur l'ingéra.....	55
2.1.2. Effet sur L'egesta.....	56
2.1.3. Effet sur les indices nutritionnels de consommation et d'utilisation de la nourriture.....	58
3. Etude de l'effet des traitements de deux biopesticides sur la morphologie et la structure du tube digestif des larves L5 de <i>locusta migratoria</i>	65
3.1. Chez les larves L5 de <i>L. migratoria</i> témoins.....	65
	67
3.2. Chez les larves L5 de <i>L. migratoria</i> traités au Henné.....	
3.3. Chez les larves traitées au M. Anisoplie var acridium.....	69
Chapitre IV : Discussions.....	
1. L'effet de deux biopesticides sur la morphologie des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	72
1.1. L'effet sur la morphologie.....	72

1.2 Effet des deux biopesticides sur les indices nutritionnels de consommation et l'utilisation de la nourriture des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	73
.....	
2. Effet des deux biopesticides sur la structure du tube digestif des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	75
Conclusion générale.....	77
Références bibliographiques.....	80



Introduction

Le règne végétal est soumis à une agression constante par les phytophages. La réussite ou l'échec de la phytophagie, est sous l'étroite dépendance des substances chimiques stimulant ou inhibant la prise de nourriture. Chez les insectes phytophages, la quête alimentaire devrait maximiser l'ingestion de nutriments tout en réduisant les risques d'anomalie menaçant la survie du phytophage. Les besoins nutritionnels d'un insecte changent tout au long de son cycle de développement et ses changements se reflètent par des variations dans le comportement alimentaire (HASSEL et SOUTHWOOD, 1978) cité par KEMASSI 2014.

Les dégâts commis par les insectes en générale constituent certes un lourd préjudice pour l'agriculture. Les cultures céréalières n'échappent pas à ces préjudice et se trouvent en permanence confrontées à la déprédation de divers ravageurs entre autres les acridiens, en particulier les acridiens migrants tels que ; *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria* qui sont capables d'explosions démographiques intermittentes susceptibles de causer d'importants dégâts aux cultures. Les dégâts et les ravages imputés par ces ravageurs sont perpétrés aussi bien par les larves que par les adultes. Ces ravages peuvent être comparés aux grands fléaux de l'humanité, aux inondations, aux tremblements de terre et aux épidémies. Leurs attaques attirent beaucoup l'attention du public, fait souvent l'une des journaux et sont les seuls insectes ravageurs mentionnés dans la Bible et le Coran et transmis à travers des histoires orales dans les pays du Sahel (HASSEL et SOUTHWOOD, 1978) cité par KEMASSI 2014.

Après une période de 30 années d'inactivités dans la plupart des pays d'Afrique, la population de criquets s'est construite vers l'année 1985 qui a trouvé les autorités concernées non préparées, les budgets avaient été diminués, un manque de personnel qualifié et le pesticide le plus efficace, à savoir la dieldrin, était interdite dans plusieurs pays. Ces facteurs ont mené au développement complet de la pullulation qui a duré de 1986 à 1989. Malgré les dépenses colossales, la fin de l'invasion a été ramenée principalement par les conditions climatiques défavorables aux criquets (SHOWLER et POTTER, 1991) cité par FERTOUL 2010.

Parmi les criquets ennemis des cultures sahéliennes, le criquet migrant *Locusta migratoria* occupe une très grande extension géographique. De nombreuses sous espèces plus



ou moins nettes ont été décrites principalement en Afrique, à Madagascar, en Asie orientale, en Australie et en région méditerranéenne (Duranton *et al*, 1982).

Le développement de l'agriculture saharienne depuis 1990 par l'aménagement des périmètres irrigués en cultures sous serres et céréalières sous pivots, a créé un cadre favorable à la pullulation des individus solitaires des sauterelles à savoir : *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria* (Allal- Benfekih, 2006). En effet Kara, (1997) a observée un dimorphisme saisonnier de taille à Adrar chez les mâles et les femelles des populations du criquet pèlerin, issus de deux saisons différentes, l'une sèche et l'autre humide. Plus récemment, Ould El hadj, (1999) a établi la relation entre le développement agricole au Sahara algérien et la présence permanente de cette espèce d'une part et sa fréquente pullulation d'autre part.

La dernière invasion qu'a connue la région occidentale d'octobre 2003 au mois de mai 2005 (F.A.O., 2004), a révélé des insuffisances dans l'exécution des programmes de surveillances et de luttas notamment dans les pays du Sahel. Ainsi, il a suffi de deux mois de bonne pluviométrie en Mauritanie durant l'été 2003 pour assister au retour massif des populations grégaires au mois d'octobre de la même année (Lecoq, 2005) cité par SADOUNE-AROUS 2013.

Pour faire face à cette invasion, les pays du Maghreb et du Sahel, comme dans le passé, ont eu recours à toute une panoplie de produits chimiques réputés ayant un effet de choc contre les acridiens. Plus de 13 millions de litres de pesticides ont été déversés dans les biotopes infestés, dont 09 millions en Algérie et au Maroc durant l'année 2003 et 2005. Les conséquences qui peuvent résulter d'une mauvaise application et du non respect des précautions d'emploi sont réelles tant sur la santé humaine, animale que sur l'environnement (Doré *et al*, 2008).

L'homme est longtemps resté désarmé devant ce phénomène ; ce n'est que vers les années 1930 qu'on a découvert la biologie de cet insecte. On a pu alors limiter les dégâts que les criquets migrateurs infligent dans les régions tropicales de l'Afrique. Les mesures préventives ont déjà donné quelques résultats positifs ce qui est très encourageant (Duranton & Lecoq, 1990). Le problème qui se pose actuellement est l'utilisation de manière intensive des insecticides qui menace dangereusement la sécurité des consommateurs (De Visscher, 1991; Rachadi, 1991).



Plusieurs recherches récentes ont fait l'objet de résultats prometteurs pour trouver des produits à base d'organismes entomopathogènes qui stoppent la croissance des larves. En vue d'évaluer l'effet des biopesticides sur les insectes et notamment sur les acridiens, des études ont été effectuées par Greathead et al. (1994); Lazare et al. (1996); Zelazny et al. (1997) et Mcneill et Hurst (2008). En Algérie, on note celles réalisées par Benfkih-Allal (2006) et Mohanad Kaci et Doumandji-Mitiche (2006). Ainsi on cite ceux réalisées par Bissaad (1998), de Hallouane, (1997,2007), Hassani (2000), Hémour (2005), OUTTAR (2009), Moussa (2003), sur le plan international, les travaux de Fernandes et al. (2010), Inglis et al. (2007), Nam et al. (1998).

L'utilisation des biopesticides à base d'entomopathogènes a révélé des résultats encourageants. Des essais au laboratoire et en plein champs ont montrés l'efficacité insecticide de *Metarhizium anisopliae* (Metch) (Greathead D et al, 1994 ; Kooyman C et al 2005). De nombreuses études ont été menées sur le pouvoir biocide de ces microorganismes vis-à-vis des insectes ravageurs des cultures, mais peu de travaux d'évaluation de leurs impacts sur l'environnement et de qualification en tant que pesticides écologiques sont réalisés (Jenkins N. E. et Thomas M. B., 1996).

L'objet de notre travail, en continuation avec la même problématique sur la bio écologie et la stratégie de lutte contre *Locusta migratoria* mené sur l'efficacité de deux biopesticides l'une à base d'un champignon entomopathogène ; *M. anisopliae*, et l'autre à base d'une plante médicinale ; le henné sur le comportement alimentaire des larves L5 du criquet migrateur et l'histologie de leurs tube digestif.

Le présent travail comprend quatre chapitres. Le premier est consacré aux données bibliographiques sur le criquet migrateur et sur les deux biopesticides. Le second portera sur le matériel et les méthodes de travail. Le troisième comprend les résultats des paramètres suivis. En fin le quatrième comprend les discussions des paramètres suivis.



1. Données bibliographiques le criquet migrateur *Locusta migratoria*

1.1. Position Systématique

Le criquet migrateur *Locusta migratoria* (LINNE, 1758) est un Orthoptère, Caelifère qui fait partie de la famille des *Acrididae* et de la sous-famille des *Oedipodinae* (CHOPARD, 1943). Est qui appartient à l'ordre Orthoptère qui représente la principale espèce qui nous intéresse et de manière simplifiée se rangent comme suit : Selon LOUVEAUX et BEN-HALIMA (1987) cité par OUTTAR (2009)

- **Classe:** Insectes
- **Sous classe:** Ptérygotes
- **Super ordre:** Orthoptéroïdes
- **Ordre:** Orthoptères
- **Sous ordre:** Caelifères
- **Super famille:** Acridoidea
- **Famille:** Acrididae
- **Sous famille:** Oedipodinae
- **Genre:** *Locusta*
- **Espèce:** *Locusta migratoria*

1.2. Description morphologique

1.2.1. L'oothèque :

L'oothèque est longue de 60 à 75 mm, contenant 55 à 115 œufs (LAUNOIS-LUONG ET LECOQ, 1993). Ces derniers sont sous forme allongée, un peu incurvés, à chorion blanchâtre, d'une taille qui varie de 5.5 à 7mm (GRASSE, 1949). La masse ovigère est surmontée d'un long bouchon de matière spumeuse (LECOQ, 1991) (fig.1).



Fig.1 : Oothèque de *L. migratoria* (**original**)

1.2.2. La larve

Selon MASSON (1989), les larves grégaires de *Locusta migratoria* sont de couleur grise au début de développement qui devient foncé par la suite, orange et même noir en fin de développement larvaire. Alors qu'au sein des populations solitaires, les formes larvaires possèdent une teinte verte pâle (DOUMANDJI et DOUMANDJI-MITICH, 1994), ou brune (DURANTON *et al.*, 1982).

1.2.3. L'adulte

Ce grand oedipodien passe par deux phases alternatives : une phase solitaire sédentaire et une phase grégaire migratrice (ROBERT, 1972). Sous sa forme solitaire cet acridien mesure 29 à 46mm chez le mâle et 37 à 60mm chez la femelle, tandis que sous sa forme grégaire, il mesure 40 à 50mm chez le mâle et 46 à 56mm chez la femelle (fig. 2 et 3) (BALACHOWSKY et MESNIL, 1936). La coloration générale des imagos solitaires est verte ou brune, plus ou moins claire ou foncée et plus ou moins mouchetée de brun foncé ou noirâtre, en particulier sur le pronotum mais les imagos grégaires ont une teinte unique ; jaune plus ou moins oranger, maculé. *Locusta migratoria* présente une tête arrondie, le sommet du vertex est large, convexe, les favéoles temporales sont petites et triangulaires, les antennes sont filiformes un peu plus longues que la tête (BONNEMAISON, 1961).



Fig.2 : Adulte femelle de *L. migratoria* en phase grégaire (OUTTAR, 2009)



Fig. 3 : Adulte mâle de *L. migratoria* en phase grégaire (OUTTAR, 2009)

Dans la description morphologique du genre *Locusta* de CHOPARD (1943), Dirsh et DESCAMPS (1968) et HARZ (1975), l'oviscapte des femelle est court, robuste, à valve courbées, les valves inférieurs à saillie basale externe. Selon BEAUMONT et CASSIER (2009), l'appareil génital mâle est subdivisé en une partie proximale appelé plaque sus-anale et une partie distale appelé plaque sous-génitale.



1.3. Le cycle biologique

Le criquet migrateur est une espèce à reproduction continue durant toute l'année sans arrêt de développement à aucun stade (LECOQ ,1991). Le cycle biologique de ce ravageur comprend trois états successifs : l'état embryonnaire, l'état larvaire et l'état imaginaire (APPERT et DEUSE, 1982). Pour LAUNOIS-LUONG et LECOQ (1989), le criquet migrateur peut avoir 4 à 5 générations par an sous sa phase solitaire et 3 dans sa phase grégaire.

1.3.1. La ponte

Au moment de la ponte, la femelle enfonce son oviscapte profondément dans la terre (BALACHOWSKY et MESNIL, 1936) (fig.4). Les œufs sont déposés sur la couche humide du sol entre cinq à quinze cm de profondeur (POPOV *et al* ., 1990) (fig.4). Une fois qu'elle a déposé ses œufs, la reproductrice redresse son abdomen puis remplit le trou en y grattant de la terre et tasse bien la surface (STEEDMAN, 1988).

Selon DHOUIB (1994), la durée d'incubation des œufs dépend essentiellement de la température, de l'humidité du sol et de la température de l'air.

OULD EL HADJ (1991) a signalé qu'en fonction de la température de l'air, la durée d'incubation des œufs en milieu naturel est de 10 à 70 jours.



Fig.4 : La ponte chez la femelle de *L. migratoria* (original)



1.3.2. Le développement embryonnaire :

Les œufs des criquets évoluent en un temps très variable mais en rapport direct avec les conditions extérieures, la température en particulier (CHOPARD, 1932). Chez *Locusta migratoria*, l'embryogenèse dure 18 jours à 27°C et 10 jours à 33°C (DUANTANET *al.*, 1982), mais elle peut durer plus d'un mois en particulier en saison fraîche (LECOQ, 1991).

1.3.3. Éclosion et développement larvaire :

En saison chaude, le développement larvaire passe normalement par 5 stades et dure environ 3 semaines (LAUNOIS-LUONG et LECOQ, 1989). Les 3 premiers stades se ressemblent avec bien sûr une augmentation de taille, qui est visible surtout au niveau de la tête et du thorax, l'abdomen s'allonge entre les mues avec la prise alimentaire (BELLMANN et LUQUET, 1995), (fig.5) (fig.6) (fig.7).



Fig. 5 : Larve L1 de *L. migratoria* (original).



Fig. 6 : Larve L2 de *L. migratoria* (OUTTAR, 2009).



Fig. 7 : Larve L3 de *L. migratoria* (OUTTAR, 2009).

Les larves de 4ème et 5ème stade se distinguent par leur taille et la grandeur de leurs ébauches alaires qui sont dirigées vers le haut (fig.8) et (fig .9) et qui restent différentes de celles des 3 premiers stades qui sont dirigées vers le bas (BELLMANN et LUQUET, 1995).



Fig. 8 : Larve L4 de *L. migratoria* (original)



Fig. 9 : Larve L5 de *L. migratoria* (original)

1.3.4. Développement imaginal et maturation sexuelle

La larve du 5ème stade subit une mue imaginale qui donne naissance à l'adulte (De GREGORIO, 1996). Ce jeune imago possède des téguments mous qui durcissent progressivement en une dizaine de jours au maximum. Après cette étape, le jeune imago se consacre surtout à la recherche d'un biotope favorable à l'alimentation (DURANTON et LECOQ, 1990).



1.3.5. L'Accouplement

Les individus de cette espèce peuvent s'accoupler 4 jours après la mue imaginale (STEEDMAN, 1988). Pour s'accoupler, le mâle grimpe sur la femelle, l'extrémité de son abdomen tordue sur le côté (CHOPARD, 1938), le spermatophore est introduit dans la spermathèque de la femelle (fig.10), le sperme se trouve transféré dans les organes femelles (GRASSE, 1949).

D'après DURANTON et LECOQ (1990), la copulation peut durer de 3 à 14 heures.



Fig. 10 : L'accouplement chez *L. migratoria* (Original)

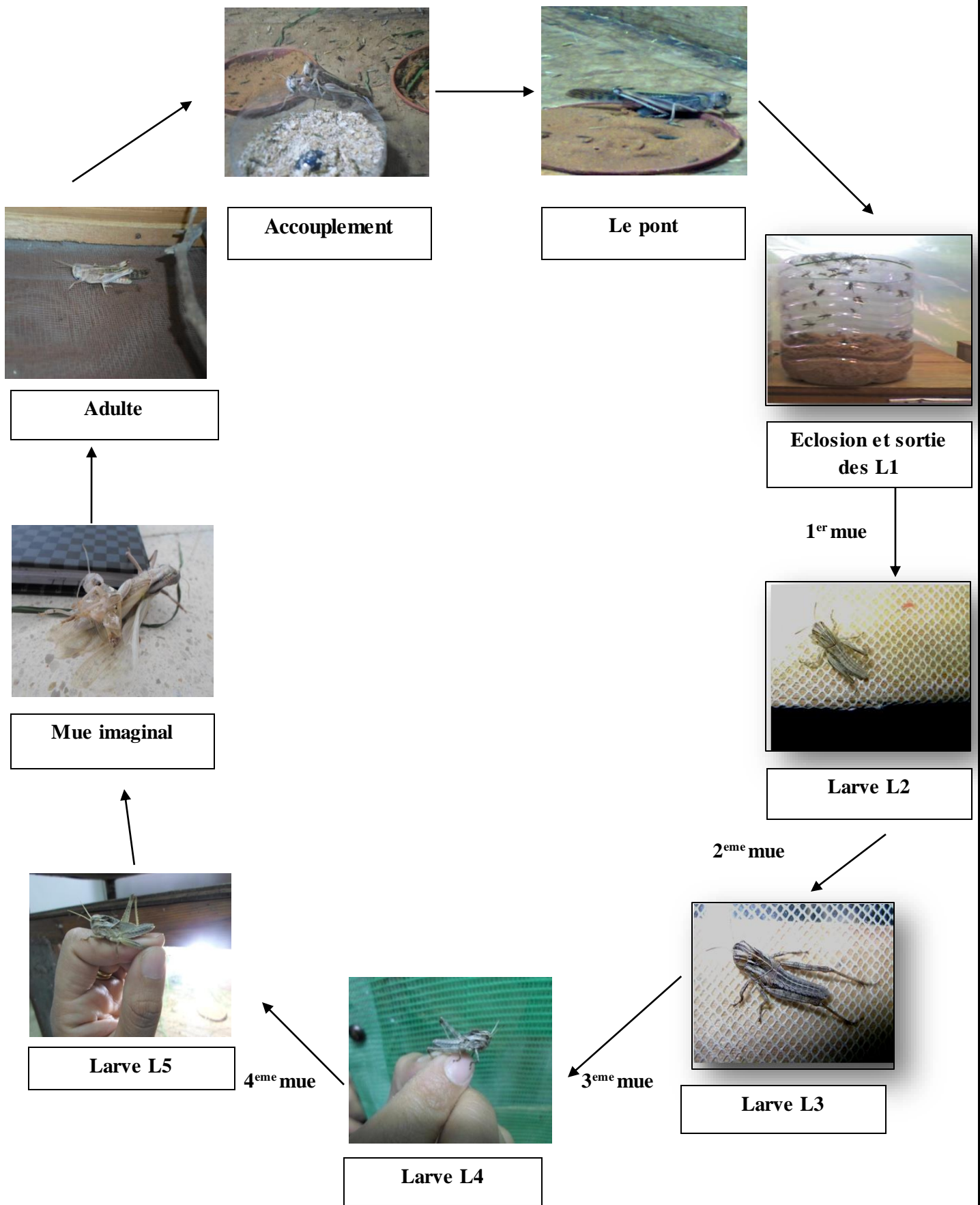


Fig 11 : cycle biologique de *L. migratoria* (original)



1.4. Polymorphisme phasaire :

Les locustes sont des espèces à « transformation phasaire », c'est-à-dire qu'ils peuvent, selon la densité des populations, se présenter sous deux formes très différentes, appelés phase : une forme ou **phase solitaire** et une forme ou **phase grégaire**. La phase grégaire est celle qui est responsable des dégâts, souvent considérables, causés par ces criquets. Le passage de phase solitaire à la phase grégaire se réalise préférentiellement dans certaines zones qu'on appelle l'air grégarigènes (LECOQ et MESTRE, 1988)

D'après CHARA (1995) le déclenchement du phénomène de grégarisme intervient avec l'augmentation de la densité par unité de la 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 produit chez *Locusta migratoria*.

1.4.1. Transformation morphologique :

***La taille des individus** : les criquets grégaire sont généralement de plus petite taille que les solitaires (CHARA, 1995).

***Les ailes** : les ailes solitaires de *S. gregaria* et *L. migratoria* sont plus grands que celle des grégaire (DURANTON et al., 1987).

* **La forme du pronotum** : elle est très différente selon la phase. La carène dorsale est arquées chez les solitaire et presque plane chez les grégaire (STEEDMAN, 1988).

***Les larves** : les larves solitaires sont d'une couleur verte ou brune alors que les grégaire sont orange pigmenté de noir (CHARA, 1995).

1.4.2. Transformation physiologique :

Les criquets grégaire ont un métabolisme plus élevé que les solitaire. Ils consomment par conséquent plus de nourriture (CHARA, 1995).

D'après DURANTON et al. (1987), les locustes grégaire produisent des œufs plus gros et en nombre plus restreint que les solitaires.

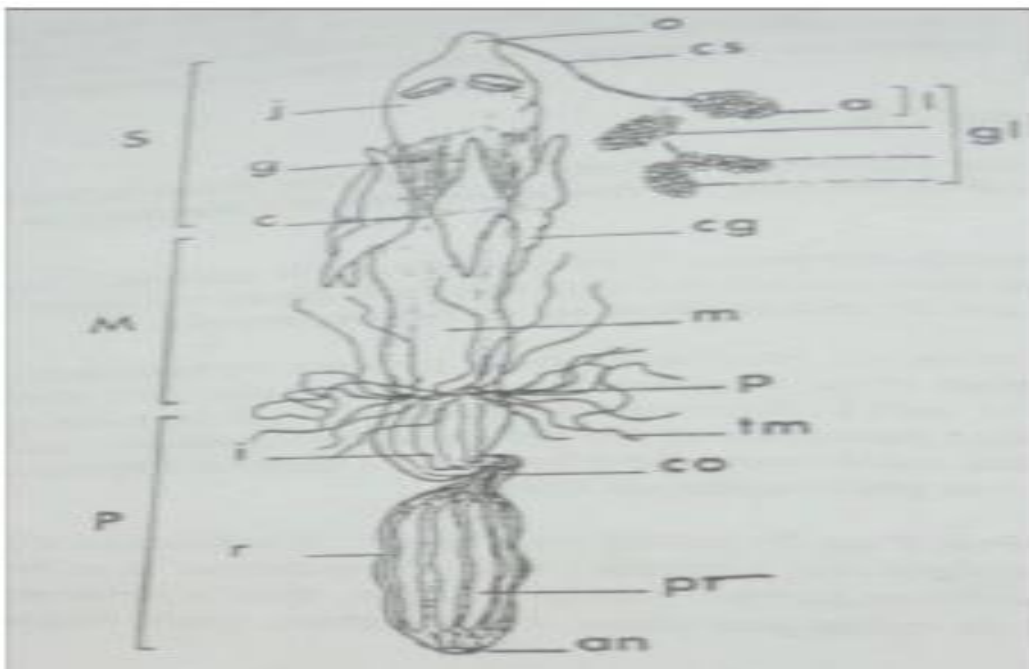


1.5 Structure Anatomique du criquet migrateur

1.5.1 L'appareil digestif du criquet migrateur

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 (Fig. 11).

- le **stomodeum** qui comprend la cavité buccale, le pharynx, l'œsophage, le jabot et le gésier.
- le **mesenteron** est une région spécifiquement digestive.
- Le **proctodeum** se différencie à partir du pylore où se placent de nombreux tubes de Malpighi excréteurs, une valvule rectale marque la limite entre le colon et le rectum.



a : acinus, **an** :anus, **c**:caria, **cg**:coeca gastriques, **co** :colon, **es** :canal salivaire, **g** :gésier, **gl** : glande salivaire, **i** : iléon /jabot, **l** :lobe, **M** ; mesenteron, **m** : partie moyenne, **o** :œsophage, **P** :proctodeum, **p** :pylore, **pr** :papillrectale, **r** rectum, **S** :stomodeum, **tm** :tube de Malpighi.

Fig 12:Schéma de l'appareil digestif d'un acridien en vue dorsale (**modifier d'après JANNONE, 1939**)



1.6. Ecologie et distribution géographique de *Locusta migratoria* :

1.6.1. Ecologie

Le facteur hydrique est le facteur clé de l'écologie du criquet migrateur. Ce dernier est une espèce hygro-mésophile (LECOQ, 1991). Au plein cœur de la saison sèche, le criquet migrateur se dirige vers les plaines basses, où subsistent encore de larges étendues de végétation verte. Pendant la saison des pluies, au contraire, il occupera les parties élevées non soumises à l'inondation (ALBRECHT, 1967).

1.6.2. Distribution géographique

L'aire de répartition des espèces migratrices est extrêmement vaste (BALACHOWSKY et MESNIL, 1936). Ces sous espèces se rencontrent en Afrique au sud du Sahara, à Madagascar, dans la péninsule Arabique et Indo-Pakistanaise, une grande partie de l'Europe et sur le pourtour méditerranéen, en Asie et en Australie (DURANTON *et al.*, 1982), elle ne manque donc guère qu'aux Amériques (DEFAUTET *al.*, 2012) (fig.12) (UVAROV 1977, ALBRECHT 1967, FISHELSON 1985, KANG *et al.*, 1989, le site australien <http://www.affa.gov.au/index.cfm>, GRICHANOV et SAULICH 2003, cité par ALLAL-BENFEKHIH 2006). Mais sur ce vaste territoire elle est représentée par plusieurs races géographiques ; leur nombre varie beaucoup avec les auteurs ; FARROW et COLLESS (1980) n'en admettent que trois, C.O.P.R. (1982) et LOUVEAUX et GILLON (1986) Neuf, et le CIRAD (2006) au moins une douzaine.

Chacune des sous-espèces de *L. migratoria* possède des particularités bioécologiques, on distingue : La sous-espèce *burmana* (en Chine d'Ouest et Burmanie) ; la sous-espèce *capito* (à Madagascar et les îles adjacentes) ; la sous-espèce *cinerascens* (à la région méditerranéenne) ; la sous-espèce *manilensis* (dans la région pacifique, l'Asie du Sud et dans le Sud et l'Est de la Chine); la sous-espèce *migratoria* (dans la partie orientale de l'Europe et l'Asie) ; la sous-espèce *migratoroides* (en Afrique du sud et tropicale) (MOHAND-KACI, 2012).

Notons que la sous-espèce *gallica* est incluse dans la sous espèce *migratoria* selon OSF2 mais considérée comme indépendante dans DEFAUT (2005) cité par ALLAL- BENFEKHIH



(2006). Il en est de même pour la sous espèce *australis*, considérée comme valable par CHAPUIS *et al.*,(2005) cité dans ALLAL- BENFKHIIH (2006).

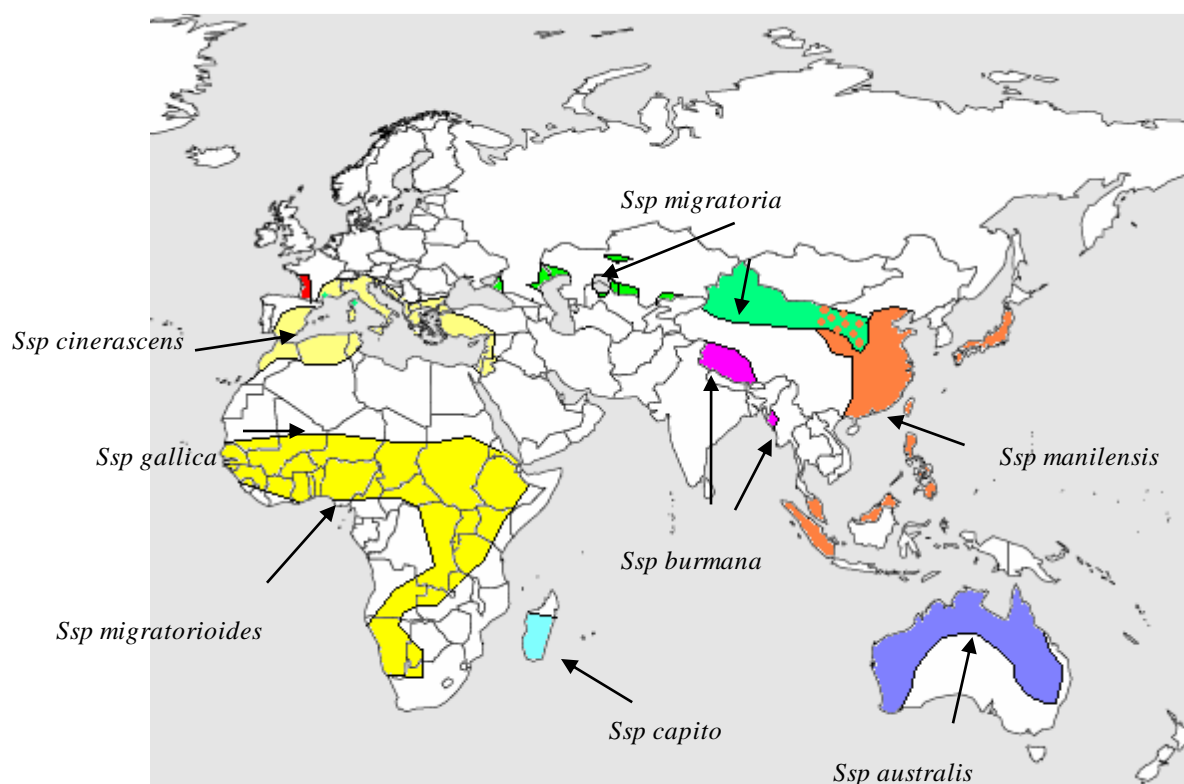


Figure 13. Distribution géographique des sous-espèces de *Locusta migratoria* cité par ALLAL-BENFKHIIH (2006).

1.7. Dégâts et importance économique

De très nombreuses plantes sont susceptibles d'être attaquées par le criquet migrateur, qu'elles soient ligneuses comme le bananier, le palmier dattier (KABASSINA, 1990), ou herbacées, comme le mil, le maïs, le blé et le sorgho (DURANTON *et al.* , 1982; LAUNOIS-LUONG et LECOQ, 1989). Selon les estimations des spécialistes, en 1974, 368000 tonnes de céréales dans le Sahel auraient été perdues du fait des sautereaux (ABOU THIAM, 1991).

1.8. La lutte antiacridienne



1.8.1. La lutte préventive

La lutte préventive comporte trois étapes essentielles :

- la surveillance des conditions écologiques dans les aires potentielles de reproduction et de grégarisation.
- l'organisation de prospections aériennes et terrestre dans les aires devenues potentiellement favorables à la suite de précipitations abondantes.
- la lutte contre toutes les populations des acridiens dépassant un certain seuil de nuisibilité (DURANTON et LECOQ, 1990).

1.8.2. La lutte mécanique

D'après DOBSON (2001), les méthodes de lutte mécanique consistent à creuser des tranchées pour que les larves y tombent ou à les balayer avec des branchages. Il arrive qu'on bêche ou laboure les champs de ponte.

1.8.3. La lutte écologique

Elle consiste à rompre la synchronisation entre le cycle biologique de l'acridien et son environnement ou de rendre le milieu moins favorable au ravageur. Les moyens utilisés sont par exemple :

- ❖ L'inondation temporaire de certains sites de reproduction,
- ❖ Le labourage de sols indurés,
- ❖ La suppression des jachères (DURANTON *et al.*, 1987).

1.8.4. La lutte chimique

Le but initial de la lutte chimique est de supprimer, d'exterminer le ravageur, la mauvaise herbe, le pathogène, le parasite (PHILOGENE, 1991).

Selon (LAUNOIS -LUONG *et al.*, 1988 ; RACHADI, 1991 in MOHAND-KACI ,2012) les principaux pesticides utilisés dans la lutte antiacridienne sont :

- ❖ les organophosphorés (féntrothion, parathion méthyl, diazinon, ect).
- ❖ les carbamates (bendiocarbe).



- ❖ les pyréthrinoides (deltamethrine, lambda-cyhalothrine) qui ont une action létale significative atteinte dans les vingt-quatre heures qui suivent l'application.
- ❖ la dieldrine capable de tuer les larves plusieurs semaines après l'application.
- ❖ les régulateurs de croissance (diflubenzuron, le triflumuron, le teflubenzuron) qui agissent sur le mécanisme hormonal ou de synthèse de la cuticule de criquet migrateur où les larves meurent au moment de la mue

1.8.5. La lutte biologique

La lutte biologique est une alternative pour assurer une meilleure protection de la santé et de l'environnement (THIAM *et al.*, 2004). Elle consiste à employer des parasites, prédateurs, organismes pathogènes (MOUMEN, 1995), des méthodes génétiques et des plantes acridifuges ou acridicides (LOMER et PRIOR, 1992). Le pathogène se multiplie dans l'hôte en lui causant des dommages par destruction des tissus, par septicémie ou toxémie entraînant sa mort plus ou moins immédiate. Tous les micro-organismes pathogènes possèdent des formes de résistance leur permettant de persister dans l'environnement et de perpétuer leur cycle de vie (JOURDHEUIL *et al.*, 1992). Cependant, les micro-organismes ont des spectres d'action assez étroits à cause de certains facteurs abiotiques qui peuvent être limitants pour leur développement optimal (MATHIAS, 2001).

❖ Les champignons entomopathogènes

Les espèces des genres *Beauveria*, *Metharizium*, *Verticillium*, *Erynia*, *Hirsutella*, *Entomophthora* et *Entomophaga* sont les plus utilisées en lutte biologique (WRAIGHT et ROBERTS, 1987). Les champignons peuvent tuer très rapidement en l'espace de quelques heures, ou plus lentement par épuisement de l'hôte (LUONG-SKORMAND *et al.*, 1999).

❖ Les virus

Parmi les sept familles des virus, ce sont les *Baculoviridae*, les *Reoviridae* (MILLER *et al.*, 1983) et le virus entomopox (*poxviridae*) qui sont les plus utilisés en lutte biologique (PAYNE, 1982). Il est rapporté par MEYNADIER *et al.*, (1992) que dans certains cas, les virus liquéfient les corps gras entraînant une turgescence de l'insecte suivi de sa mort.



❖ Les protozoaires

Parmi les protozoaires, *Nosemalocustae* est surtout connu pour réduire la fécondité et la longévité des acridiens (LAUNOIS-LUONG *et al.* ,1994). Selon GREATHED *et al.* , (1994), *Nosemaacridophagus* et *N. cuneatum* semblent avoir un effet plus néfaste sur leurs hôtes que *N. locustae* car ils sont capables de les tuer.

Parmi les Amoebidae, *Melamebalocustae* emble celui de tous les protozoaires amiboïdes entomophiles qui présente le plus d'intérêt en lutte microbiologique (MCLAUGHLIN, 1971).

❖ Les prédateurs

La classe des insectes comprend un grand nombre de prédateurs parmi les Mantoptera, les Orthoptera, les Coleoptera, les Hymenoptera et les Diptera. On rencontre parmi les prédateurs vertébrés des criquets, les batraciens, les reptiles, les mammifères et les oiseaux (DOUMANDJI ET DOUMANDJI-MITICHE ,1994).

❖ Les parasites

Parmi les parasitoïdes d'œufs d'acridiens, les hyménoptères scélionides sont les seuls connus. Les parasites des larves et des imagos d'acridiens sont surtout des nématodes (GREATHED *et al.* , 1994).

❖ Les végétaux

Les insecticides végétaux sont avérés efficaces contre les insectes, non toxiques sur les vertébrés, se dégradent complètement dans le sol (IDRISSIE TAL., 2002). Les extraits provenant de deux méliacées, *Azadirachta indica* et *Melia volkensii* présentent des propriétés antiacridiennes intéressantes. Des extraits de fruits, de feuillages ou d'écorce protègent efficacement les cultures des attaques d'acridiens (DIOP et WILPS, 1997 ; REMBOLD, 1997).

❖ Les phéromones

FERENZETAL., et ROSA PAIVA (1994,1997) pensent que par l'application de phéromones, on espère empêcher les criquets de se reproduire en masse et de pulluler.



❖ Les bactéries entomopathogènes

Plus d'une centaine de bactéries ont été identifiées comme ayant un potentiel d'utilisation en lutte biologique (STARNES *et al.*, 1993). Les espèces entomopathogènes appartiennent surtout à trois grandes familles qui sont les Bacillaceae (*Bacillus*), Enterobacteriaceae (*Serratia et Xenorhabdus*) et Pseudomonaceae (*Pseudomonas*) (GREATHEAD *et al.*, 1994). Parmi les bactéries, seul le genre *Bacillus* fait l'objet d'une utilisation pour combattre les insectes (LERECLUS et CHAUFaux, 1986). Ce genre regroupe un grand nombre d'espèces très répandues dans la nature, la majorité se développe mieux à 30°C jusqu'à 37°C (BROSSARD et TERRY, 1984). Selon LARPENT et GOURGAUD (1997), le genre *Bacillus* produit une gamme assez variée de molécules qui peuvent être groupées en trois classes ; les antibiotiques, les enzymes et les toxines. L'utilisation répétée des bactéries peut toutefois, comme les pesticides chimiques, entraîner une résistance chez certaines espèces (DUNPHY et TIBELIUS, 1992).

2. Données bibliographiques *Metarhizium anisopliae var. acridum* :

2.1. Historique

D'après AMOURIQ (1973), le genre *Metarhizium* est le premier champignon entomopathogène utilisé par METCHNIKOFF en 1879, contre les insectes nuisibles à l'agriculture.

Dans le but de recherche des méthodes alternatives à la lutte chimique, le projet LUBILOSA (Lutte biologique contre les Locustes et les Sauteriaux) a mis au point un mycopesticide appelé GREEN MUSCLE®. Il s'agit d'un champignon entomopathogène, *Metarhizium anisopliae var. acridum* Gams&Rozsypal (Deuteromycotina : Hyphomycetes) obtenu à partir des spores d'un insecte mort. Ce champignon spécifique aux espèces de criquet à antenne courtes (Acridoidea : Acrididae et Pyrgomorphidae), il est préparé sous forme de poudre sèche ou en forme de concentration huileuse des spores. Les spores de *Metarhizium anisopliae var. acridum* peuvent être facilement produites en masse.



2.2. Généralités

Les champignons sont des microorganismes eucaryotes filamenteux, aérobies strictes et rarement anaérobies (Mathew, 1995 ; Tortora *et al.*, 2003), ayant un métabolisme hétérotrophe car ils tirent leur énergie de la respiration et de la fermentation des matières organiques solubles disponibles dans leur environnement (LEVEAU et BOUIX, 1993 ; NICKLIN *et al.*, 1999).

Les champignons entomopathogènes appartiennent aux sous-divisions *Mastigomycotina*, *Zygomycotina* (*Entomophthorales*), *Ascomycotina* (*Clavicipitales*) et *Deuteromycotina* (Hyphomycètes). Les espèces qui infectent les criquets font partie des 3 dernières sous-divisions. La sous-division des *Deuteromycotina* regroupe les champignons dont on ne connaît pas la reproduction sexuée (fungi imperfecti ou champignons imparfaits) et les formes asexuées (anamorphes). Les deux genres les mieux connus qui infectent les criquets sont *Metarhizium* et *Beauveria* (GREATHEAD *et al.*, 1994).

2.3. Position systématique et morphologie du *Metarhiziumanisopliae* var. *acridum*

Metarhiziumanisopliae est un champignon imparfait qui présente d'après GREATHEAD *et al.* (1994) la classification suivante :

- **Sous embranchement** : Deuteromycotina
- **Sous classe** : Deutéromycètes
- **Ordre** : Moniliales
- **Famille** : Moniliaceae
- **Série** : Sympodulosporae
- **Genre** : *Metarhizium*
- **Espèce** : *M. anisopliae*

D'après ZIMMERMANN (1993), *Metarhiziumanisopliae* peut être aisément identifié par les conidies cylindriques vertes de longueur variant de 5 à 8 µm, qui sont produites en



chaînes et qui forment une couche compacte de spores. Les souches de ce champignon forment des conidies particulièrement allongées (AMOURIQ, 1973) (Fig.13).

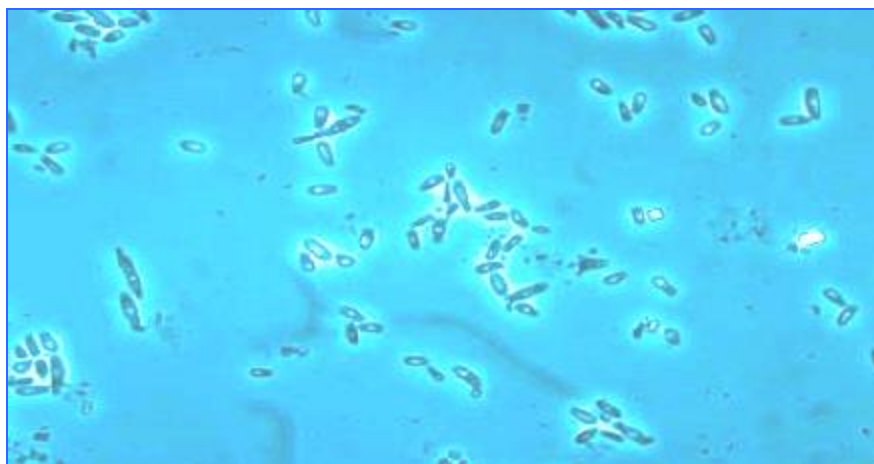


Fig. 14: Conidies de *Metarhizium anisopliae* (KLEESPIES et al., 2000 cité par OUTTAR, 2009)

2.4 -Les voies d'infection par *Metarhizium anisopliae*

Contrairement aux autres germes qui nécessitent l'ingestion de la particule infectieuse ou toxine, les champignons entomopathogènes infectent leur hôte en traversant le tégument externe de l'insecte. La pénétration de la cuticule permet l'infection de l'hôte même lorsqu'il est inactif comme au stade œuf ou en diapause (FARGUES, 1984). Les propagules infectieuses pénètrent généralement dans l'hôte de différentes manières :

- Par le biais de la cuticule : appelée par contact.
- Par les stigmates: appelée par inhalation.
- Par voie digestive : appelée par digestion.

2.5 - Symptomatologie et mode d'action parasitaire

Les symptômes d'un criquet atteint par *Beauveria* ont été décrites par NOURZHANOV et al.,1987 cité par LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992). L'insecte s'alimente peu, perd le contrôle de ses mouvements, ses pattes sont agitées de tremblement puis une paralysie générale survient. Une teinte cramoisie se surimpose à la coloration générale du corps. Le



criquet meurt intoxiqué par des toxines produites par les blastospores qui se sont multipliées dans l'hémocoel. La tête, le pronotum et l'extrémité abdominale se couvrent d'un mycélium de couleur blanchâtre et d'aspect velouté.

2.6. L'ineffectivité des champignons entomopathogènes

L'infection des champignons entomopathogènes passe par trois phases successives :

2.6.1. Phase d'adhésion

Certains auteurs, PAILLOT (1933), FERRON *et al.* (1991); montrent que les spores des champignons entomopathogènes se fixent sur le tégument de l'insecte et germent lorsque les conditions du milieu optimales sont favorables.

2.6.2. Phase de germination

Elle dépend directement des caractéristiques thermohydriques (24 à 29°C et 50 à 58 % d'humidité).

2.6.3. Phase de pénétration

D'après FERRON *et al.* (1991), le mode de pénétration des champignons entomopathogènes est finalement très comparable à celui de la plupart des champignons phytopathogènes. Ce processus faisant intervenir des forces mécaniques et hydrolyses enzymatiques (Fig. 14).

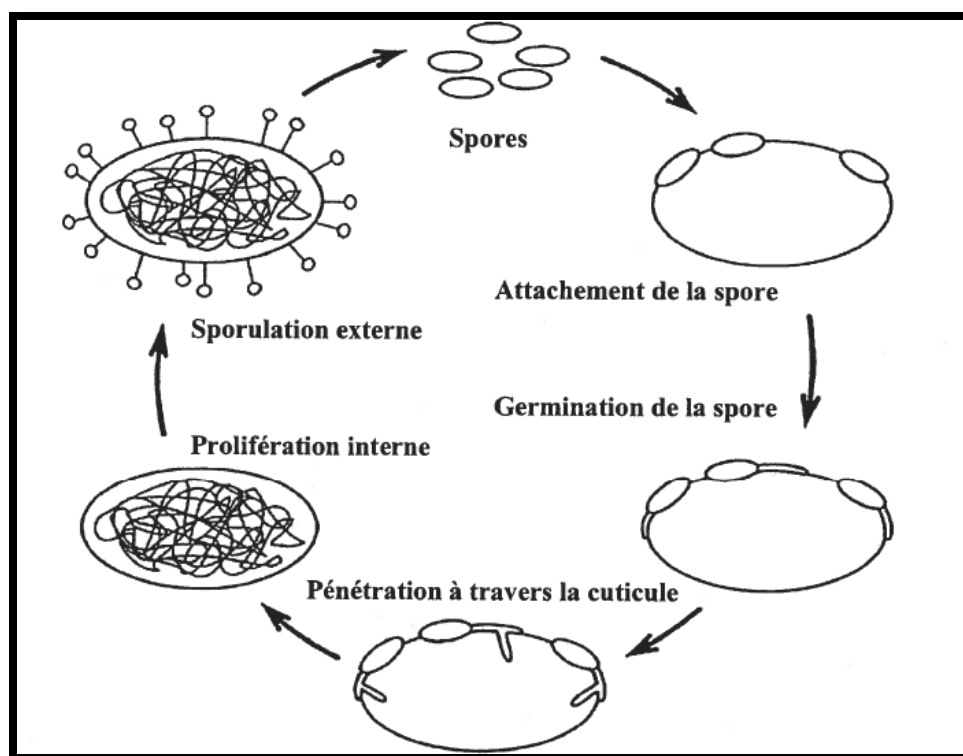


Fig. 15 : Schéma du cycle biologique des champignons entomopathogènes
(Ferronet *al.*, 1993).

2.7 - Les facteurs limitants l'efficacité des champignons acridopathogènes

2.7.1. Les facteurs de l'environnement

AMOURIQ (1973), a montré que la température et l'humidité du milieu jouent un rôle important dans la conservation du pouvoir germinatif des spores, leur dissémination et leur germination.

D'après PAILLOT (1933), les conidies de *Beauveria bassiana* conservées à l'air sec ne perdraient le pouvoir germinatif qu'au bout de 3 ans environ.

PICARD cité par PAILLOT (1933), a montré que la virulence des champignons pour une espèce d'insecte déterminé est variable. Elle peut être atténuée par repiquage successif sur milieu artificiel, on la renforce par passage à travers l'organisme nuisible. La capacité de survie a également une influence. De nombreux champignons entomopathogènes formant des



structures de résistance peuvent être importants pour la survie et la régénération de la population du pathogène (FERRON et *al.*, 1991).

2.8 - Production, formulation et conservation de *Metarhiziumanisopliae*

a) Production

Comme tous les champignons entomopathogènes, *M. anisopliae* sont cultivés sur un milieu soit naturel ou artificiel, soit en culture de surface ou submergé. La meilleure méthode économique de production en masse, demeure celle réalisée en milieu liquide qui permet d'obtenir des blastos (KLEESPIES et ZIMMERMAN, 1992).

b) Formulation

Il y a plusieurs formulations, soit de substance aqueuse, huileuse à base végétale, soit une formulation faite à base de poudre d'argile avec de l'eau. Cette dernière formulation est inappropriée pour la lutte contre les Locustes. Elle se dessèche rapidement dans les conditions semi-arides (PRIOR, 1993). Dans ce cas on utilise des huiles végétales ou minérales, car les champignons entomopathogènes sont beaucoup plus efficaces à l'égard de leurs hôtes dans une suspension huileuse qu'aqueuse (BATEMAN, 1991).

c) Conservation

Selon SWEARINGER (1993), la conservation des spores de *M. anisopliae* est faite en formulation à base de poudre d'argile avec de l'eau. D'après LOMER et PRIOR, (1991), la conservation de ce champignon est meilleure en formulation huileuse car elle évite la nécessité traditionnelle de maintenir une humidité élevée pour le champignon.

2.9 - Gamme d'hôtes

D'après FERRON et *al.* (1991); GEOTTEL (1991), il existe plus de 700 espèces d'insectes dans le monde qui peuvent être attaquées par ce champignon. En effet, il y a plusieurs espèces



à partir desquelles des isollements de *M. anisopliae* ont été effectués. Ce champignon est donc largement répandu.

3. Données bibliographiques le Henné (*Lawsonia inermis*)

3.1. Distribution botanique et géographique

Lythracée appartenant à l'ordre des Myrtales; *Lawsonia inermis* est une plante pérenne communément appelée Henné en français ou Henna en anglais. C'est une espèce native d'Afrique du Nord et du Sud Est Asiatique (MALEKZADEH, 1968), cultivée extensivement en haies vives ou comme plantes ornementales en Inde, en Iran et le long des côtes africaines et méditerranéennes (MALEKZADEH, 1968). *Lawsonia inermis* est un arbuste ou petit arbre fortement ramifié, glabre, atteignant 6 m de haut, à écorce marron-grise. Ses feuilles opposées décussées, simples et entières, sont presque sessiles à stipules minuscules; limbe elliptique à oblong ou largement lancéolé; inflorescence: panicule terminale de grande taille, pyramidale, atteignant 25 cm de long, (fig.14), à nombreuses fleurs bisexuées régulières et odorantes(Fig. 15). Son fruit est une capsule globuleuse de 4-8 mm de diamètre, violet-vert, indéhiscente ou s'ouvrant, irrégulièrement, contenant de nombreuses graines longues de 2-3 mm, à tégument épais (AWEKE et TAPAPUL, 2005 ; CHAUHAN et PILLAI, 2007) Ses longues grappes dégagent une odeur extrêmement puissante et extrêmement diffusible qui rappelle, lorsqu'elle est diluée et perçue de loin, celle de plusieurs fleurs blanches, le troène ou L'aubépine, mais qui donne, lorsqu'elle est dense et perçue de près, une impression très vive de sperme, de mucus vaginal ou de liquide amniotique (LEMORDANT et FORESTIER, 1983) (fig.16).

Il pousse à l'état naturel dans les régions tropicales et subtropicales d'Afrique, d'Asie du Sud et d'Australie sous des latitudes comprises entre 15 et 25° aussi bien Nord que Sud, de l'Afrique au Pacifique. En effet, la région d'origine du henné correspond à la savane tropicale et aux régions arides depuis l'Afrique jusqu'à la zone Ouest Pacifique, d'où sortent les meilleures qualités tinctoriales quand il est cultivé dans les températures comprises entre 35°C et 45°C.



Fig. 16:Les feuilles du henné (CARTWRIGHT-JONES, 2005 cité par CARTWRIGHT-JONES, 2006) cité par OUTTAR 2009



Fig. 16 : Les fleurs du henné (MUSSELMAN, 2005 cité par CARTWRIGHT-JONES, 2006) cité par OUTTAR ,2009.



Fig. 18 : Les fruits du henné (CARTWRIGHT-JONES, 2005 cité par CARTWRIGHT-JONES, 2006) cité par OUTTAR, 2009.

3.2. Systématique

Le genre *Lawsonia* comporte une seule espèce; *L. inermis*, ayant plusieurs synonymes : *L. alba* Lam; *L. falcata* Lour; *L. speciosa* L. et *L. spinosa* L. (THE PLANT LIST, 2010).

Selon ANONYME (2008a) cité par OUTTAR (2009), *Lawsonia inermis* se classe selon la nomenclature suivante :

- ❖ Règne : Plantae
- ❖ Division : Magnoliophyta
- ❖ Classe : Magnoliopsida
- ❖ Sous-classe : Magnoliidae
- ❖ Ordre : Myrtales
- ❖ Famille : Lythraceae
- ❖ Genre : *Lawsonia*
- ❖ Espèce : *Lawsonia inermis* L.



3.3. Utilisation

Toutes les parties de la plante ont une utilité pour l'homme. La pâte, produite avec la poudre des feuilles et de l'eau, sert à colorer les ongles, à décorer la paume des mains et la plante des pieds. Elle sert aussi à teindre les cheveux et notamment à masquer les cheveux gris (CARTWRIGHT-JONE 2006). La teinture de cheveux au henné tue également les poux. On pense que le tatouage fait avec le henné est surtout répandu dans le monde musulman. Mais le henné est l'un des produits cosmétiques les plus anciens au monde. Il a été utilisé traditionnellement depuis des milliers d'années lors de cérémonies et comme parures personnelles (CARTWRIGHT-JONE 2006).



Fig.19 : Poudre de feuilles de henné et pâte de henné (Anonyme)

Les Vietnamiennes laquaient leurs dents en noir additionnant le henné à des produits noircissants (ADIG 2002, KUCHARD 2003). Les Assyriens ornaient les paumes et les ongles des futures mariées de motifs au henné (KUCHARD 2003). Chez les Orientaux, le henné est souvent utilisé au hammam pour adoucir la peau (KUCHARD 2003).

Le henné est utilisé de nos jours comme cosmétique ou ingrédient de cosmétiques. Il est aussi utilisé pour le bronzage, donnant une teinte magnifique à la peau. Au Brésil, le henné entre dans la fabrication industrielle des produits bronzants (KUCHARD 2003).



Les feuilles ont également des vertus pharmaceutiques. Depuis longtemps, des médecins les ont utilisées pour le traitement des cicatrices jaunes, de l'amibiase (KHORRAMI 1979). La poudre des feuilles est utilisée comme antimicrobien, antifongique, bactériostatique et antispasmodique (KHORRAMI1979). Le henné a également une propriété antipelliculaire et on l'emploie aussi contre certaines dermatoses (KUCHARD 2003). Dans la médecine traditionnelle des Arabes et des Indiens, des préparations à base de feuilles et de la racine du henné sont utilisées pour déclencher l'accouchement. Une décoction à base de feuilles et de racines de la plante est efficace contre certaines formes de diarrhée. Dans certains pays africains comme la Côte d'Ivoire et le Nigeria, les feuilles sont utilisées pour traiter la trypanosomiase (AWEKE et Tapapullekoyiet 2005).



Objectif de l'étude

Ce présent travail a porté sur l'évaluation du pouvoir acridicide de deux biopesticides ; un champignon entomopathogène (*Metarhizium anisopliae var. acridum*) et une plante médicinale (*Lawsonia inermis*). Ils ont été appliqués sur les larves L5

Notre étude a été basée sur l'effet des traitements de ces deux biopesticides sur les paramètres suivants :

- La morphologie des larves L5 de *Locusta migratoria*.
- L'activité alimentaire des L5 de *Locusta migratoria*.
- L'histologie du Tube digestif des L5 de *Locusta migratoria*.

Notre travail a été réalisé durant la période allant du mois de Janvier jusqu'au mois de Mai 2016. Les différentes expérimentations ont été effectuées au niveau du :

- Laboratoire de Lutte anti- acridienne (LAA) de l'INPV d'El Harrach, où ils ont été réalisés les bio-essais du pouvoir antiacridien des biopesticides étudiés.
- Laboratoire de cytologie au niveau de centre Hospitalo-Universitaire de Hussein Dey, wilaya d'Alger, où ils ont été effectuées les coupes histologiques du tube digestif des larves L5 du criquet migrateur.

Ce travail a nécessité l'utilisation d'un matériel biologique en adoptant une méthodologie rigoureuse comportant plusieurs étapes.

1. Matériel biologique

1.1. Le criquet

Afin de tester l'effet des deux biopesticides (*Metarhizium anisopliae var. acridum* et *Lawsonia inermis l*) sur les paramètres physiologiques du criquet migrateur, nous avons effectué nos travaux sur les larves L5 issus d'un élevage en masse réalisé au niveau de département de lutte antiacridienne de l'institut National de la protection des végétaux (INPV) d'El Harrach.



❖ L'élevage de *Locusta migratoria*

L'élevage des individus de *L.migratoria* est réalisé dans des cages parallépipédiques en bois de dimension : 120 x 88 x 45cm, constitué d'un tulle en avant et les deux côtés pour faciliter l'entrée de l'air à l'intérieur, ainsi elle est munie d'une porte coulissante en plexiglas et de deux fermetures pour faciliter le nettoyage, le renouvellement de la nourriture et la vérification des pondoirs (fig20).

Dès l'observation des premiers accouplements, des bocaux remplis de sable humidifié et stérilisé sont introduits dans la cage. Ces bocaux sont destinés à être récipients de ponte, donc le sable est maintenu humide sans que l'eau coule toutefois. La température de l'air est contrôlée grâce à un thermomètre. Les individus sont élevés à une température de $30 \pm 2C^{\circ}$ et une photopériode continue grâce à l'utilisation d'une ampoule de 60 watts qui est déposée près des pondoirs pour obtenir un sable tiède qui stimule la ponte. Un bain d'huile est placé pour maintenir une température donnée.



Fig. 20 : Cages utilisées pour l'élevage des adultes (*Original*)

Après la ponte, les pondoirs contenant les oothèques sont récupérés et remplacés par d'autres pondoirs, et ils ont été mis dans une autre cage en bois de dimension 55.5x70x45.5cm: constitué d'un tulle de toutes les côtés pour faciliter l'entrée de l'air à l'intérieur, ainsi elle est munie d'une petite fenêtre permettant les diverses manipulations, d'une ampoule de 60 watts qui est déposée près des pondoirs pour obtenir un sable tiède qui stimule l'éclosion des œufs (fig.21).



Fig. 21: cage utilisé pour les pondoirs d'incubation des œufs (*Original*)

1.2. Les biopesticides testés

1.2.1. Le champignon entomopathogène: *Metarhizium anisopliae* var. *acidum*

La souche de *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* a été obtenue du département de lutte antiacridienne de l'Institut National de la Protection des Végétaux (INPV) d'El Harrach, sous forme d'un biopesticide appelé « Green Muscle » sous forme de poudre sèche de spores (fig.22).

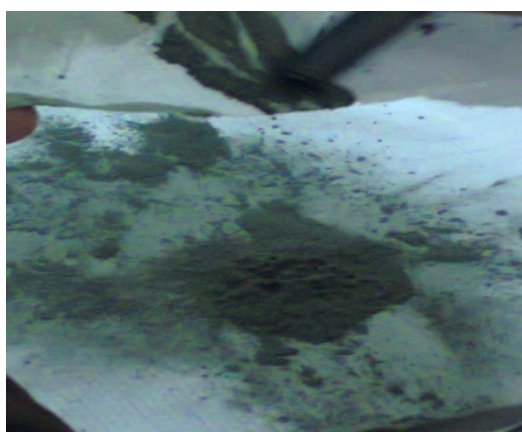


Fig. 22: la poudre sèche des spores de « Green Muscle ». (*Original*)



1.2.1.1. Préparation de la solution mère :

Le champignon retenu pour notre étude a fait l'objet de préparations de solution mère. Sur la poudre sèche du champignon *M. anisopliae* a été pesé 1g séparément dans bécher avec 20 ml d'eau distillée stérile. Pui le mélange a été agité à l'aide d'un agitateur pendant 30 minutes. De ce mélange a été pris par une pipette pasteur stérile 1 ml dans un éprouvette graduée et a été ajouté 9 ml de l'eau distillée pour la dilution de la solution mère et assurer une libération maximale des spores. On a été obtenu la première dilution ($d1=10^{-1}$).de même méthode on a été obtenu aux différentes dilutions ($d2=10^{-2}$, $d3=10^{-3}$, $d4=10^{-4}$) (fig.23.A.B.C).

1.2.1.2. Comptage des spores et détermination des concentrations

Le comptage des spores est réalisé à l'aide d'une cellule de Malassez (fig.24) sous un microscope optique après avoir déposé une goutte de la solution entomopathogène de la dilution $d4$ (10^{-4}) au centre de cette cellule (fig.23.D.E). On dépose ensuite la lamelle sans faire de bulles d'air. Le principe de cette technique consiste à compter le nombre des spores existant dans les 10 carreaux constituant les deux diagonales de la cellule, et on fait la somme afin de déterminer la concentration de la solution mère à partir de la relation suivante :

Spores dénombrées

Spores par μ l volume = _____

Surface dénombrée (mm^2) · prof. De champ (mm) · dilution

- ✓ Surface dénombrée 5 carrés correspondent à $0,4 \text{ mm}^2$
- ✓ Profondeur de champ 0,2 mm
- ✓ Dilution : 10^{-4}

Après les calculs on obtient la concentration de la solution mère :

Spores par ml volume = $0,38 \times 10^8$ spores/ml



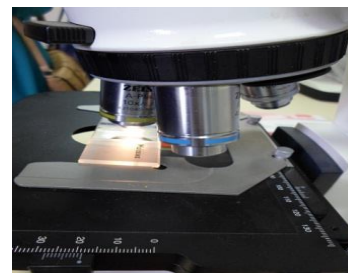
A. Agitation du mélange



B. Préparation des dilutions

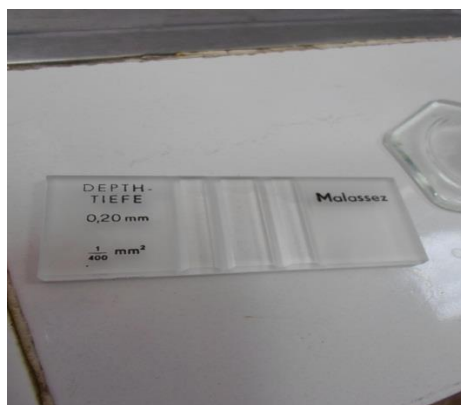


C. Mettre une goutte de l'inoculum sur la cellule de Malassez



D. Observation microscopique

Fig.23 : technique réalisée pour le comptage des spores (**Original**)



Exemple d'une cellule de Malassez :

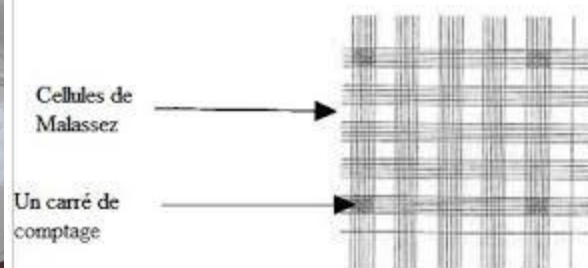


Fig.24 : cellule de Malassez (**Original**)



1.2.2. L'extrait du henné: *Lawsonia inermis*

Le matériel végétal utilisé pour notre étude est représenté par les feuilles du henné *Lawsonia inermis* .L. La récolte de ces dernières a eu lieu en mois de janvier 2016 au niveau de la wilaya d'Adrar (fig.25).



Fig. 25 :les feuilles de *Lawsonia inermis* .L (**original**)

L'extraction a été réalisée à partir des feuilles séchées et broyées à l'aide d'un broyeur électrique, au fur et à mesure le jour même de l'extraction. La matière végétale (25g) a été mise en contact avec 100 ml de solvant (**Sharma, 1990**). La figure (fig.26) résume la méthode d'extraction suivie.



Macération de 25 g de Poudre végétale dans 100 ml d'eau distillée



Filtration sur mousseline



Reflux à chaud



Récupération de la solution mère

Fig. 26 : la méthode d'extraction de *Lawsonia inermis* .L (original)

2. Matériel et produits utilisés (voir annexe)

3. Méthodes

3.1. Etude de l'effet de deux biopesticides sur la morphologie et l'activité alimentaire des larves L5 de *Locusta migratoria*

3.1.1. Mode d'application des traitements biologiques

Dans notre étude le mode de traitement réalisé est le traitement par ingestion; où les larves L5 de *L. migratoria* sont nourris avec du gazon pulvérisé avec l'extrait aqueux de **Henné** et le champignon *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* séparément, avec le témoin qui est l'eau distillée (fig.27).



Fig. 27: Mode d'application des traitements biologiques (**original**)

Les larves L5 sont immédiatement isolées après leur mues larvaires du stade L4 au stade L5, elles sont mises par la suite dans 3 boites chaque boite contiens 4 larves. Les larves ont été marquées au niveau de thorax par du vernis à ongles de différentes couleurs (rouge, blanc, marron et rose) (fig.28).



Fig. 28 : Marquage des larves (**original**)

Les larves sont mises à jeuner pendant 24h avant le traitement afin de leurs permettre de vider leurs tube digestif et de les affamer pour augmenter leur appétit. Après 24h, nous avons mis dans chaque boite 15g du gazon. Dans la 1^{ère} boite le gazon est pulvérisé avec l'**extrait c**



chaqueux de henné, la 2^{ème} boîte par *Metarhizium anisopliae var. acridum* et la 3^{ème} boîte par l'eau distillé comme témoin (fig.29).



Fig. 29 : trois boîtes contenant chacune 4 larves (**original**)

Chaque jour, les larves L5 mises dans les différentes boîtes ont été pesées individuellement jusqu'à la mue imaginale ou la mort. Le reste du végétal non consommé et les excréments mis par les larves est récupéré est emballés avec du papier aluminium portant les informations nécessaires (produit, gazon ou fèces et le jour). Ils sont ensuite séchés à l'étuve réglée à 104°C pendant 24h pour obtenir le poids sec. Trois quantités de 15 g du gazon sont aussi séchées à l'étuve afin de déduire la quantité moyenne sèche du gazon donné aux larves. Le papier aluminium est ensuite placé dans un dessiccateur pour éviter leur humidification. Les pesées sont effectuées à l'aide d'une balance de précision. Le poids des larves est aussi noté journalièrement (fig.29).

Des malformations, des anomalies et des changements morphologiques de taille et de couleur sont aussi notées par une observation à l'œil nu et sous loupe de la partie externe et interne (par incision) de l'insecte. La durée de cette étude est fixée jusqu'à la mue, la malformation ou la mort pour les individus témoins et traités selon les deux modes de pénétration.



A. Pesé des larves



B. Pesé du gazon



C. Récupération des fèces et du reste du gazon



D. Emballage des fèces et du reste du gazon



E. Mises fèces et du reste du gazon dans l'étuve à 104°C



F. Mises fèces et du reste du gazon dans le dessiccateur

Fig.30 : Protocole expérimental utilisé pour l'étude de l'effet de deux biopesticides sur l'activité alimentaire des larves L5 de *L. migratoria* (**original**)

Afin de réaliser ce paramètre, nous avons utilisé au total 12 larves. La durée de cette étude est fixée jusqu'à la mue imaginale, la malformation ou la mort des larves.



3.1.2 Effet sur l'activité alimentaire :

3.1.2.1. Effet sur la consommation journalière des larves L5

Les pesées faites sur la matière sèche d'aliment qui reste et sur les fèces de chaque 4 larves mises dans chaque boîte, nous a permis de calculer :

L'ingera : c'est la différence entre la quantité de la matière sèche de l'aliment distribué chaque jour et celle du reste d'aliment récupéré après 24h pour les 4 larves se trouvant dans chaque boîte de traitement.

L'egesta : c'est le poids sec des fèces des 4 larves mises dans chaque boîte de traitement.

3.1.2.2. Evaluation des indices nutritionnels de consommation et d'utilisation de la nourriture

L'objectif de ce paramètre est la connaissance de l'impact de nos deux biopesticides sur la consommation, l'assimilation et la digestibilité de la nourriture ainsi que la transformation de cette dernière en matière corporelle chez les larves L5 de *L. migratoria*, c'est pour cela qu'on a étudié les indices nutritionnels suivants :

a) Indice de consommation (I.C.)

Il s'exprime par le rapport entre le poids de la nourriture ingérée et celui de l'animal au cours de 24 Heures (WALDBAUER, 1964 cité par TIRA, 1975 cité par ACHEUK, 200).

$$\text{I.C.} = \frac{\text{Poids de la nourriture ingérée}}{\text{Poids moyen de l'animal}}$$

b) Pourcentage d'efficacité de conversion de la nourriture ingérée (E.C.I.%)

Elle est définie par le rapport entre l'accroissement du poids de l'animal en 24 h et le poids de la nourriture ingérée au cours de même laps de temps. Ce rapport est multiplié par 100 (TIRA, 1975 cité par ACHEUK, 2000).



$$\text{E.C.I.} = \frac{\text{Gain du poids}}{\text{Poids de la nourriture ingérée}} \times 100$$

c) Pourcentage d'efficacité de conversion de la nourriture digérée (E.C.D. %)

Cet indice est appelé également indice d'assimilation de la nourriture digérée. Il est défini par le rapport entre l'accroissement du poids de l'animal et le poids de la nourriture retenu au cours de la digestion en un temps donné. Ce rapport est multiplié par 100 (TIRA, 1975 cité par ACHEUK, 2000).

$$\text{E.C.D.} = \frac{\text{Gain du poids}}{\text{Ingera} - \text{Egesta}} \times 100$$

d) Pourcentage du coefficient d'utilisation digestif (C.U.D. %)

Il est appelé aussi coefficient approximatif de digestibilité et il est défini par le rapport de la différence entre les poids des ingéra et des Egesta, sur le poids des ingéra. Ce rapport est multiplié par 100 (TIRA, 1975 cité par ACHEUK, 2000).

$$\text{C.U.D.} = \frac{\text{Ingera} - \text{Egesta}}{\text{Ingéra}} \times 100$$



e) Indice de croissance (I. Cr.)

Il est appelé aussi l'indice de croissance relative et il est exprimé par le rapport du gain du poids sur le poids moyen de l'animal (HAMADOUN et STREBLER, 1989 cité par ACHEUK, 2000).

$$\text{I.Cr.} = \frac{\text{Gain du poids}}{\text{Poids moyen de l'animal}}$$

3.2. Etude de l'effet de deux biopesticides sur le tube digestif des larves L5 de *L.migratoria*

L'objectif de cette étude est d'observer et de suivre l'effet de deux biopesticides (*Metarhizium anisopliae var. acridum* et *lowsoniainermisl*) par le mode ingestion sur le tube digestif des L5 de *L.migratoria*.

3.2.1. Prélèvement du tube digestif

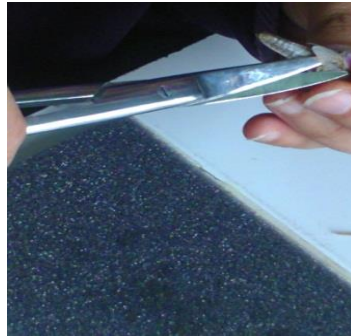
Les individus témoins et traités ont été sacrifiés au 7^{ème} jour de traitement où les individus ont été mis dans l'alcool 95% pour les anesthésié.

Le prélèvement du tube digestif est réalisé après avoir disséqué l'individu, et après une large incision effectuée au niveau de sa partie dorsale.

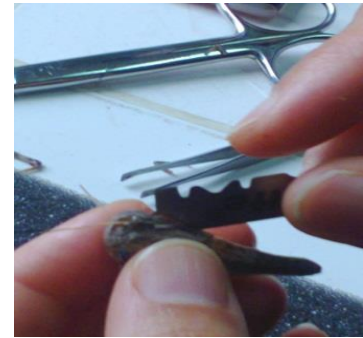
Nous avons mis les tubes digestifs prélevés dans des piluliers contenant l'alcool 70%, pour les garder dans un état proche de celui du vivant. Ces piluliers portent des étiquettes, où sont mentionnées les indications nécessaires (fig.31).



A. Anesthésié des larves L5 de *L.migratoria*



B. Coupure des élytres des et des fémurs larves L5 de *L.migratoria*



C. Coupure de la partie dorsale des larves L5 de *L.migratoria*



E. Incision des larves L5 de *L.migratoria*



F. Prélèvement de tube digestif des larves L5 de *L.migratoria*



G. Conservation de tube digestif des larves L5 de *L.migratoria* dans l'alcool 70%

Fig. 31 : Protocole expérimental utilisé pour la dissection des larves L5 de *L. migratoria* (original)

3.2.2. Déshydratation des tubes digestifs

La déshydratation a pour but d'éliminer totalement l'eau, elle consiste à passer les tubes digestifs dans un bain d'eau courante puis dans des bains d'alcool de concentrations



croissantes (70°, 95° et 100°), chaque bain dure une demi-heure à l'appareil de MYR. Après ils ont passé directement dans quatre bains du xylène pendant 30 minutes chacun. À la fin ils ont passé à l'étuve à 38°C pour la conservation jusqu'à l'étape prochaine (fig.32).



A. Mettre les tubes digestifs dans des moules



B. Passer les moules dans un bain d'eau courante



C. Passer les moules dans bains d'alcool à l'appareil de MYR



D. Passer les moules à l'étuve à 38°C

Fig. 32 : Les étapes suivies pour la déshydratation des tubes digestifs (**original**)

3.2.3. Inclusion des tubes digestifs dans la paraffine

L'inclusion se fait par un solvant à la paraffine à l'aide d'un Automate de type : Myr Stp 120, dans le but d'éliminer complètement les traces d'alcool et pour éviter le risque de ne pas avoir une pénétration complète de la paraffine à travers des différentes parties du tube digestif (fig.33).



A. Mettre les moules dans un solvant de la paraffine



B. Remplir les moules par la paraffine



D. Refroidissement les moules

Fig. 33 : l'inclusion des tubes digestifs dans la paraffine (**original**)



3.2.4. Confection des blocs des tubes digestifs

La confection des blocs est réalisée grâce à des moules spéciaux : les barres de leuckart à l'aide d'automate d'inclusion type : leica EG 1150H. Ces moules seront remplis par la paraffine fondue et chaude qui infiltre les différents tissus du tube digestif. Après refroidissement par : Leica EG 1150C. On se trouve de blocs durs de paraffine contenant les tubes digestifs.

3.2.5. Réalisation des coupes

Pour la réalisation des coupes histologiques, nous utilisons le microtome de type Leica RM2125RT. Qui effectue des coupes de sections de $2\mu\text{m}$ d'épaisseur. Les coupes sont récupérées sous forme d'un ruban, recueilli à l'aide d'un pinceau et placées dans une boîte.

3.2.6. Etalement des coupes

Sur des lames nettoyées avec de l'alcool, séchées et étiquetées, une goutte de l'eau gélatinée est déposée. Deux coupes sont étalées par des fragments du ruban, puis placées dans un bain marie pour faciliter l'étalement. Enfin les lames sont placées dans l'étuve à 37°C pendant 48 heures avant la coloration (fig.34).



A. Réalisation des coupes



B. Etalement des coupes



C. Conservation des coupes

Fig. 34 : La confection et l'étalement des coupes (**original**)



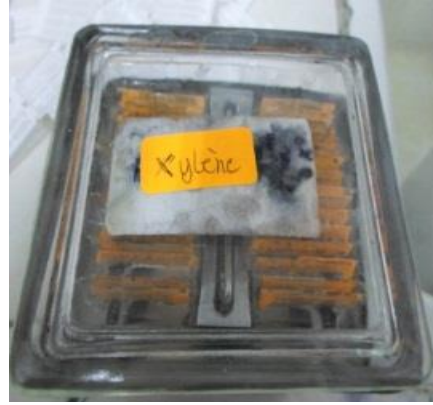
3.2.7. Déparaffinage, réhydratation et coloration (HE) des tubes digestifs

La coloration permet de mieux identifier les différents éléments de la préparation. En accentuant les contrastes, les lames sont plongées dans une succession de bains en commençant par un bain d'eau courante puis le bain de xylène pendant 30 minutes et les mettre dans l'étuve 37°C, suivie de trois bains d'alcool de concentrations décroissantes (100%, 95%, 70%) pendant 10 minutes chacun. On termine par un bain de l'eau distillée assurant l'hydratation finale.

Les lames sont d'abord plongées dans un bain de hématoxyline de Groat pendant 2 minutes puis rincées pendant 5 minutes à l'eau courante. Ces lames sont plongées par la suite dans un bain d'Eosine pendant 30 secondes, ensuite rincées avec l'eau sous le robinet puis avec de l'eau distillée et séchées dans étuve à 37°C (fig.35).



A. Mettre les lames dans un bain d'eau courante



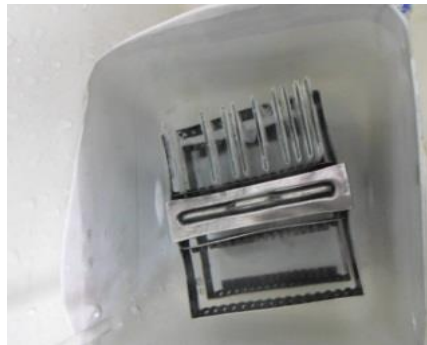
B. Mettre les lames dans un bain de xylène



C. Mettre les lames dans une étuve à 37°C



D. Mettre les lames dans des bains d'alcool (100%,95%,70%)



E. Mettre les lames dans un bain d'eau distillé



F. Mettre les lames dans un bain de hématoxyline de Groat



G. Mettre les lames dans un bain d'eau courante



H. Mettre les lames dans un bain d'Eosine



I. Mettre les lames dans un bain d'eau distillé

Fig.35 : Déparaffinage, réhydratation et coloration des coupes (original)



3.2.8. Montage et observation microscopique

Le montage a pour but de protéger les coupes colorées grâce à des lamelles, permettant ainsi une bonne observation microscopique. La lamelle est d'abord nettoyée avec un peu de xylène ensuite elle est appliquée sur la lame grâce à une goutte de résine de montage (Eukitt) de façon à ce que la résine recouvre l'ensemble de la coupe. La résine est polymérisée en une vingtaine de minutes, puis les coupes sont prêtes pour l'observation microscopique (fig.36).



A. Collage de la lamelle sur la lame à l'aide de la résine

B. Observation microscopique des coupes

Fig. 36: Montage et observation microscopique (**original**)

4. Analyses statistiques

Les résultats obtenus ont été représentés sous forme de graphes en fonction des traitements de deux biopesticides et le modes de leur application, et cela à l'aide d'un logiciel Microsoft Excel.

Afin de vérifier une éventuelle efficacité des biopesticides testés vis à vis des individus de *L.migratoria*, des analyses statistiques ont été effectuées au moyen du logiciel XL. STAT version 6.0 - ANOVA-.



1. L'effet de deux biopesticides sur la morphologie des larves L5 de *L. migratoria*

Les résultats obtenus ont montré que les larves traitées par les deux biopesticides (henné et *M.anisopliae*) selon le mode d'application par ingestion, présentent une activité normale similaire à celles des larves témoins pendant les premiers jours de traitement.

Les larves traitées par l'extrait de henné ont montré une augmentation de la taille traduite par des gonflements au niveau de l'abdomen et le pronotum. On peut noter aussi des noircissements de l'abdomen et des gouttes verdâtre au niveau du pronotum (Fig.37.A). Au moment de la mue imaginale, elles ont été affaiblies et elles ont présenté des difficultés pour muer, quelques larves ont réussi difficilement à effectuer leur mue (Fig.37.B.C).

Quant aux larves traitées au *M. anisopliae*, des changements morphologiques traduits par une modification au niveau de la coloration, où les larves deviennent complètement rouge (fig.38.B) et se momifient après leur mort (fig.38.C).

En effet, aucun changement morphologique n'a été observé sur les larves témoins. Tous les individus ont réussi à effectuer leur mue imaginale (Fig.39.A.B).



A. Gonflements et noircissement de l'abdomen



B. des gouttes verdâtre au niveau du pronotum

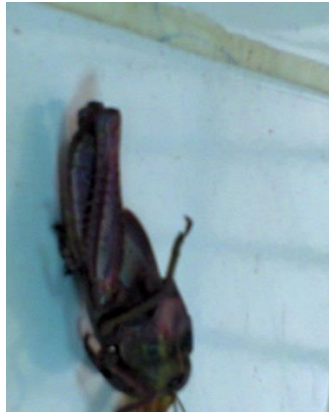


C. Larves L5 de *L. migratoria* après la mue imaginal et leur mort

Fig.37 : Larves L5 de *L. migratoria* après le traitement par l'extrait de henné (**original**).



A. Larves L5 aux premiers jours de traitement



B. Larve L5 de *L. migratoria* rougeâtre

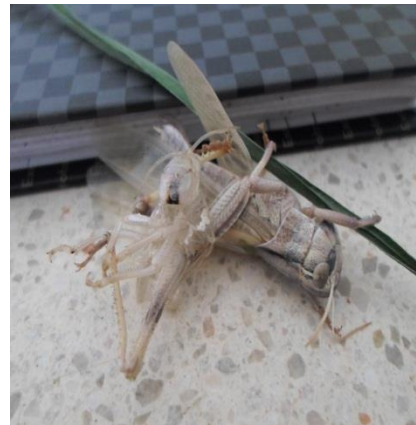


C. Momification d'une larve L5

Fig.38 : Larve L5 de *L. migratoria* rosâtre après le traitement par *M. anisopliae* (**original**).



A. Larve L5 avant la mue imaginale



B. Larve L5 après la mue imaginale

Fig.39 : Larves L5 de *L. migratoria* après le traitement par l'eau distillée (**original**).



2. L'effet de deux biopesticides sur l'activité alimentaire

2.1. Effet sur la consommation journalière des larves L5

2.1.1. Effet sur l'ingéra

Les résultats du poids journalier d'ingéra des larves L5 de *L. migratoria* témoins et traitées aux deux biopesticides par ingestion sont enregistrées dans le tableau 1 (Annexe) et illustrés par la fig.40.

Selon la figure, on remarque que les consommations journalières des larves alimentées par du gazon témoin et traité aux deux biopesticides ont donné des valeurs initiaux de 0,56g pour les larves nourris avec du gazon pulvérisé par l'eau distillée contre 0,32g et 0,82g respectivement pour les larves traitées par ingestion au henné, et *M. anisopliae*. L'accroissement de cette consommation et la diminution se font durant le développement pour atteindre des valeurs plus ou moins importantes que les valeurs initiales. Et des valeurs finales de 0,42g pour le témoin, contre 0,08g et 0,82g respectivement pour les larves nourries avec du gazon traité au henné, et au *M. anisopliae*.

Les résultats n'indique aucune différence entre l'ingéra des 4 larves témoins et celui enregistré chez les larves traitées aux deux biopesticides. Donc on peut dire que les deux biopesticides employées n'ont aucune influence sur l'ingéra.

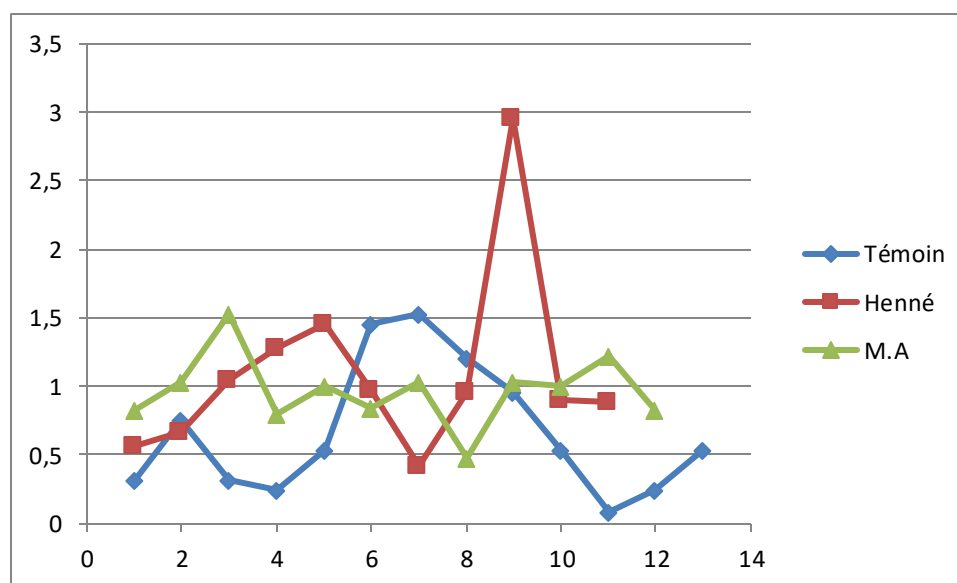


Fig.40 : L'évolution pondérale des ingéra des larves L5 de *L. migratoria* témoins et traitées aux deux biopesticides par ingestion

❖ **Analyse de la variance**

Les résultats de cette analyse sont portés sur le tableau 1.

Tableau 1: Effet des traitements par ingestion des deux biopesticides sur l'ingéra des larves L5 de *L. migratoria*

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	2	0,479	0,239	0,928	0,405
Résidus	34	8,771	0,258		
Total	36	9,250			

Selon le tableau 1, on montre que la probabilité est supérieure à 0,05 ce qui implique qu'il y a une différence non significative entre l'ingéra des larves témoins et celui des traitées aux deux biopesticides.

2.1.2. Effet sur L'egesta

Les résultats du poids journalier d'egesta des larves L5 de *L. migratoria* témoins et traitées aux deux biopesticides par ingestion sont enregistrés dans le tableau 2 (Annexe) et illustrés par la fig. 41.



Selon la figure, on remarque que l'évolution pondérale des fèces des larves alimentées par du gazon témoin et traité aux deux biopesticides ont donné des valeurs initiaux de 0.26g pour les larves nourries avec du gazon pulvérisé par l'eau distillée contre 0.12g, 0.07g respectivement pour les traitées par ingestion au henné, et *M. anisopliae*. L'accroissement et la diminution de poids se fait au fil de temps pour atteindre des valeurs plus ou moins importantes que les valeurs initiales. Et des valeurs finales de 0.29 g pour le témoin, contre 0,24 g et 0 g respectivement pour les larves nourries avec du gazon traité par ingestion au henné, et au *M. anisopliae*.

Les résultats indiquent une différence entre l'égesta des 4 larves témoins et celui enregistré chez les larves traitées aux deux biopesticides.

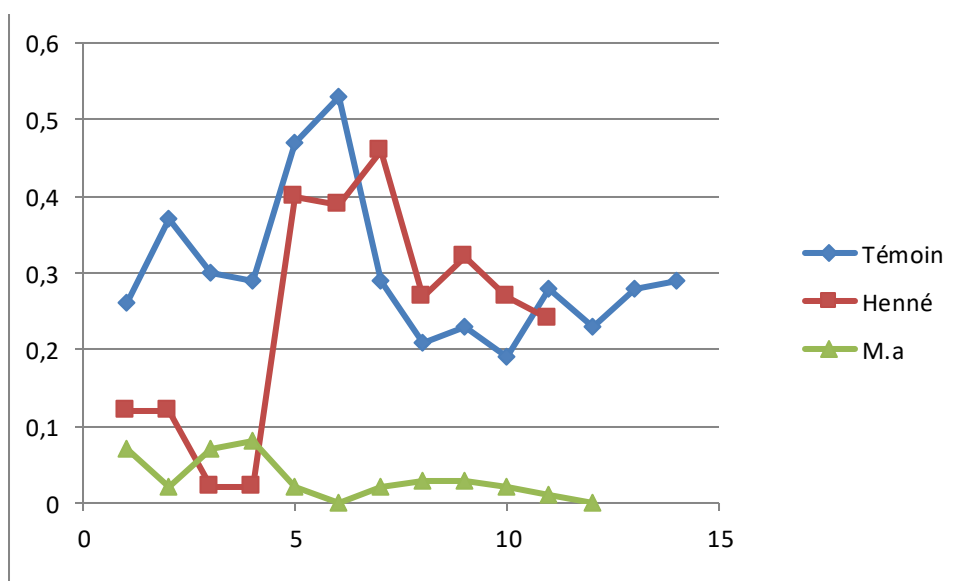


Fig.41: L'évolution pondérale des egesta des larves L5 de *L. migratoria* témoins et traitées aux deux biopesticides par ingestion

❖ Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur le tableau 2.



Tableau 2: Effet des traitements par ingestion des deux biopesticides sur l'egesta des larves L5 de *L. migratoria*

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	2	0,503	0,252	23,906	< 0,0001
Résidus	34	0,358	0,011		
Total	36	0,861			

Selon le tableau 2, on montre que la probabilité est inférieure à 0,05, ce qui implique qu'il y a une différence hautement significative entre l'egesta des larves témoins et celui des traitées aux deux biopesticides.

2.1.3. Effet sur les indices nutritionnels de consommation et d'utilisation de la nourriture

a. Indice de consommation (I.C.)

Les résultats d'indice de consommation des larves L5 de *L. migratoria* témoins et traitées aux deux biopesticides par ingestion évalués chaque jour sont enregistrés dans le tableau 3 (Annexe) et illustrés par la fig.42.

Selon la figure, les résultats d'indice de consommation obtenus montrent qu'il y a une différence entre les larves traitées et témoins, cependant on peut enregistrer des valeurs légèrement plus élevées que celles obtenues chez le henné avec 3,18 et de 2,79 pour le témoin contre 2,33 pour le *M.anisopliae*.

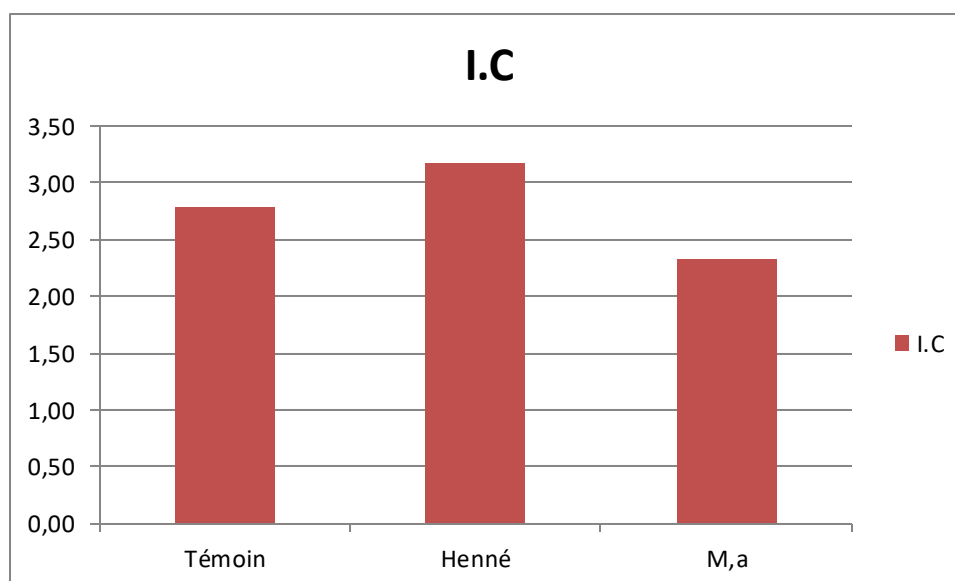


Fig. 42: L'indice de consommation des larves L5 de *L. migratoria* témoins et traitées aux deux biopesticides par ingestion

❖ Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur le tableau 3.

Tableau 3: Effet des traitements par ingestion des deux biopesticides sur l'indice de consommation des larves L5 de *L. migratoria*

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	2	4,151	2,075	1,512	0,235
Résidus	34	46,660	1,372		
Total	36	50,811			

Selon le tableau 3, on montre que la probabilité est supérieur à 0,05, ce qui implique qu'il y a une différence non significative entre l'indice de consommation des larves témoins et celui des traités aux deux biopesticides.



b. Efficacité de conversion de la nourriture ingérée (E.C.I. %)

Les résultats d'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de *L. migratoria* témoins et traitées aux deux biopesticides par ingestion évaluées chaque jour sont enregistrés dans le tableau 4 (Annexe) et illustrés par la fig.43.

Ces résultats nous montrent qu'il existe une différence remarquable entre les valeurs de l'efficacité de conversion de nourriture ingérée, les plus élevées sont notées chez les larves traitées au henné avec 360,7% et chez les larves témoins avec 8.98%. A l'opposé, le plus faible indice est enregistré chez les larves traitées au *M. anisopliae* avec -0,27 %.

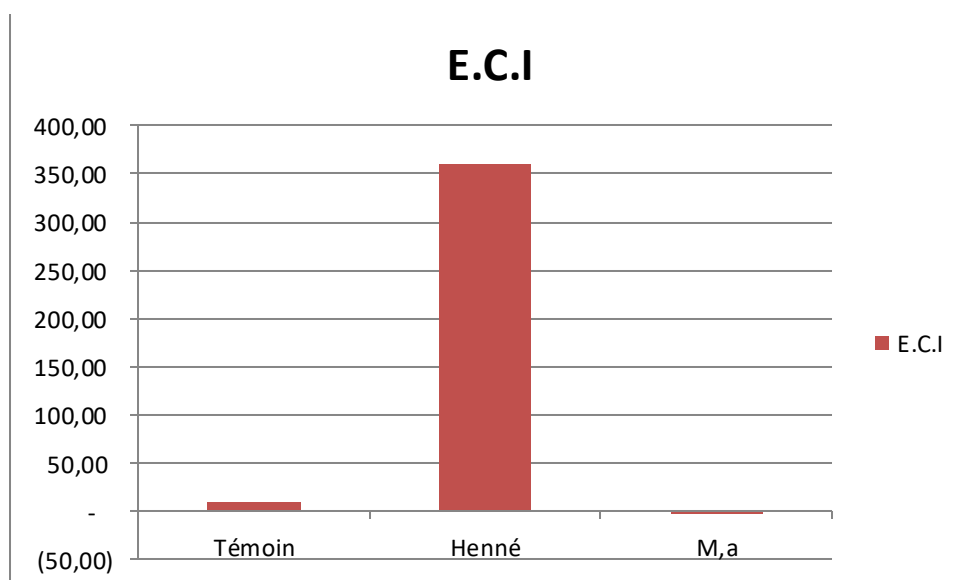


Fig. 43: Efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de *L. migratoria* témoins et traitées aux deux biopesticides par ingestion

❖ Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur le tableau 4.



Tableau 4: Effet des traitements par ingestion des deux biopesticides sur l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de *L. migratoria*

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	2	980126,98	490063,49	1,27	0,29
Résidus	34	13074501,67	384544,17		
Total	36	14054628,65			

Selon le tableau 4, on montre que la probabilité est supérieur à 0,05, ce qui implique qu'il y a une différence non significative entre l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves témoins et celles des traitées aux deux biopesticides.

c. Efficacité de conversion de la nourriture digérée (E.C.D. %)

Les résultats d'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de *L. migratoria* témoins et traitées aux deux biopesticides par ingestion évaluées chaque jour sont enregistrés dans le tableau 5 (Annexe) et illustrés par la fig.44.

L'efficacité de conversion de la nourriture digérée maximale est observée chez les larves témoins, elle est de 16,15 %. Mais pour les larves traitées, on note une valeur moins élevé que celle des larves témoins, elle est de -0,27 % chez les larves traitées au *M. anisopliae*. La valeur la plus faible est enregistrée chez les larves traitées au henné avec -115,73%.

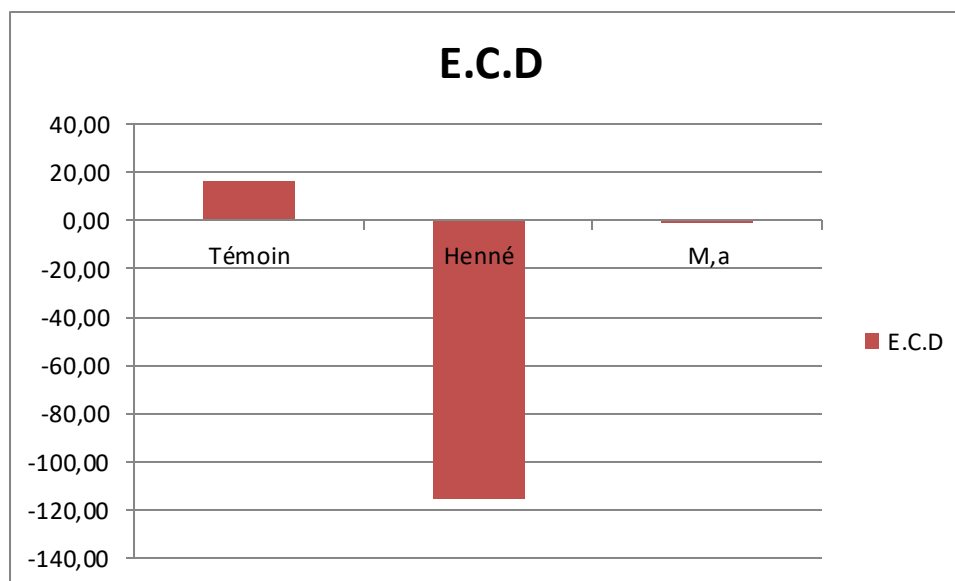


Fig.44: L'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de *L. migratoria* témoins et traitées aux deux biopesticides par ingestion.

❖ Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur le tableau 5.

Tableau 5: Effet des traitements par ingestion des deux biopesticides sur l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de *L. migratoria*

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	2	121164,13	60582,06	0,47	0,63
Résidus	34	4358051,36	128177,98		
Total	36	4479215,49			

Selon le tableau 5, on montre que la probabilité est supérieure à 0,05, ce qui implique qu'il y a une différence non significative entre l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves témoins et celles traitées aux deux biopesticides.

d. Coefficient d'utilisation digestif (C.U.D. %)

Les résultats du coefficient d'utilisation digestif des larves L5 de *L. migratoria* témoins et traitées aux deux biopesticides par ingestion évalués chaque jour sont enregistrés dans le tableau 6 (Annexe) et illustrés par la fig.45.



Selon la figure, les résultats du C.U.D. obtenus montrent qu'il y a une différence entre les larves traitées et témoins, cependant on peut enregistrer des valeurs légèrement plus élevées que celles obtenus chez le henné avec 96.57% pour le *M. anisopliae* et de 59.89% pour le témoin contre 44.97% pour le henné.

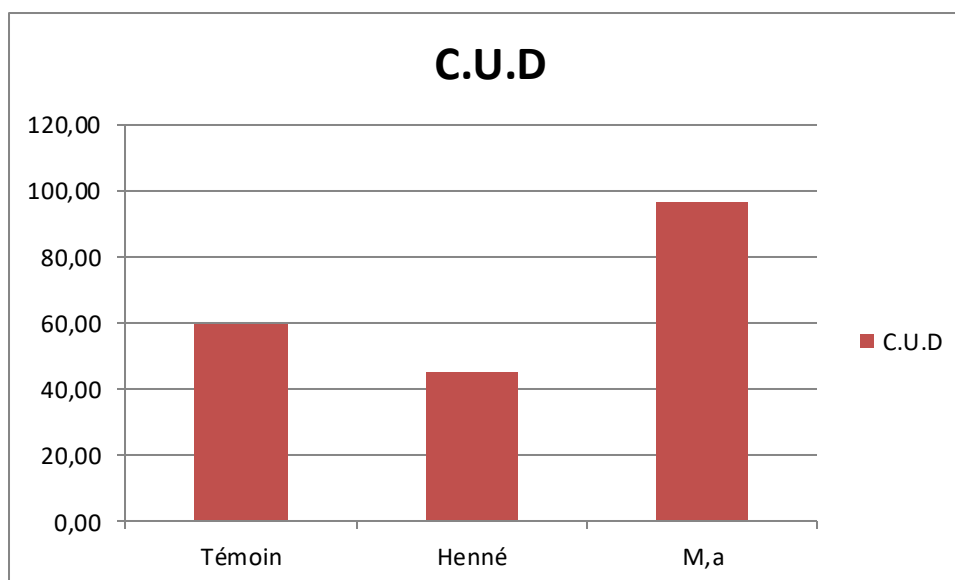


Fig.45 : Le coefficient d'utilisation digestif des larves des larves L5 de *L. migratoria* témoins et traitées aux deux biopesticides par ingestion.

❖ Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur le tableau 6.

Tableau 6: Effet des traitements par ingestion des deux biopesticides sur le coefficient d'utilisation digestif des larves L5 de *L. migratoria*.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	2	16535,67	8267,84	3,75	0,03
Résidus	34	75036,32	2206,95		
Total	36	91571,99			

Selon le tableau 3, la probabilité est inférieure à 0,05, donc il y a une différence significative entre le coefficient d'utilisation digestif des larves témoins et celui des traitées aux deux biopesticides.



e. Indice de croissance (I. Cr.)

Les résultats d'indice de croissance des larves L5 de *L. migratoria* témoins et traitées aux deux biopesticides par ingestion évaluées chaque jour sont enregistrés dans le tableau 7 (Annexe) et illustrés par la fig.46.

Dans ce type de traitement, l'accroissement des larves traitées aux deux biopesticides diffère de manière significative à celui des larves témoins, on peut noter qu'il est moins élevé pour les traitées par ingestion au *M. anisopliae* avec -0.02 par rapport au henné et témoin. Même qu'on a enregistré un indice de croissance de 0.35 chez les larves traitées par ingestion au henné et 0,13 chez les témoins.

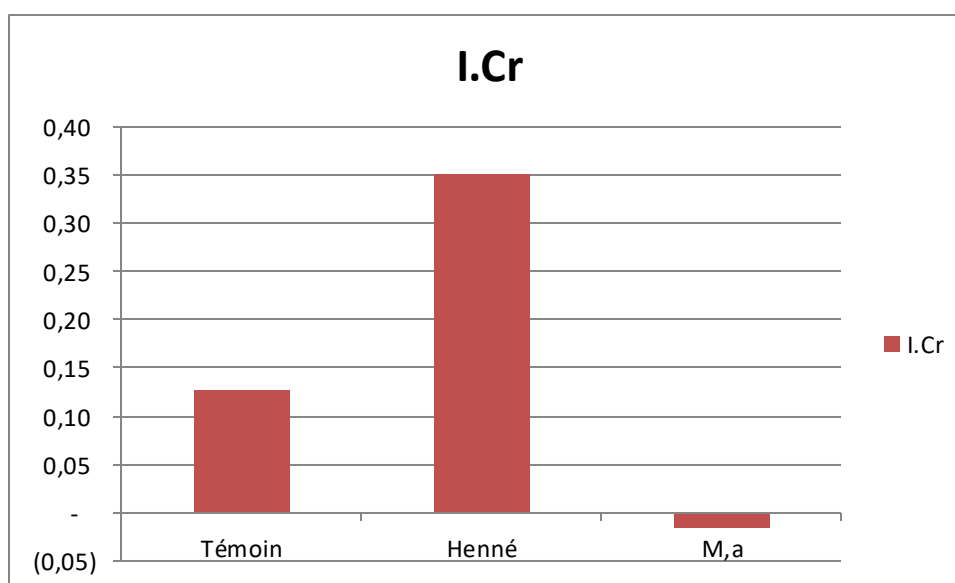


Fig.46: L'indice de croissance des larves L5 de *L. migratoria* témoins et traitées aux deux biopesticides par ingestion.

❖ Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur le tableau 7



Tableau 7: Effet des traitements par ingestion des deux biopesticides sur l'indice de croissance des larves L5 de *L. migratoria*.

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	2	0,785	0,392	1,061	0,357
Résidus	34	12,568	0,370		
Total	36	13,353			

Le tableau7, montre que la probabilité est supérieur à 0,05, donc il y a une différence non significative entre l'indice de croissance des larves témoins et celui des traitées aux deux biopesticides par ingestion.

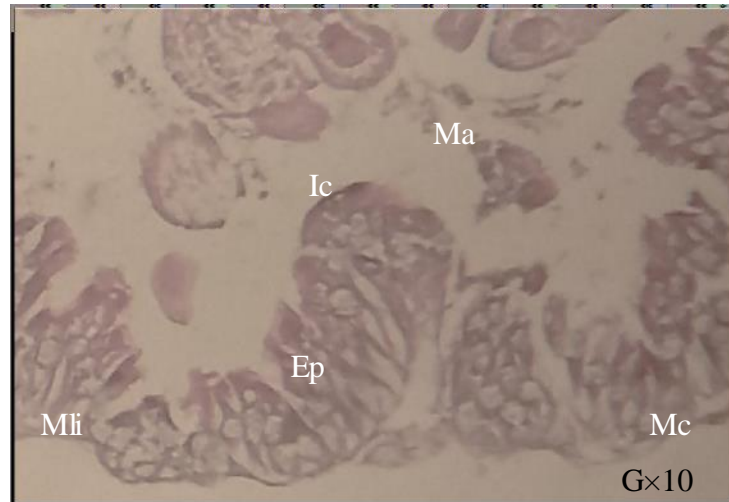
3. Etude de l'effet des traitements de deux biopesticides sur la morphologie et la structure du tube digestif des larves L5 de *locusta migratoria* :

3.1. Chez les larves L5 de *L. migratoria* témoins

Chez cet acridien le tube digestif est divisé en trois parties bien distinctes : l'intestin antérieur ou Stomodeum, l'intestin moyen ou Mésenteron et l'intestin postérieur ou Proctodeum. Le premier et le dernier sont tous les deux doublés intérieurement d'une cuticule, mais l'intestin moyen est caractérisé par des cellules exposées librement (Raccaud-Schoeller, 1980). Selon les coupes histologiques effectuées, nous pouvons dire qu'il n'y a pas des différences notables de point de vue anatomique du tube digestif entre les larves L5 de *L. migratoria* témoins et traités.

a. Stomodeum

Après avoir coupé le tube digestif des larves témoins le Stomodeum apparaît bien avec ces différentes parties qui sont de l'avant vers l'arrière : l'œsophage, le jabot et le gésier. Où le jabot est formé d'un épithélium unistratifié cubique avec des noyaux arrondis. La musculature du jabot est constituée d'une couche des muscles circulaires externes bien développées qui entoure l'organe et des muscles longitudinaux internes. Le gésier présente de nombreuses petites villosités uniformes avec une large lumière et un épithélium unistratifié constitué de cellules cubiques avec des noyaux ronds. La musculature du gésier est constituée des muscles longitudinaux internes et de nombreuses couches de muscles circulaires externes (fig.47).

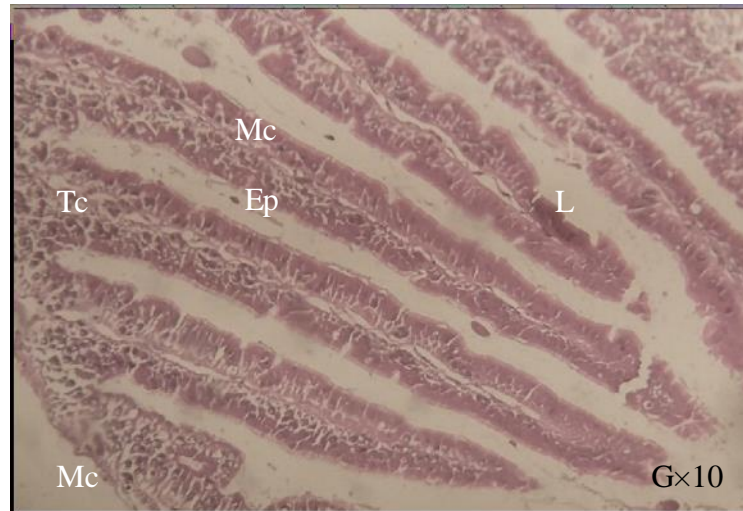


Ep : épithélium intestinale, **Ic** : Intima cuticulaire, **Mc** : muscle circulatoire,
Mli : Muscles longitudinaux internes, **Da** : Débris alimentaires.

Fig.47: Coupes histologiques transversales du Stomodeum de larve L5 de *L. migratoria* témoin.

b. Mésoenteron

Le Mésoenteron comprend six caecum gastriques, entre l'intestin moyen et l'intestin postérieur s'insère de nombreux tubes de Malpighi. Le Mésoenteron du criquet migrateur présente un épithélium pseudostratifié palissadique avec une bordure en brosse et des cellules de régénération situées à la base de l'épithélium. Les muscles sont très réduits, et formés d'une couche fine et circulaire interne et de quelques fibres longitudinales externes. Le caecum gastrique présente un épithélium unistratifié formant des villosités. La musculature est très réduite et composée d'une seule couche de muscles circulaires très fines (fig.48).



Ep : épithélium intestinale, **Tc** : Tissu conjonctif, **L** : lumière intestinal,

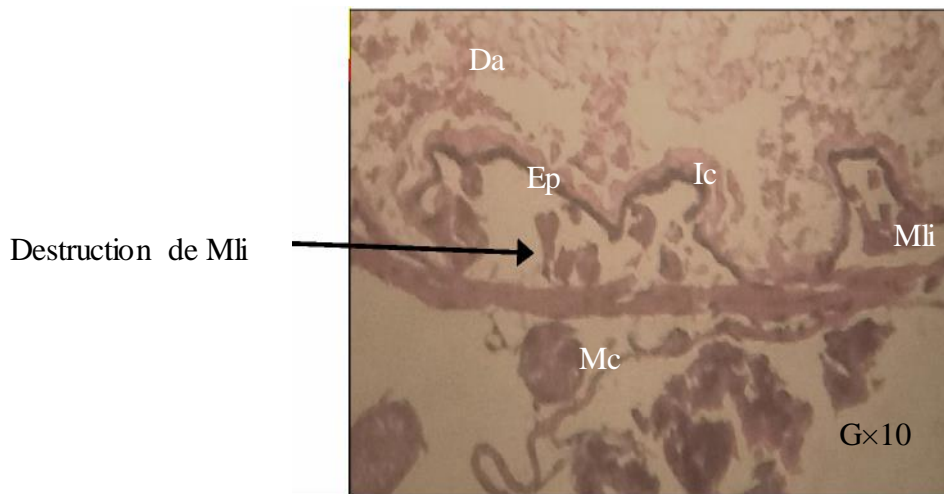
Mc : muscle circulatoire.

Fig.48: Coupes histologiques transversales du caecum gastrique de larve L5 de *L. migratoria* témoin.

3.2.Chez les larves L5 de *L. migratoria* traités au Henné

a. Stomodeum

Comparativement aux témoins les larves traitées aux Henné ont subi un élargissement de la lumière intestinale avec une destruction de quelques cellules de muscles longitudinaux internes (fig.49).

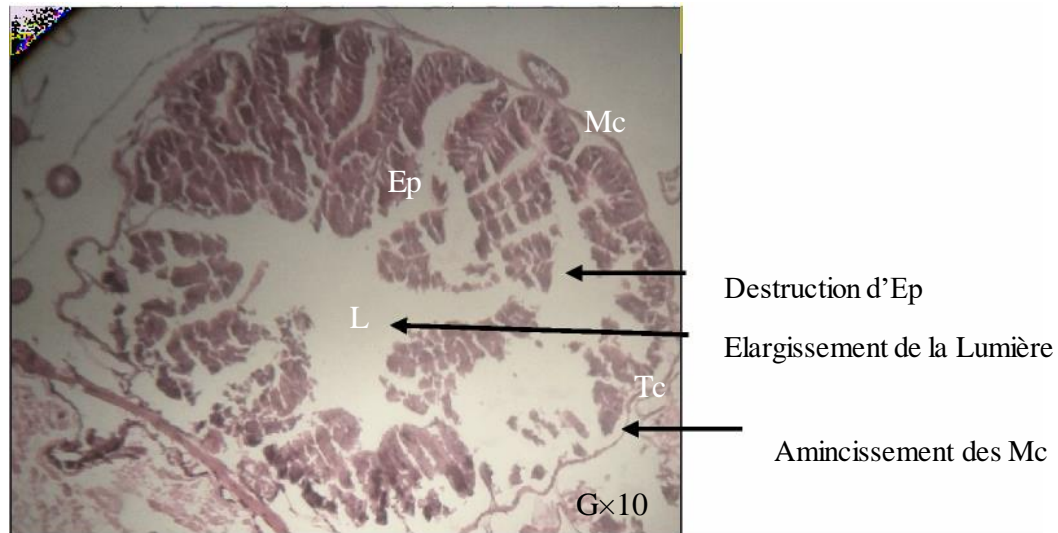


Ep : épithélium intestinale, **Ic** : Intima cuticulaire, **Mc** : muscle circulatoire,
Mli : Muscles longitudinaux internes, **Da** : Débris alimentaires.

Fig.49: Coupes histologiques transversales du gésier de larve L5 de *L. migratoria* traité par le henné.

b. Mésenteron

L'intestin moyen de larves traitées par le Henné présente une destruction des cellules épithéliales, un amincissement de la couche de muscle circulaire accompagnée par un élargissement de la lumière intestinale (fig.50).

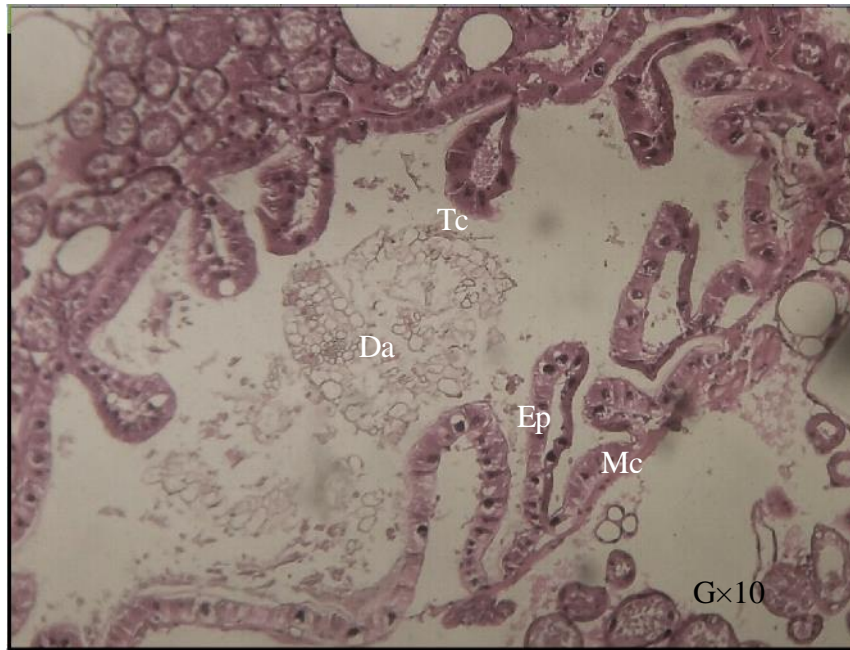


Ep : épithélium intestinale, **Tc** : Tissu conjonctif, **L** : lumière intestinal,
Mc : muscle circulatoire.

Fig.50: Coupes histologiques transversales du Mésenteron de larve L5 de *L. migratoria* traité par le henné.

3.3.Chez les larves traitées au *M. Anisoplie var acridium*

Chez les larves traitées par le champignon entomopathogène *M.anisopliae var acridium*, on a remarqué que tous les parties avec ces différentes couches épithéliales restant intactes (fig.51).



Ep : épithélium intestinale, **Tc** : Tissu conjonctif, **Da** : Débris alimentaires.

Mc : muscle circulatoire.

Fig.51: Coupes histologiques transversales du Mésenteron de larve L5 de *L. migratoria* traité par le *M. anisopliae*.



1. L'effet de deux biopesticides sur la morphologie et les indices nutritionnels de consommation des larves L5 de *L. migratoria*

1.1. L'effet sur la morphologie

a- L'effet du *M. anisopliae*

D'après nos résultats, on constate que le traitement au *M. anisopliae* par ingestion a engendré des changements morphologiques au niveau de la coloration, donc les larves deviennent complètement rose après leur mort, les symptômes d'infection de ce champignon sur les larves se manifestent par une importante sporulation recouvrant complètement le corps du cadavre provoquant progressivement sa détérioration totale.

Selon SADOUNE-ARUOS (2013), les larves traitées par *Beauveria* sp. Ont montré une augmentation de la taille traduite par des gonflements au niveau de l'abdomen et du pronotum. Après dissection de l'abdomen, une abondance du champignon a été observée particulièrement au niveau du tube digestif.

Selon KOOYMAN (2007) cité par OUTTAR (2009), *Metarhizium* infecte les insectes par contact, pas par ingestion, ce qui est similaire à l'action de beaucoup d'insecticides chimiques. Les spores trouvés sur la cuticule de l'insecte ou ramassées de la végétation, germent pendant 24 heures. Les hyphes sortant pénètrent dans la cuticule à l'aide des enzymes et se désintègrent ensuite en corpuscules hyphales qui se répandent à travers le corps de l'insecte. Ce dernier essaie d'enkyster ces cellules fongiques surtout quand leur développement est arrêté par une température élevée. Cependant, la plupart sont capable de se libérer au moment où la température devient favorable. Du mycélium pousse ensuite dans les tissus et si l'humidité ambiante est suffisamment élevée, on peut le voir sortir du cadavre, surtout des articulations. Lors de ce processus la cuticule rougit, par l'oosporéine produite par le champignon. Des spores vertes sont formées 24h ou 48h après l'infection par le champignon, elles peuvent ensuite infecter d'autres individus. Si l'air est trop sec, la sporulation a lieu à l'intérieur du cadavre, où les spores peuvent survivre longtemps. A l'arrivée de la prochaine saison de pluies les restes du cadavre se désintègrent et les spores sont libérées pour infecter chaque criquet qui les piétine. C'est possible que les spores soient soufflées sur des nouveaux hôtes par le vent.

b- L'effet du henné

chez les larves L5 de *L. migratoria* traitées au henné par ingestion, un blocage de la mue imaginale suivi par les déformations morphologiques comme l'augmentation de la taille des larves, des gonflements au niveau de l'abdomen et du pronotum et des gouttes verdâtre au niveau du pronotum ont été observés. Pour quelques larves traitées qui ont réussi difficilement à effectuer leur mue, des déformations au niveau des élytres ont été remarquées. On peut dire alors que le henné se comporte comme un dérégulateur de croissance ; les larves ne pouvant pas mué, finissent par mourir.



D'après **REMBOLD (1994)** cité par **OUTTAR (2009)**, 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.

1.2 Effet des deux biopesticides sur les indices nutritionnels de consommation et l'utilisation de la nourriture des larves L5 de *L. migratoria*

L'analyse de la variance des indices de la consommation (I.C) des larves L5 traitées par le *M. anisopliae* et le henné indique qu'il y a une différence non significative par rapport à ceux enregistrés chez les témoins (Probabilité > 0,05). Effectivement, on a enregistré une valeur moyenne de l'ordre de 2.79 chez les larves témoins, de 2.33 chez les larves traitées par le *M. anisopliae* et 3.18 chez celles traitées par le henné.

OUTTAR (2009), a démontré que les trois produits testés (*M. anisopliae*, Triflumuron et le henné) inhibent la consommation des larves L5 de *L. migratoria* traitées par contact comparativement aux larves traitées par ingestion.

OULD EL HADJ et al. (2006), dans leur étude sur la toxicité du neem *Azadirachta indica* (Miliaceae) sur les larves L5 et les adultes de *S. gregaria*, notent une prise de nourriture nulle engendré. Cela est dû à l'effet anti-péristaltique du neem au niveau du canal alimentaire des criquets qui a pour conséquence l'inhibition de la consommation des surfaces foliaires traitées par le neem.

KEMASSI (2008), note que l'imbibition des feuilles de chou par de l'extrait acétonique d'*Ephedra alata* (Stapf.) (Ephedraceae), *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae), *Zizyphus lotus* (L.) Desf (Rhamnaceae) et de *Citrullus colocynthis* (Schard). (Cucurbitaceae), affectent efficacement la prise de nourriture chez les larves L5 et les imagos du Criquet pèlerin. Il engendre des profondes perturbations de métabolisme hydrique qui se traduit par des pertes en eau inhabituelles sous forme des diarrhées.

HERNANDEZ-VELAZQUEZ et al. (2007) cité par **HEMOUR (2009)**, mentionnent également qu'une baisse d'alimentation importante a été observée chez les ailés de *Schistocerca piceifrons piceifrons* suite à un traitement par injection à base d'une souche mexicaine de *Metarhizium anisopliae* var *acridium* (Ma PL40).

Il est de même pour le C.U.D qui ne semble pas être influencé par les deux biopesticides. En effet les valeurs moyennes des C.U.D, elles sont de l'ordre de 96.57% chez les larves traitées par le *M.anisopliae*, 44.97% chez les larves traitées par le henné et 59.89% chez les



témoins. Ainsi l'analyse de la variance a enregistré qu'il ya une différence significative (Probabilité < 0,05).

OUTTAR (2009), a noté que le traitement des larves L5 de *L. migratoria* par les trois produits (*M. anisopliae*, Triflumuron et le henné) selon deux modes de pénétration (contact et ingestion) est sans effet sur le coefficient approximatif de digestibilité des larves de *Locusta migratoria*.

En ce qui concerne l'E.C.I on a noté des valeurs moyennes faibles chez les témoins et les larves traité par ingestion au *M. anisopliae* par rapport à celles enregistrées chez les larves traité par ingestion au henné. Ainsi l'analyse de la variance a enregistré qu'il y une différence non significative (Probabilité > 0,05).

Pour l'E.C.D, on a noté des valeurs moyennement faibles chez le henné et le *M. anisopliae* par rapport à celles enregistrées chez les témoins. Ainsi l'analyse de la variance a enregistré qu'il n'y pas une différence significative (Probabilité > 0,05).

OUTTAR (2009), a démontré que le traitement au *M. anisopliae* par contact n'a pas un effet remarquable sur E.C.I. et E.C.D. mais il a diminué le taux de ces deux indices avec le traitement par ingestion. Le Triflumuron et le henné n'ont pas un effet sur E.C.I. et E.C.D. avec le traitement par ingestion. Et pour le traitement par contact ces deux indices ont été élevés avec ces deux derniers produits.

OULD AHMEDOU et al., (2001) cité par **OUTTAR (2009)**, ont étudié l'effet du *Glinus lotoides* (Aizoacées) sur le comportement alimentaire des larves L4 de *Schistocerca gregaria*. Ils ont révélé que le *G. lotoides* a influencé négativement sur le C.U.D des larves, par conséquent les pertes de poids ont été considérable.

HEMOUR (2009) a noté des taux élevés des ingéras chez les ailés de *S. gregaria* traités par la dose sublétales de *M. a. var. acridum*. Avec un taux plus élevé chez les insectes traités pour le C.U.D. Quant aux individus traités pour E.C.I. et E.C.D, les taux trouvés sont faibles par rapport aux autres.

ACHEUK (2000), a révélé que la faiblesse des taux des E.C.I et des E.C.D explique que la conversion des nutriments issus de la digestion de l'espèce en métabolites physiologiques utilisables pour la synthèse de la matière vivante est médiocre et par conséquent la capacité de croissance n'est pas bonne.

MORDUE & HILL (1970) cité par **HEMOUR (2009)** indiquent que le taux des deux indices E.C.I et E.C.D sont influencés par l'importance de la quantité d'énergie consommée pour assurer les fonctions physiologiques et l'activité générale de l'insecte car au fur et à mesure que la production de l'énergie est grande les taux de ces indices diminuent.



2. Effet des deux biopesticides sur la structure du tube digestif des larves L5 de *L. migratoria*

L'effet de henné s'est traduit par une légère destruction des cellules épithéliales, un amincissement de la couche de muscle circulaire accompagnée par un élargissement de la lumière intestinale avec une destruction de quelques cellules de muscles longitudinaux internes du tube digestif de *L. migratoria*.

KARA_TOUMI (2010) a montré que l'examen des différentes parties du tube digestif des adultes et des larves du cinquième stade larvaire de *S. gregaria* a mis en évidence très peu d'altérations structurales au niveau de Stomodeum et du Proctodeum. Cependant ces différences sont notables au niveau de Mésenteron, chez les larves traitées par les deux champignons entomopathogènes *M. flavoviride* et *M. anisopliae* utilisés.

BISSAD (2002) a montré que *Beauveria bassiana* a un effet sur le tube digestif au niveau de l'intestin antérieur et de l'intestin postérieur du criquet pèlerin *S. gregaria*.

PAPILLON ET CASSIER (1977) déclarent que Chez les acridiens traités par *Bacillus thuringiensis*, les différentes parties du tube digestif n'ont subi aucune altération puisque le PH du tube digestif des acridiens est acide, ce qui ne favorise pas la libération de toxines chez ces groupes d'insectes.

HABBES (1989) note une désorganisation et une destruction de l'épithélium intestinal, un détachement des cellules épithéliales les unes des autres et une augmentation du nombre des cellules caliciformes de l'intestin moyen des larves de *Thaumetopea pityocampa* traitées par *B. thuringiensis*.

BENDOUCHE (2001) a signalé des altérations remarquables provoquées par l'ingestion des extraits de polyphénols d'olivier chez *L. migratoria* au niveau de l'intestin moyen.

NASIRUDDIN et MORDUE (1993) ont remarqué les mêmes effets après ingestion des extraits de *Melia azadirachtina* par le criquet pèlerin et le criquet migrateur.

ACHEUK (2000) a enregistré des modifications notables au niveau du tube digestif chez les imagos de *Locusta migratoria* traités par un insecticide chimique le Decis.

IDRISSI HASSANI et HERMAS (2008), ayant testé les effets toxiques de *Peganum harmala* (*Zygophyllaceae*) sur le tube digestif du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* ont montré que l'intestin moyen présente une réduction de la musculature circulaire externe entraînant un relâchement de l'intestin et une atrophie de la muqueuse intestinale présentant un épithélium strié réduit, en brosse altérée et des signes typiques de nécrose cellulaire.



MOHANDKACI et al. (2008 ; 2010) Ont constaté des modifications au niveau des trois parties de l'appareil digestif des imagos de *Schistocerca gregaria* après traitement au *Bacillusthuringiensis* et *Cytisus triflorus*. Un résultat similaire est signalé par **Mahfouf et Azizi (2010)** chez les larves L5 de *L. migratoria* après traitement par *B. subtilis*.



Conclusion

Notre travail est divisé en trois parties d'abord, nous avons étudié l'effet des deux biopesticides le Green muscle et le henné sur la morphologie, puis, nous avons recherché l'impact de ces deux biopesticides sur les rapports entre l'alimentation et la croissance tout en établissant les indices nutritionnels (I.C, E.C.I, E.C.D, C.U.D, I. Cr) des larves L5 du criquet migrateur. Enfin, nous avons mis en évidence l'effet de ces deux biopesticides sur l'histologie du tube digestif.

Sur le plan morphologique, des changements de taille et de couleur ont été observés, au moment de la mue ainsi que les déformations totales ou partielles de l'insecte engendrées par les deux biopesticides. Les larves traitées par l'extrait de henné ont montré une augmentation de la taille traduite par des gonflements au niveau de l'abdomen et du pronotum qui ont été observés. Ainsi, les traitements à base du *henné* ont affecté la coloration du corps des larves par des noircissements de leur abdomen. On peut noter aussi des gouttes verdâtres qui apparaissent au niveau du pronotum. Au moment de la mue imaginaire, les larves ont été affaiblies et ont présenté des difficultés pour muer, quelques larves ont réussi difficilement à effectuer leur mue. Quant aux larves traitées au *M.anisopliae*, des changements morphologiques traduits par une modification au niveau de la coloration : les larves deviennent complètement rouges et se momifient après leur mort.

Bien que les deux biopesticides testés ont influencé sur l'activité alimentaire en évaluant par les indices nutritionnels étudiés. L'analyse de la variance des indices de la consommation (I.C) des larves L5 témoins et des larves L5 traitées par le *M. anisopliae* et le *henné* indique qu'il y a une différence non significative par rapport à ceux enregistrés chez les témoins (Probabilité > 0,05). Effectivement, on a enregistré une valeur moyenne de l'ordre de 2.79 chez les larves témoins, de 2.33 chez les larves traitées par le *M.anisopliae* et 3.18 chez celles traitées par le *henné*. Donc on déduit que l'abaissement des ingéras et du poids des larves traités ne s'est pas reflété négativement sur cet indice. Il est de même pour le C.U.D qui ne semble pas être influencé par les deux biopesticides. En effet les valeurs moyennes des C.U.D, sont de l'ordre de 96.57% chez les larves traitées par le *M.anisopliae*, 44.97% chez les larves traitées par le *henné* et 59.89% chez les témoins. Ainsi l'analyse de la variance a enregistré qu'il y a une différence significative (Probabilité < 0,05). En ce qui concerne l'E.C.I on a noté des valeurs moyennes faibles chez les témoins et les larves traité par le



M. anisopliae par rapport à celles enregistrées chez les larves traitées par henné. Ainsi l'analyse de la variance a enregistré qu'il y a une différence non significative (Probabilité > 0,05). Pour l'E.C.D, on a noté des valeurs moyennes faibles par rapport à celles enregistrées chez les témoins. Ainsi l'analyse de la variance a enregistré qu'il y a une différence non significative (Probabilité > 0,05). Ces résultats révèlent que la conversion des nutriments n'est pas influencée par les deux biopesticides.

Le traitement apporté par les deux biopesticides sur des larves L5 de *L. migratoria* ne montre aucune lésion macroscopique du tube digestif comparativement aux témoins. Après la réalisation des coupes histologiques, l'examen des différentes parties du tube digestif a montré que les deux biopesticides ont des effets toxiques certains sur les cellules épithéliales du tube digestif de *L. migratoria*. L'effet de ces biopesticides s'est traduit par une légère destruction des cellules épithéliales, un amincissement de la couche de muscle circulaire accompagnée par un élargissement de la lumière intestinale avec une destruction de quelques cellules de muscles longitudinaux internes du tube digestif de *L. migratoria*.

Enfin, cette étude projette des perspectives où il serait intéressant, d'une part, d'étudier de façon approfondie le mécanisme d'action de ces biopesticides au niveau du corps de ce ravageur et d'autre part, de : tester les deux biopesticides *in vitro* sur les différents stades du criquet migrateur et en plein champ dans le biotope de ce ravageur et d'autre ravageur, étudier leurs toxicité, leurs rémanence et leurs persistance et rechercher d'autres entomopathogènes efficaces pour lutter contre *L. migratoria*.

Références bibliographiques

ABOU THIAM., 1991- Problématique de l'utilisation des insecticides chimiques dans la lutte anti-acridienne. In : ESSAID A., 1991- La lutte anti-acridienne. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext, Paris © : 193-206.

ALBRECHT F.O., 1967- Polymorphisme phasaire et biologie des acridiens migrants. Collection GPB Masson et Cie, Paris, 194 p.

ABBASSI K., ATAY-KADIRI Z et GHAOUT S., 2003a.- Biological effects of alkaloids extracted from three plants of Moroccan arid areas on the desert locust. The Royal Entomological Society, *Physiological Entomology*, (28): 232-236.

ABOUZAÏD H., BOURCHICH L. et FOUTLANE A., 1991. - Effet des insecticides utilisés pour la lutte antiacridienne au Maroc sur les eaux utilisées pour l'alimentation en eau potable. La lutte antiacridienne. Ed. AUPEL-UREF, John Libbey Eurotext, Paris: 229-238.

ADIG, 2002. Etude sur la production de henné dans les villages de Taghade et de N'Doumely. GTZ/ECO-IRAM. Projet de Développement Rural Intégré du Guidimakha. Sélibaly, Janvier 2002, République Islamique de Mauritanie.

ALLAL- BENFEKIH L., 2006- Recherches quantitatives sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Orth. Oedipodinae) dans le Sahara algérien. Perspectives de lutte biologique à l'aide de microorganismes pathogènes et de peptides synthétiques. Thèse de Doctorat, Inst. Nati. Agro, El Harrach, 140p.

ALRC., 2006. - The Locust Handbook. Ed. Anti-Locust Research Centre, London, 43 p.

ANNIE-MONARD J., 1991- Les stratégies de survie en conditions adverses des acridiens ravageurs d'importance économique en Afrique de l'Ouest. Ed. Dossier de la session de formation, Montpellier, 178 p.

APPERT J. et DEUSE J., 1982- Les ravageurs des cultures vivrières et maraichères sous les tropiques. G- P.Maisonneuve & Larousse, Paris, 420p.

AUBAILE-SALLENAVE F. (1982). Les voyages du henné. *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée* 29(2) : 123-178.

ASAWALAM E.F., EMOSAIRUE, S. O. and HASSANALI A., 2006.- Bioactivity of *Xylopiya aetiopica* (dunal) a. rich essential oil constituents on maize weevil *Sitophilus zeamais* motschulsky (Coleoptera - Curculionidae). Electronic journal of environmentalm agricultural and food chimistry, vol. 5 (1): 1195-1204.

AWAD E.W., SAADÉ F. E. and HADI AMIRI M., 1997.- Effect of azadirachtin on the nutrition, development and biogenic amine levels in the Eastern Death's Head hawk moth, *Acherontia styx* (Lepidoptera: Sphingidae). Experimental Biology Online – EBO: 2-15.

Aweke, G. et Tapapul Lekoyiet, S. 2005 (Page consultée le 13 février 2016). *Lawsonia inermis* L. In: Jansen, P.C.M. & Cardon, D. (Editeurs). PROTA 3: Dyes and tannins/Colorants et tanins. [CD-Rom]. PROTA. Wageningen, Pays-Bas [En ligne]. Adresse http://database.prota.org/PROTAhtml/Lawsonia_inermis_Fr.htm

BAILLON F., 1992.- Comportement des oiseaux face à la pullulation de *Schistocerca gregaria* au Sénégal (hiver 1988-1989). L'oiseau et la revue française d'ornithologie, vol. 62 (4): 4 p.

BEAUMONT A. et CASSIER P., 2009- Travaux pratique de biologie animale : zoologie, embryologie, histologie. Dunod,Paris, 502p.

BELLMANN H. et LUQUET G., 1995- Guide des Sauterelles, Grillons et Criquets d'Europe Occidentale. Delachaux et Niestle, Lausanne, 384 p.

BALANÇA G. et DE VISSCHER M. N., 1992.- Glossaire des termes élémentaires d'acridologie et de lutte antiacridienne en Afrique sahélienne. Ed. CIRAD/GERDAT/PRIFAS, Montpellier, 157 p.

BALACHOWSKY A. et MESNIL L., 1936- Les insectes nuisibles aux plantes cultivées, leurs mœurs, leurs destruction. Etablissements Busson, Paris, 1921p.

BONNEMAISON L., 1961- Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forêts. Sep. T.I, Paris, 599p

BRADER L. H. DJIBO H., FAYE F. G, GHAOUT S., LAZAR M., LUZIETOSO P. N. et OULD BABAH M. A., 2006.- Evaluation multilatérale de la campagne 2003- 2005 contre le Criquet pèlerin. Ed. FAOUN, Rome, 101 p.

CABRIDENC R., COULINKOV I. et DE LAVAUER E., 1980.- Evaluation au stade laboratoire des risques toxiques résultant des pesticides. Pesticides. Cahier du nutrition et de diététique, Paris (4): 69-74.

CHOPARD L., 1943- Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord. Faune de l'empire français 1. Librairie Larose, Paris, 450p.

CHOPARD L., 1938- La biologie des orthoptères . Paul Lechevalier, Paris, 541p.

CHOPARD L., 1932- Sur la présence du criquet migrateur (*Locusta migratoria* L.) en Normandie. Bulletin de la Société Entomologique de France, Paris, 37 : 122-123 .

Chauhan MG and Pillai APG. (2007). Microscopic profile of powdered drug used in Indian system of medicine, *Jamnagar, Gujarat.* 84-85.

C.O.P.R. [Centre for Overseas Pest Research], 1982 – The locust and grasshopper agricultural manual, London, 690 p.

COPR., 1982.- The locust and grass shopper agricultural manual. Ed. Cent. Overs. Pest. Rese., London, 960 p.

DE KOUASSI M., 2001.- La lutte biologique une alternative viable à l'utilisation des pesticides. La revue en sciences de l'environnement, vol. 2 (2): 7-12.

DE VISSCHER M. N., 1991.- L'environnement de la lutte antiacridienne: les perspectives et les contraintes de la recherche. La lutte antiacridienne. Ed. AUPEL-UREF, John Libbey Eurotext, Paris: 219-227.

DHOUIB M. H. et JARAYA A B., 1990 - L'invasion acridienne en Tunisie et son impact sur l'environnement. Journées Internationale sur l'environnement, Tunisie: 12 p.

DHOUIB S., 1994.- Action de quelques substrats alimentaires sur la croissance, le développement et la structure de la cuticule chez le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (forskål, 1775) (Orthoptera- Adrididea). Mém. Ing. Agro. INFSAS, Ouargla, 50 p.

DEFAUT B ., MORICHON D ., MORIN D .et PUISSANT S., 2012- *Locusta cinerascens* (Fabricius), espèce distincte de *Locusta migratoria* L. (Caelifera, Acrididae, Locustinae). Matériaux Orthoptériques et Entomocénétiques, 17 : 5-7

DEFAUT B., 2005- Sur la répartition de *Locusta migratoria migratoria* (L.) en France (Caelifera, Acrididae, Oedipodinae). Matériaux Orthoptériques et Entomocénétiques 10 : 81-86.

DIOP B. et **WILPS H.**, 1997- Field trials with neem oil and *Melia volkensii* extracts on *S. Gregaria* : 201-207 in KRALL S., PEVELING M. and DIALLO D., *New Strategies in Locust Control*. Birkhäuser. Basel, Switzerland, 522 p.

DIRSH V.M. et **DESCAMPS M.**, 1968- Insectes Orthoptères Acridoidea, Faune de Madagascar, Paris, 26 : 312 p.

DOBSON H.M., 2001- Directive sur le criquet pèlerin 4 : lutte antiacridienne . FAOUN, Rome, 47p.

DUNPHY G. B. et **TIBELIUS K. H.**, 1992- Les progrès biotechnologiques augmentant l'efficacité de *Bacillus thuringiensis* et de *Bacillus sphaericus* en tant qu'insecticide microbien, in lutte biologique : 305-320.

DOUMANDJI S. et **DOUMANDJI-MITICHE B.**, 1994 – Criquets et sauterelles (Acridologie). Office Publ. Univ, Alger, 99 p.

DORE M., BARBIER M., LECOQ M., et OULD BABAH-M., 2008 – Prévention des invasions de criquet pèlerin analyse socio-technique d'un dispositif de gestion duristique. Cahiers Agricultures 17: 457-464.

DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M., 1982 – Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche. Cirad-Prifas, Départ. G.E.R.D.A.T, Paris, 695 p.

DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M. et RACHADI T., 1987 – Guide antiacridien du Sahel. Cirad – Prifas. Départ. G.E.R.D.A.T, Montpellier, 343 p.

DURANTON J.F. et LECOQ M., 1990 – Criquet pèlerin au Sahel. Cirad-Prifas. Collection Acridologie Opérationnelle 6', Montpellier, 183 p.

FAO ., 2004- Bulletin sur le criquet pèlerin. Rome, 219: 1-5

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

FARROW R.A. et **COLLESS D.H.**, 1980- Analysis of the interrelation ships of geographical races of *Locusta migratoria* (L.) (Acrididae) by numerical taxonomy, with special reference to sub-speciation in the tropics and affinities of the Australian race. *Acrida*, 7 : 76-96.

Fabius, C. nd (Page consultée le 15 février 2016). Earth Henna Paint the Body Beautiful: La plante de henné. [En ligne]. Adresse http://www.earthhenna.com/lang_fr/botany.html.

FERENZ H J., LUBER K. et **WIETING J.**, 1994- Pheromones as a means of controlling migratory locusts. In: New trends in locust control (eds. S. Krall, H. Wilps). GTZ. Eschborn. TZ-Verlagsgesellschaft Rossdorf : 81-89.

FERTOUL Farouk ; 2010-contribution à l'étude de l'effet d'un dergulateur de croissance le FLUFENOXURON sur quelques paramatères biologiques des deux stades larvaires L4et L5 de *Locusta migratoria* (Linné,1758),thèse d'ingénieur d'état ,agronomie,zoologie, UNIVERSITE SAAD DAHLABA6-BLIDA.59p.

FISHELSON L., 1985- Fauna Palaestina. Insecta III, Orthoptera: Acridoidea, Jerusalem, 229 pp.

GRASSE P.P., 1949- Traité de zoologie. Anatomie, systématique, biologie. Masson, Paris, t. IX, 1117 p.

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

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

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

GREATHEAD D.J., KOOYMAN C., LAUNOIS-LUONG M.H. et POPOV G.B., 1994 – Les ennemis naturels des criquets du Sahel. Cirad – Prifas. „Collection Acridologie Opérationnelle 8“, Montpellier, 147 p.

GRICHANOV I.Y. et SAULICH M.I., 2003- The area and zones of mass outbreaks of the Migratory Locust (*Locusta migratoria* (L.)). http://www.agroatlas.spb.ru/pests/Metadata/Meta_Locusta_migratoria_en.htm.

HARZ K., 1975- Die Orthopteren Europas II - The Orthoptera of Europe II Series Entomologica, 11: 1-939.

HASSEL M. P. and SOUTHWOOD T. R. E. 1978.- Foraging strategies of insects. Annual Review of Ecology and Systematics, vol. 9: 75-98.

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

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

HUNTER D. M., 2007.- Application de Green Guard *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* contre le Criquet migrateur oriental *Locusta migratoria manilensis* en Chine. Atelier international sur l'avenir des biopesticides en lutte contre le criquet pèlerin. Ed. FAO, Sénégal: 32 p.

INPV., 1999.- Instrument de développement de la protection phytosanitaire. Ed. Institut Nationale de la protection des végétaux, Alger, 32 p.

IDRISSI HASSANI L.M., OULD AHMEDOU M.L., MAYAD E.H. et BOUAICH A., 2002- pouvoir insecticide de *Peganum harmala* sur *Schistocerca gregaria*, effets de l'huile et des extraits des feuilles. Biologie et santé, 2(2) : 122-123.

Jenkins N. E. et Thomas M. B., 1996.- Effect of formulation and application method on the efficacy of aerial and submerged conidia of *Metarhizium flavoviride* for locust and grasshopper control. Pestic. Sci., 46: 299-306.

JOURDHEUIL P., GRISON P et FRAVAL A., 1992- La lutte biologique: un aperçu historique. La lutte biologique. Dossier de la Cellule environnement de l'INRA ,5 :11-35.

KABASSINA B., 1990- Comparaison faunistique des Caelifères de la station de Caïd Gacem et de divers étages bioclimatiques du Togo. Thèse .Ing. Inst. Nat. Agro, El Harrach : 32-82.

KARA F. Z., 1997.- Etude de quelques aspects écologiques et régime alimentaire de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera- Cyrtacanthacridinea) dans la région d'Adrar et en conditions contrôlées. Thèse Magi., Prot. Végé. Zool. Agri. Fore., Acrid., Inst. Nat. Agro., El Harrach, Alger, 181 p.

KEVAN D. K., 1992.- Les agents de lutte biologique existant et potentiels contre les Orthoptéroïdes nuisibles. Ed. Geaten morin, Québec, 221 p.

Kooyman C., Aammati M., Moumene K., Chaouch A. et Zeyd A., 2005.- Essai de Green Muscle sur les nymphes du criquet pèlerin dans la Wilaya d'El Oued Nord Est Algérie. FAO, n°715, 22 p.

Khorrani, J. S.1979. (Page consultée le 15 février 2016) Dosage du Lawsone dans le Henné par la méthode colorimétrique. Pharmaceutical Biologie.17:3,131-134. [En ligne]. Adresse URL: <http://dx.doi.org/>

Kuchard, P. 2003. (Page consultée le 13 février 2016). Henné : Encyclopédie atypique incomplète [En ligne].Adresse <http://www.huile-dargan.fr/hammam/henne.php>.

KANG L., HONGCHANG L. et YONGLIN C., 1989- Analysis of numerical character variations of geographical populations of *Locusta migratoria* phase solitaria in China. Acta Entomologica Sinica ,32: 418-426.

KEMASSIAbdellah ; 2014 .Toxicité comparée des extraits d'Euphorbiaguyoniana (Stapf.) (Euphorbiaceae), Cleome arabica L. (Capparidaceae) et de Capparisspinosa L.(Capparidaceae) récoltés de la région de Ghardaïa (Sahara septentrional) sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera- Cyrtacanthacridinae), Thèse Doctorat ès sciences,Sciences Biologiques , Écologie Saharienne et Environnement,UNIVERSITE KASDI MERBAH- OUARGLA.243p.

LARPENT P.J .et GAURGAUD L.M., 1997- Mémento technique de microbiologie .Lavoisier, Paris, 934p.

LAUNOIS-LUONG M.A., LAUNOIS M. et RACHADI T., 1988- la lutte chimique contre les criquets du Sahel. Coll. Acrid. Operat. 3. Cirad – Prifas, Montpellier, 125p.

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

LAUNOIS-LUONG M.A. et LECOQ M., 1993- Manuel explicatif du code OMM de transmission des informations sur les criquets ravageurs. Ciraf-Prifas, Genève, 31 p.

LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M., 1989 – *Vade Mecum* des criquets du Sahel. Cirad-Prifas. „Collection Acridologie Opérationnelle 5’, Montpellier, 125 p.

LAUNOIS-LUONG M.H., RACHADI. T. et DEUSE. J., 1994- Les biopesticides en lutte antiacridienne. Insectes, 29.

LAUNOIS-LUONG M. H. et POPOV G. B., 1992.- *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Acrididea- Cyrtacanthacridinae). Ed. CIRAD- PRIFAS, ISBN. Paris, 45 p.

LECOQ M., 1991- Le criquet migrateur en Afrique et a Madagascar. Cirad-Prifas, Montpellier, 31p.

Lemordant D. et Forestier J.P. (1983). Usages médicaux traditionnels et propriétés pharmacologiques de *Lawsonia inermis* L., Lythracées. *Journal d’Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée* 30: 69-89.

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

LECOQ M., 2005- Desert locust management: from ecology to anthropology. *Journal of Orthoptera Research* 14: 179-186.

LERECLUS D et CHAUFaux J., 1986- Etat actuel de la lutte biologique a l’aide de *Bacillus thuringiensis* : ce bioinsecticide permettra t-il demain d’atteindre le doryphore ? Cah. Liaison O.P.I.E. Guyancourt ,20(4).63 :15-20.

Lebanese Science Journal, Vol. 13, No. 2, 2012.

LOMER C.J. et PRIOR C., 1992- Lutte biologique contre les acridiens. Comptes rendus Inst. Nat. Agri.Trop. Cotonou : 79-88.

LUONG-SKORMAND M.H., RACHADI T. et LECOQ M., 1999- La lutte contre les criquets ravageurs : l'intérêt des mycopesticides. Cirad-Amis-Programme Protection des cultures, Paris, 19 : 49-52.

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

Malekzadeh F (1968). Antimicrobial Activity of *Lawsonia inermis* L. *American Society for Microbiology* .16(4): 663-634.

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

MATHIAS k., 2001- Les possibilités de la lutte microbiologique. *Vertigo*. La revue électronique en sciences de l'environnement. Lodel, 2 :1 – 18.

MEYNADIER G., MARGIER A. A., GIRARDIE J. et VAGO C., 1992- Une entomopoxvirose chez l'orthoptère *Anacridium aegyptium*. *Entomophag*, 37: 453-464.

MILLER L. K., LINGG A. J., et BULLA L. A., 1983- Bacterial, viral and fungal insecticides. *Sci* , 219: 715-721.

MOHAND-KACI H., 2012-Evaluation de l'impact biologique de quelques souches locales de *Bacillus sp.* Et *Pseudomonas spp. Fluorescens* vis-à-vis du criquet migrateur *Locusta migratoria cinerascens* (Oedopodinaen : Acrididae). Thèse de Doctorat, Ecole. Nat. Agro. El Harrach, Alger, 172p.

OUTTAR F., 2009- L'utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedopodinaen Acrididae). Thèse Magister, Ins. Nati. Agro, El Harrach, Alger.

OuldElhadj M.D., 1999- Etude du régime alimentaire de quatre espèces d'Acrididae dans les conditions naturelles de la ferme de jouifa dans la région de bénis Abbés (Sahara septentrional) *Ann. Inst. Nati. Agro.* , El Harrach, Vol. 20 (1-2) : 69 -75.

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

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

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

PAN., 2006.- Utilisation et gestion des pesticides dans la lutte antiacridienne de 2004-2005 au Sénégal. Rapport n°10, Pesticide Action Network (PAN Africa), Sénégal, 62 p.

PEVELING R., 2000.- Suivi environnemental des activités de la lutte antiacridienne à Malaimbandy, Madagascar. Projet d'appui à la gestion de l'environnement. International Resources Group, n°839, Washington, 38 p.

POPOV G.B., LAUNOIS-LUONG M.H. et VAN DER VEEL J.J., 1990- Les oothèques des criquets du Sahel. Cirad-Prifas. „Collection Acridologie Opérationnelle 7“, Montpellier, 153p.

PASQUIER R. et GERBINOT B., 1945.- Utilisation du *Milia* pour la protection des cultures contre les de la sauterelle pèlerin. Bult. Sem. Off. Nat. Lut. Antiacridien, Alger, 2 S.(2): 17-23.

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

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

RACHADI T., 1991- Promesses et limites de la lutte chimique dans la stratégie antiacridienne. In : Essaid A- la lutte anti-acridienne. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotex : 151-165.

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

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

REMBOLD H., 1997- *Melia volkensii*: a natural insecticide against desert locust: 185-191 in KRALL S., PEVELING R. and BA DIALLO D- New strategies in locust control. Birkhäuser Verlag, Basel/ Switzerland, 522p.

ROBERT P.A., 1972- Les insectes 1-Aptères, Archiptères, Orthoptères, Coléoptères, Névroptères, Delachaux et Neistle. Coll. Les Beautés de la Nature Suisse, 170p.

ROSA PAIVA M., 1997- Potential of the use of semiochemichals against *Locusta migratoria migratorioides* (R & F). In: New trends in locust control (eds. S. Krall, H. Wilps).GTZ. Eschborn. TZ-Verlagsgesellschaft Rossdorf : 293-303.

STARNES R. L., LIU et MARONE P.G., 1993- History, use and future of microbial insecticides. Amer. Entomol, 39 :83-91.

SAIZONOU N. J. 2000- Lubilosa et la lutte contre les acridiens. Mini. Agriculture HS. n° 1, Paris: 3-17.

SEYE F., NDIONE R. D. et NDIQYE M., 2006.- Etude comparative de deux produits de neem (huile et poudre) sur les stades préimaginaux du moustique *Culex quiquefasciatus* (Diptera- Culicidae). Afrique science, vol. 2 (2): 212-225

SADOUNE-AROUS 2013 ;Etude comparative du pouvoir acridicide des souches locales fongiques de *Metarhizium* sp., *Beauveria* sp.,et *Trichoderma* sp. à un biofongicide formulé le ‘green muscle’ vis-à-vis des larves L5 de *Schistocerca gregaria*,thèse de Master,Biotechnologie des Plantes Médicinales et Aromatiques et des Produits Naturel,UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA,58p.

Sharma V.K., 1990. Tuberculostatic activity of henna (*Lawsonia inemis* Linn.). Tubercle; 71, 293-295.

SHOWLER A.T. and POTTER C.S., 1991- Synopsis of the 1986-1989 desert locust (Orthoptera: Acrididae) plague and the concept of strategic control. Am. Entomol., 37: 106-110.

STEEDMAN A., 1988- Locust Handbook. Overseas Development Natural Resources Institute, London, 180 p.

SYMMONS P. M. et CRESSMAN K., 2001.- Directive sur le Criquet pèlerin 1. Biologie et comportement. Ed. FAOUN, Rome, 43 p..

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

ANONYME (2010) Henné. *Version 1*. (Page consulté le 16 février 2016) Publier [En ligne]. Adresse <http://www.theplantlist.org/>

UVAROV B.P., 1977- Grasshoppers and locusts. A handbook of general acridology. Vol. II : Behaviour, Ecology, Biogeography, Population Dynamics. Centre for Overseas Pest Research, London, 614 p.

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

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

WRAIGHT R. J. et ROBERTS D. W., 1987- Insect control effort with fungi. Devel. Industr. Microbiol, 28: 77-87.

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



❖ **Matériel**

➤ **Matériel d'élevage**

Des cages, des ampoules, des bocaux sont des bouteilles coupées en deux (pondeurs), boîtes de Pétri, des éponges, un pinceau, bain d'huile (pour garantir une température adéquate), du tulle moustiquaire, de sable et une pissette (pour l'arrosage des bacs et des pondeurs). Thermomètre et hygromètre.

➤ **Matériel de laboratoire**

microscope optique, des béchers, pipette Pasteur, cellule de Malassez, des boîtes de Pétri en plastique stérilisées, Autoclave, éprouvette graduée, Erlen Meyer, papier cellophane, agitateur magnétique, une balance de précision, des ciseaux, lames et lamelles, pince, une loupe binoculaire, réfrigérateur, étuve, scotch, des fioles de 100 ml (préparation des solutions), microtome (les coupes histologiques), papier absorbant, boîte de lames, microtubes Eppendorf; Des boîtes et des bacs, tulle moustiquaire, des sachets en plastique, scalpel (tailler les blocs), plaque chauffante, barre de Leuckart, entonnoir, papier filtre, chemise cartonnée, marqueur indélébile. Automate de type : Myr Stp120, Automate d'inclusion type : leica EG 1150H. les barres de leuckart, microtome de type Leica RM2125RT. Plaque chauffante de type Stuart Cb60.

❖ **Les produits :**

➤ **L'histologie**

- Alcool : 70°, 95°, 100°
- Paraffine
- Eau distillée
- Gélatine
- Xylène
- Eosine
- Hématoxyline de Groat
- Résine



Tableau 1 : L'ingera (g) des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux deux biopesticides par ingestion

Produit Jour	Eau distillée	<i>L. inermis</i>	<i>M.anisopliae var acridum</i>
1	0,32	0,56	0,82
2	0,75	0,67	1,03
3	0,32	1,05	1,52
4	0,24	1,28	0,8
5	0,54	1,45	1
6	1,45	0,97	0,84
7	1,52	0,42	1,03
8	1,21	0,96	0,47
9	0,95	2,96	1,03
10	0,54	0,9	1
11	0,08	0,88	1,22
12	0,24	-	0,82
13	0,54	-	-
14	0,95	-	-
Moyenne	0,69	1,1	0,97
Ecartype	0,46	0,68	0,26



Tableau 2 : L'egesta (g) des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux deux biopesticides par ingestion

produits jours	Eau distillée	<i>L. inermis</i>	<i>M.anisopliae var acridum</i>
1	0,26	0,12	0,07
2	0,37	0,12	0,02
3	0,3	0,02	0,07
4	0,29	0,02	0,08
5	0,47	0,4	0,02
6	0,53	0,39	0
7	0,29	0,46	0,02
8	0,21	0,27	0,03
9	0,23	0,32	0,03
10	0,19	0,27	0,02
11	0,28	0,24	0,01
12	0,23	-	0
13	0,28	-	-
14	0,29	-	-
Moyenne	0,30	0,24	0,03
Ecartype	0,10	0,15	0,03



Tableau 3 : L'indice de consommation des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux deux biopesticides par ingestion

Produits Jour	Eau distillée	<i>L. inermis</i>	<i>Manisopliae var acridum</i>
1	4	4	4
2	4	4	4
3	4	4	4
4	4	4	4
5	4	4	2
6	4	4	2
7	4	4	2
8	3	4	2
9	3	2	1
10	3	2	1
11	2	2	1
12	2	-	1
13	1	-	-
14	1	-	-
Moyenne	3,07	3,45	2,33
Ecartype	1,14	0,93	1,30



Tableau 4 : L'efficacité de conversion de la nourriture ingérée (%) par les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux deux biopesticides par ingestion

produits Jour	Eau distillée	<i>L. inermis</i>	<i>M.anisopliae var acridum</i>
1	15,63	3,57	3,66
2	5,33	2,99	-4,85
3	25,00	-1,90	3,29
4	20,83	16,41	-7,50
5	14,81	4,83	4,00
6	7,59	9,28	-1,19
7	1,32	-45,24	-6,80
8	3,31	10,42	4,26
9	-3,16	-3,04	3,88
10	-35,19	5,56	-4,00
11	-50,00	-3,41	-4,10
12	50,00	-	6,10
13	3,70	-	-
14	1,05	-	-
Moyenne	4,30	-0,05	-0,27
Ecartype	24,22	16,16	4,95



Tableau 5 : L'efficacité de conversion de la nourriture digérée (%) par les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux deux biopesticides par ingestion

produits Jour	Eau distillée	<i>L. inermis</i>	<i>M.anisopliae var acridum</i>
1	83,33	4,55	4,00
2	10,53	3,64	-4,95
3	400,00	-1,94	3,45
4	-100,00	16,67	-8,33
5	114,29	6,67	4,08
6	11,96	15,52	-1,19
7	1,63	475,00	-6,93
8	4,00	14,49	4,55
9	-4,17	-3,41	4,00
10	-54,29	7,94	-4,08
11	20,00	-4,69	-4,13
12	1200,00	-	6,10
13	7,69	-	-
14	1,52	-	-
Moyenne	121,18	48,58	-0,29



Tableau 6 : Le coefficient d'utilisation digestif des larves des *L. migratoria* traitées aux deux biopesticides par inges

produits Jour	Eau distillée	<i>L. inermis</i>	<i>M.anisopliae var acridum</i>
1	18,8	78,6	91,5
2	50,7	82,1	98,1
3	6,2	98,1	95,4
4	-20,8	98,4	90,0
5	13,0	72,4	98,0
6	63,4	59,8	100,0
7	80,9	-9,5	98,1
8	82,6	71,9	93,6
9	75,8	89,2	97,1
10	64,8	70,0	98,0
11	-250,0	72,7	99,2
12	4,2	-	100,0
13	48,1	-	-
14	69,5	-	-
moyenne	21,9	71,2	96,6



Tableau 7: L'indice de croissance des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux deux biopesticides par ingestion

produits Jour	Eau distillée	<i>L. inermis</i>	<i>M.anisopliae var acridum</i>
1	0,63	0,14	0,15
2	0,21	0,12	-0,19
3	1,00	-0,08	0,13
4	0,83	0,66	-0,30
5	0,59	0,19	0,08
6	0,30	0,37	-0,02
7	0,05	-1,81	-0,14
8	0,10	0,42	0,09
9	-0,09	-0,06	0,04
10	-1,06	0,11	-0,04
11	-1,00	-0,07	-0,04
12	1,00	-	0,06
13	0,04	-	-
14	0,01	-	-
Moyenne	0,19	0,00	-0,02