

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
المدرسة الوطنية العليا للفلاحة – الحراش - الجزائر
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE EL HARRACH – ALGER

Thèse

En vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques
Spécialité : Protection des végétaux – Zoophytatrie
Option : Acridologie

Thème

*Place des biopesticides dans la lutte
antiacridienne : Essai et méthodes d'utilisation
contre les criquets ravageurs*

Présenté par: M^{lle} OUIAR Fahima

Devant le jury :

Président : M. DOUMANDJI S. Professeur (E.N.S.A.)
Directeur de thèse : Mme DOUMANDJI-MITICHE B. Professeur (E.N.S.A.)
Examineurs : Mme MOUHOUCHE F. Professeur (E.N.S.A.)
: Mme GUENDOZ A. Professeur (Université de Blida)
: Mme HALOUANE F. Professeur (Université de Boumerdes)
: Mme BISSAAD F.Z.M.C. (Université de Boumerdes)

Soutenue : le 05/02/2015

Dédicace

A Mes très chers parents, la lumière de ma vie.

A la mémoire de Ma très chère grand-mère nana Zineb.

A Ma très chère sœur Hadia et son mari Abdelghani.

A Mes très chers frères Zaki, Mohamed et Fethi.

A Mes très chères belles sœurs Lamia, Asmaa et Sabrina.

A Mes très chères nièces Yasmine, Mélissa, Amani et Ferial.

A mon très cher Neveu Ahmed Youssef.

A toutes mes amies et mes collègues et toutes les personnes qui me connaissent de près ou de loin.

Je dédie le fruit de ce travail

Fahima

Remerciements

Il m'est très agréable d'exprimer ma profonde gratitude et mes plus vifs remerciements respectueux à toutes les personnes qui de près ou de loin m'ont témoigné leur aide moralement, matériellement et techniquement tout au long de la réalisation de ce travail :

M^{me} DOUMANDJI-MITICHE B., Professeur et chef de département de Zoologie agricole et forestière à l'E.N.S.A. d'EL-HARRACH, pour son encadrement, ses conseils, ses encouragements, sa sollicitude, sa gentillesse et sa modestie.

Mr. DOUMANDJI S.E., Professeur au département de Zoologie agricole et forestière à l'E.N.S.A.d'EL-HARRACH, pour m'avoir fait honneur de présider mon jury et aussi pour ses conseils et ses encouragements.

M^{me}. MOUHOUCHE F., Professeur au département de Zoologie agricole et forestière à l'E.N.S.A.d'EL-HARRACH pour avoir accepté d'examiner mon travail et pour sa sympathie et sa gentillesse.

M^{me} GUENDOUZ-BENRIMA A.,Professeur et Doyenne de la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'université de Blida, pour avoir accepté de juger ce travail, merci pour votre gentillesse et votre modestie. Permettez moi madame de vous exprimer ma profonde gratitude, ma vive reconnaissance et mon profond respect.

M^{me} HALOUANE F. Professeur et Vice Doyenne de la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'Université de Boumerdes, pour avoir accepté d'examiner mon travail et pour sa sympathie et sa gentillesse.

M^{me} BISSAAD F.Z., Maître de conférences au département de biologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'Université de Boumerdes, pour avoir accepté d'examiner mon travail et pour ses conseils,sa sollicitude, sa serviabilité,sa gentillesse et son amitié.

Mes plus vifs remerciements et un grand respect vont également à M^{me}BOULFEKHAR H., Enseignante au département de Zoologie agricole et forestière à l'E.N.S.A.d'EL-HARRACH, pour m'avoir laissé son bureau à ma disposition durant la réalisation de ce travail.

Je tiens à remercier aussi Mr. HAZZIT M., Enseignant au département de Technologie Alimentaire de l'E.N.S.A. d'EL-HARRACH, pour m'avoir facilité l'accès à son laboratoire et aussi pour ses éclaircissements et sa gentillesse.

Ma profonde gratitude s'adresse également à : Mr. YUCEF M., Mr. SID AMAR A., Mr. CHAHBAR M., Mr. BOUAZIZ A., Mr. BENHASSAN A., Mr. KHENNIQUI A., Mr. GARNA L., Mr. MAHDJOUBI Dj., Mr. BERGOUG H., Mr. EL MOKHFI M., Mr. CHAOUCH, M^{me} BOUTHELDJA R., M^{me} BELAID M., M^{elle} MIZAB L., M^{me} BENFEKIH L., Mr. HAMMACHE M., Mr. CHAKALI G., Mr. GHEZALI Dj., Mr. BENZARA A., Mr. GUESSOUM M., M^{me} KHALFI W., M^{me} DAOUDI S., M^{me} BENMESSAOUD H., M^{me} SAADA N., M^{me} BENZARA F., M^{me} OULD CHERCHALI S., Mr. SAHRAOUI L., Mr. BELLAHMAR M., Mr. BENAILA M., M^{elle} REMINI Kh., M^{elle} AIT CHAOUCH F., M^{elle} BELHACHAT Dj., M^{elle} DAGHEFALI N., M^{elle} AISSAOUI W., M^{me} AOUIR A., M^{me} MEKNINE A., M^{elle} GHAZAL H., M^{elle} BERRITIMA W., Mr. SAIFI M., Mr. ZIANI B., Mr. BOULAOUED A., Mr. AILAM O., pour m'avoir témoigné leur aide moralement et matériellement et pour leur sympathie et leur gentillesse.

Je remercie ainsi M^{elle} BEZAZE G., M^{elle} HIOUL F., M^{elle} MAHDI Kh., M^{me} ZIADA M., M^{me} BERRAÏH., M^{me} DOUMANDJI W., M^{elle} MORSLI S., M^{elle} SETBEL S., M^{me} DEHINA N., M^{elle} GUERZOU A., M^{me} DERDOUKH W., M^{me} BOUBEKKA A., M^{elle} OUDJIANE A., M^{elle} BOURMAD S., M^{elle} DJEBBARA S., M^{me} BELKOUICHE S., M^{me} SAYEH S., M^{me} BAHBA M., M^{elle} BELHADJ H., M^{me} CHAHBAR N., M^{me} CHEBBOUTI N., M^{me} MERABET A., M^{me} BEHIDJ N., M^{elle} SABRI K., M^{elle} YAHIA N., M^{me} HADJADJ N., M^{me} BOUSSAAD F., M^{me} BAAZIZ F., M^{me} MELLAL H., M^{me} BOUSSAIDI F., M^{me} HEDDOUCHE M., M^{elle} AKKOUICHE S., M^{elle} TERGOU S., M^{me} BEROUANE F.Z., M^{me} BENLAMEUR Z., M^{me} AMIRI S., pour leur amitié, leur sympathie et leur gentillesse

OUTTAR Fahima

Sommaire

Sommaire

Page

Dédicace	I
Remerciements	II
Liste des abréviations	IV
Liste des figures	V
Liste des tableaux	IX
Liste des annexes	XIV
Introduction	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	5
I. Données bibliographiques sur les deux acridiens	6
I.1. Systématique des deux acridiens.....	6
I.1.1. Systématique du criquet pèlerin <i>Schistocerca gregaria</i>	6
I.1.2. Systématique du criquet migrateur <i>Locusta migratoria</i>	6
I.2 Morphologie des deux acridiens	6
I.2.1. Morphologie du criquet pèlerin <i>Schistocerca gregaria</i>	6
I.2.2. Morphologie du criquet migrateur <i>Locusta migratoria</i>	9
I.3. Cycle biologique des deux acridiens.....	11
I.3.1. Cycle biologique du criquet pèlerin <i>Schistocerca gregaria</i>	11
I.3.1.1. Ponte et développement embryonnaire	13
I.3.1.2. Développement larvaire	14
I.3.1.3. Principales étapes de la vie imaginale.....	15
I.3.1.3.1. La mue imaginale	15
I.3.1.3.2. Durcissement cuticulaire	15
I.3.1.3.3. Accumulation des réserves.....	15
I.3.1.3.4. Maturation sexuelle	16
I.3.1.3.5. Accouplement.....	16
I.3.2. Cycle biologique du criquet migrateur <i>Locusta migratoria</i>	16
I.3.2.1. Ponte et développement embryonnaire	16
I.3.2.2. Développement larvaire	18
I.3.2.3. La mue imaginale	18

I.4. Polymorphisme phasaire des deux acridiens.....	19
I.4.1. Polymorphisme phasaire du criquet pèlerin <i>Schistocerca gregaria</i>	20
I.4.2. Polymorphisme phasaire du criquet migrateur <i>Locusta migratoria</i>	21
I.5. Les milieux de vie et les biotopes des deux acridiens.....	21
I.5.1. Les milieux de vie et les biotopes du criquet pèlerin <i>Schistocerca gregaria</i>	21
I.5.2. Les milieux de vie du criquet migrateur <i>Locusta migratoria</i>	22
I.6. Aires de répartition des deux acridiens	22
I.6.1. Aires de répartition du criquet pèlerin <i>Schistocerca gregaria</i>	22
I.6.2. Aires de répartition du criquet migrateur <i>Locusta migratoria</i>	23
I.7. Dégâts et importance économique des deux acridiens.....	23
I.7.1. Dégâts et importance économique du criquet pèlerin <i>Schistocerca gregaria</i>	23
I.7.2. Dégâts et importance économique du criquet migrateur <i>Locusta migratoria</i>	24
I.8. Les méthodes de lutte anti-acridienne	24
I.8.1. La lutte mécanique	24
I.8.2. La lutte écologique	25
I.8.3. La lutte chimique.....	25
I.8.4. La lutte biologique	26
I.8.4.1. Les ennemis naturels	26
I.8.4.2. Les extraits végétaux	26
I.8.4.3. Les mycopesticides	26
I.8.4.4. Les bactéries entomopathogènes.....	27
II. Données bibliographiques sur les trois produits testés.....	27
II.1. Données bibliographiques sur <i>Metarhizium anisopliae</i>	27
II.1.1. Généralités	27
II.1.2. Systématique.....	28
II.1.3. Identification	28
II.1.4. Morphologie	28
II.1.5. Mode d'infection	29

II.1.6. Isolement, culture et conservation	30
II.1.7. Formulation	31
II.2. Données bibliographiques sur le Triflumuron (T.F.M.).....	31
II.2.1. Généralités sur les dérégulateurs de croissance (IGRs ou Insect growth regulators)	31
II.2.1.1. Les analogues d'hormones juvéniles.....	31
II.2.1.2. Les inhibiteurs de la synthèse de la chitine.....	32
II.3. Données bibliographiques sur le henné: <i>Lawsonia inermis</i>	33
II.3.1. Généralités	33
II.3.2. Systématique.....	33
II.3.3. Composition chimique.....	34
II.3.4. Description.....	34
II.3.5. Habitat.....	35
II.3.6. Effets et usages médicaux.....	35
Chapitre II : Matériel et méthodes de travail	36
I. Matériel biologique.....	37
I.1. Les criquets	37
I.2. Les produits testés	39
I.2.1. Le champignon entomopathogène: <i>Metarhizium anisopliae var. acridum</i>	39
I.2.1.1. La multiplication du champignon	39
I.2.1.2. Préparation de l'inoculum	40
I.2.1.3. Comptage des spores et détermination des concentrations	40
I.2.2. Le dérégulateur de croissance: Triflumuron (T.F.M.)	42
I.2.3. L'extrait du henné: <i>Lawsonia inermis</i>	44
II. Matériel et produits utilisés	44
III. Méthodes	44
Objectif de l'étude	44
III.1. Etude de l'effet de trois produits sur la mortalité des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	45
III.1.1. Calcul du pourcentage de mortalité	46
III.1. 2. Calcul des DL50 et des TL50	46
III.2. Etude de l'effet de trois produits sur la morphologie, l'évolution pondérale, le gain du poids, le développement et l'activité alimentaire des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	47

III.2.1. Effet sur l'évolution pondérale et le gain du poids.....	47
III.2.2. Effet sur la durée du développement et la morphologie.....	48
III.2.3. Effet sur l'activité alimentaire.....	48
III.2.3.1. Effet sur la consommation journalière des larves L5.....	48
III.2.3.2. Evaluation des indices nutritionnels de consommation et d'utilisation de la nourriture.....	48
III.3. Etude de l'effet de trois produits sur le taux des protéines hémolympatiques des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et de <i>L. migratoria</i>	50
III.3.1. Dosage quantitatif des protéines.....	50
III.4. Analyse statistique.....	52
Chapitre III : Résultats	53
I. Effet de trois produits sur la mortalité des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	54
I.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur les larves L5 de <i>L. migratoria</i>	57
I. 2. Détermination des DL50 et des TL50.....	58
I.2.1. Efficacité du <i>M. anisopliae</i>	58
I.2.2. Efficacité du Triflumuron.....	60
I.2.3. Efficacité du henné.....	62
II. Effet de trois produits sur la morphologie, l'évolution pondérale, le gain du poids, le développement et l'activité alimentaire des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i> 67	
II.1. Effet sur la morphologie.....	67
II.1.1. Effet du <i>M. anisopliae</i>	67
II.1.2. Effet du Triflumuron.....	68
II.1.3. Effet du henné.....	69
II.2. Effet sur l'évolution pondérale et le gain du poids.....	70
II.2.1. Effet sur l'évolution pondérale.....	70
II.2.1.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur l'évolution pondérale des larves L5 femelles de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	73
II.2.2. Effet sur le gain du poids.....	74

II.2.2.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur le gain du poids des larves L5 femelles de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	75
II.3. Effet sur la durée de développement du stade L5 au stade imago	76
II.3.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur la durée de développement des larves L5 femelles de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	77
II.4. Effet sur l'activité alimentaire	79
II.4.1. Effet sur la consommation journalière des larves L5.....	79
II.4.1.1. Effet sur l'ingera	79
II.4.1.1.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur l'ingera des larves L5 femelles de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	82
II.4.1.2. Effet sur L'egesta.....	83
II.4.1.2.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur l'egesta des larves L5 femelles de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	86
II.4.2. Effet sur les indices nutritionnels de consommation et d'utilisation de la nourriture	87
II.4.2.1. Indice de consommation (I.C.).....	87
II.4.2.1.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur l'indice de consommation des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	88
II.4.2.2. Efficacité de conversion de la nourriture ingérée (E.C.I.%).....	89
II.4.2.2.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	90
II.4.2.3. Efficacité de conversion de la nourriture digérée (E.C.D.%)	92
II.4.2.3.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	92
II.4.2.4. Coefficient d'utilisation digestive (C.U.D.%)	94
II.4.2.4.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur le coefficient d'utilisation digestif des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	95

II.4.2.5. Indice de croissance (I.Cr.)	96
II.4.2.5.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur l'indice de croissance des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	97
III. Effet de trois produits sur le taux des protéines hémolympatiques des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	98
III.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur les protéines hémolympatiques des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	101
Chapitre IV: Discussions	103
I. Effet de trois produits sur la mortalité des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	104
II. Effet de trois produits sur la morphologie, l'évolution pondérale, le gain du poids, le développement et l'activité alimentaire des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	112
II.1. Effet sur la morphologie	112
II.2. Effet sur l'évolution pondérale et le gain du poids	115
II.3. Effet sur la durée de développement du stade L5 au stade imago	118
II.4. Effet sur l'activité alimentaire	120
II.4.1. Effet sur la consommation journalière des larves L5	120
II.4.2. Effet sur les indices nutritionnels de consommation et d'utilisation de la nourriture	123
III. Effet de trois produits sur le taux des protéines hémolympatiques des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	126
Conclusion générale	130
Références bibliographiques	135
Annexes	158
Résumés	183

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.
FAO : Food and Agriculture Organisation.
BCP : Biological Control Products.
FIDA :Fonds international de développement agricole.
IITA :Institut International d'Agriculture Tropicale.
UBV : ultra bas volume.
IGRs: Insect growth regulators
I.N.P.V. : Institut National de la Protection des Végétaux.
C : Concentration.
V : Volume.
D : Dose.
DL : Dose létale.
S : Solution mère.
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.
R : Répétition.
M : Moyenne.
Et : Ecart type.
Pr :Probabilité.
MC% : Pourcentage de mortalité corrigée.

Liste des annexes

Page

Annexe 1 : Matériel et produits utilisés.....	159
Annexe 2 : Tableaux des résultats.....	160
Tableau 1 : Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5de <i>L. migratoria</i> , traitées au <i>M. anisopliae</i> par contact.....	160
Tableau 2 : Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5de <i>L. migratoria</i> , traitées au <i>M. anisopliae</i> par ingestion.....	161
Tableau 3 : Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5de <i>L. migratoria</i> , traitées au Triflumuron par contact.....	162
Tableau 4 : Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5de <i>L. migratoria</i> , traitées au Triflumuron par ingestion.....	163
Tableau 5 : Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5de <i>L. migratoria</i> , traitées au henné par contact.....	164
Tableau 6 : Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5de <i>L. migratoria</i> , traitées au henné par ingestion.....	165
Tableau 7 : Efficacité de <i>M. anisopliae</i> vis-à-vis des L5 de <i>L. migratoria</i> par le mode contact.....	166
Tableau 8 : Efficacité de <i>M. anisopliae</i> vis-à-vis des L5 de <i>L. migratoria</i> par le mode ingestion	166
Tableau 9 : Efficacité de différentes doses de <i>M. anisopliae</i> dans le temps vis-à-vis des L5 de <i>L. migratoria</i> par le mode contact.....	166
Tableau 10 : Efficacité de différentes doses de <i>M. anisopliae</i> dans le temps vis-à-vis des L5 de <i>L. migratoria</i> par le mode ingestion.....	167
Tableau 11 : Efficacité de Triflumuron vis-à-vis des L5 de <i>L. migratoria</i> par le mode contact.	167
Tableau 12 : Efficacité de Triflumuron vis-à-vis des L5 de <i>L. migratoria</i> par le mode ingestion	167
Tableau 13 : Efficacité de différentes doses de Triflumuron dans le temps vis-à-vis des L5 de <i>L. migratoria</i> par le mode contact.....	168
Tableau 14 : Efficacité de différentes doses de Triflumuron dans le temps vis-à-vis des L5 de <i>L. migratoria</i> par le mode ingestion.....	169

Tableau 15: Efficacité de henné vis-à-vis des L5 de <i>L. migratoria</i> par le mode contact.....	169
Tableau 16: Efficacité de henné vis-à-vis des L5 de <i>L. migratoria</i> par le mode ingestion...	169
Tableau 17: Efficacité de différentes doses de henné dans le temps vis-à-vis des L5 de <i>L. migratoria</i> par le mode contact.....	170
Tableau 18: Efficacité de différentes doses de henné dans le temps vis-à-vis des L5 de <i>L. migratoria</i> par le mode ingestion.....	171
Tableau 19 : L'évolution pondérale moyenne (g) des larves L5 de <i>S. gregaria</i> traitées aux trois produits par contact.....	171
Tableau 20 : L'évolution pondérale moyenne (g) des larves L5 de <i>L. migratoria</i> traitées aux trois produits par contact.....	172
Tableau 21 : Gain du poids moyen (g) chez les larves L5 de <i>S. gregaria</i> traitées aux trois produits par contact.....	172
Tableau 22 : Gain du poids moyen (g) chez les larves L5 de <i>L. migratoria</i> traitées aux trois produits par contact.....	173
Tableau 23: Durée moyenne de développement en jour des larves L5 de <i>S. gregaria</i> traitées aux trois produits par contact.....	173
Tableau 24: Durée moyenne de développement en jour des larves L5 de <i>L. migratoria</i> traitées aux trois produits par contact.....	174
Tableau 25 : L'ingera moyen (g) des larves L5 de <i>S. gregaria</i> traitées aux trois produits par contact.....	174
Tableau 26 : L'ingera moyen (g) des larves L5 de <i>L. migratoria</i> traitées aux trois produits par contact.....	175
Tableau 27 : L'egesta moyen (g) des larves L5 de <i>S. gregaria</i> traitées aux trois produits par contact.....	175
Tableau 28 : L'egesta moyen (g) des larves L5 de <i>L. migratoria</i> traitées aux trois produits par contact.....	176
Tableau 29 : L'indice de consommation des larves L5 de <i>S. gregaria</i> traitées aux trois produits par contact.....	176
Tableau 30 : L'indice de consommation des larves L5 de <i>L. migratoria</i> traitées aux trois produits par contact.....	177

Tableau 31 : L'efficacité de conversion de la nourriture ingérée (%) par les larves L5 de <i>S. gregaria</i> traitées aux trois produits par contact.....	177
Tableau 32 : L'efficacité de conversion de la nourriture ingérée (%) par les larves L5 de <i>L. migratoria</i> traitées aux trois produits par contact.....	178
Tableau 33 : L'efficacité de conversion de la nourriture digérée (%) par les larves L5 de <i>S. gregaria</i> traitées aux trois produits par contact.....	178
Tableau 34 : L'efficacité de conversion de la nourriture digérée (%) par les larves L5 de <i>L. migratoria</i> traitées aux trois produits par contact.....	179
Tableau 35 : Le coefficient d'utilisation digestif (%) des larves des larves L5 de <i>S. gregaria</i> traitées aux trois produits par contact.....	179
Tableau 36 : Le coefficient d'utilisation digestif (%) des larves des larves L5 de <i>L. migratoria</i> traitées aux trois produits par contact.....	180
Tableau 37 : L'indice de croissance des larves L5 de <i>S. gregaria</i> traitées aux trois produits par contact.....	180
Tableau 38 : L'indice de croissance des larves L5 de <i>L. migratoria</i> traitées aux trois produits par contact.....	181
Tableau 39 : Concentrations de BSA en µg/µl et les absorbances correspondantes.....	181
Tableau 40 : La concentration des protéines hémolympatiques (µg/µl) des larves L5 de <i>S. gregaria</i> traitées aux trois biopesticides par contact au 4 ^{ème} et au 8 ^{ème} jour.....	182
Tableau 41 : La concentration des protéines hémolympatiques (µg/µl) des larves L5 de <i>L. migratoria</i> traitées aux trois biopesticides par contact au 4 ^{ème} et au 8 ^{ème} jour.....	182

Liste des figures

Page

Fig.1 : Adultes grégaires de <i>Schistocerca gregaria</i>	7
--	---

Fig.2 : Oothèque de Criquet pèlerin.....	8
Fig.3: Adultes grégaire de <i>Locusta migratoria</i>	10
Fig.4: Oothèque de <i>Locusta migratoria</i>	11
Fig. 5 : Cycle biologique de <i>Schistocerca gregaria</i> (Forskål, 1775)	12
Fig.6: Larve L5 de <i>Schistocerca gregaria</i>	15
Fig. 7 : Cycle biologique de <i>Locusta migratoria</i>	17
Fig.8: Larve L5 de <i>Locusta migratoria</i>	18
Fig.9 : femelle de <i>L. migratoria</i> infectée par <i>M. anisopliae</i> var <i>acridum</i>	28
Fig. 10: Spores du <i>Metarhizium anisopliae</i> var <i>acridum</i>	29
Fig. 11: La molécule Lawsonsone contenue dans le henné	34
Fig.12 : Cages utilisées pour l'élevage des adultes	38
Fig.13 : Cages utilisées pour l'élevage des larves; L1, L2, L3, L4.....	38
Fig.14 : Cage utilisée pour l'élevage des L5 et des imagos.....	38
Fig. 15: Souche fongique de <i>M. anisopliae</i> var. <i>acridum</i>	40
Fig. 16 : Cellule de Neubauer.....	41
Fig. 17 : Cages utilisées pour le traitement.....	46
Fig.18: Pourcentage des mortalités journalières cumulées des larves L5 de <i>L. migratoria</i> , traitées aux trois produits par contact à la dose D1	55
Fig.19: Pourcentage des mortalités journalières cumulées des larves L5 de <i>L. migratoria</i> , traitées aux trois produits par ingestion à la dose D1	55
Fig.20: Pourcentage des mortalités journalières cumulées des larves L5 de <i>L. migratoria</i> , traitées aux trois produits par contact à la dose D2.....	55
Fig.21: Pourcentage des mortalités journalières cumulées des larves L5 de <i>L. migratoria</i> , traitées aux trois produits par ingestion à la dose D2.....	56
Fig.22: Pourcentage des mortalités journalières cumulées des larves L5 de <i>L. migratoria</i> , traitées aux trois produits par contact à la dose D3.....	56
Fig.23: Pourcentage des mortalités journalières cumulées des larves L5 de <i>L. migratoria</i> , traitées aux trois produits par ingestion à la dose D3.....	56
Fig.24: Efficacité de <i>M. anisopliae</i> vis-à-vis des L5 de <i>L. migratoria</i> par le mode contact....	58
Fig.25: Efficacité de différentes doses de <i>M. anisopliae</i> dans le temps vis-à-vis des L5 de <i>L. migratoria</i> par le mode contact.....	59
Fig.26: Efficacité de différentes doses de <i>M. anisopliae</i> dans le temps vis-à-vis des L5 de <i>L. migratoria</i> par le mode ingestion.....	60
Fig.27: Efficacité de Triflumuron vis-à-vis des L5 de <i>L. migratoria</i> par le mode contact.....	61

Fig.28: Efficacité de traitement par contact de Triflumuron sur les larves L5 de <i>L. migratoria</i> à la dose D1=0.41 ml/l dans le temps.....	61
Fig.29: Efficacité de différentes doses de Triflumuron dans le temps vis-à-vis des L5 de <i>L. migratoria</i> par le mode ingestion.....	62
Fig.30: Efficacité de henné vis-à-vis des L5 de <i>L. migratoria</i> par le mode contact.....	63
Fig.31: Efficacité de différentes doses de henné dans le temps vis-à-vis des L5 de <i>L. migratoria</i> par le mode contact.....	63
Fig.32: Efficacité de différentes doses de henné dans le temps vis-à-vis des L5 de <i>L. migratoria</i> par le mode ingestion.....	64
Fig.33 : Larve L5 de <i>S. gregaria</i> rougeâtre après le traitement par <i>M. anisopliae</i>	67
Fig.34 : Larve L5 de <i>L. migratoria</i> rougeâtre après le traitement par <i>M. anisopliae</i>	67
Fig.35 : Momification d'une larve L5 de <i>S. gregaria</i> traitée par <i>M. anisopliae</i>	68
Fig.36 : Momification d'une larve L5 de <i>L. migratoria</i> traitée par <i>M. anisopliae</i>	68
Fig.37: Larves L5 traitées au Triflumuron.....	69
Fig.38: Larves L5 traitées au henné.....	69
Fig.39 : L'évolution pondérale des larves L5 de <i>S. gregaria</i> traitées aux trois produits par contact	71
Fig.40 : L'évolution pondérale des larves L5 de <i>L. migratoria</i> traitées aux trois produits par contact.....	71
Fig.41 : L'évolution pondérale des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i> traitées au <i>M. anisopliae</i> par contact.....	71
Fig.42 : L'évolution pondérale des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i> traitées au Triflumuron par contact.....	72
Fig.43 : L'évolution pondérale des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i> traitées au henné par contact.....	72
Fig.44 : L'évolution pondérale des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i> traitées à l'eau distillée par contact.....	72
Fig.45 : Gain du poids chez les larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i> traitées aux trois produits par contact.....	75
Fig.46 : Durée moyenne du passage de L5 à l'imago de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i> sous l'effet des trois produits par contact	77
Fig.47 : L'évolution pondérale des ingérées larves L5 de <i>S. gregaria</i> traitées aux trois produits par contact.....	80

Fig.48: L'évolution pondérale des ingerades larves L5 de <i>L. migratoria</i> traitées aux trois produits par contact.....	80
Fig.49 : L'évolution pondérale des ingerades larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i> traitées au <i>M. anisopliae</i> par contact.....	80
Fig.50: L'évolution pondérale des ingerades larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i> traitées au Triflumuron par contact.....	81
Fig.51 : L'évolution pondérale des ingerades larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i> traitées au henné par contact.....	81
Fig.52 : L'évolution pondérale des ingerades larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i> traitées à l'eau distillée par contact.....	81
Fig.53 : L'évolution pondérale des egesta des larves L5 de <i>S. gregaria</i> traitées aux trois produits par contact.....	84
Fig.54 : L'évolution pondérale des egesta des larves L5 de <i>L. migratoria</i> traitées aux trois produits par contact.....	84
Fig.55 : L'évolution pondérale des egestades larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i> traitées au <i>M. anisopliae</i> par contact.....	84
Fig.56 : L'évolution pondérale des egestades larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i> traitées au Triflumuron par contact.....	85
Fig.57 : L'évolution pondérale des egestades larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i> traitées au henné par contact.....	85
Fig.58 : L'évolution pondérale des egestades larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i> traitées à l'eau distillée par contact.....	85
Fig.59: L'indice de consommation des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i> traitées aux trois produits par contact.....	88
Fig.60: L'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i> traitées aux trois produits par contact.....	90
Fig.61 : L'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i> traitées aux trois produits par contact.....	92
Fig.62 : Le coefficient d'utilisation digestif des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i> traitées aux trois produits par contact.....	94
Fig.63 : L'indice de croissance des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i> traitées aux trois produits par contact.....	97

Fig. 64 : Courbe de référence exprimant les absorbances à 595 nm en fonction des
 Concentration de BSA en $\mu\text{g}/\mu\text{l}$99

Fig.65 : La concentration des protéines hémolympatiquesdes larves L5de*S. gregaria*et
*L. migratoria*traitées aux trois produits par contactau 4^{ème}jour.....100

Fig.66 : La concentration des protéines hémolympatiquesdes larves L5de *S. gregaria*et
*L. migratoria*traitées aux trois produi

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les doses utilisées pour les trois produits.....	45
Tableau 2 : La préparation des solutions de la gamme étalon et les échantillons.....	51
Tableau 3 : Effet de traitement par contact de <i>M. anisopliae</i> sur les L5 de <i>L. migratoria</i>	57
Tableau 4 : Effet de traitement par ingestion de <i>M. anisopliae</i> sur les L5 de <i>L. migratoria</i>	57
Tableau 5 : Effet de traitement par contact de Triflumuron sur les L5 de <i>L. migratoria</i>	57
Tableau 6 : Effet de traitement par ingestion de Triflumuron sur les L5 de <i>L. migratoria</i>	57
Tableau 7 : Effet de traitement par contact de henné sur les L5 de <i>L. migratoria</i>	57
Tableau 8 : Effet de traitement par ingestion de henné sur les L5 de <i>L. migratoria</i>	57
Tableau 9 : Equations des droites de régression, coefficients de régressions et les valeurs de DL50 évaluées pour chaque produit utilisé par contact contre les larves L5 de <i>L. migratoria</i>	65
Tableau 10 : Equations des droites de régression, coefficients de régressions et les valeurs de TL50 évaluées pour chaque produit utilisé par contact contre les larves L5 de <i>L. migratoria</i>	65
Tableau 11 : Equations des droites de régression, coefficients de régressions et les valeurs de TL50 évaluées pour chaque produit utilisé par ingestion contre les larves L5 de <i>L. migratoria</i>	66
Tableau 12 : Effet de traitement par contact des trois produits sur l'évolution pondérale des larves L5 de <i>S. gregaria</i>	73
Tableau 13 : Effet de traitement par contact des trois produits sur l'évolution pondérale des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	73
Tableau 14 : Effet de traitement par contact de <i>M. anisopliae</i> sur l'évolution pondérale des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	73
Tableau 15 : Effet de traitement par contact de Triflumuron sur l'évolution pondérale des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	73
Tableau 16 : Effet de traitement par contact de henné sur l'évolution pondérale des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	73
Tableau 17 : Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur l'évolution pondérale des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	74
Tableau 18 : Effet de traitement par contact des trois produits sur le gain du poids des larves L5 de <i>S. gregaria</i>	75
Tableau 19 : Effet de traitement par contact des trois produits sur le gain du poids des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	75

Tableau 20: Effet de traitement par contact de <i>M. anisopliae</i> sur le gain du poids des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	75
Tableau 21: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur le gain du poids des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	76
Tableau 22: Effet de traitement par contact de henné sur le gain du poids des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	76
Tableau 23: Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur le gain du poids des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	76
Tableau 24: Effet de traitement par contact des trois produits sur la durée de développement des témoins et l'espérance de vie des traitées vis-à-visles larves L5 de <i>S. gregaria</i>	77
Tableau 25: Effet de traitement par contact des trois produits sur la durée de développement des témoins et l'espérance de vie des traitées vis-à-visles larves L5 de <i>L. migratoria</i>	78
Tableau 26: Effet de traitement par contact de <i>M. anisopliae</i> sur l'espérance de vie des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	78
Tableau 27: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur l'espérance de vie des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	78
Tableau 28: Effet de traitement par contact de henné sur l'espérance de vie des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	78
Tableau 29: Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur la durée de développement des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	78
Tableau 30: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'ingera des larves L5 de <i>S. gregaria</i>	82
Tableau 31: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'ingera des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	82
Tableau 32: Effet de traitement par contact de <i>M. anisopliae</i> sur l'ingera des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	82
Tableau 33: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur l'ingera des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	82
Tableau 34: Effet de traitement par contact de henné sur l'ingera des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	82
Tableau 35: Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur l'ingera des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	83
Tableau 36: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'egesta des larves L5 de <i>S. gregaria</i>	86

Tableau 37: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'egesta des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	86
Tableau 38: Effet de traitement par contact de <i>M. anisopliae</i> sur l'egesta des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	86
Tableau 39: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur l'egesta des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	86
Tableau 40: Effet de traitement par contact de henné sur l'egesta des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	86
Tableau 41 : Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur l'egesta des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	87
Tableau 42: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'indice de consommation des larves L5 de <i>S. gregaria</i>	88
Tableau 43: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'indice de consommation des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	88
Tableau 44: Effet de traitement par contact de <i>M. anisopliae</i> sur l'indice de consommation des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	88
Tableau 45: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur l'indice de consommation des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	89
Tableau 46: Effet de traitement par contact de henné sur l'indice de consommation des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	89
Tableau 47: Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur l'indice de consommation des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	89
Tableau 48: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de <i>S. gregaria</i>	90
Tableau 49: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de <i>L. migratoria</i>	91
Tableau 50: Effet de traitement par contact de <i>M. anisopliae</i> sur l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	91
Tableau 51: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	91
Tableau 52: Effet de traitement par contact de henné sur l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	91
Tableau 53: Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	91

Tableau 54: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de <i>S. gregaria</i>	93
Tableau 55: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de <i>L. migratoria</i>	93
Tableau 56: Effet de traitement par contact de <i>M. anisopliae</i> sur l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	93
Tableau 57: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	93
Tableau 58: Effet de traitement par contact de henné sur l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	93
Tableau 59: Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	93
Tableau 60: Effet de traitement par contact des trois produits sur lecoefficient d'utilisation digestif des larves L5 de <i>S. gregaria</i>	95
Tableau 61: Effet de traitement par contact des trois produits sur lecoefficient d'utilisation digestif des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	95
Tableau 62: Effet de traitement par contact de <i>M. anisopliae</i> sur lecoefficient d'utilisation digestifdes larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	95
Tableau 63: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur lecoefficient d'utilisation digestifdes larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	95
Tableau 64: Effet de traitement par contact de henné sur lecoefficient d'utilisation digestifdes larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	95
Tableau 65: Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur lecoefficient d'utilisation digestifdes larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	96
Tableau 66: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'indice de croissance des larves L5 de <i>S. gregaria</i>	97
Tableau 67: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'indice de croissance des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	97
Tableau 68: Effet de traitement par contact de <i>M. anisopliae</i> sur l'indice de croissancedes larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	98
Tableau 69: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur l'indice de croissancedes larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	98
Tableau 70: Effet de traitement par contact de henné sur l'indice de croissancedes larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	98

Tableau 71: Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur l'indice de croissance des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	98
Tableau 72: Effet de traitement par contact des trois produits sur la concentration des protéines hémolymphatiques des larves L5 de <i>S. gregaria</i>	101
Tableau 73: Effet de traitement par contact des trois produits sur la concentration des protéines hémolymphatiques des larves L5 de <i>L. migratoria</i>	101
Tableau 74: Effet de traitement par contact de <i>M. anisopliae</i> sur la concentration des protéines hémolymphatiques des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	101
Tableau 75: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur la concentration des protéines hémolymphatiques des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	101
Tableau 76: Effet de traitement par contact de henné sur la concentration des protéines hémolymphatiques des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	101
Tableau 77: Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur la concentration des protéines hémolymphatiques des larves L5 de <i>S. gregaria</i> et <i>L. migratoria</i>	102

Introduction générale

Introduction générale

Les insectes, qu'ils soient bénéfiques ou nuisibles, jouent un rôle prédominant dans nos environnements agricoles en tant qu'ingénieur du sol, décomposeur de la matière organique, pollinisateur, ravageur ou agent de lutte biologique.

Le fléau acridien en Algérie est représenté par la prolifération de deux ravageurs de la famille des Acrididae ;le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* et le criquet migrateur *Locusta migratoria*. Ces deux espèces acridiennes ont une importance économique capitale par l'ampleur des dégâts qu'elles peuvent occasionner aux cultures des zones arides.

Le Criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775), est le principal criquet ravageur pour de nombreux pays d'Afrique et du Proche et du Moyen-Orient. Depuis des siècles, les invasions se sont succédées à un rythme élevé. Depuis une quarantaine d'années elles se font plus rares. Cette situation résulte largement d'une meilleure connaissance du problème associée à l'apparition de nouveaux moyens de surveillance et de lutte. La stratégie de prévention actuellement conduite par les pays repose sur la connaissance des foyers de grégarisation. C'est là que se forment les premiers rassemblements (bandes larvaires et essaims) qu'il convient d'éliminer précocement avant qu'ils ne se disséminent et ne soient à l'origine d'une invasion. Une connaissance précise de la localisation et du fonctionnement de ces foyers de grégarisation, pour la plupart situés en zones désertiques, est indispensable (OULD BABAHA *et al.*, 2005).

Le criquet migrateur *Locusta migratoria* est l'acridien qui a la plasticité écologique et l'extension géographique les plus grandes (LAUNOIS-LUONG et LECOQ, 1993). La mise en valeur des terres et l'extension des zones céréalières cultivées dans le sud algérien, notamment par la mise en place des systèmes d'irrigation en pivot a incité *L. migratoria* à pulluler d'une façon rapide et inquiétante, puisqu'elle retrouve dans ces périmètres irrigués un biotope favorable à sa reproduction (OULD- EL HADJ, 2000).

La plupart des opérations antiacridiennes réalisées au cours des quarantes dernières années ont été effectuées à l'aide d'insecticides chimiques conventionnels (organo-chlorés, organo-phosphorés, carbamates et pyréthrinoïdes). Ces insecticides agissent par contact direct (les gouttelettes tombant sur les criquets), par contact secondaire (les criquets entrant en contact avec les gouttelettes déposées sur la végétation) ou par ingestion (les criquets ingérant la végétation traitée). Les insecticides sont généralement neurotoxiques, c'est-à-dire qu'ils tuent les criquets en agissant sur son système nerveux. Il existe cependant de nouveaux produits chimiques et biologiques présentant des avantages tels qu'un impact plus faible sur l'environnement, un risque moins important pour les opérateurs et une plus grande efficacité

logistique, c'est-à-dire que de grandes superficies peuvent être traitées en peu de temps (DOBSON, 2001).

Il faut noter qu'à partir des années 80, l'utilisation des régulateurs de croissance (IGR) est commencée. Ces produits organiques de synthèse, de la famille des benzoyles urées (téflubenzuron, triflumuron, diflubenzuron, etc.), inhibent, chez les insectes, le processus d'élaboration de la chitine, principale composante de la cuticule ou leur carapace. Ils agissent essentiellement par ingestion et tuent les larves au moment de la mue. La stratégie actuelle est centrée sur la mise au point de produits et méthodes biologiques de remplacement à risque réduit permettant de combattre les sauterelles de manière efficace, sûre et durable. L'objectif principal est de contrôler ces orthoptères là où ils sévissent et dont l'impact économique est préjudiciable à l'agriculture. La mise en place de la lutte biologique contre les criquets ou sauterelles dans le monde est plutôt orientée vers l'utilisation des micro-organismes entomopathogènes et les nématodes. Toutefois, la préservation de la biodiversité pour certaines espèces d'orthoptères est un paramètre important dans la régulation des explosions de populations au cours du temps (MILLE *et al.*, 2014).

Depuis l'interdiction de l'usage des pesticides persistants, les chercheurs s'emploient à trouver des substances moins dangereuses pour l'environnement. Ces nouveaux agents potentiels de la lutte antiacridienne sont les dérégulateurs de croissance, les biocides végétaux et les agents pathogènes. En raison des avantages qu'ils présentent sur le plan de la rémanence et de la sécurité, les IGRs devraient bénéficier d'un regain d'intérêt pour les applications en barrière contre les bandes larvaires. Les biocides végétaux ou les agents pathogènes tels que *Metarhizium flavoviride* pourraient être utilisés en pulvérisation contre les locustes adultes. La pulvérisation UBV en dérive continuera à être la technique la plus employée étant donné que la plupart des nouveaux agents sont disponibles dans des formulations huileuses. De plus, des produits à base de virus entomopathogènes, de champignons, de nématodes et de protozoaires sont de plus en plus utilisés dans la lutte contre les ravageurs. Tous ces biopesticides sont considérés non dangereux et la plupart d'entre eux sont acceptables de point de vue environnemental (MEINZINGEN, 1997).

Sur le plan national et international beaucoup de travaux ont étudié l'objet d'étudier les différents moyens de lutte utilisés contre les acridiens soit les biologiques ou les chimiques. Parmi les travaux qui ont étudié les champignons, citons ceux de KANE *et al.*, (2007), PENG *et al.*, (2008), MILAT-BISSAAD *et al.*, (2011a ; 2011b), OULD ETHEIMINE *et al.*, (2013). Les extraits végétaux ont été notamment étudiés par OULD EL HADJ *et al.* (2003; 2005;

2006), KEMASSI *et al.*, (2010, 2011a ; 2011b ; 2013 ; 2014),MANSOUR *et al.*, (2015). Concernant la lutte chimique, il y a les travaux de HALOUANE *et al.*, (2001b, 2001c),TIRCHI et MOHOUCHE (2008),BAKR *et al.*, (2009). C'est dans ce contexte que nous avons pensé à étudier trois produits appartenant à trois catégories différentes, un champignon *Metarhizium anisopliae varacridum*, un dérégulateur de croissance le Triflumuron (T.F.M.) et un extrait de plante le henné *Lawsonia inermis*.Le but est de les tester sur les larves L5 de *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria*, en tenant compte de leurs effets sur la morphologie, l'évolution pondérale, le gain du poids, le développement, l'activité alimentaire et les protéines hémolympatiques, ainsi que leur action sur la mortalité des larves L5 de *Locusta migratoria*.

Le présent travail comprend quatre chapitres. Le premier est consacré aux données bibliographiques sur les deux acridiens *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria* et les trois produits testés, *M. anisopliae var acridum*, Triflumuron (T.F.M.) et le henné *L. inermis*. Le second portera sur le matériel et les méthodes de travail utilisées. Le troisième chapitre comprend les résultats obtenus. Enfin le quatrième chapitre engendre les discussions des résultats trouvés suivant les paramètres étudiés. Une conclusion et des perspectives clôturent ce travail.

Chapitre I Synthèse bibliographique

I. Données bibliographiques sur les deux acridiens

I.1. Systématique des deux acridiens

I.1.1. Systématique du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*

Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) est communément appelé criquet pèlerin ou criquet du désert (Desert locust en anglais). Ses ravages s'étendent à la majorité des pays arides et semi-arides de la côte ouest de l'Afrique à l'Inde (DURANTON *et al.*, 1982).

Selon CHOPARD (1943); DIRSH (1975) et LOUVEAUX et BEN-HALIMA (1987) le criquet pèlerin est classé selon la nomenclature suivante :

- Ordre : Orthoptera
- Sous-ordre : Caelifera
- Super-famille : Acridoidea
- Famille : Acrididae
- Sous-famille : Cyrtacanthacridinae
- Genre : *Schistocerca*
- Espèce : *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)

I.1.2. Systématique du criquet migrateur *Locusta migratoria*

Le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758)(Migratory locust en anglais) a une très grande extension géographique. De nombreuses sous espèces au statut plus au moins net ont été décrites principalement en Afrique, à Madagascar, en Asie orientale, en Australie et en régions méditerranéennes (DURANTON *et al.*, 1982).

Selon LOUVEAUX et BEN-HALIMA (1987), le criquet migrateur est classé selon la nomenclature suivante :

- Ordre : Orthoptera
- Sous-ordre : Caelifera
- Super-famille : Acridoidea
- Famille : Acrididae
- Sous-famille : Oedipodinae
- Genre : *Locusta*
- Espèce : *Locusta migratoria* (Linné, 1758)

I.2 Morphologie des deux acridiens

I.2.1. Morphologie du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*

Le criquet pèlerin est un acridien de grande taille. Les femelles mesurent de 70 à 90 mm de long (fig. 1a), les mâles de 60 à 75 mm (fig. 1b). Les antennes sont filiformes. Le pronotum est comprimé dans la prozone et son bord postérieur est anguleux. Le tubercule prosternal est arrondi, mince, à apex émoussé, légèrement incliné vers l'arrière. Les élytres comme les ailes sont longs, dépassant nettement l'extrémité abdominale et les genoux postérieurs. Les yeux sont striés. Les élytres sont maculés de taches brunes. Les tibias postérieurs sont de la teinte générale du corps (DURANTON et LECOQ, 1990).



a :Femelle

Gr. X 1



b :Mâle

Gr. X 1

Fig.1:Adultes grégaires de *Schistocerca gregaria*(Forskål, 1775) *Original*

D'après LECOQ (1988), le criquet pèlerin est une espèce de locuste qui peut exister en phase solitaire ou en phase grégaire. La teinte générale des individus solitaires est brune ou plus ou moins grisâtre. On note un léger jaunissement des individus mâles en période de maturité sexuelle. Les individus grégaires immatures sont de teinte rosâtre, alors que les individus sexuellement mûrs sont jaune vif (couleur particulièrement accentuée chez les mâles).

Les œufs de criquet pèlerin sont déposés dans le sol sous la forme d'une oothèque (DURANTON et LECOQ, 1990).

Selon POPOV et *al.* (1990), l'oothèque de criquet pèlerin est grande, sans paroi consolidée. Les pontes des solitaires et des grégaires ont la même taille et la même forme générale. La principale différence réside dans le nombre et la taille des œufs, ceux produits par les solitaires étant plus petits et plus nombreux que ceux produits par les grégaires. La longueur totale de l'oothèque est de 9 à 10,5 cm, sa largeur est de 7 à 9 mm. Sa paroi est une grappe ovigère nue, sans matière spumeuse.

D'après DE GREGORIO (1996), l'oothèque de Criquet pèlerin est composée :

- D'une partie apicale (ou supérieure) le bouchon spumeux (substance blanchâtre et molle qui assure la protection thermique de l'œuf et facilite la sortie des larves écloses)(fig. 2a).
- D'une partie basale (ou inférieure) la masse ovigère (ensemble des œufs, il est à noter l'agencement particulier des œufs, en "régime des bananes" (fig. 2b).



a:La matière spumeuse

G : x 6



b:La masse ovigère

G : x 6

Fig.2 : Oothèque de Criquet pèlerin.

(*OUTTAR, 2006*)

La longueur du

bouchon spumeux varie de 2,5 à 5,5 cm, la couleur est blanchâtre et la structure fragile. La longueur de la grappe ovigère est de 4,5 à 6 cm (DURANTON et LECOQ, 1990).

L'œuf de criquet pèlerin a une orientation radiale avec un nombre de 60 à 80 chez les grégaires; 110 à 140 chez les solitaires. Sa couleur est jaune beige et la taille comprise entre 7 et 8 mm (POPOV *et al.*, 1990).

L'enveloppe externe de l'œuf s'appelle le chorion et l'intérieur de l'œuf est rempli de vitellus jaune qui constitue des réserves assimilables par l'embryon. (DURANTON et LECOQ, 1990).

I.2.2. Morphologie du criquet migrateur *Locusta migratoria*

Le criquet migrateur est un acridien relativement petit par rapport au criquet pèlerin, il présente une taille comprise entre 54 à 72 mm chez les femelles (fig. 3a) et de 42 à 55 mm chez les mâles (fig. 3b). Il se caractérise par des antennes longues et fines ; un corps vert chez les adultes solitaires et uniformément jaune et noir avec un pronotum selliforme chez les grégaires (DURANTON *et al.*, 1987).

Selon BONNEMAISON (1961), *L. 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. Le pronotum chez la forme solitaire est long et présente une carène médiane convexe et forme un angle aigu à l'arrière. Ce dernier est court et arrondi à la partie postérieure, il présente une carène médiane concave ou droite chez la forme grégaire.

CHOPARD (1943), ajoute que l'abdomen de cet acridien est de couleur brun jaunâtre. Les élytres dépassent l'extrémité abdominale dans les deux sexes, sont ornés de nombreuses petites taches brunes disposées en zone transversale. Les ailes sont transparentes avec des nervures noires légèrement enfumées vers l'apex.

D'après LECOQ (1988), les individus de la phase solitaire présentent un dimorphisme sexuel accentué et un polychromatisme vert/brun. Dans la phase grégaire les mâles et les femelles sont de tailles sensiblement identiques avec un seul type pigmentaire brun-jaunâtre maculé de noir.

Selon MASSON (1989), les larves grégaires de *L. migratoria* sont de couleur grise au début de développement qui devient foncée par la suite, orange et même noire en fin de développement larvaire

Les larves de la phase solitaire ont une pigmentation uniforme, le plus souvent colorée en vert ou en brun selon l'humidité et la couleur générale de l'environnement (DURANTON *et al.*, 1982).



a:Femelle

Gr. X 1



b:mâle

Gr. X 1

Fig.3: Adultes grégaires de *Locusta migratoria*(Linné, 1758)

Selon POPOV *etal.* (1990), l'œuf de cet acridien a une couleur brun clair et une taille qui varie de 5,5 à 7,1 mm. Les œufs sont disposés dans le sol de manière bilatérale sous forme d'oothèque (fig.4). La masse ovigère constituée d'œufs et de l'oothèque est surmontée d'un bouchon de matière spumeuse. La longueur du bouchon spumeux est de 1,5 à 5 cm, la couleur est blanchâtre ou brun clair et la structure est spongieuse. La longueur de la grappe ovigère est de 2,5 à 3,5 cm. L'oothèque de *L. migratoria* est grande, longue légèrement courbe et enrobée (OUTTAR, 2009)

dans la matière spumeuse, avec une longueur totale qui varie entre 6 à 8,6 cm, et une largeur de 7 à 9 mm.

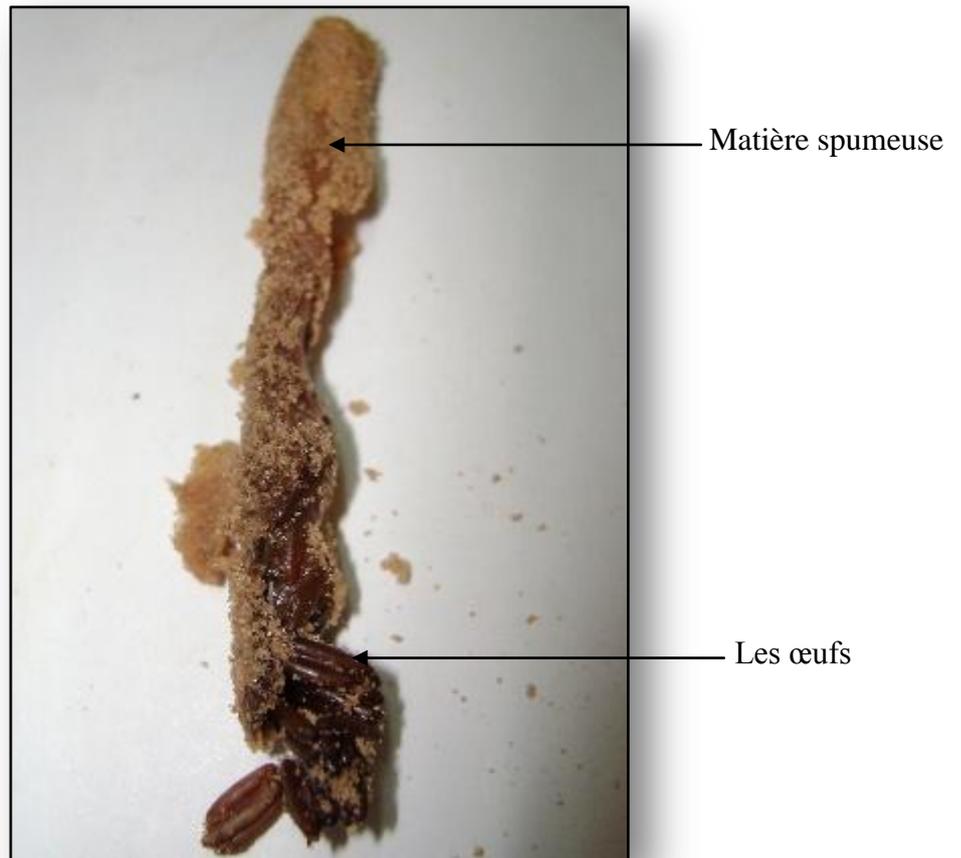


Fig.4: Oothèque de *Locusta migratoria*

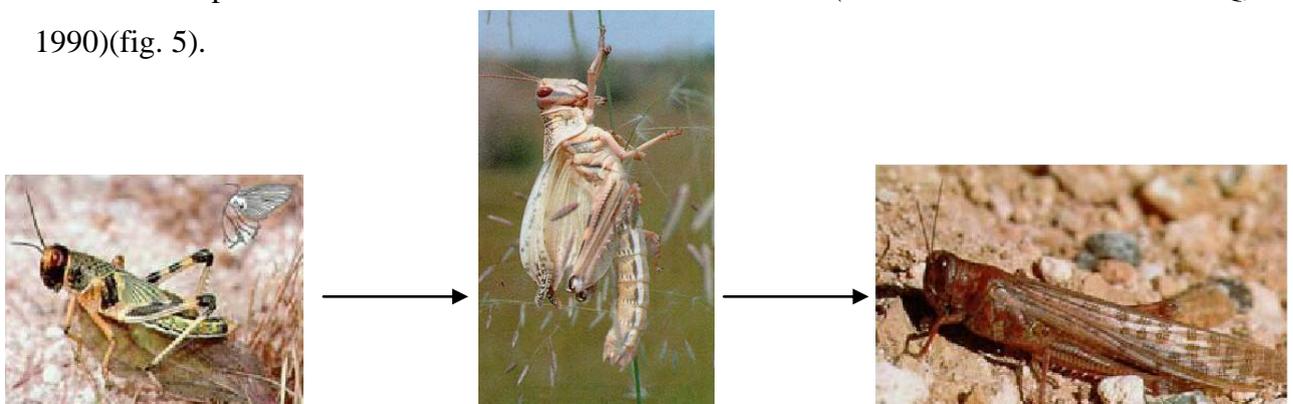
Gr. X 1

(OUTTAR, 2009)

I.3. Cycle biologique des deux acridiens

I.3.1. Cycle biologique du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*

Le nombre annuel de générations varie entre 2 et 3 selon les conditions écologiques. L'une des caractéristiques importantes du Criquet pèlerin est la possibilité de quiescence à l'état imaginal dans le cas où l'acridien rencontre des conditions écologiques défavorables. Chez les grégaires, il existe une grande synchronisation dans le développement des populations. En un site donné, un ou deux stades biologiques seulement sont observés simultanément. Au contraire, chez les populations solitaires, des individus de tous états biologiques (œufs, larves, ailés) et de tous stades de développement peuvent être observés en même temps au même endroit (DURANTON et LECOQ, 1990)(fig. 5).



4^{ème} mue

3^{ème} mue



2^{ème} mue

1^{ère} mue

Fig. 5 : Cycle biologique de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)
(Selon DURANTON et LECOQ, 1990 ; DE GREGORIO, 1996 ; SYMMONS et
CRESSMAN, 2001 modifié parOUTTAR, 2006)

I.3.1.1. Ponte et développement embryonnaire

Au moment de la ponte, la femelle recherche un endroit propice pour déposer ses œufs. Plusieurs essais peuvent être réalisés jusqu'à la découverte du site favorable. La femelle fore alors le trou de ponte définitif grâce à son oviscapte situé dans la partie terminale de l'abdomen. Pendant le forage l'abdomen de la femelle peut s'allonger jusqu'au double de sa taille normale (DE GREGORIO, 1996).

Les œufs sont généralement pondus dans des zones de sol sablonneux dépourvu de végétation. En général, la femelle ne pond que si le sol est humide à une profondeur de 5 à 10cm. Dans les sols sablonneux meubles, il a été signalé que des femelles ne pondaient que si l'humidité se rencontrait à une profondeur de plus de 12cm. Avant de pondre, la femelle sonde souvent le sol en y insérant l'extrémité de son abdomen pour déterminer si l'humidité est suffisante. La femelle pond les œufs sous forme d'une masse ovigère appelée oothèque. Le nombre d'oothèques pondues par une femelle dépend du temps que celle-ci met à développer chaque oothèque et de sa propre longévité. Sur le terrain, l'intervalle entre chaque ponte est d'environ 10 jours. Une moyenne de deux oothèques par femelle est la norme. A cause de la mortalité naturelle, les œufs pondus par une femelle n'éclosent pas tous et les larves qui éclosent n'atteignent pas toutes le stade adulte (SYMMONS et CRESSMAN, 2001).

La ponte a lieu généralement le jour parfois la nuit et dure une heure et plus (POPOV *et al.*, 1990).

Souvent le mâle, reste agrippé à la femelle pendant la période de la ponte. Les œufs sont déposés au fond du trou de ponte qui sera bouché par une substance spumeuse blanchâtre. La femelle se retire alors du trou de ponte. L'ensemble de ces opérations dure une heure trente à deux heures. Les œufs, déposés au fond du trou de ponte, sont contenus dans une oothèque. Sur l'oviscapte encore agité de la femelle il reste encore de la substance spumeuse. Celle-ci comble le trou de ponte et sert de protection thermique et hydrique. C'est aussi la voie d'accès vers l'air libre pour les larves qui vont éclore (DE GREGORIO, 1996).

Selon DURANTON et LECOQ (1990), les œufs doivent absorber environ leur propre poids d'eau dans les cinq premiers jours après la ponte; cela est suffisant pour leur permettre de se développer correctement. S'ils ne peuvent pas absorber cette quantité d'eau, ils n'éclosent pas. Cependant, même s'il n'y a pas assez d'eau dans le sol dans les premiers jours suivant la ponte, ils peuvent attendre quelques temps et terminer leur développement si une pluie survient.

La période d'incubation varie selon les conditions écologiques et climatiques, d'où plusieurs auteurs ont montré cette différence. La durée d'incubation des œufs du criquet pèlerin est en moyenne de l'ordre de 13 jours (DURANTON et LECOQ, 1990), ou de 10 jours

(POPOV c.p. in DURANTON et LECOQ, 1990). D'après LAUNOIS-LUONG et LECOQ (1989), la période d'incubation dure une dizaine de jours mais elle peut aller à 80 jours en conditions défavorables. Elle peut aller à environ 50 jours (DE GREGORIO, 1996), à 9 jours (PEDGLEY, 1981 in LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG, 1997), et de 10 à 65 jours (SYMMONS et CRESSMAN, 2001).

L'éclosion se produit en fin de développement embryonnaire. La première forme larvaire, dite larve vermiforme, progresse vers la surface du sol par reptation le long du bouchon spumeux de l'oothèque. Très peu de temps après l'éclosion, dès sa sortie à l'air libre, cette larve vermiforme se débarrasse de sa cuticule post-embryonnaire au cours de la mue intermédiaire et devient alors une larve de premier stade. Les exuvies de la mue intermédiaire se présentent sous la forme de petits amas blanchâtres et sont aisément visibles à la surface du sol, indiquant qu'une éclosion s'est produite récemment. Ces exuvies sont rapidement emportées par le vent. Chez les grégaires, les éclosions au sein d'une même population sont en général très synchrones et s'étalent seulement sur 2 à 3 jours (DURANTON et LECOQ, 1990).

I.3.1.2. Développement larvaire

Selon DURANTON et LECOQ (1990), les larves de Criquet pèlerin passent, de l'éclosion à l'état imaginal, par plusieurs stades. Leur nombre est variable en fonction de la phase : 5 stades chez les grégaires et 6 le plus fréquemment chez les solitaires. Le stade supplémentaire se situe entre le troisième et le quatrième stade. La durée du développement larvaire varie essentiellement en fonction de la température de l'air. Par ailleurs, dans des conditions écologiques identiques, les grégaires se développent plus rapidement que les solitaires. Chez les grégaires, dans de bonnes conditions, la durée de développement larvaire la plus courte est de 25 jours. Dans de mauvaises conditions elle peut monter jusqu'à plus de 50 jours. Alors que chez les solitaires, dans des conditions optimales, le développement larvaire dure au minimum 30 jours. Il peut s'étendre à trois mois en cas de conditions très défavorables. Le stade le plus bref est le premier, le dernier est le plus long. Et d'après SYMMONS et CRESSMAN (2001), la durée du développement larvaire est de 24 à 95 jours (36 jours en moyenne).

I.3.1.3. Principales étapes de la vie imaginale

I.3.1.3.1. La mue imaginale

Selon DE GREGORIO (1996), la larve du 5^{ème} et dernier stade (fig. 6) subit une mue imaginale qui donne naissance à l'adulte. La mue imaginale se déroule comme une mue larvaire. La mue débute par la rupture de la cuticule le long de lignes de moindre résistance situées au niveau de la tête et du thorax. Une fois la cuticule fendue, la larve s'extrait en dégageant successivement, la tête, le thorax puis l'abdomen. De la cuticule fendue s'extrait un individu adulte. Celui-ci possède des ailes et des organes génitaux complètement développés.

I.3.1.3.2. Durcissement cuticulaire

Immédiatement après la mue imaginale, le jeune imago étale ses ailes et les laisse sécher en position droite, puis les replie selon les nervures longitudinales. Ce jeune imago possède des téguments mous qui durcissent progressivement en une dizaine de jours au maximum. Ils sont de couleur beige chez les solitaires, rose chez les grégaires. En quelques heures le jeune imago est capable de marcher, le jour suivant il peut voler localement et sauter. Le durcissement des téguments est achevé au bout de 5 à 10 jours selon la saison (la température de l'air) (DURANTON et LECOQ, 1990).



Fig.6: Larve L5 de *Schistocerca gregaria*

Gr. X 1

Original

I.3.1.3.3. Accumulation des réserves

Après le durcissement cuticulaire, le jeune imago se consacre surtout à la recherche d'un biotope favorable à l'alimentation. Il y a une augmentation progressive de poids par accumulation de corps gras (DURANTON et LECOQ, 1990).

I.3.1.3.4. Maturation sexuelle

Selon DURANTON et LECOQ (1990), le Criquet pèlerin peut rester sexuellement immature durant plusieurs mois (6 au maximum), jusqu'à la rencontre de conditions écologiques propices.

Avec le début de la maturation sexuelle, on note une modification de la coloration des individus. Il se produit un jaunissement des téguments particulièrement accentué dans le cas des populations grégaires, principalement chez les mâles. En phase solitaire, le jaunissement concerne essentiellement les ailes postérieures, la coloration générale étant fort peu modifiée. Les criquets mâles commencent leur maturation les premiers. Ils dégagent des substances chimiques qui déclenchent la maturation des femelles et aussi celle des mâles dont la maturation n'a pas encore commencé (DURANTON et LECOQ, 1990).

I.3.1.3.5. Accouplement

Le mâle pratique l'embuscade. Quand une femelle passe à proximité, il saute sur elle et s'y agrippe au moyen de ses pattes antérieures et médianes. Le mâle, qui chevauche la femelle, glisse son abdomen sous celui de sa partenaire et s'accouple avec elle. La copulation dure de 3 à 14 heures (DE GREGORIO, 1996).

I.3.2. Cycle biologique du criquet migrateur *Locusta migratoria*

L. migratoria est une espèce appartenant à la catégorie des locustes présentant un phénomène de polymorphisme phasaire très marqué. Elle se reproduit en continu et effectue 4 à 5 générations par an dans sa phase solitaire et 3 dans sa phase grégaire (LAUNOIS-LUONG et LECOQ, 1989).

MASSON et MACHIVE (1989), signalent que le cycle biologique de ce criquet largement répandu est complexe, il varie toutefois selon le type d'habitat, le climat et la quantité de nourriture verte disponible pour le développement des larves (fig.7).

I.3.2.1. Ponte et développement embryonnaire

Selon POPOV *et al.* (1990), la recherche et le choix du site de ponte constituent un préalable au cours duquel la reproductrice s'assure des meilleures conditions de conservation des œufs et de développement des embryons. Le forage du trou de ponte est ensuite entrepris par de vigoureux mouvements dans le sol des deux paires de valves génitales externes, qui sont courtes et très robustes. L'extension des membranes intersegmentaires séparant les différents sclérites abdominaux permet de doubler la longueur de l'abdomen. La ponte a lieu généralement le jour et dure une heure et plus.

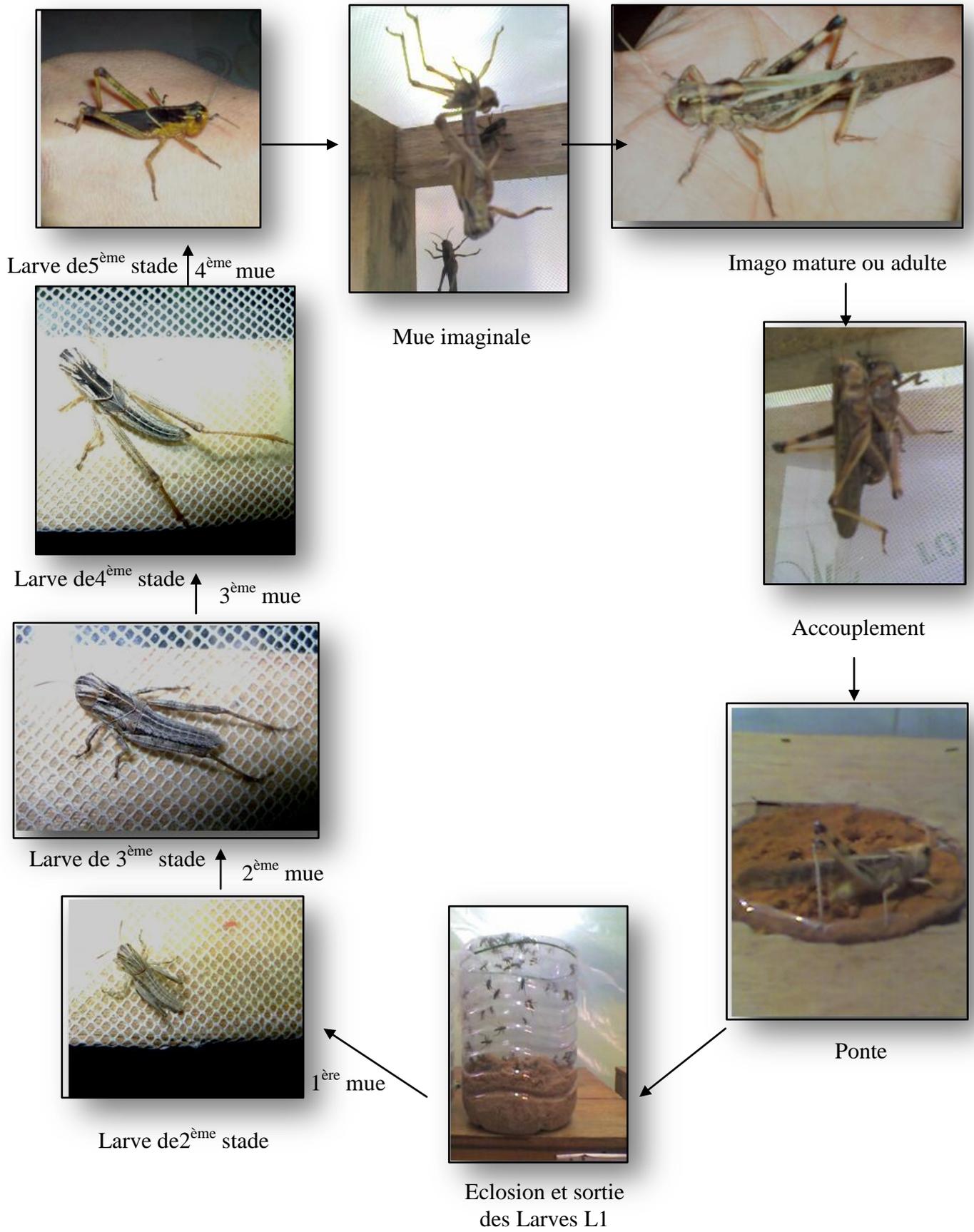


Fig. 7 : Cycle biologique de *Locusta migratoria*

(OUTTAR, 2009)

Selon DURANTON *et al.* (1982), la durée de développement embryonnaire dépend essentiellement de la température d'incubation. Elle est de 18 jours à 27°C et de 10 jours à 33°C.

LAUNOIS-LUONG et LECOQ (1989), ajoutent que le développement embryonnaire dure une dizaine de jours en saison chaude et elle peut dépasser un mois en saison fraîche

I.3.2.2. Développement larvaire

LAUNOIS-LUONG et LECOQ (1989), signalent que le développement larvaire en saison chaude, passe normalement par 5 stades et dure environ 3 semaines (il peut exister un sixième stade chez les femelles mais cela ne concerne qu'un faible pourcentage de la population). En saison fraîche, il peut dépasser un mois.

La larve néonate qui vient d'éclore subit sa fausse mue pour aboutir à une larve de 1^{er} stade. En tout 5 stades larvaires se succèdent séparés à chaque fois par une mue. 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. Les larves de 4^{ème} et 5^{ème} stade (fig. 8) se distinguent seulement par leur taille et la grandeur de leurs ébauches alaires qui sont dirigées vers le haut et qui restent différentes de celles des 3 premiers stades qui sont dirigées vers le bas (BELLMANN et LUQUET, 1995).



Fig.8: Larve L5 de *Locusta migratoria*

Gr. X 1

(OUTTAR, 2009)

I.3.2.3. La mue imaginale

Selon DURANTON *et al.* (1982), la vie imaginale débute après la mue imaginale, qui permet à l'acridien de passer directement de l'état larvaire à l'état imaginal. La mue imaginale ressemble aux mues larvaires à ceci près que les ébauches alaires sont entièrement

développées. Pour muer, le criquet migrateur, comme tous les autres acridiens, utilise un perchoir. Grâce à une fente dorsale s'ouvrant dans le tégument de la larve de dernier stade, le nouvel imago à cuticule encore molle s'extrait par des mouvements coordonnés du corps en utilisant la pesanteur. Lorsqu'il n'est plus retenu que par l'extrémité de l'abdomen, il se retourne pour s'accrocher à l'exuvie ou au support et entreprend alors de déplier ses ailes pour les faire sécher selon des plis droits. L'expansion des téguments est assurée par des afflux d'hémolymphe, d'air et les mouvements de certains muscles. Le premier durcissement des téguments permettant une marche assurée demande quelques heures, celui autorisant le vol soutenu, plusieurs jours. L'imago consacre la première partie de sa vie imaginale à la recherche d'un biotope favorable et à l'alimentation. De ce fait, les imagos augmentent leurs poids dans des proportions notables. Le poids des mâles se stabilise, alors que celui des femelles continue d'augmenter.

BELLMANN et LUQUET (1995), ajoutent que l'imago est le dernier stade de développement du criquet, il ressemble alors à la larve excepté la présence d'ailes qui étaient avant sous forme d'ébauches. L'adulte est un imago sexuellement mûr.

D'après LAUNOIS-LUONG et LECOQ (1989), la maturation sexuelle est d'environ 15 jours.

STEEDMAN (1988), signale que l'accouplement chez le criquet migrateur est très précoce, il peut s'observer chez les adultes au quatrième jour après la mue imaginale.

Selon DURANTON *et al.* (1982), l'accouplement est toujours précédé par des parades sexuelles que les mâles font, composées par : l'embuscade, la poursuite, les stridulations, le battement des ailes au sol et les vols spéciaux pour informer les femelles de leurs présences.

Le mâle se cramponne au dos de la femelle par ses deux premières paires de pattes, la troisième paire reste disponible, par exemple pour chasser un mâle intrus ou pour striduler. L'abdomen du mâle est recourbé vers le bas, à droite ou à gauche. Les crochets de l'épiphalle s'accrochent à la plaque sous-génitale de la femelle. Le pénis est introduit entre les valves génitales dans le vagin et son extrémité atteint le canal de la spermathèque (ANONYME, 2007).

I.4. Polymorphisme phasaire des deux acridiens

D'après POPOV *et al.* (1991), la transformation phasaire, dans les deux sens, se produit aisément et fréquemment. Les extrêmes phasaires sont très distincts tant sur le plan éthologique que sur les plans physiologique et morphologique. Trois étapes se succèdent dans la transformation phasaire : concentration, multiplication et grégarisation.

GIRARDIE (1991), montre que les effets de groupe, les effets de masse et les facteurs abiotiques seraient les causes primaires du polymorphisme phasaire des criquets grégarisables.

Selon CHARA (1995), le passage de la phase solitaire à la phase grégaire et d'une période de rémission à une période d'invasion s'explique par :

- Le maintien de conditions écologiques favorables pendant des périodes suffisamment longues ce qui augmente la longévité des individus et leur fécondité.
- Le dessèchement progressif de la végétation qui réduit les espaces favorables et qui conduit les criquets à se rassembler vers les taches de végétation qui persistent dans les zones d'accumulation des eaux se traduit par une centro-densation.
- L'action des vents convergents qui regroupent des individus venant d'horizons différents: l'extro-densation.

La transition de la phase solitaire à la phase grégaire, et vice versa, constitue une phase transitoire et on parle alors de criquets transiens. Si la densité acridienne augmente, on parle de transiens congregans et, si elle diminue, de transiens dissocians (SYMMONS et CRESSMAN, 2001).

I.4.1. Polymorphisme phasaire du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*

Parmi les acridiens, le criquet pèlerin est considéré comme l'espèce la plus grégariapte (PASQUIER, 1952).

Selon DURANTON et LECOQ (1990), le criquet pèlerin appartient à la catégorie des acridiens de type locuste présentant un phénomène de polymorphisme phasaire, c'est-à-dire la possibilité de développer des aspects variés et réversibles, selon la densité des populations. Ces différents aspects sont désignés sous le terme de phases. Schématiquement, on parle de phase solitaire pour les populations de faible densité et de phase grégaire pour les populations de forte densité, et le terme de transformation phasaire désigne le passage d'une phase à l'autre.

Le seuil de passage de l'état solitaire à l'état grégaire (transformation phasaire) est de l'ordre de 500 imagos par hectare (ou 50 000 jeunes larves ou 5 000 larves âgées) (LAUNOIS-LUONG et LECOQ, 1989).

I.4.2. Polymorphisme phasaire du criquet migrateur *Locusta migratoria*

L. migratoria est un locuste très sensible qui peut passer d'une forme solitaire à une forme grégaire dès que la densité dépasse un seuil critique de 2 000 ailés/hectare en zone

subtropicale. Le polymorphisme phasaire s'exprime par des différences morphologiques, anatomiques, physiologiques, écologiques et comportementales (ANONYME, 2007).

Selon le même auteur (2007), *L. migratoria* et *L. danica* étaient considérés comme deux espèces différentes jusqu'en 1921, où il a supposé qu'il s'agissait en fait de deux formes différentes d'une seule et même espèce, l'une caractérisant les populations grégaires et l'autre les populations solitaires.

I.5. Les milieux de vie et les biotopes des deux acridiens

I.5.1. Les milieux de vie et les biotopes du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*

Le criquet pèlerin est une espèce xérophile de régions désertiques, géo-phytophile, à régime alimentaire polyphage. On le trouve dans les formations steppiques aux sols sableux ou sablo-argileux, à végétation constituée de quelques buissons, d'herbes pérennes ayant moins d'un mètre de hauteur et de plantes annuelles apparaissant après les pluies (LAUNOIS-LUONG et LECOQ, 1989).

Les milieux de vie de *Schistocerca gregaria* varient selon l'état phasaire (HASKELL, 1982).

Selon LAUNOIS-LUONG et LECOQ (1993), les solitaires se reproduisent dans une aire limitée en zone désertique alors que les grégaires, à cause de leurs exigences écologiques moins strictes, colonisent des milieux moins xérotrophes sur des surfaces beaucoup plus considérables. Ils se rencontrent principalement dans des milieux secs avec des pseudo-steppes ou des formations éphémères.

Selon DURANTON et LECOQ(1990), les biotopes du criquet pèlerin peuvent se répartir en quatre catégories principales:

1. Les milieux hostiles où il ne peut survivre.
2. Les biotopes de survie où le criquet pèlerin peut subsister en attendant l'apparition de conditions meilleures.
3. Les biotopes de reproduction où le Criquet pèlerin peut non seulement survivre mais trouve une alimentation et une nature du sol qui lui permettent d'effectuer sa maturation sexuelle, une production d'œufs suffisante et la ponte.
4. Les biotopes de grégarisation qui offrent de bonnes (ou de très bonnes) conditions de reproduction susceptibles d'aboutir directement ou indirectement à des densités pouvant entraîner la transformation phasaire.

I.5.2. Les milieux de vie du criquet migrateur *Locusta migratoria*

Le Criquet migrateur recherche la chaleur (optimum thermique autour de 20°-25°C), des milieux moyennement humides et colonise des steppes ou des savanes à faible couvert ligneux (ANONYME, 2007).

Le Criquet migrateur est une espèce hygro-mésophile, géo-phytophile et graminivore. On le trouve dans les formations herbacées denses sur sols alluviaux. Son optimum pluviométrique est d'environ 50 à 100 mm de pluie par mois en phase solitaire ; il est de 25 à 100 mm par mois en phase grégaire. Il fuit la lumière (LAUNOIS-LUONG et LECOQ, 1989).

I.6. Aires de répartition des deux acridiens

BALACHOWSKY et MESNIL (1936), signalent que l'aire de répartition des espèces migratoires est extrêmement vaste. Chaque espèce possède deux zones d'habitat, une permanente réservée aux solitaires et l'autre temporaire pour les migratrices.

LECOQ (1991), ajoute que les notions d'aires grégaires et de foyers de grégation ont beaucoup aidé l'organisation de la surveillance et de la lutte. C'est grâce à elles qu'il a été possible de mettre au point une stratégie de lutte préventive.

I.6.1. Aires de répartition du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*

Comme toutes les espèces migratoires, le criquet pèlerin présente une aire de répartition très vaste. En effet, l'aire d'invasion de cette espèce couvre l'Afrique au nord de l'équateur, le moyen orient, les péninsules arabiques et Indo-Pakistanaise et parfois l'Europe méditerranéenne ce qui représente 29 millions de Km² et un total de 57 Pays, soit 20% des terres émergées (LAUNOIS-LUONG et POPOV, 1992).

En Algérie, *S. gregaria* est signalée sous sa forme solitaire dans la région de Laghouat et au Hoggar (Tamanrasset) (CHOPARD, 1943). Selon SITOUEH (1976), les zones d'épandage d'oued constituent l'aire d'habitat permanent ou l'aire de distribution normale de l'espèce.

GUENDOZ-BENRIMA (2005), signale que l'aire de rémission du Criquet pèlerin couvre pratiquement tout le Sahara algérien ; une activité acridienne est maintenue toute l'année par une persistance diffuse des populations de solitaires. Durant les périodes d'invasion, les essaims du Criquet pèlerin peuvent envahir tout le territoire national. Il effectue au moins deux générations selon les années, une automno-hivernale et l'autre plus fréquemment hiverno-printanière.

I.6.2. Aires de répartition du criquet migrateur *Locusta migratoria*

Les facteurs intervenant dans les limites de la distribution d'une espèce ne sont pas forcément les mêmes en tous lieux. *Locusta migratoria* se trouve limité dans son expansion au Sahel vers le sud par des facteurs thermiques et vers le nord par des facteurs hydriques. On le trouve en Afrique, au sud du Sahara, dans la péninsule Arabique et Indo-Pakistanaise, en Europe ainsi que sur les bords de la Méditerranée, en Asie orientale ainsi qu'en Australie. Par contre, il est inconnu sur le continent américain. L'espèce *L. migratoria* comprend plusieurs sous-espèces, chacune possédant des particularités bio-écologiques liées aux caractéristiques écoclimatiques de leur domaine d'existence. En Afrique, l'aire grégarigène principale du criquet migrateur se situe au Mali, dans la zone d'inondation du fleuve Niger. (ANONYME, 2007).

La sous-espèce nord africaine *L. migratoria cinerascens* est signalée par CHOPARD (1943) en Algérie sur le littoral et dans les oasis sous sa forme solitaire.

Selon OUELD EL HADJ (2002), *L. migratoria cinerascens* se trouve dans les palmeraies plus précisément au niveau des friches très irriguées et à fort recouvrement herbeux, mais ensoleillées présentant de faibles recouvrements herbacés. Elle est inféodée aux habitats humides.

D'après ALLAL BENFEKIH (2006), la présence des pivots dans les régions anthropisées d'Adrar entraîne l'apparition d'un ensemble de biotopes constituant une zone de reproduction de solitaires et de transiens de *L. migratoria cinerascens*.

I.7. Dégâts et importance économique des deux acridiens

I.7.1. Dégâts et importance économique du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*

Le criquet pèlerin constitue un ravageur majeur en période d'invasion. Toutes les plantes cultivées, graminéennes ou non, sont susceptibles d'être attaquées. C'est un ravageur migrant de régions extrêmement arides. Sa survie est conditionnée par la venue de pluies erratiques, sa capacité de vol à grande distance et sa faculté de se multiplier en grand nombre en passant de l'état solitaire à l'état grégaire en l'espace de quelques générations (LAUNOIS-LUONG et LECOQ, 1989).

Selon POPOV *etal.* (1991), quatre facteurs donnent à cet acridien une importance particulière : sa grande mobilité, la fréquence élevée de ses invasions, sa voracité (consommation de l'équivalent de son propre poids de matière végétale fraîche par jour) et sa polyphagie en phase grégaire (absence de discrimination alimentaire de sorte que pratiquement toute plante cultivée ou sauvage risque d'être attaquée).

L'aire de rémission du criquet pèlerin couvre 16 millions de km² et concerne surtout la zone saharienne. Au contraire, durant les invasions, les populations grégaires peuvent occuper des zones beaucoup plus vastes, réparties sur 65 pays d'Afrique, du Proche-Orient et d'Asie du Sud-Ouest, couvrant 29 millions de km², zones largement cultivées et peuplées de plus d'un milliard d'habitants (LECOQ, 2004).

La FAO a consacré, dans le cadre d'un programme d'urgence, près de 800 000 dollars à la Mauritanie et au Maroc dans le cadre de sa campagne acridienne et compte dépenser plus du double pour aider l'Algérie, le Mali, le Niger, le Soudan et le Tchad. La dernière estimation de l'organisation, qui remonte au 8 avril 2004, indiquait qu'il fallait près de 17 millions pour juguler le phénomène durant le printemps et traiter, pendant l'été, les aires de reproduction du criquet au Sahel et en Afrique de l'Ouest (GBADAMASSI, 2004).

I.7.2. Dégâts et importance économique du criquet migrateur *Locusta migratoria*

Le criquet migrateur est un ravageur majeur en période d'invasion. Les dégâts sont essentiellement limités aux graminées (mil, maïs, riz, canne à sucre, blé...) mais bananier, ananas, palmier à huile et palmier dattier peuvent être également atteints en période d'invasion. A l'état solitaire, on peut rencontrer le Criquet migrateur dans les milieux mésotrophes dans l'ensemble de son aire de distribution. Des aires grégarigènes partent les essaims, prélude à l'invasion généralisée. Les phénomènes de crue et surtout de décrue en saison sèche dans le delta du Niger mettent à jour des biotopes refuges pour l'espèce à une période de l'année où elle est en grande difficulté du fait de l'assèchement du milieu environnant. Les zones découvertes par le retrait des eaux bénéficient d'une humidité résiduelle et d'une végétation restée temporairement turgescente qui sédentarise les populations acridiennes. L'amorce de la grégarisation s'effectue lorsque la vitesse de retrait des eaux découvre de grandes surfaces qui s'assèchent rapidement et contraignent les criquets à se regrouper sur des aires de plus en plus restreintes. L'élévation densitaire augmente les contacts interindividuels et déclenche le processus de la transformation phasaire (LAUNOIS-LUONG et LECOQ, 1989).

I.8. Les méthodes de lutte anti-acridienne

I.8.1. La lutte mécanique

Les méthodes de lutte mécanique contre les acridiens sont les plus anciennes. Elles diffèrent selon qu'il s'agit de détruire physiquement les œufs, les larves ou les ailés. La destruction des œufs s'obtient en labourant les terres de 10 à 15 cm pour atteindre les pontes les plus profondes. Cette méthode exige des zones cultivées car le labour ne peut pas être réalisé pour les sols inaccessibles au tracteur ou à la charrue. Les destructions des larves et

des jeunes ailés à tégument non durcis se font en rassemblant les acridiens dans un fossé préparé à l'avance. Le rabattage est pratiqué en agitant des vêtements, des feuillages, ou en faisant du bruit (tambours, cris, chants). Le feu est entretenu sur des cordons de feuillages, d'herbes sèches, ou allumé au lance-flamme. Les ailés grégaires sont difficiles à détruire mécaniquement excepté à l'aube et au crépuscule où ils sont posés au sol. Des lances flammes et des grenades ont été utilisés contre eux (DURANTON *et al.*, 1982).

I.8.2. La lutte écologique

La lutte écologique consiste à modifier l'environnement au désavantage de l'acridien et si possible au bénéfice de l'homme. Cela suppose une connaissance approfondie du tempérament écologique de chaque espèce acridienne, des facteurs agissant que l'on peut modifier, et des conséquences de ces changements sur l'écosystème tout entier.

Les suggestions de lutte écologique sont nombreuses, mais les applications à grande échelle sont encore très rares car on prend toujours le risque de remplacer un problème par un autre. Les moyens utilisés sont par exemple :

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

I.8.3. La lutte chimique

Selon DURANTON *et al.* (1982), la lutte chimique consiste à atteindre les acridiens ravageurs, directement ou indirectement (par la végétation) au moyen de substances actives, naturelles ou de synthèse, pour les tuer ou les faire fuir.

Pour lutter contre les locustes, il y a trois stratégies principales : **1-** Le traitement ponctuel des concentrations (*spot treatment*, traitement d'essais), **2-** Le traitement en bloc des surfaces les plus infestés, **3-** Le traitement en barrières (SCHERER, 1998).

D'après RACHADI (1991), les produits chimiques utilisés en lutte anti-acridienne sont généralement destinés à tuer les criquets soit immédiatement, soit après un délai plus ou moins long. Ils sont utilisés contre les invasions et les populations acridiennes après s'être assuré du statut du ravageur, du niveau d'infestation et des surfaces envahies.

LUONG-SKORMAND *et al.* (1999), signalent que les dangers de l'utilisation d'énormes quantités d'insecticides pour la population humaine impliquée et l'impact sur l'environnement étaient évidents. Cette situation a permis de lancer ou de relancer de nombreux travaux de

recherche destinés à trouver des produits de substitution aux insecticides chimiques traditionnels.

I.8.4. La lutte biologique

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

I.8.4.1. Les ennemis naturels

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

I.8.4.2. Les extraits végétaux

Les extraits provenant de deux méliacées, *Azadirachta indica* (margousier ou neem) et *Melia volkensii*, connus depuis longtemps pour leurs effets répulsifs et antiappétants contre les insectes, présentent également des propriétés antiacridiennes intéressantes. Des extraits de fruits, de feuillages ou d'écorce protègent efficacement les cultures des attaques d'acridiens. Ils sont appliqués directement sur des larves et sur des imagos de criquets pèlerins (REMBOLD, 1997). Ces produits sont biodégradables et ne sont pas nocifs pour l'homme et l'environnement. Par ailleurs, les plantes-source sont communes, peu exigeantes sur la qualité des sols, et offrent un intérêt économique évident pour les pays d'Afrique qui peuvent tirer avantage en exploitant cette ressource naturelle. Il reste cependant à résoudre des problèmes importants concernant la production de masse de ces extraits (masse végétale nécessaire pour traiter un hectare infesté), le coût de récolte et d'extraction élevé ainsi que les homologations (LUONG-SKORMAND *et al.*, 1999).

I.8.4.3. Les mycopesticides

Sur plusieurs centaines d'espèces de champignons entomopathogènes, seul un très petit nombre affecte les acridiens. Deux genres sont particulièrement prometteurs : *Beauveria* et *Metarhizium*. Ces champignons se trouvent communément dans le sol. Grâce à la germination des spores à travers la cuticule externe ou à travers le tube digestif, ils peuvent envahir la cavité générale de l'hôte. La contamination se fait donc par contact ou par ingestion de la plante traitée par le myco-insecticide. Durant cette première étape, diverses interactions pathogène-hôte agissent au niveau de la cuticule (mécanisme de défense de l'hôte, virulence

de la souche, hygrométrie ambiante, etc....) décidant ou non de la pénétration du pathogène (FARGUES et GOETTEL, 1996). Les champignons peuvent tuer très rapidement en l'espace de quelques heures par l'intermédiaire de toxines, ou plus lentement par épuisement de l'hôte dont ils prélèvent l'eau et les nutriments pour se développer. Dans ce dernier cas, on observe une perte d'appétit et une réduction des capacités de vol des criquets ce qui limite les dommages aux cultures avant la mort du ravageur. Le taux de mortalité peut atteindre 70 à 90% et les criquets meurent au bout d'une à deux semaines après le traitement, selon l'importance de la biomasse végétale qui influe sur le taux de dilution des spores épandues, de la dose de spores, de la virulence de la souche et de la susceptibilité des acridiens cibles (LUONG-SKORMAND *et al.*, 1999).

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

I.8.4.4. Les bactéries entomopathogènes

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

II. Données bibliographiques sur les trois produits testés

II.1. Données bibliographiques sur *Metarhizium anisopliae*

II.1.1. Généralités

Les champignons entomopathogènes appartiennent aux sous-divisions *Mastigomycotina*, *Zygomycotina* (*Entomophthorales*), *Ascomycotina* (*Clavicipitales*) et *Deuteromycotina* (Hyphomycètes). Les espèces qui infectent les criquets font parties 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).

II.1.2. Systématique

Selon GREATHEAD *etal.*(1994), *Metarhizium anisopliae* classe selon la nomenclature suivante :

- Groupe : Deuteromycotina
- Classe : Hyphomycètes
- Ordre : Moniliales
- Famille : Monilicae
- Genre : *Metarhizium*
- Espèce : *M. anisopliae*

II.1.3. Identification

La détermination de l'espèce se fait en examinant la forme des spores et des conidiophores. quisont relativement courts, irrégulièrement ramifiés ou non et arrangés en groupes compacts formant une masse de spores (GREATHEAD *etal.*, 1994).

II.1.4. Morphologie

Metarhizium infecte une large gamme d'insectes et provoque la maladie de la "muscardine verte"(fig.9). L'espèce la plus souvent mentionnée dans la littérature est *Metarhizium anisopliae*, espèce très virulente pour la plupart des acridiens, y compris le criquet pèlerin et le criquet migrateur.Les spores de *M. anisopliae* sont allongées avec des côtés parallèles. Elles mesurent 6 µm de longueur pour 2 à 3 µm de diamètre (GREATHEAD *etal.*, 1994) (fig.10).



(OUTTAR, 2009)

Fig.9 : femelle de *L. migratoria* infectée par *M. anisopliae var acridum*

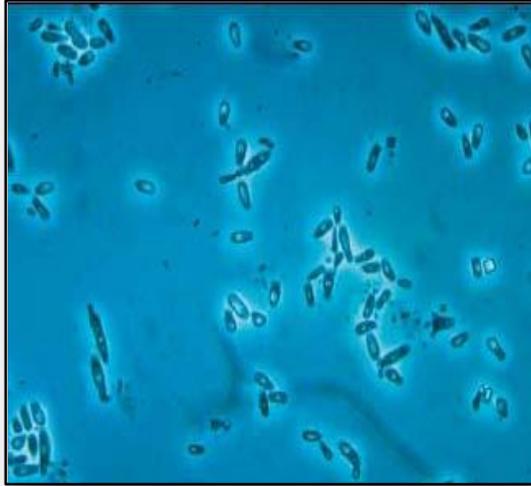


Fig. 10: Spores du *Metarhizium anisopliae var acridum*

(KLEESPIES *et al.*, 2000)

II.1.5. Mode d'infection

Selon KOUASSI (2001), le mode d'infection des microchampignons entomopathogènes se divise en quatre étapes distinctes qui sont l'adhésion, la germination, la différenciation; la pénétration. L'adhésion est caractérisée par un mécanisme de reconnaissance et de compatibilité des conidies avec les cellules tégumentaires de l'insecte (VEY *et al.*, 1982). Cette phase se scinde en deux étapes distinctes, la première passive ou l'attachement à la cuticule est réalisée grâce à des forces hydrophobiques et électrostatiques (FARGUES, 1984; BUTT, 1990; BOUCIAS *et al.*, 1984) et la seconde active caractérisée par la production d'un mucilage qui va engendrer une modification épicuticulaire (WRAIGHT *et al.*; 1987) aboutissant à la germination. Après la phase d'adhésion, la germination va être dépendante des conditions environnantes et aussi de la physiologie de l'hôte (composition biochimique de la cuticule) qui peut favoriser ou inhiber la germination (SMITH et GRULA, 1982; ST-LEGER *et al.*, 1989; BUTT, 1990; BUTT et BECKET, 1994 ; BUTT *et al.*, 1995;). L'avant dernière phase est la différenciation, caractérisée par la production d'appressoria; structures terminales qui vont servir de point d'encrage, de ramollissement de la cuticule et favoriser la pénétration. La production des appressoria est très dépendante de la valeur nutritive de la cuticule de l'hôte (ST-LEGER *et al.*, 1989). D'après ce même auteur, une cuticule nutritive va stimuler la croissance myceliale plutôt que la pénétration. La dernière phase est la pénétration de l'hôte qui se fait par la combinaison de pression mécanique (PEKRUL et GRULA, 1979) et enzymatique (CHARNLEY, 1989; BUTT, 1990 ; ST-LEGER 1993) telles que les lipases, les protéases et les chitinases (KUCERA et SAMSINAKOVA, 1968; LEOPOLD et SAMSINAKOVA, 1970; ST-LEGER, 1995), la plus importante dans la pénétration étant les

protéases (ST-LEGER *et al.*, 1988, 1989; BUTT *et al.*, 1990). Certaines souches chez le genre *Beauveria* produisent des toxines non enzymatiques telles que la beauvericine, les beauverolides, les bassianolides, les isarolides qui accentuent et accélèrent le processus d'infection (ROBERTS, 1981; HAJECK et ST-LEGER, 1994). La colonisation de l'hôte se fait lorsque le champignon parvient à surmonter les mécanismes immunitaires de défense de l'insecte (BOMAN et STEINER, 1981; SODERHALL, 1981) et envahit l'hémolymphe (FERRON *et al.*, 1993). La pathogénécité de l'inoculum sporal et la spécificité de l'hôte sont deux paramètres importants dans le choix de l'isolat fongique. Les microchampignons entomopathogènes sont des agents de lutte très intéressants du fait de leur aptitude à infecter l'hôte par ingestion ou par simple contact rendant tous les stades, œuf, larve et adulte sensibles (CARRUTHERS et SOPER, 1987).

II.1.6. Isolement, culture et conservation

Si le cadavre d'un criquet est couvert de spores, l'isolement du champignon est assez simple. Cependant, il faut travailler avec grand soin, en conditions aussi stériles que possible pour éviter la prolifération des bactéries et des champignons saprophytes. Pour empêcher ces derniers de polluer le milieu, il faudrait utiliser des milieux sélectifs aux champignons pathogènes, comme le milieu de Veen. On transférera quelques spores sur le milieu de culture qui sera mis à incuber à une température de 25 à 30°C.

Quand le champignon se trouve à l'intérieur du cadavre, il faut stériliser l'extérieur du criquet en le trempant pendant 3 à 4 minutes dans une solution d'hypochlorite de sodium à 5 %. Ensuite, l'insecte est rincé trois fois dans de l'eau distillée et stérilisé en changeant l'eau à chaque fois. La dissection du criquet se fait avec des instruments stériles. Un peu du contenu du corps est étalé avec une boucle métallique sur un milieu sélectif et mis à incuber entre 25 et 30°C.

Les cultures doivent être examinées tous les jours. Les colonies individuelles sont transférées sur un milieu nutritif comme le milieu de Molisch. Cette procédure doit être répétée en cas de contamination car les colonies de saprophytes, comme les *Penicillium* et les *Aspergillus*, se développent très vite et peuvent remplir une boîte de Pétri en quelques jours. Quand on a obtenu une culture pure, on prépare des milieux en pente dans des tubes à essais qui peuvent être fermés hermétiquement et on y ensemence un peu le champignon.

La plupart des Hyphomycètes entomopathogènes peuvent facilement être cultivés sur des milieux simples, comme du riz cuit ou même dans un milieu liquide contenant du sucre et de la levure de brasserie. Les cultures de champignons peuvent être maintenues en les transférant de temps en temps sur des milieux fraîchement préparés. Cependant, selon les

souches, les champignons entomopathogènes perdent leur pathogénicité après un certain nombre de transferts. Il est donc conseillé de renouveler l'isolement de la souche après deux ou trois transferts si on l'utilise pour des expériences. Sinon, on peut prolonger sa survie à 1 an en cultivant la souche sur un milieu peu nutritif comme l'agar avec pomme de terre et carotte ou l'agar avec pomme de terre et dextrose dilué à un cinquième du normal dans des bouteilles fermées hermétiquement. Une submersion dans l'huile de paraffine prolonge même la survie à 5 ans. Pour une conservation de plus longue durée, on a recours à la lyophilisation et à l'azote liquide (GREATHEAD *et al.*, 1994).

II.1.7. Formulation

La formulation de suspensions huileuses UBV (Ultra Bas Volume) de conidies des deutéromycètes des genres *Beauveria* et *Metarhizium* est relativement facile et offre des possibilités d'application en conditions sèches. De plus, les huiles s'attachent aux exocuticules des insectes, elles s'y étalent facilement et peuvent ainsi aider le transport des conidies vers les membranes intersegmentaires vulnérables et à la pénétration ultérieure des hyphes (BATEMAN, 1991).

II.2. Données bibliographiques sur le Triflumuron (T.F.M.)

II.2.1. Généralités sur les dérégulateurs de croissance (IGRs ou Insect growth regulators)

Les dérégulateurs de croissance des insectes sont classés en deux catégories : les analogues d'hormones juvéniles et les inhibiteurs de la synthèse de la chitine (GORDON *et al.*, 1989).

II.2.1.1. Les analogues d'hormones juvéniles

L'action la plus commune des analogues d'hormones juvéniles est l'inhibition de la métamorphose. Cette perturbation se présente par une augmentation ou une diminution artificielle des titres de l'hormone à des stades de développement où ces titres sont normalement faibles ou élevés (CUSSON et PALLI, 2000).

D'après DORN *et al.*, (1994), des études menées en laboratoire ont montré qu'une série de substances analogues aux hormones juvéniles, dont notamment le fenoxycarbe, sont des agents efficaces de lutte contre les locustes migrants *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria*. Elles accroissent le taux de mortalité et interrompent la métamorphose. Leur impact est considérable sur la morphologie phasaire des locustes grégaires, ainsi que sur leur comportement phasaire et les processus du métabolisme lipidique qui y sont liés. Nombre de ces effets peuvent être interprétés comme un décalage de la phase grégaire à la phase solitaire.

II.2.1.2. Les inhibiteurs de la synthèse de la chitine

Ces produits organiques de synthèse, de la famille des benzoyl urées (téflubenzuron, triflumuron, diflubenzuron, etc.), inhibent, chez les insectes, le processus d'élaboration de la chitine, principale composante de la cuticule. Ils agissent essentiellement par ingestion et tuent les larves au moment de la mue. L'action acridicide est différée, en revanche, la rémanence du produit peut atteindre quelques semaines. Susceptibles d'être appliqués en ultra bas volume (UBV), les IGRs peuvent être préconisés contre les jeunes bandes larvaires de locustes, en traitements en barrières (LUONG-SKORMAND *et al.*, 1999).

D'après GRAF *et al.*, (1989), ils sont essentiellement des larvicides d'ingestion, mais ils ont aussi une action ovicide par contact. Ils perturbent le dépôt de chitine dans la cuticule en provoquant les lésions graves du tissu endocuticulaire. Par conséquent, la cuticule ne résiste pas à la tension musculaire au moment de la mue, les larves ne peuvent pas évoluer, elles meurent. Du fait de son mode d'action sur la mue, ils ne sont pas efficaces vis-à-vis des adultes.

DOBSON (2001), signale qu'ils ne présentent pas de danger pour les mammifères (l'OMS les classe dans la catégorie « Risque aigu improbable dans des conditions normales d'utilisation ») et ont peu d'effet sur d'autres organismes vivants tels que les oiseaux et les poissons. Ils sont également très sélectifs puisque leur action se fait principalement par ingestion. Les inhibiteurs de croissance sont rémanents et restent actifs sur la végétation pendant plusieurs semaines; ce sont donc des produits efficaces pour les traitements en barrières. Cependant, leur action est lente, ils tuent certaines espèces d'arthropodes d'eau douce et ils ne sont pas efficaces contre les ailés puisque leur mue est achevée.

Les inhibiteurs de la croissance ne peuvent être utilisés que contre les bandes larvaires, les ailés n'étant guère touchés. Leur action lente les rend impropres à la protection des cultures menacées. Leur spectre d'activité assez étroit (=sélectivité) les rend intéressants au point de vue de l'environnement, mais en raison de leurs effets adverses sur les crustacés, il faut éviter les pulvérisations des eaux de surface. Les benzoyl-urées ont une rémanence importante sur le feuillage qui permet d'effectuer des opérations de lutte très efficaces en pulvérisation en barrière propre à éliminer les larves. La pulvérisation en barrière présente l'avantage que seule une partie des zones importantes doit être traitée pour limiter la survie de bandes larvaires non identifiées. La sélectivité et l'étendue des zones non traitées entre les barrières réduisent l'impact sur les espèces non visées (ANONYME, 1995).

Selon le même auteur (1995), la lutte par pulvérisation en barrière est complexe car il faut optimiser davantage un plus grand nombre de variables que dans le cas de la

pulvérisation globale. Le dosage et la largeur des intervalles, la direction des barrières sont des facteurs qui doivent être soigneusement pesés et qui dépendent du type de végétation, de la direction du vent et du stade de développement.

D'après SCHERER et CELESTIN (1997), de bons résultats ont été obtenus avec des traitements de diflubenzuron et de triflumuron à Madagascar sur *L. migratoria* dans une végétation éparse. Ils ont montré que ces benzoyl urées ont un effet rémanent suffisamment long pour être utilisés en traitement par barrières contre des bandes larvaires de cet acridien.

DOBSON *et al.*, (1997), signalent que l'application manuelle de ces dérégulateurs de croissance est supérieure aux épandages aériens en barrière pour les surfaces contaminées inférieures à 10000 hectares en raison de son moindre coût, du fait que le produit se dépose de manière plus uniforme et que les agricultures participent ainsi eux-mêmes à la lutte antiacridienne.

II.3. Données bibliographiques sur le henné: *Lawsonia inermis*

II.3.1. Généralités

Le henné est un arbuste épineux de la famille des Lythracées, dont les feuilles produisent des teintures telles que le rouge et le jaune utilisé en teinture textile et corporelle. On extrait de ses petites fleurs un parfum très apprécié. Le henné provient du Maghreb. Le terme désigne également ce colorant dont l'usage est très ancien puisqu'on en retrouve la trace sur les momies égyptiennes (ANONYME, 2008).

II.3.2. Systématique

Selon ANONYME (2008), *Lawsonia inermis* se classe selon la nomenclature suivante :

- Groupe : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliopsida
- Sous-classe : Magnoliidae
- Ordre : Myrtales
- Famille : Lythraceae
- Genre : *Lawsonia*
- Espèce : *L. inermis* (LINNE, 1753)

II.3.3. Composition chimique

Le henné, *Lawsonia inermis*, contient un colorant rouge-orangé, Lawsonsone, qui est une molécule connue également en tant qu'acide hennotannic. Quand les feuilles du henné sont écrasées dans un milieu acide, puis appliquées sur la peau, les molécules de Lawsonsone émigrent de la pâte du henné et traversent la couche extérieure de la peau, formant une strate

et souillent la peau. Les applications prolongées du henné ont comme conséquence la diffusion du colorant profondément dans la peau. Chimiquement la molécule du Lawsone est 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone (BONEV, 2003)(fig.11).

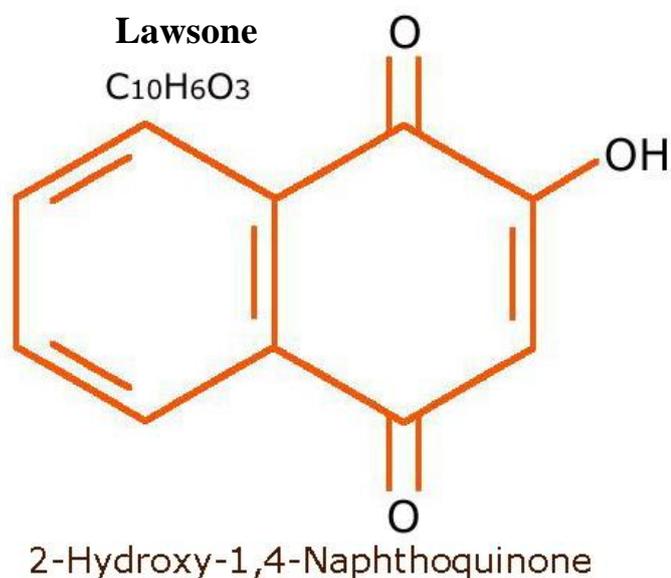


Fig. 11:La molécule Lawsone contenue dans le henné

(BONEV, 2003)

II.3.4. Description

Le henné est un petit arbre ou un grand arbuste, de deux à six mètres de hauteur. Il a des branches latérales opposées de deux à quatre centimètres de longueur. Pendant les deux premières années, le henné est au stade juvénile donc les feuilles n'ont pas une quantité assez élevée de Lawsone et les branches n'ont pas d'épines. Aux plantes mûres les épines se développent dans les bourgeons des feuilles. Ces dernières ont un colorant rouge-orange, Lawsone, d'où la concentration la plus élevée en colorant est dans le pétiole. Les jeunes feuilles ont le contenu le plus élevé de colorant et les feuilles les plus anciennes ont un contenu inférieur de colorant. Ses fleurs sont parfumées, et peuvent être blanches, rouges, roses ou jaunes. Elles ont quatre pétales. Dans les pays méditerranéens du sud et occidentaux, le henné fleurit en avril et mai et donne des fruits à la fin d'été. Dans chaque fruit du henné il y a une moyenne de 40 à 45 graines. Ces dernières sont petites, brunes, et polygonales (CARTWRIGHT-JONES, 2004).

II.3.5. Habitat

Le henné se développe seulement où la température minimale est au dessus de 60° Fahrenheit ou 11°Celsius. Il se développe mieux dans les régions arides que dans les régions

humides. Il produit des niveaux plus élevés de tannins là où la température maximale est très élevée. Dans les zones arides les plus chaudes, le henné existe avec des niveaux plus élevés de tannin donc des taches plus foncées. Le henné de ces régions va être séché, broyé et vendu (CARTWRIGHT-JONES, 2004).

II.3.6. Effets et usages médicaux

Les feuilles de henné sont principalement utilisées en médecine. En gargarisme, elles soignent les maux de gorge ; en infusion ou en décoction, elles traitent les diarrhées et la dysenterie. Elles favorisent la coagulation du sang et l'apparition des règles. En décoction, l'écorce soigne les affections du foie. Sous forme de cataplasme, le henné soigne les mycoses, l'acné et les furoncles (ANONYME, 2001).

Chapitre II

Matériel et méthodes de travail

Chapitre II : Matériel et méthodes de travail

I. Matériel biologique

I.1. Les criquets

Nos essais ont porté sur des larves L5 de *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria* provenant d'un élevage permanent maintenu au niveau de département de zoologie agricole et forestière de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach. Ces deux espèces proviennent de la région d'Adrar

❖ Elevage des criquets

L'élevage des adultes des deux acridiens est réalisé dans des cages parallélépipédiques en bois de dimension : 150 x 70 x 55 cm, grillagées sur les deux cotés et vers l'avant pour l'aération et avec du plexiglas de la face arrière pour garder la chaleur. Elles sont munies d'une porte coulissante en plexiglas et de deux fermetures pour faciliter le nettoyage, le renouvellement de la nourriture et la vérification des pondoirs. Ces derniers se trouvent dans les ouvertures à la base des cages. Ils sont remplis de sable stérilisé et humidifié pour que les femelles puissent déposer leurs oothèques. L'élevage est soumis à une température de $30 \pm 3^{\circ}\text{C}$ et une humidité relative de 50 à 60%. Quant à l'alimentation, elle est à base de gazon, et un complément de son de blé (fig. 12).

Les pondoirs contenant les pontes sont récupérés et remplacés par d'autres pondoirs. Ils sont recouverts d'une toile moustiquaire pour l'aération et troués à la base pour permettre l'infiltration de l'eau en cas de surplus afin d'éviter le risque de la pourriture des œufs. Ces pondoirs portent les indications nécessaires telles que la date de la ponte. Et ils sont mis dans des conditions appropriées pour l'incubation des œufs. Le contrôle de ces pondoirs se fait quotidiennement pour la vérification de l'humidité du sable et les éclosions des œufs, afin d'éviter le dessèchement des œufs et la mort des larves néonates. Ces dernières sont récupérées et mises dans deux cages réservées à l'élevage des larves de 1^{er}, 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} stades dont les dimensions sont : 50 x 34 x 35 cm, de forme parallélépipédique en bois, recouvertes d'un tulle moustiquaire à petites mailles, avec une fermeture (fig. 13). Quant aux larves de 5^{ème} stade et les imagos, ils sont élevés dans une cage de la même forme et les mêmes dimensions que celle des adultes (fig.14). Les conditions d'élevage de tous les stades larvaires et les imagos sont les mêmes que pour les adultes.



Fig.12 : Cage utilisée pour l'élevage des adultes



Fig.13 : Cage utilisée pour l'élevage des larves; L1, L2, L3, L4



Fig.14 : Cage utilisée pour l'élevage des L5 et des imagos

(OUTTAR, 2009)

I.2. Les produits testés

I.2.1. Le champignon entomopathogène: *Metarhizium anisopliae var. acridum*

La souche de *Metarhizium anisopliae var. acridum* (code IMI: 330189) retrouvée sur *Ornithacris cavroisi* (Finot, 1907) (Orthoptera, Acrididae) au Niger s'est avérée la plus virulente (ZAKARIA et SAGNIA, 2003). Cette souche 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 » formulé en concentration huileuse de spores.

Le «Green Muscle» est disponible soit sous forme de poudre sèche de spores ou de solution concentrée huileuse et peut être appliqué à l'aide d'un pulvérisateur standard à ultra bas volume muni d'un disque rotatif (THIAM *etal.*, 2004).

Il est appliqué sous forme de suspension huileuse diluée par du pétrole, de l'huile d'arachide ou alors du gasoil et l'huile du maïs(ANONYME, 2002).

I.2.1.1. La multiplication du champignon

Afin d'obtenir une souche fongique pure de notre cryptogame (fig.15), nous avons procédé aux étapes suivantes :

- Centrifugation de la suspension huileuse en spores de *M. anisopliae* «Green Muscle», afin d'éliminer le gasoil et les huiles qui représentent le surnageant et pour obtenir un culot d'une masse en spores à la base des tubes, et aussi dans le but de ne pas avoir des contaminations.
- Prendre les tubes à centrifuger où se trouve la masse en spores et à l'aide d'une pipette Pasteur on prélève quelques portions de cette masse et on l'ensemence sur le substrat nutritif.
- Choisir un milieu de culture approprié pour le développement de ce champignon. C'est pourquoi nous avons utilisé le Sabouraud comme milieu de culture en provenance de l'institut Pasteur dans des tubes à essai en verre.
- Liquéfaction du milieu de culture dans un bain marie.
- Écoulement du milieu de culture dans des boîtes de Pétri en plastique stériles à raison de deux tubes dans chaque boîte.
- Laisser ces boîtes pendant 1h pour le refroidissement et la solidification de milieu.
- Ensemencer le champignon dans ces boîtes et fermer ces dernières par un parafilm.
- Incuber le champignon dans une étuve réglée à 25 °C.

Toutes ces étapes sont effectuées dans un milieu stérile, entre deux bacs benzènes, pour éviter toute sorte de contamination.

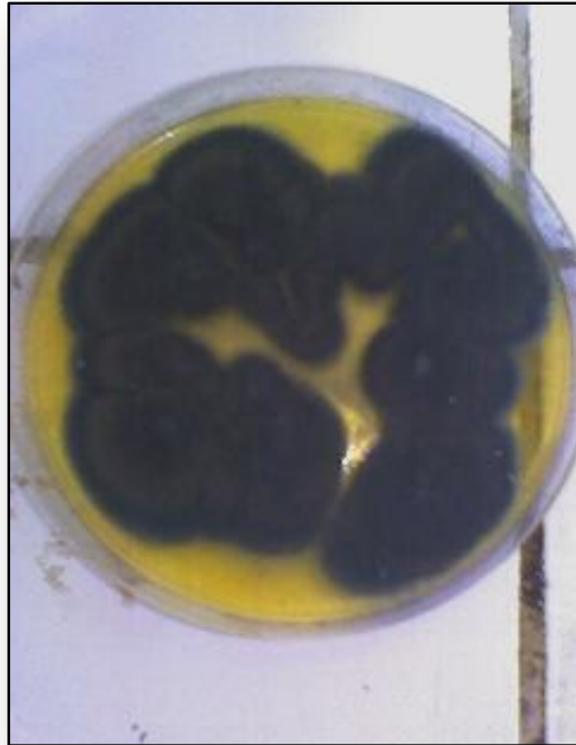


Fig. 15: Souche fongique de *M. anisopliae* var. *acridum*

(*OUTTAR, 2009*)

I.2.1.2. Préparation de l'inoculum

On prélève des petits fragments d'une culture âgée de 15 à 20 jours du champignon et nous les déposons dans un flacon contenant 50 ml d'eau distillée stérile. Pour assurer une libération maximale des spores, on agite cette suspension pendant 15 mn.

I.2.2.3. Comptage des spores et détermination des concentrations

Le comptage des spores est réalisé à l'aide d'une cellule de Neubauer sous un microscope optique après avoir déposé une goutte de la solution entomopathogène au centre de cette cellule. On dépose ensuite la lamelle sans faire de bulles d'air.

Le principe de la cellule de Neubauer consiste à compter le nombre des spores existant dans les 5 carrés groupés marqués "E" (fig.16), et on détermine la concentration de la solution mère à partir de la relation suivante :

$$\text{Spores par } \mu\text{l volume} = \frac{\text{Spores dénombrées}}{\text{Surface dénombrée (mm}^2\text{)} \cdot \text{prof. de champ (mm)} \cdot \text{dilution}}$$

- ✓ Surface dénombrée des 5 carrés correspondent à $0,2 \text{ mm}^2$
- ✓ Profondeur de champ $0,1 \text{ mm}$
- ✓ Dilution : puisque on ne peut pas compter le nombre des spores de la solution mère qui est trop dense, donc on fait appelle à plusieurs dilutions de la suspension qui possède une concentration plus élevée.

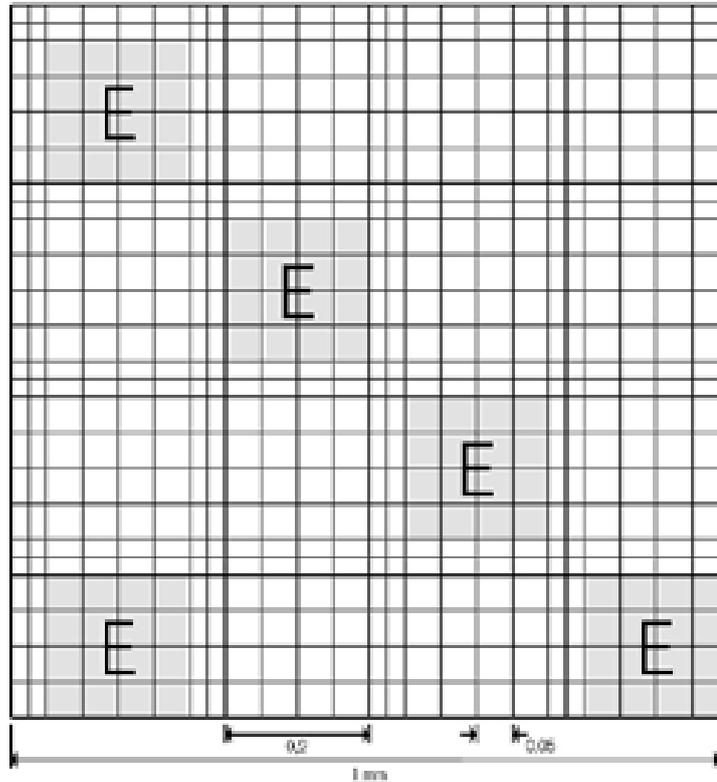


Fig. 16 : Cellule de Neubauer

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

$$\text{Spores par ml volume} = 0,22 \times 10^{10} \text{ spores/ml}$$

A partir de cette concentration, on déduit les autres concentrations qu'on veut obtenir à l'aide de la loi d'équilibre :

$$C1V1 = C2V2$$

C1 : Concentration de la solution mère.

V1 : Volume de la solution mère.

C2 : Concentration choisie.

V2 : Volume d'eau distillée pour obtenir **C2**.

Après les calculs, on obtient les doses suivantes :

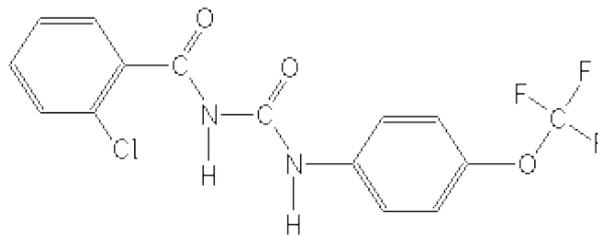
- ✓ **D1**= $0,22 \times 10^8$ spores/ml
- ✓ **D2**= $0,22 \times 10^9$ spores/ml
- ✓ **D3**= $0,22 \times 10^{10}$ spores/ml

I.2.2. Le dérégulateur de croissance: Triflumuron (T.F.M.)

❖ Présentation du Triflumuron (T.F.M.)

Ce produit est un dérégulateur de croissance à :

- **Activité** : Insecticide.
- **De la famille chimique** : Benzohyles urées.
- **Nom commercial** : Alsystin.
- **Fabriquant** : Bayer Crop Science.
- **Nom systématique** : 1-(2-chlorobenzoyl)-3-(4-trifluorométhoxyphényl)urée.
- ✓ Formule brute : $C_{15}H_{10}ClF_3N_2O_3$
- ✓ Formule développée :



➤ Propriétés physicochimiques

- ✓ Masse molaire : $358,7001 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- C 50,23%, H 2,81%, Cl 9,88%, F 15,89%, N 7,81%, O 13,38%
- ✓ État physique : il se présente sous forme d'une poudre blanche à jaunâtre.
- ✓ Solubilité dans l'eau à 20°C : $25 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$
- ✓ Solubilité dans les solvants organiques à 20°C
 - Dichlorométhane : $11700 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$
 - Acétone : $26\ 600 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$
 - Acétates d'éthyle : $23\ 300 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$
 - n-Heptane : $100 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$
- ✓ Point de fusion : 195°C
- ✓ Pression de vapeur saturante à 20°C : $3\cdot 10^{-10} \text{ mm Hg}$
- ✓ Pression de vapeur saturante à 25°C : $0,0002 \text{ mm Hg}$
- ✓ Pesanteur de la densité de la masse : $1,55 \text{ g ml}^{-1}$
- ✓ Constante de Henry à 20°C : $7,36\cdot 10^{-7}$
- ✓ Constante de Henry à 25°C : $1,79\cdot 10^{-3}$

➤ **Mode de pénétration**

- ✓ Il agit principalement par ingestion et contact sur les œufs et les larves de nombreux insectes suceurs et broyeurs.

➤ **Mode d'action :**

- ✓ C est un poison typique qui attaque le système nerveux des insectes.
- ✓ Inhibe de la synthèse de la chitine des jeunes larves, empêchant ainsi leur mue.
- ✓ Il n'a pas d'action favorisante sur les acariens phytophages.

➤ **Toxicité**

- ✓ Par ingestion : DL50 rat >5000 mg/kg
- ✓ Par contact :DL50 rat>5000 mg/kg

➤ **Formulation et titre :**

- ✓ Formulation :Souvent fourni comme concentré de suspension mélangé avec l'eau.
- ✓ 480g/l

➤ **Condition d'emploi :**

- ✓ Délai d'emploi avant récolte : 30 jours.
- ✓ Il est autorisé durant la floraison ou au cours des périodes d'exsudation du miellat consécutif aux attaques de pucerons.

➤ **Rémanence** : elle est de l'ordre de 3 semaines.

➤ **Effet sur l'environnement** : Ce produits n'est pas dangereux pour le gibier, le bétail, les oiseaux, les poissons ni pour les abeilles.Il est neutre pour la faune auxiliaire.

❖ **Utilisation et doses d'emploi :**

- ✓ Le coton et la tomate: 0,13 l / Ha. Dernière application avant la récolte: 21 jours pour le coton et 10 jours pour la tomate.
- ✓ Luzerne: 0,2 - 0,25 l / Ha.
- ✓ Maïs: 0,15- 0,2 l / Ha.
- ✓ Orge: 0,05- 0,1 / Ha.

❖ **Choix des doses**

Pour calculer les différentes doses utilisées au cours de nos expérimentations, on s'est appuyé sur la dose commercialisée et celle utilisée sur terrain afin d'obtenir une dose du produit en ml/l d'eau. Nous avons trouvé les doses suivantes :

- ✓ **D1**= 0,41 ml/l
- ✓ **D2**= 0,82 ml/l
- ✓ **D3**= 1,65 ml/l

I.2.3. L'extrait du henné: *Lawsonia inermis*

Les feuilles du henné, nous proviennent de la région d'Adrar. Leur extraction se fait selon la méthode de SASANELLI et DIVITO (1991), qui consiste à faire broyer ces feuilles à l'aide d'un mixeur après leur séchage à l'air libre. La poudre obtenue est additionnée par la suite à l'eau distillée pour nous donner une solution qui va être agitée sur un agitateur ensuite filtrée à l'aide du papier filtre. En se basant sur le principe de prendre 25 g de poudre dans 150 ml d'eau distillée. Le filtrât obtenu c'est la solution mère (S).

D'après la bibliographie et après les calculs, nous avons choisi les doses suivantes :

- ✓ **D1**= S/8(12,5% de la solution mère)
- ✓ **D2**= S/2 (50% de la solution mère)
- ✓ **D3**= S (100% de la solution mère)

II. Matériel et produits utilisés (voir annexe 1)

III. Méthodes

❖ Objectif de l'étude

Ce travail a pour but d'étudier l'effet de trois produits appartenant à trois catégories différentes, un champignon *Metarhizium anisopliae varacridum*, un dérégulateur de croissance Triflumuron (T.F.M.) et un extrait de plante, le henné *Lawsonia inermis*, sur les larves L5 de *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria*, prenant en considération les paramètres suivants :

- ✓ Effet sur la mortalité des larves L5 de *L. migratoria*.
- ✓ Effet sur la morphologie des larves L5 des deux acridiens.
- ✓ Effet sur l'évolution pondérale et le gain du poids des larves L5 des deux acridiens.
- ✓ Effet sur la durée du développement des larves L5 des deux acridiens.
- ✓ Effet sur l'activité alimentaire des larves L5 des deux acridiens.
- ✓ Effet sur le taux des protéines hémolympatiques des larves L5 des deux acridiens.

❖ Protocole expérimental

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

Pour l'étude de l'effet de trois produits sur la mortalité des larves L5 de *L. migratoria*, deux types de traitement ont été réalisés, le premier par contact consiste à la pulvérisation des trois produits directement sur les insectes, alors que pour le deuxième qui est par ingestion, les insectes sont alimentées avec du gazon traité par les trois produits, avec l'eau distillée comme témoin dans les deux cas.

Concernant la quantité du produit pulvérisé soit par contact ou par ingestion, elle est de 10 ml pour chaque produit, et pour tous les paramètres étudiés. Concernant les doses, nous avons utilisé dans le premier paramètre (l'effet sur la mortalité) trois doses afin de calculer les TL50 pour les trois produits avec les deux types de traitement. Pour les autres paramètres étudiés, nous avons choisi une dose sublétales D1, afin de suivre l'effet de ces trois produits sur les paramètres biologiques et physiologiques étudiés (tableau 1).

Tableau 1 : Les doses utilisées pour les trois produits

Produits	D1	D2	D3
<i>M. anisopliae</i>	0,22 X 10 ⁸ spores/ml	0,22 X 10 ⁹ spores/ml	0,22 X 10 ¹⁰ spores/ml
Triflumuron	0,41 ml/l	0,82 ml/l	1,65 ml/l
Le henné	12,5%	50%	100%

III.1. Etude de l'effet de trois produits sur la mortalité des larves L5 de *L. migratoria*

❖ Protocole expérimental

Pour tester l'effet de ces trois produits sur la mortalité des larves L5 de *L. migratoria*, nous avons travaillé sur un total de 684 larves venant d'émerger. On a utilisé 3 doses de traitement avec un témoin (l'eau distillée). Pour chaque dose, nous avons fait 3 répétitions et chaque répétition comprend 10 larves pour le Triflumuron, 10 pour le henné et 8 pour le *M. anisopliae*, donc nous avons utilisé 180 pour le Triflumuron, 180 pour le henné, les derniers 180 pour l'eau distillée. Comme nous avons effectué deux types de traitement (contact et ingestion), donc 90 pour le contact et 90 pour l'ingestion pour chacun de ces produits, pour *M. anisopliae* on a utilisé 144 larves dont 72 pour le contact et 72 pour l'ingestion.

Les larves de traitement sont élevées : dans des cages de dimensions : 30 x 24 x 26 cm (Fig. 17).

Chaque jour on note le nombre des larves mortes pour les témoins et pour les traitées.

La durée de cette étude est fixée jusqu'à la mue, la malformation ou la mort pour les témoins et les traités par les deux modes de pénétration.



Fig. 17 : Cages utilisées pour le traitement

(*OUTTAR, 2009*)

III.1.1. Calcul du pourcentage de mortalité

Le pourcentage de mortalité observée chez les larves L5 témoins et traitées aux trois produits est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Mortalité observée} = \frac{\text{Nombre d'individus morts}}{\text{Nombre total d'individus}} \times 100$$

III.1. 2. Calcul des DL50 et des TL50

Pour calculer les DL50 (Dose létale nécessaire et suffisante pour tuer la moitié d'une population) et les TL50 (Temps létale au bout duquel on obtient 50% de mortalité) pour chaque produit avec les deux types de traitement, nous avons transformé les temps et les doses en logarithmes décimaux, et les valeurs de pourcentages des mortalités corrigées en Probits en se servant de la table de BLISS in CAVELIER (1976). Ceci nous permet d'obtenir des équations de droites de régression de type :

$$Y = ax + b$$

Y : Probit de mortalité corrigée

X : Logarithme décimal de la dose ou du temps

A : La pente

A partir de ces équations, on calcule les DL50 et les TL50 pour les larves L5 de *L. migratoria* pour chaque produit utilisé soit par contact ou par ingestion, sachant que le Probit de 50% est égal à 5. Mais avant de calculer les DL50 et les TL50, le pourcentage de mortalité observée est corrigé par rapport au témoin selon la formule d'ABBOT (1925).

$$MC\% = \frac{M2 - M1}{100 - M1} \times 100$$

M1 : Pourcentage de mortalité chez les témoins.

M2 : Pourcentage de mortalité chez les traitées.

MC% : Pourcentage de mortalité corrigée.

III.2. Etude de l'effet de trois produits sur la morphologie, l'évolution pondérale, le gain du poids, le développement et l'activité alimentaire des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

❖ Protocole expérimental

Afin de réaliser cette étude, nous avons pris pour chaque espèce acridienne 40 L5 venant de muer, et qui donneront des femelles pour les trois produits avec le témoin (eau distillée), dont 20 larves de *S. gregaria* et 20 larves de *L. migratoria*. Nous avons réservé à chaque produit une boîte de dimensions : 37 x 18,5 x 12 cm, contenant 5 larves. Celles-ci vont être mises à jeuner pendant 24h afin de leur permettre de vider leur tube digestif et d'augmenter leur appétit.

Après 24h, nous avons marqué chaque larve au niveau de thorax par du vernis à ongles, puis donné à chaque 5 larves de chaque espèce 15 g du gazon. Nous avons utilisé dans ces paramètres le mode de traitement par contact, où la pulvérisation est effectuée uniquement sur les larves alimentées par du gazon non traité. Pour tous les traitements, le suivi est effectué jusqu'à la mue imaginale, la mal formation ou la mort pour les témoins et les traités pour les deux acridiens.

III.2.1. Effet sur l'évolution pondérale et le gain du poids

Chaque jour, les larves L5 mises dans les différentes boîtes témoins et traitées avec les trois produits ont été pesées individuellement jusqu'à la mue imaginale ou la mort afin de calculer la moyenne pondérale quotidienne et le gain du poids journalier des larves L5 des deux acridiens.

III.2.2. Effet sur la durée du développement et la morphologie

Pour étudier ce paramètre, les larves L5 témoins et traitées aux trois produits ont été suivies dès leur émergence jusqu'à la mue imaginale pour celles qui ont réussi à l'effectuer. Nous avons noté la durée moyenne de développement entre les deux stades, larve et imago. Des malformations, des anomalies et des changements morphologiques sont aussi notés pour les différents traitements appliqués sur chaque acridien.

III.2.3. Effet sur l'activité alimentaire

Quotidiennement, le reste du végétal non consommé est récupéré avec les fèces déposées par les 5 larves L5 témoins et 5 L5 traitées de chaque espèce acridienne. Ils sont emballés dans du papier aluminium portant le nom du produit et le jour de leur récupération. Ils sont ensuite séchés dans une étuve réglée à 104°C pendant 24h pour obtenir le poids sec. Trois quantités de 15 g du gazon sont aussi séchées afin de savoir leur poids sec et pour déduire la quantité moyenne sèche du végétal donné aux insectes. Après avoir récupéré les fèces et le végétal de l'étuve, ils sont ensuite placés dans un dessiccateur pour éviter toute éventuelle humidification. La pesée a été effectuée à l'aide d'une balance de précision type 0,00000 g.

III.2.3.1. Effet sur la consommation journalière des larves L5

Les pesées faites pour la matière sèche d'aliment qui reste et pour les fèces des 5 larves de chaque espèce mises dans chaque boîte, nous a permis de calculer :

a- 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 5 larves se trouvant dans chaque boîte de traitement.

b- L'egesta : c'est le poids sec des fèces des 5 larves mises dans chaque boîte de traitement.

III.2.3.2. 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 trois produits 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 *S. gregaria* et *L. migratoria*. C'est pour cela que nous avons 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, 1968).

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 (WALDBAUER, 1968).

Poids de la nourriture ingérée

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

Gain du poids

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

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 (WALDBAUER, 1968).

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

d) Pourcentage du coefficient d'utilisation digestive (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 ingera et des egesta, sur le poids des ingera. Ce rapport est multiplié par 100 (WALDBAUER, 1968).

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

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 (WALDBAUER, 1968).

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

III.3. Etude de l'effet de trois produits sur le taux des protéines hémolympatiques des larves L5 de *S. gregaria* et de *L. migratoria*.

❖ Protocole expérimental

Pour réaliser cette étude, nous avons pris 24 Larves L5 futures femelles venant de muer, dont 12 larves de *S. gregaria* et 12 larves de *L. migratoria*. Les lots de trois larves de chaque

espèce sont mis dans des boîtes de dimension : 14 x 14 x 6 cm. Chaque larve est marquée au niveau de thorax par un vernis à ongles. Nous avons réalisé le mode de traitement par contact, le témoin est traité à l'eau distillée. Les larves sont alimentées par du gazon.

L'étude quantitative des protéines hémolympatiques fait l'objet d'un prélèvement de l'hémolymphe, effectué le 4^{ème} et le 8^{ème} jour de traitement pour chaque larve de chaque espèce acridienne.

On prélève 10 µl de l'hémolymphe à l'aide d'une micropipette à usage unique, suite à une blessure provoquée après une légère piqure appliquée au niveau de la partie inter céphalothoracique de l'insecte. Ensuite, on exerce une légère pression sur le thorax pour permettre à l'hémolymphe de sortir à travers la blessure pratiquée. Notons que ce prélèvement doit être effectué dans un endroit chaud à proximité d'un chauffage, afin d'éviter la coagulation de l'hémolymphe.

L'hémolymphe recueillie est déposée dans des microtubes Eppendorf portant des étiquettes, où sont mentionnés le produit et le jour de prélèvement. Ces derniers sont mis dans le congélateur, pour les conserver à - 20°C, jusqu'à leur utilisation.

III.3.1. Dosage quantitatif des protéines

Cette étude a pour but de mesurer et comparer la teneur en protéines totales de l'hémolymphe des larves L5 des deux acridiens témoins et traitées aux trois produits, à l'aide des réactions colorimétriques spécifiques réalisées selon la méthode de BRADFORD (1976).

Le principe de cette méthode est basé sur l'utilisation d'un colorant, le bleu de Coomassie brillant G-250, qui forme un complexe coloré présentant un maximum d'absorption à 595 nm. La fixation de ce colorant aux protéines s'effectue très rapidement (approximativement pendant 2 mn) et le complexe protéine-colorant reste stable pendant 1 heure environ.

Pour la quantification des protéines hémolympatiques, on doit préparer des solutions nécessaires pour ce dosage.

❖ Solutions à préparer :

➤ **Réactif de Bradford :** Il se prépare comme suit :

- ✓ Bleu de Coomassie G-250 —————→ 100mg
- ✓ Ethanol 95° —————→ 50ml
- ✓ Acide orthophosphorique —————→ 85% 100ml

- ✓ Compléter le volume à 1 litre par l'eau distillée.

A noter que la préparation de ce réactif doit être effectuée dans un flacon marron foncé enveloppé avec du papier aluminium pour éviter sa détérioration suite à son contact avec la lumière.

➤ **Solutions à analyser :**

Comme nos échantillons sont congelés, dès leur sortie du congélateur on complète chacun par 100 ml d'eau distillée, puis on les agite à l'aide d'un vortex.

➤ **Solutions étalons de protéines :**

Elles sont préparées à partir d'une solution mère de sérumalbumine bovine (BSA) à 1%. Donc nous avons dissout 1 g de BSA dans 100 ml d'eau distillée. Et à partir d'une solution mère de 1 µg/ µl, nous avons préparé les solutions diluées de concentrations croissantes : à 20, 40, 60, 80 et 100 µg/µl, afin de réaliser la courbe de référence.

❖ **Réaction colorée :**

Dans des tubes à essais numérotés de 1 à 6 pour les solutions étalons de BSA, et les autres tubes contenant les échantillons à analyser et portant toutes les indications nécessaires tels que le produit, le type de traitement et le jour de prélèvement, le réactif de Bradford est ajouté selon les indications du tableau 2.

Ensuite les tubes des différentes solutions sont incubés à une température ambiante pendant 5mn à l'obscurité avant la lecture des absorbances.

Tableau 2 : La préparation des solutions de la gamme étalon et les échantillons.

BSA (µl)	0	20	40	60	80	100	Echantillons (10 µl)
Eau distillée (ml)	1,600	1,580	1,560	1,540	1,520	1,500	1,590
Réactif de Bradford (µl)	400	400	400	400	400	400	400

✓ **Lecture des absorbances :**

La lecture des densités optiques est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à 595 nm après l'avoir étalonné avec le témoin, en utilisant une cuve de 1 cm d'épaisseur. Nous avons commencé par la Gamme étalon (BSA), pour l'établissement de la courbe de référence, en suivant les étapes suivantes :

- Prendre la cuve du spectrophotomètre et la remplir avec les solutions de la BSA, une par une, en commençant par la faible concentration jusqu'à la forte concentration. La cuve doit être remplie au moins aux 2/3.

- Avant de faire passer les solutions à analyser, on doit les agiter à l'aide d'un vortex, dans le but de les homogénéiser.
- Pendant l'analyse des solutions de la BSA à travers le spectrophotomètre, il faut à chaque passage de chaque solution, vider le contenu de la cuve et la rincer avec un peu de la solution qui suit et qui va être mise à analyser.
- Puis il faut tracer la courbe de référence, qui exprime les densités optiques en fonction des concentrations du BSA.

Après l'établissement de la courbe de référence, il faut analyser les échantillons en suivant les mêmes étapes que précédemment. Dans ce cas les cuves vont être rincées avec de l'eau distillée après les avoir vidées de leur contenu, après le passage de chaque échantillon.

Les densités optiques obtenues pour ces échantillons vont être projetées sur la courbe de référence, afin d'obtenir leurs concentrations protéiques.

III.4. Analyse statistique

Pour donner une signification statistique aux résultats trouvés à travers les différents paramètres étudiés, le traitement des données est effectué à l'aide du logiciel XL. STAT version 6.0 - ANOVA-, dont on a utilisé l'analyse de la variance à intervalle de confiance de 95%.

Chapitre III

Résultats

Chapitre III : Résultats

I. Effet de trois produits sur la mortalité des larves L5 de *L. migratoria*

Les pourcentages des mortalités journalières cumulées des larves L5 de *L. migratoria*, traitées aux trois produits par contact et par ingestion sont portés sur les tableaux 1, 2, 3, 4, 5 et 6 (Annexe 2) et illustrés par les figures 18, 19, 20, 21, 22 et 23.

L'effet de traitement des trois produits sur les larves L5 de *L. migratoria*, se manifeste par une mortalité qui diffère d'un produit à un autre et d'une dose à une autre et même aussi d'un mode de traitement à un autre. La mortalité commence au moment de la mue pour le Triflumuron et le henné et avec l'infection cryptogamique pour *M. anisopliae*. Pour le Triflumuron appliqué par le mode de traitement par contact, le 100% de mortalité est enregistré à la dose D1 au 18^{ème} jour et à la dose D2 et D3 au 19^{ème} jour. Quand aux larves L5 alimentées par du gazon traité au Triflumuron, le taux de mortalité est de 96,67% au 21^{ème} jour à la dose D1 et il est de 100% au 18^{ème} jour à la dose D2 et au 20^{ème} jour à la dose D3. Pour le henné, le 100% de mortalité est obtenu au 21^{ème} jour à la dose D1, au 20^{ème} jour à la dose D2 et à la dose D3 au 16^{ème} jour. Les larves nourries à base du gazon traité par l'extrait du henné donnent un taux de mortalité de 96,67% au 21^{ème} jour à la dose D1, et 100% à la dose D2 et D3 respectivement au 19^{ème} jour et au 22^{ème} jour. Nous avons constaté aussi avec *M. anisopliae*, un début de mortalité au 11^{ème} jour à la dose D1 avec 4,17%, au 9^{ème} jour à la dose D2 avec 8,33% et à la dose D3 au 5^{ème} jour avec 4,17%. Ce taux de mortalité atteint 79,17% à la dose D1, 70,83 à la dose D2 et 100% à la dose D3 au 22^{ème} jour pour le traitement par contact. Chez les larves L5 traitées au *M. anisopliae* par ingestion, un début de mortalité a été enregistré avec 16,67% au 9^{ème} jour à la dose D1, ce taux est de 4,17% à la dose D2 et de 20,8% à la dose D3 au 6^{ème} jour. Au 22^{ème} jour, ce taux arrive à 91,67% à la dose D1, 79,17% à la dose D2 et 91,67 à la dose D3. On a enregistré aussi chez les témoins un taux de mortalité de 20% reste stable pendant le développement des larves pour le traitement par contact et un taux de 3,33% reste stable pendant le développement des larves pour le traitement par ingestion (fig. 18, 19, 20, 21, 22 et 23).

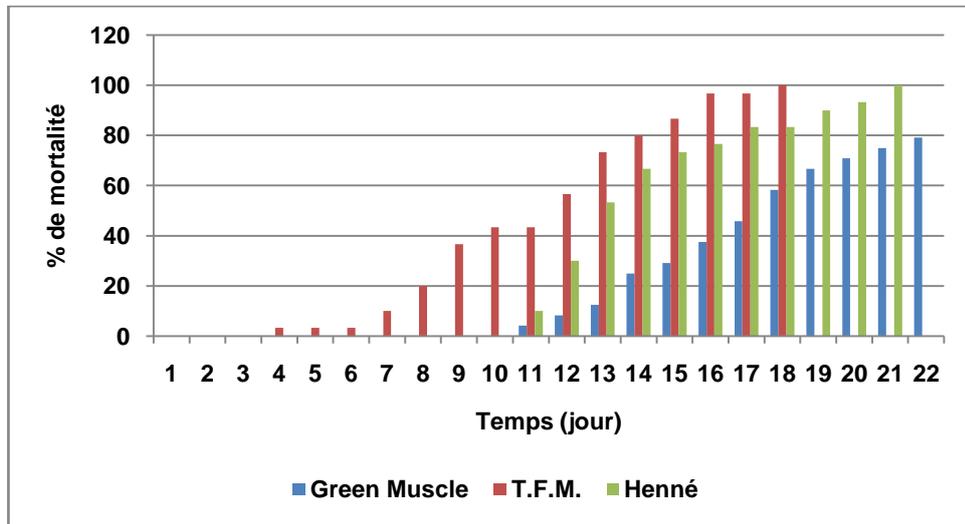


Fig.18: Pourcentage des mortalités journalières cumulées des larves L5 de *L. migratoria*, traitées aux trois produits par contact à la dose D1

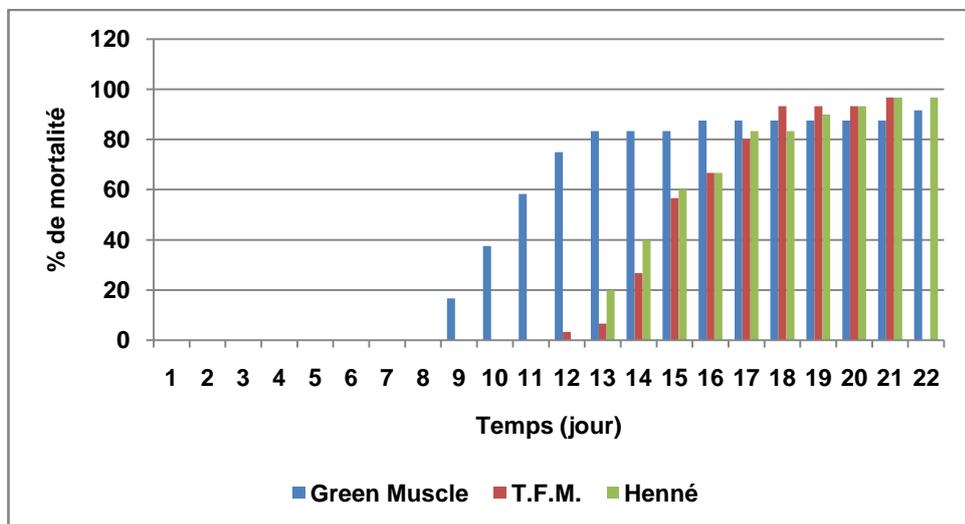


Fig.19: Pourcentage des mortalités journalières cumulées des larves L5 de *L. migratoria*, traitées aux trois produits par ingestion à la dose D1

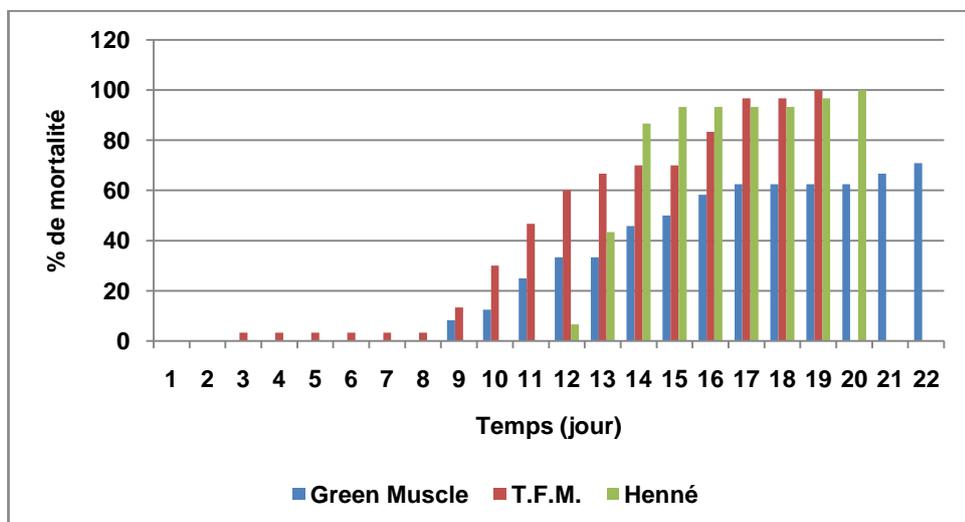


Fig.20: Pourcentage des mortalités journalières cumulées des larves L5 de *L. migratoria*, traitées aux trois produits par contact à la dose D2

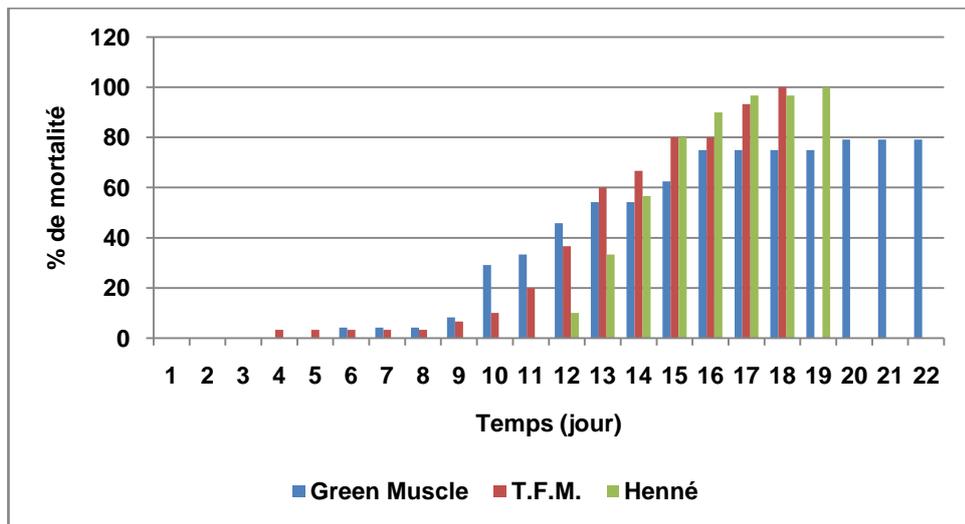


Fig.21: Pourcentage des mortalités journalières cumulées des larves L5 de *L. migratoria*, traitées aux trois produits par ingestion à la dose D2

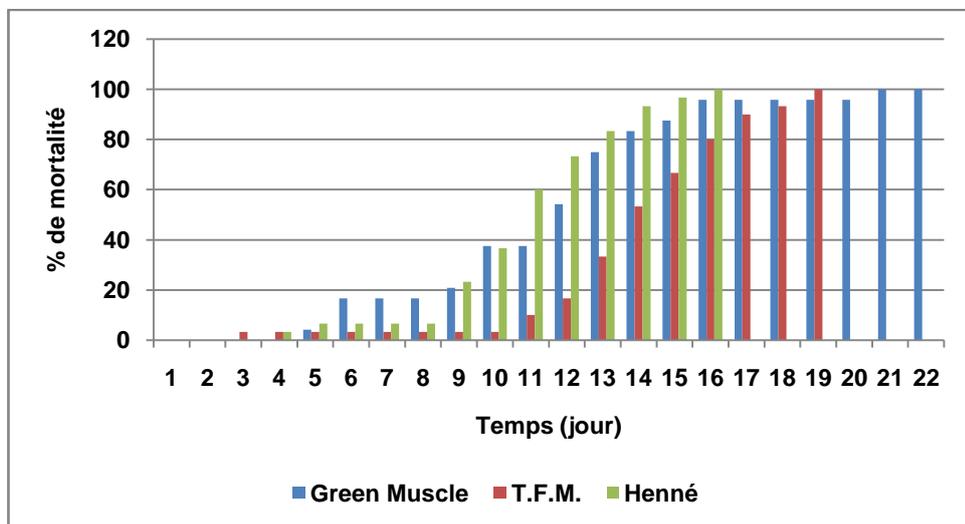


Fig.22: Pourcentage des mortalités journalières cumulées des larves L5 de *L. migratoria*, traitées aux trois produits par contact à la dose D3

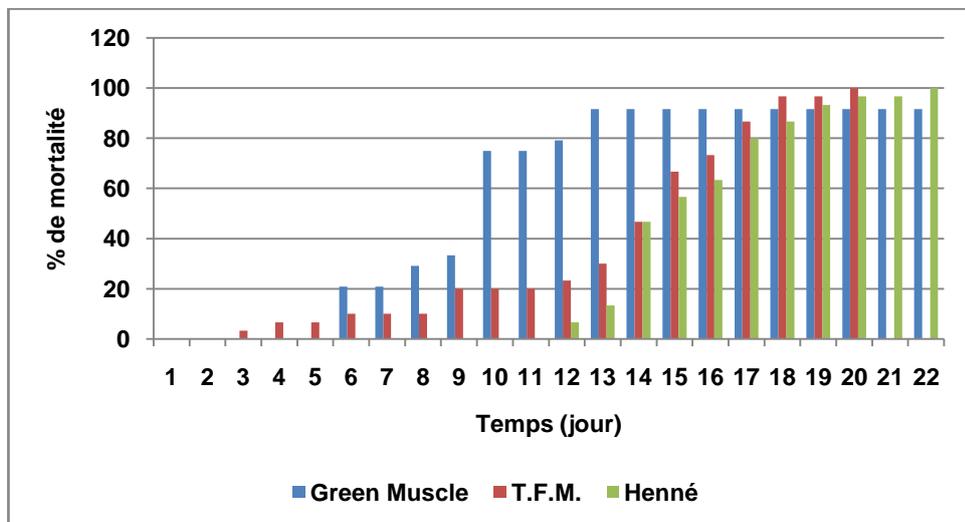


Fig.23: Pourcentage des mortalités journalières cumulées des larves L5 de *L. migratoria*, traitées aux trois produits par ingestion à la dose D3

I.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur les larves L5 de *L. migratoria*

Les résultats de l'analyse de la variance sont portés sur les tableaux 3, 4, 5, 6, 7 et 8.

Tableau 3 : Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur les L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	24	73698,201	3070,758	12,550	< 0,0001
Résidus	63	15414,923	244,681		
Total	87	89113,123			

Tableau 4 : Effet de traitement par ingestion de *M. anisopliae* sur les L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	24	105319,697	4388,321	11,449	< 0,0001
Résidus	63	24147,569	383,295		
Total	87	129467,266			

Tableau 5 : Effet de traitement par contact de Triflumuron sur les L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	24	74029,497	3084,562	10,452	< 0,0001
Résidus	53	15641,301	295,119		
Total	77	89670,798			

Tableau 6 : Effet de traitement par ingestion de Triflumuron sur les L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	24	71471,458	2977,977	6,992	< 0,0001
Résidus	56	23849,530	425,884		
Total	80	95320,988			

Tableau 7 : Effet de traitement par contact de henné sur les L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	24	82356,741	3431,531	7,974	< 0,0001
Résidus	54	23238,196	430,337		
Total	78	105594,937			

Tableau 8 : Effet de traitement par ingestion de henné sur les L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	24	89025,093	3709,379	8,020	< 0,0001
Résidus	60	27752,162	462,536		
Total	84	116777,255			

Les tableaux 3, 4, 5, 6, 7 et 8 nous montrent qu'il y a une différence hautement significative entre la mortalité journalière cumulée des larves témoins et celle des traitées aux trois produits par les deux types de traitement contact et ingestion (probabilité < 0,05).

I. 2. Détermination des DL50 et des TL50

Après les transformations faites sur les temps et les doses en logarithmes décimaux, et les valeurs de pourcentages des mortalités corrigées en Probits, nous avons tracé les droites de régression avec ses équations. Ceci nous permet de déterminer les DL50 et les TL50 pour les larves L5 de *L. migratoria* pour chaque produit utilisé soit par contact ou par ingestion.

I.2.1. Efficacité du *M. anisopliae*

Les résultats de l'efficacité de traitement par contact et par ingestion de *M. anisopliae* sur les larves L5 de *L. migratoria* sont portés sur les tableaux 7, 8, 9 et 10 (Annexe 2) et illustrés par (fig. 24), (fig. 25a, b et c) et (fig. 26a, b et c).

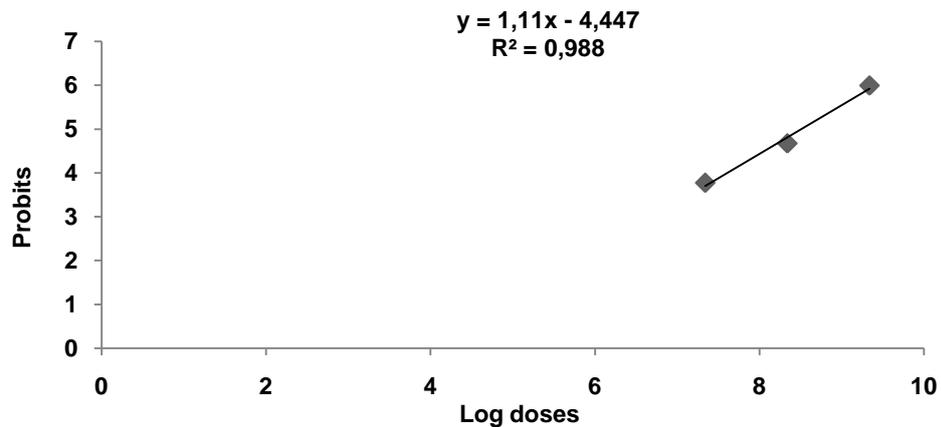
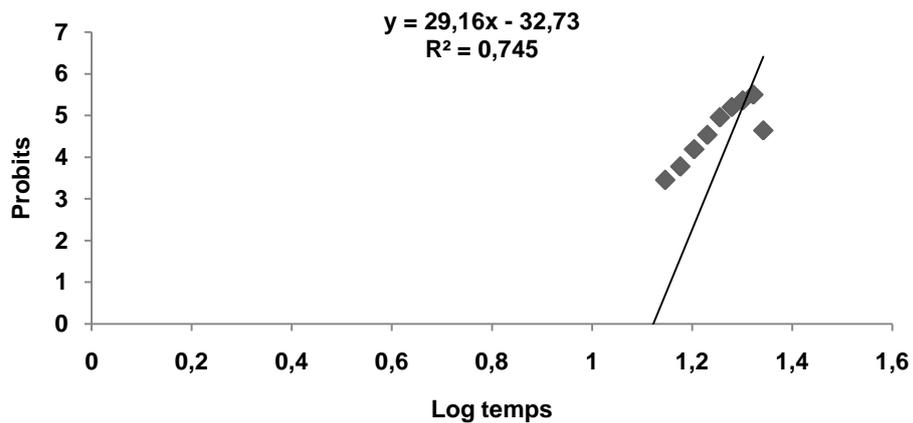


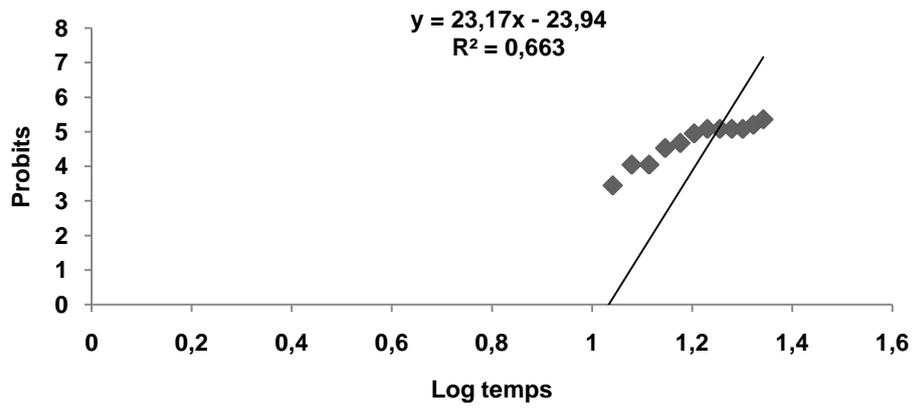
Fig.24: Efficacité de *M. anisopliae* vis-à-vis des L5 de *L. migratoria* par le mode contact

La DL50 de traitement par contact de *M. anisopliae* sur les L5 de *L. migratoria* au 15^{ème} jour est égale à $0,32 \times 10^9$ spores/ml.



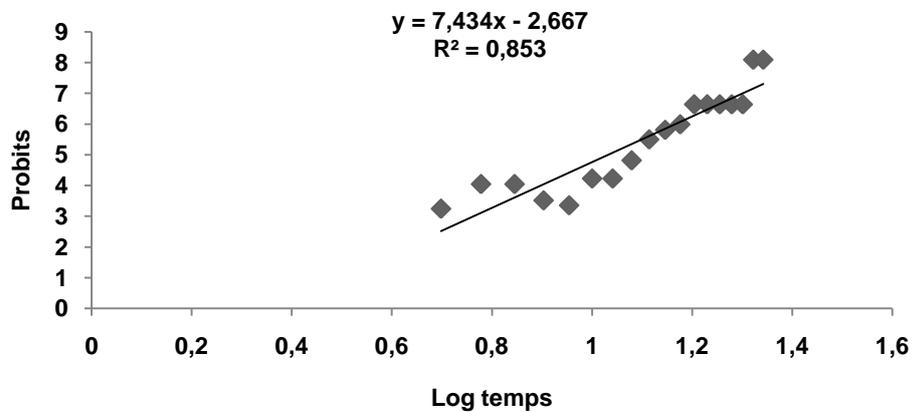
a. $D1=0.22 \times 10^8$

La TL50 de traitement par contact de *M. anisopliae* sur les L5 de *L. migratoria* à la dose D1 est égale à 19,67 jours.



b. $D2=0.22 \times 10^9$

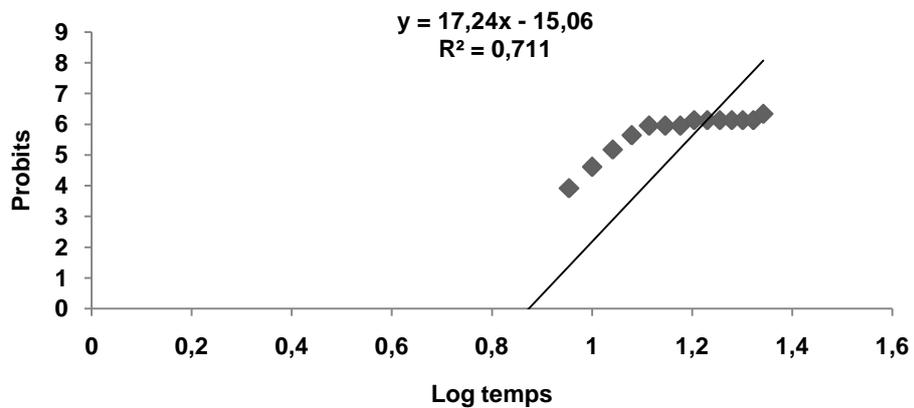
La TL50 de traitement par contact de *M. anisopliae* sur les L5 de *L. migratoria* à la dose D2 est égale à 17,74 jours.



c. $D3=0.22 \times 10^{10}$

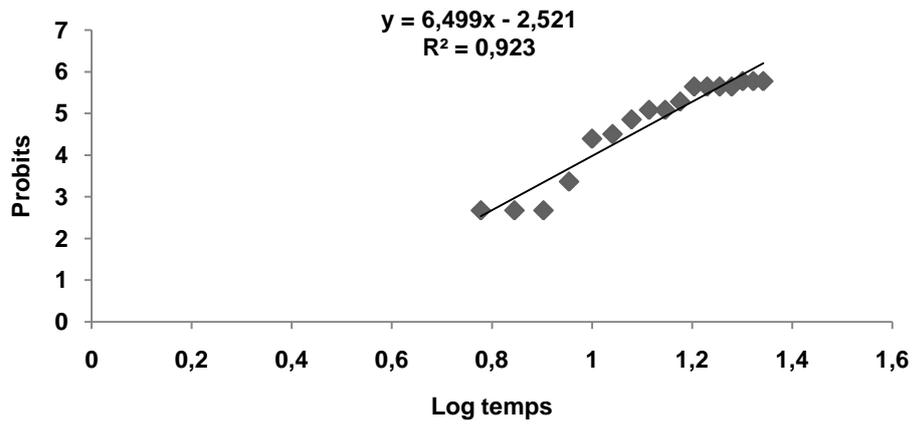
Fig.25: Efficacité de différentes doses de *M. anisopliae* dans le temps vis-à-vis des L5 de *L. migratoria* par le mode contact

La TL50 de traitement par contact de *M. anisopliae* sur les L5 de *L. migratoria* à la dose D3 est égale à 10,74 jours.



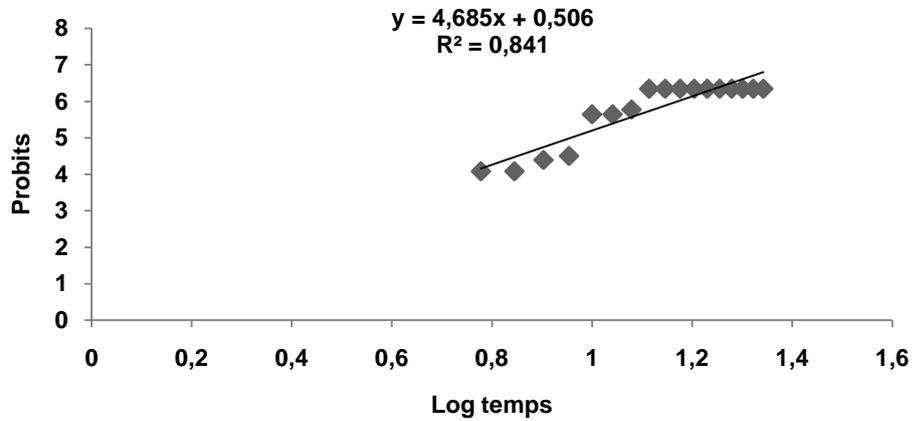
a. $D1=0.22 \times 10^8$

La TL50 de traitement par ingestion de *M. anisopliae* sur les L5 de *L. migratoria* à la dose D1 est égale à 14,57 jours.



b. $D2=0.22 \times 10^9$

La TL50de traitement par ingestion de *M. anisopliae* sur les L5 de *L. migratoria* à la dose D2 est égale à 14,36 jours.



c. $D3=0.22 \times 10^{10}$

Fig.26: Efficacité de différentes doses de *M. anisopliae* dans le temps vis-à-vis des L5 de *L. migratoria* par le mode ingestion

La TL50de traitement par ingestion de *M. anisopliae* sur les L5 de *L. migratoria* à la dose D3 est égale à 9,10 jours.

I.2.2. Efficacité du Triflumuron

Les résultats de l'efficacité de traitement par contact et par ingestion de Triflumuron sur les larves L5 de *L. migratoria* sont portés sur les tableaux 11, 12, 13 et 14 (Annexe 2) et illustrés par (fig. 27), (fig. 28) et (fig. 29a, b et c).

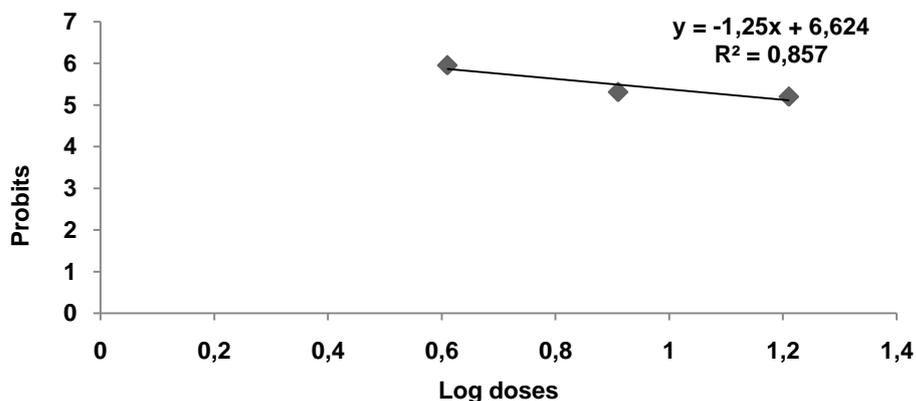


Fig.27: Efficacité de Triflumuron vis-à-vis des L5 de *L. migratoria* par le mode contact

La DL50 de traitement par contact de Triflumuron sur les L5 de *L. migratoria* au 15^{ème} jour est égale à 1,99 ml/l.

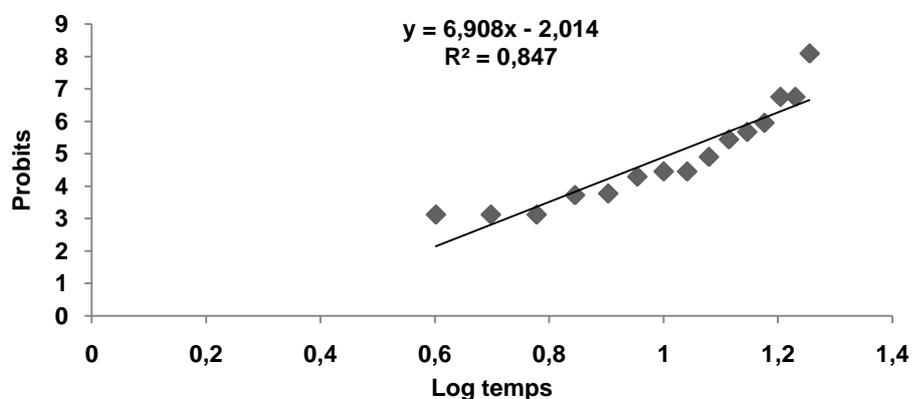
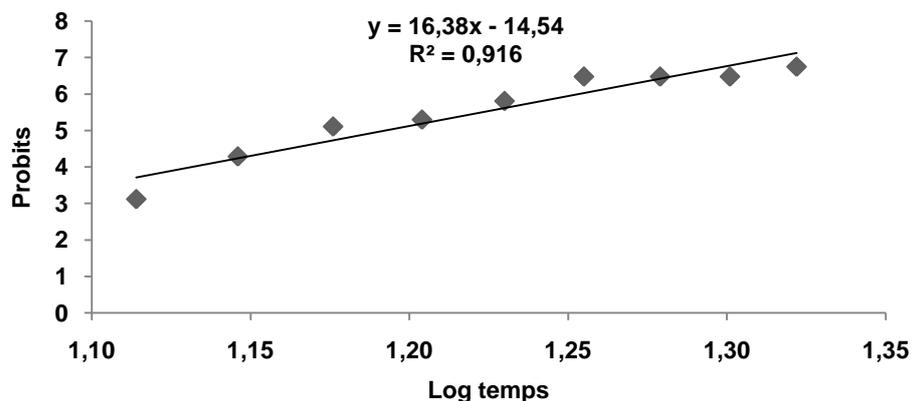


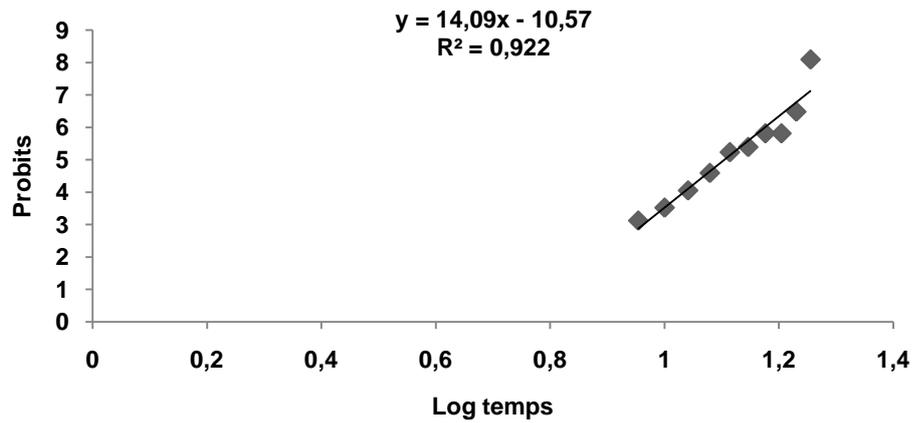
Fig.28: Efficacité de traitement par contact de Triflumuron sur les larves L5 de *L. migratoria* à la dose D1=0.41 ml/l dans le temps

La TL50 de traitement par contact de Triflumuron sur les L5 de *L. migratoria* à la dose D1 est égale à 10,36 jours.



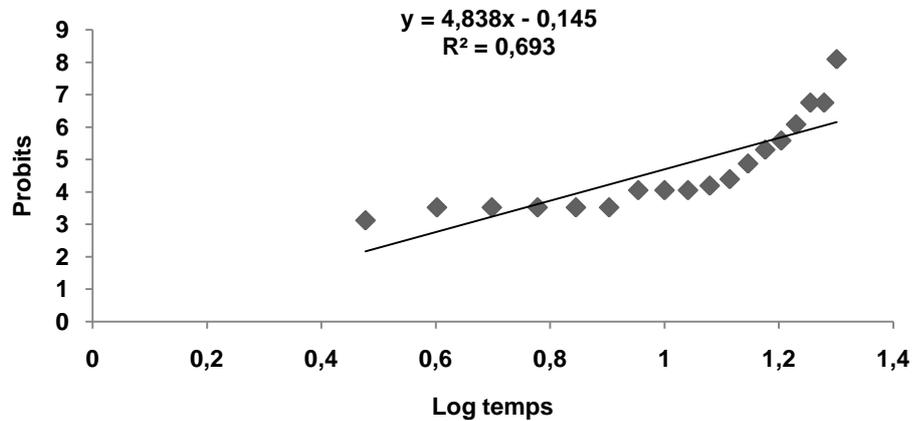
a. D1=0.41 ml/l

La TL50 de traitement par ingestion de Triflumuron sur les L5 de *L. migratoria* à la dose D1 est égale à 15,59 jours.



b. D2=0.82 ml/l

La TL50 de traitement par ingestion de Triflumuron sur les L5 de *L. migratoria* à la dose D2 est égale à 12,73 jours.



c. D3=1.65 ml/l

Fig.29: Efficacité de différentes doses de Triflumuron dans le temps vis-à-vis des L5 de *L. migratoria* par le mode ingestion

La TL50 de traitement par ingestion de Triflumuron sur les L5 de *L. migratoria* à la dose D3 est égale à 11,57 jours.

I.2.3. Efficacité du henné

Les résultats de l'efficacité de traitement par contact et par ingestion de henné sur les larves L5 de *L. migratoria* sont portés sur les tableaux 15, 16, 17 et 18 (Annexe 2) et illustrés par les (fig. 30) (fig. 31a et b) et (fig. 32a, b et c).

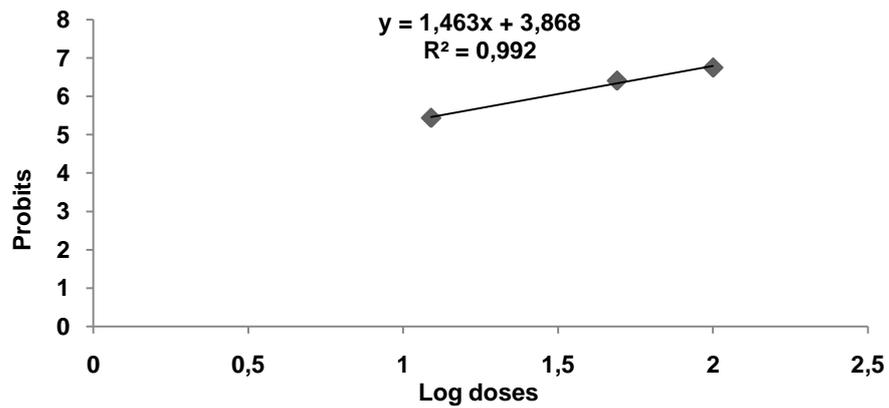
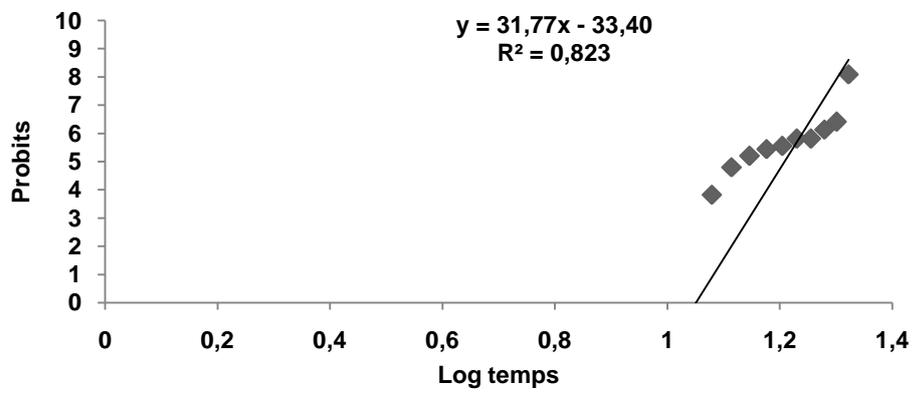
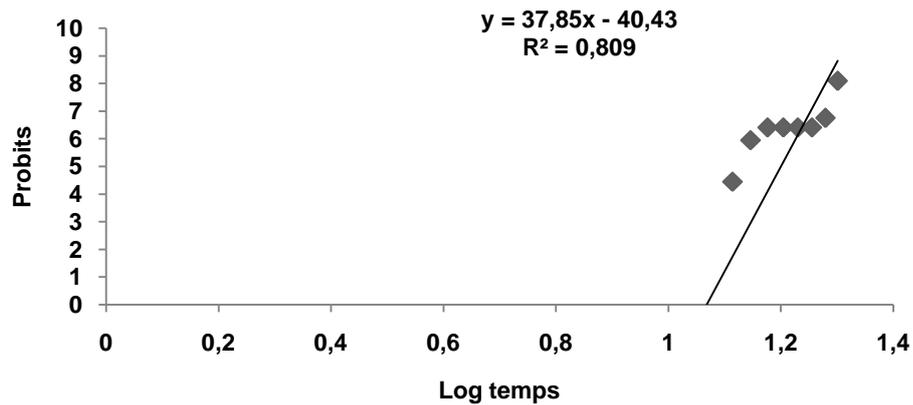


Fig.30: Efficacité de henné vis-à-vis des L5 de *L. migratoria* par le mode contact
 La DL50 de traitement par contact de henné sur les L5 de *L. migratoria* au 15^{ème} jour est égale à 5,94%.



a. D1=12.5%

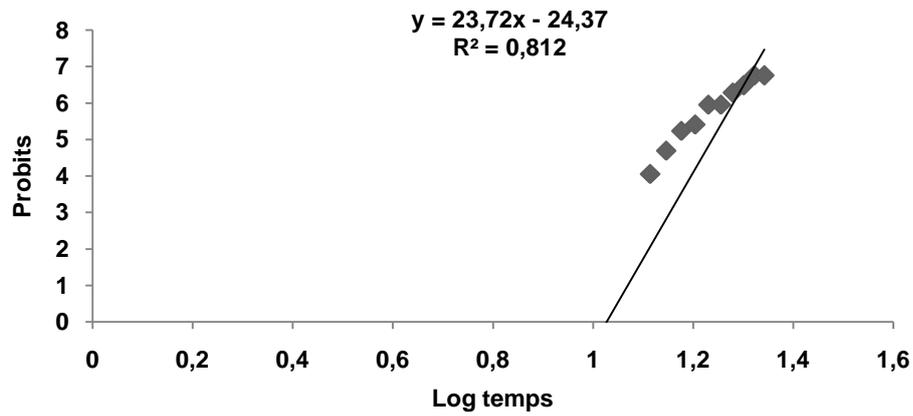
La TL50 de traitement par contact de henné sur les L5 de *L. migratoria* à la dose D1 est égale à 16,17 jours.



b. D2=50%

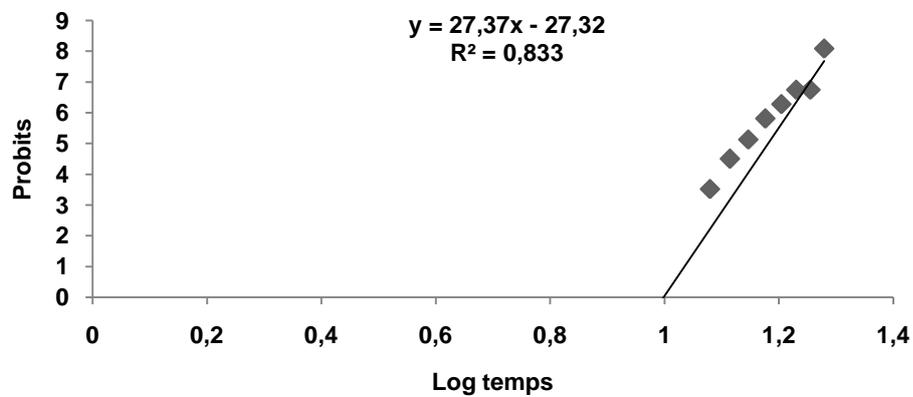
Fig.31: Efficacité de différentes doses de henné dans le temps vis-à-vis des L5 de *L. migratoria* par le mode contact

La TL50 de traitement par contact de henné sur les L5 de *L. migratoria* à la dose D2 est égale à 15,85 jours.



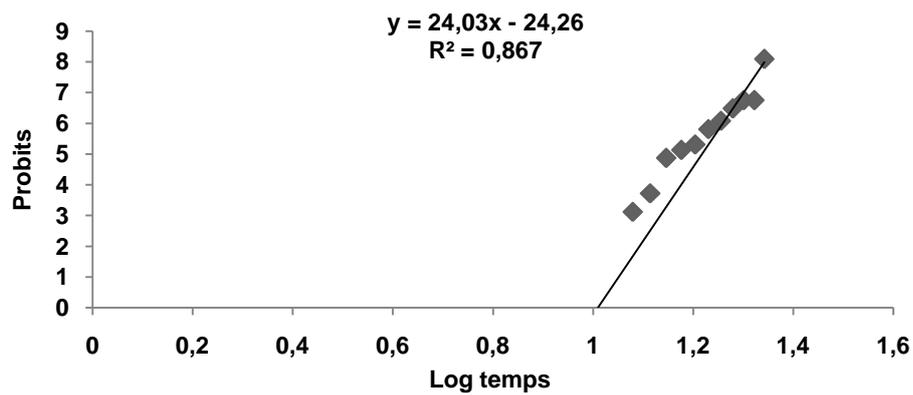
a. D1=12.5%

La TL50 de traitement par ingestion de henné sur les L5 de *L. migratoria* à la dose D1 est égale à 17,30 jours.



b. D2=50%

La TL50 de traitement par ingestion de henné sur les L5 de *L. migratoria* à la dose D2 est égale à 15,16 jours.



c. D3=100%

Fig.32: Efficacité de différentes doses de hennédans le temps vis-à-vis des L5 de *L. migratoria* par le mode ingestion

La TL50 de traitement par ingestion de henné sur les L5 de *L. migratoria* à la dose D3 est égale à 16,50 jours.

A partir des équations des droites de régression représentées dans les (fig. 24), (fig. 25a, b et c), (fig. 26a, b et c), (fig. 30) (fig. 31a et b), (fig. 32a, b et c), (fig. 27), (fig. 28) et (fig. 29a, b et c), nous avons déduit les valeurs des DL50 et des TL50 pour les trois produits appliqués sur les larves L5 de *L. migratoria* avec les deux types de traitement à différentes doses. Pour le traitement par contact de Triflumuron à la dose D2 et D3 et le traitement de henné à la dose D3, les TL50 ne sont pas calculés, et même aussi que les DL50 des trois produits par le mode ingestionne sont pas calculés car les droites de regression obtenues sont inadéquates (R^2 est faible). Les valeurs des DL50 et TL50 obtenus sont mentionés sur les tableaux 9, 10 et 11.

Tableau 9 :Equations des droites de régression, coefficients de régressions et les valeurs de DL50 évaluées pour chaque produit utilisé par contact contre les larves L5 de *L. migratoria*

Produits	Equation derégression	Coefficient derégression (R^2)	Dose létal 50 (DL50)
<i>M. anisopliae</i>	$y=1,11x-4,447$	$R^2=0,988$	DL50= $0,32 \times 10^9$ spores/ml
Triflumuron	$y=-1,25x+6,624$	$R^2=0,857$	DL50=1,99 ml/l
Le henné	$y=1,463x+3,868$	$R^2=0,992$	DL50=5,94%

Tableau 10 :Equations des droites de régression, coefficients de régressions et les valeurs de TL50 évaluées pour chaque produit utilisé par contact contre les larves L5 de *L. migratoria*

Produits	Doses	Equation de régression	Coefficient de régression (R^2)	Temps létal 50 (TL50) (en jours)
<i>M. anisopliae</i>	D1= $0,22 \times 10^8$ spores/ml	$y=29,16x-32,73$	$R^2=0,745$	TL50=19,67
	D2= 0.22×10^9 spores/ml	$y=23,17x-23,94$	$R^2=0,663$	TL50=17,74
	D3= 0.22×10^{10} spores/ml	$y=7,434x-2,667$	$R^2=0,853$	TL50=10,74
Triflumuron	D1=0.41 ml/l	$y=6,908x-2,014$	$R^2=0,847$	TL50=10,36
	D2=0.82 ml/l	/	/	/
	D3=1.65 ml/l	/	/	/
Le henné	D1=12.5%	$y=31,77x-33,40$	$R^2=0,823$	TL50=16,17
	D2=50%	$y=37,85x-40,43$	$R^2=0,809$	TL50=15,85
	D3=100%	/	/	/

Tableau 11 :Equations des droites de régression, coefficients de régressions et les valeurs de TL50 évaluées pour chaque produit utilisé par ingestion contre les larves L5 de *L. migratoria*

Produits	Doses	Equation de régression	Coefficient de régression (R ²)	Temps léthal 50 (TL 50) (en jours)
<i>M. anisopliae</i>	D1= 0,22 X 10⁸ spores/ml	y=17,24x-15,06	R ² =0,711	TL50=14,57
	D2=0.22X10⁹ spores/ml	y=6,499x-2,521	R ² =0,923	TL50=14,36
	D3=0.22X10¹⁰ spores/ml	y=4,685x+0,506	R ² =0,841	TL50=9,10
Triflumuron	D1=0.41 ml/l	y=16,38x-14,54	R ² =0,916	TL50=15,59
	D2=0.82 ml/l	y=14,09x-10,57	R ² =0,922	TL50=12,73
	D3=1.65 ml/l	y=4,838x-0,145	R ² =0,693	TL50=11,57
Le henné	D1=12.5%	y=23,72x-24,37	R ² =0,812	TL50=17,30
	D2=50%	y=27,37x-27,32	R ² =0,833	TL50=15,16
	D3=100%	y=24,03x-24,26	R ² =0,867	TL50=16,50

Les DL50 et les TL50 représentés dans les tableaux 9, 10 et 11 ont été calculés à partir des équations issues des droites de régression pour déterminer la dose suffisante pour tuer la moitié d'une population pour les DL50, et afin de connaître l'efficacité des trois produits dans le temps pour les TL50. D'après les résultats, nous avons enregistré une DL50=0,32 x 10⁹ spores/ml pour *M. anisopliae*, une DL50=1,99 ml/l pour le Triflumuron et une DL50=5,94% pour le henné avec le traitement par contact. Il ressort aussi que les valeurs des TL50 diffèrent d'un produit à un autre et d'une dose à une autre et aussi d'un mode de traitement à un autre. Les TL50 enregistrés sont avec le traitement par contact de l'ordre de 19,67j, 17,74j et 10,74j respectivement aux doses D1, D2 et D3 pour *M. anisopliae*. Il est de 10,36j à la dose D1 pour le Triflumuron et 16,17j et 15,85j respectivement aux doses D1 et D2 pour le henné. Quant au mode de traitement par ingestion les TL50 sont de l'ordre de 14,57j, 14,36j et 9,10j respectivement aux doses D1, D2 et D3 pour *M. anisopliae*. Il atteint 15,59j, 12,73j et 11,57j aux doses D1, D2 et D3 pour le Triflumuron et 17,30j, 15,16j et 16,50j respectivement aux doses D1, D2 et D3 pour le henné. Donc, il apparaît que *M. anisopliae* appliqué par ingestion est le plus toxique à la forte dose D3, suivi par le Triflumuron appliqué par contact à la faible dose D1, ensuite le henné appliqué par ingestion à la dose D2.

II. Effet de trois produits sur la morphologie, l'évolution pondérale, le gain du poids, le développement et l'activité alimentaire des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

II.1. Effet sur la morphologie

D'après les observations réalisées chaque jour sur les larves L5 de *S. gregaria* et de *L. migratoria* traitées aux trois produits, nous avons constaté qu'il y a des changements morphologiques signalés au niveau des larves L5 des deux espèces traitées aux trois produits.

II.1.1. Effet du *M. anisopliae*

Les larves L5 de *S. gregaria* et de *L. migratoria* traitées au *M. anisopliae* var *acridum* manifestent une activité normale similaire à celle des larves témoins pendant les jours de traitement et aucune malformation n'est notée. Mais après leur mort elles présentent des changements morphologiques au niveau de la coloration, elles deviennent complètement rouges (fig.33 et 34) puis elles se momifient (fig.35 et 36).



Fig.33 : Larve L5 de *S. gregaria* rougeâtre après le traitement par *M. anisopliae*

Original



Fig.34 : Larve L5 de *L. migratoria* rougeâtre après le traitement par *M. anisopliae*

Original



Fig.35 : Momification d'une larve L5 de *S. gregaria* traitée par *M. anisopliae*

Original



Fig.36 : Momification d'une larve L5 de *L. migratoria* traitée par *M. anisopliae*

Original

II.1.2. Effet du Triflumuron

Les larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées au Triflumuron paraissent normales et continuent à s'alimenter après le jour de traitement jusqu'au moment de la mue imaginale, où elles sont affaiblies, elles trouvent des difficultés pour muer et elles finissent par mourir. Les deux espèces présentent les mêmes symptomatologies, où nous avons noté des malformations morphologiques au moment de la mue telles que : un corps mou; une augmentation au niveau de la taille; un gonflement au niveau de pronotum; ouverture des ébauches alaires, déformation des pattes postérieures au niveau des tibias et un blocage de la mue (fig.37 a et b).



b : *L. migratoria*

Fig.37: Larves L5 traitées au Triflumuron

Original

b : *L. migratoria*

II.1.3. Effet du henné

Les résultats obtenus nous ont permis de constater que les larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées au henné, montrent une activité normale et continuent à s'alimenter pendant les jours qui suivent le traitement. Mais au moment de la mue imaginale, elles présentent des malformations morphologiques identiques. Elles sont affaiblies et présentent

des difficultés pour exuvier, donc elles souffrent pour se débarrasser de leurs exuvies, mais elles n'y parviennent pas et restent emprisonnées et finissent par mourir. Nous avons noté aussi une augmentation au niveau de la taille et des déformations au niveau des élytres (fig.38 a et b).



a :*S. gregaria*



b :*L. migratoria*

Fig.38:Larves L5 traitées au henné

Original

II.2. Effet sur l'évolution pondérale et le gain du poids

II.2.1. Effet sur l'évolution pondérale

Les résultats du poids moyen des larves L5 femelles de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact sont portés respectivement sur les tableaux 19 et 20 (Annexe 2) et illustrés par les figures 39,40, 41, 42, 43 et 44.

Les résultats des pesées faites quotidiennement sur les larves L5 femelles des deux acridiens traitées aux trois produits par contact, nous montrent qu'il y a une légère différence entre le poids des larves traitées aux trois produits pour *S. gregaria* et *L. migratoria* comparativement aux témoins. En effet le poids moyen initial enregistré pour *L. migratoria* est de $0,44 \pm 0,05$ g chez les témoins, $0,46 \pm 0,05$ g chez les traitées au *M. anisopliae*, $0,56 \pm 0,05$ g chez les traitées au Triflumuron et $0,52 \pm 0,04$ g chez les traitées au henné. Ce poids est de $1,14 \pm 0,15$ g chez les témoins, $0,82 \pm 0,04$ g chez les traitées au *M. anisopliae*, $0,92 \pm 0,11$ g chez les traitées au Triflumuron et $0,96 \pm 0,09$ g chez les traitées au henné pour *S. gregaria*. Le poids augmente avec le temps et avec le développement des larves et arrive à un poids moyen final, qui est de $2,13 \pm 0,23$ g et $1,1 \pm 0,18$ g respectivement pour les larves de *S. gregaria* et *L. migratoria* témoins. Chez les larves L5 des deux espèces traitées au henné et au Triflumuron, une augmentation du poids importante a été enregistrée durant leur développement. Ce poids est de $2,1 \pm 0,1$ g et $1,3 \pm 0,14$ g respectivement pour les larves de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées au henné, et $1,97 \pm 0,32$ g et $1,16 \pm 0,29$ g respectivement pour les larves de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées au Triflumuron. Concernant les larves des deux acridiens traitées au *M. anisopliae*, on signale une légère augmentation du poids pendant leur développement, qui est moins important par rapport aux témoins. Ce poids atteint $1,14 \pm 0,09$ g et $0,83 \pm 0,29$ g respectivement pour les larves de *S. gregaria* et *L. migratoria*. Nous avons constaté aussi que le poids des larves L5 femelles traitées aux trois produits est plus important chez *S. gregaria* par rapport à celui enregistré chez *L. migratoria* (fig. 41, 42, 43 et 44).

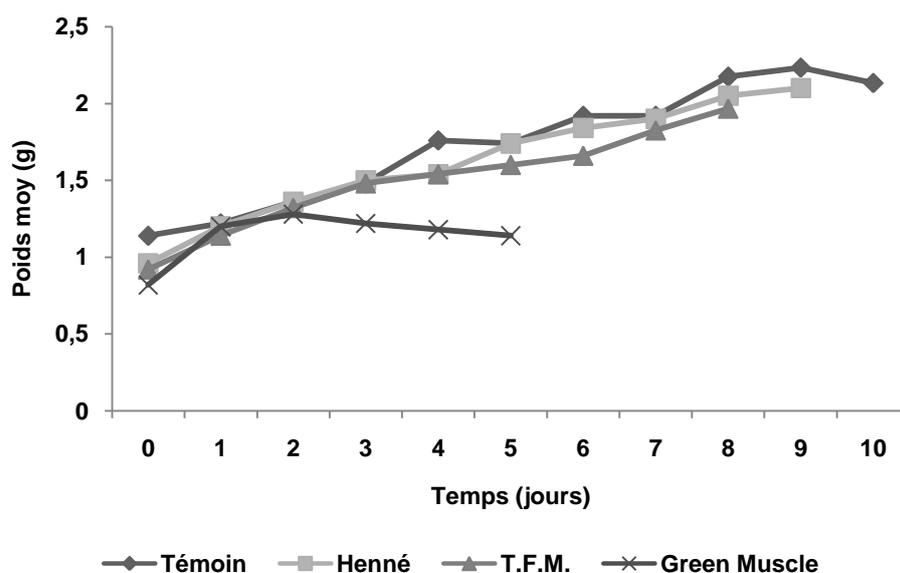


Fig.39 : L'évolution pondérale des larves L5 de *S. gregaria* traitées aux trois produits par contact

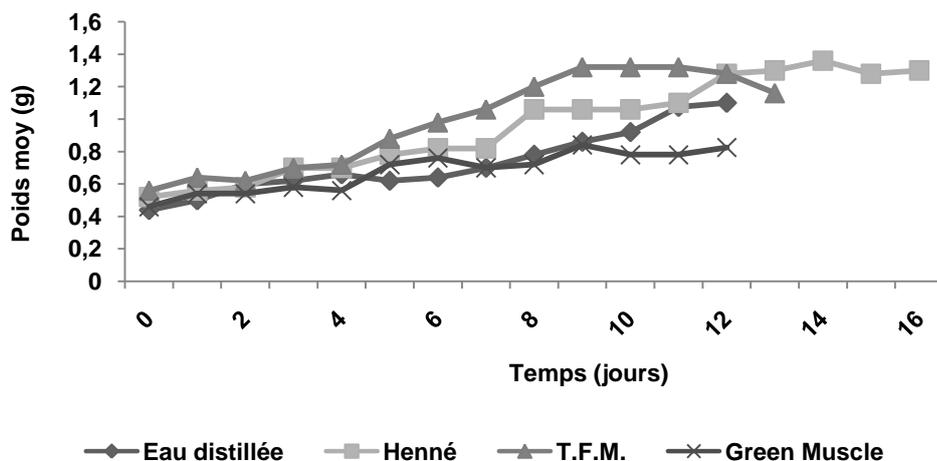


Fig.40 : L'évolution pondérale des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact

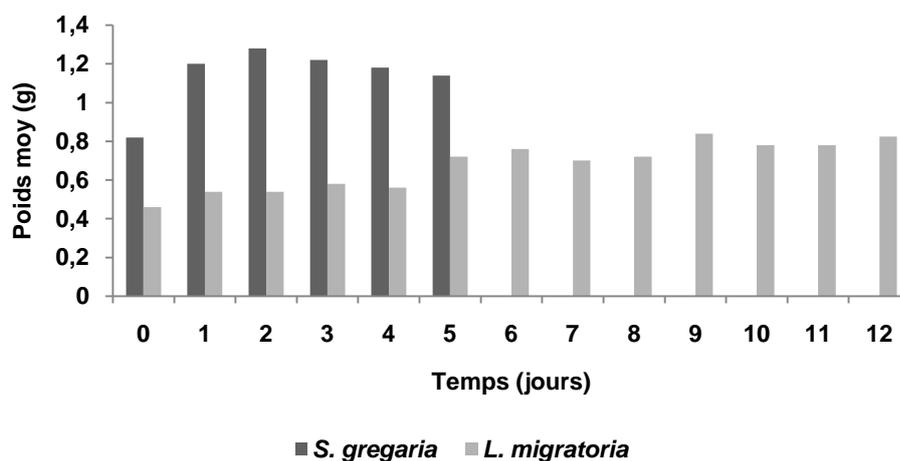


Fig.41 : L'évolution pondérale des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées au *M. anisopliae* par contact

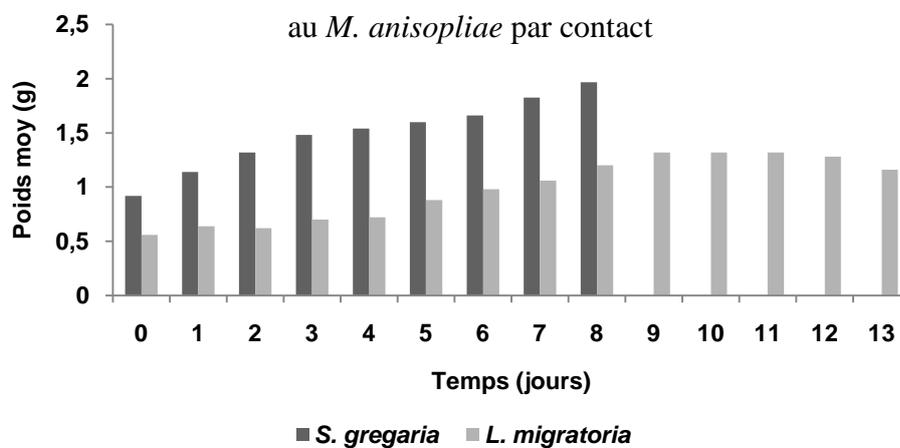


Fig.42 : L'évolution pondérale des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées au Triflumuron par contact

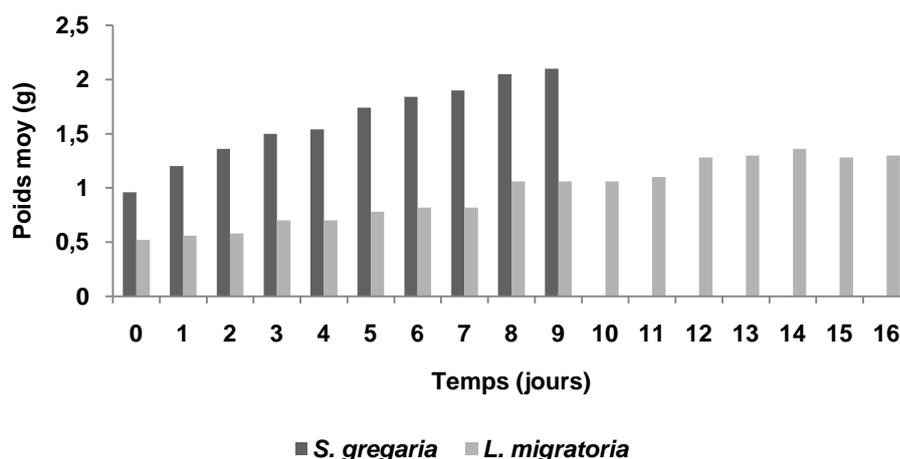


Fig.43 : L'évolution pondérale des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées au henné par contact

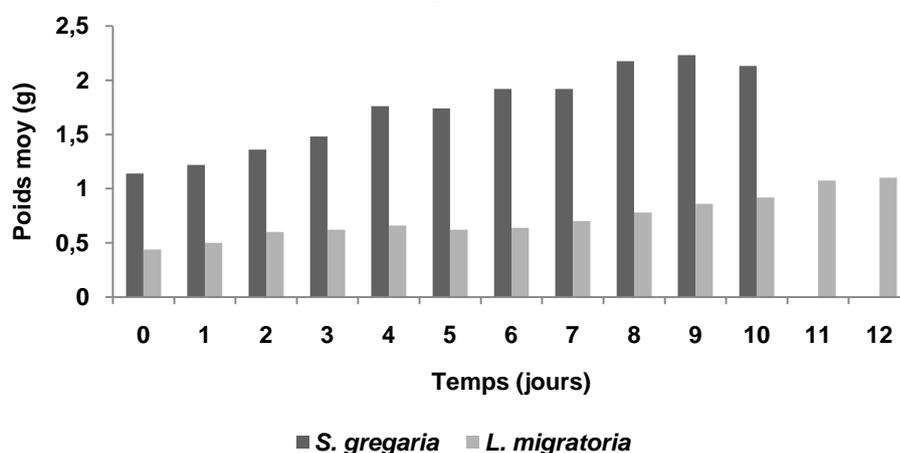


Fig.44 : L'évolution pondérale des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées à l'eau distillée par contact

II.2.1.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur l'évolution pondérale des larves L5 femelles de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Les résultats de l'efficacité des trois produits comparativement aux témoins pour chaque espèce sont portés sur les tableaux 12, 13, et les résultats de la comparaison entre les deux espèces pour chaque produit sont portés sur les tableaux 14, 15, 16 et 17.

Tableau 12: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'évolution pondérale des larves L5 de *S. gregaria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	1,457	0,486	4,152	0,014
Résidus	32	3,744	0,117		
Total	35	5,202			

Tableau 13: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'évolution pondérale des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	1,013	0,338	5,692	0,002
Résidus	53	3,144	0,059		
Total	56	4,157			

Tableau 14: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur l'évolution pondérale des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0,879	0,879	46,381	< 0,0001
Résidus	17	0,322	0,019		
Total	18	1,201			

Tableau 15: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur l'évolution pondérale des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	1,435	1,435	15,368	0,001
Résidus	21	1,961	0,093		
Total	22	3,395			

Tableau 16: Effet de traitement par contact de henné sur l'évolution pondérale des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	2,754	2,754	26,407	< 0,0001
Résidus	25	2,607	0,104		
Total	26	5,361			

Tableau 17: Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur l'évolution pondérale des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	5,991	5,991	65,972	< 0,0001
Résidus	22	1,998	0,091		
Total	23	7,989			

D'après les résultats présentés dans les tableaux ci-dessus, on constate que la probabilité est inférieure à 0,05, ce qui implique qu'il y a une différence significative entre le poids des larves témoins et celui des traitées aux trois produits pour *S. gregaria* et *L. migratoria* (tab.12 et 13). Il en est de même entre le poids des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées au

Triflumuron (tab.15). La différence est hautement significative entre le poids des larves L5 enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les traitées au *M. anisopliae* (tab.14), au henné (tab.16) et les témoins (tab.17).

II.2.2. Effet sur le gain du poids

Les résultats obtenus concernant le gain du poids chez les larves L5 femelles de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact sont consignés respectivement dans les tableaux 21 et 22 (Annexe 2) et illustrés par la figure 45.

En examinant les résultats, on trouve que le gain du poids moyen est plus important chez les larves traitées au Triflumuron et au henné et moins important pour celles traitées au *M. anisopliae* par rapport aux témoins pour les deux acridiens. Nous avons remarqué aussi qu'il est plus important chez *S. gregaria* par rapport à *L. migratoria*. En effet le gain du poids moyen est de $0,10 \pm 0,12$ g et $0,06 \pm 0,05$ g respectivement pour les larves témoins de *S. gregaria* et *L. migratoria*, contre $0,13 \pm 0,07$ g; $0,13 \pm 0,06$ g et $0,06 \pm 0,19$ g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae* chez *S. gregaria*. Il atteint $0,05 \pm 0,08$ g; $0,05 \pm 0,08$ g et $0,03 \pm 0,07$ g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae* chez *L. migratoria*.

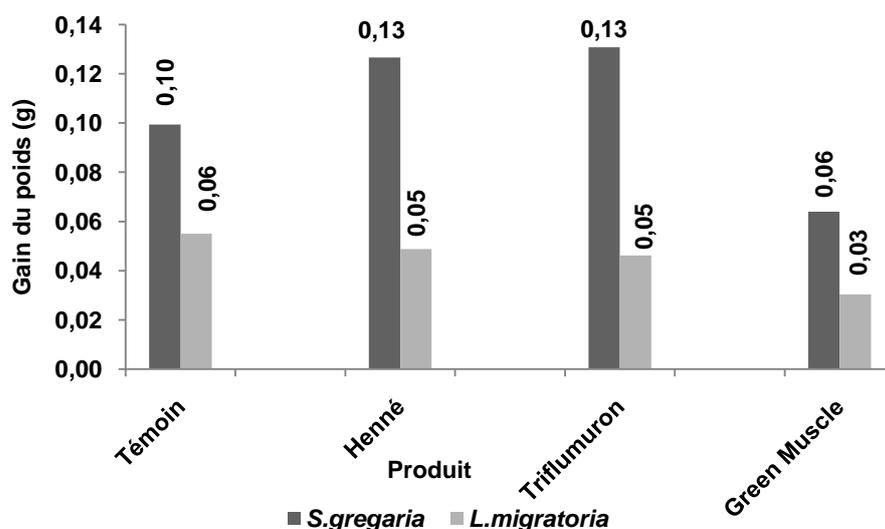


Fig.45 : Gain du poids chez les larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact

II.2.2.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur le gain du poids des larves L5 femelles de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Les résultats de l'efficacité des trois produits comparativement aux témoins pour chaque espèce sont portés sur les tableaux 18, 19, et les résultats de la comparaison entre les deux espèces pour chaque produit sont portés sur les tableaux 20, 21, 22 et 23.

Tableau 18: Effet de traitement par contact des trois produits sur le gain du poids des larves L5 de *S. gregaria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	0,018	0,006	0,493	0,690
Résidus	28	0,335	0,012		
Total	31	0,352			

Tableau 19: Effet de traitement par contact des trois produits sur le gain du poids des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	0,004	0,001	0,270	0,847
Résidus	49	0,241	0,005		
Total	52	0,245			

Tableau 20: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur le gain du poids des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0,004	0,004	0,322	0,579
Résidus	15	0,186	0,012		
Total	16	0,190			

Tableau 21: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur le gain du poids des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0,036	0,036	6,398	0,020
Résidus	19	0,105	0,006		
Total	20	0,141			

Tableau 22: Effet de traitement par contact de henné sur le gain du poids des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0,035	0,035	6,314	0,019
Résidus	23	0,127	0,006		
Total	24	0,162			

Tableau 23: Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur le gain du poids des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0,011	0,011	1,363	0,257
Résidus	20	0,157	0,008		
Total	21	0,168			

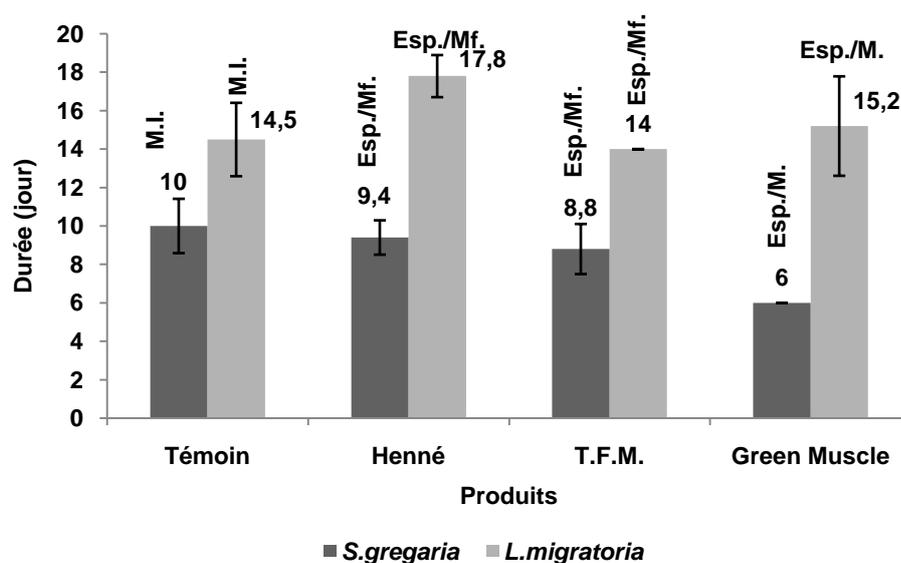
D'après les tableaux 18, 19, 20 et 23, on constate que la probabilité est supérieure à 0,05, ce qui implique qu'il y a une différence non significative entre le gain du poids des

larves témoins et celui des traitées aux trois produits pour les deux acridiens (tab.18 et 19) et aussi entre le gain du poids des larves L5 enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les traitées au *M. anisopliae* (tab.20) et les témoins (tab.23). La probabilité dans les tableaux 21 et 22 est inférieure à 0,05, donc la différence est significative entre le gain du poids des larves L5 pour celui enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les traitées au Triflumuron et au henné.

II.3. Effet sur la durée de développement du stade L5 au stade imago

Les résultats de la durée moyenne de développement des larves L5 femelles de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact sont consignés respectivement dans les tableaux 23 et 24 (Annexe 2) et illustrés par la figure 46.

D'après le suivi quotidiennement des larves L5 femelles des deux acridiens traitées aux trois produits par contact, on constate que toutes les larves du stade L5 n'ont pas pu atteindre le stade imago. Elles sont toutes mortes. Les larves L5 des deux acridiens traitées au *M. anisopliae* meurent après le traitement et avant la mue imaginale. Quand aux larves L5 des deux acridiens traitées au Triflumuron et au henné, elles sont toutes malformées au moment de la mue et elles finissent par mourir. Nous avons enregistré une durée moyenne de développement courte chez *S. gregaria* par rapport à *L. migratoria*. Cette durée est de $10 \pm 1,41j$ et $14,5 \pm 1,91j$ respectivement pour les larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* témoins. Et pour l'espérance moyenne de vie des deux espèces traitées aux trois produits, elle est de $9,4 \pm 0,89j$, $8,8 \pm 1,30j$ et $6 \pm 0j$ respectivement pour les larves L5 de *S. gregaria* traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*, contre $17,8 \pm 1,10j$, $14 \pm 0j$ et $15,2 \pm 2,59j$ respectivement pour les larves L5 de *L. migratoria* traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*.



M.I. : Mue Imaginale

Esp./M. : Espérance moyenne de vie et mortalité des L5 avant la mue imaginale

Esp./Mf. : Espérance moyenne de vie et malformation et mortalité des L5 au moment de la mue imaginale

Fig.46 : Durée moyenne du passage de L5 à l'imago de *S. gregaria* et *L. migratoria* sous l'effet des trois produits par contact

II.3.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur la durée de développement des larves L5 femelles de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Les résultats de l'efficacité des trois produits comparativement aux témoins pour chaque espèce sont portés sur les tableaux 24, 25, et les résultats de la comparaison entre les deux espèces pour chaque produit sont portés sur les tableaux 26, 27, 28 et 29.

Tableau 24: Effet de traitement par contact des trois produits sur la durée de développement des témoins et l'espérance de vie des traitées vis-à-vis des larves L5 de *S. gregaria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	46,950	15,650	13,911	0,000
Résidus	16	18,000	1,125		
Total	19	64,950			

Tableau 25: Effet de traitement par contact des trois produits sur la durée de développement des témoins et l'espérance de vie des traitées vis-à-vis des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	99,750	33,250	2,524	0,094
Résidus	16	210,800	13,175		
Total	19	310,550			

Tableau 26: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur l'espérance de vie des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	211,600	211,600	63,164	< 0,0001
Résidus	8	26,800	3,350		
Total	9	238,400			

Tableau 27: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur l'espérance de vie des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	67,600	67,600	79,529	< 0,0001
Résidus	8	6,800	0,850		
Total	9	74,400			

Tableau 28: Effet de traitement par contact de henné sur l'espérance de vie des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	176,400	176,400	176,400	< 0,0001
Résidus	8	8,000	1,000		
Total	9	184,400			

Tableau 29: Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur la durée de développement des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	6,400	6,400	0,274	0,615
Résidus	8	187,200	23,400		
Total	9	193,600			

D'après le tableau 24, on constate qu'il y a une différence significative entre la durée de développement des larves témoins et celle des traitées aux trois produits pour *S. gregaria*. La différence dans les tableaux 26, 27 et 28, est hautement significative entre la durée de développement des larves L5 enregistrée chez *S. gregaria* et celle notée chez *L. migratoria* pour les traitées aux trois produits (Probabilité < 0,05). Mais les données des tableaux, 25 et 29 montrent une différence non significative entre la durée de développement des larves témoins et celles des traitées aux trois produits pour *L. migratoria*, et entre la durée de développement des larves L5 enregistrée chez *S. gregaria* et celle notée chez *L. migratoria* pour les témoins (Probabilité > 0,05).

II.4. Effet sur l'activité alimentaire

II.4.1. Effet sur la consommation journalière des larves L5

II.4.1.1. Effet sur l'ingéra

Les résultats du poids journalier de l'ingéra des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact sont consignés respectivement dans les tableaux 25 et 26 (Annexe 2) et illustrés par les figures 47, 48, 49 et 50, 51 et 52.

Le suivi de l'évolution pondérale des ingéra des larves L5 des deux acridiens traitées aux trois produits par contact, nous montre que la consommation des larves témoins est légèrement élevée par rapport à celle des larves traitées aux trois produits pour *S. gregaria* (fig.47), avec 0,686g pour les témoins contre 0,664g, 0,621g et 0,553g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. Chez *L. migratoria* (fig.48), la consommation des larves témoins est plus élevée que celle enregistrée chez les larves traitées aux trois produits. En effet, elle est de 0,529g pour les témoins contre 0,210g, 0,244g et 0,252g respectivement chez les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. Cette consommation augmente puis diminue au cours de temps et atteint des

valeurs inférieures aux valeurs initiales lorsque le moment de leur mue ou de leur mort approche. Elle atteint les valeurs finales de 0,407g et 0,453g respectivement pour les larves témoins de *S. gregaria* et *L. migratoria*, contre 0,446g ; 0,514g et 0,303g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae* pour *S. gregaria*, et 0,165g, 0,173g et 0,171g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae* pour *L. migratoria*. Nous avons remarqué aussi en comparant l'ingera des deux acridiens que la consommation journalière est plus importante chez *S. gregaria* par rapport à *L. migratoria* (fig. 49, 50, 51 et 52).

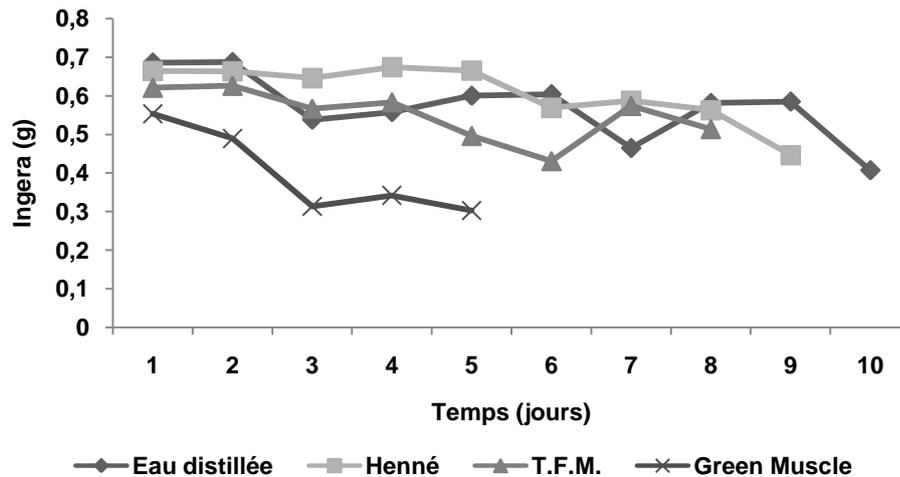


Fig.47 : L'évolution pondérale des ingerades larves L5 de *S. gregaria* traitées aux trois produits par contact

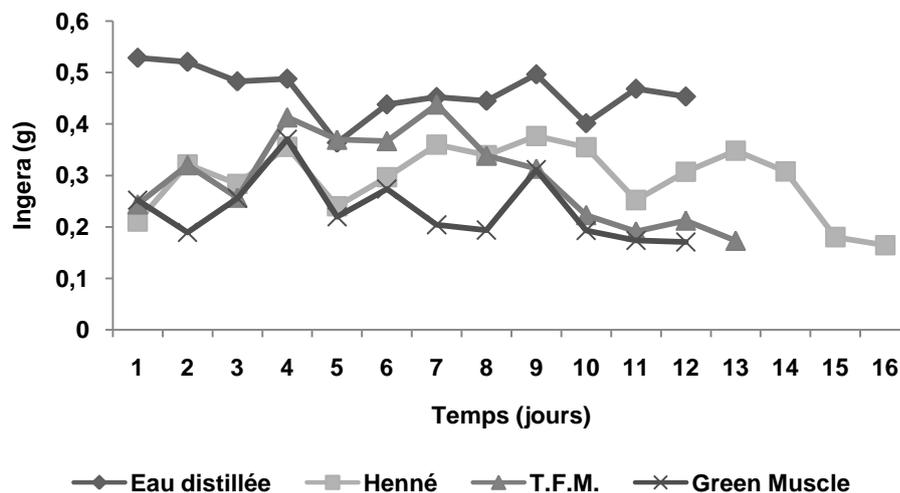


Fig.48: L'évolution pondérale des ingerades larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact

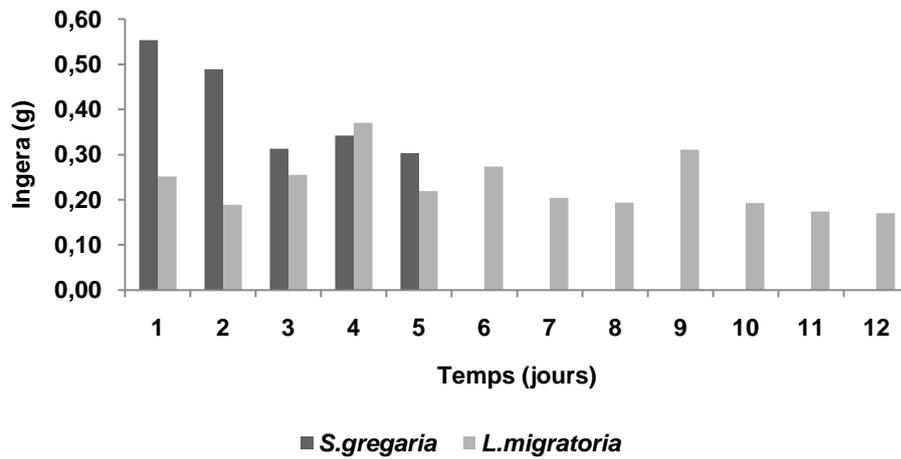


Fig.49 : L'évolution pondérale des ingerades larves L5 de *S. gregaria* et

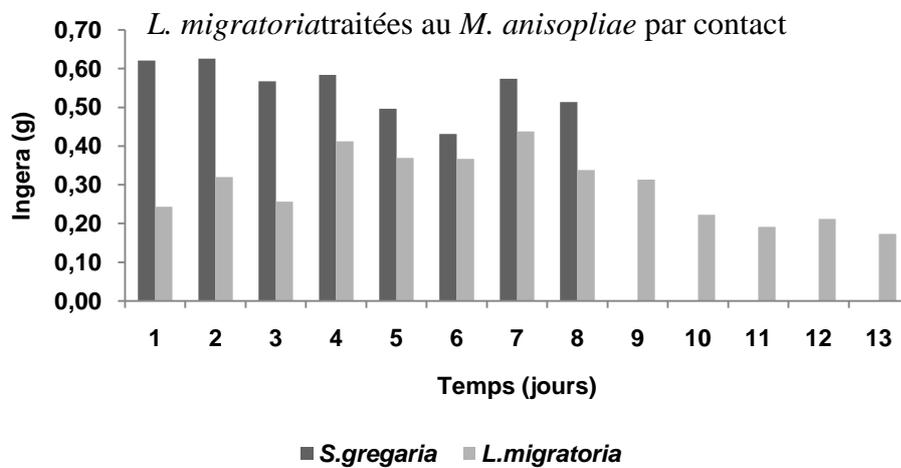


Fig.50: L'évolution pondérale des ingerades larves L5 de *S. gregaria* et

L. migratoria traitées au Triflumuron par contact

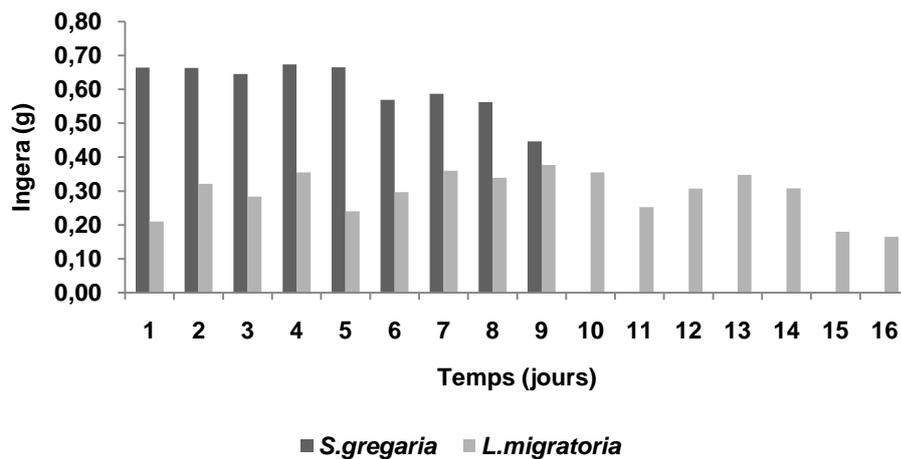


Fig.51 : L'évolution pondérale des ingerades larves L5 de *S. gregaria* et

L. migratoria traitées au henné par contact

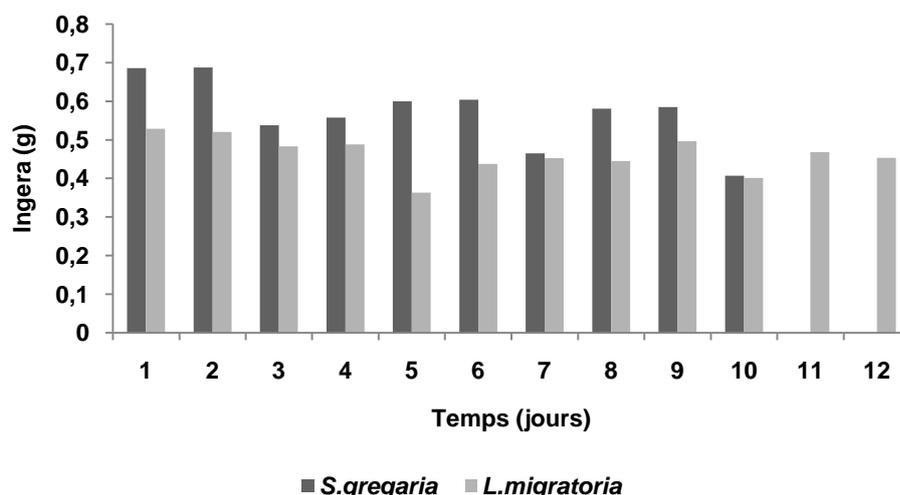


Fig.52 : L'évolution pondérale des ingerades larves L5 de *S. gregaria* et

II.4.1.1.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur l'ingera des larves L5 femelles de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Les résultats de l'efficacité des trois produits comparativement aux témoins pour chaque espèce sont portés sur les tableaux 30, 31, et les résultats de la comparaison entre les deux espèces pour chaque produit sont portés sur les tableaux 32, 33, 34 et 35.

Tableau 30: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'ingera des larves L5 de *S. gregaria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	0,148	0,049	6,994	0,001
Résidus	28	0,197	0,007		
Total	31	0,345			

Tableau 31: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'ingera des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	0,348	0,116	25,678	< 0,0001
Résidus	49	0,221	0,005		
Total	52	0,569			

Tableau 32: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur l'ingera des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0,098	0,098	15,857	0,001
Résidus	15	0,093	0,006		
Total	16	0,191			

Tableau 33: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur l'ingéra des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0,322	0,322	50,701	< 0,0001
Résidus	19	0,121	0,006		
Total	20	0,442			

Tableau 34: Effet de traitement par contact de henné sur l'ingéra des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0,572	0,572	117,717	< 0,0001
Résidus	23	0,112	0,005		
Total	24	0,684			

Tableau 35: Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur l'ingéra des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0,066	0,066	14,074	0,001
Résidus	20	0,093	0,005		
Total	21	0,159			

Les résultats dans les tableaux ci-dessus, nous montrent que la probabilité est inférieure à 0,05, donc il y a une différence significative entre l'ingéra des larves témoins et celui des larves traitées aux trois produits pour *S. gregaria* (tab. 30), et même aussi entre l'ingéra des larves L5 pour celui enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les traitées au *M. anisopliae* (tab. 32) et les témoins (tab. 35). La différence est hautement significative entre l'ingéra des larves témoins et celui des larves traitées aux trois produits pour *L. migratoria* (tab. 31), et aussi entre l'ingéra des larves L5 pour celui enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les traitées au Triflumuron (tab. 33) et au henné (tab. 34).

II.4.1.2. Effet sur l'égesta

Les résultats du poids journalier de l'égesta des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact sont consignés respectivement dans les tableaux 27 et 28 (Annexe 2) et illustrés par les figures 53, 54, 55, 56, 57 et 58.

Les pesés faites quotidiennement sur l'égesta des larves L5 des deux acridiens traitées aux trois produits, nous montre que le poids sec des fèces des larves témoins est légèrement élevé par rapport à celui des larves traitées aux trois produits pour *S. gregaria* (fig. 53), avec

0,334g pour les témoins contre 0,319g, 0,324g et 0,246g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. Chez *L. migratoria* (fig.54), le poids sec des fèces des larves témoins est plus élevé que celui enregistrée chez les larves traitées aux trois produits. En effet il est de 0,073g pour les témoins contre 0,028g, 0,028g et 0,013g respectivement chez les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. Le poids journalier des excréments augmente et diminue au cours de temps et atteint des valeurs inférieures aux valeurs initiales lorsque le moment de leur mue ou leur mort approche. Il atteint les valeurs finales de 0,095g et 0,071g respectivement pour les larves témoins de *S. gregaria* et *L. migratoria*, contre 0,064g ; 0,265g et 0,018g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae* pour *S. gregaria*, et 0g, 0,006g et 0,014g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae* pour *L. migratoria*. Nous avons remarqué aussi en comparant l'egesta des deux acridiens que le poids journalier des excréments est plus important chez *S. gregaria* par rapport à *L. migratoria* (fig. 55, 56, 57 et 58).

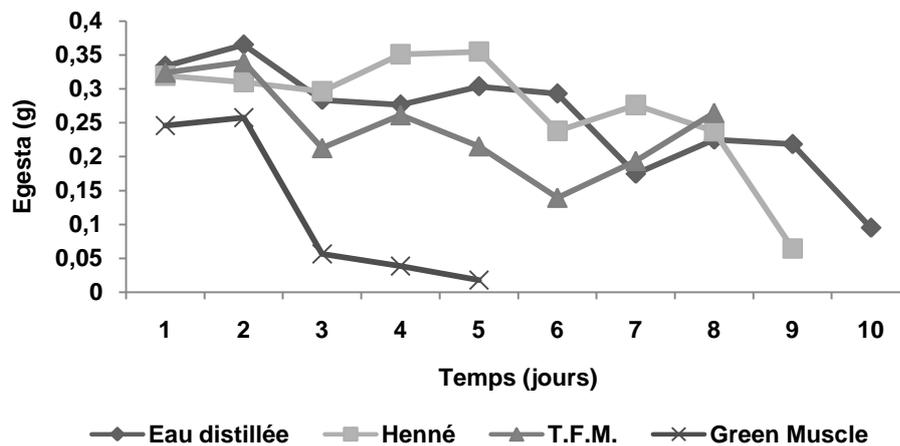


Fig.53 : L'évolution pondérale des egesta des larves L5 de *S. gregaria* traitées aux trois produits par contact

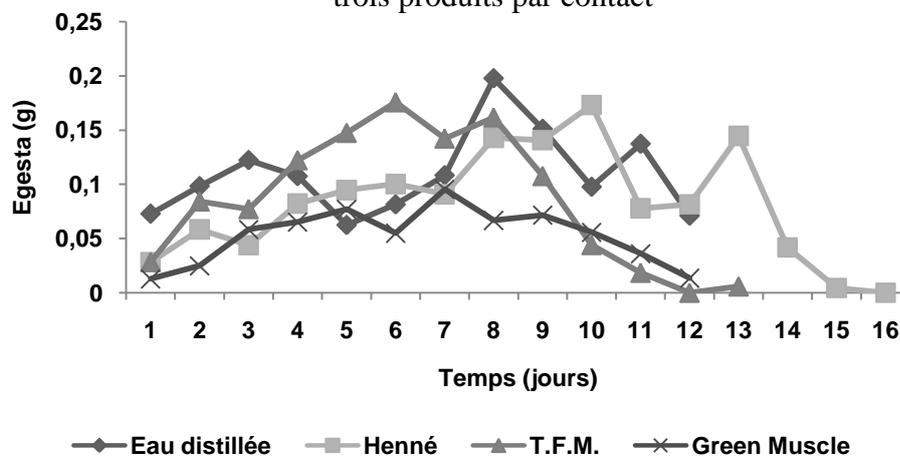


Fig.54 : L'évolution pondérale des egesta des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact

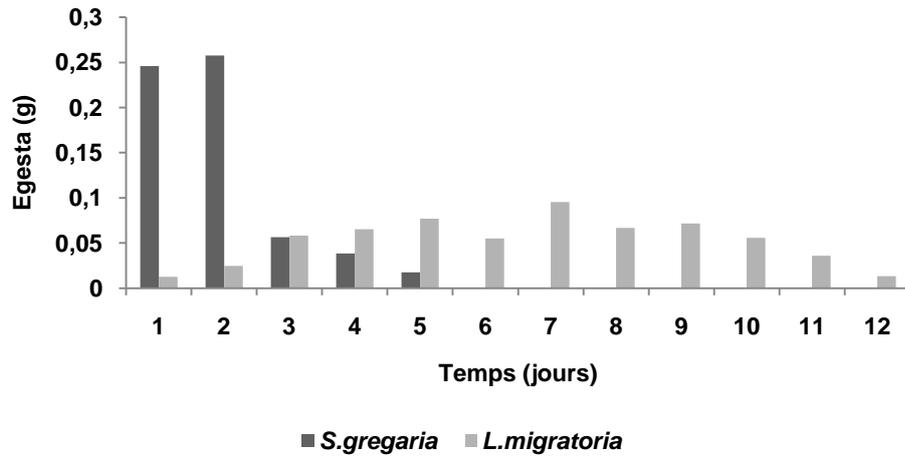


Fig.55 : L'évolution pondérale des egestades larves L5 de *S. gregaria* et

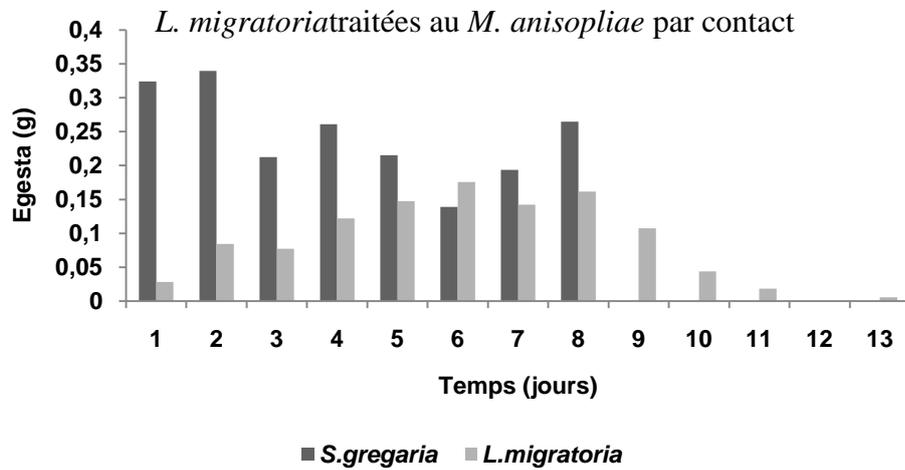


Fig.56 : L'évolution pondérale des egestades larves L5 de *S. gregaria* et

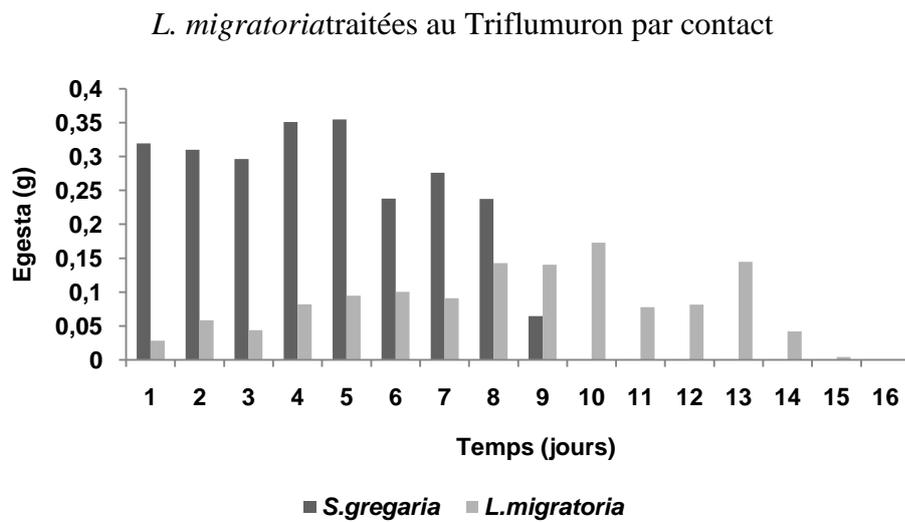


Fig.57 : L'évolution pondérale des egestades larves L5 de *S. gregaria* et

L. migratoria traitées au henné par contact

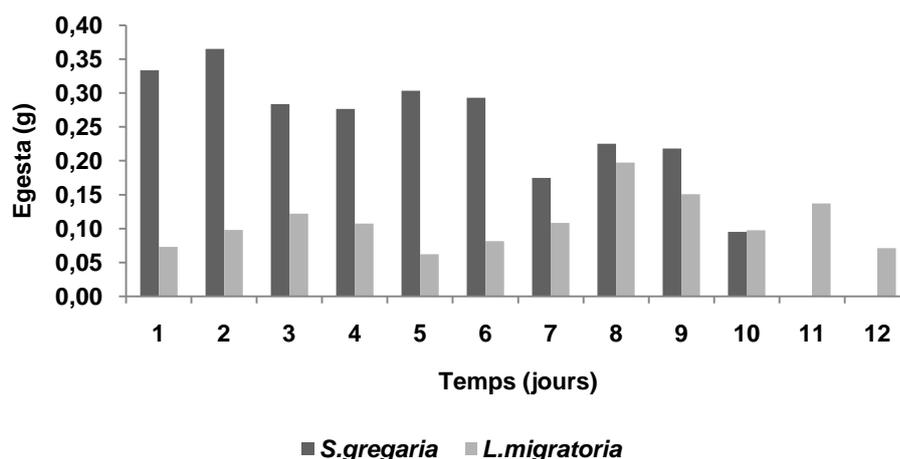


Fig.58 : L'évolution pondérale des egestades larves L5 de *S. gregaria* et

L. migratoria traitées à l'eau distillée par contact.
II.4.1.2.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur l'egesta des larves L5 femelles de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Les résultats de l'efficacité des trois produits comparativement aux témoins pour chaque espèce sont portés sur les tableaux 36, 37, et les résultats de la comparaison entre les deux espèces pour chaque produit sont portés sur les tableaux 38, 39, 40 et 41.

Tableau 36: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'egesta des larves L5 de *S. gregaria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	0,080	0,027	3,586	0,026
Résidus	28	0,208	0,007		
Total	31	0,288			

Tableau 37: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'egesta des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	0,019	0,006	2,873	0,046
Résidus	49	0,109	0,002		
Total	52	0,128			

Tableau 38: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur l'egesta des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0,018	0,018	4,170	0,059
Résidus	15	0,063	0,004		
Total	16	0,081			

Tableau 39: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur l'egesta des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0,124	0,124	30,266	< 0,0001
Résidus	19	0,078	0,004		
Total	20	0,201			

Tableau 40: Effet de traitement par contact de henné sur l'egesta des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0,209	0,209	47,011	< 0,0001
Résidus	23	0,102	0,004		
Total	24	0,311			

Tableau 41 : Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur l'egesta des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0,119	0,119	32,165	< 0,0001
Résidus	20	0,074	0,004		
Total	21	0,194			

Les résultats obtenus montrent que la probabilité est inférieure à 0,05, ce qui implique qu'il y a une différence significative entre l'egesta des larves témoins et celui des traitées aux trois produits pour les deux acridiens (tab. 36 et 37), et aussi entre l'egesta des larves L5 pour celui enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les traitées au *M. anisopliae* (tab. 38). La différence est hautement significative entre l'egesta des larves L5 pour celui enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les traitées au Triflumuron (tab. 39), au henné (tab. 40) et les témoins (tab. 41).

II.4.2. Effet sur les indices nutritionnels de consommation et d'utilisation de la nourriture

II.4.2.1. Indice de consommation (I.C.)

Les résultats de l'effet contact des trois produits sur l'indice de consommation des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* sont consignés respectivement dans les tableaux 29 et 30 (Annexe 2) et illustrés par la figure 59.

Ces résultats montrent, que l'indice de consommation le plus élevé a été enregistré chez les larves témoins de *L. migratoria*, avec $0,65 \pm 0,19$ contre $0,32 \pm 0,12$, $0,32 \pm 0,14$ et $0,35 \pm 0,13$ respectivement chez les traitées au henné, au Triflumuron et au *M. anisopliae*. On peut noter

aussi des indices légèrement supérieurs à ceux enregistrés chez les témoins pour les larves L5 de *S. gregaria* traitées au henné et au Triflumuron, avec $0,38 \pm 0,11$ pour le premier produit, et $0,37 \pm 0,10$ pour le deuxième, contre $0,34 \pm 0,12$ pour les témoins. Le traitement avec *M. anisopliae* a donné un indice de consommation de l'ordre de $0,33 \pm 0,09$. On peut noter aussi que l'indice de consommation est plus important chez *L. migratoria* par rapport à *S. gregaria* pour les témoins, et il est presque semblable chez les deux acridiens pour les trois produits.

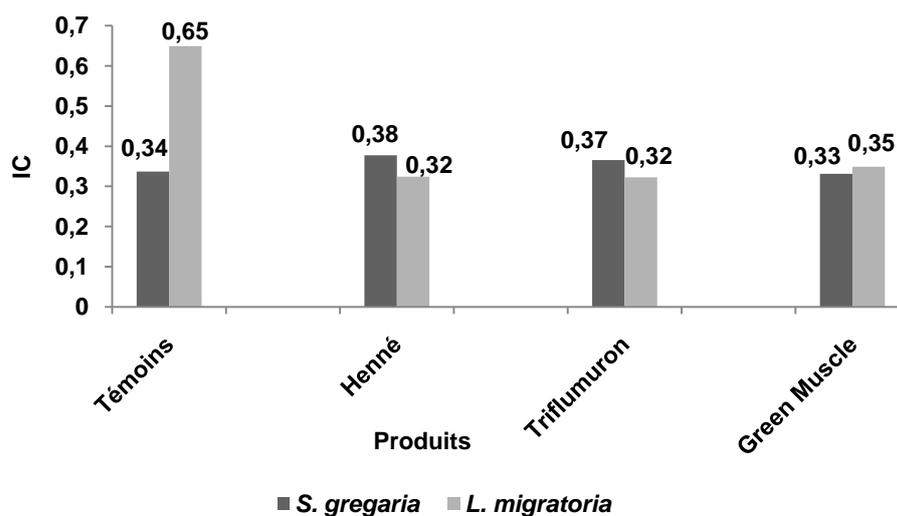


Fig.59: L'indice de consommation des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact

II.4.2.1.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur l'indice de consommation des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Les résultats de l'efficacité des trois produits comparativement aux témoins pour chaque espèce sont portés sur les tableaux 42, 43, et les résultats de la comparaison entre les deux espèces pour chaque produit sont portés sur les tableaux 44, 45, 46 et 47.

Tableau 42: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'indice de consommation des larves L5 de *S. gregaria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	0,012	0,004	0,336	0,799
Résidus	28	0,322	0,011		
Total	31	0,333			

Tableau 43: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'indice de consommation des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
--------	-----	------------------	---------------	-------------	--------

Modèle	3	0,946	0,315	14,870	< 0,0001
Résidus	49	1,039	0,021		
Total	52	1,984			

Tableau 44: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur l'indice de consommation des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0,001	0,001	0,080	0,781
Résidus	15	0,209	0,014		
Total	16	0,210			

Tableau 45: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur l'indice de consommation des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0,009	0,009	0,563	0,462
Résidus	19	0,317	0,017		
Total	20	0,326			

Tableau 46: Effet de traitement par contact de henné sur l'indice de consommation des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0,016	0,016	1,201	0,284
Résidus	23	0,310	0,013		
Total	24	0,326			

Tableau 47: Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur l'indice de consommation des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0,532	0,532	20,272	0,000
Résidus	20	0,525	0,026		
Total	21	1,056			

Les tableaux ci-dessus, nous montrent qu'il y a une différence non significative entre l'indice de consommation des larves témoins et celui des traitées aux trois produits pour *S. gregaria* (tab. 42). Il en est de même entre l'indice de consommation des larves L5 enregistré chez *S. gregaria* et chez *L. migratoria* pour les traitées aux trois produits (tab. 44, 45 et 46) (Probabilité > 0,05). La différence est hautement significative entre l'indice de consommation des larves témoins et celui des traitées aux trois produits pour *L. migratoria* (tab. 43). Il en est de même entre l'indice de consommation des larves L5 enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les témoins (tab. 47) (Probabilité < 0,05).

II.4.2.2. 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 *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact sont consignés respectivement dans les tableaux 31 et 32 (Annexe 2) et illustrés par la figure 60.

Les résultats obtenus suite à ces traitements par contact aux trois produits sur les deux acridiens, montrent que l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée (E.C.I.) la plus élevée est enregistrée chez *S. gregaria*, avec $20,40 \pm 10,00\%$, $23,13 \pm 9,50\%$, $8,20 \pm 36,49\%$ et $16,03 \pm 22,43\%$ respectivement pour les larves traitées au henné, au Triflumuron, au *M. anisopliae* et les témoins, contre $15,79 \pm 26,73\%$, $11 \pm 31,42\%$, $12,04 \pm 28,93\%$ et $11,45 \pm 10,70\%$ respectivement pour les larves traitées au henné, au Triflumuron, au *M. anisopliae* et les témoins chez *L. migratoria*. Donc Les valeurs de l'E.C.I les plus élevés ont été notées chez les larves traitées au Triflumuron et au henné, suivi par les témoins chez les deux acridiens. Chez les larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées au *M. anisopliae*, nous avons obtenu les valeurs de l'E.C.I les plus faibles.

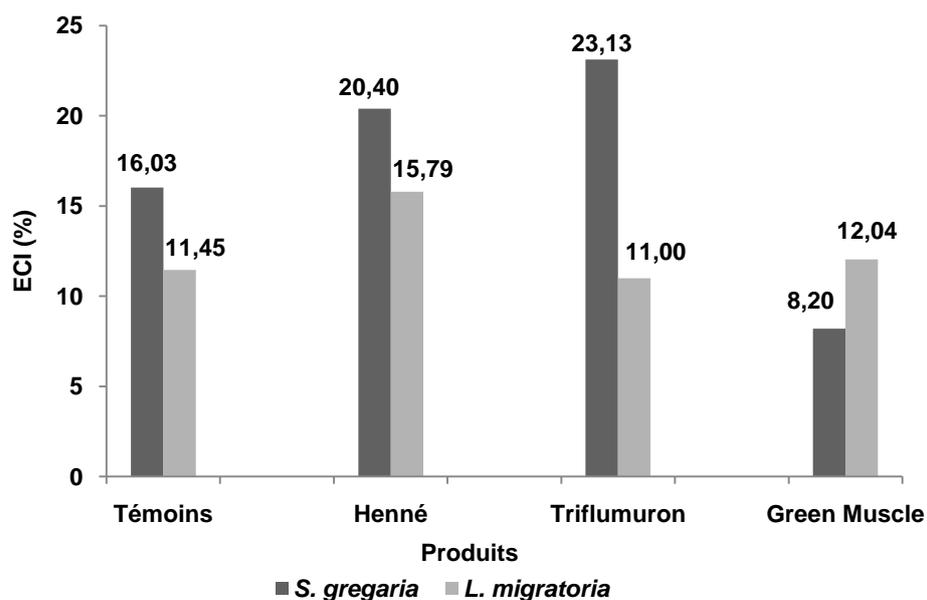


Fig.60: L'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact

II.4.2.2.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Les résultats de l'efficacité des trois produits comparativement aux témoins pour chaque espèce sont portés sur les tableaux 48, 49, et les résultats de la comparaison entre les deux espèces pour chaque produit sont portés sur les tableaux 50, 51, 52 et 53.

Tableau 48: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de *S. gregaria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	780,172	260,057	0,645	0,592
Résidus	28	11284,756	403,027		
Total	31	12064,928			

Tableau 49: Effet de traitement par contact des trois produits 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	3	213,557	71,186	0,106	0,956
Résidus	49	33031,239	674,107		
Total	52	33244,796			

Tableau 50: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	52,026	52,026	0,054	0,820
Résidus	15	14532,915	968,861		
Total	16	14584,941			

Tableau 51: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	727,907	727,907	1,108	0,306
Résidus	19	12477,486	656,710		
Total	20	13205,393			

Tableau 52: Effet de traitement par contact de henné sur l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	122,411	122,411	0,244	0,626
Résidus	23	11518,134	500,788		
Total	24	11640,545			

Tableau 53: Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	114,284	114,284	0,395	0,537
Résidus	20	5787,460	289,373		
Total	21	5901,744			

La probabilité dans les tableaux ci-dessus est supérieure 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 celle des larves traitées aux trois produits pour les deux acridiens et aussi entre l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 pour celle enregistrée chez *S. gregaria* et celle notée chez *L. migratoria* pour les traitées aux trois produits et les témoins.

II.4.2.3. 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 *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact sont consignés respectivement dans les tableaux 33 et 34 (Annexe 2) et illustrés par la figure 61.

Les valeurs d'efficacité de conversion de la nourriture digérée (E.C.D.) les plus importantes ont été enregistrées chez les larves traitées au Triflumuron et au henné avec $42,85 \pm 21,11\%$ et $21,45 \pm 42,22\%$ respectivement chez *S. gregaria* et *L. migratoria* pour le Triflumuron. Ce taux atteint $37,81 \pm 20,92\%$ et $23,68 \pm 38,41\%$ respectivement chez *S. gregaria* et *L. migratoria* pour le henné. L'E.C.D notée pour les témoins est de $31,95 \pm 39,64\%$ et $15,94 \pm 15,22\%$ respectivement pour *S. gregaria* et *L. migratoria*. Concernant les larves des deux acridiens traitées au *M. anisopliae*, on a enregistré un E.C.D. égale à $21,51 \pm 61,37\%$ et $14,46 \pm 43,26\%$ respectivement pour *S. gregaria* et *L. migratoria*. Les valeurs de l'E.C.D. les plus élevés ont été enregistrées chez *S. gregaria* par rapport à *L. migratoria* pour les témoins et les trois produits.

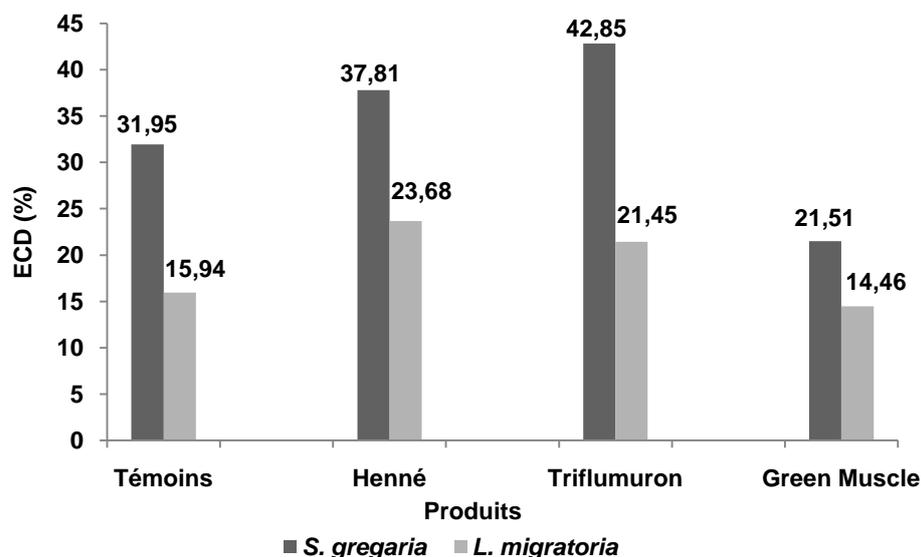


Fig.61 : L'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact

II.4.2.3.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Les résultats de l'efficacité des trois produits comparativement aux témoins pour chaque espèce sont portés sur les tableaux 54, 55, et les résultats de la comparaison entre les deux espèces pour chaque produit sont portés sur les tableaux 56, 57, 58 et 59.

Tableau 54: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de *S. gregaria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	1563,731	521,244	0,407	0,749
Résidus	28	35824,445	1279,444		
Total	31	37388,176			

Tableau 55: Effet de traitement par contact des trois produits 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	3	783,066	261,022	0,192	0,901
Résidus	49	66662,164	1360,452		
Total	52	67445,231			

Tableau 56: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	175,305	175,305	0,074	0,790
Résidus	15	35650,761	2376,717		
Total	16	35826,066			

Tableau 57: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	2267,752	2267,752	1,758	0,201
Résidus	19	24511,352	1290,071		
Total	20	26779,104			

Tableau 58: Effet de traitement par contact de henné sur l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	1149,752	1149,752	1,032	0,320
Résidus	23	25635,948	1114,606		
Total	24	26785,699			

Tableau 59: Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	1397,777	1397,777	1,675	0,210
Résidus	20	16688,549	834,427		
Total	21	18086,326			

Les tableaux ci-dessus montrent qu'il y a une différence non significative entre l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves témoins et celle des larves traitées aux trois produits pour les deux acridiens et aussi entre l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 pour celle enregistrée chez *S. gregaria* et celle notée chez *L. migratoria* pour les traitées aux trois produits et les témoins (Probabilité > 0,05).

II.4.2.4. Coefficient d'utilisation digestive (C.U.D.%)

Les résultats du coefficient d'utilisation digestive des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact sont consignés respectivement dans les tableaux 35 et 36 (Annexe 2) et illustrés par la figure 62.

Les valeurs du C.U.D. des larves traitées aux trois produits ne diffèrent pas tellement de celles des témoins pour les deux acridiens, sauf pour les larves L5 de *S. gregaria* traitées au *M. anisopliae* qui ont donné des valeurs plus élevées que celles des témoins. En effet le C.U.D. est de $55,98 \pm 9,52\%$, $76,35 \pm 8,35\%$ respectivement pour les larves témoins de *S. gregaria* et *L. migratoria*. Il est de $56,52 \pm 11,56\%$ et $56,31 \pm 8,56\%$ respectivement pour les larves L5 de *S. gregaria* traitées au henné et au Triflumuron. Il atteint $74,39 \pm 15,79\%$ et $74,27 \pm 14,45\%$ respectivement pour les larves L5 de *L. migratoria* traitées au Triflumuron et au henné. Les

larves traitées au *M. anisopliae* donnent les valeurs les plus importantes avec un C.U.D. égale à $73,56 \pm 20,82\%$ et $77,01 \pm 11,94\%$ respectivement pour *S. gregaria* et *L. migratoria*. Les valeurs de C.U.D. les plus élevés ont été enregistrées cette fois ci chez *L. migratoria* par rapport à *S. gregaria* pour les témoins et les trois produits.

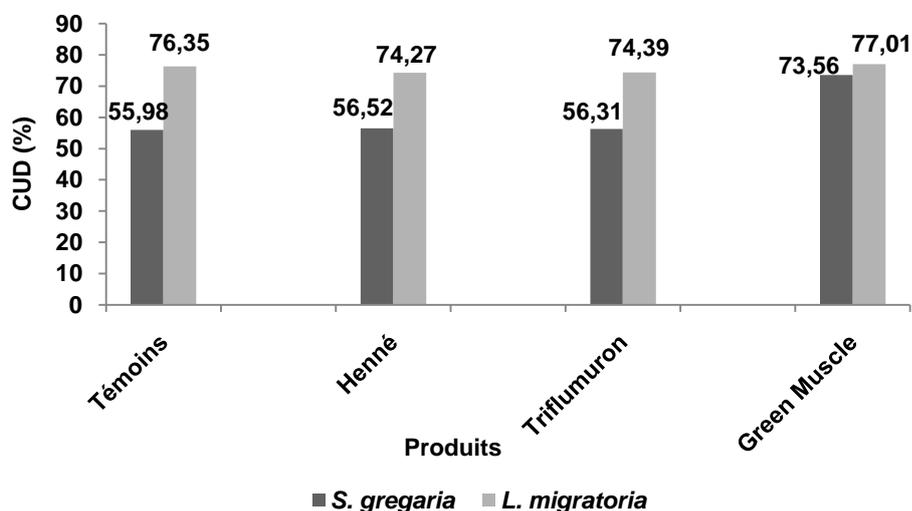


Fig.62 : Le coefficient d'utilisation digestif des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact

II.4.2.4.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur le coefficient d'utilisation digestif des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Les résultats de l'efficacité des trois produits comparativement aux témoins pour chaque espèce sont portés sur les tableaux 60, 61, et les résultats de la comparaison entre les deux espèces pour chaque produit sont portés sur les tableaux 62, 63, 64 et 65.

Tableau 60: Effet de traitement par contact des trois produits sur le coefficient d'utilisation digestif des larves L5 de *S. gregaria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	1263,946	421,315	2,855	0,055
Résidus	28	4131,726	147,562		
Total	31	5395,672			

Tableau 61: Effet de traitement par contact des trois produits 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	3	75,698	25,233	0,146	0,932
Résidus	49	8458,117	172,615		
Total	52	8533,815			

Tableau 62: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur le coefficient d'utilisation digestif des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	42,226	42,226	0,192	0,668
Résidus	15	3300,738	220,049		
Total	16	3342,964			

Tableau 63: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur le coefficient d'utilisation digestif des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	1620,219	1620,219	8,788	0,008
Résidus	19	3502,862	184,361		
Total	20	5123,082			

Tableau 64: Effet de traitement par contact de henné sur le coefficient d'utilisation digestif des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	1815,717	1815,717	9,937	0,004
Résidus	23	4202,814	182,731		
Total	24	6018,530			

Tableau 65: Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur le coefficient d'utilisation digestif des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	2262,755	2262,755	28,580	< 0,0001
Résidus	20	1583,429	79,171		
Total	21	3846,184			

La probabilité est inférieure à 0,05 dans les tableaux 60, 63, 64 et 65 ce qui implique qu'il y a une différence significative entre le coefficient d'utilisation digestive des larves témoins et celui des traitées aux trois produits pour *S. gregaria* (tab. 60) et aussi entre le coefficient d'utilisation digestive des larves L5 pour celui enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les traitées au Triflumuron (tab. 63) et au henné (tab. 64). La différence est hautement significative entre le coefficient d'utilisation digestive des larves L5 pour celui enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les témoins (tab. 65). Les résultats d'analyse de la variance consignés dans les tableaux 61 et 62 nous montrent qu'il y a une différence non significative entre le coefficient d'utilisation digestive des larves témoins et celui des traitées aux trois produits pour *L. migratoria*, et aussi entre

lecoefficient d'utilisation digestive des larves L5 pour celui enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les traitées au *M. anisopliae* (Probabilité > 0,05).

II.4.2.5. Indice de croissance (I.Cr.)

Les résultats d'indice de croissance des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact sont consignés respectivement dans les tableaux 37 et 38 (Annexe 2) et illustrés par la figure 63.

L'examen de l'indice de croissance obtenu pour les larves des deux acridiens témoins et traitées aux trois produits, montre que la croissance la plus élevée est enregistrée chez les larves L5 de *S. gregaria* traitées au Triflumuron (I.Cr.= $0,09 \pm 0,06$) et celles traitées au henné (I.Cr.= $0,08 \pm 0,06$), contre $0,06 \pm 0,06$ pour les témoins. Pour *L. migratoria*, l'indice de croissance le plus élevé a été noté chez les larves L5 témoins avec $0,07 \pm 0,06$, contre $0,05 \pm 0,07$ pour les larves traitées au Triflumuron et au henné. Une faible croissance est relevée sur les larves traitées au *M. anisopliae*, avec $0,05 \pm 0,15$ et $0,04 \pm 0,09$ respectivement pour *S. gregaria* et *L. migratoria*.

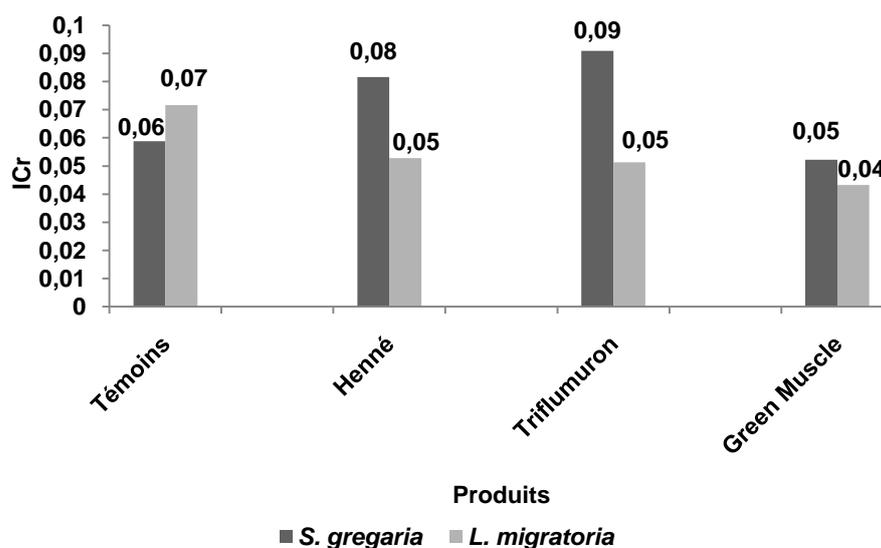


Fig.63 : L'indice de croissance des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact

II.4.2.5.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur l'indice de croissance des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Les résultats de l'efficacité des trois produits comparativement aux témoins pour chaque espèce sont portés sur les tableaux 66, 67, et les résultats de la comparaison entre les deux espèces pour chaque produit sont portés sur les tableaux 68, 69, 70 et 71.

Tableau 66: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'indice de croissance des larves L5 de *S. gregaria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	0,007	0,002	0,355	0,786
Résidus	28	0,181	0,006		
Total	31	0,188			

Tableau 67: Effet de traitement par contact des trois produits sur l'indice de croissance des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	3	0,005	0,002	0,285	0,836
Résidus	49	0,299	0,006		
Total	52	0,305			

Tableau 68: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur l'indice de croissance des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0,000	0,000	0,022	0,883
Résidus	15	0,190	0,013		
Total	16	0,191			

Tableau 69: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur l'indice de croissance des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0,007	0,007	1,332	0,263
Résidus	19	0,101	0,005		
Total	20	0,108			

Tableau 70: Effet de traitement par contact de henné sur l'indice de croissance des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0,005	0,005	1,013	0,325
Résidus	23	0,109	0,005		
Total	24	0,114			

Tableau 71: Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur l'indice de croissance des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0,001	0,001	0,226	0,640
Résidus	20	0,080	0,004		
Total	21	0,081			

D'après les tableaux ci-dessus, on remarque que la probabilité est supérieure à 0,05, ce qui implique qu'il y a une différence non significative entre l'indice de croissance des larves témoins et celui des traitées aux trois produits pour les deux acridiens et aussi entre l'indice de croissance des larves L5 pour celui enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les traitées aux trois produits et les témoins.

III. Effet de trois produits sur le taux des protéines hémolymphtiques des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*.

Afin de déterminer le taux des protéines hémolymphtiques des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*, témoins et traitées aux trois produits par contact, nous avons d'abord déterminé les concentrations de BSA (Bovine Serum Albumen) mentionnées sur le tableau 39 (Annexe 2) et illustrés par la figure 64.

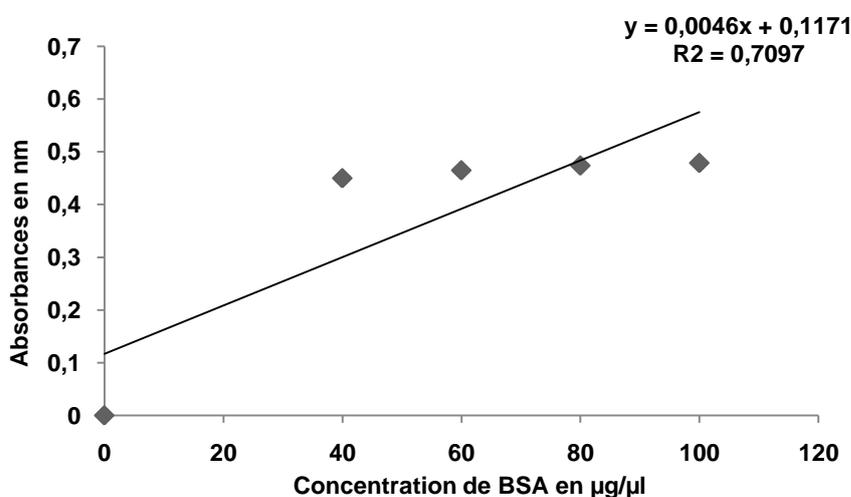


Fig. 64 : Courbe de référence exprimant les absorbances à 595 nm en fonction des Concentration de BSA en µg/µl

Les résultats des différentes concentrations des protéines hémolymphtiques des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact au 4^{ème} et au 8^{ème} jour, sont consignés dans le tableau 40 et 41 (Annexe 2) et illustrés par la figure 65 et 66.

D'après les résultats, on constate que le taux des protéines hémolymphtiques des larves L5 des deux acridiens traitées par les trois produits par contact diffère de celui des témoins.

Ce taux diminue chez les larves traitées au *M. anisopliae* et augmente chez les traitées au henné et au Triflumuron par rapport aux témoins au 4^{ème} et au 8^{ème} jour pour *S. gregaria*. Contrairement, chez *L. migratoria*, ce taux diminue cette fois-ci pour les larves traitées au henné et au Triflumuron et augmente pour les traitées au *M. anisopliae*. Les taux enregistrés au 4^{ème} jour sont de 35,13±9,72 µg/ml, 25,13±6,19 µg/ml et 18,25±8,49 µg/ml respectivement pour les traitées au henné, au Triflumuron et au *M. anisopliae* chez *S. gregaria*, et 22±0,35 µg/ml, 38,38±0,18 µg/ml et 55,5±0,35 µg/ml respectivement pour les traitées au henné, au Triflumuron et au *M. anisopliae* pour *L. migratoria* contre un taux de 22,88±3,01 µg/ml et 43±0,35 µg/ml respectivement pour les témoins de *S. gregaria* et *L. migratoria* (fig.65). Au 8^{ème} jour, les taux enregistrés sont de 35,88±0,18 µg/ml, 27,50±0,71 µg/ml et 0±0 µg/ml respectivement pour les traitées au henné, au Triflumuron et au *M. anisopliae* chez *S. gregaria*, et 39,63±0,18 µg/ml, 46,25±0,35 µg/ml et 83,13±0,18 µg/ml respectivement pour les traitées au henné, au Triflumuron et au *M. anisopliae* pour *L. migratoria* contre un taux de 24,63±2,65 µg/ml et 64,88±0,18 µg/ml respectivement pour les témoins de *S. gregaria* et *L. migratoria* (fig.66). On constate aussi que les taux de protéines les plus élevés ont été enregistrés chez *L. migratoria* par rapport à *S. gregaria*, sauf pour le henné au 4^{ème} jour où le taux le plus élevé a été noté pour les larves de *S. gregaria*.

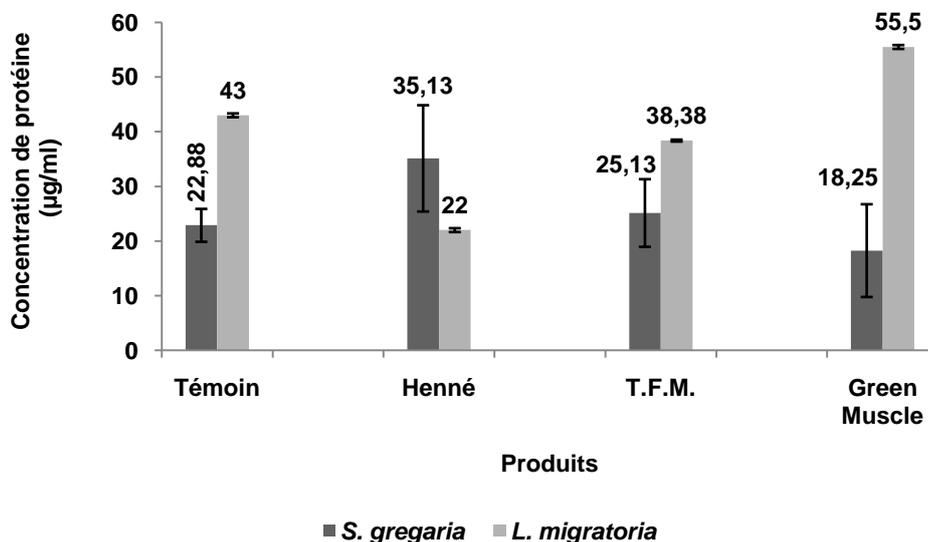


Fig.65 : La concentration des protéines hémolympatiques des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact au 4^{ème} jour

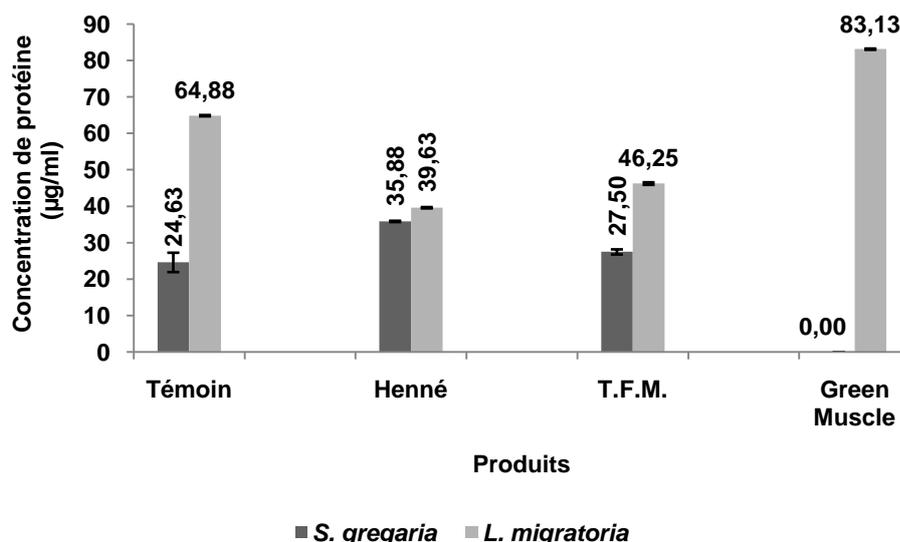


Fig.66 : La concentration des protéines hémolympatiques des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact au 8^{ème} jour

III.1. Analyse de la variance de l'efficacité des trois produits sur les protéines hémolympatiques des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Les résultats de l'efficacité des trois produits comparativement aux témoins pour chaque espèce sont portés sur les tableaux 72, 73, et les résultats de la comparaison entre les deux espèces pour chaque produit sont portés sur les tableaux 74, 75, 76 et 77.

Tableau 72: Effet de traitement par contact des trois produits sur la concentration des protéines hémolympatiques des larves L5 de *S. gregaria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	1478,703	369,676	7,835	0,003
Résidus	11	519,012	47,183		
Total	15	1997,715			

Tableau 73: Effet de traitement par contact des trois produits sur la concentration des protéines hémolympatiques des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	4656,047	1164,012	61,356	< 0,0001
Résidus	11	208,688	18,972		
Total	15	4864,734			

Tableau 74: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur la concentration des protéines hémolympatiques des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	2	7289,016	3644,508	16,206	0,007
Résidus	5	1124,414	224,883		
Total	7	8413,430			

Tableau 75: Effet de traitement par contact de Triflururon sur la concentration des protéines hémolymphatiques des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	2	564,531	282,266	26,105	0,002
Résidus	5	54,062	10,813		
Total	7	618,594			

Tableau 76: Effet de traitement par contact de henné sur la concentration des protéines hémolymphatiques des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	2	212,766	106,383	2,243	0,202
Résidus	5	237,102	47,420		
Total	7	449,867			

Tableau 77: Effet de traitement par contact de l'eau distillée sur la concentration des protéines hémolymphatiques des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	2	2101,641	1050,820	24,021	0,003
Résidus	5	218,727	43,745		
Total	7	2320,367			

D'après les tableaux 72, 74, 75 et 77, on constate qu'il y a une différence significative entre la concentration des protéines hémolymphatiques des larves L5 témoins et celle des traitées aux trois produits pour *S. gregaria* (tab. 72). Il en est de même entre la concentration des protéines hémolymphatiques des larves L5 pour celle enregistrée chez *S. gregaria* et celle notée chez *L. migratoria* pour les traitées au *M. anisopliae* (tab. 74), au Triflururon (tab. 75) et les témoins (tab. 77). La différence est hautement significative entre la concentration des protéines hémolymphatiques des larves L5 témoins et celle des traitées aux trois produits pour *L. migratoria* (tab. 73) (Probabilité < 0,05). La différence dans le tableau 76 est non significative entre la concentration des protéines hémolymphatiques des larves L5 enregistrée chez *S. gregaria* et celle notée chez *L. migratoria* pour les traitées au henné (Probabilité > 0,05)

Chapitre IV

Discussions

Chapitre IV : Discussions

I. Effet de trois produits sur la mortalité des larves L5 de *L. migratoria*

Les résultats de l'étude de l'effet de trois produits sur la mortalité des larves L5 de *L. migratoria*, nous a permis de constater que le traitement par ces trois produits avec les deux modes de pénétration : ingestion et contact se manifeste par une mortalité qui diffère d'un produit à un autre et d'une dose à une autre et même aussi d'un mode de traitement à un autre. La mortalité commence au moment de la mue pour le Triflumuron et le henné et avec l'infection cryptogamique pour *M. anisopliae*. Nous avons enregistré pour le Triflumuron un taux de mortalité de 100% à la dose D1 au 18^{ème} jour et à la dose D2 et D3 au 19^{ème} jour pour le traitement par contact. Le taux de mortalité est de 96,67% au 21^{ème} jour à la dose D1 et il est de 100% au 18^{ème} jour à la dose D2 et au 20^{ème} jour à la dose D3 pour le traitement par ingestion. Pour le henné le 100% de mortalité est obtenu au 21^{ème} jour à la dose D1, au 20^{ème} jour à la dose D2 et à la dose D3 au 16^{ème} jour pour le traitement par contact. Le taux de mortalité est de 96,67% au 21^{ème} jour à la dose D1, et 100% à la dose D2 et D3 respectivement au 19^{ème} jour et au 22^{ème} jour pour le traitement par ingestion. L'effet de *M. anisopliae* commence à apparaître avec le mode de traitement par contact au 11^{ème} jour à la dose D1 avec 4,17%, au 9^{ème} jour à la dose D2 avec 8,33% et à la dose D3 au 5^{ème} jour avec

4,17%. Ce taux de mortalité atteint 79,17% à la dose D1, 70,83 à la dose D2 et 100% à la dose D3 au 22^{ème} jour. Chez les larves L5 traitées au *M. anisopliae* par ingestion, un début de mortalité a été enregistré avec 16,67% au 9^{ème} jour à la dose D1, ce taux est de 4,17% à la dose D2 et de 20,8% à la dose D3 au 6^{ème} jour. Au 22^{ème} jour, ce taux arrive à 91,67% à la dose D1, 79,17% à la dose D2 et 91,67 à la dose D3. On a enregistré aussi chez les témoins un taux de mortalité de 20% reste stable pendant le développement des larves pour le traitement par contact et un taux de 3,33% reste stable jusqu'à la mue imaginale pour le traitement par ingestion. Donc les larves L5 de *L. migratoria* ont été sensibles envers ces trois produits, malgré leur effet lent. L'analyse de la variance a montré une efficacité hautement significative entre la mortalité journalière cumulée des larves témoins et celle des traitées aux trois produits par les deux types de traitement contact et ingestion comparativement aux témoins (Pr. < 0.05). On peut conclure qu'avec le traitement par *M. anisopliae*, nous avons remarqué dans les conditions de l'expérimentation avec les deux modes de traitement que plus on augmente les doses testées, plus le produit devient plus efficace et tue un grand nombre d'individus dans un laps de temps plus ou moins court. Concernant le traitement avec le Triflumuron, les larves meurent au moment de la mue, ce qui confirme le mode d'action des dérégulateurs de croissance qui apparaît au moment de la métamorphose avec la perturbation de la synthèse de la chitine. L'extrait de henné agit comme un dérégulateur de croissance en causant un blocage de la mue chez les larves traitées qui finissent par mourir. On peut noter aussi pour le Triflumuron et le henné que la mortalité n'augmente pas avec l'augmentation de la dose. La différence observée entre les taux de mortalité peut être due à l'échelonnement de la mue, c'est pour ça qu'on peut trouver un taux de mortalité élevé chez une dose faible par rapport à une dose forte.

Les DL50 des trois produits appliqués par contact sur les larves L5 de *L. migratoria*, nous renseignent sur la dose suffisante pour tuer 50% d'une population. Les valeurs de DL50 sont de l'ordre de $0,32 \times 10^9$ spores/ml pour *M. anisopliae*, 1,99 ml/l pour le Triflumuron et 5,94% pour le henné

Les TL50 des trois produits appliqués sur les larves L5 de *L. migratoria* par les deux types de traitement, nous a permis de connaître l'efficacité des trois produits dans le temps. Les résultats obtenus, nous renseignent que les valeurs des TL50 diffèrent d'un produit à un autre et d'une dose à une autre et aussi d'un mode de traitement à un autre. En effet, il apparaît que *M. anisopliae* appliqué par ingestion est le plus toxique à la forte dose D3, avec un TL50=9,10j, suivi par le Triflumuron appliqué par contact à la faible dose D1, avec un TL50=10,36j, ensuite le henné appliqué par ingestion à la dose D2, avec un TL50=15,16j.

L'étude de la virulence des champignons entomopathogène vis-à-vis de différentes espèces acridiennes a fait l'objet de plusieurs travaux :

ZIMMERMANN *et al.* (1994), trouvent un taux de mortalité atteignant 100 % en 8 à 10 jours après un traitement réalisé au laboratoire au *Metarhizium spp* sur les L3 de *L. migratoria*.

BRINKMAN *et al.* (1997) ont noté un pourcentage de mortalité de 72,7 % au 10^{ème} jour chez les individus de *L. migratoria* traités par une formulation huileuse de *B. bassiana* à la dose $2,64 \times 10^9$ spores/ml.

DELGADO *et al.* (1997) lors d'un essai sur terrain de *B. bassiana* contre *Locusta migratoria*, ont enregistré un pourcentage de mortalité de 56 % au 10^{ème} jour de traitement.

DOUMANDJI-MITICHE *et al.*, (1997a), confirment que le traitement par contact de *M. anisopliae* sur les L5 et les adultes de *S. gregaria* est plus efficace que celui par le mode ingestion avec des valeurs de DL50 qui sont de l'ordre de $6,58 \times 10^6$ spores/ml et $1,91 \times 10^3$ spores/ml respectivement pour les modes contact et ingestion chez les larves, et $2,34 \times 10^4$ spores /ml et $2,18 \times 10^5$ spores/ml respectivement pour les modes contact et ingestion chez les adultes. DOUMANDJI-MITICHE *et al.* (1997b) ont obtenu des mortalités totales sur les adultes de *S. gregaria* au 5^{ème} jour de traitement par *M. anisopliae* avec une dose de $8,5 \times 10^5$ spores/ml. DOUMANDJI-MITICHE *et al.* (1999), ont enregistré des taux de mortalités de 100 % entre le 6^{ème} et le 12^{ème} jour sur les différents stades de *L. migratoria* traités par *Beauveria bassiana*.

FARGUES *et al.*, (1997), ont trouvé un taux de mortalité entre 98 et 100% après 8 jours de traitement de *Schistocerca gregaria* avec *Metarhizium flavoviride* à une température comprise entre 25°C et 30°C.

D'après STEPHAN *et al.*, (1997), des bio-essais de *Metarhizium flavoviride* contre les L3 de *Locusta migratoria* ont montré que l'efficacité des blastospores séchées, par pulvérisation, était comparable à celles des blastospores fraîchement produites (mortalité > 90%), bien que le temps écoulé pour tuer 50% des larves ait été légèrement plus long. La plus forte mortalité de près de 100% après 15 jours a été constatée avec la formulation aqueuse (20% de mélasse, 80% d'eau).

BATMAN *et al.* (1998) ont enregistré un taux de mortalité supérieur à 90% des imagos de *S. gregaria* traités par *Metarhizium anisopliae var acridum* à la dose 1×10^{12} conidies/ha lors d'un essai en cages au Niger.

Des essais sur terrain par voie aérienne ont été réalisés entre Novembre 1998 et Mars 1999 par HUNTER *et al.*, (1999), afin de traiter les bandes larvaires de *Locusta migratoria* avec l'utilisation de la formulation huileuse de *Metarhizium anisopliae var. acridum* à la dose de $3-4 \times 10^{12}$ conidies/ha. Ils ont trouvé que moins de 10% de larves traitées peuvent survivre.

BLANFORD et THOMAS (2001), ont obtenu un taux de mortalité supérieur à 90% après 10 jours dans des conditions de température constante, de 66% après 70 jours sous thermorégulateur optimal avec un traitement de *Metarhizium anisopliae var acridum* appliqué sur les adultes de *Schistocerca gregaria*.

HALOUANE *et al.*, (2001a) ont testé deux champignons entomopathogènes *Metarhizium flavoviride* et *Beauveria bassiana* au laboratoire contre *Locusta migratoria* à différentes doses : 10^6 spores/ml ; 10^5 spores/ml ; 10^4 spores/ml et 10^3 spores/ml. Ils ont trouvé des DL50 pour *M. flavoviride* qui s'évaluent à : $1,67 \times 10^2$ spores/ml ; $4,17 \times 10^2$ spores/ml ; $1,77 \times 10^5$ spores/ml ; $4,59 \times 10^6$ spores/ml ; $3,62 \times 10^7$ spores/ml et $9,40 \times 10^7$ spores/ml respectivement chez les larves des stades L1, L2, L3, L4, L5 et les imagos. Quant au *B. bassiana*, les DL50 estimées sont de l'ordre de $4,02 \times 10^2$ spores/ml ; $7,07 \times 10^5$ spores/ml ; $1,31 \times 10^6$ spores/ml ; 5×10^7 spores/ml et $9,4 \times 10^7$ spores/ml respectivement chez les larves des stades L1, L2, L3, L4, L5 et les imagos. HALOUANE *et al.*, (2001b, 2001c), ont trouvé une DL50 = 0,35 ml/l et des TL50 de l'ordre de 5 j., 4j. et 3j. respectivement pour les doses 0,66 ml/l., 0,33 ml/L et 0,16 ml/l, après avoir testé le Téflubenzuron par ingestion sur les larves L5 de *Locusta migratoria*.

Selon OUEDRAOGO (2001), le criquet migrateur (*Locusta migratoria*), par l'intermédiaire de la thermorégulation, développe une fièvre comportementale quand il est infecté par le champignon entomopathogène, *Metarhizium anisopliae var. acridum*. L'influence du comportement thermorégulateur sur la mortalité et la défense immunitaire de l'insecte ont été étudiées. En absence de thermorégulation, l'injection d'une dose de 2×10^3 blastospores/adulte tue tous les insectes au bout de 6 jours. Par contre, chez les insectes admis à thermoréguler pendant 4 h/ jour, le taux de mortalité était seulement de $17,3 \pm 3,3$ % après 3 semaines.

Nos résultats confirment ceux de SCANLAN *et al.*, (2001), avec des essais sur le terrain réalisés en Australie, indiquant que l'efficacité de *Metarhizium anisopliae* dépend de la dose d'application.

HORNBOSTEL *et al.*, (2005), ont effectué des tests de *Metarhizium anisopliae* sur les larves d'un acarien *Ixodes scapularis* au laboratoire et sur le terrain. Ils ont trouvé que ce pathogène induit un taux de mortalité de 70% à une dose de 10^9 spores/ml, avec une DL50 = 10^7 spores/ml au laboratoire. Cependant le traitement mené en plein champ contre les larves d'*Ixodes scapularis*, a donné un taux de mortalité inférieure à 50%.

CHAOUCH (2007), a testé le *M. anisopliae var. acridum* sur les L4 et sur les ailés de *Dociostaurus maroccanus*, et il a trouvé que le taux de mortalité atteint 100 % à différentes doses de traitement.

HERNANDEZ-VELAZQUEZ *et al.* (2007) ont obtenu un taux de mortalité de 97,5% au bout de 12 jours après un traitement par injection des ailés de *Schistocerca piceifrons piceifrons* 7 jours après l'émergence avec une dose de 6×10^4 spores/insecte d'une souche mexicaine de *Metarhizium anisopliae var acridum* (Ma PL40) dans des conditions thermiques de 28°C.

Le Green Guard®, appliqué avec des doses faibles à modérées (25-50 g/ha), a entraîné un taux de mortalité de 76 à 97% dans un délai de huit à onze jours chez *Locusta migratoria manilensis* (HUNTER, 2007).

D'après KANE *et al.*, (2007), une mortalité de 85% et 95% a été signalée chez les L4 de *Schistocerca gregaria* traitées respectivement par la souche *M. anisopliae var acridum* IMI 330189 de la Mauritanie et celle de l'Allemagne avec des températures ambiantes qui variaient entre 22 et 26,5°C. Par contre, sur les L4 exposées aux températures ambiantes qui variaient entre 11 et 31,5 °C, la mortalité était inférieure à 25% exceptée pour la forte dose d'IMI 330189 qui a tué 73,33% des larves testées. L'exposition des larves traitées avec la forte dose d'IMI 330189 à des températures comprises entre 32 et 46,5 °C pendant huit heures par jour, a fortement inhibé la virulence du biopesticide avec une mortalité atteignant 7%. Pour le test en conditions semi-naturelles, seule la souche IMI 330189 a été utilisée à la dose 5×10^{12} conidies/ha. Pour ce test, il y avait deux traitements: larves et végétation traitées et larves non traitées placées dans la végétation traitée pour évaluer l'effet du prélèvement secondaire. Dans le premier cas, une mortalité de 66% a été observée contre 41,25% pour le second cas.

VAN DER VALK (2007), annonce que la plupart des traitements effectués avec une dose de 5×10^{12} conidies/ha de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* ont entraîné une réduction de la population acridienne de plus de 90% (aussi bien lors d'évaluations de terrain qu'en cages) dans un délai de 6 à 14 jours; avec des doses d'application moindres.

Des essais ont été effectués par ENTZ *et al.*, (2008), afin de tester deux variétés de *Metarhizium* sur quatre espèces de locustes : *Melanoplus sanguinipes*, élevé au laboratoire et *M. sanguinipes*, *M. bivittatus* et *M. packardii*, récoltés du terrain. Ils ont trouvé avec les acridiens élevés au laboratoire et traités au *M. anisopliae* var. *acridum* un taux de mortalité de 99% après 12 jours, avec un TL50 = 6,7 jours et un TL90 = 9,6 jours, contre un taux de mortalité de 100% après 8 jours, avec un TL50 = 4,1 jours et un TL90 = 5,8 jours pour les individus élevés au laboratoire traités au *M. anisopliae* var. *acridum* commercialisée.

PENG *et al.*, (2008), ont essayé la suspension de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* mélangée avec l'huile de soja, afin de l'appliquer sur les bandes larvaires de *Locusta migratoria manilensis* (Meyen). Ces essais ont été réalisés au cours des années 2002-2006 dans le nord de la Chine sur terrain soit par voie aérienne ou terrestre ou aussi avec une expérimentation faite en cage. Ils ont trouvé que l'essai en cage par voie terrestre avec les doses $3,3 \times 10^{12}$ et $5,0 \times 10^{12}$ conidies ha⁻¹ a donné une mortalité de 90%, 9-13 jours après le traitement. Pour le traitement sur terrain par pulvérisation terrestre, ils ont signalé plus que 90%, 11 à 15 jours après le traitement. Quant aux traitements par voie aérienne soit sur la cage expérimentale ou sur les parcelles ouvertes donnent un pourcentage de criquets survivants de 10% à 11 et 14 jours après le traitement, respectivement dans la cage et sur le terrain ouvert.

OULD ETHEIMINE *et al.*, (2013), confirment que les spores de *Metarhizium acridum* reste toujours virulentes vis-à-vis les L5 de *Schistocerca gregaria* avec une mortalité de 100% 5 à 7 jours après le traitement.

Concernant l'étude de l'efficacité des dérégulateurs de croissance vis-à-vis de différentes espèces acridiennes, on peut citer les travaux suivant :

NASSEH *et al.*, (1992a), prouvent que l'Alsystin et le Téflubenzuron ont permis d'obtenir une mortalité de 100 % sur les populations du criquet pèlerin, issues d'un élevage de laboratoire au bout de quatre jours de traitement.

HANRIEDER *et al.*, (1993), annoncent que le Triflumuron appliqué sur les L2 et L4 de *L. migratoria migratorioides* donne des taux de mortalité variant entre 60% et 90% au bout de 18 jours après le traitement.

DOROW (1996) déclare après des essais faits au terrain sur *Schistocerca gregaria* en Mauritanie, *Locustamigratoriacapito* à Madagascar et *Oedaleussenegalensis* au Niger que le traitement par ingestion du Triflumuron provoque la mortalité totale des bandes larvaires avant, pendant ou après la mue.

WILPS et DIOP (1997), annoncent que les taux de mortalité obtenus avec les dérégulateurs de croissance : triflumuron (Alsystin), teflubenzuron (Nomolt), et diflubenzuron (Dimilin) étaient de 40% après 6 jours pour atteindre le maximum de 100% après 10 jours, après des essais de terrain effectués sur le criquet pèlerin.

TIRCHI et MOHOUCHE (2008), ont réalisé des traitements par ingestion avec le Triflumuron sur les cinq stades larvaires du criquet pèlerin. Ce dérégulateur de croissance a entraîné une forte mortalité allant jusqu'à 100% chez tous les stades larvaires.

Quant à l'utilisation des extraits des plantes contre les différentes espèces acridiennes citant les travaux suivants :

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

Des études élaborées par ALIA *et al.*, (1995), ont montré que l'extrait éthanolique Brut de *Lawsonia inermis* présente des effets anti-inflammatoires, analgésiques et antipyrétiques vis-à-vis le rat.

D'après DIOP et WILPS (1997), l'efficacité de certains produits à base de Neem et de *Meliavolkensii* a été testée dans la lutte contre *Schistocerca gregaria* de 1990 à 1995. Compte tenu d'invasions réduites de locustes, ces recherches se sont jusqu'en 1992 limitées à des essais en cage. Par la suite, les traitements contre les criquets ont été intensifiés. Selon les quantités de matière active appliquées, des taux de mortalité allant jusqu'à 100% ont été atteints au bout de 14 jours.

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

ABBASSI *et al.*, (2003 ; 2004), annoncent que l'extrait éthanolique des feuilles de *Peganum harmala* au stade végétatif ou au stade de fructification entraîne un taux de mortalité de 29% obtenu avec le premier extrait et de 15% avec le second extrait au bout de

14^{ème} jour de la vie imaginaire. Un taux de mortalité de 100% chez les larves de *Schistocerca gregaria* est atteint au bout de 15^{ème} jour du début du traitement à l'extrait d'alcaloïdes des feuilles de *Calotropis procera* en végétation.

SINGH et SINGH (2004), notent que le traitement à base de henné de *Lawsonia inermis* a entraîné une réduction significative de la survie des jeunes escargots *Lymnaea acuminata*.

D'autres études ont été réalisées concernant l'utilisation du henné sur les micro-organismes. Citons le travail de MUHAMMAD et MUHAMMAD (2005), qui ont testé les effets des extraits de l'eau et de chloroforme des feuilles de *Lawsonia inermis* sur quelques espèces bactériennes *Streptococci* sp., *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Fusarium oxosporum*, *Aspergillus niger* et *Candida albicans*. Ils ont trouvé que les extraits ont empêché la croissance de ces bactéries. Ils ont arrivé donc à une conclusion que l'inhibition de la croissance des micro-organismes suggère que le henné puisse être une valeur importante dans la gestion des infections brûlées de blessure.

OULD EL HADJ *et al.* (2003; 2005; 2006) signalent que l'ingestion des feuilles de chou traitées par les extraits de *Melia azedarach*, d'*Azadirachta indica* et d'*Eucalyptus globulus* engendre des pourcentages de mortalité de 100% chez les larves L5 et les adultes de *S. gregaria*. Cette mortalité est atteinte au bout de 10 jours pour les L5 et 13 jours pour les adultes pour *A. indica*. Elle est de 11 jours chez les L5 et 14 jours chez les adultes pour *M. azedarach*. Les individus traités à l'*eucalyptus* meurent quelques jours plus tard. Les valeurs de TL50 varient de 7,5 jours, 8,2 jours et de 10,4 jours respectivement pour les larves L5 nourries par des feuilles de chou traitées par l'extrait acétonique foliaires de *Azadirachta indica*, *Melia azedarach* et d'*Eucalyptus globulus*. Alors que chez les adultes de *S. gregaria*, il est de l'ordre de 8,1 jours, 8,3 jours et 9,6 jours respectivement pour les extraits foliaires acétonique de neem, mélia et d'eucalyptus.

ABDALLA *et al.*, (2009), déclarent que l'application par contact ou par ingestion de l'extrait de *Mucuna pruriens* sur les L2 de *Locusta migratoria* a donné une mortalité de 99%.

KEMASSI *et al.*, (2010), signalent une mortalité de 100% notée après le 14^{ème} jour pour les L5, et elle est de 66,67% après le 30^{ème} jour pour les adultes chez *Schistocerca gregaria* en présence des feuilles de chou pulvérisés avec l'extrait des feuilles d'*Euphorbia guyoniana*, avec une TL50=10,51 jours pour les larves, et une TL50=20,02 jours pour les adultes.

KEMASSI *et al.*, (2011a ; 2011b ; 2013 ; 2014), signalent que le traitement des larves L5 et des adultes de *Schistocerca gregaria* par les huiles essentielles de *Peganum harmala*, *Cleome arabica* et *Cymbopogon schoenanthus* a donné 100% de mortalité. Ce taux est obtenu au bout de 8 min 30' chez les larves L5 et au bout de 30 min 18' chez les adultes

pour *P. harmala* et au bout de 12 min 17' chez les larves L5 et au bout de 128 min 8' chez les adultes pour *Cleome arabica*. Quand au traitement avec *C. schoenanthus*, les 100% de mortalité sont atteints au bout de 35 mn 11' chez les larves L5 et au bout de 63 mn 19' chez les adultes. Le TL50 est de l'ordre de 6 min 12' pour les larves L5 et de 19 min 21' pour les adultes traités avec *P. harmala*. Il est de 9 min 17' et 41 min 50' respectivement pour les larves L5 et les adultes traités avec *C. arabica*. Le TL50 enregistré chez *C. schoenanthus* est de 28 mn 36' pour les larves L5 et 48 mn 54' pour les adultes.

MANSOUR *et al.*, (2015), ont étudié la toxicité de quelques plantes vis-à-vis les larves L3 de *Schistocerca gregaria*, et ils ont prouvé que l'huile d'*Allium cepa* est la plus toxique avec des valeurs de DL50 et DL90 égales à 1,11 et 1,42 ppm respectivement, suivies par le *Petroselinum sativum* (1,34 et 1,61 ppm, respectivement). Les valeurs des DL50 et DL90 pour les huiles de *Pelargonium radula*, *Cuminum cyminum*, *Ocimum basilicum*, *Origanum vulgare* et *Matricaria chamomilla* se situaient respectivement entre 1,54 à 1,59 ppm et entre 1,84 à 1,91 ppm.

II. Effet de trois produits sur la morphologie, l'évolution pondérale, le gain du poids, le développement et l'activité alimentaire des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*

II.1. Effet sur la morphologie

Les observations faites chaque jour sur les larves L5 de *S. gregaria* et de *L. migratoria* traitées aux trois produits, nous ont permis de constater que les individus traités manifestent une activité normale similaire à celle des témoins pendant les jours de traitement et aucun changement morphologique n'est noté. Mais avec l'infection cryptogamique pour *M. anisopliae* et l'approche du moment de la mue pour le Triflumuron et le henné, les larves traitées aux trois produits présentent des changements morphologiques. Nous avons remarqué aussi que les mêmes symptômes morphologiques ont été signalés pour les deux espèces acridiennes.

Le traitement au *M. anisopliae* engendré des changements morphologiques au niveau de la coloration se manifestent avec l'infection cryptogamique. Donc les larves traitées des deux criquets deviennent complètement rouges après leur mort ensuite se momifient. Cela est justifié par le mode d'action des champignons qui libèrent des spores qui se fixent sur la cuticule de l'insecte où elles germent et pénètrent, ensuite se développent dans l'insecte jusqu'à induire sa mort puis sa momification.

Les larves L5 de *S. gregaria* et de *L. migratoria* traitées au Triflumuron et au henné paraissent normales et continuent à s'alimenter après le jour de traitement jusqu'au moment de la mue imaginale, où elles sont affaiblies, elles trouvent des difficultés pour muer et elles finissent par mourir.

Le Triflumuron a montré des effets sur les larves L5 des deux acridiens, qui se sont manifestés par des malformations morphologiques au moment de la mue telles que : un corps mou; une augmentation au niveau de la taille; un gonflement au niveau de pronotum; ouverture des ébauches alaires, déformation des pattes postérieures au niveau des tibias et un blocage de la mue. Ces effets correspondent au mode d'action des dérégulateurs de croissance qui perturbent le processus de la mue avec l'inhibition de la synthèse de la chitine des insectes traités.

Les larves L5 des deux acridiens traitées au henné sont affaiblies et présentent des difficultés pour exuvier. En effet elles souffrent pour se débarrasser de leurs exuvies, mais elles n'y parviennent pas et restent emprisonnées et finissent par mourir. Nous avons noté aussi une augmentation au niveau de la taille et des déformations au niveau des élytres. On peut dire alors que le henné se comporte comme un dérégulateur de croissance; les larves ne pouvant pas muer ont fini par mourir.

D'après WELLING et ZIMMERMANN (1997), la cuticule des individus de *L. migratoria* infectées par *Sorosporrella* sp. devient pâle et se casse vers le haut facilement, libérant les masses des spores brun-rougeâtre qui remplissent le cadavre entier.

Selon KOOYMAN (2007), *Metarhizium* infecte les insectes par contact, pas par ingestion, ce qui est similaire à l'action de beaucoup d'insecticides chimiques. Lors de l'infection cryptogamique la cuticule rougit, par l'oosporéine produite par le champignon. Des spores vertes sont formées 24h ou 48h après l'infection et elles peuvent ensuite infecter d'autres individus.

NASSEH *et al.*, (1992a), signalent que le traitement par les inhibiteurs de croissance tel que le Téflubenzuron et le Triflumuron provoquent des handicaps chez les individus du criquet pèlerin se traduisant que le fait que l'insecte se trouve dans l'incapacité de muer, ainsi qu'une réduction de l'aptitude au vol due à une déformation des ailes. Des difficultés au niveau de la prise de nourriture sont notées et résultent des malformations ou disparition des pattes et des tarsi. Des obstacles à la communication générale, se traduisent par la disparition de l'aptitude à la copulation due à une perte ou une malformation des extrémités abdominale. De même il y a perte du sens de l'orientation suite à la disparition des antennes et la déformation des yeux.

Selon HANRIEDER *et al.*, (1993), les larves de *Locusta migratoria migratorioides* traitées au Triflumuron présentent un aspect moue après leur mort ; aucun durcissement de la cuticule, avec une rupture observée entre les segments membranaires de ce locuste.

D'après DORN *et al.*, (1997), le traitement par le fénoxycarbe sur des larves L5 de *L. migratoria capito* au laboratoire et au terrain a provoqué des perturbations d'ordre morphogénique durant la métamorphose, réduisait la fertilité et entraînait la solitarisation des insectes grégaires. Le changement de l'état phasaire se signalait par la coloration en vert des criquets et l'acquisition de caractéristiques morphologiques et comportementales typiques des locustes solitaires.

BOUGHADAD *et al.*, (2005), ont signalé chez les larves de criquet pèlerin traitées au triflumuron, diflubenzuron, *Azadirachta indica* et *Melia volkensii* des déformations morphogénétiques et une mobilité réduite.

TIRCHI (2008), a enregistré de diverses malformations morphologiques chez les larves de *S. gregaria* traitées avec le lufenuron et le triflumuron se traduisant par l'apparition des malformations au niveau des ailes, la disparition de l'une ou des deux pattes postérieures ou des déformations au niveau de celles-ci et une réduction au niveau de la taille des larves et des imagos issus. Cependant, avec le flufenoxuron, aucune déformation n'a été enregistrée mais la diminution des performances des larves est traduite par une faiblesse et la réduction de leur mobilité.

BAKR *et al.*, (2009), déclarent que les adultes issus des L5 de *S. gregaria* traitées à l'hexaflumuron sont incapables de se défaire de l'exuvie complètement et cette dernière reste collée à différentes parties (aile, fémur).

REMBOLD (1994 ; 1997) rapporte que des essais sur le terrain ont montré que la poudre brute de *Melia volkensii* dosée à environ 10g/haa engendrait 80% de malformations chez les larves et les adultes de criquet pèlerin.

Des essais réalisés par DIOP et WILPS (1997) entre 1990 et 1995 en Niger et en Mauritanie sur *S. gregaria* avec l'utilisation de certains produits à base de neem et de *Melia volkensii* montrent que ces produits provoquent des malformations, des motilités réduites chez les larves et les adultes et une baisse des performances de vol observées chez les adultes survivants.

MWANGI *et al.*, (1997), signalent que les extraits concentrés de *M. volkensii* appliqués à fortes doses causent la mort des locustes ou diminuent leur forme physique en provoquant une paralysie de leurs muscles squelettiques. Les effets obtenus varient en fonction de la température ambiante. Les doses réduites sont d'autant plus efficaces que la température est

élevée, d'où une meilleure efficacité de *M. volkensis* contre les locustes dans les zones désertiques chaudes.

MOUSSA (2003), signale que le traitement à l'huile de Neem a provoqué d'importantes anomalies morphogénitiques chez larves L4 et L5 de *L. migratoria migratoria* et *L. migratoria migratoroides* exprimant par des dépigmentations, des malformations et une mue incomplète.

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

OULD EL HADJ *et al.* (2006), signalent que l'ingestion des feuilles de chou traitées par l'extrait d'*Azadirachta indica* provoque un noircissement au niveau de la face ventrale observé après la mort des individus de *S. gregaria* nourris par les feuilles de chou traitées par l'extrait végétal.

ABDELAOUI *et al.*, (2006 ; 2009), signalent que l'ingestion de l'acide gibbérellique chez *L. migratoria* augmente le pourcentage des malformations suite à des difficultés d'exuviation des adultes issus des larves L5 traitées.

KEMASSI *et al.*, (2012 ; 2014), notent que la pulvérisation directe des huiles essentielles de *Peganum harmala* et *Cleome arabica* sur les larves L5 et les adultes de *S. gregaria* a provoqué des symptômes de neuro-intoxication, avec une hyperexcitabilité séparée par des moments d'immobilité et des troubles de mouvements. De même, une perte de la capacité de jointure tarsique et de défécation intense sont observées. Les imagos issus des L5 nourris par des feuilles de chou traitées aux extraits de *Cleome arabica*, présentent des malformations se manifestant par des ailes mal étalées et des difficultés à se défaire définitivement de leur exuvie.

II.2. Effet sur l'évolution pondérale et le gain du poids

Les résultats obtenus de l'analyse de la variance, nous montrent qu'il y a une différence significative entre le poids des larves témoins et celui des traitées aux trois produits pour *S. gregaria* et *L. migratoria* (Probabilité < 0,05). Mais il y a une différence non significative entre le gain du poids des larves témoins et celui des traitées aux trois produits pour les deux acridiens (Probabilité > 0,05)

Les résultats de la l'analyse de la variance entre les deux espèces pour chaque produit révèlent qu'il y a une différence significative entre le poids des larves L5 pour celui enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les traitées au Triflumuron. Il y a aussi

une différence hautement significative entre le poids des larves L5 enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les traitées au *M. anisopliae*, au henné et les témoins (Probabilité < 0,05). Mais il y a une différence non significative entre le gain du poids des larves L5 enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les témoins (Probabilité > 0,05).

Les résultats obtenus concernant l'évolution pondérale des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* nous permettent de constater qu'il y a une légère différence entre le poids des larves traitées aux trois produits pour *S. gregaria* et *L. migratoria* comparativement aux témoins. En effet le poids moyen initial enregistré pour *L. migratoria* est de $0,44 \pm 0,05$ g chez les témoins, $0,46 \pm 0,05$ g chez les traitées au *M. anisopliae*, $0,56 \pm 0,05$ g chez les traitées au Triflumuron et $0,52 \pm 0,04$ g chez les traitées au henné. Ce poids est de $1,14 \pm 0,15$ g chez les témoins, $0,82 \pm 0,04$ g chez les traitées au *M. anisopliae*, $0,92 \pm 0,11$ g chez les traitées au Triflumuron et $0,96 \pm 0,09$ g chez les traitées au henné pour *S. gregaria*. Le poids augmente avec le temps et avec le développement des larves et arrive à un poids moyen final, qui est de $2,13 \pm 0,23$ g et $1,1 \pm 0,18$ g respectivement pour les larves de *S. gregaria* et *L. migratoria* témoins. Chez les larves L5 des deux espèces traitées au henné et au Triflumuron, une augmentation du poids importante a été enregistrée durant leur développement. Ce poids est de $2,1 \pm 0,1$ g et $1,3 \pm 0,14$ g respectivement pour les larves de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées au henné, et $1,97 \pm 0,32$ g et $1,16 \pm 0,29$ g respectivement pour les larves de *S. gregaria* et *L. migratoria* traitées au Triflumuron. Concernant les larves des deux acridiens traitées au *M. anisopliae*, on signale une légère augmentation du poids pendant leur développement, qui est moins important par rapport aux témoins. Ce poids atteint $1,14 \pm 0,09$ g et $0,83 \pm 0,29$ g respectivement pour les larves de *S. gregaria* et *L. migratoria*. Nous avons constaté aussi que le poids des larves L5 femelles traitées aux trois produits est plus important chez *S. gregaria* par rapport à celui enregistré chez *L. migratoria*.

L'examen des résultats, nous montre que le gain du poids moyen est plus important chez les larves traitées au Triflumuron et au henné et moins important pour celles traitées au *M. anisopliae* par rapport aux témoins pour les deux acridiens. Nous avons remarqué aussi qu'il est plus important chez *S. gregaria* par rapport à *L. migratoria*. En effet le gain du poids moyen est de $0,10 \pm 0,12$ g et $0,06 \pm 0,05$ g respectivement pour les larves témoins de *S. gregaria* et *L. migratoria*, contre $0,13 \pm 0,07$ g; $0,13 \pm 0,06$ g et $0,06 \pm 0,19$ g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae* chez *S. gregaria*, et $0,05 \pm 0,08$ g; $0,05 \pm 0,08$ g et $0,03 \pm 0,07$ g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae* chez *L. migratoria*.

Donc on peut dire que le poids des larves témoins et traitées aux trois produits augmente avec le temps au cours de développement des insectes. Ce poids diminue au moment de la mue avec l'exuviation ou l'approche de la mort des individus traités. On peut signaler aussi que l'effet des trois produits sur l'évolution pondérale des deux espèces acridiennes diffère selon le produit. Le Triflumuron et le henné n'ont pas marqué un effet inhibiteur sur l'évolution pondérale des larves L5 des deux acridiens. Mais *M. anisopliae* a diminué le poids des larves L5 traitées des deux criquets. Cependant un gain du poids important a été enregistré pour le Triflumuron et le henné dû aux gonflements observés au niveau des larves L5 des deux criquets traitées par ces deux produits. Le gain du poids noté chez les larves L5 traitées au *M. anisopliae* est moins important chez *S. gregaria* et *L. migratoria*.

HEMOUR (2009), a confirmé que le traitement au *M. anisopliae* par une application topique sur *Schistocerca gregaria*, entraîne une diminution de la croissance pondérale des adultes femelles, mais il réduit faiblement le poids des imagos femelles.

MILAT-BISSAAD *et al.*, (2011a ; 2011b), ajoutent que l'utilisation des deux entomopathogènes *B. bassiana* et *M. anisopliae* sur les L5 de *S. gregaria* provoquent une diminution de leur poids.

TIRCHI et MOUHOUCHE (2008), annoncent que le traitement par ingestion au Triflumuron sur les larves de *Schistocerca gregaria* entraîne une diminution de la croissance pondérale chez les L4 et les L5.

WILPS *et al.* (1992) rapportent que les composés actifs contenus dans les extraits de *Melia volkensii* Gürke (Meliaceae), ralentissent la croissance et le développement des individus traités de *S. gregaria*.

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

MOUSSA (2003), a trouvé que le traitement à l'huile de Neem a provoqué une inhibition de la croissance des larves L4 et L5 de *Locusta migratoria migratoria* et *Locusta migratoria migratorioides*.

ABBASSI *et al.*, (2003 ; 2004), annoncent que l'extrait d'alcaloïdes des feuilles de *Calotropis procera* en végétation et l'extrait éthanolique de *Peganum harmala* entraînent une baisse du poids chez les larves et les imagos de *Schistocerca gregaria*.

OULD EL HADJ *et al.*, (2003 ; 2005), confirment que les larves du cinquième stade de *Schistocerca gregaria* mises en présence de chou trempé dans les extraits de neem, de méliá et d'eucalyptus, perdent respectivement 56%, 37% et 19,5% de leurs poids initiaux. Quant

aux imagos, cette chute de poids est de 36% pour le neem, 29,9% pour le méliá et 18,6% pour l'eucalyptus.

ABDELAOUI *et al.*, (2006 ; 2008 ; 2009), montrent que l'ingestion de l'acide gibbérélique provoque une diminution de la croissance pondérale des larves L5 de *Locusta migratoria migratoria*.

Selon DOUMANDJI-MITICHE et DOUMANDJI (2006), le traitement par ingestion des extraits de feuilles d'olivier *Olea europea* provoque une diminution du poids chez *Locusta migratoria*.

KEMASSI *et al.*, (2010), notent que les larves L5 et les adultes de *S.gregaria* alimentés par des feuilles de chou pulvérisés avec l'extrait des feuilles de *Euphorbia guyoniana* ont perdu respectivement 26,93% et 33,09% de leur poids initial.

BEZAZE et MOUHOUCHE (2011), affirment que l'alimentation des imagos de *Locusta migratoria* par les feuilles fraîches de *Nerium oleander* a provoqué une diminution de leurs poids corporels.

II.3. Effet sur la durée de développement du stade L5 au stade imago

L'étude de l'effet des trois produits sur la durée de développement du stade L5 au stade imago pour les deux acridiens, nous montre que les individus témoins ont effectué leur mue imaginale normalement et aucune malformation n'a été observée. Les larves traitées n'ont pas pu atteindre le stade imago et elles sont toutes mortes. Cependant les larves L5 des deux acridiens traitées au *M. anisopliae* meurent après le traitement et avant la mue imaginale. Quand aux larves L5 des deux acridiens traitées au Triflumuron et au henné, elles sont toutes malformées au moment de la mue et elles finissent par mourir. Nous avons enregistré une durée moyenne de développement courte chez *S. gregaria* par rapport à *L. migratoria*. Cette durée est de $10 \pm 1,41j$ et $14,5 \pm 1,91j$ respectivement pour les larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* témoins. L'espérance moyenne de vie des deux espèces traitées aux trois produits est de $9,4 \pm 0,89j$, $8,8 \pm 1,30j$ et $6 \pm 0j$ respectivement pour les larves L5 de *S. gregaria* traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*, contre $17,8 \pm 1,10j$, $14 \pm 0j$ et $15,2 \pm 2,59j$ respectivement pour les larves L5 de *L. migratoria* traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*.

D'après les résultats de l'analyse de la variance, on constate qu'il y a une différence significative entre la durée de développement des larves témoins et celle des traitées aux trois produits pour *S. gregaria* (Probabilité < 0,05). Mais la différence est non significative entre la

durée de développement des larves témoins et celle des traitées aux trois produits pour *L. migratoria* (Probabilité > 0,05).

Les résultats de la l'analyse de la variance entre les deux espèces pour chaque produit révèlent qu'il y a une différence hautement significative entre la durée de développement des larves L5 enregistrée chez *S. gregaria* et celle notée chez *L. migratoria* pour les traitées aux trois produits (Probabilité < 0,05). Mais la différence est non significative entre la durée de développement des larves L5 enregistrée chez *S. gregaria* et celle notée chez *L. migratoria* pour les témoins (Probabilité > 0,05).

Donc les résultats obtenus nous permettent de constater que les trois produits ont un effet remarquable sur le passage du stade larve au stade imago pour les deux acridiens car aucune larve n'a pas réussi à effectuer la mue imaginale. Celles qui ont réussi difficilement à atteindre le stade imago finissent par mourir.

ABDELAOUI *et al.*, (2006 ; 2009), notent une inhibition de développement en provoquant un ralentissement des processus de la mue qui s'est traduit par un prolongement dans la durée des stades larvaires de *Locusta migratoria* traité par l'acide gibbérellique.

TIRCHI et MOUHOUCHE (2008), signalent que le Triflumuron appliqué par ingestion sur les larves du criquet pèlerin, inhibe le processus de la mue qui peut être traduit par un prolongement de la durée des stades larvaires.

KORAYEM et OSMAN (1992), ont signalé un effet inhibiteur de *Lawsonia inermis* contre le développement de *M. incognita*.

NASSEH *et al.*, (1992a), confirment que l'application des extraits de mélia sur les larves de *Schistocerca gregaria* a provoqué un prolongement de l'état larvaire de deux semaines en moyenne pour les larves de laboratoire, de trois en moyenne pour les larves de capture. Tandis que tous les spécimens capturés avaient atteint le stade imaginal après environ 20 jours, certains des spécimens de laboratoire sont restés en complète stagnation, ne dépassant jamais le stade larvaire. Ceux-ci périrent entre le 45^{ème} et le 55^{ème} jour après l'application.

NASSEH *et al.*, (1992b), ont montré que le traitement par le Teflubenzuron a empêché complètement le développement des troisièmes et quatrièmes stades larvaires de *S. gregaria*.

OULD AHMEDOU *et al.*, (2001), ont montré que les larves L4 de *Schistocerca gregaria* alimentées par *Glinus lotoides* n'ont pas pu atteindre le stade L5.

OULD EL HADJ *et al.*, (2003 ; 2005), annoncent que les L5 de *Schistocerca gregaria* nourries à base de fragments de chou traités au neem ou au mélia, n'ont pas pu effectuer leur

mue imaginale; et 20% seulement de celles nourries en présence d'eucalyptus ont pu atteindre leur dernière mue.

BOUHAS-BOUBEKKA et MOUHOUCHE (2011), ont étudié l'activité larvicide des extraits de *Datura innoxia* et *Azadirachta indica* sur les L5 de *Schistocerca gregaria*. L'effet de ces extraits s'est manifesté par une inhibition de développement en provoquant une extension de la durée de stade larvaire.

GHONEIM *et al.*, (2009 ; 2014a et 2014b), affirment que le traitement par les extraits d'*Ammi visnaga* et de *Fagoniabruguieri* a affecté le développement des larves L5 de *Schistocerca gregaria* avec un blocage de la mue.

II.4. Effet sur l'activité alimentaire

II.4.1. Effet sur la consommation journalière des larves L5

Les résultats de l'analyse de la variance, nous permettent de constater qu'il y a une différence significative entre l'ingéra des larves témoins et celui des larves traitées aux trois produits pour *S. gregaria*. La différence est hautement significative entre l'ingéra des larves témoins et celui des larves traitées aux trois produits pour *L. migratoria* (Probabilité < 0,05).

Les résultats de la l'analyse de la variance entre les deux espèces pour chaque produit révèlent qu'il y a une différence significative entre l'ingéra des larves L5 enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les traitées au *M. anisopliae* et les témoins. La différence est hautement significative entre l'ingéra des larves L5 enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les traitées au Triflumuron et au henné (Probabilité < 0,05).

L'étude de l'effet de trois produits sur la consommation journalière des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*, nous a permis de signaler que la consommation des larves témoins est légèrement élevée par rapport à celle des larves traitées aux trois produits pour *S. gregaria*. Elle est plus élevée que celle enregistrée chez les larves traitées aux trois produits chez *L. migratoria*. Cette consommation débute avec 0,686g pour les témoins contre 0,664g, 0,621g et 0,553g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae* chez *S. gregaria*. Elle est de 0,529g pour les témoins contre 0,210g, 0,244g et 0,252g respectivement chez les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae* chez *L. migratoria*. Cette consommation augmente puis diminue au cours de temps et atteint des valeurs inférieures aux valeurs initiales lorsque le moment de leur mue ou de leur mort approche. Elle atteint les valeurs finales de 0,407g et 0,453g respectivement pour les larves témoins de *S. gregaria* et *L. migratoria*, contre 0,446g ; 0,514g et 0,303g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae* pour *S. gregaria*, et 0,165g, 0,173g et

0,171g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae* pour *L. migratoria*. Nous pouvons noter aussi en comparant l'ingesta des deux acridiens que la consommation journalière est plus importante chez *S. gregaria* par rapport à *L. migratoria*.

Les pesées faites quotidiennement sur l'egesta des larves L5 des deux acridiens traités aux trois produits, nous montre que le poids sec des fèces des larves témoins est légèrement élevé par rapport à celui des larves traitées aux trois produits pour *S. gregaria*, avec 0,334g pour les témoins contre 0,319g, 0,324g et 0,246g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. Chez *L. migratoria*, le poids sec des fèces des larves témoins est plus élevé que celui enregistré chez les larves traitées aux trois produits. En effet il est de 0,073g pour les témoins contre 0,028g, 0,028g et 0,013g respectivement chez les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. Le poids journalier des excréments augmente et diminue au cours de temps et atteint des valeurs inférieures aux valeurs initiales lorsque le moment de leur mue ou leur mort approche. Il atteint les valeurs finales de 0,095g et 0,071g respectivement pour les larves témoins de *S. gregaria* et *L. migratoria*, contre 0,064g ; 0,265g et 0,018g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae* pour *S. gregaria*. Il est de 0g, 0,006g et 0,014g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae* pour *L. migratoria*. Nous avons remarqué aussi en comparant l'egesta des deux acridiens que le poids journalier des excréments est plus important chez *S. gregaria* par rapport à *L. migratoria*.

Les résultats de l'analyse de la variance, nous permettent de constater qu'il y a une différence significative entre l'egesta des larves témoins et celui des traitées aux trois produits pour les deux acridiens (Probabilité < 0,05).

Les résultats de la l'analyse de la variance entre les deux espèces pour chaque produit révèlent qu'il y a une différence significative entre l'egesta des larves L5 enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les traitées au *M. anisopliae*. La différence est hautement significative entre l'egesta des larves L5 enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les traitées au Triflumuron, au henné et les témoins (Probabilité < 0,05).

Donc on peut signaler que le poids moyen des ingesta et des egesta des larves L5 traitées aux trois produits est moins important que celui des témoins pour *L. migratoria*, et il est presque semblable aux témoins pour *S. gregaria*. Donc ce qui implique que les trois produits entraînent une diminution importante dans la prise de la nourriture et une baisse dans le poids des excréments des larves L5 de *L. migratoria*. Cette diminution dans la consommation et

dans le poids des fèces est moins importante chez les larves L5 de *S. gregaria* comparativement aux témoins.

Nos résultats confirment ceux de KOOYMAN (2007), qui signale que les corpuscules hyphales de *Metarhizium* font une concurrence avec l'insecte pour les nutriments et cette concurrence devient plus forte au fur et à mesure que la biomasse fongique augmente. Finalement, l'insecte ne peut plus absorber assez de nutriments et meurt effectivement de faim. Ceci justifie les résultats obtenus au cours de notre étude à savoir la diminution de la prise de la nourriture des larves de *L. migratoria* et de *S. gregaria* traitées au *M. anisopliae*.

SIEGLAFF *et al.*, (1997) ont montré que le traitement avec *Metarhizium flavoviridea* diminué le taux de consommation chez *Schistocerca americana*.

Selon DOBSON (2001), *Metarhizium* est un biopesticide à action lente et pourrait induire une baisse ou un arrêt de l'activité alimentaire, provoquant la mort plus tard ou dans la journée qui suit le traitement.

ARTHUR et THOMAS (2000 ; 2001) ont montré que le traitement par *M. anisopliae* var. *acridium* provoque une réduction dans l'alimentation de *Schistocerca gregaria* et *Locusta pardalina*.

OULD TALEB et AMADOU (2001), constatent qu'après avoir traité les larves de *Schistocerca gregaria*, par l'entomopathogène *Metarhizium anisopliae*, les larves traitées s'arrêtent de s'alimenter à partir du quatrième jour, et leurs poids n'évolue pas jusqu'à la mort.

MILAT-BISSAAD *et al.*, (2011a ; 2011b), confirment que les deux entomopathogènes *B. bassiana* et *M. anisopliae* var. *acridium* ont perturbé la prise alimentaire des L5 de *S. gregaria*.

HERNANDEZ-VELAZQUEZ *et al.* (2007), déclarent 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).

HANRIEDER *et al.*, (1993), confirment que le Triflumuron n'a pas un effet remarquable sur l'activité alimentaire des larves de *Locusta migratoria migratorioides*. Par conséquent, les plantes trouvées dans les cages (Pennisetum) ont été entièrement consommées pendant les 20 jours de la période d'essai.

NASSEH *et al.*, (1992b), ont signalé que l'huile de neem a montré des effets anti-alimentation chez les larves de *S. gregaria*.

WILPS *et al.* (1992) rapportent que les composés actifs contenus dans les extraits de *Melia volkensii* Gürke (Meliaceae), affectent la prise alimentaire et la digestion des individus traités de *S. gregaria*.

OULD AHMEDOU *et al.* (2001), mettent en évidence le pouvoir anti-appétant de *Citrullus colocynthis* chez le Criquet pèlerin.

IDRISSI HASSANI *et al.*, (2002, 2008), signalent que l'huile et les extraits de feuilles de *Peganum harmala* ont entraîné une diminution de la prise de nourriture chez les larves de *Schistocerca gregaria*.

ABBASSI *et al.* (2003) notent la diminution de la consommation de feuilles de chou traitées à l'extrait éthanolique de *Peganum harmala* chez les larves et les adultes de *S. gregaria*.

ABBASSI *et al.*, (2004), ont trouvé que l'extrait d'alcaloïdes des feuilles de *Calotropis procera* en végétation entraîne une baisse de la prise de nourriture chez les larves et les imagos de *Schistocerca gregaria*.

OULD EL HADJ *et al.*, (2003 ; 2005), signalent que l'étude comparative de la toxicité des extraits de *Melia azedarach*, d'*Azadirachta indica* et d'*Eucalyptus globulus*, vis-à-vis des larves du cinquième stade (L5) et des adultes de *S. gregaria* révèle que ces plantes inhibent ou diminuent fortement la prise de nourriture chez cet acridien.

DOUMANDJI-MITICHE et DOUMANDJI (2006), signalent que *Melia azedarach*, *Nerium oleander*, *Sapindus utilis*, *Inula viscosa*, *Salvia officinalis* et *Lawsonia inermis* à l'état frais ou en extraits, se sont révélés acridifuges et acridicides et elles inhibent la prise de nourriture et causent la mortalité des acridiens.

KEMASSI *et al.*, (2012), ont annoncé que l'activité biologique des extraits foliaires bruts acétoniques de *Cleome arabica* chez des larves du cinquième stade et les imagos de *Schistocerca gregaria*, s'est manifesté par une réduction de la prise de nourriture chez les individus de ce locuste.

II.4.2. Effet sur les indices nutritionnels de consommation et d'utilisation de la nourriture

Les résultats de l'estimation des indices nutritionnels nous a permis de signaler que les indices de consommation enregistrés chez les L5 de *L. migratoria* traitées aux trois produits sont inférieurs à ceux notés chez les témoins, et ils sont légèrement supérieurs à ceux marqués chez les témoins pour les L5 de *S. gregaria* traitées au henné et au Triflumuron. Les valeurs de l'indice de consommation enregistrées sont de l'ordre de $0,32 \pm 0,12$, $0,32 \pm 0,14$ et $0,35 \pm 0,13$ respectivement chez les traitées au henné, au Triflumuron et au *M. anisopliae* chez

L. migratoria et de $0,38 \pm 0,11$, $0,37 \pm 0,10$ et $0,33 \pm 0,09$ respectivement chez les traitées au henné, au Triflumuron et au *M. anisopliae* chez *S. gregaria*, contre $0,65 \pm 0,19$ et $0,34 \pm 0,12$ respectivement pour les témoins de *L. migratoria* et *S. gregaria*. La croissance la plus élevée est enregistrée chez les larves L5 de *S. gregaria* traitées au Triflumuron (I.Cr. = $0,09 \pm 0,06$) et celles traitées au henné (I.Cr. = $0,08 \pm 0,06$), contre $0,06 \pm 0,06$ pour les témoins. Pour *L. migratoria*, l'indice de croissance le plus élevé a été noté chez les larves L5 témoins avec $0,07 \pm 0,06$, contre $0,05 \pm 0,07$ pour les larves traitées au Triflumuron et au henné. Une faible croissance est relevée sur les larves traitées au *M. anisopliae*, avec $0,05 \pm 0,15$ et $0,04 \pm 0,09$ respectivement pour *S. gregaria* et *L. migratoria*. L'analyse de la variance révèle qu'il y a une différence hautement significative entre l'I.C. des larves témoins et celui des traitées aux trois produits pour *L. migratoria* et aussi entre l'I.C. des larves L5 pour celui enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les témoins (Probabilité < 0,05). La différence est non significative entre l'I.C. et l'I.Cr des larves témoins et ceux des traitées aux trois produits pour *S. gregaria* et aussi entre l'I.C. et l'I.Cr des larves L5 enregistrés chez *S. gregaria* et ceux notés chez *L. migratoria* pour les traitées aux trois produits et même aussi entre l'I.Cr des larves témoins et celui des traitées aux trois produits pour *L. migratoria* et entre l'I.Cr des larves L5 enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les témoins (Probabilité > 0,05).

On peut signaler que les trois produits testés inhibent la consommation des larves des deux acridiens. Cette diminution est importante pour *L. migratoria* et elle est moins importante pour *S. gregaria*. La croissance élevée chez les larves traitées au Triflumuron et au henné est due aux gonflements causés après le traitement par ces deux produits. Un faible accroissement des larves traitées au *M. anisopliae* a été observé et qui est dû à leur faible consommation. On peut noter aussi que l'I.C. est plus important chez *L. migratoria* par rapport à *S. gregaria* pour les témoins, et il est presque semblable chez les deux acridiens pour les trois produits. Mais l'I.Cr est plus important chez *S. gregaria* par rapport à *L. migratoria* pour les trois produits, et il est presque semblable chez les deux acridiens pour les témoins.

Concernant les deux indices E.C.I. et E.C.D, l'analyse de la variance révèle qu'il y a une différence non significative entre l'E.C.I et l'E.C.D des larves témoins et celles des larves traitées aux trois produits pour les deux acridiens et aussi entre l'E.C.I et l'E.C.D des larves L5 pour celles enregistrées chez *S. gregaria* et celles notées chez *L. migratoria* pour les traitées aux trois produits et les témoins (Probabilité > 0,05). L'E.C.I. la plus élevée a été enregistrée chez *S. gregaria*, avec $20,40 \pm 10,00\%$, $23,13 \pm 9,50\%$ et $16,03 \pm 22,43\%$ respectivement pour les

larves traitées au henné, au Triflumuron, au *M. anisopliae* et les témoins, contre $15,79 \pm 26,73\%$, $11 \pm 31,42\%$ et $11,45 \pm 10,70\%$ respectivement pour les larves traitées au henné, au Triflumuron, au *M. anisopliae* et les témoins chez *L. migratoria*. Donc Les valeurs de l'E.C.I les plus élevées ont été notées chez les larves traitées au Triflumuron et au henné, suivi par les témoins chez les deux acridiens. Pour le traitement avec *M. anisopliae*, nous avons obtenu les valeurs de l'E.C.I les plus faibles avec $8,20 \pm 36,49\%$ et $12,04 \pm 28,93\%$ respectivement pour les larves traitées au *M. anisopliae* chez *S. gregaria* et *L. migratoria*. Les valeurs de l'E.C.D. les plus importantes ont été enregistrées chez les larves traitées au Triflumuron et au henné avec $42,85 \pm 21,11\%$ et $21,45 \pm 42,22\%$ respectivement chez *S. gregaria* et *L. migratoria* pour le Triflumuron. Ce taux atteint $37,81 \pm 20,92\%$ et $23,68 \pm 38,41\%$ respectivement chez *S. gregaria* et *L. migratoria* pour le henné. L'E.C.D. notée pour les témoins est de $31,95 \pm 39,64\%$ et $15,94 \pm 15,22\%$ respectivement pour *S. gregaria* et *L. migratoria*. Concernant les larves des deux acridiens traitées au *M. anisopliae*, on a enregistré un E.C.D. égale à $21,51 \pm 61,37\%$ et $14,46 \pm 43,26\%$ respectivement pour *S. gregaria* et *L. migratoria*. Donc on peut dire que l'E.C.I. et l'E.C.D. sont élevés avec le Triflumuron et le henné parce qu'il y a une augmentation du poids des larves L5 des deux acridiens due aux gonflements causés par ces deux produits. Mais *M. anisopliae* a diminué le taux de ces deux indices, car on a enregistré une chute du poids des larves L5 des deux acridiens traitées par ce produit. On peut noter aussi que les valeurs de l'E.C.I. et l'E.C.D. les plus importantes ont été enregistrées chez *S. gregaria* par rapport à *L. migratoria* pour les témoins et les trois produits.

Les résultats de l'analyse de la variance pour le C.U.D., nous montrent qu'il y a une différence significative entre le C.U.D. des larves témoins et celui des traitées aux trois produits pour *S. gregaria* et aussi entre le C.U.D. des larves L5 enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les traitées au Triflumuron et au henné. La différence est hautement significative entre le C.U.D. des larves L5 enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les témoins (Probabilité < 0,05). Mais la différence est non significative entre le C.U.D. des larves témoins et celui des traitées aux trois produits pour *L. migratoria*, et aussi entre le C.U.D. des larves L5 enregistré chez *S. gregaria* et celui noté chez *L. migratoria* pour les traitées au *M. anisopliae* (Probabilité > 0,05). Les valeurs de C.U.D. des larves traitées aux trois produits ne diffèrent pas tellement de celles des témoins pour les deux acridiens, sauf pour les larves L5 de *S. gregaria* traitées au *M. anisopliae* qui ont donné des valeurs plus élevées que celles des témoins. En effet le C.U.D. est de $55,98 \pm 9,52\%$, $76,35 \pm 8,35\%$ respectivement pour les larves témoins de *S. gregaria* et *L. migratoria*. Il est de $56,52 \pm 11,56\%$ et $56,31 \pm 8,56\%$ respectivement pour les larves L5 de *S.*

gregaria traitées au henné et au Triflumuron. Il atteint $74,39 \pm 15,79\%$ et $74,27 \pm 14,45\%$ respectivement pour les larves L5 de *L. migratoria* traitées au Triflumuron et au henné. Les larves traitées au *M. anisopliae* donnent les valeurs les plus importantes avec un C.U.D. égale à $73,56 \pm 20,82\%$ et $77,01 \pm 11,94\%$ respectivement pour *S. gregaria* et *L. migratoria*. Cette élévation des valeurs de C.U.D. pour *M. anisopliae* est due à la diminution de quantités ingérées et au poids faible des excréments des larves L5 des deux acridiens traitées avec ce produit par rapport aux autres produits. Les valeurs de C.U.D. les plus élevées ont été enregistrées cette fois ci chez *L. migratoria* par rapport à *S. gregaria* pour les témoins et les trois produits.

D'après HEMOUR (2009), une prise de nourriture importante a été évaluée 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. et des taux faibles chez les individus traités pour E.C.I. et E.C.D.

MILAT-BISSAAD *et al.*, (2011a ; 2011b), signalent que l'IC, ECI, ECD et le CUD des L5 de *S. gregaria* ont été affectés par les deux champignons *B. bassiana* et *M. anisopliae*.

OULD AHMEDOU *et al.*, (2001), ont étudié le comportement alimentaire des larves L4 de *Schistocerca gregaria* vis-à-vis de *Glinus lotoides* (Aizoacées). Ils ont trouvé que les larves ont très peu consommé de *G. lotoides*, et par conséquent leur CUD est faible par rapport à ceux des témoins.

KEMASSI *et al.*, (2012), ont trouvé des valeurs de CUD des individus traités faibles par rapport à ceux obtenus chez les témoins pour les larves et les adultes de *Schistocerca gregaria* nourris par des feuilles de chou traitées aux extraits foliaires bruts acétoniques de *Cleome arabica*.

BAGARI *et al.*, (2013), ont trouvé des valeurs faibles de CUD et ECD des larves L4 de *Schistocerca gregaria* nourries par *Nerium oleander* par rapport à celles enregistrées chez les témoins.

BOUHAS-BOUBEKKA *et al.*, (2014a ; 2014b ; 2014c), ont montré que le traitement avec l'extrait de *Datura inoxia* vis-à-vis les larves L5 de *Schistocerca gregaria* réduit l'ingera, l'indice de consommation et l'indice de croissance des individus traités.

III. Effet de trois produits sur le taux des protéines hémolympatiques des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*.

Les résultats de l'analyse de la variance, nous permettent de constater qu'il y a une différence significative entre la concentration des protéines hémolympatiques des larves

L5 témoins et celle des traitées aux trois produits pour *S. gregaria*. La différence est hautement significative entre la concentration des protéines hémolympatiques des larves L5 témoins et celle des traitées aux trois produits pour *L. migratoria* (Probabilité < 0,05).

Les résultats de l'analyse de la variance entre les deux espèces pour chaque produit révèlent qu'il y a une différence significative entre la concentration des protéines hémolympatiques des larves L5 enregistrée chez *S. gregaria* et celle notée chez *L. migratoria* pour les traitées au *M. anisopliae*, au Triflumuron et les témoins. (Probabilité < 0,05). La différence est non significative entre la concentration des protéines hémolympatiques des larves L5 enregistrée chez *S. gregaria* et celle notée chez *L. migratoria* pour les traitées au henné (Probabilité > 0,05)

D'après les résultats, on constate que le taux des protéines hémolympatiques des larves L5 des deux acridiens traitées par les trois produits par contact diffère de celui des témoins. Ce taux diminue chez les larves traitées au *M. anisopliae* et augmente chez les traitées au henné et au Triflumuron par rapport aux témoins au 4^{ème} et au 8^{ème} jour pour *S. gregaria*. Contrairement, chez *L. migratoria*, ce taux diminue cette fois-ci pour les larves traitées au henné et au Triflumuron et augmente pour les traitées au *M. anisopliae*. Les taux enregistrés au 4^{ème} jour sont de 35,13±9,72 µg/ml, 25,13±6,19 µg/ml et 18,25±8,49 µg/ml respectivement pour les traitées au henné, au Triflumuron et au *M. anisopliae* chez *S. gregaria*, et de 22±0,35 µg/ml, 38,38±0,18 µg/ml et 55,5±0,35 µg/ml respectivement pour les traitées au henné, au Triflumuron et au *M. anisopliae* pour *L. migratoria* contre un taux de 22,88±3,01 µg/ml et 43±0,35 µg/ml respectivement pour les témoins de *S. gregaria* et *L. migratoria*. Au 8^{ème} jour, les taux enregistrés sont de 35,88±0,18 µg/ml, 27,50±0,71 µg/ml et 0±0 µg/ml respectivement pour les traitées au henné, au Triflumuron et au *M. anisopliae* chez *S. gregaria*, et atteignent 39,63±0,18 µg/ml, 46,25±0,35 µg/ml et 83,13±0,18 µg/ml respectivement pour les traitées au henné, au Triflumuron et au *M. anisopliae* pour *L. migratoria* contre un taux de 24,63±2,65 µg/ml et 64,88±0,18 µg/ml respectivement pour les témoins de *S. gregaria* et *L. migratoria*. On constate aussi que les taux de protéines les plus élevés ont été enregistrés chez *L. migratoria* par rapport à *S. gregaria*, sauf pour le henné au 4^{ème} jour où le taux le plus élevé a été noté pour les larves de *S. gregaria*.

Donc les traitements par les trois produits ont entraîné des variations dans le taux des protéines hémolympatiques des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* soit par une augmentation ou par une diminution selon le produit et selon l'espèce acridienne.

Nous pouvons justifier le taux élevé des protéines hémolympatiques des larves L5 de *L. migratoria* par l'activité intense de la vitellogénèse des femelles traitées utilisées au cours de notre expérimentation.

D'après nos résultats, on remarque que la réaction des deux acridiens vis-à-vis des trois produits diffère d'une espèce à une autre. En effet le Triflumuron et le henné ont stimulé l'activité vitellogénique des L5 futures femelles de *S. gregaria* et ils ont inhibé cette activité chez les L5 futures femelle de *L. migratoria*. *M. anisopliae* cette fois ci a inhibé l'activité vitellogénique L5 futures femelle de *S. gregaria* et il a stimulé cette activité chez L5 futures femelle de *L. migratoria*.

Chez les insectes la teneur de l'hémolymphe en protéines varie considérablement selon l'espèce, le stade biologique, l'état physiologique et l'alimentation (CHAUVIN, 1956).

De plus OULD EL HADJ (2001) mentionne que la prise de nourriture est l'un des facteurs les plus importants dans le déclenchement de l'activité ovarienne, assurant aussi les besoins métaboliques intenses de la vitellogenèse.

Partant de ce concept, on peut dire que la faible concentration en protéines hémolympatiques chez les L5 de *L. migratoria* traitées au Triflumuron et au henné et aussi chez les L5 de *S. gregaria* traitées au *M. anisopliae* est due à la faible prise de nourriture pour ces cas. Cela a été signalé dans nos résultats précédents.

Selon ST LEGER *et al.*, (1996) le champignon entomopathogène *M. anisopliae* produit durant le processus de l'infection la protéase 1 et la protéase 2 qui assurent la destruction des protéines de l'hôte.

HALOUANE (1997), a montré que le traitement au *M. anisopliae* affecte la protéinémie des L5 et des adultes de *Schistocerca gregaria*, quantitativement par une diminution de taux des protéines hémolympatiques et qualitativement par une réduction dans le nombre et dans la colorabilité des bandes protéiques.

De plus GILLESPIE *et al.*, (2000), ont trouvé que *M. anisopliae var acridum* entraîne une diminution de taux des protéines hémolympatiques des adultes mâles de *Schistocerca gregaria* après une application topique à la dose $7,5 \times 10^4$ spores /ml.

SEYMOUN *et al.* (2002) indiquent que la concurrence du *M. a. var. acridum* avec l'individu de *S. gregaria* vis-à-vis de ses métabolites hémolympatiques conduit à l'épuisement des réserves accumulées dans le corps gras.

HUA *et al.*, (2007), affirment que l'application topique de *Metarhizium anisopliae var. acridum* sur *Locusta migratoria manilensis* a entraîné des diminutions de tréhalose et de glucose dans l'hémolymphe des individus traités.

HEMOUR (2009), ajoute que le *M. anisopliae* a entraîné une altération de la protéinémie hémolympatique des individus traités de *Schistocerca gregaria*, avec une réduction de taux de protéines des imagos mâles et femelles.

Pour les dérégulateurs de la croissance, HALOUANE *et al.*, (2001b, 2001c), ont démontré que le traitement au Téflubenzuron par ingestion vis-à-vis des L5 de *Locusta migratoria* a entraîné une diminution des concentrations des protéines hémolympatiques.

Pour les plantes et leurs extraits, on peut citer les résultats obtenus par TRIPATHI *et al.*, (1980), qui annoncent que le mécanisme d'action de l'antifongique 2-hydroxy-1,4-NAPHTHOQUINONE (lawsone) isolé à partir de feuilles de *Lawsonia inermis* a été étudié. Il a été constaté qu'il inhibe l'activité nitrate réductase *in vivo* et *in vitro*. La concentration qui inhibe *in vivo* l'activité de l'enzyme a également réduit l'éthanol soluble et insoluble d'azote (azote protéique) contenu dans l'organisme d'essai, *Helminthosporium oryzae*. Et même aussi que lawsone affecte la synthèse des protéines.

FEDIERE (1982), a montré que la présence de l'amibepathogène *Malameba locustae* influe sur la protéinémie des criquets parasités. Le taux moyen de protéines circulantes est réduit de 8% chez le mâle, de 15% chez la femelle en cours de vitellogénèse, et de 30% chez la femelle en fin de vitellogénèse. L'influence du parasitisme se traduit d'une part par la disparition de certaines bandes protéiques chez les mâles et chez les femelles et, d'autre part, par la diminution du taux de certaines protéines. L'augmentation du taux de quelques protéines chez les individus infestés pourrait résulter d'une accumulation de protéines issues du parasite ou de son métabolisme.

MOUSSA (2003), a noté une diminution significative des protéines hémolympatiques et cuticulaires chez *Locusta migratoria migratoria* et *Locusta migratoria migratorioides* traités à l'huile de Neem.

BELHADI (2005), a montré d'après une étude électrophorétique de l'hémolymphe des mâles et femelles de *Schistocerca gregaria*, que la consommation de ces derniers de feuilles de *Rosmarinus officinalis* et *Nerium oleander* présente une teneur en protéines très faible justifiée par l'action anti-appétante de ces deux plantes.

Conclusion générale

Conclusion générale

Nos expérimentations ont été faites sur deux fléaux d'une importance économique capitale, *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria* avec l'utilisation de trois produits, *M. anisopliae var acridum*, le Triflumuron et le henné. Nous avons pris en considération leur efficacité sur quelques aspects biophysiques de ces deux espèces grégariques, tels que la morphogénèse, l'évolution pondérale, le gain du poids, le développement, l'activité alimentaire et le taux des protéines hémolympatiques. L'objectif de notre travail c'est d'apporter des connaissances sur le mode d'action de ces trois produits et de comparer leur efficacité vis-à-vis des larves L5 de ces deux acridiens et aussi d'estimer la sensibilité de ces deux criquets à l'égard ces trois produits.

L'effet de ces trois produits sur les larves L5 de *L. migratoria*, se manifeste par une mortalité qui diffère d'un produit à un autre, d'une dose à une autre et aussi d'un mode de traitement à un autre. La mortalité commence au moment de la mue pour le Triflumuron et le henné et avec l'infection cryptogamique pour *M. anisopliae*. Nous avons enregistré pour le

Triflumuron un taux de mortalité de 100% à la dose D1 (0,41 ml/l) au 18^{ème} jour et à la dose D2 (0,82 ml/l) et D3 (1,65 ml/l) au 19^{ème} jour pour le traitement par contact. Le taux de mortalité est de 96,67% au 21^{ème} jour à la dose D1, il atteint 100% au 18^{ème} jour à la dose D2 et au 20^{ème} jour à la dose D3 pour le traitement par ingestion. Pour le henné 100% de mortalité est obtenu au 21^{ème} jour à la dose D1 (12,5%), au 20^{ème} jour à la dose D2 (50%) et à la dose D3 (100%) au 16^{ème} jour pour le traitement par contact. Le taux de mortalité est de 96,67% au 21^{ème} jour à la dose D1, et 100% à la dose D2 et D3 respectivement au 19^{ème} jour et au 22^{ème} jour pour le traitement par ingestion. L'effet de traitement des larves L5 de *L. migratoria* au *M. anisopliae* commence à apparaître avec le mode de traitement par contact au 11^{ème} jour avec la dose D1 ($0,22 \times 10^8$ spores/ml), au 9^{ème} jour à la dose D2 ($0,22 \times 10^9$ spores/ml) et au 5^{ème} jour avec la forte dose D3 ($0,22 \times 10^{10}$ spores/ml). Pour le mode de traitement par ingestion, la mortalité a débuté au 6^{ème} jour avec les doses D2 et D3, et au 9^{ème} jour avec la faible dose D1. Avec la forte dose D3, on a enregistré 100% de mortalité pour le mode de traitement par contact, contre seulement 91,67% avec le mode de traitement par ingestion. Pour les faibles doses, les taux de mortalité maximum sont enregistrés avec le mode de traitement par ingestion aux doses D2 et D1 avec les taux 79,17% et 91,67% respectivement, contre seulement 70,83% et 79,17% respectivement aux doses D2 et D1 pour le mode de traitement par contact. Donc les larves L5 de *L. migratoria* ont été sensibles envers ces trois produits, malgré leur effet lent. On peut noter aussi que l'extrait du henné présente une action insecticide similaire à celle des dérégulateurs de croissance. Pour les DL50 et les TL50, nous avons enregistré une DL50= $0,32 \times 10^9$ spores/ml pour *M. anisopliae*, une DL50=1,99 ml/l pour le Triflumuron et une DL50=5,94% pour le henné. Nous avons noté aussi que *M. anisopliae* est le plus toxique car il présente le TL50 le plus court comparativement aux deux autres produits. Le TL50=9,10j pour le *M. anisopliae* appliqué par ingestion à la forte dose D3, suivi par le Triflumuron appliqué par contact à la faible dose D1, avec un TL50=10,36j, ensuite le henné appliqué par ingestion à la dose D2, avec un TL50=15,16j. Donc la rapidité d'action d'un produit augmente avec l'augmentation de la dose pour les champignons (*M. anisopliae*), mais pour les dérégulateurs de croissance (Triflumuron et henné) la mortalité des individus traités n'augmente pas avec l'augmentation de la dose.

L'étude de l'effet de trois produits sur la morphologie des larves L5 de *S. gregaria* et de *L. migratoria*, nous a permis de noter les mêmes changements morphologiques pour les deux acridiens. Ces changements morphologiques se traduisent par un corps mou; une augmentation au niveau de la taille; un gonflement au niveau de pronotum; une ouverture des ébauches alaires, la déformation des pattes postérieures au niveau des tibias et un blocage de la

mue pour les larves L5 des deux criquets traitées au Triflumuron. Nous avons noté aussi une augmentation au niveau de la taille, des difficultés d'exuviation et des déformations au niveau des élytres pour les larves L5 des deux acridiens traitées au henné. Les larves L5 des deux locustes traitées au *M. anisopliae* montrent des changements de la coloration de leur corps; elles deviennent complètement rouges après leur mort et se momifient.

Concernant l'effet de trois produits sur l'évolution pondérale des larves L5 de *S. gregaria* et de *L. migratoria*, on peut signaler que le Triflumuron et le henné manifestent une augmentation du poids importante durant le développement des larves L5 des deux acridiens. En revanche *M. anisopliae* diminue le poids des larves L5 des deux acridiens. Le gain du poids relevé chez les larves traitées au Triflumuron et au henné est plus important que celui noté chez les larves traitées au *M. anisopliae*. Ceci est vérifié sur les deux espèces acridiennes. On peut conclure aussi que le poids et le gain du poids des larves L5 traitées aux trois produits sont plus importants chez *S. gregaria* par rapport à ceux enregistrés chez *L. migratoria*.

Les résultats obtenus concernant l'étude de l'effet des trois produits sur la durée de développement du stade L5 au stade imago pour les deux acridiens, nous permettent de constater que les trois produits ont un effet remarquable sur le passage du stade larve au stade imago pour les deux acridiens car aucune larve n'a réussi à effectuer la mue imaginale, et pour ceux qui ont réussi difficilement à atteindre le stade imago finissent par mourir. Alors que les individus témoins ont effectué leur mue imaginale normalement et aucune malformation n'a été observée. Cependant, nous avons enregistré une durée moyenne de développement courte chez *S. gregaria* par rapport à *L. migratoria*. Cette durée est de $10 \pm 1,41j$ et $14,5 \pm 1,91j$ respectivement pour les larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria* témoins. On peut conclure aussi que les trois produits appliqués ne permettent pas le passage du stade L5 au stade imago pour les deux acridiens.

Les traitements par les trois produits ont entraîné une diminution dans la prise de la nourriture et une baisse dans le poids des excréments des larves L5 de *L. migratoria* par rapport aux témoins. Cependant, ils n'ont pas marqué un effet sur la consommation et sur le poids des fèces des larves L5 de *S. gregaria*. On peut noter aussi que la consommation journalière et le poids journalier des excréments sont plus importants chez *S. gregaria* par rapport à *L. migratoria*.

L'évaluation des indices nutritionnels nous ont permis de constater que les trois produits ont inhibé la consommation et la croissance des larves L5 de *L. migratoria* comparativement aux témoins, et ils n'ont pas un effet probant sur la consommation et la croissance des larves

L5 de *S. gregaria*. L'I.C. est plus important chez *L. migratoria* par rapport à *S. gregaria* pour les témoins, et il est presque semblable chez les deux acridiens pour les trois produits. Mais I.Crest plus important chez *S. gregaria* par rapport à *L. migratoria* pour les trois produits, et il est presque semblable chez les deux acridiens pour les témoins. On peut noter aussi que le Triflumuron et le henné ont stimulé l'E.C.I. et l'E.C.D., mais *M. anisopliae* a inhibé le taux de ces deux indices comparativement aux témoins pour les deux acridiens. Les valeurs de l'E.C.I. et l'E.C.D. les plus importantes ont été enregistrées chez *S. gregaria* par rapport à *L. migratoria* pour les témoins et les trois produits. On peut ajouter aussi que le Triflumuron et le henné n'ont pas un effet sur le C.U.D., mais *M. anisopliae* a augmenté le taux de cet indice. Les valeurs de C.U.D. les plus élevées ont été enregistrées cette fois ci chez *L. migratoria* par rapport à *S. gregaria* pour les témoins et les individus traités par les trois produits.

Les résultats obtenus suite à l'étude de l'effet de trois produits sur le taux des protéines hémolympatiques des larves L5 de *S. gregaria* et *L. migratoria*, montrent que les trois produits ont provoqué des perturbations au niveau de la protéinémie de ces deux acridiens. Les traitements avec le Triflumuron et le henné ont provoqué une diminution de taux des protéines chez *L. migratoria* et une augmentation des concentrations protéiques chez *S. gregaria*. Quand au *M. anisopliae*, il a entraîné une réduction de taux des protéines chez *S. gregaria* et une élévation des concentrations protéiques chez *L. migratoria*. Les taux protéiques enregistrés au 4^{ème} jour sont de $35,13 \pm 9,72$ µg/ml, $25,13 \pm 6,19$ µg/ml et $18,25 \pm 8,49$ µg/ml respectivement pour les traitées au henné, au Triflumuron et au *M. anisopliae* chez *S. gregaria*. Ils atteignent $22 \pm 0,35$ µg/ml, $38,38 \pm 0,18$ µg/ml et $55,5 \pm 0,35$ µg/ml respectivement pour les traitées au henné, au Triflumuron et au *M. anisopliae* pour *L. migratoria*. Un taux de $22,88 \pm 3,01$ µg/ml et $43 \pm 0,35$ µg/ml est obtenu respectivement pour les témoins de *S. gregaria* et *L. migratoria*. Au 8^{ème} jour, les concentrations protéiques enregistrées sont de $35,88 \pm 0,18$ µg/ml, $27,50 \pm 0,71$ µg/ml et 0 ± 0 µg/ml respectivement pour les traitées au henné, au Triflumuron et au *M. anisopliae* chez *S. gregaria*. Les concentrations atteignent $39,63 \pm 0,18$ µg/ml, $46,25 \pm 0,35$ µg/ml et $83,13 \pm 0,18$ µg/ml respectivement pour les traitées au henné, au Triflumuron et au *M. anisopliae* pour *L. migratoria*. Un taux de $24,63 \pm 2,65$ µg/ml et $64,88 \pm 0,18$ µg/ml est atteint respectivement pour les témoins de *S. gregaria* et *L. migratoria*. On constate aussi que les taux de protéines les plus élevés ont été enregistrés chez *L. migratoria* par rapport à *S. gregaria*, sauf pour le henné au 4^{ème} jour où le taux le plus élevé a été noté pour les larves L5 de *S. gregaria*.

D'après tous ces résultats, on peut dire que la réaction des deux acridiens vis-à-vis des trois produits diffère d'une espèce à une autre. Et on peut signaler que *S. gregaria* s'est avéré

la plus sensible avec les mortalités qui se manifestent avant celles enregistrées chez *L. migratoria*. Maiselle est la plus dangereuseavec sa durée de développement plus courte et son comportement alimentaire normal qui n'est pas influencé par les trois produits utilisés.

En perspectives, il serait intéressant de compléter notre travail en tenant compte certains points, tels que :

- Essayer ces trois produits sur les différents stades biologiques de *S. gregaria* et *L. migratoria* avec l'augmentation des doses et sur d'autres paramètres biologiques et physiologiques de ces deux locustes.
- Essayer ces trois produits sur le terrain, donc il serait indispensable de bien les maîtriser en tenant compte de leur efficacité aux conditions environnementales.
- Etudier la composition biochimique du henné et du Triflumuron pour déterminer les molécules responsables de l'inhibition de la synthèse de la chitine
- Etudier la persistance et la rémanence de ces trois produits dans la nature (végétation et sol)
- Elargir l'application de ces trois produits par l'utilisation des différents modes de traitement : par ingestion, par contact, par application topique et par injection direct dans l'hémocoèle.
- Penser à faire des combinaisons entre ces trois produits dans le but de diminuer l'utilisation des insecticides.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. ABBASSI K., ATAY KADIRI Z. et GHAOUT S., 2004 -Activité biologique desfeuilles de *Calotropis procera* (Ait. R. Br) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*, Forsk. 1775). *Zool. baetica* , vol. 15, pp. 153-166.
2. ABBASSI K.,ATAY KADIRI Z., GHAOUT S., MERGAOUI L. et STAMBOULI A., 2003 -Effets des extraits de *Peganum harmala* (*Zygophyllaceae*)sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775). *Zool. baetica* , vol. 13/14 : 203-217.
3. ABBOT W. B., 1925 - A method for computing the effectiveness of an insecticide.*J. Econ. Ent.*, (18), pp.265-267.
4. ABDALLA M.A., LUONG-SKOVMAND M.H., LECOQ M. and EL-BASHIR S., 2009- Effect of some plant extracts on the migratory locust *Locusta migratoria* L. *Arab journal of plant protection*, 27 (1) : 99-102.

5. ABDELLAOUI K., BENHALIMA- KAMEL M., et BENHAMOUDA M. H., 2006- Activité biologique de l'acide gibbérellique sur *Locusta migratoria migratoria*. (Orthoptera; Acrididae). Congrès international d'entomologie et de Nématologie, Inst. Nati. Agro., El-Harrach - Alger.17-20 avril 2006.
6. ABDELLAOUI K., BENHALIMA- KAMEL M., et BENHAMOUDA M. H., 2008-Action de l'acide gibbérellique sur l'activité reproductrice et le développement ovarien de *Locusta migratoria migratoria* (Orthoptera; Acrididae). Congrès International sur la Biodiversité des Invertébrés en milieux Agricoles et Forestiers, Inst. Nati. Agro., El-Harrach - Alger.14-17 avril 2008.
7. ABDELLAOUI K., BENHALIMA-KAMEL M. & BENHAMOUDA M.H., 2009- Effets de l'acide gibbérellique sur le développement et la longévité du criquet migrateur asiatique *Locusta migratoria migratoria* L. (Orthoptera, Acrididae).*Zool. baetica*, vol. 20, 3-19.
8. ALIA B.H., BASHIR A.K. and TANIRA M.O.M., 1995-Anti-Inflammatory, Antipyretic, and Analgesic Effects of *Lawsonia inermis* L.(Henna) in Rats. *Pharmacology*,Vol. 51, No. 6, 8p.
9. 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*. Thès. Doc. Sci. Tech. Sant., Inst. Nati. Agro., El Harrach, 140p.
10. ANONYME, 1995- *Evaluation des données d'essais de terrain relatifs à l'efficacité des insecticides sur les criquets et sauteriaux*. Rapport à la FAO du groupe consultatif sur les pesticides, Rome, 19-21 septembre 1994. Ed. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome, 17p.
11. ANONYME, 2001- *Encyclopédie des plantes médicinales. Identification, préparations, soins*. Ed. Larose, 335p.
12. ANONYME, 2002- La fiche technique de Green Muscle. Ed. LUBILOSA, Bénin, 1p.

13. ARTHURS S. and THOMAS M. B., 2000- Effects of a Mycoinsecticide on Feeding and Fecundity of the Brown Locust *Locustana pardalina*. *Biocontrol Science and Technology*. V. 10, pp. 321 – 329.
14. ARTHUR S. and THOMAS M. B., 2001.- Behavioural changes in *Schistocerca gregaria* following infection with a fungal pathogen: implications for susceptibility to predation. *Ecological Entomology*, 26: 227-234.
15. BAGARI M., BOUHAIMI A., GHAOUT S. & CHIHRAANE J., 2013- The toxic effects of *Nerium oleander* on larvae of the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae). *Zool. baetica*, 24:193-203.
16. BAKR R.F.A., MOHAMMED M.I., EL-GAMMAL A.M. and MAHDY M.N., 2009- Biological effects of Chitin-synthesis inhibitor, Hexaflumuron compound on the desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forskål). *Acad. J. Biolog. Sci.*, 1(1): 49-57.
17. BALACHOWSKY A. et MESNIL L., 1936- *Les insectes nuisibles aux plantes cultivées, leurs moeurs, leur destruction*. Ed. Etablissement Busson, T. II, vol. III, Paris : 1141-1921.
18. BARBOUCHE N., HAJJEM B., LOGNAY G. et AMMAR M., 2001- Contribution à l'étude de l'activité biologique d'extraits de feuilles de *Cestrum parqui* L'Hérit. (Solanaceae) sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk.), *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 5(2), pp. 85–90.
19. BATEMAN R.P., 1991 – *L'application de mycopesticides antiacridiens en gouttelettes antiacridiens calibrées*, pp : 250- 257 cité par LOMER C.J. et PRIOR C., 1991, *Lutte biologique contre les acridiens. Compte rendu d'un atelier (29 avril – 1^{er} mai), Bénin*. Ed. C.A.B International, Wallingford, 399 p.
20. BATEMAN R.P., DOURO-KPINDOU O.K., KOOYMAN C., LAMER C. AND OUAMBAMA Z., 1998- Some observations on the dose transfer of mycoinsecticide sprays to desert locusts. *Crop Protection*, vol. 17, n°2, pp.151-158.

21. BELHADI A., 2005- *Impact de quelques plantes sur certains paramètres biologiques et physiologiques du criquet pèlerin, Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) en conditions contrôlées*. Thèse Magister Sci. Agro., Inst. Nati. Agro., El Harrach, 186 p.
22. BELLMANN H. et LUQUET G., 1995- *Guide des Sauterelles, Grillons et Criquets d'Europe Occidentale*. Ed. Delachaux et Niestle, Lausanne, 384 p.
23. BEZAZE G. and MOUHOUCHE F., 2011- Effect of leaf extraction of oleander (*Nerium oleander*) on mortality and Evolution weight in the migratory locust (*Locusta migratoria*) (Acrididae, Oedipodinae). Séminaire International sur la Protection des Végétaux. Ecol. Nati. Sup. Agro., El Harrach. *The newsletter of the orthopterists' society*. Volume 31 (2) / May 2011, pp. 18-28.
24. BLANFORD S. and THOMAS M. B., 2001- Adult Survival, Maturation, and Reproduction of the Desert Locust *Schistocerca gregaria* Infected with the Fungus *Metarhizium anisopliae* var *acridum*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 78:1–8.
25. BONNEMAISON L., 1961 - *Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forets*. Ed. Sep, T.I, Paris, 599p.
26. GRAF P., HAMDAOUI M., RAMZI H. et FRAVAL A., 1989-*Lymantria dispar*. Surveillance et lutte. Les inhibiteurs de la synthèse de la chitine des insectes ; Les produits à base de *Bacillus thuringiensis*. Documents scientifiques et techniques n° 3 actes éditions, Rabat. (Disponible sur <http://www.inra.fr/dpenv/ld-m-sur.htm>).
27. BOUGHADAD A., KANE C. M. H. et SY A., 2005-Méthodes alternatives de controle du criquet pèlerin dans une aire de rémission en Mauritanie. AFPP – 7^{ème} conférence internationale sur les ravageurs en agriculture. Montpellier– 26 et 27 octobre 2005.
28. BOUHAS-BOUBEKKA A. et MOUHOUCHE F., 2011- Insecticidal activity of two plant extracts on larvae of fifth instar of *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae). Séminaire International sur la Protection des Végétaux. Ecol. Nati. Sup. Agro., El Harrach. *The newsletter of the orthopterists' society*. Volume 31 (2) / May 2011, pp. 18-28.

29. BOUHAS-BOUBEKKA A., BELMADANI K. & MOUHOUCHE F., 2014a- Insecticide activity of *Datura innoxia* on migratory locust: *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae). *International Journal of Agricultural*. Vol. 4, pp. 1-8.
30. BOUHAS-BOUBEKKA A., BELMADANI K., HADJ SAID H. et MOUHOUCHE F., 2014b – Etude de l'impact biologique de l'extrait du *Datura innoxia* sur l'activité alimentaire de *Schistocerca gregaria*. Séminaire Nationale sur la biodiversité faunistique-Ecol. Nati. Sup. Agro., El Harrach- Alger. Du 7 au 9 Décembre 2014.
31. BOUHAS-BOUBEKKA A., BELMADANI K., HADJ SAID H. and MOUHOUCHE F., 2014c- Study of the biological impact of the extract of *Datura innoxia* on *Schistocerca gregaria* feeding activity. Balkan agricultural congress. 8-11 September 2014, Edirne, Turkey.
32. BRADFORD M., 1976- A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, *Analytical biochemistry*. 72, 248-254.
33. BRINKMAN M.A., FUELLER B.W. and HILL M.B., 1997 – Effect of *Beauveria bassiana* on migratory grasshoppers (*Orthoptera, Acrididae*) and Non target yellow Mealworms (*Coleoptera : Tenebrionidae*) in spray tower bioassays. *Jour. agri. entomol.*, 14, (2) : 121 – 127.
34. CAVELIER A., 1976- *Cours phytopharmacie*. Ed. Inst. Nati. Agro., El-Harrach, T1,514 p.
35. CHAOUCH A., 2007-Action de deux entomopathogènes, *Beauveria bassiana* Bals. et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* sur les larves L4 et les ailés du *Dociostaurus maroccanus* (Thunb, 1815) (Acrididae, Gomphocerinae). Journées Internationales de la Zoologie agricole et forestière Institut National Agronomique El-Harrach Alger du 08 au 10 avril 2007.
36. CHARA B., 1995- *Eléments sur la biologie et l'écologie du criquet pèlerin* *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775). Stage de formation de lutte antiacridienne. Ed. I.N.P.V - O.A.D.A., El Harrach, Alger, : 32 - 45.

37. CHAUVIN R., 1956 – *Physiologie de l'insecte. Le comportement. Les grandes fonctions écophysiologiques*. Ed. INRA, Paris, 917 p.
38. CHOPARD L., 1943 – *Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord*. Ed. Librairie Larose, Paris, 447 p.
39. CUSSON M. and PALLI S.R., 2000- Can juvenile hormone research help rejuvenate integrated pest management?. *Can. Ent.*, 132: 263-280.
40. DE GREGORIO R., 1996 – *Le criquet pèlerin Schistocerca gregaria, biologie et élevage : Durée de développement et rythme de ponte dans les conditions de laboratoire*. Ed. C.A.U.P.P.A., Serv. Film Rech. Scien., Pau (Paris).
41. DELGADO F.X., BRITTON J.H., LOBO-LIMA M.L., RAZAFINDRATIANA E. and SWEARINGEN W., 1997 – Small-scale field trials with entomopathogenic fungi against *Locusta migratoriacapito* in Madagascar and *Oedalus senegalensis* in Cape Verde. *New Stratég.locus. contr., verlag*, (3) : 171 – 176.
42. DIOP B. and WILPS H., 1997- Field trials with neem oil and *Melia volkensii* extracts on *S. gregaria*. pp. 201-207 in KRALL S., PEVELING M. and DIALLO D., *New Strategies in Locust Control*. Ed. Birkhäuser, Basel, Switzerland, 522 p.
43. DIRSH V.M., 1975 – *Classification of the acridomorphoid insects*. Ed. Clarsey, Oscon, 171 p.
44. DOBSON H.M., 2001- *Lutte antiacridienne. Directives sur le criquet pèlerin*. Ed. FAO, Rome, 83p.
45. DOBSON H.M., COOPER J., RAKOTONANDRASANA A et SCHERER R., 1997- Economics and practicalities of migratory locust hopper band control using barriers of insect growth regulator, pp. 433-442 in KRALL S., PEVELING R. and BA DIALLO D., *New strategies in locust control*, Ed. Birkhauser verlag, Basel/ Switzerland, 522p.
46. DOROW E., 1996- Alsystin® - an environmentally friendly insecticide for the control of plagues of locusts. *Pflanzenschutz-Nachrichten*. Vol. 49 No. 2. pp. 145-180.

47. DORN A., WIESEL G. et SCHNEIDER M., 1994- Juvenile hormone analogues in locust control, in KRALL S., WILPS H. *New trends in locust control. Schriftenreihe GTZ, TZ-Verlag, Rossdorf*, pp. 91-106.
48. DORN A., SCHNEIDER M., BOTENS F.F.W., HOLTSMANN M. and PETZAK I., 1997- Field application of the juvenile hormone analogue fenoxycarb against hopper bands of *Locusta migratoria capito* in Madagascar, pp. 143-150 in KRALL S., PEVELING R. and BA DIALLO D., *New strategies in locust control*, Ed. Birkhauser verlag, Basel/Switzerland, 522p.
49. DOUMANDJI-MITICHE B. et DOUMANDJI S., 2006- Quelques agents biologiques susceptibles d'être utilisés en lutte antiacridienne. *Revue des Régions Arides* -Numéro spécial- Actes du séminaire international : Gestion des ressources et applications biotechnologiques en aridoculture et cultures oasisiennes : Perspectives pour la valorisation des potentialités du Sahara. pp. 1154-1158.
50. DOUMANDJI-MITICHE B., HALOUANE F., MERABTI N., SEDDIK A. et DOUMANDJI S., 1997a- Activité biologique de *Metarhizium anisopliae* (Deutéromycètes, *Moniliaceae*) sur les larves L 5 et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Orthoptera, *Cyrtacanthacridinae*). *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent*, 62/2b, pp. 461-468.
51. DOUMANDJI-MITICHE B., HALOUANE F., CHAHBAR N., AGRANE S., MERABTI N., SEDDIK A et DOUMANDJI S., 1997b - Note sur la présence de l'entomopathogène *Beauveria bassiana* (hyphomycète, *Deuteromycotinae*) sur *Schistocerca gregaria* (Orthoptera, *Acridinae*) sur le terrain à Adrar (Algérie) : Effet sur le rythme cardiaque et respiratoire de cet acridien. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent.*, 62 / 2b, 461 – 468.
52. DOUMANDJI-MITICHE B., HALOUANE F., BENSAAID H., BISSAID F.Z. and CHERIEF A., 1999 – The efficiency of *Beauveria bassiana* (Bals.) Against *Locusta migratoria* and *Schistocerca gregaria* (Orthoptera, *Acrididae*). *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent.*, 64/3A, pp: 205 – 209.
53. DURANTON J.F. et LECOQ M., 1990 – *Criquet pèlerin au Sahel*. Ed. Cirad/Prifas, 'Collection Acridologie Opérationnelle n°6', Montpellier, 183 p.

54. DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M., 1982 – *Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche*. Ed. Cirad / Prifas, Départ. G.E.R.D.A.T, Paris, T. I, 695 p.
55. DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M. et RACHADI T., 1987 – *Guide antiacridien du Sahel*. Ed. Cirad / Prifas, Départ. G.E.R.D.A.T, Montpellier, 343 p.
56. ENTZ S. C., KAWCHUK L. M. and JOHNSON D. L., 2008- Discovery of a North American genetic variant of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* pathogenic to grasshoppers. *BioControl*.53 : 327–339.
57. FARGUES J. and GOETTEL M., 1996- Environmental constraints of mycopesticides ; a challenge. *Bull OILB srop*, 19(8).
58. FARGUES J., OUEDRAOGO A., GOETTEL M. S.et LOMER C. J., 1997-Effects of Temperature, Humidity and Inoculation Method on Susceptibility of *Schistocerca gregaria* to *Metarhizium flavoviride*. *Biocontrol Science and Technology*, Volume 7, Number 3, 1 September 1997 , pp. 345-356(12).
59. FEDIERE G., 1982-*Etude électrophorétique et immunologique des protéines de l'hémolymphe de l'orthoptère Schistocerca gregaria FORSKAL. Influence du parasitisme du au protozoaire Malameba locustae King et Taylor*. Diplôme d'étude approfondie d'entomologie. Université Pierre et Marie Curie, Paris, 69p.
60. GHONEIM K. S., TANANI M. A. AND BASIOUNY A. L., 2009- Influenced survival and development of the desert locust *Schistocerca gregaria*(acrididae) by the wild plant *Fagonia bruguieri* (Zygophyllaceae).*Egypt. Acad. J. biolog. Sci.*, 2 (2): 147-164.
61. GHONEIM K., AMER M., AL-DALY A., MOHAMMAD A., KHADRAWY F. and MAHMOUD M., 2014a- Disrupted survival, growth and development of desert locust *Schistocerca gregaria* (Forsk.) (Orthoptera: Acrididae) by extracts from toothpick weed *Ammi visnaga* Lamarck (Apiaceae). *International Journal of Biosciences*.5(1): 397-414.
62. GHONEIM K., AMERM., AL-DALY A., MOHAMMAD A., KHADRAWY F. and MAHMOUD M.A., 2014b-Disturbed acid and alkaline phosphatase activities in desert

- locust *Schistocerca gregaria* (Forsk.) (Orthoptera: Acrididae) by extracts from the khella plant *Ammi visnaga* L. (Apiaceae). *International Journal of Advanced Research*, 2(5): 584-596.
63. GILLESPIE J. P., BURNETT C. and CHARNLEY A. K., 2000- The immune response of the desert locust *Schistocerca gregaria* during mycosis of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* var *acridum*. *Journal of Insect Physiology*, 46, pp. 429–437.
64. GIRARDIE J., 1991- *Structure des glandes endocrines et chimie des hormones des criquets grégarisables. La lutte anti-acridienne*. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, pp. 101-117.
65. GORDON R., YOUNG T.-L., CORNETT M. and HONG D.K., 1989- Effects of two insect growth regulators on the larval and pupal stages of the cabbage maggot (Diptera: Anthomyiidae). *J. Econ. Entomol.*, 82(4): 1040-1045.
66. GREATHEAD D.J., KOOYMAN C., LAUNOIS-LUONG M.H. et POPOV G.B., 1994 – *Les ennemis naturels des criquets du Sahel*. Ed. Cirad / Prifas, 'Collection Acridologie Opérationnelle n°8', Montpellier, 147 p.
67. GUENDOUZ-BENRIMA A., 2005 - *Ecophysiology et biogéographie du Criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forsk., 1775) (Orthoptera, Acrididae) dans le sud Algérien*. Thèse de Doctorat d'Etat, Inst. Nati. Agro., El Harrach, 210p.
68. HALOUANE F., 1997 – *Cycle biologique de S schistocerca gregaria (Forsk., 1775) et de Locusta migratoria (Linné, 1768) (Orthoptera, Acrididae). Efficacité de Metarhizium anisopliae (Metch) (Hyphomycètes, Deuteromycotina) et effet sur quelques paramètres physiologiques de Schistocerca gregaria*. Thèse Magister sci. agro., Inst. Nati. Agro., El Harrach, 235 p.
69. HALOUANE F., BOUDAOUDI H. et DOUMANDJI-MITICHE B., 2001a – Evaluation de l'activité biologique de *Metarhizium flavoviride* et de *Beauveria bassiana* (Hyphomycetes : Deuteromoycotina) via à vis de *Locusta migratoria* (Orth. Acrididae). 8^{ème} Conf. Intern. Sur les insectes Orthopteroides, 19-22 août 2001, Montpellier, France.

70. HALOUANE F., DOUMANDJI-MITICHE B. et DAHOUN G., 2001b- Effet d'un dérégulateur de croissance le Téflubenzuron (TFB) sur les métabolites ovariens des L5 et des imagos de *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Orthoptera, Acrididae). *Journées techniques phytosanitaires*. INPV, Alger, pp. 395-402
71. HALOUANE F., DOUMANDJI-MITICHE B. et DAHOUN G., 2001c –Activité biologique d'un dé-régulateur de croissance le Triflubenzuron TBF sur les larves L5 de *Locusta migratoria* (Orth. Acrididae). Efficacité et effet sur la cuticule LET métabolique hemolymphatique et ovarien de ce locust. - 8ème Conf. Intern. Sur les insectes Orthopteroides, 19-22 août 2001, Montpellier, France.
72. HANRIEDER G., WILPS H. and KRALL S., 1993-The effect of Alsystin (Triflumuron) on larvae of the migratory locust *Locusta migratoria migratorioides* Investigations carried out in the semi-desert area of Sudan's Red Sea Province. *Anz. Sch~idlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz*. 66. pp. 10-15.
73. HASKELL M., 1982 - Pest species. *Acrida*, T.2 : 300 - 313.
74. HEMOUR S., 2009- *Effet d'un biopesticide « Green Muscle » (Metarhizium anisopliae var.acridum IMI330189) sur la reproduction du criquet pèlerin Schistocerca gregaria Forskål (1775) (Acricidae, Cyrtacanthacridinae) en conditions contrôlées*. Thèse Magister, Ecole. Nati. Agro., El Harrach, 163 p.
75. HERNANDEZ-VELAZQUEZ V.M., BERLANGA-PADILLA A. and TORIELLO C., 2007- Reduction of feeding by *Schistocerca piceifrons piceifrons* (Orthoptera: Acrididae), following infection by *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*. *Florida Entomologist*, 90(4) : 786-789.
76. HORNBOSTEL V. L., ZHIOUA E., MICHAEL A. BENJAMIN M.A., HOWARD S.GINSBERG H.S., RICHARD S. and OSTFELD R.S., 2005- Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycetes) and permethrin to *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) nymphs. *Experimental and Applied Acarology*. 35: 301–316.

77. HUA Z.; ZHONG-KANG W.; YOU-PING Y.; YAN-LING L.; ZHEN-LUN L.; GUO-XIONG P. and YU-XIAN X., 2007- Trehalose and trehalose-hydrolyzing enzyme in the haemolymph of *Locusta migratoria* infected with *Metarhizium anisopliae* strain CQMa102. *Insect Science*. V.14, N. 4, pp. 277-282.
78. HUNTER D.M., 2007- Application de *Green Guard*® (*Metarhizium anisopliae* var. *acridum*) contre le Criquet migrateur oriental (*Locusta migratoria manilensis*) en Chine, p. 29 cité par WADE V. : *Atelier international sur l'avenir des biopesticides dans la lutte contre le criquet pèlerin (Sénégal, 12-15 février 2007)*. Ed. The orthopterist's society, 32p.
79. HUNTER D.M., MILNER R.J., SCANLAN J.C. and SPURGIN P.A., 1999- Aerial treatment of the migratory locust, *Locusta migratoria* (L.) (Orthoptera: Acrididae) with *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) in Australia. *Crop Protection*, V. 18, pp. 699-704.
80. IDRISSE HASSANI L. M., and HERMAS J., 2008.-Effet de l'alimentation en *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur le tube digestif du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. (Orthoptera, Acrididae). *Zool. Baetica*, vol. 19: 71-84.
81. IDRISSE HASSANI L.M., OULD AHMEDOU M.L., MAYAD E.H. et BOUAICHI A., 2002- Pouvoir insecticide de *Peganum Harmala* sur *Schistocerca Gregaria*: Effets de l'huile et des extraits de feuilles. *Biologie & Santé* vol. 2, n° 2, pp.122-133.
82. KANE C.M.H., SAKHO El B.L. et WILPS H., 2007-Comparaison de la virulence de deux souches de *Metarhizium anisopliae* var *acridum* sur le Criquet Pèlerin, *Schistocerca gregaria* et l'effet de la température sur leur efficacité, 1^{7ème} Conférence de l'Association Africaine des Entomologistes, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 11 - 15 juin 2007. Ed. The African Association Of Insect Scientists, Nairobi, Kenya.
83. KEMASSI A., BOUZIANE N., BOUAL Z. et OULD EL HADJ M. D., 2014- Activité biologique des huiles essentielles de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) et de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) sur *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). *Phytothérapie*. V. 12, pp 348-353.
84. KEMASSI, A., Z. BOUAL, A. OULD EL HADJ-KHELIL, M. DADI BOUHOUN et OULD EL HADJ M. D., 2010.- Activité biologique de l'extrait de *Euphorbia guyoniana*

- (Boiss. & Reut.) (*Euphorbiaceae*) chez le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (*Orthoptera-Acrididae*). *Ann. de Sci.et Technol., Uni. Kasdi Merbah- Ouargla*, vol. 2 (1): 60-71.
85. KEMASSI A., OUAL Z., OULD EL HADJ-KHELIL A., BOUHOUN M. D. et OULD EL HADJ M. D., 2011a- Action of *Peganum harmala* L.(Zygophyllaceae) leaf extracts on some biological parameters of *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (*Orthoptera, Cyrtacanthacridinae*). Séminaire International sur la Protection des Végétaux: Abstracts.THE NEWSLETTER OF THE ORTHOPTERISTS' SOCIETY. Volume 31 (2) / May 2011, pp. 18-28.
86. KEMASSI A., HELLALI N., HADJ MAHAMMED M., BOUAL Z., OULD EL HADJ-KHELIL A. et OULD EL HADJ M. D., 2011b- Bioactivity of *Cymbopogon schoenanthus* L.(Poaceae) essential oils on The larvae and adults of *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (*Orthoptera-Acrididea*). Séminaire International sur la Protection des Végétaux.Ecol. Nati. Sup. Agro., El Harrach.*The newsletter of the orthopterists' society*. Volume 31 (2) / May 2011, pp. 18-28.
87. KEMASSI A., HELLALI N., BOUAL Z., OULD EL HADJ-KHELIL A, HADJ-MAHAMMED M. et OULD ELHADJ M. D., 2013.- Toxicité comparée des huiles essentielles foliaires de trois plantes spontanées récoltées au Sahara algérien sur les larves et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (*Orthoptera- Cyrtacanthacridinae*). *Algerian journal of arid environnement*, vol. 2 (2): 34-42.
88. KEMASSI, A., Z. BOUAL, A. LEBBOUZ I., DADI BOUHOUN M., SAKEUR M. L., OULD EL HADJ-KHELIL, et OULD EL HADJ M.D., 2012.- Étude de l'activité biologique des extraits foliaires de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae). *Lebanese Science Journal*, vol. 13 (2): 81-97.
89. KLEESPIES R.G., HUGER A.M., and STEPHAN D., 2000- *Diagnosis and pathology of diseases from locusts and other orthopterans*.Ed. GTZ (Eschborn, Germany) and BBA (Darmstadt, Germany), 43 p.
90. KOOYMAN C., 2007-*Metarhizium anisopliae* var. *acridum*, la matière active du Green Muscle®, pp.11-13,Atelier international sur l'avenir des biopesticides en lutte contre le criquet pelerin, Saly, Sénégal 12-15 février 2007. Ed. The orthopterist's society. 32p.

91. KOOYMAN C., AMMATI M., MOUMENE K., CHAOUCH A. et ZEYD A., 2005- Essai de green muscle sur des nymphes du criquet pèlerin dans la wilaya d'El oued, nord-est Algérie avril-mai 2005. Ed. FAO TAC 715, 21p.
92. KORAYEM A. M. and OSMAN H.A., 1992 - Nematicidal potential of the Henna Plant *Lawsonia inermis* against the root knot nematode *Meloidogyne ineognita* .Anz. Sch~idlingskde., *Pflanzenschutz, Umweltschutz* 65, pp. 14-16.
93. KOUASSI M., 2001 – Les possibilités de lutte biologique : emphase sur le champignon entomopathogène *B. bassiana*. *Sci. Environ.*, Vol. 2, (2).
94. LATCHININSKY A. V. et LAUNOIS-LUONG M. H., 1997 – *Le criquet pèlerin Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) dans la partie Nord-orientale de son aire d'invasion. Ed. Cirad / Prifas, Montpellier, 192 p.
95. LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M., 1989 – *Vade Mecum des criquets du Sahel*. Ed. CIRAD / PRIFAS, 'Collection Acridologie Opérationnelle n°5', Montpellier, 125 p.
96. LAUNOIS-LUONG M.H. et .POPOV G.B, 1992- *Schistocerca gregaria* Forskål, (1775) (*Acrididae, Cyrtacanthacridinae*). Ed. Cirad/ Prifas, Paris, 4p.
97. LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M., 1993 – *Manuel explicatif du code OMM de transmission des informations sur les criquets ravageurs*. Ed. Org. Météo. Mond. et Org. Islam. Educ. Scie. Cult., Genève, 30 p.
98. LECOQ M., 1988- *les criquets du Sahel*. Ed. Cirad/Prifas, 'Collection Acridologie Opérationnelle n°1', Montpellier, 125p.
99. LECOQ M., 1991- *Le Criquet pèlerin : enseignements de la dernière invasion et perspectives offertes par la biomodélisation. La lutte anti-acridienne*. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, pp. 71-98.
100. LECOQ M., 2004.-*Vers une solution durable au problème du Criquet pèlerin. Sécheresse*, vol. 15 (3): 217-224.

101. LOUVEAUX A. et BENHALIMA T., 1987 – Catalogue des orthoptères *Acridoidea* d'Afrique du Nord. Ouest. *Bull. Soc. Ent., France*, T. 91, (3 – 4), 73 – 87.
102. LUONG-SKORMAND M.H., RACHADI T. et LECOQ M., 1999- *La lutte contre les criquets ravageurs : l'intérêt des mycopesticides*. Ed. Cirad-Amis-Programme Protection des cultures, n°19, Paris, :49-52.
103. MANSOUR S. A., EL-SHARKAWY A. Z. and ABDEL-HAMID N. A., 2015- Toxicity of essential plant oils, in comparison with conventional insecticides, against the desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forskål). *Industrial Crops and Products*, V. 63, pp 92-99.
104. MASSON M., 1989- *Locustes et sautériaux : Le criquet migrateur africain : biologie et lutte*. Ed. Bayer, Hevertusen, 39p.
105. MASSON M. et MCHIVE F., 1989- *Le criquet migrateur africain : biologie et lutte*. Division Phytosanitaire, Hevertusen, R.F.A., : 18-20.
106. MEINZINGEN W.F., 1997- Overview and challenges of new control agents, pp.105-115 in KRALL S., PEVELING R. and BA DIALLO D., *New strategies in locust control*, Ed. Birkhauser verlag, Basel/ Switzerland, 522p.
107. MILAT-BISSAAD F. Z., BOUNACEUR F., HALOUANE F., OUTTAR F. et DOUMANDJI-MITICHE B., 2011a- Etude de l'effet de deux champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* sur le comportement alimentaire de *Schistocerca gregaria*. *Algerian journal of arid environment*, vol. 1, n° 2: 40-51.
108. MILAT-BISSAAD F.Z., BOUNACEUR F., HALOUANE F. et DOUMANDJI-MITICHE B., 2011b- Comparative study on the effect of two entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* var *acridum* on the feeding behavior of *Schistocerca gregaria*. Séminaire International sur la Protection des Végétaux .Ecol. Nati. Sup. Agro., El Harrach. *The newsletter of the orthopterists' society*. Volume 31 (2) / May 2011, pp. 18-28.

109. MILLE C., CAPLONG P. & WADRA P., 2014-*Impact de la Grande Sauterelle du Cocotier, Pseudophyllanax imperialis (MONTROUZIER, 1862), sur la production de coprah à Ouvéa*. Ed. Analyse de risque phytosanitaire.49p.
- 110.MOUSSA A., 2003- *Effet de l'huile de neem (Azadirachta indica) sur quelques paramètres biologiques et physiologiques de Locusta migratoria migratoria (Linné, 1758) et Locusta migratoria migratorioïdes (R et F, 1850) (Orthoptera, Acrididae)*.Thèse Magister Sci. agro., Inst. Nati. Agro., El Harrach, 123 p.
- 111.MUHAMMAD H. S. and MUHAMMAD S., 2005 - The use of *Lawsonia inermis* linn. (henna) in the management of burn wound infections.*African Journal of Biotechnology*. Vol. 4 (9), pp. 934-937.
- 112.MWANGI R.W., KABARU J.M. and REMBOLD H., 1997- Potential for *Meliavolkensii*fruit extract in the control of locusts, pp. 193-200 in KRALL S., PEVELING R. and BA DIALLO D., *New strategies in locust control*, Ed. Birkhäuser Verlag, Basel/ Switzerland, 522p.
- 113.NASSEH H.S., KRALL H., WILPS H. et SALISSOU G.B., 1992a- Les effets des inhibiteurs de croissance et de biocides végétaux sur les laves de *Schistocerca gregaria* (Forsk.). *Sahel pv. Info. Bull. Inform. Protect. Végétaux*. UCTR/PV n° 45, 5- 9.
- 114.NASSEH O.M., FRERES T., WILPS H., KIRKILIONIS E., AND KRALL S., 1992b- Field cage trials on the effects of enriched neem oil, insect growth regulators and the pathogens *Beauveria bassiana* and *Nosema locustae* on desert locusts in the Republic of Niger. Biological control of locusts and grasshoppers. Proceedings of a Workshop held at the International Institute of Tropical Agriculture, Cotonou, Republic of Benin, 29 April - 1 May 1991, 311-321.
- 115.OUEDRAOGO R. M., 2001- Influence de la thermorégulation sur la mycose par *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* chez le criquet migrateur, *Locusta migratoria*. Réunion annuelle Société d'entomologie du Québec Beloeil (Québec), 8 et 9 novembre 2001.V. 83 (2).

116. OULD AHMEDOU M. L., BOUAICHI A. et IDRISSE HASSANI L. M., 2001- Mise en évidence du pouvoir répulsif et toxique de *Glinus lotoides* (Aizoacées) sur les larves du criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* Forskål (Orthoptera, Acrididae). *Zool. baetica*, 12: 109-117.
117. OULD- EL HADJ M.D., 2000- Le développement de la céréaliculture dans le Sahara algérien face aux périls acridiens. Act. 1er Symp. Internat. filière du Blé, 7-9 février 2000, Off. alg. interprof. cér., Alger : 251-254.
118. OULD EL HADJ M.D., 2001- Etude du régime alimentaire de cinq espèces d'acridiens dans les conditions naturelles de la cuvette d'Ouargla (Algérie). *Science et Technologie*, (16):73 - 80.
119. OULD EL HADJ M.D., 2002- Les nouvelles formes de mise en valeur dans le Sahara algérien et le problème acridien. *Science et changements planétaires / Sécheresse* 13 : 37-42.
120. OULD EL HADJ M. D., TANKARI DAN-BADJO A. et HALOUANE F., 2003- Etude comparative de la toxicité de trois substances Acridifuges sur les larves du cinquième stade et sur les Adultes de *Schistocerca gregaria* Forskål, 1775 (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae). *Courrier du Savoir – N°03*, pp. 81-86.
121. OULD EL HADJ M. D., TANKARI DAN- BADJO A., HALOUANE F. et DOUMANDJI S., 2005- Etude de la toxicité de trois plantes acridifuges chez *Schistocerca gregaria* Forskål, 1775 (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae). 6^{ème} Journée d' Acridologie - Inst. Nati. Agro., El-Harrach - Alger. 06 mars 2005.
122. 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.
123. OULD ETHEIMINE M., HABIB KANE C. M., OULD ELY S., BARRY A., OULD MOHAMED S., OULD BABAH M. A. AND BENCHEKROUN M., Storability of five new formulations of Green Muscle[®] (*Metarhizium acridum*) under ambient and low

- temperatures: evaluation of conidial viability and virulence against desert locust nymphs. *International Journal of Tropical Insect Science*, V.33, pp 195-201.
124. OULD TALEB M. and AMADOU D., 2001 – *Field Demonstration of the Use of Metarhizium anisoplae for Desert Locust Control Using the Release. Sray-ecapture Method*. Ed. FAO- EMPRES, 9 p.
125. OUTTAR F., 2006-*Effet de deux entomopathogènes, Beauveria bassiana bals. et Metarhizium anizopliae var acridium Metch. (Hyphomycètes, Deuteromycotina) sur l'état embryonnaire de criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae)*. Mem. Ing., Inst. Nati. Agro., El Harrach, 102 p.
126. OUTTAR F., 2009-*Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur Locusta migratoria (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)*. Thès. Mag. Sci. Agro., Ecol. Nati. Sup. Agro., El Harrach, 203 p.
127. PASQUIER R., 1952- Terminologie concernant le comportement et l'aspect des acrididae gregariaptes. *Ann. Inst. Agri. et Serv. rech. et expér. agri.* Algérie, T. VI. fasc. 6, pp.1-16.
128. PENG G., WANG Z., YIN Y., ZENG D. and XIA Y., 2008- Field trials of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* (Ascomycota: Hypocreales) against oriental migratory locusts, *Locusta migratoria manilensis* (Meyen) in Northern China. *Crop Protection*, V. 27, pp. 1244-1250.
129. POPOV G.B., LAUNOIS-LUONG M.H. et VAN DER VEEL J.J., 1990- *Les oothèques des criquets du Sahel*. Ed. Cirad/Prifas, 'Collection Acridologie Opérationnelle n°7', Montpellier, 153p.
130. POPOV G.B., DURANTON J. F. et GIGAULT J., 1991 - *Etude écologique des biotopes du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) en Afrique du Nord Occidentale*. Ed. Cirad/ Prifas, Minist. Coop. Dév. ONU, Cent. Coop. Inter. Rech. Agro. Dév., 743 p.
131. RACHADI T., 1991- *Précis de lutte anti-acridienne : la pulvérisation des pesticides*. Min. Coop. Dev., Ed. CIRAD-PRIFAS, Montpellier, 312 pp.

132. REMBOLD H., 1994 - Controlling locusts with plant chemicals, pp. 41-49 in KRALL S., WILPS H., *New trends in locust control*. Ed. TZ-Verlags-Gesellschaft, Rossdorf, Germany.
133. REMBOLD H., 1997- *Melia volkensii*: a natural insecticide against desert locust, pp.185-191 in KRALL S., PEVELING R. and BA DIALLO D., *New strategies in locust control*, Ed. Birkhäuser Verlag, Basel/ Switzerland, 522p.
134. SASANELLI N. and DIVITO M., 1991- The effect of tagetes spp extract on the hatching of an Italian population of *Globoderarostochiensis*. *Nematol, Med.*, 19: 135-137.
135. SCANLAN J.C., GRANT W.E., HUNTER D.M. and MILNER R.J., 2001- Habitat and environmental factors influencing the control of migratory locusts (*Locusta migratoria*) with an entomopathogenic fungus (*Metarhizium anisopliae*). *Ecological Modelling*, V. 136, pp. 223-236.
136. SCHERER R. et CELESTIN H., 1997- Persistence of benzoylphenylureas in the control of the migratory locust *Locusta migratoria capito* (Sauss.) in Madagascar. pp. 129-136 in KRALL S., PEVELING R. and BA DIALLO D., *New strategies in locust control*, Ed. Birkhauser verlag, Basel/ Switzerland, 522p.
137. SEYMOUN E., BATEMAN R.P. and CHARNLEY A.K., 2002- The effect of *Metarhizium anisopliae var acridum* on haemolymph energy reserves and flight capability in the desert locust, *Schistocerca gregaria*. *J. Appl. Ent.* 126: 119-124.
138. SIEGLAFF D. H., PEREIRA. R. M. and CAPINERA J. L., 1997- Pathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium flavoviride* (Deuteromycotina) to *Schistocerca americana* (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Economic Entomology*, V. 90, N° 6 (7), pp. 1539-1545.
139. SINGH A. and SINGH D. K., 2004- Effect of Herbal Molluscicides and Their Combinations on the Reproduction of the Snail *Lymnaea acuminata*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. V.46, pp 470-477.
140. SITOUEH M., 1967 - Relations entre les crues et *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) en phase solitaire dans le Sahara Central de 1967 a 1972. *Ann. Inst. nat.agr. El-Harrach, Vol.*,

VI,n° 4, pp.43-83.

141. STEEDMAN A., 1988- *Manuel de lutte anti-acrididienne*. Ed. ODNRI., France, 71 pp.
142. STEPHAN D., WELLING M., et ZIMMERMANN G., 1997- Locust control with *Metarhizium flavoviride*: new approaches in the development of a biopreparation based on blastospores, pp. 151-158 in KRALL S., PEVELING R. and BA DIALLO D., *New strategies in locust control*, Ed. Birkhäuser Verlag, Basel/ Switzerland, 522p.
143. ST LEGER R.J., JOSHI L., BIDOCHKA M.J., RIZZO N.W. and ROBERTS D.W., 1996 – Biochemical characterization and ultrastructural localization of two extracellular trypsins produced by *Metarhizium anisopliae* in infected insect cuticles. *Appl Environ Microbiol.*62(4) : 1257-1264.
144. SYMMONS et CRESSMAN, 2001 – *Directives sur le criquet pèlerin : Le criquet pèlerin, biologie et comportement*. Ed. Food Alimentation Organisation (F.A.O.), Rome, 43 p.
145. THIAM A., DIOUF H.R., KUISEUAL J., SARR A. et THIAM M., 2004 - *Pesticides et Alternatives. Lutte antiacridienne : Guérir c'est bien, mais prévenir c'est mieux*. N° 23. Pesticide Action Network (PAN) Africa, Dakar, n°23, 23p.
146. TIRCHI N., 2008- *Effet de trois dérégulateurs de croissance des insectes (IGRs) sur les larves de criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae)*. Thèse Magister, Inst. Nati. Agro., El Harrach, 174 p.
147. TIRCHI N. et MOUHOUCHE F., 2008 – Effet d'un dérégulateur de croissance des insectes : Triflumuron sur les larves de *Schistocerca gregaria* (Cyrtacanthacridinae, Acrididae). 3^{ème} Journées Nationales sur la protection des végétaux - Inst. Nati. Agro., El-Harrach - Alger. 7 et 8 avril 2008.
148. TRIPATHI R.D., SRIVASTAVA H. S. and DIXIT S.N., 1980- *Regulation of nitrate reductase, soluble and protein nitrogen by lawsone in Helminthosporium oryzae Breda de Haan, Experientia* 36. Ed. Birkhäuser Verlag, Basel (Schweiz), pp.960-961.

- 149.VAN DER VALK, H., 2007-*Rapport sur l'efficacité du Metarhizium anisopliae var. acridum contre les locustes et les sauteriaux, Atelier international sur l'avenir des biopesticides en lutte contre le criquet pelerin*. Ed. Saly, Sénégal 12-15 février 2007. 32p.
- 150.WALDBAUER, G. P., 1968- The consumption and utilization of food by insects. *Advances in Insect Physiology*. 5: 229-288.
- 151.WELLING M. and ZIMMERMANN G., 1997- *Sorosporrella sp.*, a fungal pathogen of the migratory locust, *Locusta migratoria capito*, in Madagascar, pp. 243-245 in KRALL S., PEVELING R. and BA DIALLO D., *New strategies in locust control*, Ed. Birkhäuser Verlag, Basel/ Switzerland, 522p.
- 152.WILPS H. and DIOP B., 1997-Field investigation on *Schistocerca gregaria* (Forskål,) adult hoppers and hopper bands. Pp. 117- 128. In: KRALL S., PEVELING M. and DIALLO D. *New Strategies in Locust Control*. Ed. Birkhäuser, Basel, Switzerland. 522 p.
- 153.WILPS H. NASSEH O. KRALL S. et SALISSOU G. B., 1992.- Les effets inhibiteurs de croissance et de biocides végétaux sur les larves de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). *Rev. Sahel, PV. Info, n° 45*: 5-19.
- 154.ZAKARIA O., SAGNIA S.B., 2003- *Lutte intégrée contre les sautériaux et les locustes: importance du biopesticide Green Muscle*. Vol. 5 (3). Ed. Centre Régional Agrhymet, 15p.
- 155.ZELAZNY B., GOETTEL M.S. and KELLER B., 1997- The potential of bacteria for the microbial control of grasshoppers and locusts. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 171: 147-156.
- 156.ZIMMERMANN G., ZELAZNY B., KLEESPIES R. and WELLING M., 1994- Biological control of African locusts by entomopathogenic microorganisms, in KRALL S., WILPS H., *New trends in locust control. Schriftenreihe GTZ, TZ-Verlag, Rossdorf*. pp. 127-138.

Références bibliographiques sur le web

157. ANONYME, 2007- Criquets ravageurs *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Disponible sur <http://locust.cirad.fr>).
158. ANONYME, 2008- Henné wikipédia. (Disponible sur http://fr.wikipedia.org/wiki/Lawsonia_inermis).
159. BONEV, 2003- The Henna Page. Lawsonsone
(Disponible sur <http://www.hennapage.com/henna/encyclopedia/lawsonia/>).
160. CARTWRIGHT-JONES C., 2004- The Henna Page. *Lawsonia inermis* (Disponible sur <http://www.hennapage.com/henna/encyclopedia/growing/>).
161. GBADAMASSI F., 2004- Le retour du criquet pèlerin. La FAO craint une invasion de l'insecte en Afrique du Nord.
(Disponible sur <http://www.afrik.com/article7248.html#dossier>).
162. OULD BABAH M.A., GUENDOZ A., DURANTON J.F. et COUREL M.F., 2005- *Ecologie et maîtrise des populations d'acridiens. Caractérisation et dynamique des biotopes du Criquet pèlerin*. Ed. Cirad/Prifas, Montpellier. (Disponible sur <http://www.cirad.fr/ur/index.php/acridologie>).
163. SCHERER R., 1998 -Aide d'urgence 1998: Évaluation d'activités de lutte anti-acridienne. Projet Lutte anti-acridienne en Afrique 93.2121.7 Mission du 26.01 au 03.04.1998. Coopération technique : République fédérale d'Allemagne – République de Madagascar. (Disponible sur <http://ispi-lit.cirad.fr/text/SchererB98b.htm>).

Annexes

Annexe 1 : Matériel et produits utilisés

✓ Matériel

• Matériel d'élevage

- Des cages ; des ampoules ; des bocaux ; thermomètre ; hygromètre ; des bouteilles coupées en deux (pondeurs) ; [des éponges, des chiffons, un pinceau, un balai, une pelle (pour l'entretien et le nettoyage)] ; des résistances (pour garantir une température adéquate) ; du sable ; du tulle moustiquaire, élastique, des fermetures éclair ; quêtteur, un seau (pour le ramassage du gazon) ; et une pissette (pour humidifier les pondeurs).

• Matériel de laboratoire

- Deux becs benzènes ; briquet ; bistouri ; microscope optique ; des béchers ; pipette Pasteur ; cellule de Neubauer ; des boîtes de Pétri en plastique stérilisées ; des éprouvettes graduées ; des Erlenmeyers ; coton ; parafilm ; centrifugeuse ; Mixeur ; des tubes à essais ; agitateur magnétique ; une balance de précision ; dessiccateur ; ciseau ; des lamelles ; réfrigérateur ; étuve ; scotch ; spectrophotomètre ; micropipette ; vortex ; des fioles ; compteur manuel ; microtubes Eppendorf ; les embouts ; des épingles ; micropipette à usage unique de 10 µl ; des boîtes et des bacs, tulle moustiquaire et les élastiques ; des sachets en plastique ; des entonnoirs ; papier filtre ; papier aluminium ; vernis à ongles ; indélébile.

✓ Les produits

❖ Nettoyage

- Eau de javel
- Alcool

- **Préparation d'inoculum**
 - Eau distillée
- **Culture du champignon**
 - Le Sabouraud
- **Dosage quantitatif des protéines**
 - Sérum albumine bovine (BSA)
 - Bleu de Coomassie G-250
 - Ethanol 95°
 - Acide orthophosphorique 85%
 - Eau distillée

Annexe 2 :

Tableau 1 : Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5de *L. migratoria*, traitées au *M. anisopliae* par contact

Jours	Témoïn					D1					D2					D3				
	R1	R2	R3	M	ET	R1	R2	R3	M	ET	R1	R2	R3	M	ET	R1	R2	R3	M	ET
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,5	4,17	7,22
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	16,7	28,87
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	16,7	28,87
8	0	10	20	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	16,7	28,87
9	20	10	20	16,67	5,77	0	0	0	0	0	12,5	0	12,5	8,33	7,22	0	0	62,5	20,8	36,08
10	20	20	20	20,00	0,00	0	0	0	0	0	12,5	12,5	12,5	12,50	0	0	12,5	100	37,5	54,49
11	20	20	20	20	0	0	0	12,5	4,17	7,22	12,5	37,5	25	25	12,50	0	12,5	100	37,5	54,49
12	20	20	20	20	0	0	12,5	12,5	8,33	7,22	12,5	37,5	50	33,33	19,09	37,5	25	100	54,17	40,18
13	20	20	20	20	0	12,5	12,5	12,5	12,50	0	12,5	37,5	50	33,33	19,09	50	75	100	75,00	25
14	20	20	20	20	0	50	12,5	12,5	25	21,65	37,5	37,5	62,5	45,83	14,43	62,5	87,5	100	83,33	19,09
15	20	20	20	20	0	50	12,5	25	29,17	19,09	37,5	37,5	75	50	21,65	75	87,5	100	87,50	12,50
16	20	20	20	20	0	50	25	37,5	37,50	12,50	37,5	62,5	75	58,33	19,09	87,5	100	100	95,83	7,22
17	20	20	20	20	0	62,5	25	50	45,83	19,09	37,5	62,5	87,5	62,50	25	87,5	100	100	95,83	7,22
18	20	20	20	20	0	75	37,5	62,5	58,33	19,09	37,5	62,5	87,5	62,50	25	87,5	100	100	95,83	7,22
19	20	20	20	20	0	75	62,5	62,5	66,67	7,22	37,5	62,5	87,5	62,50	25	87,5	100	100	95,83	7,22
20	20	20	20	20	0	87,5	62,5	62,5	70,83	14,43	37,5	62,5	87,5	62,50	25	87,5	100	100	95,83	7,22
21	20	20	20	20	0	87,5	75	62,5	75	12,50	50	62,5	87,5	66,67	19,09	87,5	100	100	100	0
22	20	20	20	20	0	87,5	75	75	79,17	7,22	50	75	87,5	70,83	19,09	100	100	100	100	0

Tableau 2 : Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5de *L. migratoria*, traitées au *M. anisopliae* par ingestion

Jours	Témoïn					D1					D2					D3				
	R1	R2	R3	M	ET	R1	R2	R3	M	ET	R1	R2	R3	M	ET	R1	R2	R3	M	ET
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	10	0	0	3,33	5,77	0	0	0	0	0	0	0	12,5	4,17	7,22	37,5	25	0	20,8	19,09
7	10	0	0	3,33	5,77	0	0	0	0	0	0	0	12,5	4,17	7,22	37,5	25	0	20,8	19,09
8	10	0	0	3,33	5,77	0	0	0	0	0	0	0	12,5	4,17	7,22	37,5	25	25	29,2	7,22
9	10	0	0	3,33	5,77	25	12,5	12,5	16,67	7,22	0	12,5	12,5	8,33	7,22	50	25	25	33,3	14,43
10	10	0	0	3,33	5,77	50	25	37,5	37,50	12,50	25	25	37,5	29,17	7,22	87,5	75	62,5	75	12,50
11	10	0	0	3,33	5,77	50	62,5	62,5	58,33	7,22	37,5	25	37,5	33,33	7,22	87,5	75	62,5	75	12,50
12	10	0	0	3,33	5,77	87,5	75	62,5	75,00	12,50	62,5	25	50	45,83	19,09	87,5	87,5	62,5	79,17	14,43
13	10	0	0	3,33	5,77	87,5	87,5	75	83,33	7,22	75	37,5	50	54	19,09	87,5	87,5	100	91,67	7,22
14	10	0	0	3,33	5,77	87,5	87,5	75	83,33	7,22	75	37,5	50	54	19,09	87,5	87,5	100	91,67	7,22
15	10	0	0	3,33	5,77	87,5	87,5	75	83,33	7,22	75	37,5	75	63	21,65	87,5	87,5	100	91,67	7,22
16	10	0	0	3,33	5,77	87,5	100	75	87,50	12,50	87,5	50	87,5	75,00	21,65	87,5	87,5	100	91,67	7,22
17	10	0	0	3,33	5,77	87,5	100	75	87,50	12,50	87,5	50	87,5	75,00	21,65	87,5	87,5	100	91,67	7,22
18	10	0	0	3,33	5,77	87,5	100	75	87,50	12,50	87,5	50	87,5	75,00	21,65	87,5	87,5	100	91,67	7,22
19	10	0	0	3,33	5,77	87,5	100	75	87,50	12,50	87,5	50	87,5	75,00	21,65	87,5	87,5	100	91,67	7,22
20	10	0	0	3,33	5,77	87,5	100	75	87,50	12,50	87,5	62,5	87,5	79,17	14	87,5	87,5	100	91,67	7,22
21	10	0	0	3,33	5,77	87,5	100	75	87,50	12,50	87,5	62,5	87,5	79,17	14	87,5	87,5	100	91,67	7,22
22	10	0	0	3,33	5,77	100	100	75	91,67	14,43	87,5	62,5	87,5	79,17	14	87,5	87,5	100	91,67	7,22

Tableau 6 :Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5de *L. migratoria*, traitées au henné par ingestion

Jours	Témoïn					D1					D2					D3				
	R1	R2	R3	M	ET	R1	R2	R3	M	ET	R1	R2	R3	M	ET	R1	R2	R3	M	ET
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	10	0	0	3,33	5,77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	10	0	0	3,33	5,77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	10	0	0	3,33	5,77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	10	0	0	3,33	5,77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	10	0	0	3,33	5,77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	10	0	0	3,33	5,77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	10	0	0	3,33	5,77	0	0	0	0	0	20	10	0	10	10	10	10	0	6,67	5,77
13	10	0	0	3,33	5,77	30	0	30	20	17,32	60	30	10	33,33	25,17	30	10	0	13,33	15,28
14	10	0	0	3,33	5,77	50	30	40	40	10	60	60	50	56,67	5,77	60	50	30	46,67	15,28
15	10	0	0	3,33	5,77	60	60	60	60	0	90	90	60	80	17,32	70	60	40	56,67	15,28
16	10	0	0	3,33	5,77	70	60	70	66,67	5,77	100	100	70	90	17,32	70	70	50	63,33	11,55
17	10	0	0	3,33	5,77	90	70	90	83,33	11,55	100	100	90	96,67	5,77	90	90	60	80	17,32
18	10	0	0	3,33	5,77	90	70	90	83,33	11,55	100	100	90	96,67	5,77	100	90	70	86,67	15,28
19	10	0	0	3,33	5,77	100	80	90	90	10	100	100	100	100	0	100	90	90	93,33	5,77
20	10	0	0	3,33	5,77	100	90	90	93,33	5,77						100	90	100	96,67	5,77
21	10	0	0	3,33	5,77	100	100	90	96,67	5,77						100	90	100	96,67	5,77
22	10	0	0	3,33	5,77	100	100	90	96,67	5,77						100	100	100	100	0

Tableau 7 : Efficacité de *M. anisopliae* vis-à-vis des L5 de *L. migratori* par le mode contact

Doses (ml/l)	Log doses	MC%	Probits
D1=0.22X10 ⁸	7.34	11.46	3.77
D2=0.22X10 ⁹	8.34	37.50	4.67
D3=0.22X10 ¹⁰	9.34	84.38	5.99

Tableau 8: Efficacité de *M. anisopliae* vis-à-vis des L5 de *L. migratori* par le mode ingestion

Doses (ml/l)	Log doses	MC%	Probits
D1=0.22X10 ⁸	7.34	82.76	5.95
D2=0.22X10 ⁹	8.34	61.21	5.28
D3=0.22X10 ¹⁰	9.34	91.38	6.34

Tableau 9 : Efficacité de différentes doses de *M. anisopliae* dans le temps vis-à-vis des L5 de *L. migratori* par le mode contact

Temps (jour)	Log temps	D1=0.22X10 ⁸		D2=0.22X10 ⁹		D3=0.22X10 ¹⁰	
		%MC	Probits	%MC	Probits	%MC	Probits
1	0	0	-	0	-	0	-
2	0,301	0	-	0	-	0	-
3	0,477	0	-	0	-	0	-
4	0,602	0	-	0	-	0	-
5	0,698	0	-	0	-	4,167	3,25
6	0,778	0	-	0	-	16,667	4,05
7	0,845	0	-	0	-	16,667	4,05
8	0,903	-11,111	-3,77	-11,111	-3,77	7,407	3,52
9	0,954	-20	-4,16	-10	-3,72	5	3,36
10	1	-25	-4,33	-9,375	-6,28	21,875	4,23
11	1,041	-19,792	-4,16	6,25	3,45	21,875	4,23
12	1,079	-14,583	-3,96	16,667	4,05	42,708	4,82
13	1,114	-9,375	-6,28	16,667	4,05	68,75	5,5
14	1,146	6,25	3,45	32,292	4,53	79,167	5,81
15	1,176	11,458	3,77	37,5	4,67	84,375	5,99
16	1,204	21,875	4,19	47,917	4,95	94,792	6,64
17	1,23	32,292	4,53	53,125	5,08	94,792	6,64
18	1,255	47,917	4,95	53,125	5,08	94,792	6,64
19	1,279	58,333	5,2	53,125	5,08	94,792	6,64
20	1,301	63,542	5,36	53,125	5,08	94,792	6,64
21	1,322	68,75	5,5	58,333	5,2	100	8,09
22	1,342	73,958	4,64	63,542	5,36	100	8,09

Tableau 10: Efficacité de différentes doses de *M. anisopliae* dans le temps vis-à-vis des L5 de *L. migratori* par le mode ingestion

Temps (jour)	Log temps	D1=0.22X10 ⁸		D2=0.22X10 ⁹		D3=0.22X10 ¹⁰	
		%MC	Probits	%MC	Probits	%MC	Probits
1	0	0	-	0	-	0	-
2	0,301	0	-	0	-	0	-
3	0,477	0	-	0	-	0	-
4	0,602	0	-	0	-	0	-
5	0,698	0	-	0	-	0	-
6	0,778	-3,448	-3,12	0,862	2,67	18,103	4,08
7	0,845	-3,448	-3,12	0,862	2,67	18,103	4,08
8	0,903	-3,448	-3,12	0,862	2,67	26,724	4,39
9	0,954	13,793	3,92	5,172	3,36	31,034	4,5
10	1	35,345	4,61	26,724	4,39	74,138	5,64
11	1,041	56,897	5,18	31,034	4,5	74,138	5,64
12	1,079	74,138	5,64	43,966	4,85	78,448	5,77
13	1,114	82,759	5,95	52,586	5,08	91,379	6,34
14	1,146	82,759	5,95	52,586	5,08	91,379	6,34
15	1,176	82,759	5,95	61,207	5,28	91,379	6,34
16	1,204	87,069	6,13	74,138	5,64	91,379	6,34
17	1,23	87,069	6,13	74,138	5,64	91,379	6,34
18	1,255	87,069	6,13	74,138	5,64	91,379	6,34
19	1,279	87,069	6,13	74,138	5,64	91,379	6,34
20	1,301	87,069	6,13	78,448	5,77	91,379	6,34
21	1,322	87,069	6,13	78,448	5,77	91,379	6,34
22	1,342	91,379	6,34	78,448	5,77	91,379	6,34

Tableau 11: Efficacité de Triflumuron vis-à-vis des L5 de *L. migratori* par le mode contact

Doses (ml/l)	Log dosesX10	MC%	Probits
D1=0.41	0.61	83,33	5,95
D2=0.82	0.91	62,5	5,31
D3=1.65	1.21	58,33	5,2

Tableau 12 : Efficacité de Triflumuron vis-à-vis des L5 de *L. migratori* par le mode ingestion

Doses (ml/l)	Log dosesX10	MC%	Probits
D1=0.41	0.61	55,17	5,13
D2=0.82	0.91	79,31	5,81
D3=1.65	1.21	65,52	5,39

Tableau 13: Efficacité de différentes doses de Triflumuron dans le temps vis-à-vis des L5 de *L. migratori* par le mode contact

Temps (jour)	Log temps	D1=0.41 ml/l		D2=0.82 ml/l		D3=1.65 ml/l	
		%MC	Probits	%MC	Probits	%MC	Probits
1	0	0	-	0	-	0	-

2	0,301	0	-	0	-	0	-
3	0,477	0	-	3,333	3,12	3,333	3,12
4	0,602	3,333	3,12	3,333	3,12	3,333	3,12
5	0,698	3,333	3,12	3,333	3,12	3,333	3,12
6	0,778	3,333	3,12	3,333	3,12	3,333	3,12
7	0,845	10	3,72	3,333	3,12	3,333	3,12
8	0,903	11,111	3,77	-7,407	-3,52	-7,407	-3,52
9	0,954	24	4,29	-4	-3,25	-16	-4,01
10	1	29,167	4,45	12,5	3,82	-20,833	-4,19
11	1,041	29,167	4,45	33,333	3,12	-12,5	-3,82
12	1,079	45,833	4,9	50	5	-4,167	-3,25
13	1,114	66,667	5,44	58,333	5,2	16,667	4,05
14	1,146	75	5,67	62,5	5,31	41,667	4,8
15	1,176	83,333	5,95	62,5	5,31	58,333	5,2
16	1,204	95,833	6,75	79,167	5,81	75	5,67
17	1,23	95,833	6,75	95,833	6,75	87,5	6,13
18	1,255	100	8,09	95,833	6,75	91,667	6,41
19	1,279	-	-	100	8,09	100	8,09

Tableau 14 :Efficacité de différentes doses de Triflumuron dans le temps vis-à-vis des L5 de *L. migratori* par le mode ingestion

Temps (jour)	Log temps	D1=0.41 ml/l		D2=0.82 ml/l		D3=1.65 ml/l	
		%MC	Probits	%MC	Probits	%MC	Probits
1	0	0	-	0	-	0	-
2	0,301	0	-	0	-	0	-

3	0,48	0	-	0	-	3,333	3,12
4	0,60	0	-	3,333	3,12	6,667	3,52
5	0,70	0	-	3,333	3,12	6,667	3,52
6	0,78	-3,448	-3,12	0	-	6,897	3,52
7	0,85	-3,448	-3,12	0	-	6,897	3,52
8	0,90	-3,448	-3,12	0	-	6,897	3,52
9	0,95	-3,448	-3,12	3,448	3,12	17,241	4,05
10	1	-3,448	-3,12	6,897	3,52	17,241	4,05
11	1,04	-3,448	-3,12	17,241	4,05	17,241	4,05
12	1,08	0	-	34,483	4,59	20,690	4,19
13	1,11	3,448	3,12	58,621	5,23	27,586	4,39
14	1,15	24,138	4,29	65,517	5,39	44,828	4,87
15	1,176	55,172	5,11	79,310	5,81	65,517	5,3
16	1,20	65,517	5,3	79,310	5,81	72,414	5,58
17	1,23	79,310	5,81	93,103	6,48	86,207	6,08
18	1,26	93,103	6,48	100	8,09	96,552	6,75
19	1,279	93,103	6,48	-	-	96,552	6,75
20	1,301	93,103	6,48	-	-	100	8,09
21	1,322	96,552	6,75	-	-	-	-

Tableau 15:Efficacité de henné vis-à-vis des L5 de *L. migratori* par le mode contact

Doses (ml/l)	Log doses	MC%	Probits
D1=12.5%	1.09	66.67	5.44
D2=50%	1.69	91.67	6.41
D3=100%	2	95.83	6.75

Tableau 16:Efficacité de henné vis-à-vis des L5 de *L. migratori* par le mode ingestion

Doses (ml/l)	Log doses	MC%	Probits
D1=12.5%	1.09	58.62	5.23
D2=50%	1.69	79.31	5.81
D3=100%	2	55.17	5.13

Tableau 17:Efficacité de différentes doses de henné dans le temps vis-à-vis des L5 de *L. migratori* par le mode contact

Temps (jour)	Log temps	D1=12.5%		D2=50%		D3=100%	
		%MC	Probits	%MC	Probits	%MC	Probits
1	0	0	-	0	-	0	-
2	0,301	0	-	0	-	0	-

3	0,477	0	-	0	-	0	-
4	0,602	0	-	0	-	3,333	3,12
5	0,698	0	-	0	-	6,667	3,52
6	0,778	0	-	0	-	6,667	3,52
7	0,845	0	-	0	-	6,667	3,52
8	0,903	-11,111	-3,77	-11,111	-3,77	-3,704	-3,25
9	0,954	-20	-4,16	-20	-4,16	8	3,59
10	1	-25	-4,33	-25	-4,33	20,833	4,19
11	1,041	-12,5	-3,82	-25	-4,33	50	5
12	1,079	12,5	3,82	-16,667	-4,05	66,667	5,44
13	1,114	41,667	4,8	29,167	4,45	79,167	5,81
14	1,146	58,333	5,2	83,333	5,95	91,667	6,41
15	1,176	66,667	5,44	91,667	6,41	95,833	6,75
16	1,204	70,833	5,55	91,667	6,41	100	8,09
17	1,23	79,167	5,81	91,667	6,41	-	-
18	1,255	79,167	5,81	91,667	6,41	-	-
19	1,279	87,5	6,13	95,833	6,75	-	-
20	1,301	91,667	6,41	100	8,09	-	-
21	1,322	100	8,09	-	-	-	-

Tableau 18: Efficacité de différentes doses de henné dans le temps vis-à-vis des L5 de

L. migratoria par le mode ingestion

Temps (jour)	Log temps	D1=12.5%		D2=50%		D3=100%	
		%MC	Probits	%MC	Probits	%MC	Probits
1	0	0	-	0	-	0	-
2	0,301	0	-	0	-	0	-
3	0,477	0	-	0	-	0	-
4	0,602	0	-	0	-	0	-

5	0,698	0	-	0	-	0	-
6	0,778	-3,448	-3,12	-3,448	-3,12	-3,448	-3,12
7	0,845	-3,448	-3,12	-3,448	-3,12	-3,448	-3,12
8	0,903	-3,448	-3,12	-3,448	-3,12	-3,448	-3,12
9	0,954	-3,448	-3,12	-3,448	-3,12	-3,448	-3,12
10	1	-3,448	-3,12	-3,448	-3,12	-3,448	-3,12
11	1,041	-3,448	-3,12	-3,448	-3,12	-3,448	-3,12
12	1,079	-3,448	-3,12	6,897	3,52	3,448	3,12
13	1,114	17,241	4,05	31,034	4,5	10,345	3,72
14	1,146	37,931	4,69	55,172	5,13	44,828	4,87
15	1,176	58,621	5,23	79,310	5,81	55,172	5,13
16	1,204	65,517	5,41	89,655	6,28	62,069	5,31
17	1,23	82,759	5,95	96,552	6,75	79,310	5,81
18	1,255	82,759	5,95	96,552	6,75	86,207	6,08
19	1,279	89,655	6,28	100	8,09	93,103	6,48
20	1,301	93,103	6,48	-	-	96,552	6,75
21	1,322	96,552	6,75	-	-	96,552	6,75
22	1,342	96,552	6,75	-	-	100	8,09

Tableau 19 :L'évolution pondérale moyenne(g) des larves L5 de *S. gregaria* traitées aux trois produits par contact

Produits Jour	Eau distillée (Témoïn)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>M. anisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
0	1,14±0,15	0,96±0,09	0,92±0,11	0,82±0,04
1	1,22±0,13	1,2±0,12	1,14±0,13	1,2±0,12
2	1,36±0,18	1,36±0,09	1,32±0,11	1,28±0,13
3	1,48±0,22	1,5±0,10	1,48±0,15	1,22±0,10
4	1,76±0,18	1,54±0,09	1,54±0,18	1,18±0,13
5	1,74±0,11	1,74±0,05	1,6±0,29	1,14±0,09
6	1,92±0,16	1,84±0,09	1,66±0,36	-
7	1,92±0,25	1,9±0,25	1,83±0,41	-
8	2,18±0,17	2,05±0,39	1,97±0,32	-
9	2,23±0,32	2,1±0,10	-	-
10	2,13±0,23	-	-	-

Produits Jour	Eau distillée (Témoïn)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>M. anisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
0	0,44±0,05	0,52±0,04	0,56±0,05	0,46±0,05
1	0,5±0,07	0,56±0,05	0,64±0,05	0,54±0,05
2	0,6±0,07	0,58±0,04	0,62±0,08	0,54±0,13
3	0,62±0,04	0,7±0,07	0,7±0,12	0,58±0,13

4	0,66±0,05	0,7±0,1	0,72±0,15	0,56±0,15	Tableau 20 :L'évolutio n pondérale moyenne(g) des larves L5 de <i>L. migratoria</i>
5	0,62±0,08	0,78±0,08	0,88±0,19	0,72±0,18	
6	0,64±0,09	0,82±0,11	0,98±0,19	0,76±0,21	
7	0,7±0,12	0,82±0,13	1,06±0,29	0,7±0,21	
8	0,78±0,16	1,06±0,11	1,2±0,33	0,72±0,22	
9	0,86±0,25	1,06±0,15	1,32±0,39	0,84±0,29	
10	0,92±0,25	1,06±0,17	1,32±0,43	0,78±0,27	
11	1,075±0,10	1,1±0,21	1,32±0,37	0,78±0,33	
12	1,1±0,18	1,28±0,13	1,28±0,41	0,83±0,29	
13	-	1,3±0,12	1,16±0,29	-	
14	-	1,36±0,17	-	-	
15	-	1,28±0,13	-	-	
16	-	1,3±0,14	-	-	

traitées aux trois produits par contact

Tableau 21 :Gain du poids moyen (g) chez les larves L5 de *S. gregaria* traitées aux trois produits par contact

Produits Jour	Eau distillée (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>M.anisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	0,08	0,24	0,22	0,38
2	0,14	0,16	0,18	0,08
3	0,12	0,14	0,16	-0,06
4	0,28	0,04	0,06	-0,04
5	-0,02	0,2	0,06	-0,04
6	0,18	0,1	0,06	-
7	0	0,06	0,165	-
8	0,26	0,15	0,14	-
9	0,06	0,05	-	-

10	-0,1	-	-	-
Moyenne	0,10	0,13	0,13	0,06
Ecartype	0,12	0,07	0,06	0,19

Tableau 22 :Gain du poids moyen (g) chez les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact

Produits Jour	Eau distillée (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>M.anisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	0,06	0,04	0,08	0,08
2	0,1	0,02	-0,02	0
3	0,02	0,12	0,08	0,04
4	0,04	0	0,02	-0,02
5	-0,04	0,08	0,16	0,16
6	0,02	0,04	0,1	0,04
7	0,06	0	0,08	-0,06
8	0,08	0,24	0,14	0,02
9	0,08	0	0,12	0,12
10	0,06	0	0	-0,06
11	0,16	0,04	0	0
12	0,03	0,18	-0,04	0,045
13	-	0,02	-0,12	-
14	-	0,06	-	-
15	-	-0,08	-	-
16	-	0,02	-	-
Moyenne	0,06	0,05	0,05	0,03
Ecartype	0,05	0,08	0,08	0,07

Tableau 23:Durée moyenne de développement en jourdes larves L5 de *S. gregaria* traitées aux trois produits par contact

Produits Individus	Eau distillée (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>M. anisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	11	10	9	6
2	9	9	7	6
3	11	10	8	6
4	8	10	10	6
5	11	8	10	6
Moyenne	10	9,4	8,8	6
Ecartype	1,41	0,89	1,30	0
% de malformés	0	100	100	0
% de mortalité	0	100	100	100

Tableau 24:Durée moyenne de développement en jourdes larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact

Produits Individus	Eau distillée (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>M. anisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	13	18	14	12
2	17	19	14	14
3	15	18	14	15
4	13	16	14	16
5	0	18	14	19
Moyenne	14,50	17,8	14	15,2
Ecartype	1,91	1,10	0	2,59
% de malformés	0	100	100	0
% de mortalité	10	100	100	100

Tableau 25 :L'ingera moyen (g)des larves L5 de *S. gregaria* traitées aux trois produits par contact

Produits Jour	Eau distillée (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>M. anisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	0,686	0,664	0,621	0,553
2	0,687	0,664	0,626	0,489
3	0,538	0,646	0,567	0,313
4	0,558	0,674	0,584	0,342
5	0,600	0,665	0,496	0,303

6	0,604	0,569	0,431	-
7	0,465	0,587	0,574	-
8	0,581	0,563	0,514	-
9	0,585	0,446	-	-
10	0,407	-	-	-

Tableau 26 :L'ingera moyen (g)des larves L5 de*L. migratoria* traitées aux trois produits par contact

Produits Jour	Eau distillée (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>M. anisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	0,529	0,210	0,244	0,252
2	0,521	0,321	0,320	0,189
3	0,483	0,284	0,257	0,255
4	0,488	0,355	0,413	0,370
5	0,363	0,240	0,369	0,219
6	0,438	0,297	0,367	0,273
7	0,452	0,360	0,438	0,204
8	0,445	0,339	0,338	0,194
9	0,496	0,377	0,313	0,311
10	0,401	0,355	0,223	0,193
11	0,468	0,252	0,191	0,174
12	0,453	0,307	0,212	0,171
13	-	0,348	0,173	-
14	-	0,308	-	-
15	-	0,180	-	-

16	-	0,165	-	-
----	---	-------	---	---

Tableau 27 :L'egesta moyen (g) des larves L5 de*S. gregaria* traitées aux trois produits par contact

Produits Jour	Eau distillée (Témoïn)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>M. anisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	0,334	0,319	0,324	0,246
2	0,365	0,310	0,340	0,258
3	0,284	0,296	0,213	0,056
4	0,277	0,351	0,261	0,039
5	0,304	0,355	0,215	0,018
6	0,293	0,238	0,139	-
7	0,175	0,276	0,194	-
8	0,225	0,237	0,265	-
9	0,218	0,064	-	-
10	0,095	-	-	-

Tableau 28 :L'egesta moyen (g) des larves L5 de*L. migratoria* traitées aux trois produits par contact

Produits Jour	Eau distillée (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>M. anisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	0,073	0,028	0,028	0,013
2	0,098	0,058	0,084	0,025
3	0,122	0,044	0,077	0,058
4	0,107	0,082	0,122	0,065
5	0,062	0,095	0,147	0,077
6	0,081	0,100	0,176	0,055
7	0,108	0,091	0,142	0,095
8	0,198	0,143	0,162	0,067
9	0,151	0,141	0,108	0,072
10	0,098	0,173	0,044	0,056
11	0,137	0,078	0,018	0,036
12	0,071	0,081	0	0,014
13	-	0,145	0,006	-
14	-	0,042	-	-
15	-	0,004	-	-
16	-	0	-	-

Tableau 29 :L'indice de consommation des larves L5 de *S. gregaria* traitées aux trois produits par contact

Produits Jour	Eau distillée (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>M. anisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	0,56	0,55	0,54	0,46
2	0,51	0,49	0,47	0,38
3	0,36	0,43	0,38	0,26
4	0,32	0,44	0,38	0,29
5	0,34	0,38	0,31	0,27
6	0,31	0,31	0,26	-
7	0,24	0,31	0,31	-
8	0,27	0,27	0,26	-
9	0,26	0,21	-	-
10	0,19	-	-	-
I C/produit	0,34	0,38	0,37	0,33
Ecartype	0,12	0,11	0,10	0,09

Tableau 30 :L'indice de consommation des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact

Produits	Eau distillée	<i>L. inermis</i>	Triflumuron	<i>M. anisopliae var acridum</i>
-----------------	----------------------	--------------------------	--------------------	---

Jour	(Témoïn)	(Henné)	(T.F.M.)	(Green Muscle)
1	1,06	0,38	0,38	0,47
2	0,87	0,55	0,52	0,35
3	0,78	0,41	0,37	0,44
4	0,74	0,51	0,57	0,66
5	0,59	0,31	0,42	0,30
6	0,68	0,36	0,37	0,36
7	0,65	0,44	0,41	0,29
8	0,57	0,32	0,28	0,27
9	0,58	0,36	0,24	0,37
10	0,44	0,33	0,17	0,25
11	0,44	0,23	0,14	0,22
12	0,41	0,24	0,17	0,21
13	-	0,27	0,15	-
14	-	0,23	-	-
15	-	0,14	-	-
16	-	0,13	-	-
I C/produit	0,65	0,32	0,32	0,35
Ecartype	0,19	0,12	0,14	0,13

Tableau 31: L'efficacité de conversion de la nourriture ingérée (%) par les larves L5 de *S. gregaria* traitées aux trois produits par contact

Produits Jour	Eau distillée (Témoïn)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>M. anisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	11,66	36,13	35,42	68,67
2	20,37	24,11	28,75	16,35
3	22,31	21,68	28,22	-19,15
4	50,20	5,93	10,28	-11,69
5	-3,33	30,06	12,09	-13,20
6	29,79	17,58	13,92	-
7	0,00	10,22	28,75	-
8	43,88	26,65	27,57	-
9	9,97	11,21	-	-
10	-24,58	-	-	-
ECI/produit	16,03	20,40	23,13	8,20
Ecartype	22,43	10,00	9,50	36,49

Tableau 32: L'efficacité de conversion de la nourriture ingérée (%) par les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact

Produits	Eau distillée	<i>L. inermis</i>	Triflumuron	<i>M. anisopliae var acridum</i>
-----------------	----------------------	--------------------------	--------------------	---

Jour	(Témoin)	(Henné)	(T.F.M.)	(Green Muscle)
1	11,35	19,01	32,84	31,80
2	19,21	6,23	-6,25	0,00
3	4,14	42,31	31,18	15,66
4	8,20	0,00	4,85	-5,41
5	-11,01	33,33	43,34	72,93
6	4,57	13,49	27,28	14,64
7	13,27	0,00	18,28	-29,41
8	17,99	70,71	41,40	10,33
9	16,12	0,00	38,34	38,61
10	14,96	0,00	0,00	-31,12
11	33,10	15,86	0,00	0,00
12	5,52	58,63	-18,85	26,39
13	-	5,75	-69,36	-
14	-	19,49	-	-
15	-	-44,40	-	-
16	-	12,16	-	-
ECI/produit	11,45	15,79	11,00	12,04
Ecartype	10,70	26,73	31,42	28,93

Tableau 33 :L'efficacité de conversion de la nourriture digérée (%) par les larves L5 de *S. gregaria* traitées aux trois produits par contact

Produits Jour	Eau distillée (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>M. anisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	22,72	69,54	74,04	123,56
2	43,46	45,23	62,82	34,52
3	47,18	40,05	45,16	-23,35
4	99,60	12,37	18,61	-13,18
5	-6,74	64,41	21,36	-14,03
6	57,85	30,20	20,57	-
7	0,00	19,30	43,37	-
8	71,60	46,06	56,84	-
9	15,91	13,09	-	-
10	-32,06	-	-	-
ECD/produit	31,95	37,81	42,85	21,51
Ecartype	39,64	20,92	21,11	61,37

Tableau 34 :L'efficacité de conversion de la nourriture digérée (%) par les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact

Produits	Eau distillée	<i>L. inermis</i>	Triflumuron	<i>M. anisopliae var acridum</i>
-----------------	----------------------	--------------------------	--------------------	---

Jour	(Témoïn)	(Henné)	(T.F.M.)	(Green Muscle)
1	13,16	21,95	37,17	33,50
2	23,67	7,61	-8,49	0,00
3	5,55	50,04	44,59	20,30
4	10,52	0,00	6,89	-6,56
5	-13,29	55,02	72,14	112,36
6	5,61	20,37	52,36	18,33
7	17,44	0,00	27,08	-55,25
8	32,36	122,08	79,28	15,77
9	23,16	0,00	58,42	50,17
10	19,76	0,00	0,00	-43,80
11	46,83	22,94	0,00	0,00
12	6,54	79,79	-18,85	28,66
13	-	9,83	-71,77	-
14	-	22,56	-	-
15	-	-45,51	-	-
16	-	12,16	-	-
ECD/produit	15,94	23,68	21,45	14,46
Ecartype	15,22	38,41	42,22	43,26

Tableau 35 : Le coefficient d'utilisation digestif (%) des larves des larves L5 de *S. gregaria* traitées aux trois produits par contact

Produits Jour	Eau distillée (Témoïn)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>M. anisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	51,34	51,95	47,84	55,58
2	46,87	53,31	45,76	47,36
3	47,28	54,13	62,50	82,00
4	50,41	47,96	55,24	88,72
5	49,41	46,67	56,62	94,12
6	51,50	58,20	67,70	-
7	62,41	52,98	66,28	-
8	61,28	57,85	48,50	-
9	62,67	85,58	-	-
10	76,65	-	-	-
CUD/produit	55,98	56,52	56,31	73,56
Ecartype	9,52	11,56	8,56	20,82

Tableau 36 : Le coefficient d'utilisation digestif (%) des larves des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact

Produits	Eau distillée	<i>L. inermis</i>	Triflumuron	<i>M. anisopliae var acridum</i>
-----------------	----------------------	--------------------------	--------------------	---

Jour	(Témoin)	(Henné)	(T.F.M.)	(Green Muscle)
1	86,23	86,60	88,34	94,91
2	81,14	81,82	73,67	86,88
3	74,69	84,56	69,91	77,13
4	77,98	76,87	70,38	82,38
5	82,83	60,58	60,08	64,90
6	81,41	66,22	52,10	79,87
7	76,07	74,76	67,50	53,24
8	55,58	57,93	52,22	65,50
9	69,58	62,67	65,62	76,96
10	75,67	51,27	80,25	71,06
11	70,69	69,15	90,38	79,26
12	84,34	73,49	100,00	92,08
13	-	58,45	96,65	-
14	-	86,42	-	-
15	-	97,56	-	-
16	-	100,00	-	-
CUD/produit	76,35	74,27	74,39	77,01
Ecartype	8,35	14,45	15,79	11,94

Tableau 37 :L'indice de croissancedes larves L5 de *S. gregaria* traitées aux trois produits par contact

Produits Jour	Eau distillée (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>M. anisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	0,07	0,20	0,19	0,32
2	0,10	0,12	0,14	0,06
3	0,08	0,09	0,11	-0,05
4	0,16	0,03	0,04	-0,03
5	-0,01	0,11	0,04	-0,04
6	0,09	0,05	0,04	-
7	0,00	0,03	0,09	-
8	0,12	0,07	0,07	-
9	0,03	0,02	-	-
10	-0,05	-	-	-
Icr/produit	0,06	0,08	0,09	0,05
Ecartype	0,06	0,06	0,06	0,15

Tableau 38 :L'indice de croissancedes larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois produits par contact

Produits Jour	Eau distillée (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>M. anisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
------------------	------------------------------	------------------------------	-------------------------	--

1	0,12	0,07	0,13	0,15
2	0,17	0,03	-0,03	0,00
3	0,03	0,17	0,11	0,07
4	0,06	0,00	0,03	-0,04
5	-0,06	0,10	0,18	0,22
6	0,03	0,05	0,10	0,05
7	0,09	0,00	0,08	-0,09
8	0,10	0,23	0,12	0,03
9	0,09	0,00	0,09	0,14
10	0,07	0,00	0,00	-0,08
11	0,14	0,04	0,00	0,00
12	0,02	0,14	-0,03	0,05
13	-	0,02	-0,10	-
14	-	0,04	-	-
15	-	-0,06	-	-
16	-	0,02	-	-
Icr/produit	0,072	0,053	0,051	0,043
Ecartype	0,06	0,07	0,08	0,09

Tableau 39 : Concentrations de BSA en $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ et les absorbances correspondantes.

Concentration de BSA en $\mu\text{g}/\mu\text{l}$	0	40	60	80	100
Absorbance en nm	0	0.45	0.465	0.474	0.479

Tableau 40 :La concentration des protéines hémolympatiques($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)des larves L5de *S.gregaria* traitées aux trois biopesticides par contact au 4^{ème} et au 8^{ème} jour

Produits	Eau distillée	<i>L.inermis</i>	<i>Triflumuron</i>	<i>M.anisopliae var acridum</i>
-----------------	----------------------	------------------	--------------------	---------------------------------

Jour		(Témoïn)	(Henné)	(T.F.M.)	(Green Muscle)
4	R1	25	42	29,5	12,25
	R2	20,75	28,25	20,75	24,25
	M	22,88	35,13	25,13	18,25
	ET	3,01	9,72	6,19	8,49
8	R1	26,5	35,75	28	-
	R2	22,75	36	27	-
	M	24,63	35,88	27,5	-
	ET	2,65	0,18	0,71	-

Tableau 41 :La concentration des protéines hémolympatiques($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)des larves L5de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact au 4^{ème} et au 8^{ème} jour

Produits		Eau distillée (Témoïn)	<i>L.inermis</i> (Henné)	<i>Triflumuron</i> (T.F.M.)	<i>M.anisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
Jour					
4	R1	43.25	22.25	38.25	55.25
	R2	42.75	21.75	38.5	55.75
	M	43	22	38.38	55.5
	ET	0.35	0.35	0.18	0.35
8	R1	64.75	39.75	46	83
	R2	65	39.5	46.5	83.25
	M	64.88	39.63	46.25	83.13
	ET	0.18	0.18	0.35	0.18

Résumés

العنوان: مكانة المبيدات الحيوية في مكافحة ضد الجراد
استخدامها ضد الجراد المخرب.

اختبارها وطرق

المخلص:

حاز استعمال المضادات الحيوية كبديل في مكافحة ضد الجراد على مكانة جد مرموقة في السنوات الأخيرة . وفي هذا الصدد وجهنا بحثنا إلى استعمال ثلاث مضادات حيوية تنتمي إلى ثلاث فئات مختلفة، الأول فطر *Metarhizium anisopliae var acridum*، الثاني مثبط النمو Triflumuron و الثالث مستخلص نبتة الحناء

Lawsonia inermis على يرقات الطور الخامل *Schistocerca gregaria* و *Locusta migratoria*. لهذا الغرض، تم اختبار مدى تأثيره على الشكل، الزيادة في الوزن، التطور، الوظيفة الغذائية و البروتينات الموجودة في مصل يرقات الأفراد المعالجة، وكذلك تأثيرهم على عدد وفيات يرقات الطور الخامل *Locusta migratoria*. أظهرت النتائج أن هذه المبيدات الحيوية تسببت في تشوهات شكلية، كما أنها لا تسمح لليرقات من الانتقال إلى مرحلة الأفراد بالنسبة للحشرات المعالجة لكلا النوعين من الجراد. نلاحظ أيضا أن الفطر *Metarhizium anisopliae* قد أدى إلى نقصان في زيادة الوزن ليرقات الطور الخامل كلا النوعين من الجراد، لكن مثبط النمو ومستخلص نبتة الحناء تسببا في زيادة وزيادات الطور الخامل كلا النوعين من الجراد. نستطيع أن نقدر أيضا أن هذه المنتجات الثلاثة أدت إلى انخفاض في الاستهلاك الغذائي ليرقات الطور الخامل *Locusta migratoria*، لكنها لم تؤثر على الاستهلاك الغذائي ليرقات الطور الخامل *Schistocerca gregaria*. يمكننا أن نلاحظ أيضا أن المبيدات الحيوية الثلاثة تسببت في تغيرات في البروتين الكلي ليرقات الطور الخامل *Schistocerca gregaria* و *Locusta migratoria*. يمكن أن نضيف أيضا أن هذه المنتجات الثلاثة أعطت نسبة عالية من الوفيات قدرتها 100% ليرقات الطور الخامل *Locusta migratoria*. بالنسبة للجرعة الكافية لقتل 50% من الأفراد (LD50%) والوقت المناسب لقتل 50% من الأفراد (LT50%) تحصلنا على LD50% تساوي 0.32×10^9 spores / ml بالنسبة للفطر، $1,99 \text{ ml} / 1$ بالنسبة لمثبط النمو و 5,94% بالنسبة لمستخلص نبتة الحناء. لاحظنا أيضا أن الفطر أظهر نتائج أكثر فعالية مقارنة مع المضادين الآخرين بـ LT50% يساوي 9,10 يوم ضد 10,36 يوم و 15,16 يوم بالنسبة لمثبط النمو و مستخلص نبتة الحناء على التوالي.

كلمات المفتاح: *Metarhizium anisopliae var Locusta migratoria*، *Schistocerca gregaria*، *Lawsonia inermis*، الشكل، عدد الوفيات، الزيادة في الوزن، التطور، الوظيفة الغذائية، بروتينات المصل.

Le titre : Place des biopesticides dans la lutte antiacridienne : Essai et méthodes d'utilisation contre les criquets ravageurs.

Résumé :

L'utilisation des biopesticides comme alternative de lutte antiacridienne a pris une place considérable au cours de ces dernières années. C'est dans ce contexte que nous avons

contribué avec notre travail de recherche qui consiste à utiliser trois produits appartenant à trois catégories différentes, un champignon *Metarhizium anisopliae varacridum*, un dérégulateur de croissance Triflumuron (T.F.M.) et un extrait de plante le henné *Lawsonia inermis*. L'objectif est de tester sur les larves L5 de *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria*, en tenant compte de leurs effets sur la morphologie, l'évolution pondérale, le gain du poids, le développement, l'activité alimentaire et les protéines hémolymphatiques, ainsi que leur action sur la mortalité des larves L5 de *Locusta migratoria*. Les résultats obtenus nous montrent que les trois produits ont entraîné des déformations morphologiques chez les larves L5 des deux locustes, et qu'ils ne permettent pas le passage du stade L5 au stade imago chez les insectes traités des deux acridiens. On constate aussi que *M. anisopliae* provoqué une diminution de la croissance pondérale des larves L5 des deux acridiens, mais le Triflumuron et le henné augmentent leur poids. On peut noter aussi que les traitements par les trois produits ont entraîné une diminution dans la prise de la nourriture des larves L5 de *L. migratoria*, mais ils n'ont pas marqué un effet sur la consommation des larves L5 de *S. gregaria*. On peut remarquer aussi que les trois produits ont provoqué des altérations au niveau de la protéinémie des larves L5 des deux acridiens. Nous avons enregistré aussi une mortalité totale de 100% chez les larves L5 de *L. migratoria*. Pour les DL50 et les TL50, nous avons obtenu une DL50=0,32 x 10⁹ spores/ml pour *M. anisopliae*, une DL50=1,99 ml/l pour le Triflumuron et une DL50=5,94% pour le henné. Nous avons noté aussi que *M. anisopliae* est le plus toxique car il présente le TL50 le plus court comparativement aux autres produits. Le TL50=9,10j pour le *M. anisopliae* appliqué par ingestion à la forte dose D3, suivi par le Triflumuron appliqué par contact à la faible dose D1, avec un TL50=10,36j, ensuite le henné appliqué par ingestion à la dose D2, avec un TL50=15,16j.

Mots clés : *Schistocerca gregaria*, *Locusta migratoria*, *Metarhizium anisopliae varacridum*, Triflumuron, *Lawsonia inermis*, morphologie, mortalité, évolution pondérale, développement, activité alimentaire, protéines hémolymphatiques.

The title: Place of biopesticides in pest control: Test and methods use against pests locusts.

Summary:

The use of biopesticides as an alternative locust control has taken an important place in recent years. It is in this context that we helped our research of using three products in three different categories, a fungus *Metarhizium anisopliae var acridum*, growth disruptors Triflumuron (TFM) and a plant extract henna *Lawsonia inermis* to test them on the L5 larvae *Schistocerca gregaria* and *Locusta migratoria*, taking into account their effect on the morphology, body weight gain, gain weight, development, feeding activity and haemolymph proteins and their action on the mortality of L5 larvae *Locusta migratoria*. The results show that the three products have led to morphological deformities in L5 larvae of both locusts, even as they do not allow the passage of the imago stage L5 in insects treated with two locusts. We also note that *M. anisopliae* caused a decrease in weight gain in L5 larvae of both locusts, but the Triflumuron and henna increase their weight. We also note that the treatments by the three products have led to a decrease in food intake of L5 larvae of *L. migratoria*, months they have not scored an effect on the consumption of L5 larvae of *S. gregaria*. We can also notice that the three products have caused alterations in plasma protein in L5 larvae of two locusts. We also recorded a total 100% mortality among L5 larvae of *L. migratoria*. For LD50 and TL50, we obtained an LD50 = 0.32×10^9 spores/ml for *M. anisopliae*, an LD50 = 1.99 ml/l for Triflumuron and LD50 = 5.94% for the henna. We also noted that *M. anisopliae* is the most toxic because it has the shortest LT50 compared to other products. LT50 = 9, 10 days for *M. anisopliae* applied orally at the high dose D3, followed by Triflumuron applied by contact with the low dose D1, with LT50 = 10, 36 days then henna applied by ingestion dose D2, with LT50 = 15, 16 days.

Key words: *Schistocerca gregaria*, *Locusta migratoria*, *Metarhizium anisopliae var acridum*, Triflumuron, *Lawsonia inermis*, morphology, mortality, evolution ponderal, development, food activity, proteins hemolymphatic.