

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE EL HARRACH – ALGER

Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Magister en sciences agronomiques

Spécialité : Protection des végétaux – zoophytatrie Option : Acridologie

***Utilisation de quelques biopesticides sur
le criquet migrateur *Locusta migratoria*
(Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)***

Présenté par:

OUTTAR Fahima

Directeur de thèse : M^{me} DOUMANDJI– MITICHE B. Professeur
(E.N.S.A.) Co-directeur de thèse : Mme MOUHOUCHE F.M.C. (E.N.S.A.)

Soutenue : le 15/11/2009

Devant le jury : Président : M. DOUMANDJI S. Professeur (E.N.S.A.) Examineurs :
BENMESSOUD H. M.C. (E.N.S.A.) : HALOUANE F. M.C. (Université de Boumerdes)

Table des matières

Dédicace . . .	6
Remerciements . . .	7
ص:خلملا . . .	9
Résumé : . . .	10
Summary: . . .	11
Liste des abréviations . . .	12
Introduction générale . . .	14
Chapitre I : Synthèse bibliographique . . .	17
1. Données bibliographiques sur le criquet migrateur <i>Locusta migratoria</i> . . .	17
1.1 Systématique . . .	17
1.2 Morphologie . . .	17
1.3. Cycle biologique . . .	20
1.4. Polymorphisme phasaire . . .	26
1.5. Les milieux de vie du criquet migrateur . . .	27
1.6. Aires de répartition du criquet migrateur . . .	27
1.7 Dégâts et importance économique . . .	28
1.8. La lutte anti-acridienne . . .	29
2. Données bibliographiques sur <i>Metarhizium anisopliae</i> . . .	31
2.1.Généralités . . .	31
2.2. Systématique . . .	31
2.3. Identification . . .	32
2.4. Morphologie . . .	32
2.5. Mode d'infection . . .	33
2.6.Isolement, culture et conservation . . .	34
2.7. Formulation . . .	35
3. Données bibliographiques sur le Triflumuron (T.F.M.) . . .	35
3.1. Généralités sur les dérégulateurs de croissance (IGRs ou Insect growth regulators) . . .	35
4. Données bibliographiques sur le henné: <i>Lawsonia inermis</i> . . .	37
4.1. Généralités . . .	37
4.2. Systématique . . .	37
4. 3. Composition chimique . . .	37
4. 4. Description . . .	38
4. 5. Habitat . . .	40
4. 6. Effets et usages médicaux . . .	40
5. Données bibliographiques sur l'hémolymphe . . .	40
Chapitre II : Matériel et méthodes de travail . . .	43
1. Matériel biologique . . .	43
1.1. Les criquets . . .	43
1.2. Les biopesticides testés . . .	46
2. Matériel et produits utilisés (voir annexe 1) . . .	53

3. Méthodes . . .	53
3.1. Etude de l'effet de trois biopesticides sur la morphologie et la mortalité des larves L5 de <i>L. migratoria</i> . . .	55
3.2. Etude de l'effet de trois biopesticides sur l'évolution pondérale, la durée du développement et l'activité alimentaire des larves L5 de <i>L. migratoria</i> . . .	58
3.3. Etude de l'effet de trois biopesticides sur la reproduction et l'évolution pondérale des imagos mâles et femelles de <i>L. migratoria</i>. . .	61
3.4. Etude de l'effet de trois biopesticides sur les protéines hémolympathiques des larves L5 de <i>L. migratori a</i>. . .	62
3.5. Analyse statistique . . .	68
chapitre III Résultats . . .	70
1. L'effet de trois biopesticides sur la morphologie et la mortalité des larves L5 de <i>L. migratoria</i> . . .	70
1.1. L'effet sur la morphologie . . .	70
1.2. L'effet sur la mortalité . . .	72
1. 3. Calcul des DL50 . . .	77
2. L'effet de trois biopesticides sur l'évolution pondérale, le gain du poids, le développement et l'activité alimentaire des larves L5 de <i>L. migratoria</i> . . .	80
2.1. Effet sur l'évolution pondérale et le gain du poids . . .	80
2.2. Effet sur la durée de développement du stade L5 au stade imago . . .	86
2.3. Effet sur l'activité alimentaire . . .	88
3. L'effet de trois biopesticides sur la reproduction et l'évolution pondérale des imagos mâles et femelles de <i>L. migratoria</i>. . .	106
3.1. Effet sur l'évolution pondérale des imagos . . .	106
3.2. Effet sur la reproduction des adultes . . .	112
4. L'effet de trois biopesticides sur les protéines hémolympathiques des larves L5 de <i>L. migratoria</i>. . .	122
4.1. L'effet sur le taux des protéines . . .	122
4.2. L'effet sur le profil électrophorétique des protéines . . .	126
chapitre IV : Discussions . . .	132
1. L'effet de trois biopesticides sur la morphologie et la mortalité des larves L5 de <i>L. migratoria</i> . . .	132
1.1. L'effet sur la morphologie . . .	132
1.2. L'effet sur la mortalité . . .	134
2. L'effet de trois biopesticides sur l'évolution pondérale, le gain du poids, le développement et l'activité alimentaire des larves L5 de <i>L. migratoria</i> . . .	141
2.1. Effet sur l'évolution pondérale et le gain du poids . . .	141
2.2. Effet sur la durée du développement du stade L5 au stade imago . . .	142
2.3. Effet sur l'activité alimentaire . . .	143
3. L'effet de trois biopesticides sur la reproduction et l'évolution pondérale des imagos mâles et femelles de <i>L. migratoria</i>. . .	148
3.1. Effet sur l'évolution pondérale des imagos . . .	148
3.2. Effet sur la reproduction des adultes . . .	149
4. L'effet de trois biopesticides sur les protéines hémolympathiques des larves L5 de <i>L. migratoria</i>. . .	151
4.1. L'effet sur le taux des protéines . . .	151

4.2. L'effet sur le profil électrophorétique des protéines . .	152
Conclusion générale . .	155
Références bibliographiques . .	159
Annexes . .	170
Annexe 1 : Matériel et produits utilisés . .	170
Annexe 2 : . .	171

Dédicace

Dédicace Je dédie le fruit de ce travail s'il a une récompense chez ALLAH à toutes les personnes qui ont une place particulière pour moi : Mes très chers parents auxquels je témoigne toute ma reconnaissance pour leurs inquiétudes, leurs sacrifices et leurs encouragements durant mes études. Mes très chers frères Zaki, Mohamed et Fethi. Ma très chère sœur Hadia et ma belle sœur Lamia. Ma très chère nièce Yasmine. Ma très chère grand-mère nana Zineb. Et enfin, à toutes mes amies et mes collègues de l'E.N.S.A. et toutes les personnes qui me connaissent de près ou de loin.
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. et M^{me}. MOUHOUCHE F., respectivement Professeur et Maître de conférence au département de Zoologie agricole et forestière à l'E.N.S.A. d'EL-HARRACH, pour leur encadrement, leurs conseils, leurs encouragements, leur inquiétude, leur gentillesse et leur 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}BENMESSOUD H., Maître de conférence 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^{lle} HALOUANE F. Maître de conférence au département de biologie Faculté des sciences à l'Université de Boumerdes, pour m'avoir autorisé à accéder à son département et accepté d'examiner mon travail.

M^{me} BISSAAD F.Z., M^{lle} ACHEUK F. et M^{lle} CHAHBAR N., Chargées de cours au département de biologie Faculté des sciences à l'Université de Boumerdes, pour leurs conseils, leur serviabilité et leur gentillesse.

M^{me} AOUICHAT BOUGUERRA S., Maître de conférence à l'institut de biologie à l'USTHB de BAB-EZZOUAR, pour m'avoir fait confiance, ouvert les portes de son laboratoire et offert tout le matériel et les conditions pour effectuer mes analyses électrophorétique et aussi pour ses conseils, ses éclaircissements, sa modestie et sa gentillesse. Je remercie également ses étudiantes, M^{lle} BERDJA S., M^{lle} SMAIL L, M^{lle} BOUMAAZA S et M^{lle} NEGAZI S., pour leur aide, leur serviabilité, leur sympathie, leur gentillesse et surtout pour leur esprit d'équipe resteront pour moi un très beau souvenir.

Mes plus vifs remerciements et un grand respect vont également à M^{lle} MIZAB L. et M^{lle} MENAOUIL DJ., respectivement Chargée de cours et ingénieur de laboratoire au département de biologie Faculté des sciences à l'Université de Boumerdes, pour m'avoir facilité l'accès à leurs laboratoires, leur serviabilité, leur aide, leur gentillesse et surtout pour leur modestie.

Mr. MEKIMANE L., Enseignant au département de Technologie Alimentaire de l'E.N.S.A. d'EL-HARRACH, pour m'avoir facilité l'accès à son département.

Pr. KACIMI G. et Mr. EL AYEB A., pour leur serviabilité et leur gentillesse.

Ma profonde gratitude s'adresse également à : M^{lle} BEZAZE G., M^{lle} HIOUL F., M^{lle} LAZIB Z., M^{lle} MORSLI S., M^{lle} DEHINA N., M^{lle} GUERZOU A., M^{lle} DERDOUKH W., M^{lle} MEHDI K., M^{lle} CHEBABE F., M^{me} BOUBEKKA A. M^{lle} OUDJIANE A., M^{lle}

SOBHI Z., M^{lle} HEMOUR I., M^{lle} TIRCHI N., M^{lle} BOURMAD S., M^{lle} MERIBAÏ A., M^{lle} REHIMINE M., Mr. YUCEF M., Mr. SID AMER A., Mr. BENMADANI S., Mr. MECHAI S., Mr. RALAHIMANANA C., Mr. BOUKRAA S., Mr. BERRABAH DJ., Mr. MANAA A., Mr. TAIBI A., Mr. DJILAILA Y., Mr. HADJOU DJ M., Mr. HAMMACHE M., Mr. CHAKALI G., Mr. GUESSOUM M., M^{me}. SAADA N., M^{me} BENZARA F., M^{me} OULD CHERCHALI S., M^{me} HARKAT N., M^{me} ARAR G., Mr. SAHRAOUI L., Mr. BELLAHMAR M., Mr. BENAILA M., M^{me} AOUNALLAH F.Z. et Mr. MOKADEM R., de l'E.N.S.A. d'EL-HARRACH et Mr. GUENDEZ E., Mr. LAZAR M., Mr. CHAOUCH A., Mr. BENSSAAD H., Mr. BELAZZOUGUI M. et M^{me} KHEFFACHE M., de l'INPV d'EL-HARRACH, M^{lle} BOURMAD N., M^{lle} BENNAMANE F., Mr. LAMARIF. et M^{me} Assia de l'USTHB de BAB-EZZOUAR, pour m'avoir témoigné leur aide moralement et matériellement et pour leur sympathie et leur gentillesse.

Qu'ALLAH le tout Puissant bénisse et récompense toutes ces personnes. AMEN.

ص:خلملا

تمحورت دراستنا هذه على استعمال ثلاث مضادات حيوية، *Metarhizium anisopliae var*

acridum

Triflumuron (T.F.M.) و الحناء *Lawsonia inermis* على يرقات الطور الخامس و على الأفراد الغير بالغة من الذكور و الإناث لـ *Locusta migratoria*. لهذا الغرض، تم اختبار مدى تأثيرهم على الشكل و على عدد الوفيات، الزيادة في الوزن، التطور و الوظيفة الغذائية ليرقات الطور الخامس، كذلك مدى تأثيرهم على الإنجاب للأفراد البالغة و على الزيادة في الوزن للأفراد الغير بالغة من الذكور و الإناث. و أخيراً قمنا باختبار مدى تأثير هذه المضادات على البروتينات الموجودة في مصلى يرقات الطور الخامس، دراسة كمية و كيفية. أظهرت النتائج أن هذه المبيدات الحيوية تسببت في تشوهات شكلية و أنها أعطت نسبة عالية من الوفيات قدرت بـ 100% ليرقات الطور الخامس، كما أنها لا تسمح لليرقات من الانتقال إلى مرحلة الأفراد بالنسبة للخصرات المعالجة. نلاحظ أيضاً أن المبيدات الحيوية الثلاثة بكلا طريقتي العلاج قد أدت إلى نقصان في زيادة الوزن للأفراد الغير بالغة من كلا الجنسين ما عدا الحناء في العلاج بالاتصال المباشر التي ليس لديها أي تأثير على الإناث. ولكن هذه المضادات الحيوية ليس لها أي أثر على وزن يرقات الطور الخامس باستثناء *Metarhizium anisopliae* في العلاج عن طريق الابتلاع خفض وزنها. نستطيع أن نقدر أيضاً أن هذه المنتجات الثلاثة التي تم تطبيقها بالاتصال المباشر أدت إلى انخفاض في الاستهلاك الغذائي ليرقات الطور الخامس، لكنها لم تؤثر على استهلاك هذه اليرقات في العلاج عن طريق الابتلاع. أخيراً يمكننا أن نلاحظ أيضاً أن المبيدات الحيوية الثلاثة المطبقة بكلا طريقتي العلاج تسببت في اضطراب السلوك الإنجابي وأيضاً تعديلات في البروتين لكتلي لـ *Locusta migratoria*.

كلمات المفتاح: *Locusta migratoria* ، *Metarhizium anisopliae var acridum* ، Triflumuron ، *Lawsonia inermis* ، الشكل ، الزيادة في الوزن، التطور، الوظيفة الغذائية، الإنجاب، بروتينات المصلى.

Résumé :

Notre travail est basé sur l'utilisation de trois biopesticides, *Metarhizium anisopliae* var *acridum*, le Triflumuron (T.F.M.) et le henné *Lawsonia inermis* sur les larves L5 et les imagos mâles et femelles de *Locusta migratoria*. Pour cela, nous avons testé leur effet sur la morphologie et la mortalité, l'évolution pondérale, le développement et l'activité alimentaire des larves L5, ainsi que leur action sur la reproduction des adultes et sur l'évolution pondérale des imagos mâles et femelles. Enfin, nous avons testé l'effet de ces trois biopesticides sur les protéines hémolympatiques des larves L5, au plan quantitative et qualitative. Les résultats obtenus nous montrent que les trois biopesticides ont entraîné des déformations morphologiques et une mortalité totale de 100% chez les larves L5, même aussi qu'ils ne permettent pas le passage du stade L5 au stade imago chez les insectes traités. On constate aussi que les trois biopesticides appliqués par les deux modes de pénétration ont provoqué une diminution de la croissance pondérale des imagos des deux sexes sauf le henné par contact qui n'a aucun effet sur le poids des femelles. Cependant ils n'ont aucun effet sur le poids des L5 sauf le *M. anisopliae* appliqué par ingestion qui diminue leur poids. On peut noter aussi que ces trois produits appliqués par le mode contact ont provoqué une diminution de la prise de nourriture des L5, mais n'ont pas un effet sur la consommation des L5 par le mode ingestion. Enfin on peut remarquer aussi que les trois biopesticides appliqués avec les deux modes de pénétration ont provoqué une perturbation du comportement reproductif et aussi des altérations au niveau de la protéinémie de *Locusta migratoria*.

Mots clés : *Locusta migratoria*, *Metarhizium anisopliae* var *acridum*, le Triflumuron, *Lawsonia inermis*, morphologie, mortalité, évolution pondérale, développement, activité alimentaire, reproduction, protéines hémolympatiques.

Summary:

Our work is based on the use of three biopesticides, *Metarhizium anisopliae var acridum*, the Triflumuron (T.F.M.) and the henna *Lawsonia inermis* on the L5 larvae and the male and female imagoes of *Locusta migratoria*. For that, we tested their effect on morphology, mortality, the evolution ponderal, the development and the food activity of the L5 larvae, like their action on the reproduction of the adult and the evolution ponderal of the male and female imagoes. Lastly we tested the effect from these three biopesticides on hemolymphatic proteins of the L5 larvae, in the plan quantitative and qualitative. The results obtained show us that the three biopesticides involved morphological deformations and a total mortality of 100% in the L5 larvae, even also which they do not allow the passage of the L5 stage at the stage imago in the treated insects. It is also noted that the three biopesticides applied by the two modes of penetration caused a reduction in the ponderal growth of the imagoes of the two sexes except the henna by contact which does not have any effect on pea of the females. However they do not have any effect on the weight of L5 except Mr. *anisopliae* applied by ingestion which decreases their weight. One can also note that these three products applied by the contact mode caused a reduction in the catch of food of L5, but do not have an effect on consumption of L5 by the ingestion mode. Finally one can also notice that the three biopesticides applied with the two modes of penetration caused a disturbance of the reproductive behavior and also of deteriorations on the level of the proteinemy of *Locusta migratoria*.

Key words : *Locusta migratoria*, *Metarhizium anisopliae var acridum*, the Triflumuron, *Lawsonia inermis*, morphology, mortality, evolution ponderal, development, food activity, reproduction, proteins hemolymphatic.

Liste des abréviations

- **mm** : Millimètre.
- **fig.** : Figure.
- **L1**: Larve de premier stade.
- **C°** : Degré celsius.
- **L4** : Larve de quatrième stade.
- **spp** : sous espèce
- **cm** : Centimètre.
- **FAO** : Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation.
- **BCP** : Biological Control Products.
- **FIDA** : Fonds international de développement agricole.
- **IITA** : Institut International d'Agriculture Tropicale.
- **µm** : Micromètre.
- **%** : pourcent.
- **UBV** : ultra bas volume.
- **IGRs**: Insect growth regulators
- **g** : Gramme.
- **ml**: Millilitre.
- **mm³** : Millimètre cube.
- **L5** : Larve de cinquième stade.
- **L2**: Larve de deuxième stade.
- **L3** : Larve de troisième stade.
- **I.N.P.V.** : Institut National de la Protection des Végétaux.
- **mn** : Minute.
- **mm²** : Millimètre carré.
- **C** : Concentration.
- **V** : Volume.
- **D** : Dose.
- **ha** : Hectare.
- **L**: Litre.
- **µg** : Microgramme.
- **mg** : Milligramme.
- **DL** : Dose létale.
- **Kg** : Kilogramme.
- **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.
- **µl** : Microlitre.
- **h** : Heure.
- **nm** : Nanomètre.
- **V** : Volt.
- **A** : Ampère.
- **nA** : Nano- Ampère.
- **Kd** : Kilo Dalton.
- **R** : Répétition.
- **M** : Moyenne.
- **Et** : Ecart type.
- **Pr** : Probabilité.
- **MC%** : Pourcentage de mortalité corrigée.
- **T.F.M.**: Triflumuron
- **M.a** : *M.anisopliae*
- **H** : Henné
- **T** : Témoin
- **cont** : Contact
- **ing** : Ingestion
- **j** : Jour
- **PM** : Poid moléculaire.
- **Rf** : Mobilité relative.
- **Pm** : Protéine marqueur.
- **EC** : émulsion concentrée.
- **ng** : Nano gramme.

Introduction générale

Les criquets et les sauterelles menacent la production agricole depuis que les humains ont des activités agricoles. Il y a plusieurs raisons au fait que les criquets et les sauterelles sont capables de dévaster la végétation et les cultures : les acridiens sont capables d'ingérer une variété importante d'aliments, chaque individu peut manger au quotidien la valeur de son propre poids. Les criquets et les sauterelles ont la capacité de former des essaims migrateurs incroyablement denses, contenant de 40 à 80 millions d'individus (STEEDMAN, 1988a).

Les espèces acridiennes susceptibles de revêtir une importance économique par l'ampleur des dégâts qu'elles peuvent occasionner aux cultures des zones arides sont *Schistocerca gregaria*, *Locusta migratoria*, *Oedaleus senegalensis* (Krauss, 1877), *Sphingonotus rubescens* (Walker, 1870), *Poeciloceris bufonius hierglyphicus* (Klug, 1832), *Acrotylus patruelis* (Herrich-Scaeffler, 1838) et *Pyrgomorpha cognata* (Krauss, 1877) (OULD EL HADJ, 1992 et BELHARAT, et al., 1999).

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

Les insecticides naturels (pyrèthre, nicotine) sont connus depuis fort longtemps et les hommes en ont fait un usage restreint par décoction des plantes dans l'eau et dans l'alcool. Vers les années 1950, les ORGANOPHOSPHORES ont rapidement conquis le marché des pesticides : parathion, malathion, diméthoate, dichlorvos, cyanophos, diazinon, méthylpyrimiphos, fénitrothion, fenthion, pour ne citer que les principaux. À la décennie suivante en 1960, les CARBAMATES ont pris en partie le relais avec : le carbaryl, le bendiocarbe, le propoxur et le méthiocarbe. Les années 1970 ont révélé les PYRETHRINOIDES : fenvalérate, cyperméthrine, deltaméthrine, lambdacyhalothrine, alphacyperméthrine. Depuis les années 1980, les REGULATEURS DE CROISSANCE (IGR) plus justement qualifiés de dérégulateurs de croissance sont passés dans la panoplie des armes chimiques en agissant sur le mécanisme hormonal ou de synthèse de la cuticule, et les larves des criquets meurent au moment de la mue. L'année 1990 devrait annoncer l'événement des BIOTOXINES qui auraient une action spécifique sur les insectes phytophages. La protection serait assurée par des champignons ou des bactéries génétiquement manipulés. Une voie nouvelle de lutte biochimique est ouverte (LAUNOIS-LUONG et al., 1988).

L'utilisation sans cesse croissante des pesticides chimiques, les risques de leur utilisation pour la santé humaine et pour l'environnement ainsi que les coûts élevés des opérations de lutte ont amené certains acteurs à se poser un certain nombre de questions sur l'opportunité et l'efficacité de la stratégie actuelle de lutte et son impact sur l'environnement. C'est dans ce cadre que certains donateurs ont mis l'accent sur la recherche d'une alternative de lutte pouvant avoir peu d'incidences néfastes sur

l'environnement tout en apportant une solution durable au problème acridien (ZAKARIA et SAGNIA, 2003).

La plupart des opérations antiacridiennes réalisées au cours des quarante dernières années ont été effectuées à l'aide d'insecticides chimiques conventionnels (organo-chlorés, organo-phosphorés, carbamates et pyréthriinoïdes). 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. Certains autres types de produits chimiques tels que les dérégulateurs de croissance présentant de nouvelles caractéristiques sont récemment apparus ou font l'objet de tests pour une utilisation en lutte antiacridienne (DOBSON, 2001).

Les pesticides donc utilisés en lutte antiacridienne se répartissent selon les catégories suivantes : organo-phosphorés, pyréthriinoïdes, carbamates, association de ces produits, inhibiteurs de croissance, phényl-pyrazoles, insecticides biologiques comme les myco-pesticides) et substances végétales (ANONYME, 1997).

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 (MEINZINGEN, 1997).

En Algérie, beaucoup de travaux font l'objet d'étudier les différents moyens de lutte utilisées contre les acridiens soit les biologiques ou les chimiques. Parmi les travaux qui ont étudié les champignons, citons ceux de HALLOUANE (1997), BISSAD (1998), BENSSAAD (1999), HADDADJ (2001), BISSAD (2002), KAIDI (2004), HEMOUR (2005), OUTTAR (2006), DJEZZAR (2007), KAIDI (2007), HALLOUANE (2008) et HEMOUR (2009). Les extraits végétaux ont été notamment étudiés par TAIL (1998), MOUSSA (2003), BELHADI (2005) et BEZAZE (2006). Concernant la lutte chimique, il y a le travail d'ACHEUK (2000), DAHOUNE (2000), ALLACHE (2005) et TIRCHI (2008). C'est dans ce sens que nous avons pensé à tester trois biopesticides appartenant à trois catégories différentes, un champignon *Metarhizium anisopliae var acridum*, un dérégulateur de croissance Triflumuron (T.F.M.) et un extrait de plante le henné *Lawsonia inermis*, afin de les tester sur les larves L5 et les imagos males et femelles de *Locusta migratoria*, en tenant compte de leur effet sur la morphologie et la mortalité, l'évolution pondérale, le gain du poids, le développement et l'activité alimentaire des larves L5, ainsi que leur action sur la reproduction des adultes et sur l'évolution pondérale des imagos mâles et femelles. Enfin, nous avons étudié l'effet de ces trois biopesticides sur les protéines hémolympmatiques des larves L5, au plan quantitative et qualitative.

Le présent travail comprend quatre chapitres. Le premier est consacré aux données bibliographiques sur le criquet migrateur et les trois biopesticides 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. Le troisième chapitre comprend les résultats. Enfin le quatrième chapitre engendre les discussions des résultats trouvés suivant les paramètres étudiés.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Données bibliographiques sur le criquet migrateur *Locusta migratoria*

1.1 Systématique

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)

1.2 Morphologie

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. 1a) et 42 à 55 mm chez les mâles (fig. 1b). Il se caractérise par des antennes longues et fines ; un corps vert chez les adultes solitaires et uniformément jaune et noir avec un pronotum sélliforme 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 carene 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.



a: Femelle

Taille réelle : 6,5 cm



b : Mâle

Taille réelle : 5,4 cm

Fig.1:Adultes grégaire de Locusta migratoria

Original

D'après LECOQ (1988), le criquet migrateur appartient à la catégorie des locustes, espèces susceptibles de changer de phase sous l'influence de la densité des populations. La phase solitaire se rencontre pour des densités ne dépassant pas 2 000 imagos par hectare. Les individus de la phase grégaire de cette espèce de locuste se rencontrent en essaims susceptibles de causer des dégâts considérables aux cultures. Alors que 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 foncé par la suite, orange et même noir 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).

Selon POPOV et *al.* (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.2). La masse ovigère constituée d'œufs et de l'oothèque est surmontée d'un bouchon de matière spumeuse (fig.3). 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 dans la matière spumeuse, avec une longueur totale qui varie entre 6 à 8.6 cm, et une largeur de 7 à 9 mm.

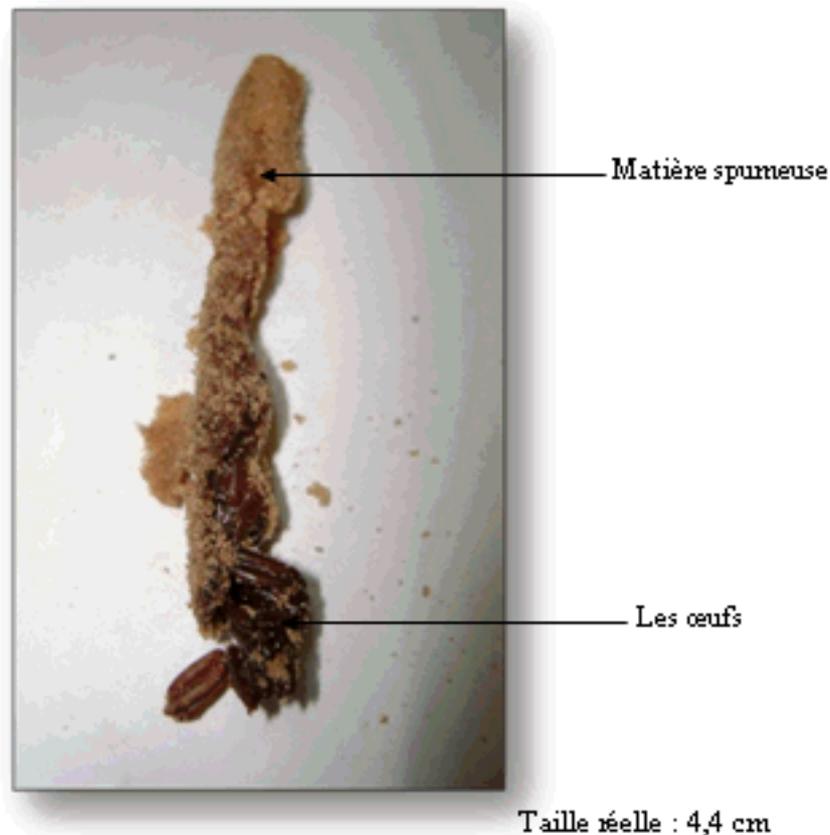


Fig.2: Oothèque de *Locusta migratoria*

Original



Taille réelle : 0,6 cm

Fig.3: Bouchon spumeux d'une oothèque de *Locusta migratoria*

Original

1.3. Cycle biologique

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.

Le criquet migrateur, comme tous les autres acridiens, passe par trois états biologiques successifs : l'état embryonnaire, l'état larvaire et l'état imaginal (fig.4).

D'après ALLAL BENFEKIH (2006), en milieux anthropisés céréaliers, le cycle de cet acridien présenterait une succession de trois générations : une première génération printanière se développant sur les blés jusqu'aux moissons, une deuxième génération printano-estivale se trouvant au niveau de maraîchages avoisinant les chaumes de blés ou dans des pivots de sorgho en début de développement, et une troisième génération estivo-automnale évoluant uniquement sur les céréales d'été et qui serait hivernante pendant la mauvaise saison.

1.3.1. Ponte et développement embryonnaire

Selon POPOV et al. (1990), la majorité des criquets déposent leurs œufs dans le sol (ponte hypogée). L'ensemble des processus qui préparent et conduisent au dépôt des œufs dans le sol constitue la ponte ou l'oviposition. Elle se déroule en quatre étapes :

- la recherche d'un site de ponte,
- le forage du trou de ponte,

- le dépôt des œufs et de la matière spumeuse (oothèque),
- le damage et le balayage du sol.

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. Elle peut apprécier la compacité, la granulométrie, la teneur en eau et en sels minéraux du sol grâce à de très nombreuses sensilles mécanoréceptrices et chimioréceptrices très denses au niveau des pièces génitales externes de l'extrémité de l'abdomen. 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

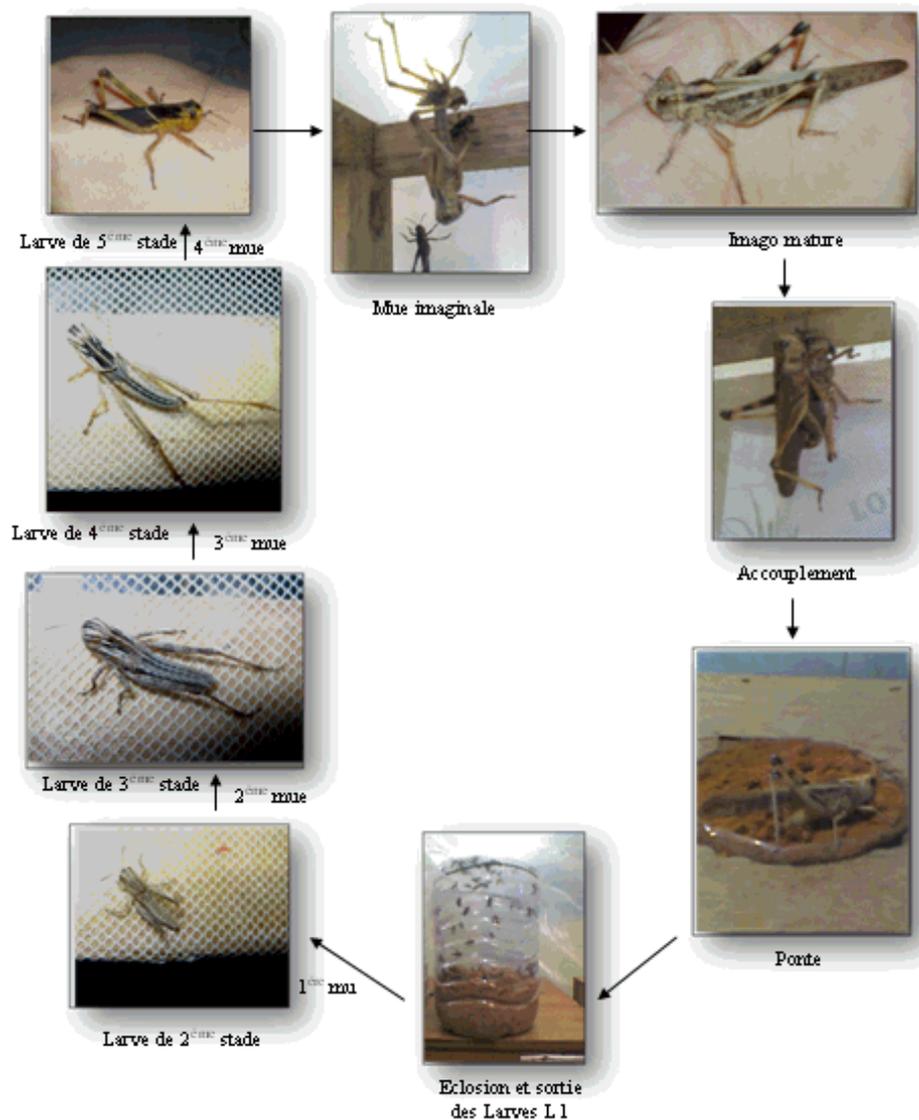


Fig. 4 : Cycle biologique de *Locusta migratoria*

Original

permet de doubler la longueur de l'abdomen. La ponte a lieu généralement de jour et dure une heure et plus (fig.5).

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.



Taille réelle : 6 cm

Fig.5 : La ponte chez la femelle de *L. migratoria*

Original

1.3.2. 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.

L'embryon qui vient d'éclore subit sa fausse mue pour aboutir à une larve de 1^{er} stade (fig. 6). 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 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.7 et 8).



Taille réelle : 0,5 cm

Fig.6 : Ecllosion chez *L. migratoria*
(BELLMANN et LUQUET, 1995)



Taille réelle : 3,2 cm

Fig.7: Larve L4 de *Locusta migratoria*

Original



Taille réelle : 3,5 cm

Fig.8: Larve L5 de *Locusta migratoria*

Original

1.3.3. Vie imaginaire

Selon DURANTON et *al.* (1982), la vie imaginaire débute après la mue imaginaire, qui permet à l'acridien de passer directement de l'état larvaire à l'état imaginaire. La mue imaginaire 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 (fig.9). 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 imaginaire 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 (1988b), signale que l'accouplement chez le criquet migrateur est très précoce, il peut s'observer chez les adultes au quatrième jour après la mue imaginaire.

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

Pendant l'accouplement le mâle saute sur le dos de la femelle et s'accroche sur elle au moyen de ses pattes antérieures, les extrémités de leurs abdomens entrent en contact et

les spermatozoïdes passent dans le corps de la femelle où ils fertilisent les œufs. Plusieurs femelles peuvent être fertilisées par le même mâle. Les spermatozoïdes peuvent être emmagasinés dans le corps de la femelle et utilisés pour fertiliser plus d'une série d'œufs (GHIDHAOUI, 1990 cité par DAHOUN, 2000) (fig.10).



Fig. 9 : Mue imaginale de *L. migratoria*

Original



Fig.10: Accouplement chez *L. migratoria*

Original

1.4. Polymorphisme phasaire

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.

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.

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).

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.
- le rassemblement d'individus sur certaines plantes préférentiellement appelées: l'identito-densation. 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.

1.5. Les milieux de vie du criquet migrateur

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, 2007a).

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).

1.6. Aires de répartition du criquet migrateur

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, 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 *migratoria* comprend plusieurs sous-espèces, chacune possédant des particularités bio-écologiques liées aux caractéristiques écoclimatiques de leur domaine d'existence (ANONYME, 2007a) (fig. 11).

En Afrique, l'aire grégarigène principale du criquet migrateur (celle où s'opère le passage de la phase solitaire à la phase grégaire et où se forment les premiers essaims) se situe au Mali, dans la zone d'inondation du fleuve Niger. La dernière grande invasion s'est déclarée dans cette zone en 1928. En l'espace de cinq ou six ans, elle s'est étendue à une très grande partie du continent africain, au sud du Sahara. Elle n'a pris fin qu'en 1940 (ANONYME, 2007b).

LECOQ (1991), signale que les notions d'aires grégarigènes et de foyers de grégarisation 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.

BALACHOWSKY et MESNIL (1936), ajoutent 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.

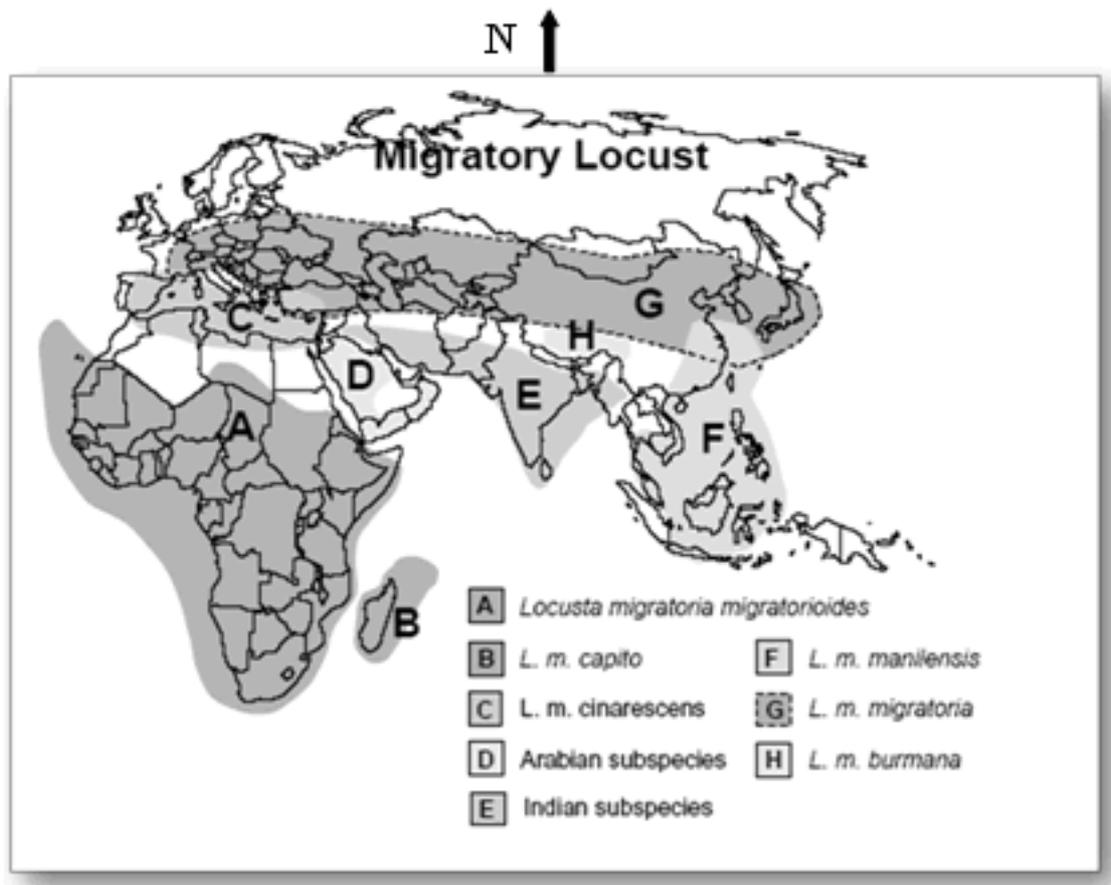


Fig. 11: Répartition des différentes sous espèces de *L. migratoria* dans le monde (CRESSMAN et DOBSON, 2001)

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*.

L'existence de *L. migratoria cinerascens* dans la région d'Adrar a été signalé aussi par plusieurs auteurs citons : SEDDIK (1994), KHALDI (1996) et KARA (1997).

1.7 Dégâts et importance économique

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 grégariques 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 turgescence 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).

1.8. La lutte anti-acridienne

1.8.1. 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 lance flammes et des grenades ont été utilisés contre eux (DURANTON *et al.*, 1982).

1.8.2. 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).

1.8.3. 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.

1.8.4. 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 A. et al., 2004).

- 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).

- Les extraits végétaux

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

- 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 épanchées, de la dose de spores, de la virulence de la souche et de la susceptibilité des acridiens cibles (LUONG-SKORMAND et al., 1999).

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

- Les bactéries entomopathogènes

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

2. Données bibliographiques sur *Metarhizium anisopliae*

2.1. Généralités

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

2.2. Systématique

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

- Groupe: Deuteromycotina
 - Classe: Hyphomycètes
 - Ordre: Moniliales
-

- Famille: Monilicae
- Genre : *Metarhizium*
- Espèce : *Metarhizium anisopliae*

2.3. Identification

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

2.4. Morphologie

Metarhizium infecte une large gamme d'insectes et provoque la maladie de la "muscardine verte" (fig.12). 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 et *al.*, 1994) (fig.13a et b).



Fig. 12 : Larve L4 de *L.migratoria* infecté par *Metarhizium anisopliae*.
(KLEESPIES et *al.*, 2000)

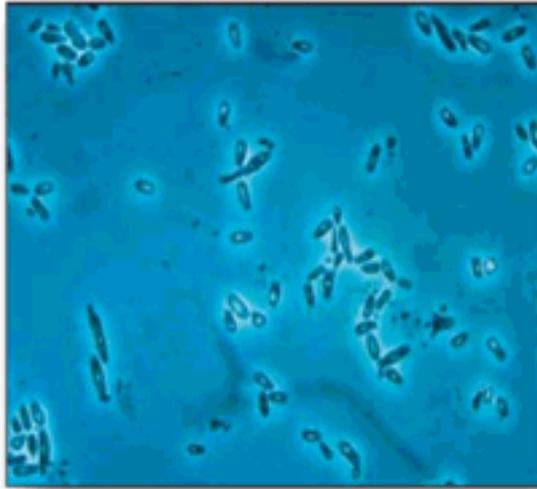


Fig. 1 3a : Spores du *Metarhizium anisopliae* var *acridum*
(KLEESPIES et al., 2000)

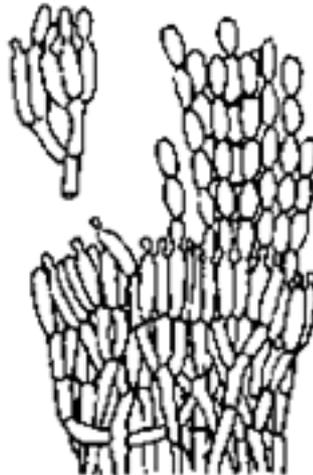


Fig. 1 3b : Les conidiophores du *M. anisopliae*.
(D'après SAMSON, 1981 modifié cité par GREATHEAD et al., 1994)

2.5. 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 (ST-LEGER et al.,

1989; BUTT et *al.*, 1995; SMITH et GRULA, 1982; BUTT, 1990; BUTT et BECKET, 1994). 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). Une cuticule nutritive va stimuler la croissance myceliale plutôt que la pénétration (ST-LEGER et *al.*, 1989). La dernière phase est la pénétration de l'hôte qui se fait par la combinaison de pression mécanique (PEKRUL et GRULA, 1979) et enzymatique (BUTT, 1990; CHARNLEY, 1989; ST-LEGER 1993) telles que les lipases, les protéases et les chitinases (ST-LEGER, 1995; KUCERA et SAMSINAKOVA, 1968; LEOPOLD et SAMSINAKOVA, 1970), 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 pathogénicité 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).

2.6. 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 yensemence 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).

2.7. 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 ultérieures des hyphes (BATEMAN, 1991).

3. Données bibliographiques sur le Triflumuron (T.F.M.)

3.1. 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 cité par ALLACHE, 2005).

3.1.1. 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 cité par ALLACHE, 2005).

D'après DORN et *al.*, (1994), des études ont été 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 «grégaire», 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.

3.1.2. 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 insectes phytophages reçoivent donc une dose plus élevée que les insectes utiles comme les guêpes ou les abeilles prédatrices. 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.

4. Données bibliographiques sur le henné: *Lawsonia inermis*

4.1. 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, 2008a).

4.2. Systématique

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

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

4.3. 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 Lawsonsone est 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone 4 (BONEV, 2003) (fig.14).



Fig. 1 4 : La molécule Lawsonsone contenue dans le henné (BONEV, 2003)

4. 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 Lawsonsone 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, Lawsonsone, d'où la concentration la plus élevée en colorant est dans le pétiole. Les jeunes feuilles (fig.15) ont le contenu le plus élevé de colorant et les feuilles les plus anciennes ont un contenu inférieur de colorant. Ses fleurs (fig.16) 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 (fig.17) à la fin d'été. Dans chaque fruit du henné il y a une moyenne de 40 à 45 graines (fig.18). Ces dernières sont petites, brunes, et polygonales (CARTWRIGHT-JONES, 2004).



Fig. 15 : Les feuilles du henné

(CARTWRIGHT-JONES, 2005 cité par CARTWRIGHT-JONES, 2006)



Fig. 1 6 : *Les fleurs du henné*

(ABID et CO, 2004 cité par CARTWRIGHT-JONES, 2006)



Fig. 1 7 : *Les fruits du henné*

(MUSSELMAN, 2005 cité par CARTWRIGHT-JONES, 2006)



Fig. 18: *Les graines du henné*

(CARTWRIGHT-JONES, 2005 cité par CARTWRIGHT-JONES, 2006)

4. 5. Habitat

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

4. 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).

5. Données bibliographiques sur l'hémolymphe

Selon DURANTON et *al.* (1982), le sang des acridiens ou hémolymphe n'est pas entièrement canalisé dans les vaisseaux comme chez les vertébrés. Il remplit la cavité générale du corps (hémocoèle) et la lumière centrale des appendices. Le sang circule sous faible débit grâce aux pressions engendrées par les mouvements du corps et les effets d'un vaisseau dorsal pulsatile, appelé par rapprochement avec les vertébrés « cœur ».

L'hémolymphe des insectes, qui comprend le plasma et de nombreux types d'hémocytes nucléés est le seul liquide extracellulaire circulant dans le corps. Son volume est extrêmement variable selon les espèces : le sang peut représenter entre 1 à 45 % du poids total de l'insecte. L'augmentation en volume de l'hémolymphe à la fin de l'intermue favorise la rupture de la vieille cuticule avant qu'elle ne durcisse. Peu après la mue, le volume de l'hémolymphe diminue nettement (RACCAUD-SCHOELLER, 1980).

Le plasma est un mélange d'eau, de protéines, de glucides et d'acide urique. Il contient quelques éléments non organiques : du potassium, du sodium, du manganèse, du calcium et plus rarement du cuivre. Sa densité est supérieure à celle de l'eau : 1,02 à 1,03 g/ml. La pression osmotique oscille entre 4 et 13 atmosphères. Les hémocytes sont les principales cellules en suspension dans le plasma auxquels s'ajoutent quelques cellules adipeuses et des débris tissulaires. La densité cellulaire varie de 7000 à 20000 cellules par mm³ de plasma. Les hémocytes ne sont pas distribués au hasard mais assemblés pour l'essentiel en agrégats en particulier sur le diaphragme dorsal pour l'essentiel. Certaines cellules ont un rôle dans la coagulation du plasma en cas de blessure, la lutte contre l'infection bactérienne ou certains parasites internes. On connaît au moins quatre types principaux d'hémocytes selon la taille du noyau, la forme général du cytoplasme, les qualités tinctoriales, mais il s'agit vraisemblablement d'une suite ontogénique, c'est-à-dire des différentes phases d'évolution d'une même cellule (DURANTON et *al.*, 1982) (fig.19).

RACCAUD-SCHOELLER (1980), signale que la composition glucidique de l'hémolymphe est présentée par de faibles quantités de sucres réducteurs, mais par contre

des quantités importantes de tréhalose. Parmi les constituants azotés du sang, peuvent se trouver parfois en quantité élevée, des produits terminaux du métabolisme : acide urique, allantoïne,

acide allantoïque, urée, ammoniac. Mais surtout, l'acido-ammoniémie très élevée apparaît. La concentration en protéines est comparable à celle observée chez les vertébrés. Les protéines de l'hémolymphe sont essentiellement synthétisées par le corps gras, sous le contrôle des cellules neurosécrétrices de la pars intercerebralis et des corpora allata. Chez les femelles, les protéines serviront lors de la vitellogenèse, étant absorbées par les ovocytes et incorporées dans le vitellus. Il faut noter parmi les protéines de l'hémolymphe, une forte proportion de protéines enzymatiques : amylases, estérases, enzymes protéolytiques et oxydoréductases.

Selon DURANTON *et al.* (1982), l'hémolymphe est généralement blanchâtre, jaune ou verte chez les criquets, bien qu'elle puisse être rouge chez d'autres insectes comme les larves de chironomes (Diptères). Elle ne sert pratiquement pas aux échanges gazeux. Elle assure certaines fonctions du métabolisme intermédiaire et transporte des substances chimiques nutritives ou porteuses d'information. Le PH varie de 6,0 à 7,5. Ses principales fonctions sont d'ordre :

- **Trophique** : transport des nutriments, aliments directement utilisables par les cellules.
- **Hormonal** : transport des hormones des organes producteurs aux organes cibles, destinés à en subir les effets en modifiant leur activité.
- **Mécanique** : maintien de la turgescence de l'acridien et des organes en place,
- **Immunitaire** : défense contre les bactéries, les virus ou autres agressions internes,
- **cicatrisante et réparatrice** en cas de lésions.

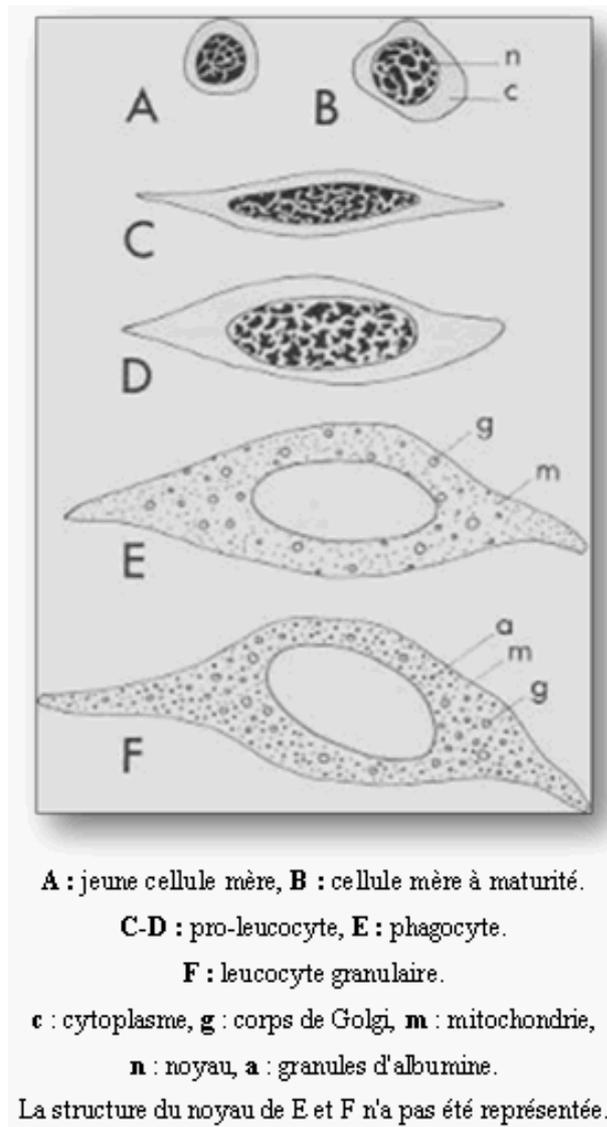


Fig. 19 : Les principaux types d'hémocytes
(d'après MATHUR et SONI, 1937 cité par DURANTON et al., 1982)

Chapitre II : Matériel et méthodes de travail

1. Matériel biologique

1.1. Les criquets

Nos essais ont porté sur des larves L5 et des imagos mâles et femelles de *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.

· Elevage des criquets

L'élevage des adultes de criquet migrateur est réalisé dans une cage parallélépipédique en bois de dimension : 150 x 70 x 55 cm, grillagée sur les deux cotés et de l'avant pour l'aération et avec du plissé glace de la face arrière pour garder la chaleur. Elle est munie d'une porte coulissante en plexiglas et de deux fermetures pour faciliter le nettoyage, le renouvellement de la nourriture et la vérification des pondoirs. Ces derniers se trouvent dans les ouvertures à la base de la cage. 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. 20).

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 (fig. 21). 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 avec les dimensions : 50 x 34 x 35 cm, de forme parallélépipédique en bois, recouvertes d'un tulle moustiquaire à petites mailles, avec une fermeture (fig. 22). 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.23). Les conditions d'élevage de tous les stades larvaires et les imagos sont les mêmes que pour les adultes.

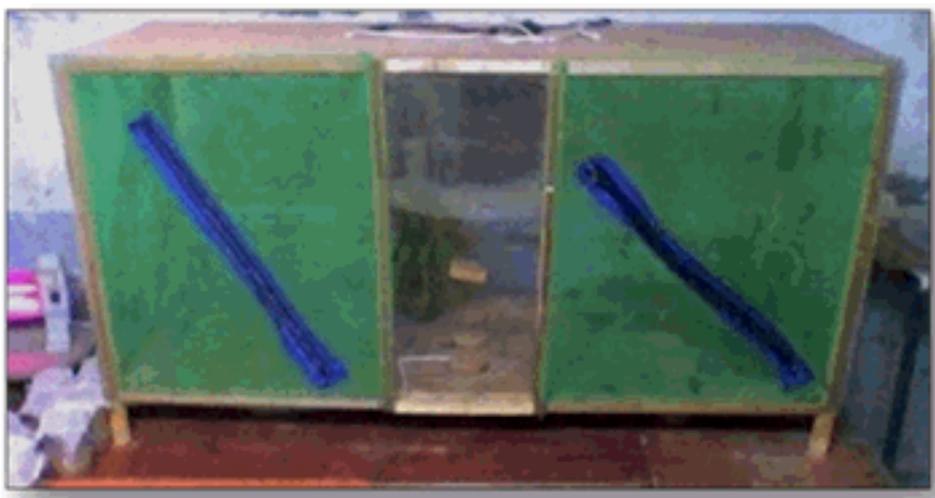


Fig.20 : Cages utilisées pour l'élevage des adultes

Original



Fig.21 :Pondoirs d'incubation des œufs

Original



Fig.22 : Cages utilisées pour l'élevage des larves; L1, L2, L3, L4

Original



Fig.23 : Cage utilisée pour l'élevage des L5 et des imagos

Original

1.2. Les biopesticides testés

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

La souche de *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* (code IMI: 330189) retrouvée sur *Ornithacris cavroisi* (Finot, 1907) 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 (fig.24).

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 et al., 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).



Fig. 24 : Suspension huileuse de spores de *M. anisopliae* var. *acidum* (GREEN MUSCLE)

Original

1.2.1.1. La multiplication de champignons

Afin d'obtenir une souche fongique pure de notre cryptogame (fig.25), nous avons procédé aux étapes suivantes :

Centrifugation de la suspension huileuse en spores de *M. anisopliae* «Green Muscle», afin d'éliminer le gaz oil et les huiles qui présentent le surnagent 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.

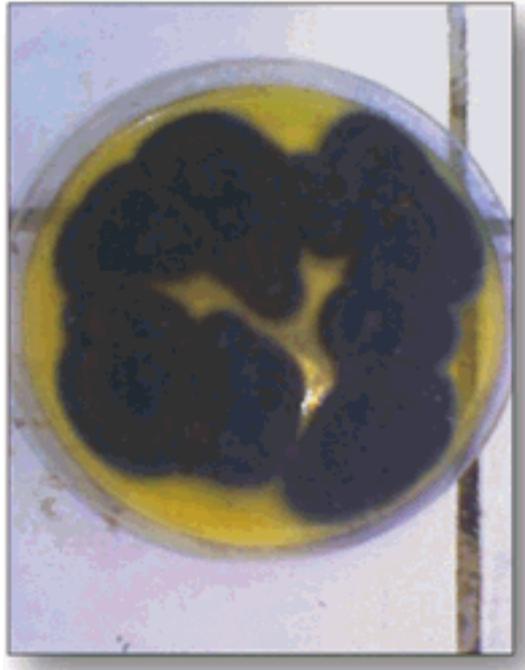


Fig. 25: Souche fongique de *M. anisopliae* var. *acidum*

Original

Incuber le champignon dans une étuve réglé à 25 °C.

Toutes ces étapes sont effectuées dans un milieu stérile, entre deux becs benzènes, pour éviter toute sorte de contamination (fig.26).



Fig. 26: Les différentes étapes de la multiplication de *M. anisopliae* var. *acridum*
Original

1.2.1.2. Préparation d'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.

1.2.2.3. 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

Les différentes étapes de ces deux techniques se trouvent sur la fig.27.

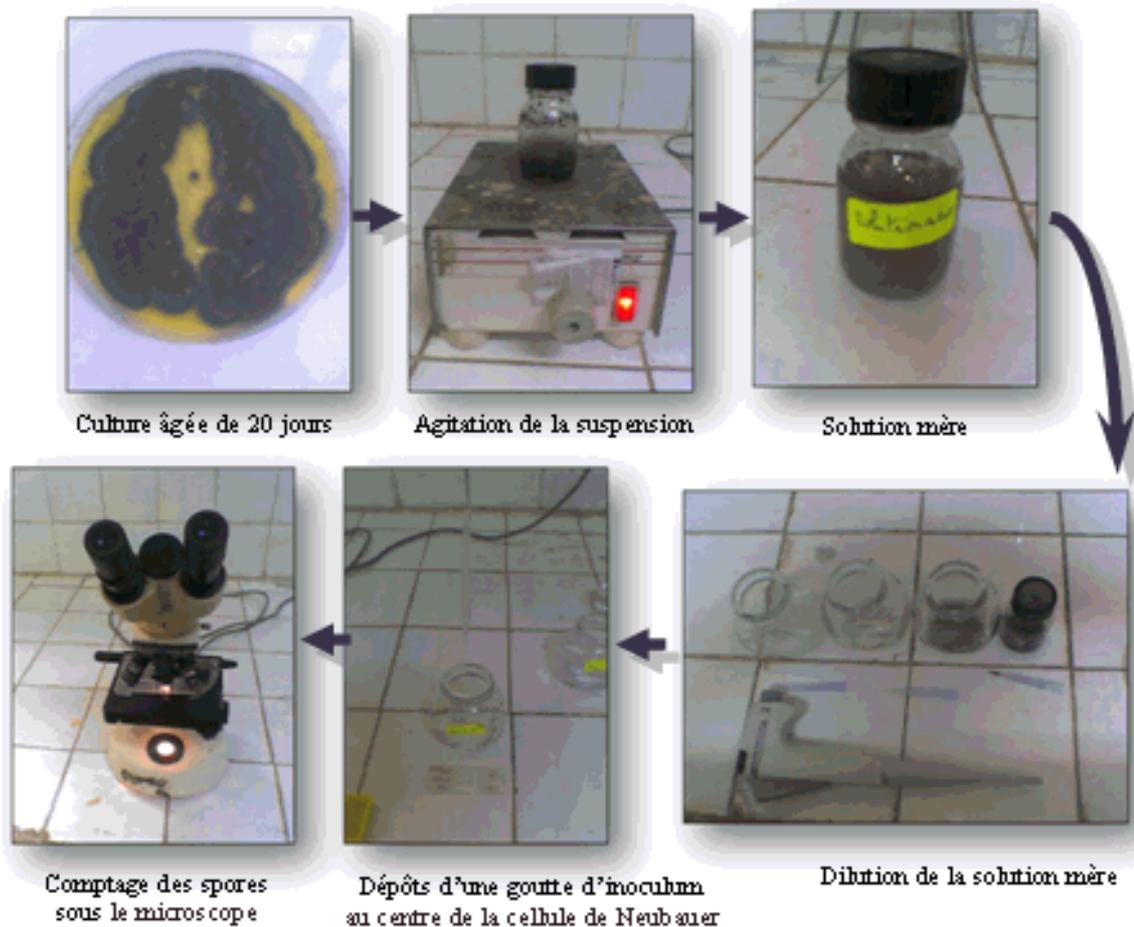


Fig.27: Les différentes étapes de la préparation d'inoculum et le comptage des spores

Original

Le principe de la cellule de Neubauer consiste à compter le nombre des spores existant dans les 5 carrés groupés marqués "E" (fig.28), et on détermine la concentration de la solution mère à partir de la relation suivante :

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

- Surface dénombrée 5 carrés correspondent à 0,2 mm²
- Profondeur de champ 0,1 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.

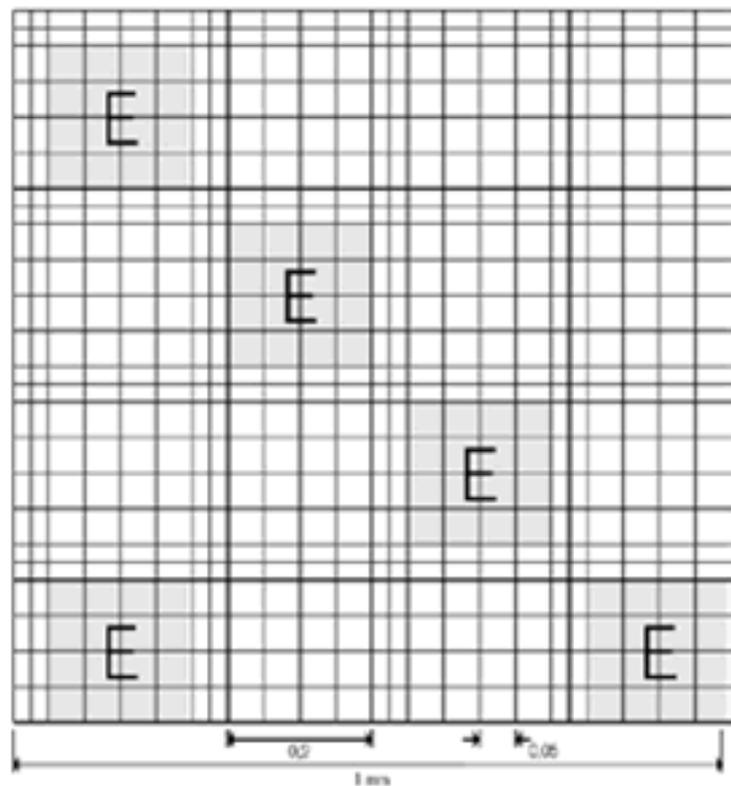


Fig. 28 : Cellule de Neubauer

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 :

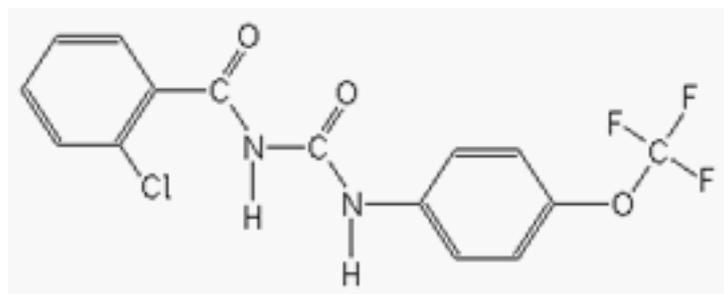
- **D1** = $0,22 \times 10^8$ spores/ml
- **D2** = $0,22 \times 10^9$ spores/ml
- **D3** = $0,22 \times 10^{10}$ spores/ml

1.2.2. Le dérégulateur de croissance: Triflumuron (T.F.M.) (fig.29)

- 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-trifluoromethoxyphenyl)urea.
- 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 : $26600 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$
 - Acétates d'éthyle : $23300 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$
 - 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 : $1,79\cdot 10^{-3}$

Fig. 29 : Le Triflumuron T.F.M. (Alsystin)



Fig. 29 : Le Triflumuron T.F.M. (Alsystin)

Original

- Mode de pénétration
 - Il agit principalement par ingestion et contact sur les œufs et larves de nombreux insectes suceurs et broyeur.
- Mode d'action :
 - Il 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.
- Résidus :-
- Rémanence : elle est de l'ordre de 3 semaines.
- Résistance :-
- 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 les tomates: 0,13 l / Ha. Ultima aplicación antes de la cosecha: para algodón 21 días y para Tomate 10 días. Dernière application avant la récolte: 21 jours pour le coton et la tomate pendant 10 jours.
 - Luzerne: 0,2 - 0,25 l / Ha.
 - Maïs: 0.15- 0.2 l / Ha. Ultima aplicación antes de la cosecha 10.
 - Papa: 0.2 + Bulldock SC 0.5 lt/ha.- Maíz: 0.15-0.2 lt/ha.Orge: 0.05- 0.1 / Ha.
- Choix des doses
 - Pour calculer les différentes doses utilisées au cours de nos expérimentations, en s'est appuyé sur la dose commercialisée et celle utilisée au terrain afin d'obtenir une dose du produit en ml/l d'eau, donc on a trouvé les doses suivantes :
- **D1= 0.41 ml/l**
- **D2= 0.82 ml/l**
- **D3= 1.65 ml/l**

1.2.3. 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 filée 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 filtrat obtenu c'est la solution mère (S).

D'après la bibliographie et après les calculs, nous avons choisis 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)

Les différentes étapes d'extraction des feuilles du henné se trouvent sur la fig.30.

2. Matériel et produits utilisés (voir annexe 1)

3. Méthodes

- Objectif de l'étude

Ce travail a pour but d'étudier l'effet de trois biopesticides, *M. anisopliae* var *acidum*, Triflumuron (T.F.M.) et le henné *L. inermis* sur les larves L5 et les imagos mâles et femelles de *L. migratoria*, prenant en considération les paramètres suivants :

- Effet sur la morphologie et la mortalité des larves L5 de *L. migratoria*.
- Effet sur l'évolution pondérale, la durée du développement et l'activité alimentaire des larves L5 de *L. migratoria*.
- Effet sur la reproduction et sur l'évolution pondérale des imagos mâles et femelles de *L. migratoria*.
- Effet sur les protéines hémolympatiques des larves L5 de *L. migratoria*.
- 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.

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 alimentés avec du gazon traité par les trois biopesticides, avec deux témoins l'eau et l'eau distillée dans les deux cas.

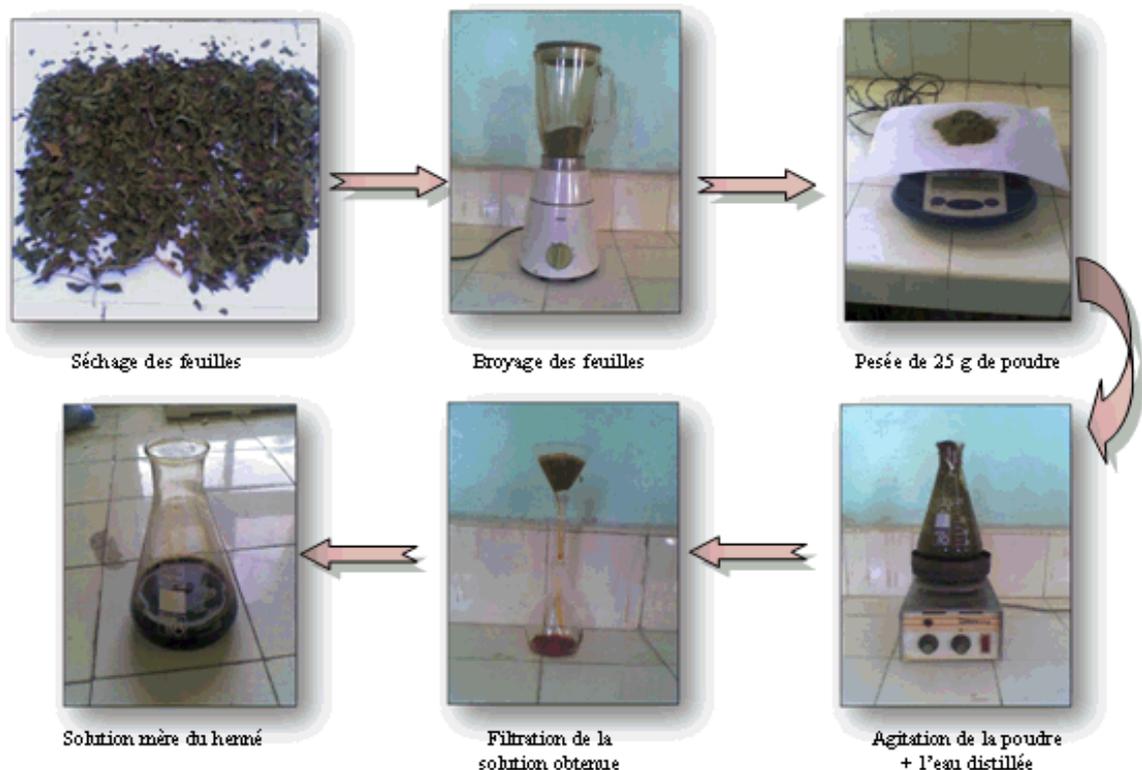


Fig. 30 : Les différentes étapes d'extraction des feuilles du henné *Lawsonia inermis*

Concernant la quantité du produit pulvérisé soit par contact ou par ingestion, elle est de 10 ml pour chaque biopesticide, 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 DL50 pour les trois produits avec les deux types de traitement. Pour les autres paramètres étudiés, nous avons choisi une dose subléthale D1, afin de suivre l'effet de ces trois biopesticides sur les paramètres biologiques et physiologiques étudiés (tableau 1).

Tableau 1 : Les doses utilisées pour les trois biopesticides

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%

3.1. Etude de l'effet de trois biopesticides sur la morphologie et la mortalité des larves L5 de *L. migratoria*

· Protocole expérimental

Pour tester l'effet de ces trois biopesticides sur la mortalité des larves L5 de *L. migratoria*, nous avons travaillé sur un total de 864 larves venant d'émerger. On a utilisé 3 doses de traitement avec un témoin (l'eau pour le Triflumuron et l'eau distillée pour le henné le *M. anisopliae*). 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, autre 180 pour l'eau et 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 élevés : dans des cages de dimensions : 30 x 24 x 26 cm pour les témoins et pour celles traitées au henné, dans des boites de dimensions : 37 x 18.5 x 12 cm pour celles traitées au Triflumuron et dans des boites de dimension : 14 x 14 x 6 cm pour celles traitées au *M. anisopliae* (Fig. 31 a, b, c et d).

Chaque jour on note le nombre des larves mortes pour les témoins et pour les traitées. Des malformations, des anomalies et des changements morphologiques sont aussi notées.

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

Le protocole expérimental utilisé dans cette étude est résumé dans la fig. 32.



a- Henné



Fig. 31 : Cages utilisées pour le traitement

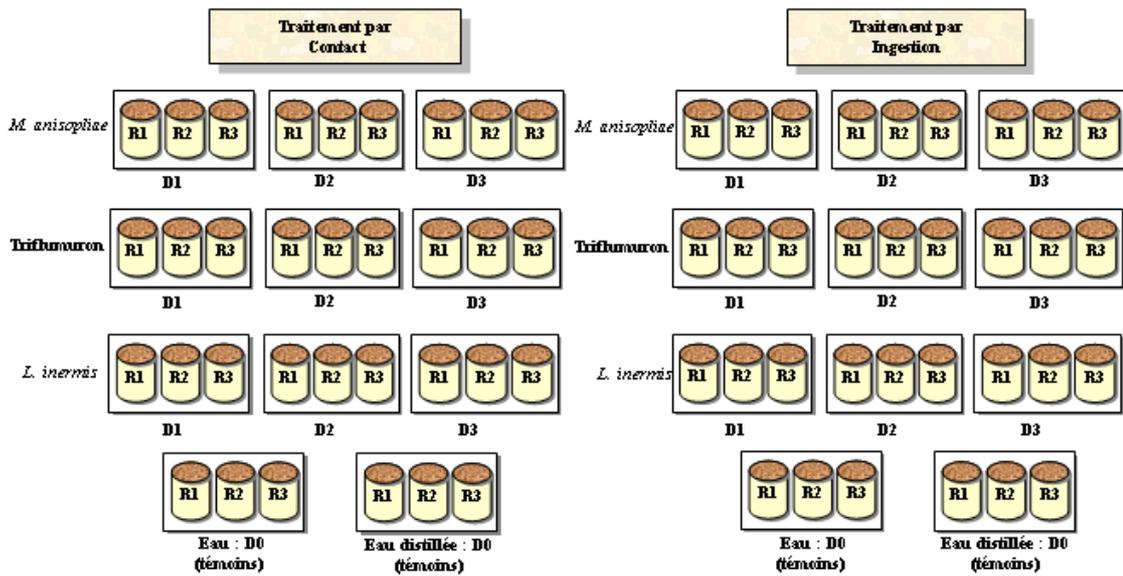


Fig. 32: Protocole expérimental utilisé pour l'étude de l'effet de trois biopesticides sur la mortalité des larves L5 de *L. migratoria*

3.1.1. Calcul du pourcentage de mortalité

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

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

3.1. 2. Calcul des DL50

Avant de calculer les DL50, le pourcentage de mortalité observée est corrigé par rapport au témoin selon la formule d'ABBOT (1925).

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

- **M1** : Pourcentage de mortalité chez les témoins.
- **M2** : Pourcentage de mortalité chez les traitées.
- **MC%** : Pourcentage de mortalité corrigée.

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

$$Y = ax + b$$

Y : Probit de mortalité corrigée

X : Logarithme décimal de la dose

A : La pente

A partir de ces équations, on a pu déterminer les DL50 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.

3.2. Etude de l'effet de trois biopesticides sur l'évolution pondérale, la durée du développement et l'activité alimentaire des larves L5 de *L. migratoria*

· Protocole expérimental

Afin de réaliser cette étude, nous avons pris 50 L5 qui donneront des femelles venant de muer pour les trois produits avec les témoins (eau, eau distillée). Nous avons réservé à chaque produit deux boîtes de dimensions : 37 x 18.5 x 12 cm, une pour le traitement par contact et l'autre pour le traitement par ingestion contenant chacune 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 ces 5 larves 15 g du gazon. Pour la mesure de l'effet ingestion, le gazon est pulvérisé séparément par les différents biopesticides et par l'eau et l'eau distillé pour les témoins. Pour le mode de traitement par contact, la pulvérisation est effectuée uniquement sur les larves alimentées par du gazon non traité. Pour tous les traitements l'observation est effectuée jusqu'à la mue imaginale.

3.2.1. Effet sur l'évolution pondérale

Chaque jour, les larves L5 mises dans les différentes boîtes témoins et traitées avec les trois biopesticides par les deux modes de traitement ont été pesées individuellement jusqu'à la mue imaginale ou la mort afin de calculer la moyenne pondérale quotidienne et le gain du poids des larves L5. Ce dernier est exprimé par la différence entre le poids de l'insecte au dernier jour et son poids au premier jour.

3.2.2. Effet sur la durée du développement

Pour étudier ce paramètre, les larves L5 témoins et traitées aux trois biopesticides selon les deux modes de traitement 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.

3.2.3. 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. Ils sont emballés avec du papier aluminium

portant le nom du produit, le type de traitement 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 du 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. La pesée a été effectuée à l'aide d'une balance de précision type 0,00000 g, après avoir récupéré les fèces et le végétal de l'étuve. Ils sont ensuite placés dans un dessiccateur pour toute éventuelle d'humidification. Les fèces et le végétal ont été emballés avec du papier aluminium de même dimensions et de même poids qui est de 0,573 g. Cette valeur est soustraite de celles trouvés après les pesés. Le protocole expérimental utilisé dans cette étude est résumé dans la fig. 33.

3.2.3.1. Effet sur la consommation journalière des larves L5

Les pesées faites sur la matière sèche d'aliment qui reste et sur les fèces de chaque 5 larves 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.

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

a) Indice de consommation (I.C.)

Il s'exprime par le rapport entre le poids de la nourriture ingérée et celui de l'animal au cours de 24 Heures (WALDBAUER, 1964 cité par TIRA, 1975 cité par ACHEUK, 2000).

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

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

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

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



Fig. 33: Protocole expérimental utilisé pour l'étude de l'effet de chacun des trois biopesticides sur l'évolution pondéral, le gain du poids, le développement et l'activité alimentaire des larves L5 de *L. migratoria*

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

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

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

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

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

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

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 (HAMADOUN et STREBLER, 1989 cité par ACHEUK, 2000)

$$L.C.T. = \frac{\text{Gain du poids}}{\text{Poids moyen de l'animal}}$$

3.3. Etude de l'effet de trois biopesticides sur la reproduction et l'évolution pondérale des imagos mâles et femelles de *L. migratoria*.

Protocole expérimental

La démarche suivie lors de cette étude consiste à placer pour les trois biopesticides expérimentés, y compris l'eau et l'eau distillée comme témoins, 60 imagos qui viennent juste d'effectuer leur mue imaginale dans des cages parallélépipédiques de dimensions : 40 x 36 x 31 cm, composées de deux compartiments de volumes égales (fig.34). Chaque partie est réservée à un type de traitement. Donc chaque cage est considérée comme une répétition pour chaque produit. Chaque compartiment contient un couple ce qui fait un total de six couples par produit, soit trois couples pour le contact et trois pour l'ingestion. Les cages sont munies de pondeurs à la base. La vérification de ces derniers se fait quotidiennement pour la récupération d'éventuelles pontes. Les différents couples sont alimentés par du gazon et un complément du son, sauf pour les lots traités par ingestion où le gazon est pulvérisé le premier jour de traitement par les différents produits séparément et par l'eau et l'eau distillée comme témoin. La durée de cette étude est fixée de 30 jours pour tous les traitements.



Fig. 34: Cages utilisées pour l'étude de l'effet de chacun des trois biopesticides sur la reproduction et l'évolution pondéral des imagos mâles et femelles de *L. migratoria*.

Original

3.3.1. Effet sur l'évolution pondérale des imagos

Le poids des individus mâles et femelles témoins et traités aux différents produits par les deux types de traitement est relevé tous les cinq jours.

3.3.2. Effet sur la reproduction des adultes

L'effet des trois produits sur la reproduction des adultes, est étudié sur plusieurs paramètres, tel que le délai de la première ponte, le rythme de ponte, le nombre d'oothèques par femelle et le nombre d'œufs par oothèque.

a) Délai de la première ponte

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

b) Rythme de ponte

Il correspond au nombre de jours séparant deux pontes successives, donc le calcul de ce paramètre a porté sur toutes les femelles ayant pondu au moins deux fois.

c) Nombre d'oothèques par femelle

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

d) Nombre d'œufs par oothèque

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

3.4. Etude de l'effet de trois biopesticides sur les protéines hémolympathiques des larves L5 de *L. migratori a.*

Cette expérimentation a pour but de tester l'effet de ces trois biopesticides sur les protéines hémolympathiques des larves L5 de *L. migratori a.*, en prenant en considération l'étude quantitative et qualitative de ces protéines.

· Protocole expérimental

Pour réaliser cette étude, nous avons pris 48 Larves L5 qui donneront des femelles venant de muer, dont 24 réservés à l'étude quantitative et 24 pour l'étude qualitative. Les lots de trois larves sont mises dans une boîte de dimension : 14 x 14 x 6 cm. Chaque larve est marquée au niveau de thorax par un vernis à ongles. Nous avons réalisé deux types de traitement par les trois biopesticides, le témoin est traité à l'eau distillée. Les larves sont alimentées par du gazon. Dans le cas du traitement par ingestion, les larves sont alimentées avec du gazon traité dès le premier jour d'expérimentation.

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

On prélève 10 µl de l'hémolymphe à l'aide d'une micropipette à usage unique, suite à une blessure provoquée après une légère pique 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, le type de traitement et le jour de prélèvement. Ces derniers sont mis dans le congélateur, pour les conserver à -20°C , jusqu'à leur utilisation.

Le protocole expérimental utilisé dans cette étude est résumé dans la figure 35.

3.4.1. Dosage quantitatif des protéines

Cette étude a pour but de mesurer et comparer la teneur en protéines totales de l'hémolymphe des larves L5 de *L. migratori* a témoins et traitées aux trois biopesticides, 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.

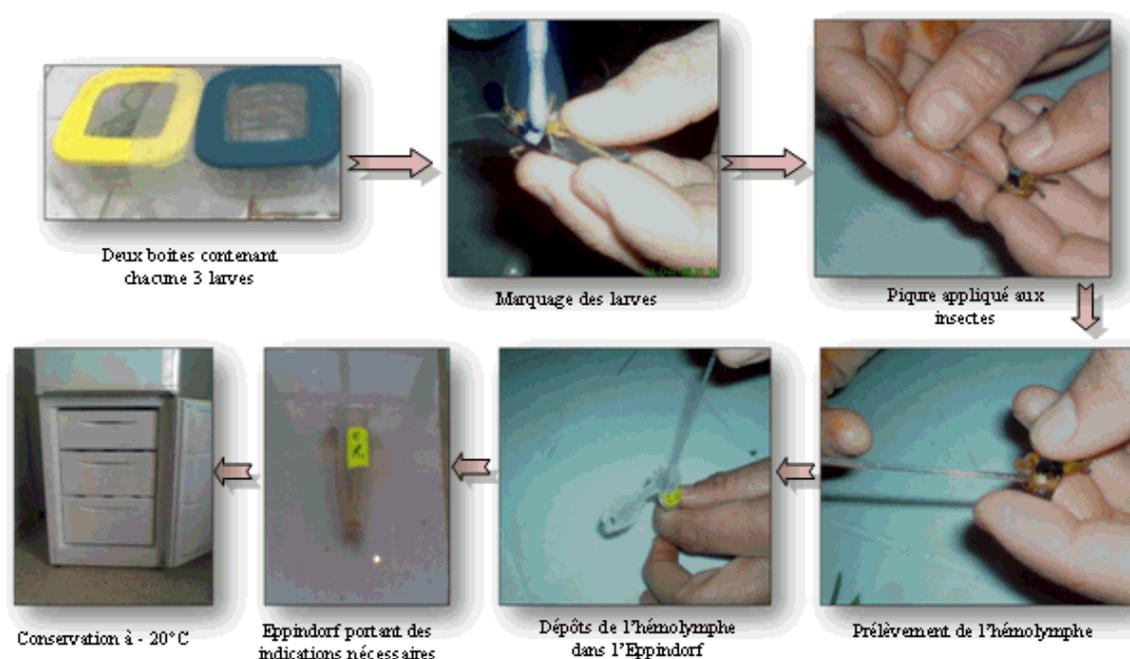
· Solutions à analyser :

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 séralbumine 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 $\mu\text{g}/\mu\text{l}$, nous avons préparé les solutions diluées de concentrations croissantes : à 20, 40, 60, 80 et 100 $\mu\text{g}/\mu\text{l}$, afin de réaliser la courbe de référence.

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)



*Fig. 35: Protocole expérimental utilisé pour l'étude de l'effet de chacun des trois biopesticides sur les protéines hémolympatiques des L5 de *L. migratoria**

· 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 mini 1240 SHIMADZU U.V.- Vis 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 vidés de leur contenu, après le passage de chaque échantillon.

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

Les différentes étapes de cette technique se trouvent sur la fig.36.

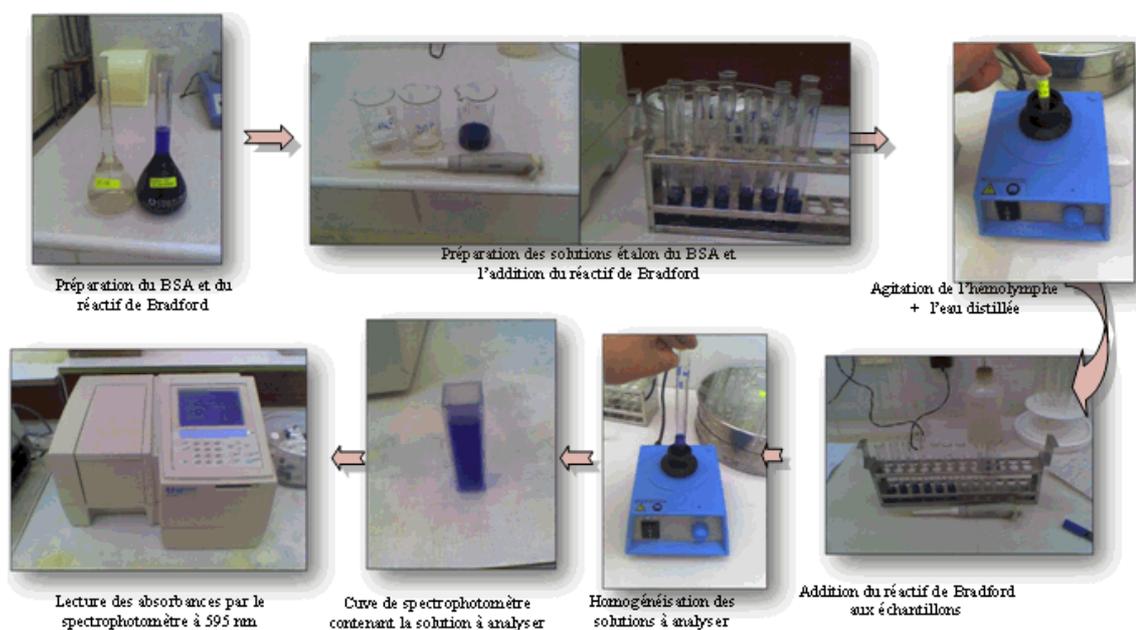


Fig. 36: Les différentes étapes suivies pour le dosage quantitatif des protéines hémolympathiques des larves L5 de *L. migratoria*

3.4.2. Dosage qualitatif des protéines

L'objectif de ce travail est de séparer et comparer les protéines hémolympathiques des larves L5 de *L. migratoria* témoins et traitées aux trois biopesticides, à travers une analyse électrophorétique selon la technique de LEAMMLI (1970).

Le support de migration est le gel de polyacrylamide-dodécyl-sulfate-sodium SDS-PAGE. Il est constitué de deux gels superposés (gel de séparation et gel de concentration).

Selon KAMOUN (1977), l'électrophorèse en gel de polyacrylamide-dodécyl-sulfate-sodium, permet la migration des protéines uniquement sous l'effet de leur poids moléculaire, en éliminant leur configuration spatiale et leur charge électrique.

La séparation des protéines est réalisée dans un gel de degré de polymérisation fixe sous l'effet d'un champ électrique. Les protéines occupent après leur migration des emplacements variés. Il est alors possible de les fixer et de les colorer.

La technique d'électrophorèse est réalisée avec une cuve de type ORCHIDIS sur deux plaques en verre de dimensions : 18,5 x 20 cm

- Préparation des solutions

- Acrylamide 30%(acrylamide-bis acrylamide) :
 - * 30 g d'acrylamide
 - * 0.6 g méthylènebisacrylamide
 - * 100 ml eau distillée

Préparé dans un flacon marron foncé (cacheté avec papier aluminium)

- Lower buffer

- 18.15 g tris base dans 100ml eau distillée ajusté à un pH 8.8 avec HCL 6N

- Upper buffer

- 6 g tris base dans 100ml eau distillée ajusté à un pH 6.8 avec HCL 6N

- Glycérol 55%

- 55 ml dans 100ml eau distillée

- SDS 10% sodium dodécyl sulfate

- 10 g SDS dans 100ml eau distillée

- SDS 14% sodium dodécyl sulfate

- 14 g SDS dans 100ml eau distillée

- Persulfate d'ammonium APS 10%

- 1g APS dans 10ml eau distillée

- Préparation des gels

- Gel de séparation running 10%
 - * 16.2 ml d'acrylamide-bis 30%
 - * 4 ml eau distillée
 - * 9 ml Lower buffer pH 8.8
 - * 360 ml SDS 10%
 - * 360 ml APS (préparé le jour même)
 - * 60 ml Temed (juste avant de couler le gel)

- Gel de concentration stacking 7.5%

- 3 ml d'acrylamide-bis 30%
- 3.5 ml eau distillée
- 2.5 ml Upper buffer pH 6.8
- 100 ml SDS 10%
- 200 ml APS (préparé le jour même)
- 30 ml Temed (juste avant de couler le gel)

- Préparation des tampons

- Tampon d'échantillon « sample buffer »

- * 6.25 ml Upper buffer pH 6.8
- * 2.5 ml mercaptoéthanol
- * 10 ml SDS 14%
- * 5 ml glycérol
- * 16.8 mg de solution finale d'EDTA
- * 2.5 ml eau distillée
- * + le bleu de bromophénol

- Tampon de migration
 - 6 g de tris bas
 - 2 g SDS
 - 28.2 g de glycine
 - 1000 ml eau distillée

- Préparation des colorants
 - **1^{er} colorant**
 - * 250 ml propanol2
 - * 100 ml d'acide acétique
 - * 0.25 g bleu de Coomassie R-250
 - * 1000 ml eau distillée

 - **2^{ème} colorant**
 - 100 ml propanol2
 - 100 ml d'acide acétique
 - 0.025 g bleu de Coomassie R-250
 - 1000 ml eau distillée

- Décolorant
 - Il se prépare par un mélange eau distillée/d'acide acétique 10v/1v (1000 ml/100 ml).

3.4.2.1. L'écoulement des gels et préparation des puits

Après la préparation des gels et les différentes solutions nécessaires à l'électrophorèse, on passe à l'écoulement des gels, qui s'effectue entre deux plaques en verre. Ces dernières sont fixées dans une cuve métallique, à l'aide de l'agarose fondu.

Le gel de séparation est coulé en premier entre ces deux plaques à l'aide d'une seringue. On ajoute ensuite l'eau distillée en dessus et après la polymérisation de ce gel, on verse l'eau distillée. Le gel de concentration est déposé sur le premier gel ; ce dernier subit un rinçage à l'eau distillée. On attend jusqu'à la polymérisation de ce second gel et on verse l'eau.

Après l'écoulement du second gel, un peigne de 2 mm d'épaisseur est immédiatement introduit entre les deux plaques afin de créer les puits dans lesquels seront placés les différents échantillons. Ces puits sont au nombre de 20. Ensuite on place les deux plaques dans le dispositif d'électrophorèse et bien les tenir avec des pinces.

3.4.2.2. Préparation des échantillons

Dès leur sortie du congélateur, on ajoute à chaque quantité d'échantillon 100 µl du tampon « sample buffer ». Le mélange est déposé dans un bain Marie thermostatés réglé à 100°C pendant 5 mn. Après leur refroidissement, on dépose à l'aide d'une micro seringue 20 µl de chaque échantillon, ainsi que le mélange de protéine standard dans les puits préalablement formés.

3.4.2.3. Condition d'électrophorèse

Le dispositif d'électrophorèse avec tous les dépôts des PM et des échantillons sont reliés à un générateur du type EV 243. La migration est faite à 400 Volts et une intensité de 150 Ampères pendant 25 minutes pour le gel de concentration, puis 124 V et 16 nA pendant 7 heures pour le gel de séparation. Pendant ces étapes le tampon de migration (Tris-SDS-glycine) est rajouté. L'électrophorèse est arrêtée une fois que le front de migration atteint 1cm du bas du gel.

3.4.2.4. Coloration des bandes protéiques

Après avoir retirait le gel des plaques, il est mis dans un 1^{er} colorant sous agitation pendant 1heure, puis il subit une 2^{ème} coloration sous agitation pendant 24 heures. Ensuite le gel est décoloré mis sous agitation pendant quelques heures. La solution de décoloration est renouvelée plusieurs fois jusqu'à l'appariation des bandes.

Les différentes étapes de cette technique se trouvent sur la fig.37.

3.4.2.5. Analyse des profils électrophorétiques

La migration des différentes bandes a été déterminée par le calcul du R_f (mobilité relative) de chacune d'elles selon la formule suivante :

$$R_f = \frac{\text{Distance parcourue par la bande}}{\text{Distance parcourue par le front de migration}}$$

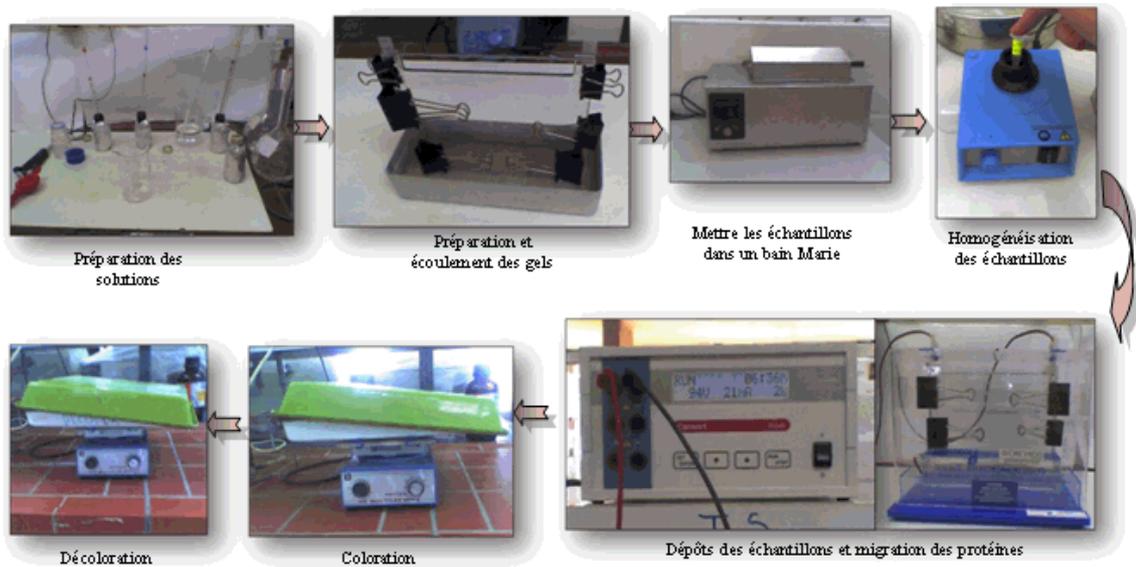
Les différentes valeurs des R_f obtenues, nous permettent de représenter graphiquement les profils électrophorétiques de l'hémolymphe. Les bandes sont ensuite répertoriées visuellement selon deux critères : leur présence ou absence et leur intensité.

Ensuite la courbe étalon exprimée en logarithmes décimaux du poids moléculaire standard en fonction de la mobilité relative a été établie avec une protéine standard, marqueurs Promega dont les poids moléculaire sont : 225, 150, 100, 75, 50, 35, 25, 15 et 10 Kd (ANONYME, 2005).

3.5. 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%.



*Fig. 37: Les différentes étapes suivies au cours de l'étude électrophorétique des protéines hémolympathiques des larves L5 de *L. migratoria**

chapitre III Résultats

1. L'effet de trois biopesticides sur la morphologie et la mortalité des larves L5 de *L. migratoria*

1.1. L'effet sur la morphologie

Les résultats obtenus montrent que les larves traitées par les trois biopesticides selon les deux modes de pénétration, manifestent une activité normale similaire à celles des larves témoins pendant les jours de traitement. Mais au moment de la mue imaginale des larves traitées par le Triflumuron (fig.38) et l'extrait de henné (fig.39), présentent la même symptomatologie. Elles sont affaiblies et présentent des difficultés pour muer, elles souffrent pour se débarrasser de leur exuvie, mais elles n'y parviennent pas ; elles sont emprisonnées et elles finissent par mourir. Sur le plan morphologie, on note une augmentation au niveau de la taille, des gonflements au niveau de l'abdomen et du pronotum, et pour quelques larves traitées au henné qui ont réussi difficilement à effectuer leur mue, des déformations au niveau des élytres ont été observées. Les larves traitées au *M. anisopliae* var *acridum* présentent des changements morphologiques au niveau de la coloration : les larves deviennent complètement rouges (fig.40) et se momifient après leur mort (fig.41). Les symptômes d'infection de ce champignon sur les larves se manifestent avec l'existence des spores qui couvre le corps du cadavre (fig.42).



Fig.38 : Larve L5 de *L. migratoria* traité au Triflumuron



Fig.39 : Larve L5 de *L. migratoria* traité au henné

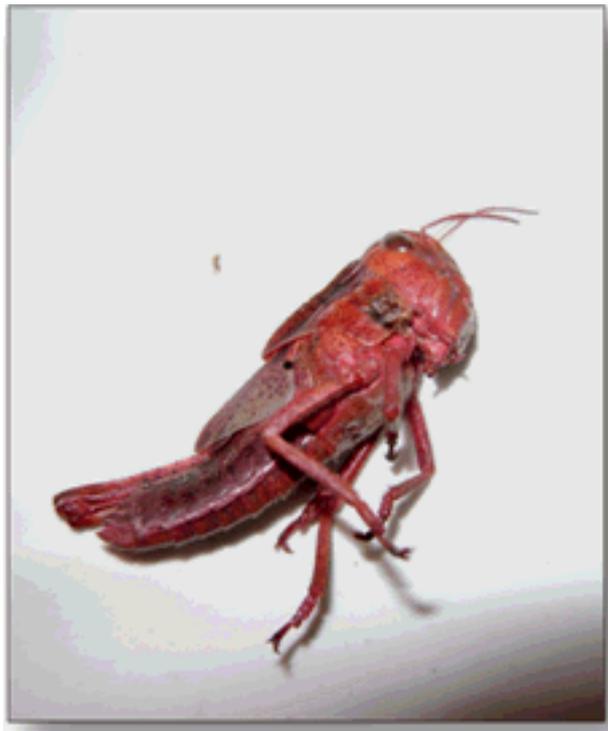


Fig.40 : Larve L5 de *L. migratoria* rougeâtre après le traitement par *M. anisopliae*



Fig.41 : Momification d'une larve L5 de *L. migratoria* traité par *M. anisopliae*



Fig.42 : femelle de *L. migratoria* infectée par *M. Anisopliae*

1.2. L'effet sur la mortalité

1.2.1. L'effet du *M. anisopliae*

a- Traitement par contact

Les taux de mortalité journalière cumulée des larves L5, traitées au *M. anisopliae* par contact sont portés sur le tableau 1 (Annexe 2) et illustrés par la fig.43.

Les résultats obtenus montrent 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. Même qu'on a enregistré chez les témoins un taux de mortalité de 20% qui reste stable pendant le développement des larves.

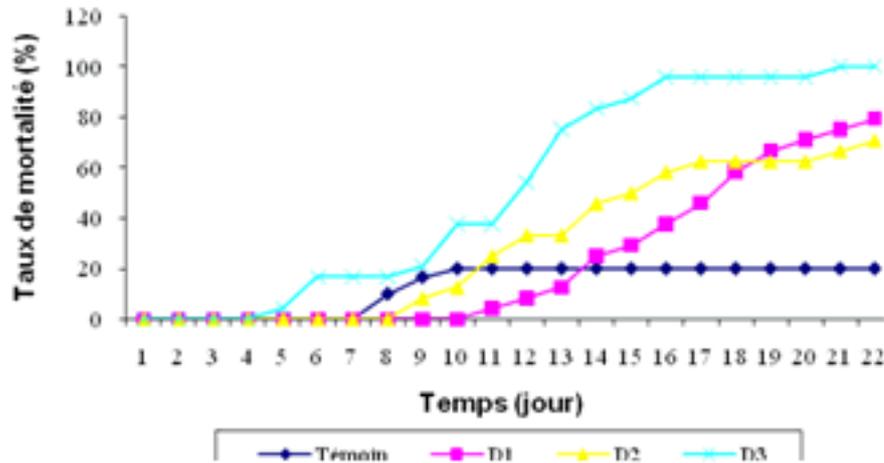


Fig.43 : Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5, traitées au *M. anisopliae* par contact

b- Traitement par ingestion

Les résultats de taux de mortalité journalière cumulée des larves L5, traitées au *M. anisopliae* par ingestion sont portés sur le tableau 2 (Annexe 2) et illustrés par la fig.44.

Chez les larves L5 traitées au *M. anisopliae* par ingestion, on a enregistré un début de mortalité de 16,67% au 9^{ème} jour à la dose D1, 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 atteint 91,67% à la dose D1, 79,17% à la dose D2 et 91,67 à la dose D3. Le taux de mortalité est de 3,33 chez les larves témoins, il reste stable durant le développement des larves.

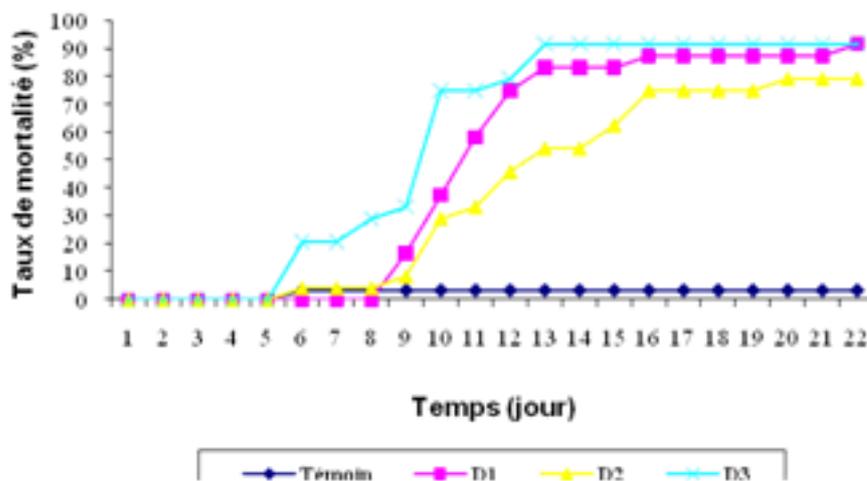


Fig.44 : Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5, traitées au *M. anisopliae* par ingestion

1.2.2. L'effet du Triflumuron

a- Traitement par contact

Les résultats de taux de mortalité journalière cumulée des larves L5, traitées au Triflumuron par contact sont portés sur le tableau 3 (Annexe 2) et illustrés par la fig.45.

Suite aux traitements appliqués sur les larves L5 avec le Triflumuron par contact, il apparait que la mortalité s'observe au moment de la mue imaginale. Ce taux atteint 100% à la dose D1 au 18^{ème} jour et à la dose D2 et D3 au 19^{ème} jour. Chez les larves témoins, on a signalé un taux de mortalité de 3,33 reste stable jusqu'à la mue.

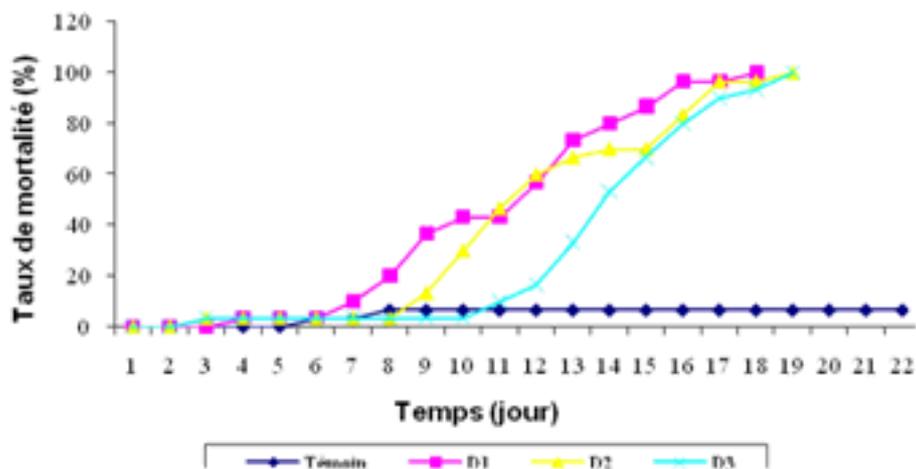


Fig.45 : Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5, traitées au Triflumuron par contact

b- Traitement par ingestion

Les taux de mortalité journalière cumulée des larves L5, traitées au Triflumuron par ingestion sont portés sur le tableau 4 (Annexe 2) et illustrés par la fig.46.

Les larves L5 alimentées par du gazon traité au Triflumuron meurt au moment de la mue imaginale. Le 100% de mortalité est enregistré au 18^{ème} jour à la dose D2 et au 20^{ème} jour à la dose D3. Le taux de mortalité est de 96,67% au 20^{ème} jour à la dose D1 et de 10% chez les larves L5 témoins qui reste stable jusqu'à la mue.

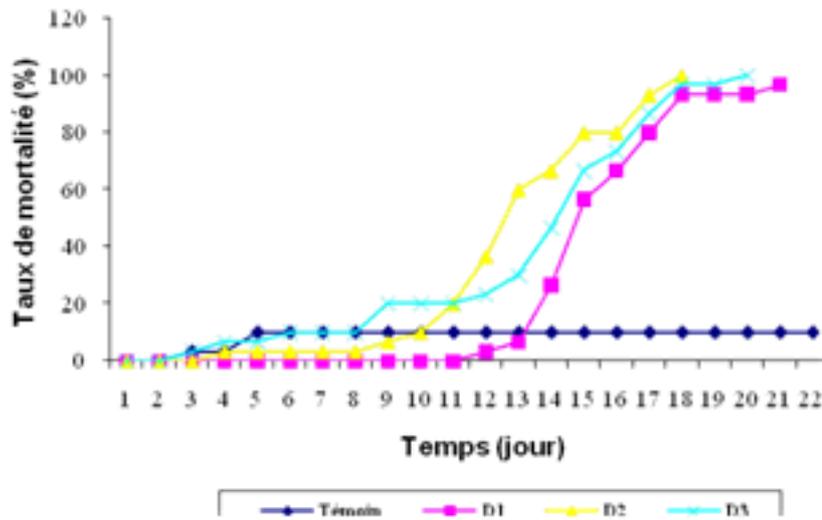


Fig.46 : Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5, traitées au Triflumuron par ingestion

1.2.3. L'effet du henné

a- Traitement par contact

Le taux de mortalité journalière cumulée des larves L5, traitées au henné par contact sont portés sur le tableau 5 (Annexe 2) et illustrés par la fig.47.

Suite aux résultats obtenus après le traitement des larves L5 avec le henné par contact, il apparait que la mortalité commence au moment de la mue imaginale et arrive à un taux de 100% 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. Chez les larves témoins ce taux est de 20% reste stable jusqu'à la mue.

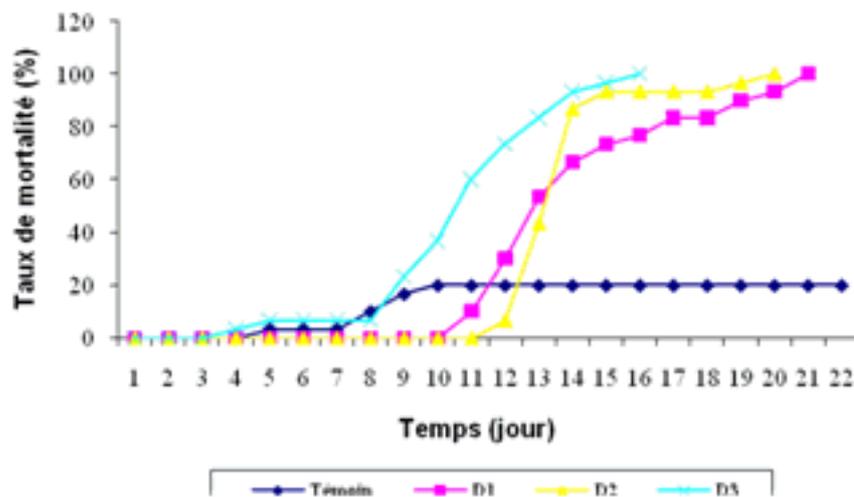


Fig.47: Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5, traitées au henné par contact

b- Traitement par ingestion

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

Les résultats de taux de mortalité journalière cumulée des larves L5, traitées au henné par ingestion sont portés sur le tableau 6 (Annexe 2) et illustrés par la fig.48.

D'après les résultats de l'alimentation des larves L5 avec du gazon pulvérisé au henné, on constat que la mortalité débute au moment de la mue et arrive à un taux de 100% à la dose D2 au 19^{ème} jour, à la dose D3 au 22^{ème} jour et à un taux de 96,67% au 22^{ème} jour à la dose D1. Concernant les larves témoins ce taux est de 3,33% reste stable jusqu'à la mue.

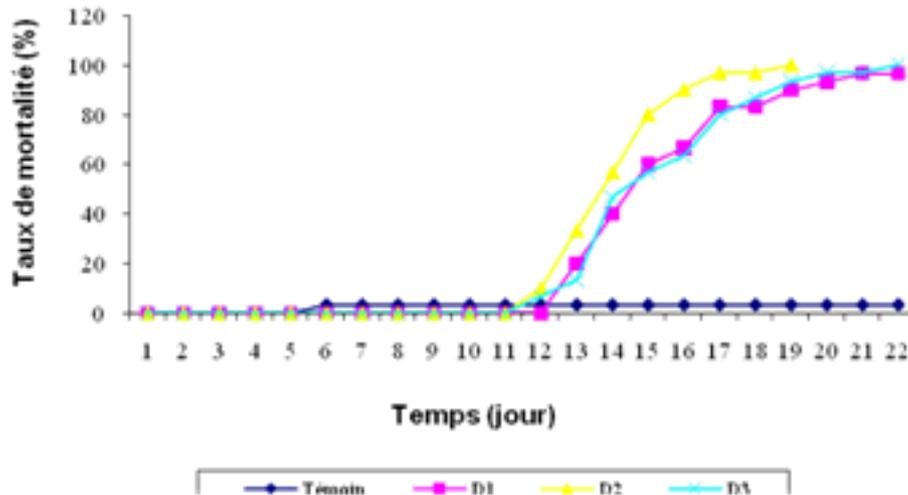


Fig.48: Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5, traitées au henné par ingestion

· Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse 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	23	48024.732	2088.032	4.360	< 0,0001
Résidus	31	14846.784	478.929		
Total	54	62871.515			

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	67302.116	2804.255	6.792	< 0,0001
Résidus	56	23120.106	412.859		
Total	80	90422.222			

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	81383.450	3390.977	7.743	< 0,0001
Résidus	54	23648.618	437.937		
Total	78	105032.068			

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 cumulée journalière des larves témoins et celles traitées aux trois produits par les deux type de traitement contact et ingestion une probabilité < 0,05.

1. 3. Calcul des DL50

On a calculé les DL50 au 15^{ème} jour après traitement des larves L5 pour les trois produits et seulement pour le traitement par contact, donc on a utilisé la fonction suivante : $y = ax+b$ (d'où y : probits et x : log doses), et pour un pourcentage de mortalité de 50 % $y = 5$ (dont probit de 50 = 5). Concernant le traitement par ingestion avec les trois biopesticides on a obtenu des droites de régression inadéquates (R^2 est faible), donc on ne peut pas calculer les DL50 dans ce cas là.

1. 3. 1. L'efficacité du *M. anisopliae*

a- Traitement par contact

Les résultats de l'efficacité de traitement par contact de *M. anisopliae* sur les L5 de *L. migratoria* au 15^{ème} jour sont portés sur le tableau 7 (Annexe 2) et illustrés par la fig.49.

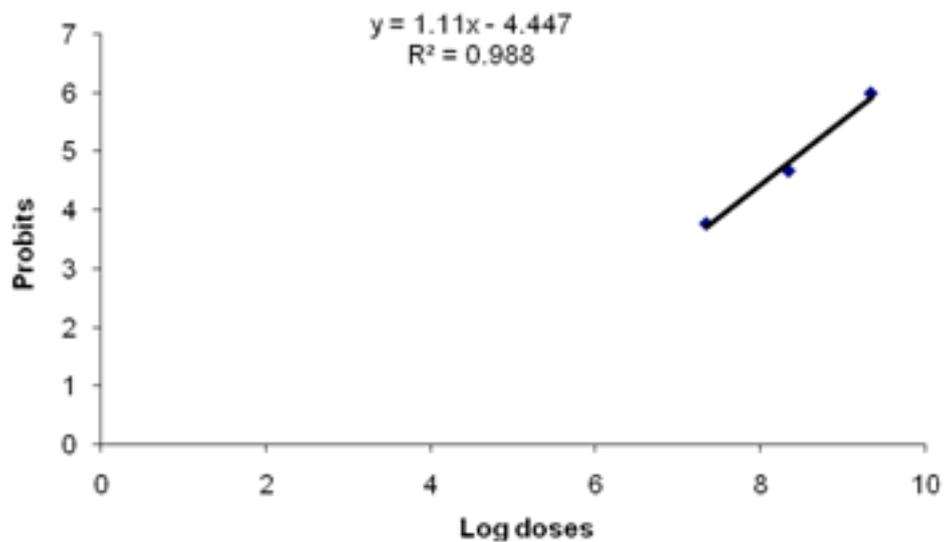


Fig.49: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur les L5 de *L. migratoria* au 15^{ème} jour

La DL50 de traitement par contact de *M. anisopliae* sur les L5 de *L. migratoria* au 15^{ème} jour

est égale à 0.32×10^9 spores/ml.

b- Traitement par ingestion

Les résultats de l'efficacité de traitement par ingestion de *M. anisopliae* sur les L5 de *L. migratoria* au 15^{ème} jour sont portés sur le tableau 8 (Annexe 2).

1. 3. 2. L'efficacité du Triflumuron

a- Traitement par contact

Les résultats de l'efficacité de traitement par contact de Triflumuron sur les L5 de *L. migratoria* au 15^{ème} jour sont portés sur le tableau 9 (Annexe 2) et illustrés par la fig.50.

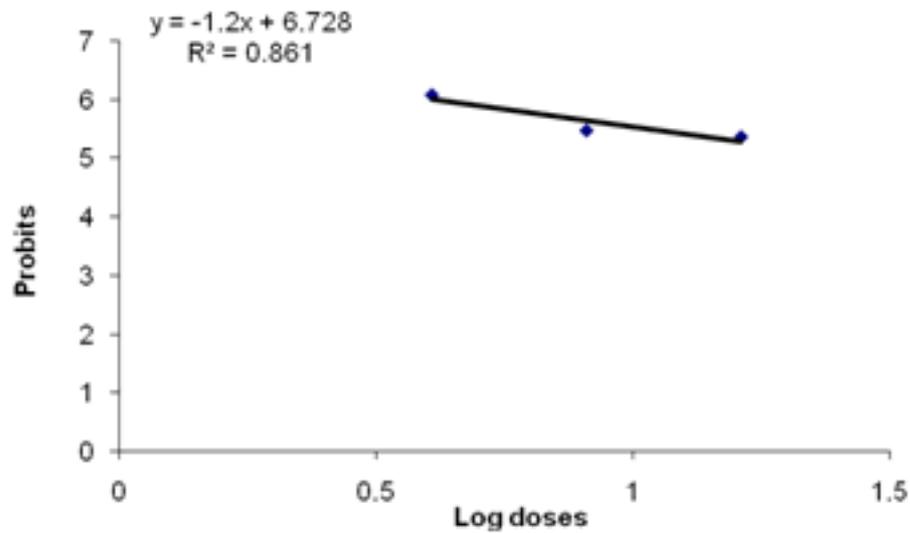


Fig.50: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur les L5 de *L. migratoria* au 15^{ème} jour

La DL50 de traitement par contact de Triflumuron sur les L5 de *L. migratoria* au 15^{ème} jour

est égale à 2.75 ml/l.

b- Traitement par ingestion

Les résultats de l'efficacité de traitement par ingestion de Triflumuron sur les L5 de *L. migratoria* au 15^{ème} jour sont portés sur le tableau 10 (Annexe 2).

1. 3. 3. L'efficacité du henné

a- Traitement par contact

Les résultats de l'efficacité de traitement par contact de henné sur les L5 de *L. migratoria* au 15^{ème} jour sont portés sur le tableau 11 (Annexe 2) et illustrés par la fig.51.

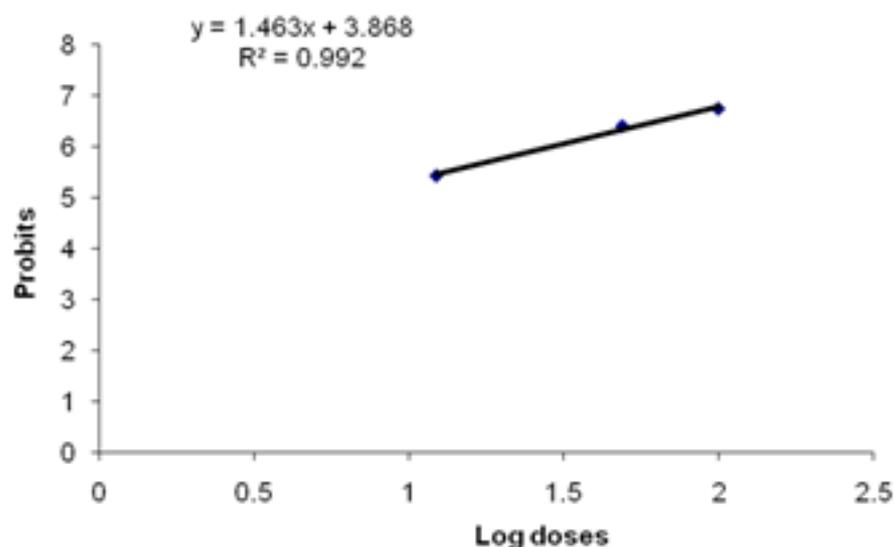


Fig.51: Effet de traitement par contact de henné sur les L5 de *L. migratoria* au 15^{ème} jour

La DL50 de traitement par contact de henné sur les L5 de *L. migratoria* au 15^{ème} jour est égale à 5.94%.

b- Traitement par ingestion

Les résultats de l'efficacité de traitement par ingestion de henné sur les L5 de *L. migratoria* au 15^{ème} jour sont portés sur le tableau 12 (Annexe 2).

2. L'effet de trois biopesticides sur l'évolution pondérale, le gain du poids, le développement et l'activité alimentaire des larves L5 de *L. migratoria*

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

2.1.1. Effet sur l'évolution pondérale

a- Traitement par contact

Les résultats du poids moyen des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact sont portés sur le tableau 13 (Annexe 2) et illustrés par la fig.52.

L'examen des données sur les pesés faites quotidiennement sur les larves L5 femelles traitées aux trois biopesticides par contact, ne montre aucune différence significative entre les traitées et les témoins : en effet le poids moyen initial enregistré est de 0,5g chez les larves pulvérisé à l'eau, de 0,44g chez les larves pulvérisé à l'eau distillée, de 0,52g chez celles traitées par le henné, de 0,56g chez les traitées par le Triflumuron et 0,46g chez les traitées au *M. anisopliae*. Le poids augmente avec le temps et avec le développement des larves ensuite diminue et arrive à un poids moyen final après la mue de 0,7g pour

les pulvérisées à l'eau et de 1g pour celles pulvérisées à l'eau distillée. Chez les larves traitées au henné et au Triflumuron, une augmentation du poids a été enregistrée durant leur développement. Cependant l'effet régulateur de ces deux substances s'est manifesté par la mort des insectes au moment de la mue. Leur poids est de 1,2g pour les traitées au henné et 1,4g pour les traitées au Triflumuron. Concernant les larves traitées au *M. anisopliae*, on signale une légère augmentation du poids pendant leur développement. Ce poids atteint 0,8 g à la mort.

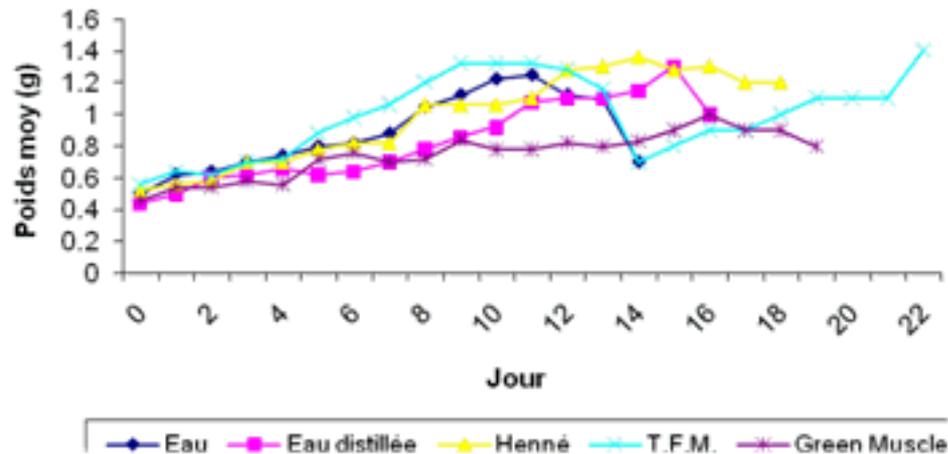


Fig.52 : L'évolution pondérale des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 9, 10 et 11.

Tableau 9: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur l'évolution pondérale des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.059	0.059	1.433	0.239
Résidus	35	1.452	0.041		
Total	36	1.512			

Tableau 10: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur l'évolution pondérale des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.099	0.099	1.581	0.217
Résidus	36	2.260	0.063		
Total	37	2.359			

Tableau 11: Effet de traitement par contact de henné sur l'évolution pondérale des larves L5 de *L. migratoria*

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.218	0.218	2.952	0.095
Résidus	34	2.509	0.074		
Total	35	2.727			

D'après les tableaux 9, 10 et 11, on constate que la probabilité est supérieure à 0,05, ce qui implique qu'il n'y a pas une différence significative entre le poids des larves témoins et celles traitées aux trois produits par contact.

b- Traitement par ingestion

Les résultats du poids moyen des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion sont portés sur le tableau 14 (Annexe 2) et illustrés par la fig.53.

Les pesées faites chaque jour sur les larves femelles alimentées par du gazon pulvérisé avec les trois biopesticides ont montré que le poids des larves des deux témoins et celui des larves nourries avec du gazon pulvérisé au henné et du gazon pulvérisé au Triflumuron augmentent rapidement avec le développement des insectes jusqu'à la mue, d'où on note un poids moyen initial de 0,56g du lot alimenté par du gazon pulvérisé avec l'eau et 0,48g chez les insectes nourris par du gazon pulvérisé avec l'eau distillée contre 0,48g et 0,52g respectivement pour les traitées par ingestion au henné et au Triflumuron. Le poids moyen final après la mue pour les témoins et au moment de la mue pour les traitées est de 1,2g chez les alimentées par du gazon pulvérisé avec l'eau et 0,9g chez les nourries par du gazon pulvérisé avec l'eau distillée contre 0,9g et 1,16g respectivement pour les traitées par ingestion au henné et au Triflumuron. Une augmentation moins importante du poids des larves alimentées à base du gazon pulvérisé au *M. anisopliae* a été enregistré avec un poids moyen initial de 0,38g et poids moyen final dès la mort des insectes de 0,67g.

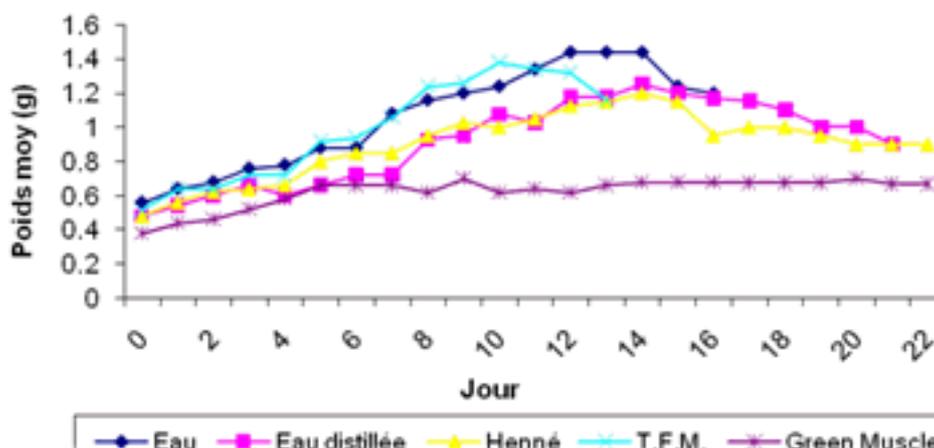


Fig.53 : L'évolution pondérale des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

· Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 12, 13 et 14.

Tableau 12: Effet de traitement par ingestion de *M. anisopliae* sur l'évolution pondérale des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.944	0.944	28.197	< 0,0001
Résidus	43	1.440	0.033		
Total	44	2.385			

Tableau 13: Effet de traitement par ingestion de Triflumuron sur l'évolution pondérale des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.034	0.034	0.378	0.543
Résidus	29	2.602	0.090		
Total	30	2.636			

Tableau 14: Effet de traitement par ingestion de henné sur l'évolution pondérale des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.002	0.002	0.032	0.858
Résidus	43	2.121	0.049		
Total	44	2.123			

Nous remarquons d'après le tableau 12, que la probabilité est inférieure à 0,05, ce qui résulte qu'il existe une différence hautement significative entre le poids des larves témoins et celles traitées au *M. anisopliae* par ingestion. Les tableaux 13 et 14, montrent que la probabilité est supérieure à 0,05, donc il n'y a pas une différence significative entre le poids des larves témoins et celles traitées au Triflumuron et au henné par ingestion.

2.1.2. Effet sur le gain du poids

a- Traitement par contact

Les résultats obtenus concernant le gain du poids chez les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact sont consignés dans le tableau 15 (Annexe 2) et illustrés par la fig.54.

On examinant les résultats, on trouve que le gain du poids moyen est nettement notable chez les larves témoins (soit avec l'eau ou l'eau distillée), d'où il est de 0,44g pour celles pulvérisé avec l'eau distillée et de 0,42g pour celles pulvérisé avec l'eau. Chez les larves traitées avec le Triflumuron et le henné leur gain du poids est plus important, mais il est moins important pour les traitées au *M. anisopliae* par rapport aux témoins. Ce gain est de 0,66g ; 0,7g et 0,22g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et *M. anisopliae*.

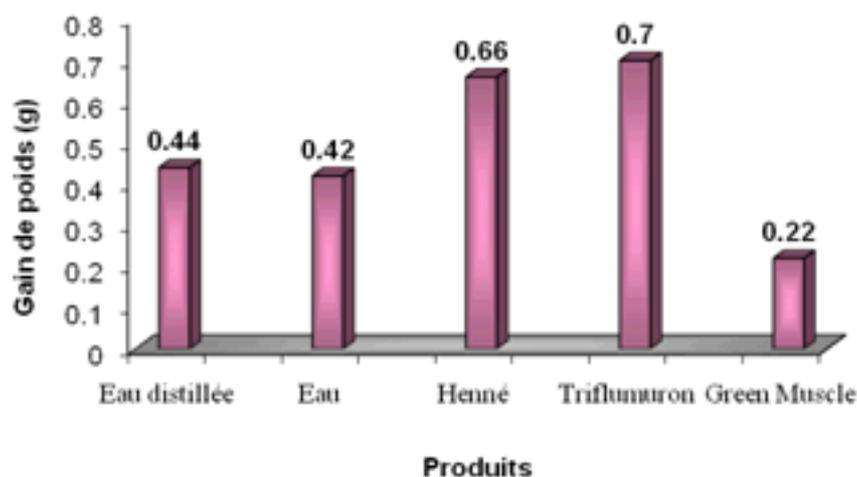


Fig.54 : Gain du poids chez les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

· Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 15, 16 et 17.

Tableau 15: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur le gain du poids des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.121	0.121	4.400	0.069
Résidus	8	0.220	0.028		
Total	9	0.341			

Tableau 16: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur le gain du poids des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.196	0.196	5.091	0.054
Résidus	8	0.308	0.039		
Total	9	0.504			

Tableau 17: Effet de traitement par contact de henné sur le gain du poids des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.121	0.121	4.745	0.061
Résidus	8	0.204	0.026		
Total	9	0.325			

D'après les tableaux 15, 16 et 17, on constate que la probabilité est supérieure à 0,05, ce qui implique qu'il n'y a pas une différence significative entre le gain du poids des larves témoins et celles traitées aux trois produits par contact.

b- Traitement par ingestion

Les résultats concernant le gain de poids chez les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion sont consignés dans le tableau 16 (Annexe 2) et illustrés par la fig.55.

Le gain de poids des larves témoins et celui des insectes nourris à base de gazon traité au henné et celui du lot des larves alimentées par du gazon traité au Triflumuron est plus important. Il est de 0,44g et 0,58g respectivement chez les alimentées du gazon pulvérisé avec l'eau distillée et les nourris avec du gazon pulvérisé par l'eau contre 0,5g et 0,64g respectivement chez les traitées avec le henné et le Triflumuron par ingestion. Chez les larves alimentées avec du gazon traité au *M. anisopliae*, le gain du poids est moins important par rapport à celui du témoin qui est de 0,28g.

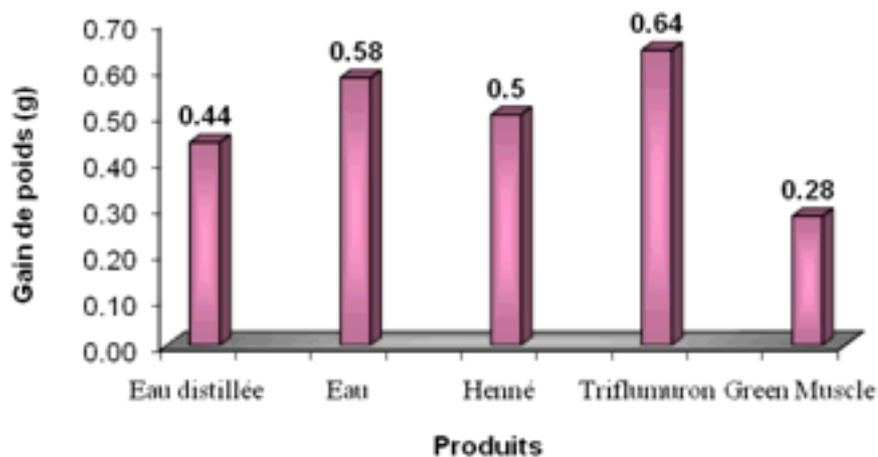


Fig.55 : Gain du poids chez les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 18, 19 et 20.

Tableau 18: Effet de traitement par ingestion de *M. anisopliae* sur le gain du poids des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.064	0.064	1.969	0.198
Résidus	8	0.260	0.033		
Total	9	0.324			

Tableau 19: Effet de traitement par ingestion de Triflumuron sur le gain du poids des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.009	0.009	0.300	0.599
Résidus	8	0.240	0.030		
Total	9	0.249			

Tableau 20: Effet de traitement par ingestion de henné sur le gain du poids des larves L5 de *L. migratoria*

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.009	0.009	0.101	0.759
Résidus	8	0.712	0.089		
Total	9	0.721			

D'après les tableaux 18, 19 et 20, on constate que la probabilité est supérieure à 0,05, ce qui implique qu'il n'y a pas une différence significative entre le gain du poids des larves témoins et celui des traitées aux trois produits par ingestion.

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

Pour les trois produits testés par les deux modes de pénétration, toutes les larves du stade L5 n'ont pas pu atteindre le stade imago. Elles sont toutes mortes au cours de ce passage.

a- Traitement par contact

Les résultats de la durée moyenne de développement des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact sont consignés dans le tableau 17 (Annexe 2) et illustrés par la fig.56.

D'après le suivi des larves traitées aux trois biopesticides par contact, on constate que la durée moyenne de développement est de 13,75j et 14,5j respectivement pour les larves des deux témoins. Elle est nulle pour les traitées aux trois biopesticides par contact.

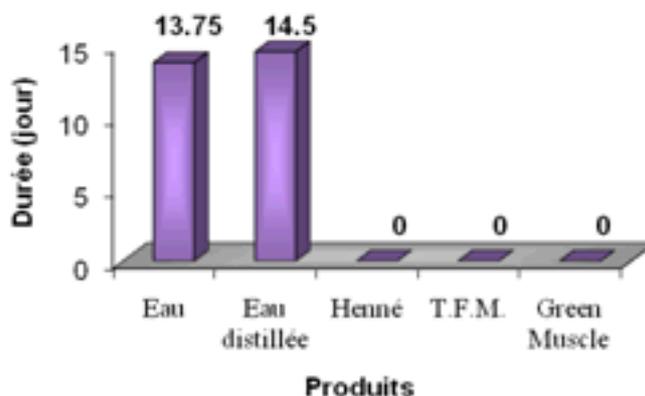


Fig.56 : Durée moyenne du passage de L5 à l'imago de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 21, 22 et 23.

Tableau 22: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur la durée de développement des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	302.500	302.500	15.714	0.004
Résidus	8	154.000	19.250		
Total	9	456.500			

Tableau 23: Effet de traitement par contact de henné sur la durée de développement des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	336.400	336.400	15.018	0.005
Résidus	8	179.200	22.400		
Total	9	515.600			

Les données des tableaux 21, 22 et 23 montrent une différence significative entre la durée de développement des larves témoins et celles traitées aux trois produits par contact (Probabilité < 0,05).

b- Traitement par ingestion

Les résultats de la durée moyenne de développement des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion sont consignés dans le tableau 18 (Annexe 2) et illustrés par la fig.57.

La durée moyenne de développement des insectes traités aux trois biopesticides par ingestion est nulle et elle est de 16,40j et de 18,75j respectivement chez les larves des deux témoins considérés.

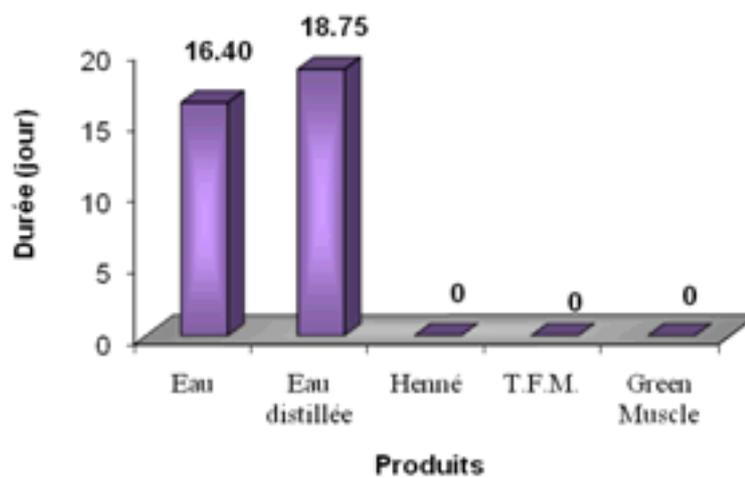


Fig.57 : Durée moyenne du passage de L5 à l'imago de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

· Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 24, 25 et 26.

Tableau 24: Effet de traitement par ingestion de *M. anisopliae* sur la durée de développement des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	562.500	562.500	15.101	0.005
Résidus	8	298.000	37.250		
Total	9	860.500			

Tableau 25: Effet de traitement par ingestion de Triflumuron sur la durée de développement des larves L5 de *L. migratoria*

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	672.400	672.400	4482.667	< 0,0001
Résidus	8	1.200	0.150		
Total	9	673.600			

Tableau 26: Effet de traitement par ingestion de henné sur la durée de développement des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	562.500	562.500	15.101	0.005
Résidus	8	298.000	37.250		
Total	9	860.500			

Les tableaux 24, 25 et 26 nous montrent qu'il y a une différence significative entre la durée de développement des larves témoins et celles traitées au *M. anisopliae* et au henné par ingestion et hautement significative pour celles traitées au Triflumuron (Probabilité < 0,05).

2.3. Effet sur l'activité alimentaire

2.3.1. Effet sur la consommation journalière des larves L5

2.3.1.1. Effet sur l'ingéra

Remarque : Notons que le poids sec du 15 g du gazon est 3,421g.

a- Traitement par contact

Les résultats du poids journalier d'ingéra des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact sont consignés dans le tableau 19 (Annexe 2) et illustrés par la fig.58.

Le suivi de l'évolution pondérale des ingéra des larves traitées aux trois biopesticides par contact, nous montre que la consommation initiale débute avec 2,643g et 2,319g respectivement pour les pulvérisés avec l'eau distillée et l'eau contre 1,052g, 1,218g et 1,258g respectivement chez les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. Cette consommation augmente et diminue au cours de temps et atteint des valeurs soit supérieures ou inférieures aux valeurs initiales. Elle atteint les valeurs finales de 1,076g, 1,292g et 1,381g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae* contre 1,351g et 0,874g chez les témoins traitées à l'eau distillée et l'eau. Donc la quantité de matière sèche de l'aliment ingéré par les 5 larves traitées avec l'eau et celle des 5 autres larves pulvérisées avec l'eau distillée est plus élevée que celle enregistrée chez les larves traitées aux trois biopesticides par contact.

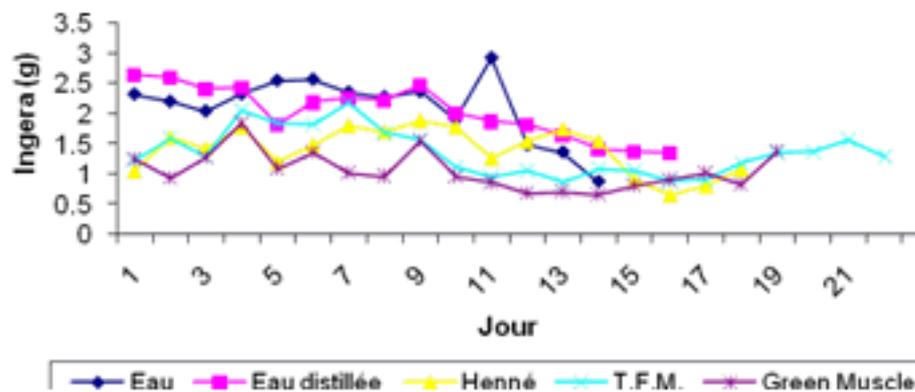


Fig.58 : L'évolution pondérale des ingerades larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

· Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 27, 28 et 29.

Tableau 27: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur l'ingera des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	8.197	8.197	57.947	< 0,0001
Résidus	33	4.668	0.141		
Total	34	12.866			

Tableau 28: Effet de traitement par contact de Triflururon sur l'ingera des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	4.740	4.740	23.234	< 0,0001
Résidus	34	6.936	0.204		
Total	35	11.676			

Tableau 29: Effet de traitement par contact de henné sur l'ingera des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	3.396	3.396	20.544	< 0,0001
Résidus	32	5.290	0.165		
Total	33	8.686			

Les tableaux 27, 28 et 29 nous montrent qu'il y a une différence hautement significative entre l'ingera enregistrée chez les larves témoins et celle des larves traitées aux trois produits par contact (Probabilité < 0,05).

b- Traitement par ingestion

Les résultats du poids journalier d'ingera des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion sont consignés dans le tableau 20 (Annexe 2) et illustrés par la fig.59.

Les consommations journalières des larves alimentées par du gazon traité aux trois biopesticides ont commencé par des valeurs initiales de 1,164g et 1,533g respectivement

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

pour les insectes nourris avec du gazon pulvérisé par l'eau distillée et celles alimentées par du gazon pulvérisé avec l'eau contre 1,275g, 1,505g et 1,248g respectivement chez les traitées par ingestion au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. L'accroissement de cette consommation et la diminution se font durant le développement pour atteindre des valeurs plus importantes ou moins importantes que les valeurs initiales. La valeur finale de cette consommation est de 1,189g, 0,746g et 1,236g respectivement pour les larves nourries avec des aliments traités au henné, au Triflumuron et au *M. anisopliae* contre 1,449g et 1,477g respectivement pour les deux témoins traités à l'eau distillée et l'eau.

Ces résultats ne montrent aucune différence entre la quantité de matière sèche de l'aliment ingéré par les 5 larves des deux témoins étudiés et celle enregistrée chez les larves traitées aux trois biopesticides par ingestion.

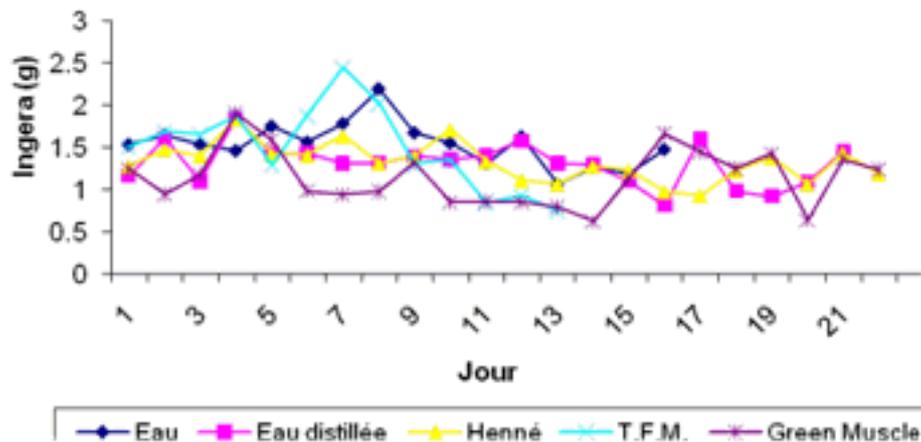


Fig.59 : L'évolution pondérale des ingerades larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 30, 31 et 32.

Tableau 30: Effet de traitement par ingestion de *M. anisopliae* sur l'ingera des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.264	0.264	2.997	0.091
Résidus	41	3.607	0.088		
Total	42	3.870			

Tableau 31: Effet de traitement par ingestion de Triflumuron sur l'ingera des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.013	0.013	0.088	0.769
Résidus	27	3.953	0.146		
Total	28	3.966			

Tableau 32: Effet de traitement par ingestion de henné sur l'ingera des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.002	0.002	0.040	0.842
Résidus	41	2.325	0.057		
Total	42	2.327			

D'après les tableaux 30, 31 et 32, on constate que la probabilité est supérieure à 0,05, ce qui implique qu'il n'y a pas de différence significative entre l'ingesta des larves témoins et celles traitées aux trois produits par ingestion.

2.3.1.2. Effet sur L'egesta

a- Traitement par contact

Les résultats du poids journalier d'egesta des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact sont consignés dans le tableau 21 (Annexe 2) et illustrés par la fig.60.

Les pesées faites quotidiennement sur les fèces des 5 larves mises dans chaque boîte réservée à un des trois traitements, donnent des valeurs initiales de 0,364g et 0,554g respectivement pour les pulvérisés avec l'eau distillée et l'eau contre 0,141g, 0,142g et 0,064g respectivement chez les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. Le poids des excréments augmente et diminue au cours de temps et atteint des valeurs soit supérieures ou inférieures aux valeurs initiales. La valeur finale est de 0g, 0,140g et 0,016g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae* contre 0,078g et 0g respectivement chez les pulvérisés avec l'eau distillée et l'eau. Donc le poids sec des fèces des larves traitées au Triflumuron et au *M. anisopliae* est moins important que celui des témoins. Pour les larves traitées au henné, on remarque que le poids de leurs fèces n'a pas marqué une différence comparativement aux témoins.

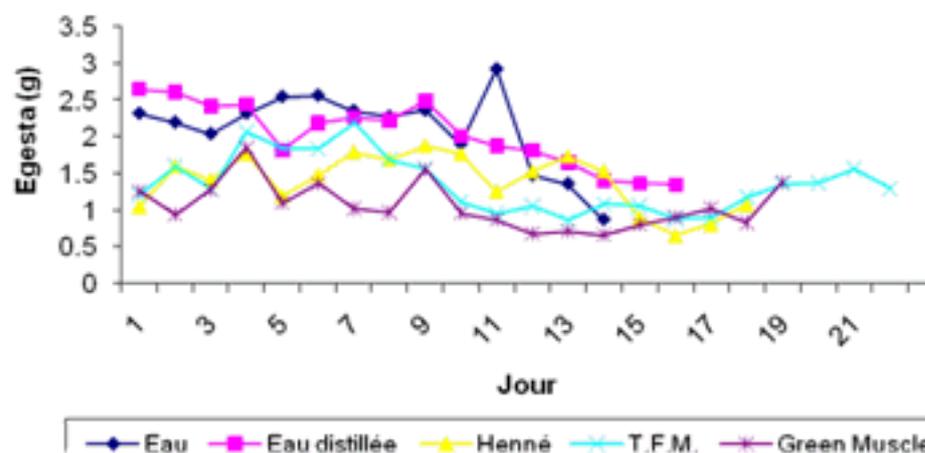


Fig.60 : L'évolution pondérale des egesta des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 33, 34 et 35.

Tableau 33: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur l'egesta des larves L5 de *L. migratoria*

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.513	0.513	12.948	0.001
Résidus	33	1.307	0.040		
Total	34	1.820			

Tableau 34: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur l'egesta des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.393	0.393	4.341	0.045
Résidus	34	3.078	0.091		
Total	35	3.471			

Tableau 35: Effet de traitement par contact de henné sur l'egesta des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.039	0.039	0.575	0.454
Résidus	32	2.171	0.068		
Total	33	2.210			

Les tableaux 33 et 34, nous 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 celles traitées au *M. anisopliae* et Triflumuron par contact, mais la probabilité est supérieure à 0,05 dans le tableau 35, donc il n'y a pas une différence significative entre l'egesta des larves témoins et celles traitées au henné.

b- Traitement par ingestion

Les résultats du poids journalier d'egesta des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion sont consignés dans le tableau 22 (Annexe 2) et illustrés par la fig.61.

Le suivi de l'évolution pondérale des excréments des larves nourries chacune avec une alimentation pulvérisée par chacun des trois biopesticides étudié séparément, donne des valeurs initiales de 0,109g et 0,093g respectivement pour les insectes témoins (gazon traité à l'eau et gazon traité à l'eau distillée) contre 0,198g, 0,228g et 0,06g respectivement chez les traitées par ingestion au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. L'accroissement du poids des excréments et le décroissement se fait au cours de temps pour atteindre des valeurs soit plus importantes ou moins importantes qu'aux valeurs initiales pour atteindre la valeur finale de 0,162g, 0g et 0,072g respectivement pour les larves nourries avec des aliments traités séparément au henné, au Triflumuron et au *M. anisopliae* contre 0g pour les témoins : traitées avec l'eau et l'eau distillée séparément.

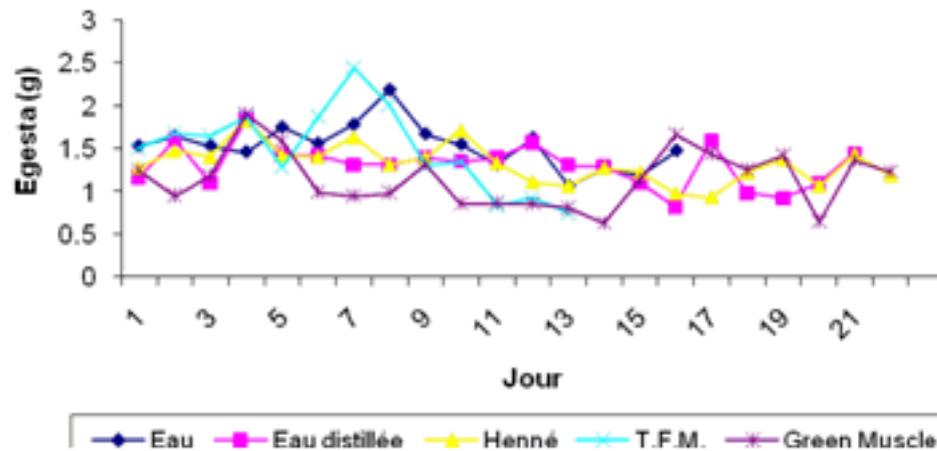


Fig.61 : L'évolution pondérale des egesta des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 36, 37 et 38.

Tableau 36: Effet de traitement par ingestion de *M. anisopliae* sur l'egesta des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.033	0.033	1.089	0.303
Résidus	41	1.237	0.030		
Total	42	1.269			

Tableau 37: Effet de traitement par ingestion de Triflururon sur l'egesta des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.156	0.156	1.578	0.220
Résidus	27	2.675	0.099		
Total	28	2.831			

Tableau 38: Effet de traitement par ingestion de henné sur l'egesta des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.001	0.001	0.026	0.872
Résidus	41	1.459	0.036		
Total	42	1.460			

D'après les tableaux 37, 38 et 39, on constate que la probabilité est supérieure à 0,05, ce qui implique qu'il n'y a pas une différence significative entre l'egesta des larves témoins et celles traitées au trois produits par ingestion.

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

a) Indice de consommation (I.C.)

1- Traitement par contact

Les résultats de l'effet contact des trois biopesticides sur l'indice de consommation des larves L5 de *L. migratoria* sont consignés dans le tableau 23 (Annexe 2) et illustrés par la fig.61.

Ces résultats montrent que l'indice des trois substances est de 1,61, 1,55 et 1,47 respectivement chez les insectes traités au henné, au Triflumuron et au *M.anisopliae*. Ces valeurs sont inférieures à celles des témoins qui sont de 2,70 et 2,44 respectivement pour les larves témoins traitées à l'eau distillée et à l'eau.

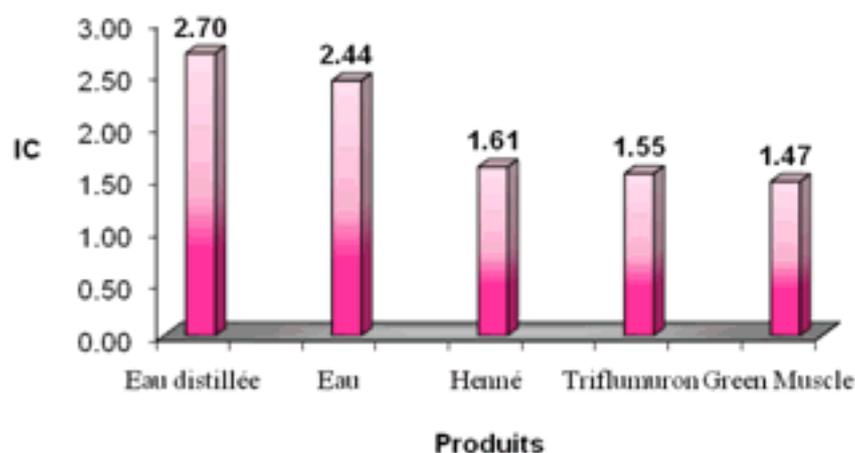


Fig.62: L'indice de consommation des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 39,40 et 41.

Tableau 39: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur l'indice de consommation des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	13.077	13.077	14.090	0.001
Résidus	33	30.628	0.928		
Total	34	43.705			

Tableau 40: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur l'indice de consommation des larves L5 de *L. migratoria*

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	8.433	8.433	16.954	0.000
Résidus	34	16.912	0.497		
Total	35	25.344			

Tableau 41: Effet de traitement par contact de henné sur l'indice de consommation des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	11.999	11.999	12.900	0.001
Résidus	32	29.767	0.930		
Total	33	41.766			

Les tableaux 39, 40 et 41, nous montre qu'il y a une différence significative entre l'indice de consommation des larves témoins et celles traitées aux trois produits par contact à une probabilité < 0,05.

2- Traitement par ingestion

Les résultats d'indice de consommation des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion sont consignés dans le tableau 24 (Annexe 2) et illustrés par la fig.63.

Les résultats de traitement par ingestion avec les trois biopesticides, montrent que l'indice de consommation (I.C.) enregistré pour les larves nourries avec du gazon traité au henné est inférieur ou égal à celui des insectes alimentés avec du gazon pulvérisé par l'eau distillée (1,53) et celui des larves nourries avec du gazon pulvérisé par l'eau (1,54). Pour les larves traitées par ingestion au Triflumuron et au *M. anisopliae*, on note des indices légèrement supérieurs à ceux enregistrés pour les témoins, soit 1,63 pour le premier produit et 1,85 pour le deuxième.



Fig.63: L'indice de consommation des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 42, 43 et 44.

Tableau 42: Effet de traitement par ingestion de *M. anisopliae* sur l'indice de consommation des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	1.103	1.103	3.052	0.088
Résidus	41	14.811	0.361		
Total	42	15.913			

Tableau 43: Effet de traitement par ingestion de Triflumuron sur l'indice de consommation des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.058	0.058	0.138	0.713
Résidus	27	11.454	0.424		
Total	28	11.512			

Tableau 44: Effet de traitement par ingestion de henné sur l'indice de consommation des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.000	0.000	0.000	0.983
Résidus	41	13.074	0.319		
Total	42	13.074			

Les tableaux 42, 43 et 44, montrent que la probabilité est supérieure à 0,05, ce qui implique qu'il n'y a pas une différence significative entre l'indice de consommation des larves témoins et celui des larves traitées aux trois produits par ingestion.

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

1- Traitement par contact

Les résultats d'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact sont consignés dans le tableau 25 (Annexe 2) et illustrés par la fig.64.

Les résultats obtenus suite à ces traitements par contact aux trois biopesticides, montrent que l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée (E.C.I.) la plus élevée est enregistrée chez les larves traitées au Triflumuron (55,16%), suivi par celles traitées au henné (51,53%). Chez les témoins l'E.C.I. est de 22,72% pour les pulvérisées avec l'eau distillée et de 21,91% pour les pulvérisées avec l'eau. Quand aux insectes traités au *M.anisopliae* l'E.C.I. est de 22,32%.

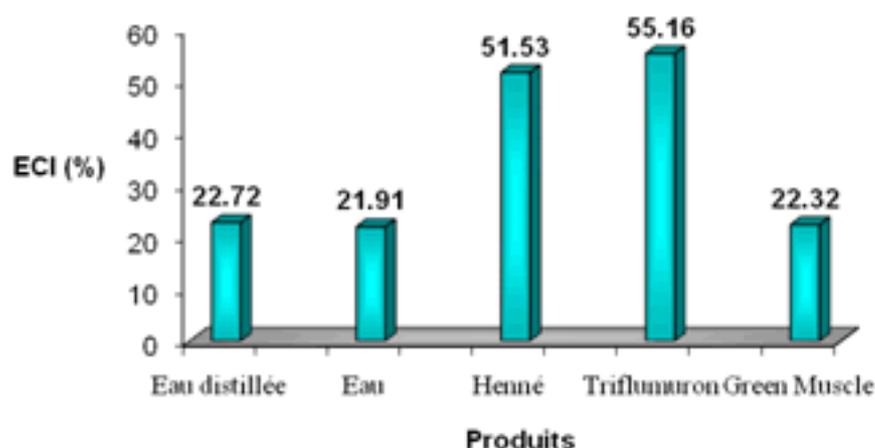


Fig.64: L'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 45, 46 et 47.

Tableau 45: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* 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	1	1.381	1.381	0.042	0.840
Résidus	33	1095.332	33.192		
Total	34	1096.714			

Tableau 46: Effet de traitement par contact de Triflumuron 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	1	9463.651	9463.651	57.698	< 0,0001
Résidus	34	5576.729	164.021		
Total	35	15040.380			

Tableau 47: Effet de traitement par contact de henné 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	1	7029.663	7029.663	37.410	< 0,0001
Résidus	32	6013.058	187.908		
Total	33	13042.721			

La probabilité du tableau 45 est supérieure à 0,05, ce qui implique qu'il n'y a pas une différence significative entre l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves témoins et traitées au *M. anisopliae* par contact, et elle est inférieure à 0,05 dans les tableaux 46 et 47, donc il y a une différence hautement significative entre l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves témoins et celles traitées au Triflumuron et au henné par contact.

2- Traitement par ingestion

Les résultats d'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides sont consignés dans le tableau 26 (Annexe 2) et illustrés par la fig.65.

L'efficacité de conversion de la nourriture ingérée (E.C.I.) par les larves après avoir consommé les aliments pulvérisés par les trois biopesticides séparément présente les valeurs suivantes 38,89%, 47,99% et 26,44% respectivement pour les insectes traités au henné, Triflumuron et *M. anisopliae* contre 34,96% et 38,75% respectivement pour les aliments traités à l'eau et l'eau distillée. Donc l'E.C.I. avec le Triflumuron est légèrement élevée à celles obtenues pour les témoins. l'E.C.I. la plus faible est obtenu avec *M. anisopliae*.

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

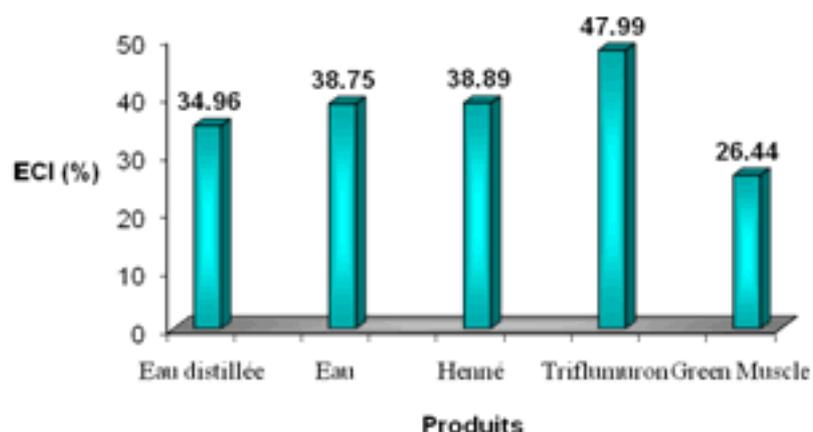


Fig.65 : L'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 48, 49 et 50.

Tableau 48: Effet de traitement par ingestion de *M. anisopliae* 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	1	780.127	780.127	13.082	0.001
Résidus	41	2444.962	59.633		
Total	42	3225.089			

Tableau 49: Effet de traitement par ingestion de Triflunuron 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	1	612.226	612.226	3.532	0.071
Résidus	27	4680.014	173.334		
Total	28	5292.239			

Tableau 50: Effet de traitement par ingestion de henné sur l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	165.452	165.452	3.326	0.075
Résidus	41	2039.377	49.741		
Total	42	2204.829			

Le tableau 48, nous montre une probabilité inférieure à 0,05, ce qui implique qu'il y a une différence significative entre l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée par les larves témoins et celles traitées au *M. anisopliae* par ingestion, mais les tableaux 49 et 50, montrent qu'il n'y a pas une différence significative entre l'efficacité de conversion de la nourriture obtenue chez les larves témoins, traitées au Triflunuron et au henné par ingestion (Probabilité > 0,05).

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

1- Traitement par contact

Les résultats d'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact sont consignés dans le tableau 27 (Annexe 2) et illustrés par la fig.66.

L'efficacité de conversion de la nourriture digérée (E.C.D.) par les larves traitées au Triflumuron et au henné se révèle plus importante que celle des témoins avec 68,02% pour le premier produit et 66,43% pour le deuxième contre 28,50% et 27,77% respectivement pour les pulvérisées avec l'eau distillée et l'eau. Concernant les insectes traités au *M. anisopliae*, on a enregistré un E.C.D. égale à 27,67%.

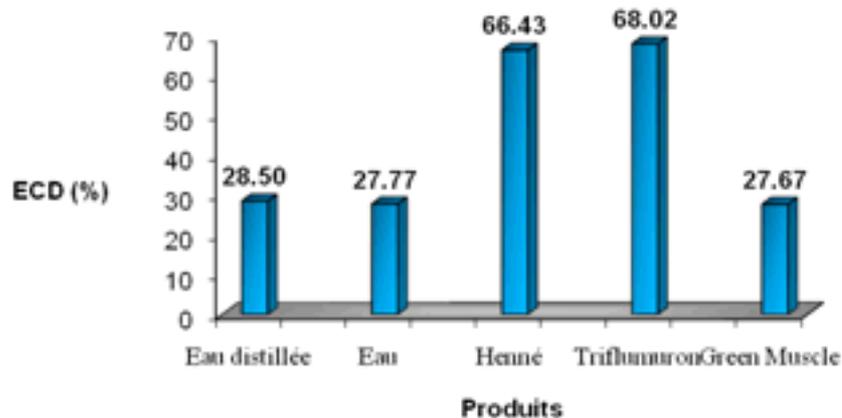


Fig.66 : L'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 51, 52 et 53.

Tableau 51: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* 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	1	5.854	5.854	0.109	0.744
Résidus	33	1774.778	53.781		
Total	34	1780.632			

Tableau 52: Effet de traitement par contact de Triflumuron 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	1	13854.082	13854.082	127.438	< 0,0001
Résidus	34	3696.220	108.712		
Total	35	17550.303			

Tableau 53: Effet de traitement par contact de henné sur l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de *L. migratoria*

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	12189.016	12189.016	93.096	< 0,0001
Résidus	32	4189.734	130.929		
Total	33	16378.750			

D'après le tableau 51, la probabilité est supérieure à 0,05, ce qui implique qu'il n'y a pas une différence significative entre l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves témoins et celles traitées au *M. anisopliae* par contact, et elle est inférieure à 0,05 dans les tableaux 52 et 53, donc il y a une différence hautement significative entre l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves témoins et traitées au Triflumuron et au henné par contact.

2- Traitement par ingestion

Les résultats d'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides sont consignés dans le tableau 28 (Annexe 2) et illustrés par la fig.67.

Dans ce type de traitement l'E.C.D. le plus élevé est enregistré chez les larves traitées au Triflumuron par ingestion (70,71%), et le moins élevé chez les larves traitées au *M. anisopliae* par ingestion (32,40%). L'E.C.D est de 50.74%, 46.93% et 43.17% respectivement chez les insectes traité par ingestion à l'eau, au henné et à l'eau distillée.

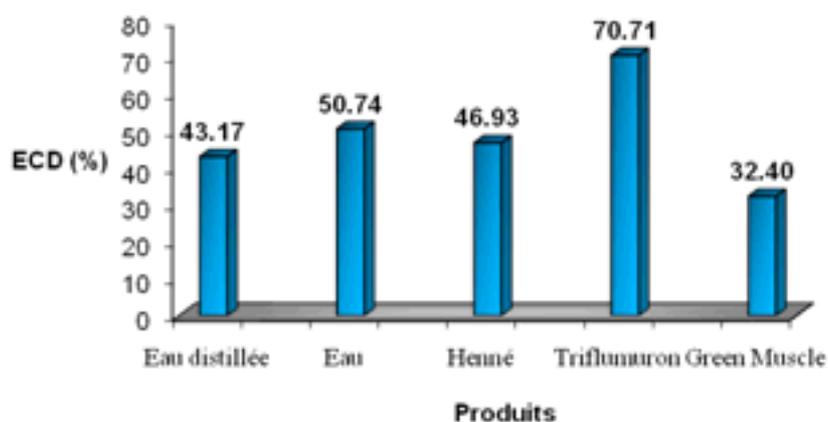


Fig.67: L'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

· Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 54, 55 et 56.

Tableau 54: Effet de traitement par ingestion de *M. anisopliae* 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	1	1246.427	1246.427	8.914	0.005
Résidus	41	5732.643	139.821		
Total	42	6979.069			

Tableau 55: Effet de traitement par ingestion de Triflumuron 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	1	2860.627	2860.627	8.904	0.006
Résidus	27	8674.855	321.291		
Total	28	11535.482			

Tableau 56: Effet de traitement par ingestion de henné 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	1	152.046	152.046	1.737	0.195
Résidus	41	3589.335	87.545		
Total	42	3741.381			

Selon les tableaux 54, 55 et 56, on constate qu'il y a une différence significative entre l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves témoins et celle des traitées au *M. anisopliae* par ingestion (Probabilité < 0,05), et qu'il n'y a pas de différence significative entre l'efficacité de conversion de la nourriture digérée par les larves témoins et celle des traitées au Triflumuron et au henné par ingestion (Probabilité > 0,05).

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

1- Traitement par contact

Les résultats du coefficient d'utilisation digestif des larves des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact sont consignés dans le tableau 29 (Annexe 2) et illustrés par la fig.68.

Le C.U.D. enregistré chez les larves traitées par contact aux trois biopesticides ne diffère pas tellement de celui des témoins, mais on note qu'il est légèrement plus élevé pour le *M. anisopliae* (82.65%) suivi par celui obtenu avec le Triflumuron (80.91%). On a signalé aussi qu'il est de 79.82%, 77.71% et 77.13% respectivement avec l'eau distillée, l'eau et le henné.

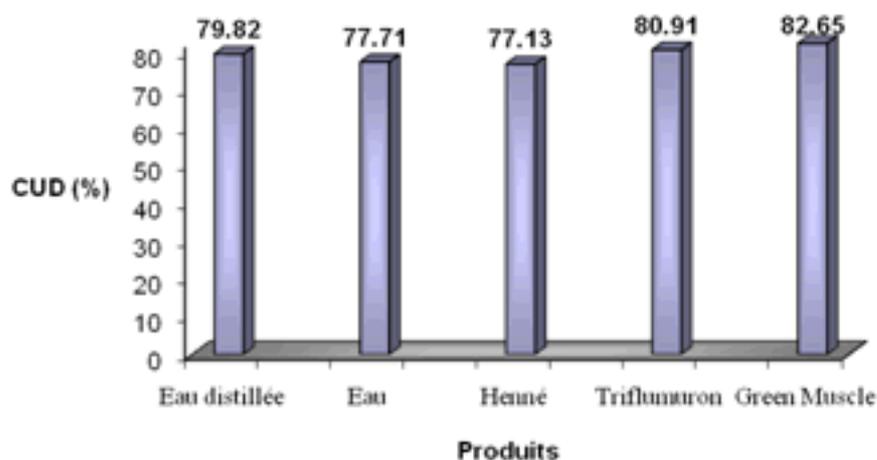


Fig.68 : Le coefficient d'utilisation digestif des larves des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 57, 58 et 59.

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

Tableau 57: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* 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	1	69.592	69.592	0.476	0.495
Résidus	33	4826.401	146.255		
Total	34	4895.993			

Tableau 58: Effet de traitement par contact de Triflumuron 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	1	87.455	87.455	0.436	0.513
Résidus	34	6816.297	200.479		
Total	35	6903.753			

Tableau 59: Effet de traitement par contact de henné 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	1	61.321	61.321	0.340	0.564
Résidus	32	5777.895	180.559		
Total	33	5839.216			

Les résultats d'analyse de la variance consignés dans les tableaux 57, 58 et 59, nous montrent qu'il n'y a pas une différence significative entre le coefficient d'utilisation digestif des larves témoins et celles traitées aux trois produits par contact (Probabilité > 0,05).

2- Traitement par ingestion

Les résultats du coefficient d'utilisation digestif des larves des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion sont consignés dans le tableau 30 (Annexe 2) et illustrés par la fig.69.

Les résultats du C.U.D. obtenus suite au traitement par ingestion des trois biopesticides montrent qu'il n'y a pas une différence entre les insectes traitées et témoins, cependant on peut enregistrer des valeurs de C.U.D. légèrement plus élevées que celles obtenues avec le *M. anisopliae* (83,97%) et pour le henné (83,66%). Les larves alimentées avec du gazon traité au Triflumuron ont donné un C.U.D. de 69,75% inférieur à ceux des deux témoins qui sont de 82,86% et 77,56% respectivement pour les insectes nourris avec du gazon traité à l'eau distillée et à l'eau.

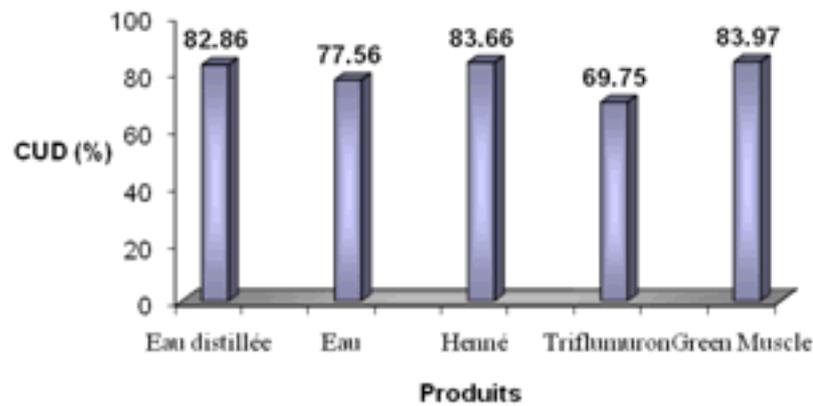


Fig.69 : Le coefficient d'utilisation digestif des larves des larves L5 de *L. migratoria* traitées en mode ingestion par trois biopesticides

· Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 60, 61 et 62.

Tableau 60: Effet de traitement par ingestion de *M. anisopliae* 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	1	13.331	13.331	0.080	0.778
Résidus	41	6809.629	166.089		
Total	42	6822.960			

Tableau 61: Effet de traitement par ingestion de Triflunuron sur le coefficient d'utilisation digestif digérée des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	437.053	437.053	1.517	0.229
Résidus	27	7778.563	288.095		
Total	28	8215.616			

Tableau 62: Effet de traitement par ingestion de henné 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	1	6.928	6.928	0.041	0.841
Résidus	41	6975.785	170.141		
Total	42	6982.714			

Les tableaux 60, 61 et 62, nous montrent qu'il n'y a pas une différence significative entre le coefficient d'utilisation digestif des larves témoins et traitées aux trois produits par ingestion (Probabilité > 0,05).

c) Indice de croissance (I.Cr.)

1- Traitement par contact

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

Les résultats d'indice de croissance des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact sont consignés dans le tableau 31 (Annexe 2) et illustrés par la fig.70.

L'examen de l'indice de croissance obtenu pour les larves témoins et traitées aux trois biopesticides, décèle on trouve que la croissance des insectes est plus élevée pour les traitements avec le Triflunuron (I.Cr.= 0,74) et le henné (I.Cr.= 0,71) comparativement aux témoins dont (I.Cr.= 0,56 pour l'eau distillée) et (I.Cr.= 0,49 pour l'eau). Une faible croissance est relevée sur les larves traitées par contact au *M. anisopliae* (I.Cr.= 0,30).

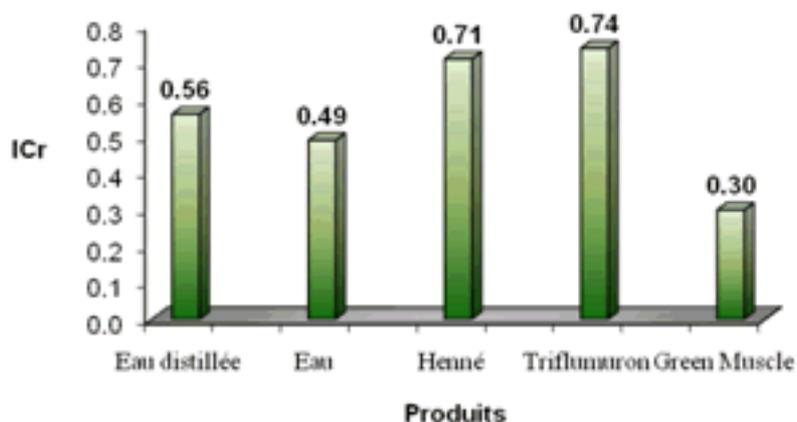


Fig.70 : L'indice de croissance des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

· Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 63, 64 et 65.

Tableau 63: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur l'indice de croissance des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.591	0.591	43.580	< 0,0001
Résidus	33	0.447	0.014		
Total	34	1.038			

Tableau 64: Effet de traitement par contact de Triflunuron sur l'indice de croissance des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.536	0.536	18.458	0.000
Résidus	34	0.988	0.029		
Total	35	1.524			

Tableau 65: Effet de traitement par contact de henné sur l'indice de croissance des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.191	0.191	4.964	0.033
Résidus	32	1.229	0.038		
Total	33	1.420			

D'après les tableaux 63, 64 et 65, on remarque que la probabilité est inférieure à 0,05, ce qui implique qu'il y a une différence hautement significative entre l'indice de croissance des larves témoins et celles traitées au *M. anisopliae* et au Triflumuron par contact et elle est significative pour celles traitées au henné par contact.

2- Traitement par ingestion

Les résultats d'indice de croissance des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion sont consignés dans le tableau 32 (Annexe 2) et illustrés par la fig.71.

Dans ce type de traitement, l'accroissement des larves traitées aux trois biopesticides ne diffère pas de manière significative à celui des larves témoins, on peut noter qu'il est légèrement plus élevé pour les traitées par ingestion au Triflumuron (I.Cr.= 0,67) et moins élevé pour les traitées par ingestion au *M. anisopliae* (I.Cr.= 0,45) par rapport aux autres. Même qu'on a enregistré un indice de croissance de 0,57 chez les insectes alimentées avec du gazon traité par le henné et celles nourries par du gazon pulvérisé avec l'eau. On constate aussi que chez les larves élevées sur du gazon pulvérisé avec l'eau distillée ont noté un indice de croissance égale à 0,51.

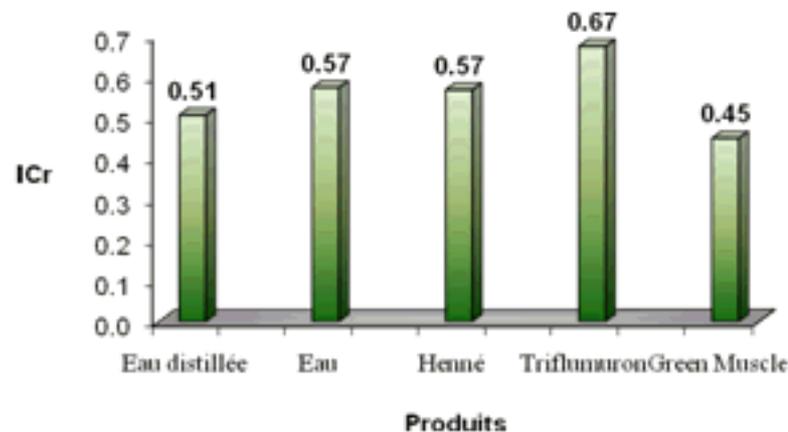


Fig.71: L'indice de croissance des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 66, 67 et 68.

Tableau 66: Effet de traitement par ingestion de *M. anisopliae* sur l'indice de croissance des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.034	0.034	2.764	0.104
Résidus	41	0.507	0.012		
Total	42	0.541			

Tableau 67: Effet de traitement par ingestion de Triflumuron sur l'indice de croissance des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.073	0.073	2.157	0.154
Résidus	27	0.917	0.034		
Total	28	0.991			

Tableau 68: Effet de traitement par ingestion de henné sur l'indice de croissance des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	0.041	0.041	2.181	0.147
Résidus	41	0.776	0.019		
Total	42	0.817			

Nous constatons d'après les tableaux 66, 67 et 68 qu'il n'y a pas une différence significative entre l'indice de croissance des larves témoins et celles traitées aux trois produits par ingestion (Probabilité > 0,05).

3. L'effet de trois biopesticides sur la reproduction et l'évolution pondérale des imagos mâles et femelles de *L. migratoria*.

3.1. Effet sur l'évolution pondérale des imagos

Le suivi de l'évolution pondérale des imagos mâles et femelles témoins et traités aux trois biopesticides par contact et par ingestion chaque 5 jours jusqu'à le 30^{ème} jour, nous montre que le poids des deux sexes traités par les deux types de traitement n'est pas différent à celui des témoins.

a-Mâle

1- Traitement par contact

Ces résultats du poids des imagos mâles de *L. migratoria* traités aux trois biopesticides par contact sont consignés dans le tableau 33 (Annexe 2) et illustrés par la fig.72.

D'après les résultats, on constate que l'accroissement pondéral des imagos mâles débute avec un poids moyen initial de 0,97g et 1,03g respectivement pour les traités à l'eau et à l'eau distillée contre 1,20g, 1,10g et 1,17g respectivement pour les traités au henné, Triflumuron et *M. anisopliae*. Ce poids augmente progressivement avec le temps pour atteindre un poids moyen final de 1,63g et 1,30g respectivement pour les témoins traités à l'eau et à l'eau distillée contre 1,10g, 0,80g et 1,40g respectivement pour les traités par contact au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. Notons que les mâles traités aux Triflumuron sont tous morts au 25^{ème} jour de l'expérimentation.

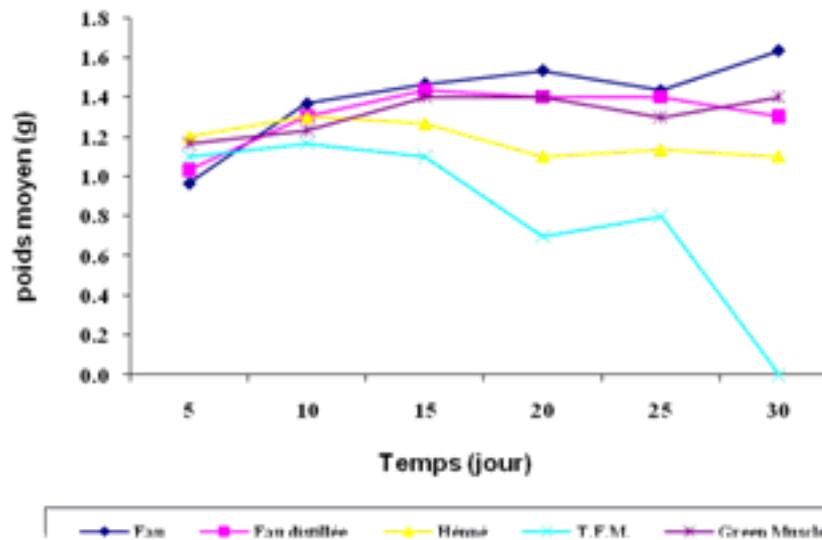


Fig.72 : L'évolution pondérale des imagos mâles de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 69, 70 et 71.

Tableau 69: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur l'évolution pondérale des imagos mâles de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	6	15.153	2.526	6.349	0.000
Résidus	29	11.536	0.398		
Total	35	26.689			

Tableau 70: Effet de traitement par contact de Triflumuron l'évolution pondérale des imagos mâles de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	6	6.912	1.152	6.035	0.000
Résidus	29	5.536	0.191		
Total	35	12.448			

Tableau 71: Effet de traitement par contact de henné sur l'évolution pondérale des imagos mâles de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	6	12.822	2.137	7.799	< 0.0001
Résidus	29	7.946	0.274		
Total	35	20.768			

Les tableaux 69, 70 et 71, nous montrent qu'il y a une différence hautement significative entre le poids des imagos mâles témoins et ceux traités aux trois biopesticides par contact (Probabilité < 0,05).

2- Traitement par ingestion

Les résultats du poids des imagos mâles de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion sont consignés dans le tableau 34 (Annexe 2) et illustrés par la fig.73.

Les pesés effectuées sur les imagos mâles traités par ingestion aux trois biopesticides donnent un poids moyen initial de 1g et 1,10g respectivement pour les nourris avec du gazon pulvérisé par l'eau et ceux alimentés par du gazon pulvérisé avec l'eau distillée contre 1,03g, 1,10g et 1,23g respectivement pour les traités par ingestion au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. Ce poids augmente au cours du temps jusqu'à un poids moyen final de 1,40g et 1,47g respectivement pour les traités par ingestion avec l'eau et l'eau distillée contre 0,95g, 1,20g et 1,23g respectivement pour les traités par ingestion au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. Notons cette fois ci qu'au bout le 20^{ème} jour tous les mâles traités au Triflumuron sont morts.

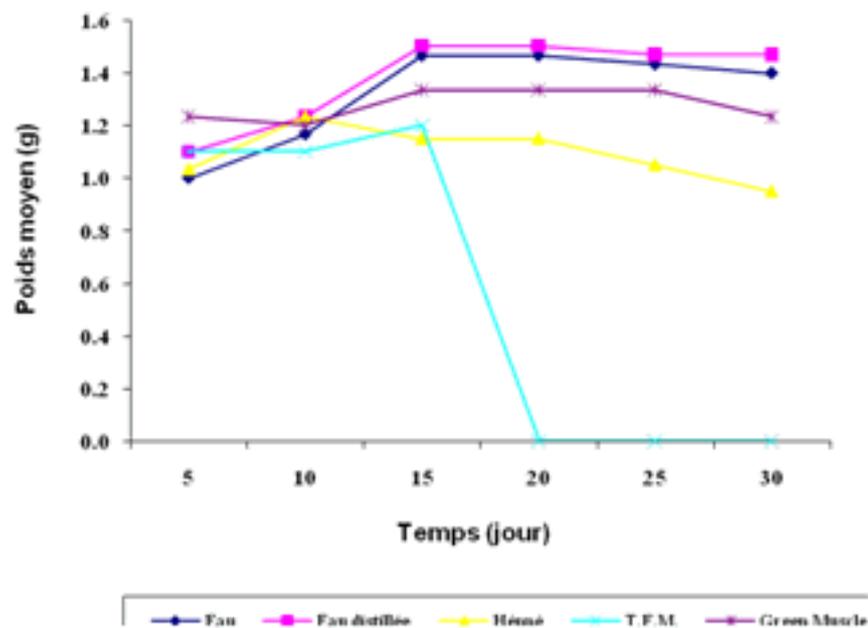


Fig.73 : l'évolution pondérale des imagos mâles de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 72, 73 et 74.

Tableau 72: Effet de traitement par ingestion de *M. anisopliae* sur l'évolution pondérale des imagos mâles de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	6	0.405	0.068	4.863	0.002
Résidus	29	0.403	0.014		
Total	35	0.808			

Tableau 73: Effet de traitement par ingestion de Triflumuron sur l'évolution pondérale des imagos mâles de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	6	7.977	1.329	7.507	< 0.0001
Résidus	29	5.136	0.177		
Total	35	13.112			

Tableau 74: Effet de traitement par ingestion de henné sur l'évolution pondérale des imagos mâles de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	6	2.083	0.347	2.957	0.022
Résidus	29	3.406	0.117		
Total	35	5.489			

Les tableaux 72, 73 et 74, nous montrent qu'il y a une différence significative entre le poids des imagos mâles témoins, ceux traités au *M. anisopliae* et ceux traités au henné. Cette différence est hautement significative entre le poids des imagos mâles témoins et ceux des imagos traités au Triflumuron par ingestion (Probabilité < 0,05).

b-Femelle

1- Traitement par contact

Les résultats du poids des imagos femelle de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact sont consignés dans le tableau 35 (Annexe 2) et illustrés par la fig.74.

Les femelles traitées par contact aux trois biopesticides ont commencé leur évolution pondérale avec un poids moyen initial de 1,30g et 1,10g respectivement pour les pulvérisé avec l'eau et l'eau distillée contre 1,37g, 1,80g et 1,37g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et *M. anisopliae*. Ce poids augmente avec le temps jusqu'à un poids moyen final de 2,70g et 2,73g respectivement pour les pulvérisé avec l'eau et l'eau distillée contre 2,05g, 1,60g et 1,60g respectivement pour les traités par contact au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*.

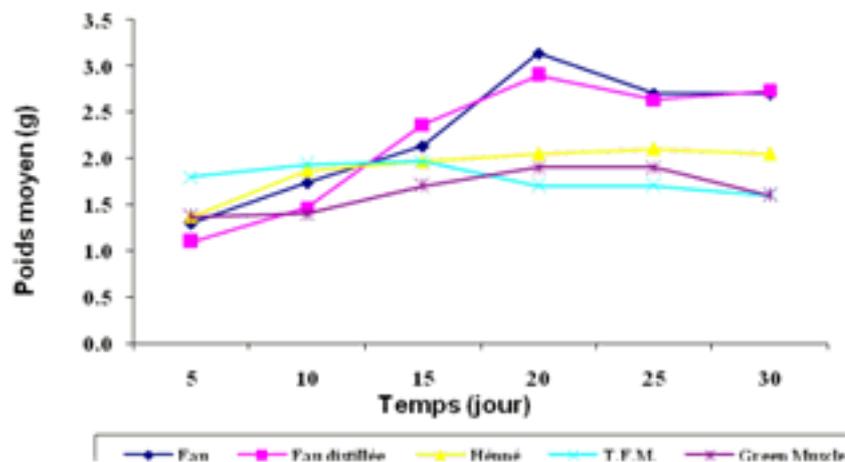


Fig.74 : L'évolution pondérale des imagos femelles de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Analyse de la variance

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 75, 76 et 77.

Tableau 75: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur l'évolution pondérale des imagos femelles de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	6	10.297	1.716	3.341	0.013
Résidus	29	14.896	0.514		
Total	35	25.192			

Tableau 76: Effet de traitement par contact de Triflumuron l'évolution pondérale des imagos femelles *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	6	5.023	0.837	2.663	0.035
Résidus	29	9.117	0.314		
Total	35	14.140			

Tableau 77: Effet de traitement par contact de henné sur l'évolution pondérale des imagos femelles de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	6	7.683	1.281	2.125	0.081
Résidus	29	17.479	0.603		
Total	35	25.162			

La probabilité dans les tableaux 75 et 76 est inférieure à 0,05, ce qui implique qu'il y a une différence significative entre le poids des imagos femelles témoins et celles traitées au *M. anisopliae* et Triflumuron, mais dans le tableau 77, Pr. > 0,05, où on note une différence significative entre le poids des imagos femelles témoins et celui des traitées au henné par contact.

2- Traitement par ingestion

Les résultats du poids des imagos femelle de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact sont consignés dans le tableau 36 (Annexe 2) et illustrés par la fig.75.

Le suivi de l'évolution pondérale des femelles témoins et traitées par ingestion aux trois biopesticides donne un poids moyen initial de 1,43g et 1,50g respectivement pour les nourries avec du gazon pulvérisé par l'eau et celles alimentées par du gazon pulvérisé avec l'eau distillée contre 1,37g, 1,43g et 1,50g respectivement pour les traités par ingestion au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. Ce poids augmente au cours du temps jusqu'à un poids moyen final de 2,97g et 2,73g respectivement pour les traités par ingestion avec l'eau et l'eau distillée contre 1,50g, 1,30g et 1,87g respectivement pour les traitées par ingestion au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. Notons que la mortalité est de 100% au 10^{ème} jour de l'expérimentation pour les femelles traitées aux Triflumuron par ingestion.

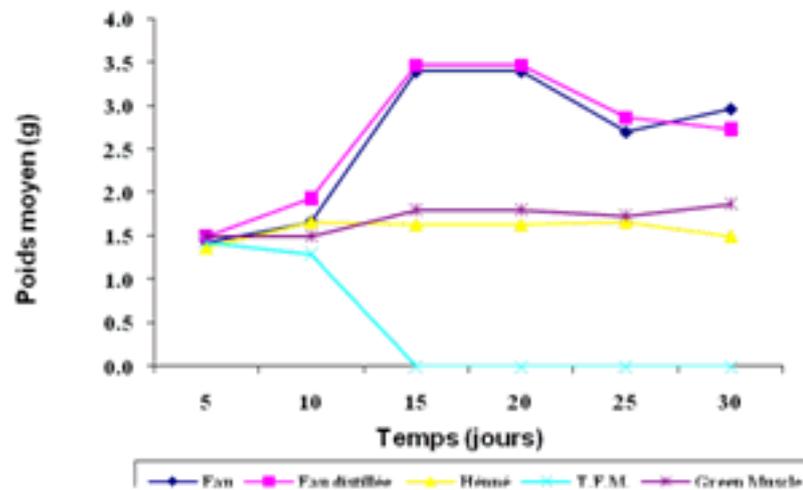


Fig.75 : L'évolution pondérale des imagos femelles de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

· Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 78, 79 et 80.

Tableau 78: Effet de traitement par ingestion de *M. anisopliae* sur l'évolution pondérale des imagos femelles de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	6	10.989	1.831	12.044	< 0.0001
Résidus	29	4.410	0.152		
Total	35	15.399			

Tableau 79: Effet de traitement par ingestion de Triflumuron sur l'évolution pondérale des imagos femelles de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	6	41.392	6.899	11.140	< 0.0001
Résidus	29	17.958	0.619		
Total	35	59.350			

Tableau 80: Effet de traitement par ingestion de henné sur l'évolution pondérale des imagos femelles de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	6	12.205	2.034	10.401	< 0.0001
Résidus	29	5.671	0.196		
Total	35	17.876			

Selon les tableaux 78, 79 et 80, l'analyse de la variance nous a permis de constater qu'il y a une différence hautement significative entre le poids des imagos femelles témoins et celles traitées aux trois produits par ingestion (Probabilité < 0,05).

3.2. Effet sur la reproduction des adultes

a) Délai de la première ponte

1- Traitement par contact

Les résultats liés au délai de l'émission de la première ponte chez les femelles de *L. migratoria* témoins et traitées aux trois biopesticides par contact sont consignés dans le tableau 37 (Annexe 2) et illustrés par la fig.76.

On constate que ce délai d'émission de la première ponte est prolongé chez les femelles traitées aux trois biopesticides par rapport à celui des témoins, chez ces derniers une durée moyenne de 15 jours et de 13,67 jours a été enregistrée respectivement pour les femelles pulvérisées avec l'eau et celles pulvérisées avec l'eau distillée contre 25 jours, 20 jours et 21 jours respectivement chez les femelles traitées par contact au henné, Triflumuron et *M. anisopliae*. On peut remarquer aussi que le nombre de femelle participant à la ponte est de 3 sur 3 chez les deux témoins contre 1 sur 3 enregistré pour chaque produit chez les traitées par contact aux trois biopesticides.

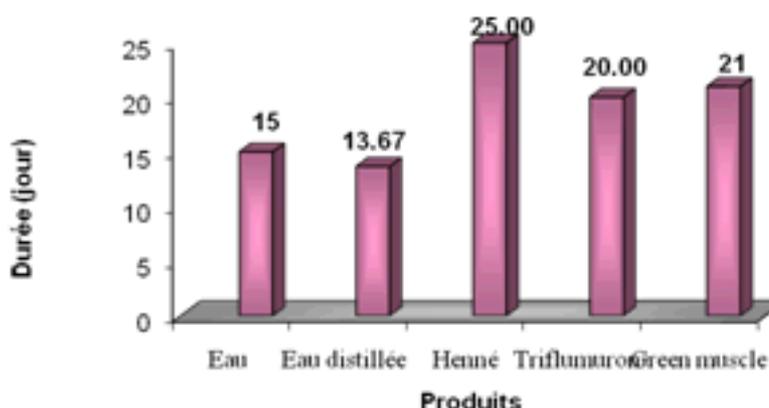


Fig.76 : Le délai de la première ponte chez les femelles de *L. migratoria* témoins et traitées aux trois biopesticides par contact

Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 81, 82 et 83.

Tableau 81: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur le délai de la première ponte chez *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	80.667	80.667	69.143	0.001
Résidus	4	4.667	1.167		
Total	5	85.333			

Tableau 82: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur le délai de la première ponte chez *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	37.500	37.500	25.000	0.007
Résidus	4	6.000	1.500		
Total	5	43.500			

Tableau 83: Effet de traitement par contact de henné sur le délai de la première ponte chez *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	192.667	192.667	165.143	0.000
Résidus	4	4.667	1.167		
Total	5	197.333			

D'après les tableaux 81, 82 et 83, on constate qu'il y a une différence significative entre le délai de la première ponte chez les femelles témoins et celles traitées aux trois produits par contact (Probabilité < 0,05).

2- Traitement par ingestion

Les résultats liés au délai de l'émission de la première ponte chez les femelles de *L. migratoria* témoins et traitées aux trois biopesticides par ingestion sont consignés dans le tableau 38 (Annexe 2) et illustrés par la fig.77.

Pour ce type de traitement, on remarque que chez les femelles témoins nous avons noté une durée moyenne d'émission de la première ponte plus courte que celle des traitées aux trois produits par ingestion, cette durée est de 14 jours et 12,33 jours respectivement chez les femelles alimentées par du gazon pulvérisé avec l'eau et celles nourries avec du gazon pulvérisé par l'eau distillée contre 28 jours et 24 jours respectivement pour les femelles élevées sur du gazon traité avec le henné et celles qui ont consommé du gazon traité au *M. anisopliae*. Notons aussi que le nombre de femelle participant à la ponte est de 3 sur 3 chez les témoins (soit pour l'eau ou l'eau distillée) contre 1 sur 3 chez les traitées au henné et au *M. anisopliae* par ingestion. Les femelles élevées sur du gazon traité avec le Triflururon, n'ont émis aucune ponte.

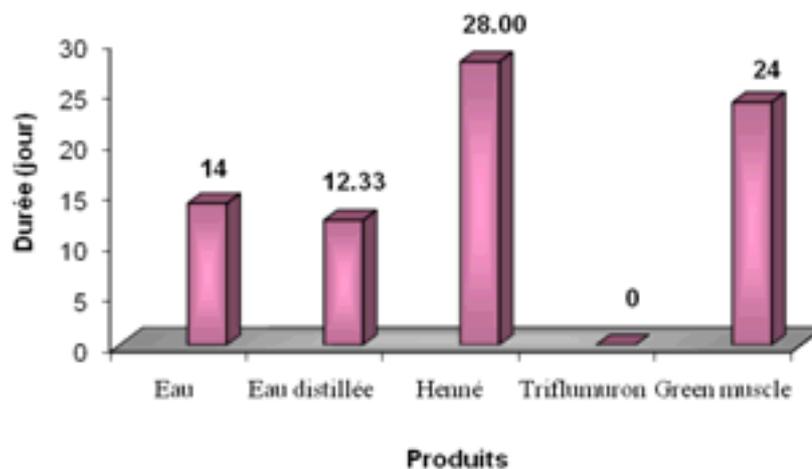


Fig.77 : Le délai de la première ponte chez les femelles de *L. migratoria* témoins et traitées aux trois biopesticides par ingestion

Analyse de la variance

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 84, 85 et 86.

Tableau 84: Effet de traitement par ingestion de *M. anisopliae* sur le délaide la première pontechez *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	204.167	204.167	175.000	0.000
Résidus	4	4.667	1.167		
Total	5	208.833			

Tableau 85: Effet de traitement par ingestion de Triflumuron sur le délaide la première pontechez *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	294.000	294.000	104271535273855000000000000000000000.000	< 0,0001
Résidus	4	0.000	0.000		
Total	5	294.000			

Tableau 86: Effet de traitement par ingestion de henné sur le délaide la première pontechez *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	368.167	368.167	315.571	< 0.0001
Résidus	4	4.667	1.167		
Total	5	372.833			

Les tableaux 84, 85 et 86, nous montrent qu'il y a une différence hautement significative entre les le délaide la première ponte chez les témoins et celles traitées aux trois biopesticides par ingestion (Probabilité < 0,05).

a) Rythme de ponte

1- Traitement par contact

Les résultats relatifs au rythmede ponte des femelles de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact sont consignés dans le tableau 39 (Annexe 2) et illustrés par la fig.78.

D'après les résultats obtenus, on constate que le nombre moyen de rythmes le plus élevé est enregistré chez les témoins, avec 3 rythmes et 4 rythmes respectivement pour les femelles traitées avec l'eau et celles pulvérisées avec l'eau distillée, contre 1 seul rythme chez les traitées au henné et au Triflumuron. Pour les traitées au *M. anisopliae* le nombre moyen de rythmes est de 2. La durée qui sépare deux pontes successives est légèrement similaire à celle des témoins. Ce rythme varie de 3 à 7jours, de 2 à 5jours et de 3 à 5jours respectivement pour les pulvérisé avec l'eau, les pulvérisé avec l'eau distillée et les traitées au *M. anisopliae*. Les femelles traitées au henné et au Triflumuron donnent un rythme de 5jours pour le premier produit et de 6jours pour le deuxième.

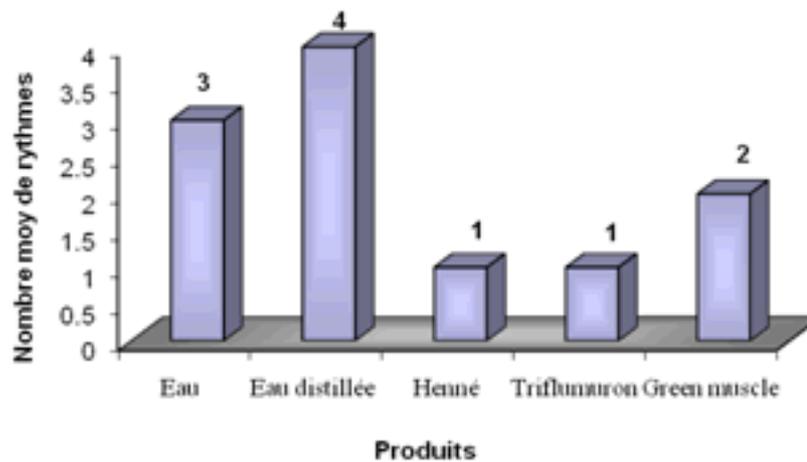


Fig.78 : Nombre moyen de rythmes de ponte des femelles de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

· Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 87, 88 et 89.

Tableau 87: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur le rythme de ponte des femelles de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	16.667	16.667	25.000	0.007
Résidus	4	2.667	0.667		
Total	5	19.333			

Tableau 88: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur le rythme de ponte des femelles de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	10.667	10.667	64.000	0.001
Résidus	4	0.667	0.167		
Total	5	11.333			

Tableau 89: Effet de traitement par contact de henné sur le rythme de ponte des femelles de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	20.167	20.167	121.000	0.000
Résidus	4	0.667	0.167		
Total	5	20.833			

Les tableaux 87, 88 et 89, nous montrent qu'il y a une différence significative entre le rythme de ponte des femelles témoins et celles traitées aux trois produits par contact (Probabilité < 0,05).

2- Traitement par ingestion

Les résultats relatifs au rythme de ponte des femelles de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion sont consignés dans le tableau 40 (Annexe 2) et illustrés par la fig.79.

Cette fois ci pour ce type de traitement, on n'a pas enregistré des rythmes de pontes chez les femelles traitées par ingestion aux trois biopesticides, car aucune d'elles n'est arrivée à déposer deux pontes successives. On note par contre un rythme de ponte qui varie de 3 à 5 jours et de 2 à 4 jours respectivement pour les femelles alimentées par du gazon pulvérisé avec l'eau et celles nourries avec du gazon pulvérisé par l'eau distillée ce qui donne un nombre moyen de rythmes de 3,33 pour les témoins.

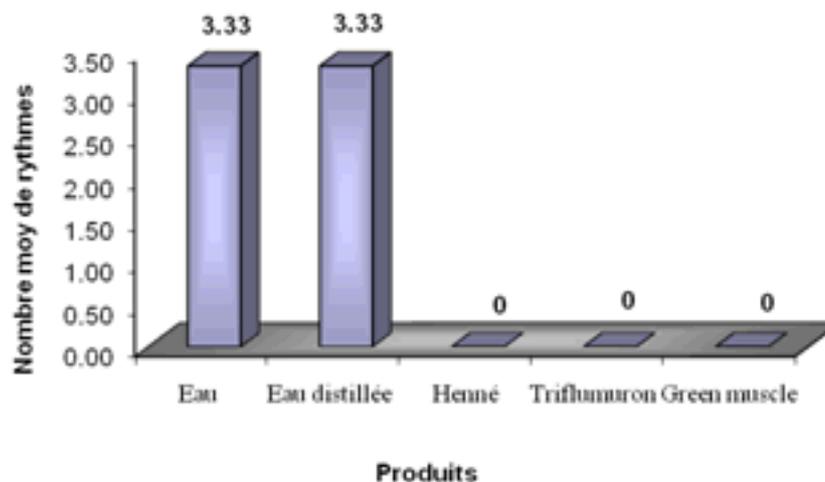


Fig.79 : Nombre moyen de rythmes de ponte des femelles de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

· Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 90, 91 et 92.

Tableau 90: Effet de traitement par ingestion de *M. anisopliae* sur le rythme de ponte des femelles de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	16.667	16.667	100.000	0.001
Résidus	4	0.667	0.167		
Total	5	17.333			

Tableau 91: Effet de traitement par ingestion de Triflururon sur le rythme de ponte des femelles de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	16.667	16.667	100.000	0.001
Résidus	4	0.667	0.167		
Total	5	17.333			

Tableau 92: Effet de traitement par ingestion de henné sur le rythme de ponte des femelles de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	16.667	16.667	100.000	0.001
Résidus	4	0.667	0.167		
Total	5	17.333			

La probabilité des tableaux 90, 91 et 92 est inférieure à 0,05, ce qui implique qu'il y a une différence significative entre le rythme de ponte des femelles témoins et celles traitées aux trois produits par ingestion.

b) Nombre d'oothèques par femelle

1- Traitement par contact

Les résultats correspondants au nombre d'oothèques par femelle de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact sont consignés dans le tableau 41 (Annexe 2) et illustrés par la fig.80.

D'après les résultats obtenus, on remarque qu'il y a une différence de la fécondité entre les femelles traitées aux trois biopesticides avec celles des témoins, en effet chez ces dernières on a enregistré une moyenne de 4 oothèques chez les pulvérisées par l'eau et de 5 oothèques chez les pulvérisées avec l'eau distillée, contre une moyenne d'une oothèque chez les traitées au *M. anisopliae* et de 0,67 oothèque pour les traitées au henné et les traitées au Triflumuron, donc avec un total de 15 oothèques et 12 oothèques respectivement pour les traitées à l'eau distillée et à l'eau, contre 3 oothèques chez les traitées au *M. anisopliae* et 2 oothèques ratées pour les femelles traitées au henné et au Triflumuron à cause de leur avortement.

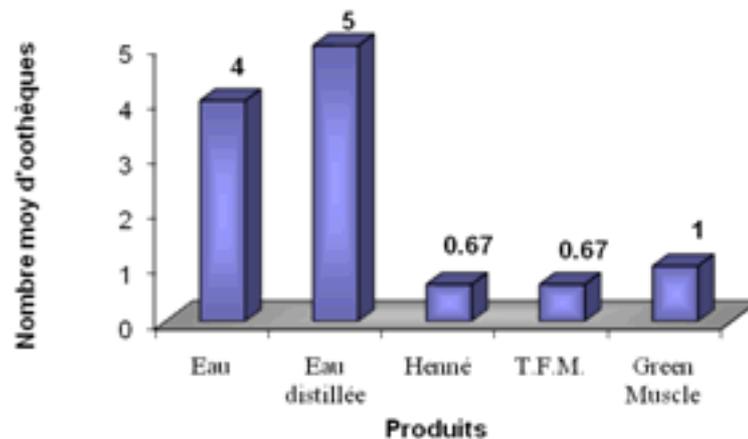


Fig.80 : Le nombre d'oothèques par femelle de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 93, 94 et 95.

Tableau 93: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur le nombre d'oothèques par femelle de *L. migratoria*

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	13.500	13.500	9.000	0.040
Résidus	4	6.000	1.500		
Total	5	19.500			

Tableau 94: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur lenombre d'oothèques par femelle de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	28.167	28.167	42.250	0.003
Résidus	4	2.667	0.667		
Total	5	30.833			

Tableau 95: Effet de traitement par contact de henné sur lenombre d'oothèques par femelle de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	16.667	16.667	25.000	0.007
Résidus	4	2.667	0.667		
Total	5	19.333			

Les tableaux 93, 94 et 95, nous montre qu'il y a une différence significative entre lenombre d'oothèques par femelle témoins et celles traitées aux trois produits par contact (Probabilité < 0,05).

2- Traitement par ingestion

Les résultats correspondants au nombre d'oothèques par femelle de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion sont consignés dans le tableau 42 (Annexe 2) et illustrés par la fig.81.

Dans ce type de traitement, on remarque que les femelles traitées par ingestion aux trois biopesticides donnent un nombre moyen d'oothèque faible par rapport à celles des témoins avec 0,33 oothèque pour les femelles nourries par du gazon traité au henné et celles alimentées par du gazon traité au *M. anisopliae*, contre 4,33 oothèques pour les femelles élevées sur du gazon pulvérisé avec l'eau et celles alimentées par du gazon pulvérisé avec l'eau distillée. donc le nombre total d'oothèque est de 13 oothèques pour les témoins contre 1 seule oothèque ratée avec l'avortement des femelles traitées par ingestion au henné et 1 seule pour celles traitées au *M. anisopliae*. Les femelles élevées sur du gazon traité au Triflumuron n'ont pas pu pondre, donc ce qui donne un nombre d'oothèques nulle.

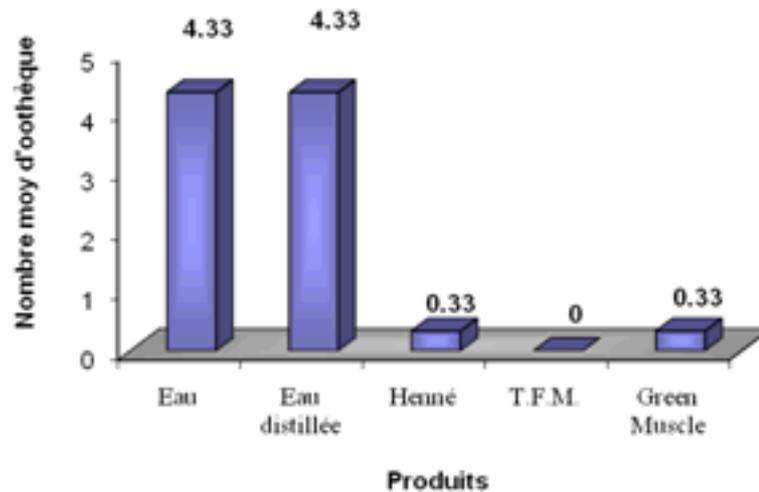


Fig.81 : Lenombre d'oothèques par femelle de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

· Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 96, 97 et 98.

Tableau 96: Effet de traitement par ingestion de *M. anisopliae* sur lenombre d'oothèques par femelle de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	24.000	24.000	72.000	0.001
Résidus	4	1.333	0.333		
Total	5	25.333			

Tableau 97: Effet de traitement par ingestion de Triflumuron sur lenombre d'oothèques par femelle de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	28.167	28.167	169.000	0.000
Résidus	4	0.667	0.167		
Total	5	28.833			

Tableau 98: Effet de traitement par ingestion de henné sur lenombre d'oothèques par femelle de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	24.000	24.000	72.000	0.001
Résidus	4	1.333	0.333		
Total	5	25.333			

D'après les tableaux 96, 97 et 98, on constate que la probabilité est inférieure à 0,05, ce qui implique qu'il y a une différence significative entre lenombre d'oothèques par femelle témoins et celles traitées aux trois produits par ingestion.

a) Nombre d'œufs par oothèque

1- Traitement par contact

Les résultats liés au nombre d'œufs par oothèque de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact sont consignés dans le tableau 43 (Annexe 2) et illustrés par la fig.82.

Suite aux résultats obtenus, on remarque que le nombre moyen d'œufs le plus élevé est enregistré chez les femelles témoins avec 64,07 œufs pour les pulvérisé avec l'eau distillée suivi par les pulvérisé à l'eau avec 45 œufs, contre un nombre moyen faible chez les traitées au *M. anisopliae* (11,20 œufs). Quand aux femelles traitées au henné et au Triflumuron le nombre moyen d'œufs est nulles parce qu'on n'a pas pu compter les œufs des oothèques ratées.

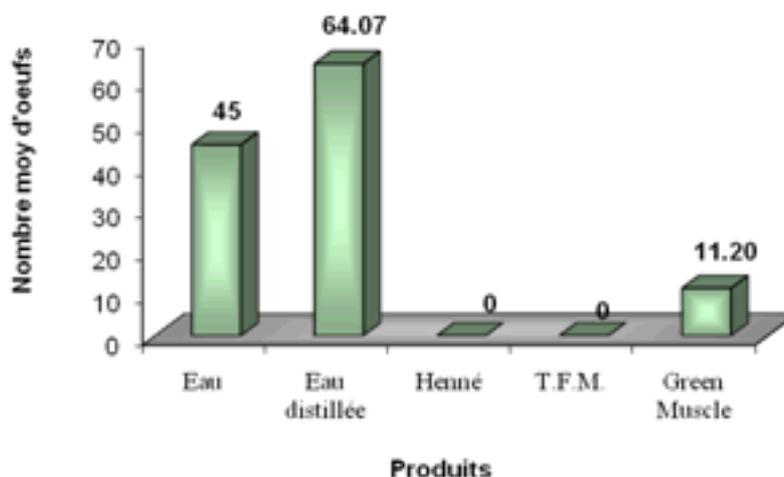


Fig.82 : Le nombre d'œufs par oothèque de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 99, 100 et 101.

Tableau 99: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur le nombre d'œufs par oothèque de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	6987.211	6987.211	83.071	< 0,0001
Résidus	8	672.889	84.111		
Total	9	7660.100			

Tableau 100: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur le nombre d'œufs par oothèque de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	5062.500	5062.500	15.871	0.004
Résidus	8	2551.778	318.972		
Total	9	7614.278			

Tableau 101: Effet de traitement par contact de henné sur lenombre d'œufs par oothèque de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	10261.344	10261.344	494.258	< 0,0001
Résidus	8	166.089	20.761		
Total	9	10427.433			

Selon les tableaux 99, 100 et 101, nous constatons qu'il y a une différence hautement significative entre lenombre d'œufs par oothèque des femelles témoins et celles traitées au *M. anisopliae* et au henné par contact et une différence significative entre lenombre d'œufs par oothèque des femelles témoins et celles traitées au Triflumuron par contact (Probabilité < 0,05).

2- Traitement par ingestion

Les résultats liés au nombre d'œufs par oothèque de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion sont consignés dans le tableau 44 (Annexe 2) et illustrés par la fig.83.

D'après les résultats obtenus, l'effet d'ingestion des trois substances, s'est manifesté par une ponte dont le nombre d'œufs déposés par les traitées est totalement différent de celui des témoins. En effet il est de 56,8 œufs pour les femelles alimentées par du gazon pulvérisé avec l'eau distillée et de 51 œufs pour celles nourries avec du gazon pulvérisé par l'eau, contre un nombre moyen nul chez celles traitées par ingestion aux trois biopesticides.

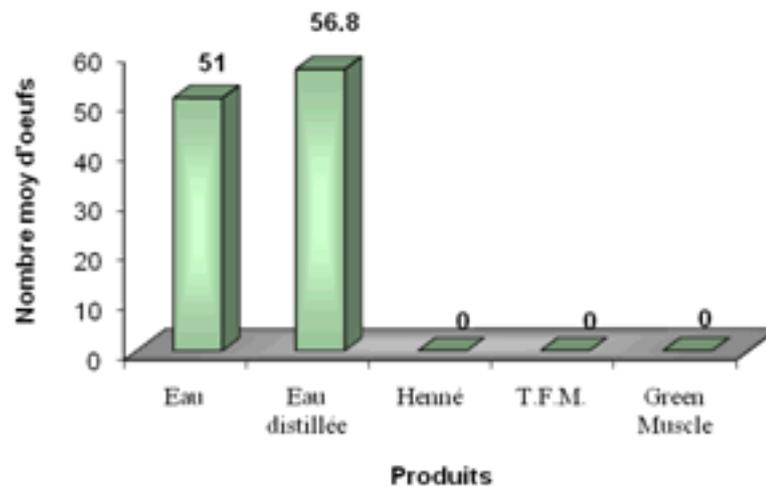


Fig.83 : Lenombre d'œufs par oothèque de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 102, 103 et 104.

Tableau 102: Effet de traitement par ingestion de *M. anisopliae* sur lenombre d'œufs par oothèque de *L. migratoria*

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	8065.600	8065.600	39.055	0.000
Résidus	8	1652.133	206.517		
Total	9	9717.733			

Tableau 103: Effet de traitement par ingestion de Triflumuron sur lenombre d'œufs par oothèque de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	6502.500	6502.500	43.878	0.000
Résidus	8	1185.556	148.194		
Total	9	7688.056			

Tableau 104: Effet de traitement par ingestion de henné sur lenombre d'œufs par oothèque de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	8065.600	8065.600	39.055	0.000
Résidus	8	1652.133	206.517		
Total	9	9717.733			

La probabilité des tableaux 102, 103 et 104 est inférieure à 0,05, ce qui implique qu'il y a une différence significative entre lenombre d'œufs par oothèque des femelles témoins et celles traitées aux trois produits par ingestion.

4. L'effet de trois biopesticides sur les protéines hémolymphatiques des larves L5 de *L. migratoria*.

4.1. L'effet sur le taux des protéines

Afin de déterminer le taux des protéines hémolymphatiques des larves L5 de *L. migratoria*, témoins et traitées aux trois biopesticides par les deux types de traitement, nous avons d'abord déterminé les concentrations de BSA (Bovine Serum Albumen) mentionnées sur le tableau 45 (Annexe 2) et illustrés par la fig.84.

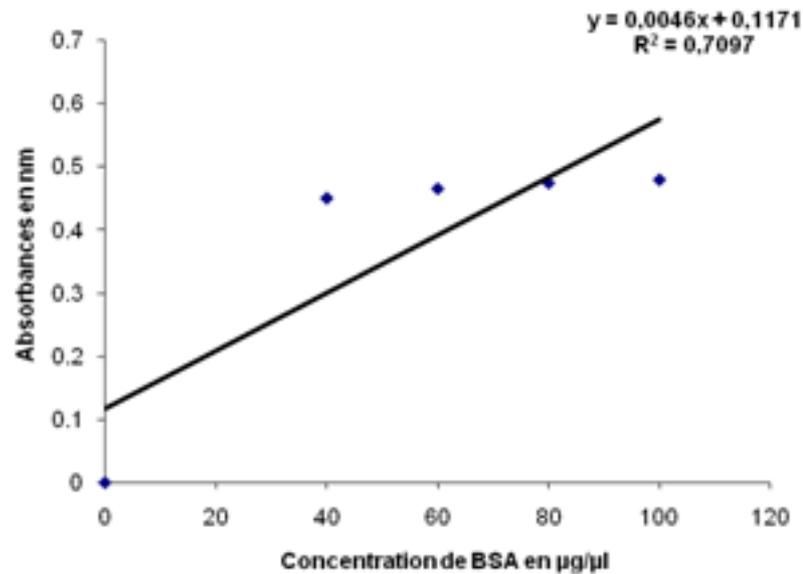


Fig. 84 : Courbe de référence exprimant les absorbances à 595 nm en fonction des Concentration de BSA en µg/µl

1- Traitement par contact

Les résultats des différentes concentrations des protéines hémolympatiques des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact au 4^{ème} et au 8^{ème} jour, sont consignés dans le tableau 46 (Annexe 2) et illustrés par la fig.85.

D'après les résultats, on constate que le taux des protéines hémolympatiques des larves traitées par les trois biopesticides par contact diffère à celui des témoins. Ce taux diminue chez les larves traitées au henné et au Triflumuron et augmente chez les traitées au *M. anisopliae* par rapport aux témoins ; les taux enregistrés sont de 22 µg/ml, 38,38 µg/ml et 55,5 µg/ml au 4^{ème} jour et de 39,63µg/ml, 46,25 µg/ml et 83,13 µg/ml au 8^{ème} jour, respectivement pour les traitées au henné, les traitées au Triflumuron et les traitées au *M.anisopliae* contre un taux de 43 µg/ml au 4^{ème} jour et 64,88 µg/ml au 8^{ème} jour pour les témoins.

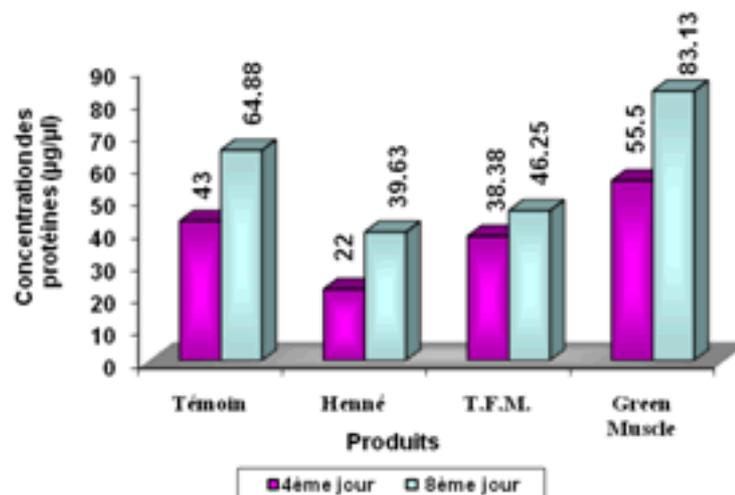


Fig.85 : La concentration des protéines hémolympathiques des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact au 4^{ème} et au 8^{ème} jour

· Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 105, 106 et 107.

Tableau 105: Effet de traitement par contact de *M. anisopliae* sur la concentration des protéines hémolympathiques des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	2	1697.906	848.953	252.008	< 0.0001
Résidus	5	16.844	3.369		
Total	7	1714.750			

Tableau 106: Effet de traitement par contact de Triflumuron sur la concentration des protéines hémolympathiques des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	2	712.813	356.406	18.126	0.005
Résidus	5	98.313	19.663		
Total	7	811.125			

Tableau 107: Effet de traitement par contact de henné sur la concentration des protéines hémolympathiques des larves L5 de *L. migratoria*

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	2	1849.656	924.828	494.891	< 0.0001
Résidus	5	9.344	1.869		
Total	7	1859.000			

D'après les tableaux 105, 106 et 107, on constate qu'il y a une différence significative entre la concentration des protéines hémolympathiques des larves L5 témoins et celles traitées au Triflumuron et une différence hautement significative entre la concentration des protéines hémolympathiques des larves témoins et celles traitées au henné et au *M. anisopliae* par contact (Probabilité < 0,05).

2- Traitement par ingestion

Les résultats des différentes concentrations des protéines hémolympathiques des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion au 4^{ème} et au 8^{ème} jour, sont consignés dans le tableau 47 (Annexe 2) et illustrés par la fig.86.

Pour ce type de traitement, une différence entre le taux des protéines hémolympathiques des larves témoins et celles traitées aux trois biopesticides par ingestion a été relevée : ce taux diminue pour les traitées au henné et augmente pour les traitées au Triflumuron et les traitées au *M. anisopliae* par rapport aux témoins. Les taux enregistrés sont de 42,88 µg/ml, 68,38 µg/ml et 68,5 µg/ml au 4^{ème} jour et de 58,5 µg/ml, 73,63 µg/ml et 84,75 µg/ml au 8^{ème} jour, respectivement pour les traitées au henné, les traitées au Triflumuron et les traitées au *M. anisopliae* par ingestion contre un taux de 50,63 µg/ml au 4^{ème} jour et 66 µg/ml au 8^{ème} jour pour les témoins.

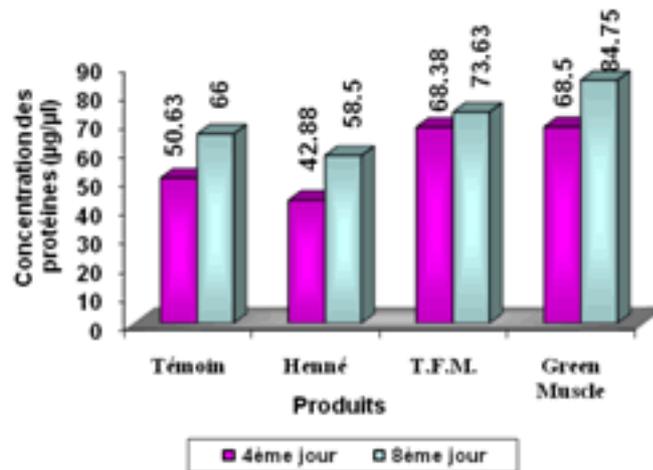


Fig.86 : La concentration des protéines hémolympatiques des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion au 4^{ème} et au 8^{ème} jour

Analyse de la variance

Les résultats de cette analyse sont portés sur les tableaux 108, 109 et 110.

Tableau 108: Effet de traitement par ingestion de *M. anisopliae* 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	2	1170.766	585.383	3709.356	< 0.0001
Résidus	5	0.789	0.158		
Total	7	1171.555			

Tableau 109: Effet de traitement par ingestion de Triflumuron 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	2	534.641	267.320	25.840	0.002
Résidus	5	51.727	10.345		
Total	7	586.367			

Tableau 110: Effet de traitement par ingestion de henné 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	2	596.781	298.391	4340.227	< 0.0001
Résidus	5	0.344	0.069		
Total	7	597.125			

Selon les tableaux 108, 109 et 110, on note une différence hautement significative entre la concentration des protéines hémolympatiques des larves témoins et celles traitées au *M. anisopliae* et au henné par ingestion et une différence significative entre la concentration

des protéines hémolympatiques des larves témoins et celles traitées au Triflumuron par ingestion (Probabilité < 0,05).

4.2. L'effet sur le profil électrophorétique des protéines

Les profils protéiques de l'hémolymphe des larves L5 de *L. migratoria*, témoins et traitées aux trois biopesticides par les deux types de traitement au 4^{ème} et au 8^{ème} jour sont représentés dans la fig.87.

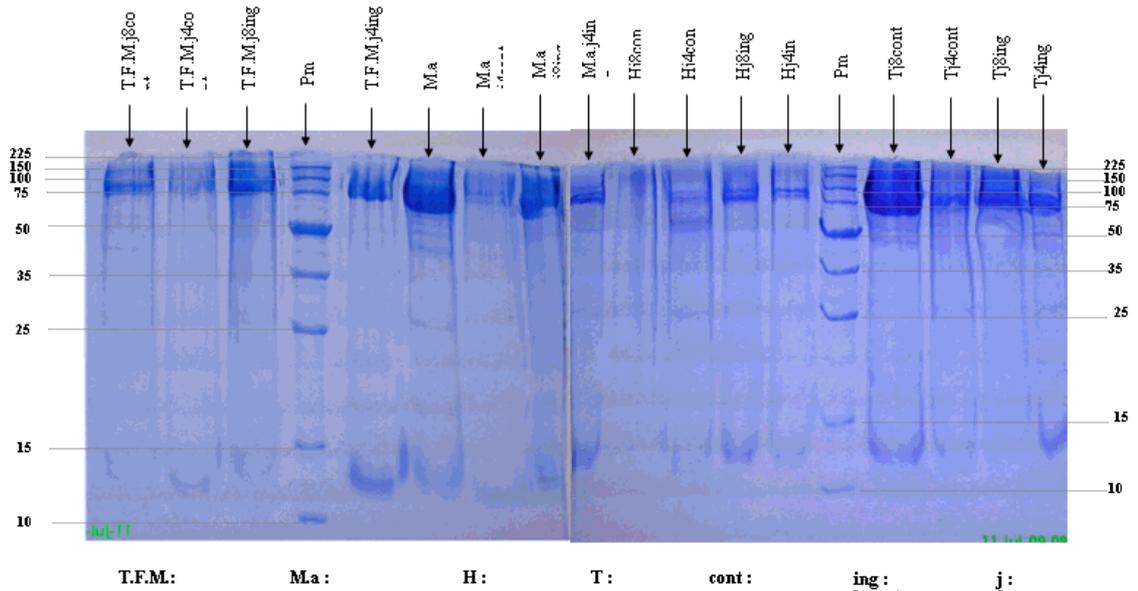


Fig.87 : Profils électrophorétiques des protéines hémolympatiques des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par les deux types de traitement au 4^{ème} et au 8^{ème} jour

Original

Afin de déduire les poids moléculaires des protéines hémolympatiques des larves L5 de *L. migratoria*, témoins et traitées aux trois biopesticides par les deux types de traitement au 4^{ème} et au 8^{ème} jour, nous avons d'abord tracé la courbe de calibration exprimée en logarithme décimal du poids moléculaires (PM) en fonction de la mobilité relative (Rf) des marqueurs Promega mentionnés sur le tableau 48 (Annexe 2) et illustrés par la fig.88.

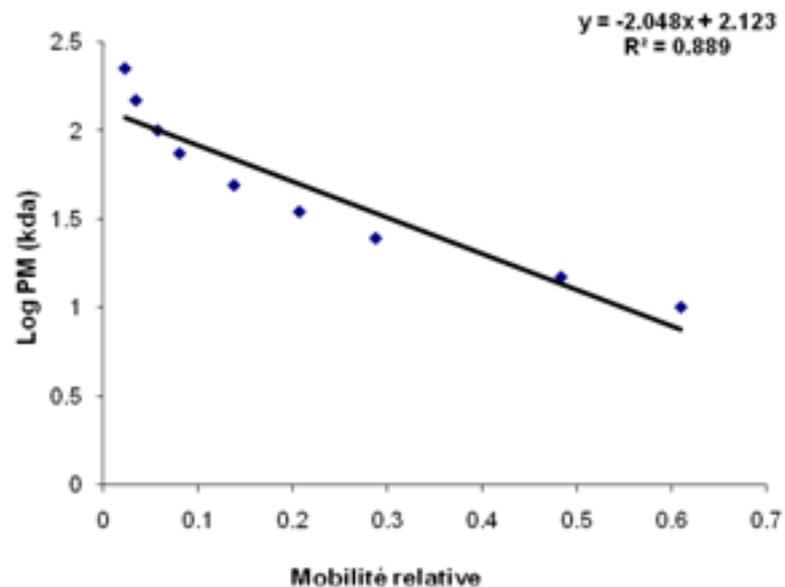


Fig. 88 : Courbe de référence exprimant le logarithme décimal du poids moléculaires (PM) en fonction de la mobilité relative (Rf) des protéines marqueurs

1- Traitement par contact

Les poids moléculaires (PM) et les mobilités relatives (Rf) des protéines hémolympatiques des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact au 4^{ème} et au 8^{ème} jour, sont consignés dans le tableau 111, 112, 113.

D'après les résultats, on constat qu'il y a une différence dans le nombre et la qualité des bandes protéiques de l'hémolymphe des larves témoins et celles traitées aux trois biopesticides par contact, d'où on a remarqué que la série témoins à donné 10 bandes caractérisées par des poids moléculaires varient de 9.840 kda à 119.124 kda au 4^{ème} jour et 13 bandes avec des poids moléculaires varient de 7.925 kda à 119.124 kda au 8^{ème} jour. Le traitement par contact au *M. anisopliae* à donné 13 bandes caractérisées par des poids moléculaires varient de 8.83 kda à 119.124 kda au 4^{ème} jour et 14 bandes avec des poids moléculaires varient de 10.964 kda à 119.124 kda au 8^{ème} jour. Concernant le traitement par contact au Triflumuron on enregistré 10 bandes avec des poids moléculaires varient de 9.840 kda à 119.124 kda au 4^{ème} jour et 17 bandes caractérisées par leurs poids moléculaires allant de 7.925 kda à 119.124 kda au 8^{ème} jour. Le traitement par contact avec le henné a donné 12 bandes avec des poids moléculaires varient de 6.382 kda à 119.124 kda au 4^{ème} jour et une absence des bandes au 8^{ème} jour. Concernant la qualité des bandes, on note que ces dernières n'ont pas été influencées par le traitement de contact au *M. anisopliae* et on remarque presque la même intensité des bandes des témoins et des traitées au 4^{ème} et au 8^{ème} jour. Pour les individus traitées au henné par contact, on distingue que les bandes sont altérées et leur intensité est très faible par rapport aux témoins au 4^{ème} jour et on n'observe aucune bande au 8^{ème} jour. Quand aux larves traitées au Triflumuron par contact, l'intensité des bandes cette fois ci est moins importante que ceux des témoins au 4^{ème} et au 8^{ème} jour.

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

Donc l'étude électrophorétique de l'hémolymphe des larves L5 de *L. migratoria* traitées par contact aux trois biopesticides, a démontré une augmentation de nombre de bandes au 4^{ème} et au 8^{ème} jour pour les traitées au *M. anisopliae* par contact. Par contre une diminution de nombre de bande au 4^{ème} jour et une altération total des bandes au 8^{ème} jour pour les traitées au henné par contact. Le traitement par contact au Triflumuron a révélé un même nombre de bandes par rapport aux témoins au 4^{ème} jour et une augmentation de nombre de bandes au 8^{ème} jour.

n° de la bande	4ème jour						8ème jour					
	Témoins			<i>M.anisopliae var acridum</i>			Témoins			<i>M.anisopliae var acridum</i>		
	Rf	PM(KDa)	LogPM(Kda)	Rf	PM(KDa)	LogPM(Kda)	Rf	PM(KDa)	LogPM(Kda)	Rf	PM(KDa)	LogPM(Kda)
1	0.023	119.124	2.076	0.023	119.124	2.076	0.023	119.124	2.076	0.023	119.124	2.076
2	0.057	101.157	2.005	0.057	101.157	2.005	0.092	86.099	1.935	0.069	95.940	1.982
3	0.069	95.940	1.982	0.069	95.940	1.982	0.138	69.342	1.841	0.092	86.099	1.935
4	0.115	77.268	1.888	0.092	86.099	1.935	0.161	62.086	1.793	0.103	81.470	1.911
5	0.126	73.113	1.864	0.115	77.268	1.888	0.230	44.874	1.652	0.126	73.113	1.864
6	0.276	36.140	1.558	0.138	69.342	1.841	0.276	36.140	1.558	0.149	65.614	1.817
7	0.322	29.107	1.464	0.161	62.086	1.793	0.322	29.107	1.464	0.230	44.874	1.652
8	0.402	19.907	1.299	0.230	44.874	1.652	0.414	18.879	1.276	0.264	38.194	1.582
9	0.506	12.217	1.087	0.287	34.198	1.534	0.471	14.387	1.158	0.287	34.198	1.534
10	0.552	9.840	0.993	0.345	26.302	1.417	0.506	12.217	1.087	0.322	29.107	1.464
11				0.437	16.904	1.228	0.540	10.399	1.017	0.402	19.907	1.299
12				0.517	11.588	1.064	0.552	9.840	0.993	0.460	15.170	1.181
13				0.575	8.83	0.946	0.598	7.925	0.899	0.506	12.217	1.087
14										0.529	10.964	1.040

Tableau 111: Poids moléculaires (PM) et les mobilités relatives (Rf) des protéines hémolympatiques des larves L5 de *L. migratoria* traitées au *M. anisopliae* par contact au 4^{ème} et au 8^{ème} jour

n° de la bande	4ème jour						8ème jour					
	Témoins			Triflumuron (T.F.M.)			Témoins			Triflumuron (T.F.M.)		
	Rf	PM(KDa)	LogPM(Kda)	Rf	PM(KDa)	LogPM(Kda)	Rf	PM(KDa)	LogPM(Kda)	Rf	PM(KDa)	LogPM(Kda)
1	0.023	119.124	2.076	0.023	119.124	2.076	0.023	119.124	2.076	0.023	119.124	2.076
2	0.057	101.157	2.005	0.057	101.157	2.005	0.092	86.099	1.935	0.046	106.905	2.029
3	0.069	95.940	1.982	0.069	95.940	1.982	0.138	69.342	1.841	0.057	101.157	2.005
4	0.115	77.268	1.888	0.115	77.268	1.888	0.161	62.086	1.793	0.092	86.099	1.935
5	0.126	73.113	1.864	0.126	73.113	1.864	0.230	44.874	1.652	0.115	77.268	1.888
6	0.276	36.140	1.558	0.276	36.140	1.558	0.276	36.140	1.558	0.149	65.614	1.817
7	0.322	29.107	1.464	0.322	29.107	1.464	0.322	29.107	1.464	0.172	58.884	1.770
8	0.402	19.907	1.299	0.402	19.906	1.299	0.414	18.879	1.276	0.218	47.424	1.676
9	0.506	12.217	1.087	0.506	12.217	1.087	0.471	14.387	1.158	0.264	38.194	1.582
10	0.552	9.840	0.993	0.552	9.840	0.993	0.506	12.217	1.087	0.276	36.140	1.558
11							0.540	10.399	1.017	0.310	30.960	1.487
12							0.552	9.840	0.993	0.379	22.181	1.346
13							0.598	7.925	0.899	0.402	19.907	1.299
14										0.506	12.217	1.087
15										0.529	10.964	1.040
16										0.575	8.83	0.946
17										0.609	7.498	0.875

Tableau 112: Poids moléculaires (PM) et les mobilités relatives (Rf) des protéines hémolympatiques des larves L5 de *L. migratoria* traitées au Triflumuron par contact au 4^{ème} et au 8^{ème} jour

n° de la bande	4 ^{ème} jour						8 ^{ème} jour					
	Témoins			<i>L. inermis</i> (Henné)			Témoins			<i>L. inermis</i> (Henné)		
	Rf	PM(KDa)	LogPM(Kda)	Rf	PM(KDa)	LogPM(Kda)	Rf	PM(KDa)	LogPM(Kda)	Rf	PM(KDa)	LogPM(Kda)
1	0.023	119.124	2.076	0.023	119.124	2.076	0.023	119.124	2.076	0	0	0
2	0.057	101.157	2.005	0.069	95.940	1.962	0.092	86.099	1.935	0	0	0
3	0.069	95.940	1.962	0.080	90.780	1.958	0.138	69.342	1.841	0	0	0
4	0.115	77.268	1.888	0.115	77.268	1.888	0.161	62.086	1.793	0	0	0
5	0.126	73.113	1.864	0.126	73.113	1.864	0.230	44.874	1.652	0	0	0
6	0.276	36.140	1.558	0.138	69.342	1.841	0.276	36.140	1.558	0	0	0
7	0.322	29.107	1.464	0.287	34.198	1.534	0.322	29.107	1.464	0	0	0
8	0.402	19.907	1.299	0.333	25.941	1.440	0.414	18.879	1.276	0	0	0
9	0.506	12.217	1.087	0.494	12.912	1.111	0.471	14.387	1.158	0	0	0
10	0.552	9.840	0.993	0.552	9.840	0.993	0.506	12.217	1.087	0	0	0
11				0.575	8.83	0.946	0.540	10.399	1.017	0	0	0
12				0.644	6.382	0.805	0.552	9.840	0.993	0	0	0
13							0.598	7.925	0.899			

Tableau 113: Poids moléculaires (PM) et les mobilités relatives (Rf) des protéines hémolympatiques des larves L5 de *L. migratoria* traitées au henné par contact au 4^{ème} et au 8^{ème} jour

2- Traitement par ingestion

Les poids moléculaires (PM) et les mobilités relatives (Rf) des protéines hémolympatiques des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion au 4^{ème} et au 8^{ème} jour, sont consignés dans le tableau 114, 115, 116.

Dans ce type de traitement, le nombre et la qualité des bandes protéiques de l'hémolymphe des larves traitées aux trois biopesticides par ingestion diffère à ceux des témoins. On remarque au 4^{ème} jour, que le nombre de bande pour les traitées au *M. anisopliae* par ingestion est le même qu'aux témoins (10 bandes), avec des poids moléculaires variant de 8.83 kda à 119.124 kda, mais celles des témoins leurs poids moléculaires varient de 11.588 kda à 119.124 kda. Cependant au 8^{ème} jour, le traitement au *M. anisopliae* par ingestion a révélé une réduction de nombre de bandes (10 bandes), dont les poids moléculaires varient de 10.399 kda à 119.124 kda comparativement aux témoins (13 bandes) caractérisées par leurs poids moléculaires allant de 9.840 kda à 119.124 kda. On peut signaler aussi qu'il y a une augmentation de nombre de bandes pour les individus traités au Triflumuron par ingestion avec 11 bandes, dont les poids moléculaires varient de 8.83 kda à 119.124 kda au 4^{ème} jour et 15 bandes caractérisées par leurs poids moléculaires allant de 8.83 kda à 119.124 kda au 8^{ème} jour. Quoique le traitement au henné par ingestion a marqué une diminution de nombre de bande avec 9 bandes, dont les poids moléculaires varient de 9.840 kda à 119.124 kda au 4^{ème} jour et 9 bandes caractérisées par leurs poids moléculaires allant de 11.588 kda à 119.124 kda au 8^{ème} jour.

On constate aussi d'après l'étude électrophorétique de l'hémolymphe des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion, que l'intensité des bandes est presque la même pour les traitées au *M. anisopliae* par ingestion comparativement aux témoins. Pour les individus traités au Triflumuron par ingestion, on remarque que les bandes sont moins intenses que ceux des témoins au 4^{ème} et au 8^{ème} jour. Quand aux larves traitées au henné par ingestion, l'intensité des bandes cette fois ci est très faible par rapport aux témoins au 4^{ème} et au 8^{ème} jour.

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

n° de la bande	4ème jour						8ème jour					
	Témoins			<i>Manisophiae var acridum</i>			Témoins			<i>Manisophiae var acridum</i>		
	Rf	PM(KDa)	LogPM(KDa)	Rf	PM(KDa)	LogPM(KDa)	Rf	PM(KDa)	LogPM(KDa)	Rf	PM(KDa)	LogPM(KDa)
1	0.023	119.124	2.076	0.023	119.124	2.076	0.023	119.124	2.076	0.023	119.124	2.076
2	0.057	101.157	2.005	0.069	95.940	1.982	0.057	101.157	2.005	0.069	95.940	1.982
3	0.069	95.940	1.982	0.080	90.780	1.958	0.069	95.940	1.982	0.115	77.268	1.888
4	0.103	81.470	1.911	0.126	73.113	1.864	0.103	81.470	1.911	0.161	62.086	1.793
5	0.126	73.113	1.864	0.138	69.342	1.841	0.115	77.268	1.888	0.287	34.198	1.534
6	0.149	65.614	1.817	0.172	58.884	1.770	0.138	69.342	1.841	0.345	26.302	1.417
7	0.230	44.874	1.652	0.230	44.874	1.652	0.149	65.614	1.817	0.402	19.907	1.299
8	0.276	36.140	1.558	0.299	32.434	1.511	0.218	47.424	1.676	0.460	15.170	1.181
9	0.402	19.907	1.299	0.345	26.302	1.417	0.264	38.194	1.582	0.517	11.588	1.064
10	0.517	11.588	1.064	0.575	8.83	0.946	0.310	30.960	1.487	0.540	10.399	1.017
11							0.391	21.037	1.323			
12							0.483	13.614	1.134			
13							0.552	9.840	0.993			

Tableau 114: Poids moléculaires (PM) et les mobilités relatives (Rf) des protéines hémolympatiques des larves L5 de *L. migratoria* traitées au *M. anisopliae* par ingestion au 4^{ème} et au 8^{ème} jour

n° de la bande	4ème jour						8ème jour					
	Témoins			Triflururon (T.F.M.)			Témoins			Triflururon (T.F.M.)		
	Rf	PM(KDa)	LogPM(KDa)	Rf	PM(KDa)	LogPM(KDa)	Rf	PM(KDa)	LogPM(KDa)	Rf	PM(KDa)	LogPM(KDa)
1	0.023	119.124	2.076	0.023	119.124	2.076	0.023	119.124	2.076	0.023	119.124	2.076
2	0.057	101.157	2.005	0.046	106.905	2.029	0.057	101.157	2.005	0.069	95.940	1.982
3	0.069	95.940	1.982	0.115	77.268	1.888	0.069	95.940	1.982	0.103	81.470	1.911
4	0.103	81.470	1.911	0.149	65.614	1.817	0.103	81.470	1.911	0.172	58.884	1.770
5	0.126	73.113	1.864	0.218	47.424	1.676	0.115	77.268	1.888	0.184	55.718	1.746
6	0.149	65.614	1.817	0.253	40.271	1.605	0.138	69.342	1.841	0.207	50.003	1.699
7	0.230	44.874	1.652	0.402	19.906	1.299	0.149	65.614	1.817	0.230	44.874	1.652
8	0.276	36.140	1.558	0.494	12.912	1.111	0.218	47.424	1.676	0.253	40.271	1.605
9	0.402	19.907	1.299	0.517	11.588	1.064	0.264	38.194	1.582	0.264	38.194	1.582
10	0.517	11.588	1.064	0.529	10.964	1.040	0.310	30.960	1.487	0.287	34.198	1.534
11				0.57	8.83	0.946	0.391	21.037	1.323	0.368	23.442	1.370
12							0.483	13.614	1.134	0.391	21.037	1.323
13							0.552	9.840	0.993	0.471	14.387	1.158
14										0.517	11.588	1.064
15										0.575	8.83	0.946

Tableau 115: Poids moléculaires (PM) et les mobilités relatives (Rf) des protéines hémolympatiques des larves L5 de *L. migratoria* traitées au Triflururon par ingestion au 4^{ème} et au 8^{ème} jour

n° de la bande	4ème jour						8ème jour					
	Témoins			<i>L. inermis</i> (Henné)			Témoins			<i>L. inermis</i> (Henné)		
	Rf	PM(KDa)	LogPM(KDa)	Rf	PM(KDa)	LogPM(KDa)	Rf	PM(KDa)	LogPM(KDa)	Rf	PM(KDa)	LogPM(KDa)
1	0.023	119.124	2.076	0.023	119.124	2.076	0.023	119.124	2.076	0.023	119.124	2.076
2	0.057	101.157	2.005	0.069	95.940	1.982	0.057	101.157	2.005	0.057	101.157	2.005
3	0.069	95.940	1.982	0.080	90.780	1.958	0.069	95.940	1.982	0.080	90.780	1.958
4	0.103	81.470	1.911	0.115	77.268	1.888	0.103	81.470	1.911	0.115	77.268	1.888
5	0.126	73.113	1.864	0.138	69.342	1.841	0.115	77.268	1.888	0.126	73.113	1.864
6	0.149	65.614	1.817	0.276	36.140	1.558	0.138	69.342	1.841	0.161	62.086	1.793
7	0.230	44.874	1.652	0.356	24.717	1.393	0.149	65.614	1.817	0.195	52.844	1.723
8	0.276	36.140	1.558	0.529	10.964	1.040	0.218	47.424	1.676	0.345	26.302	1.42
9	0.402	19.907	1.299	0.552	9.840	0.993	0.264	38.194	1.582	0.517	11.588	1.06
10	0.517	11.588	1.064				0.310	30.690	1.487			
11							0.391	21.037	1.323			
12							0.483	13.614	1.134			
13							0.552	9.840	0.993			

Tableau 116: Poids moléculaires (PM) et les mobilités relatives (Rf) des protéines hémolympathiques des larves L5 de *L. migratoria* traitées au henné par ingestion au 4^{ème} et au 8^{ème} jour

chapitre IV : Discussions

1. L'effet de trois biopesticides sur la morphologie et la mortalité des larves L5 de *L. migratoria*

1.1. L'effet sur la morphologie

a- L'effet du *M. anisopliae*

D'après nos résultats, on constate que le traitement au *M. anisopliae* par les deux types de traitement a engendré des changements morphologiques au niveau de la coloration, donc les larves deviennent complètement rouge après leur mort ensuite se momifient.

D'après WELLING et ZIMMERMANN (1997), la cuticule des individus de *L. migratoria* infectées par *Sorospora* sp. devient pâle et se casse vers le haut facilement, libérant les masses des spores brun-rougeâtre qui remplissent le cadavre entier. Ces spores à parois épaisses sont globulaires, avec un diamètre du 7,5 µm et agglutiné dans les unités regroupent des dizaines ou centaines de spores.

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

b - L'effet du Triflumuron

Le Triflumuron a montré des effets sur les L5 traitées par le mode contact ou ingestion. Ces effets se sont manifestés par des changements morphologiques avec une augmentation au niveau de la taille des individus, des gonflements au niveau de l'abdomen et le pronotum et des déformations morphologiques à cause du blocage de la mue imaginale, terminé par la mort des insectes. Ces manifestations correspondent au mode d'action des dérégulateurs de croissances dont le Triflumuron fait partie.

NASSEH et al., (1992), signalent que le traitement par les inhibiteurs de croissance tel que le Téflubenzuron et le Triflumuron provoquent des handicapes chez les individus du criquet pèlerin expliqués par : – L'insecte se trouve dans l'incapacité de muer; – réduction

de l'aptitude au vol due à une déformation des ailes; – difficultés au niveau de la prise de nourriture dues aux malformations ou disparition des pattes et des tarsi; – obstacles à la communication générale, notamment disparition de l'aptitude à la copulation parvenue à une perte ou une malformation des extrémités et 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 observé entre les segments membranaires de ce locuste.

D'après DORN et *al.*, (1997), le fénoxycarbe est un analogue d'hormone juvénile des insectes, testé sur des larves de dernier stade 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.

Selon SOLTANI et *al.*, (1999), l'Alsystin (48% EC), une formulation commerciale du triflumuron, a été d'abord testée en laboratoire sur les larves du quatrième stade de *Culex pipiens pipiens* L. (Diptera: Culicidae) nouvellement exuviées. Le traitement provoque des aberrations morphologiques et réduit également l'émergence des adultes.

ALLACHE (2005), a signalé qu'aucune déformation n'a été observée chez les larves L4 de *L. migratoria* traitées par l'exaflumuron et il a justifié ça par la faible dose utilisé au cours de ses essais.

TIRCHI (2008), a enregistré de diverses malformations morphologiques chez les larves traitées avec le lufenuron et le triflumuron traduisant par l'apparition des malformations au niveau des ailes, 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 traduite par leur faiblesse et la réduction de leur mobilité.

c - L'effet du henné

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

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

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

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

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

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

1.2. L'effet sur la mortalité

L'étude de l'effet de trois biopesticides sur la mortalité des larves L5 de *L. migratoria*, nous montre que le traitement par ces trois produits avec les deux modes de pénétration : ingestion et contact a marqué une efficacité hautement significative comparativement aux témoins (Pr. < 0.05), et les larves ont été sensibles envers ces trois biopesticides, malgré leur effet lent.

D'après les calculs effectués pour obtenir la dose létale qui peut tuer 50% de la population, on a trouvé une DL50=0.32 x 10⁹ spores/ml pour *M. anisopliae*, une DL50=2.75 ml/l pour le Triflumuron et une DL50=5.94% pour l'extrait de henné avec le traitement par contact.

D'après les résultats obtenus après les traitements effectués avec les trois biopesticides par les deux modes de pénétration, on peut trouver des taux de mortalité élevés pour une dose faible par rapport à une dose forte. Donc la mortalité n'augmente pas avec l'augmentation de la dose. Cette situation peut être due à l'état et le moment d'infection et de contamination des larves alimentées à base du gazon traité par *M. anisopliae*, et à l'échelonnement de la mue pour les larves nourries à base de gazon traité par le Triflumuron et celles alimentées avec du gazon traité par l'extrait de henné. La non corrélation entre les doses peut être aussi due au fait que les populations traitées pour chaque produit ne sont pas homogènes et elles contiennent un mélange des deux sexes, et la sensibilité des mâles diffère de celles des femelles envers les produits testés. Même aussi que peut être les larves traitées par les trois produits ne sont pas issues de la même génération, malgré qu'elles ont le même âge, donc elles ne se comportent pas de la même manière.

a- L'effet du *M. anisopliae*

On a enregistré 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. Même qu'on a enregistré chez les témoins un taux de mortalité de 20% reste stable pendant le développement des larves 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. Chez les témoins on note un taux de 3,33% reste stable pendant le développement des larves.

On peut remarquer aussi dans les conditions de l'expérimentation pour les deux types 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. On peut noter aussi des taux de mortalité élevé chez des doses faibles par rapport à des doses fortes. Ce cas est dû peut être à l'état et au moment de l'infection et à la contamination des larves alimentées à base du gazon traité par *M. anisopliae*.

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

Selon ZIMMERMANN et al. (1994), l'expérimentation sur les champignons pathogènes a d'abord consisté à isoler vingt souches de *Metarhizium* spp. provenant du sol et de criquets atteints et à sélectionner par essais les souches virulentes. En laboratoire, les meilleures souches provoquaient chez *L. migratoria* (L₃) un taux de mortalité atteignant 100 % en 8 à 10 jours.

HALOUANE (1997), signale que le traitement par *M. anisopliae* soit par contact ou par ingestion montre que ce champignon est extrêmement virulent vis-à-vis de *Schistocerca gregaria*, avec une sensibilité accentué chez les larves de 5^{ème} stade.

D'après LOMER (1997), le projet LUBILOSA produit le *Metarhizium flavoviride* selon un système à deux phases sur un substrat de riz ou de mil à l'IITA de Cotonou et à l'AGRHYMET de Niamey. Les rendements atteignent 100 g/kg. Les spores séchées supportent bien le stockage. Elles sont facilement utilisables en suspension dans différentes huiles pour constituer des formulations ULV. des applications de 100 g par hectare dans deux litres d'huile ont été faite, soit approximativement 5×10^{12} spores à l'hectare. Des réductions de population ont été observées en plein champ après l'épandage de spores dans trois systèmes. Dans le sud du Bénin, les comptages de larves au 5^{ème} stade et de jeunes adultes de *Zonocerus variegatus* ont montré une diminution de 90% de la population dix jours après le traitement. *Hieroglyphus daganensis* a également été traité à Malanville dans le nord du Bénin par des épandages en ULV de spores de *Metarhizium*, mais la densité de la végétation a réduit les effets de l'application. Toutefois, le recyclage des spores sur la végétation traitée a permis une certaine compensation puisque 70% de la population a été anéantie en 14 jours. Des résultats similaires ont été obtenus contre *Oedaleus senegalensis* et *Kraussella amabile* à Mourdiah. Les résultats varient toutefois plus fortement dans les herbages sahéliens en raison probablement de la pression exercée par les prédateurs. L'application à des bandes de Criquet pèlerin en Mauritanie a provoqué leur destruction. La prédation a provoqué une grande mortalité parmi les criquets et a semblé se renforcer sous l'effet de l'infection fongique.

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 contre *Locusta migratoria* (L3) ont montré que l'efficacité des blastospores séchées par pulvérisation était comparable à celles de blastospores fraîchement produites (mortalité > 90%), bien que le temps écoulé pour tuer 50% des larves ait été légèrement plus long. Différentes formulations à base de blastospores séchées par pulvérisation ont été testées en Mauritanie dans des conditions semi-naturelles contre des larves de *Schistocerca gregaria* en utilisant la technique d'application en ULV. Les blastospores séchées par pulvérisation ont été hautement infectantes dans une formulation aqueuse, une émulsion huile/eau et une formulation huileuse. La plus forte mortalité de près de 100% après 15 jours a été constatée avec la formulation aqueuse (20% de mélasse, 80% d'eau).

BLANFORD et THOMAS (2001), ont obtenu un taux de mortalité supérieure 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*.

Selon OUEDRAOGO (2001), le criquet migrateur (*Locusta migratoria*), par l'entremise 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 étudiés. 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 semaine.

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 un 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*, où il a enregistré le taux de mortalité atteint 100 % au 6^{ème} jour pour la 1^{ère} dose, et au 5^{ème} jour pour la 2^{ème} dose, tandis que les ailés, enregistrent 100 % de mortalité au 4^{ème} jour après traitement soit par D1 ou D2.

Kane et *al.*, (2007), ont comparé à Akjoujt, centre ouest de la Mauritanie, la virulence de deux souches de *M. anisopliae* var *acridum* IMI 330189 et celle de l'institut de lutte biologique de Darmstadt (Allemagne) sur des larves et imagos du criquet pèlerin. Pour les bio-essais et le test sur l'effet des températures ambiantes (variant entre 22 et 26,5°C) sur la virulence du mycopesticide, deux doses ont été utilisées: $1,1 \times 10^3$ et 5×10^4 spores / insecte. Les souches IMI 330189 et celles de l'Allemagne ont causé la mortalité de 85 et 95% des larves du 4^{ème} stade (L4) traitées, respectivement. Chez les imagos, la mortalité enregistrée est de 55% pour toutes les doses excepté la forte dose de la souche IMI 330189 où elle s'élève à 95%. 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 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, le contrôle était moins tangible.

Des essais ont été effectués par ENTZ et al., (2008), afin de tester deux variétés de *Metarhizium* : *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* et *M. anisopliae* var. *acridum* sur quatre espèces de locustes : *Melanoplus sanguinipes*, élevé au laboratoire et *M. sanguinipes*, *M. bivittatus* et *M. packardii*, récolté du terrain. Ils ont trouvé avec les acridiens tirés du laboratoire traités au *M. anisopliae* var. *acridum* un taux de mortalité de 99% après 12 jours.

b - L'effet du Triflumuron

Les larves traitées au Triflumuron par les deux types de traitement meurent au moment de la mue imaginale, avec l'existence de quelques mortalités naturelles avant. Pour le traitement de 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. Chez les larves témoins, on a signalé un taux de mortalité de 3,33% qui se maintient jusqu'à la mue de l'insecte.

Quand aux larves L5 alimentées par du gazon traité au Triflumuron, le taux de mortalité est de 96,67% au 20^{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, contre un taux de 10% chez les larves L5 témoins qui reste stable jusqu'à la mue.

Donc on peut conclure que pour ce produit la mortalité n'augmente pas avec l'augmentation de la dose, et les larves meurent au moment de la mue, ce qui confirme le mode d'action des dérégulateurs de croissance qui paraissent au moment de la métamorphose. 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.

NASSEH et al., (1992), 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), ont réalisé des essais en cage dans la zone semi-désertique de la province de la mer Rouge au Soudan avec le Triflumuron sur les larves L2 et L4 de *Locusta migratoria migratorioides*. Les taux de mortalité obtenus varient entre 60% et 90% à des doses allant de 10 à 80 g ma / ha au bout de 18 jours après le traitement.

MUSUNA et MUGISHA (1997), signalent que le triflumuron, l'hexaflumuron et le téflubenzuron ont fait l'objet en 1993 d'essais sur le terrain contre *L. migratoria migratorioides*

au Malawi et en Zambie, avec l'utilisation des doses : 25g m.a/ha (seulement pour le téflubenzuron), 50g m.a/ha et 100g m.a/ha (pour chacun des trois dérégulateurs). Les taux de mortalité enregistrés en Zambie étaient de 5 à 38% au 5^{ème} jour après le traitement aux doses de 50 et 100g m.a/ha contre des taux élevés obtenus en Malawi soit 50% à 87% au 5^{ème} jour après le traitement et 73 à 100% le 7^{ème} jour après traitement respectivement aux doses de 25 et 100g m.a/ha.

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 effectué 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. La mortalité débute au 4^{ème} jour chez les L1 et L3, au 3^{ème} jour chez les L2 et au 6^{ème} jour chez les L4 et L5. Ils ont noté aussi qu'un taux de 100% de mortalité est atteint par les stades jeunes.

c - L'effet du henné

Les larves traitées par l'extrait du henné avec les deux types de traitement meurent aussi au moment de la mue imaginale, avec l'existence de quelques mortalités naturelles avant. 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. Chez les larves témoins ce taux est de 20%, il reste stable jusqu'à la mue pour le traitement par contact.

Les larves nourries à base du gazon traité par l'extrait du henné donnent un taux de mortalité de 96,67% au 22^{ème} jour à la dose D1, et 100% à la dose D2 et D3 respectivement au 19^{ème} jour et au 22^{ème} jour. Concernant les larves témoins ce taux est de 20%, il maintient jusqu'à la mue.

Donc on peut conclure que l'extrait de henné agit comme un dérégulateur de croissance en causant des malformations et un blocage de la mue chez les larves traitées qui se traduit par la mort des individus terminée par leur mort. On peut noter pour ce produit que la mortalité n'augmente pas avec l'augmentation de la dose. Les différences observées entre les taux de mortalité peuvent être dues à l'échelonnement de la mue des insectes.

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

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

NASSEH et *al.*, (1992), notent que les effets d'une huile de neem pure provoquent également une mortalité de 100 % chez les populations de *Schistocerca gregaria* conservées en milieu naturel comme chez les populations de laboratoire, au onzième jour pour les spécimens de laboratoire et au quinzième jour pour les autres. Ils 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 ont été élaborées par ALIA et *al.*, (1995), ont montré que l'extrait éthanolique brut *Lawsonia inermis* présente des effets anti-inflammatoires, analgésiques, antipyrétiques vis-à-vis le rat.

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

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

ABBASSI et *al.*, (2004), signalent qu'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.

Selon OULD EL HADJ et *al.*, (2005), l'étude de la toxicité des extraits de *Melia azedarach*, d'*Azadirachta indica* et d'*Eucalyptus globulus*, vis-à-vis des larves du cinquième stade (L5) et des adultes de *S. gregaria* révèle une mortalité de 100% est atteinte au bout de 10 jours pour les L5 et 13 jours pour les adultes pour *A. indica*. Elle est pour *M. azedarach* de 11 jours pour les L5 et 14 jours pour les adultes. Les individus traités à l'*eucalyptus* meurent quelques jours plus tard. Les larves du cinquième stade s'avèrent être plus sensibles que les imagos à ces extraits.

D'autres études ont été réalisées concernant l'utilisation du henné sur les micro-organismes, tel que 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.

Et pour savoir si nos produits ont un effet sur l'environnement et sur la faune auxiliaires, il ya plusieurs études qui ont été réalisées dans ce sens. PEVELING et *al.*, (1994), annoncent qu'entre 1990 et 1992, des études ont été réalisées sur les effets secondaires de huit agents de lutte antiacridienne sur des arthropodes non-cible au stade épigé au Soudan, au Niger, en Mauritanie et sur l'île du Cap Vert. Les agents testés comprenaient six nouveaux produits de lutte antiacridienne (produits naturels: huile de neem, *Azadirachta indica*, *Melia volkensii* extrait à l'éthanol; régulateurs de croissance: fenoxycarbe, teflubenzuron, triflumuron; champignon entomopathogène: *Beauveria bassiana*) et à titre de comparaison, deux insecticides conventionnels (organochloré: dieldrine; organophosphate/pyrethrynoïde : profenofos/cyperméthrine). L'expérimentation comprenait des tests de toxicité réalisés in situ ainsi que des essais dans des cages situées en plein champ, c'est-à-dire des tests « espèce

unique/agent unique», mais aussi des essais en plein champ à petite échelle. Huit espèces différentes considérées comme bénéfiques ont été testées sur une période prolongée (10 à 25 jours); les sujets soumis aux tests étaient des insectes (Tenebrionidae, Reduviidae) ainsi que des araignées (Philodromidae, Oxyopidae). Les études portant sur la toxicité aiguë du triflumuron et les essais en champ ont été, quant à eux, réalisés sur un éventail plus large de groupes taxonomiques. Outre les tests de toxicité, des études méthodologiques ont été réalisées sur les erreurs d'échantillonnage survenues lors des recherches écotoxicologiques sur le terrain. Par rapport aux insecticides conventionnels, les agents alternatifs de lutte antiacridienne testés sur des arthropodes n'ont montré aucun effet secondaire important. Seuls les premiers présentaient une toxicité aiguë. L'huile de neem (*A. indica*) a un effet légèrement répulsif sur les Ténébrionidés et *M. volkensis* a entraîné un retard de développement larvaire chez *Coranus arenaceus* (Walker). Les régulateurs de croissance n'ont eu aucun effet chez les Ténébrionides, mais les benzoylphenyl urées ont augmenté le taux de mortalité chez les larves de réduves et chez certaines espèces d'araignées, bien que ce phénomène ne soit pas explicitement lié à la dose appliquée. *B. bassiana* s'est répandu chez des hôtes d'une variété remarquable et a infecté toutes les espèces testées après une application topique. Ils ont émet l'hypothèse que les arthropodes des régions arides sont plus sensibles aux infections fongiques que les taxons apparentés des régions tempérées est sujette à discussion.

Des études toxicologiques mammaliennes ont montré que *M. volkensis* administré oralement à des souris de laboratoire n'avait pas d'effets toxiques aigus ou chroniques. Il n'a par conséquent pas été possible de déterminer une DL50 par voie orale pour les souris. Cette étude apporte des informations sur la production de *M. volkensis* en grandes quantités et sur sa durée de conservation. Il expose également les perspectives de l'utilisation du produit dans la lutte antiacridienne (MWANGI et al., 1997).

PRIOR (1997), signale que suivant le projet de LUBILOSA des expérimentations ont été réalisées sur *Metarhizium flavoviride* IMI 330189 et ont confirmé que la virulence d'IMI 330189 sur les termites est modérée et elle est nulle sur différentes espèces de coléoptères, charançons, Coreidae, fourmis et cafards.

Des essais biologiques en laboratoire et des expérimentations à petites échelles sur le terrain ont été conduit pour étudier les effets du dérégulateur de croissance triflumuron (TFM) sur divers espèces d'araignées d'Europe, de Mauritanie et de Madagascar. Ils ont montré la non nocivité d'une manière générale du TFM sur ces araignées (PEVELING et al., 1997).

FAGBEMIRO et al., (2000), préviennent que sur le plan toxicologique le GREEN MUSCLE présente moins de risque que les insecticides synthétiques et il peut être utilisé aux abords des zones aquatiques. Ils ont montré aussi que les études écotoxicologiques menées aux champs n'ont pas révélé des effets négatifs sur les insectes non cibles, suite aux tests réalisés sur les organismes non cibles par LOCUSTOX au Sénégal et par LUBILOSA, qui confirme qu'aucune infection n'a été enregistrée sur les oiseaux, les poissons, ni sur les scarabées (coléoptères) et les punaises (hétéroptères). Néanmoins, à l'issue des tests de laboratoire certains hyménoptères exposés y compris des parasites ont été infestés à un niveau très bas, mais en milieu réel le *Metarhizium* ne leur présente pas de risque.

D'après MELLO et al., (2008), des études ont été effectuées pour évaluer l'efficacité de triflumuron sur les larve d'un hémiptère *prolixus Rhodnius* par traitement oral, topique ou

continu. Tous les traitements pouvaient induire des hauts niveaux de la mortalité, retarder le développement et l'inhiber la mue.

2. L'effet de trois biopesticides sur l'évolution pondérale, le gain du poids, le développement et l'activité alimentaire des larves L5 de *L. migratoria*

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

Les résultats obtenus, ne présente aucune différence significative entre le poids et le gain du poids des larves L5 traitées aux trois biopesticides comparativement aux témoins pour les deux types de traitement (Probabilité > 0,05), sauf pour les larves traitées au *M. anisopliae* par ingestion, on note qu'il y a une différence hautement significative entre le poids des traitées comparativement aux témoins (Probabilité < 0,05).

Pour le traitement par contact, on a enregistré un poids moyen initial de 0,5g chez les pulvérisé avec l'eau, de 0,44g chez les pulvérisé avec l'eau distillée, de 0,52g chez les traitées par le henné, de 0,56g chez les traitées par le Triflumuron et 0,46g chez les traitées au *M. anisopliae*. Le poids augmente avec le temps et avec le développement des larves ensuite diminue à un poids moyen final après la mue de 0,7g pour les pulvérisées avec l'eau et de 1g pour celles pulvérisées avec l'eau distillée. Chez les larves traitées au henné et au Triflumuron, on a enregistré aussi un accroissement du poids durant leur développement et comme ces deux produits ont marqué un effet régulateur donc les insectes meurent au moment de la mue et leurs poids arrivent à 1,2g pour les traitées au henné et 1,4g pour les traitées au Triflumuron. Concernant les larves traitées au *M. anisopliae*, on signale une légère augmentation du poids pendant leur développement jusqu'à leur mort où ils peuvent atteindre 0,8 g.

Pour les larves alimentées à base du gazon pulvérisé avec les trois biopesticides, on note un poids moyen initial de 0,56g du lot alimenté par du gazon pulvérisé avec l'eau et 0,48g chez les insectes nourri par du gazon pulvérisé avec l'eau distillée contre 0,48g et 0,52g respectivement pour les traitées par ingestion au henné et au Triflumuron, et un poids moyen final après la mue pour les témoins et au moment de la mue pour les traitées, de 1,2g chez les alimentées par du gazon pulvérisé avec l'eau et 0,9g chez les nourries par du gazon pulvérisé avec l'eau distillée contre 0,9g et 1,16g respectivement pour les traitées par ingestion au henné et au Triflumuron. Une augmentation moins importante du poids des larves alimentées avec du gazon traité au *M. anisopliae*, a été enregistrée ; un poids moyen initial de 0,38g et poids moyen final après la mort des insectes de 0,67g a été noté.

L'examen des résultats de traitement par contact, montre que le gain de poids moyen chez les larves témoins est de 0,44g pour celles traitées à l'eau distillée et de 0,42g pour celles pulvérisé avec l'eau. Chez les larves traitées avec le Triflumuron et le henné leur gain du poids est plus important, mais il est moins important pour les traitées au *M. anisopliae* par rapport aux témoins ; ces poids sont de 0,66g ; 0,7g et 0,22g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et *M. anisopliae*.

Pour le traitement par ingestion, le gain du poids le plus important est enregistré chez les larves alimenté par du gazon pulvérisé avec le Triflumuron avec 0,64g. Ce gain es de

0,44g et 0,58g et respectivement chez les alimentées du gazon pulvérisé avec l'eau distillée et à l'eau ; celui des insectes nourris à base du gazon pulvérisé par le henné est de 0,5g. Chez les larves nourries avec du gazon traité au *M. anisopliae*, on a enregistré un gain du poids moins important par rapport aux témoins qui est de 0,28g.

Donc on peut dire concernant les larves témoins des deux types de traitement, elle s'alimente chaque jour le plus normalement possible ce qui fait que leur poids augmente et ça explique leur gain du poids remarquable. Ce poids diminue au moment de la mue avec l'exuviation. Et comme les larves expérimentées sont toutes des femelles élevées sur le même aliment qui le gazon et qui contient les mêmes éléments nutritifs, ce qui justifié que leur poids ne diffère pas tellement. A l'exception des larves alimentées par du gazon traité par le *M. anisopliae* où une réduction du poids des individus a été relevée, les deux autres produits n'ont pas manifesté sur le poids des insectes comparativement aux deux témoins. Donc peut être que l'ingestion du gazon traité par ce cryptogame infecte le tube digestif des larves et perturbent leur alimentation, ces dernières perdent leur poids avant leur mort. Par contre le traitement au *M. anisopliae* par contact n'a pas diminué le poids des insectes. Le Triflumuron et le henné n'ont pas marqué un effet inhibiteur sur l'évolution pondérale des larves pour les deux types de traitement. Cependant un gain du poids plus important par rapport aux témoins a été enregistré dû aux gonflements observés au niveau des larves traitées par le Triflumuron et le henné avec les deux modes de pénétration.

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*.

BELHADI (2005), a montré que les feuilles de *Rosmarinus officinalis* et *Nerium oleander* sont très peu appréciées par les larves L5 et les imagos qui ont enregistré des gains de poids très faible comparativement aux témoins.

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

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

TIRCHI et MOHOUCHE (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.

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.

2.2. Effet sur la durée du développement du stade L5 au stade imago

L'étude de l'effet des trois biopesticides sur la durée de développement du stade L5 au stade imago, nous montre les individus témoins ont effectué leur mue imaginale normalement et aucune malformation n'a été observé, alors que les larves traitées n'ont pas effectué leur mue imaginale et elles sont toutes mortes. La durée de développement est nulle pour les traitées aux trois substances par les deux modes de pénétration étudiés. Cependant, elle est de 13,75j et 14,5j respectivement pour les témoins traités à l'eau et à l'eau distillée. Pour le traitement par ingestion, cette durée est de 16,40j et de 18,75j respectivement chez les larves alimentées par du gazon pulvérisé avec l'eau et celles nourries avec du gazon

pulvérisé par l'eau distillée. On peut noter aussi qu'il y a une différence significative entre la durée du développement des traitées aux trois biopesticides par les deux types de traitement comparativement aux témoins (Probabilité < 0,05).

SOLTANI et *al.*, (1999), ont prouvé que l'utilisation de l'Alsystine (48% EC), qui est une formulation commerciale du triflumuron avec des doses qui varient de 16 à 79 ng/l sur les larves du quatrième stade de *Culex pipiens pipiens* L. (Diptera: Culicidae) nouvellement exuviées, provoque l'allongement de la durée de leur développement larvaire.

NASSEH et *al.*, (1992), Dans le cas des extraits de mélia, des retardements dans le développement des larves de *Schistocerca gregaria* étaient très nets, allant même parfois jusqu'à l'absence de mue imaginale. Après 18 jours pour les larves de laboratoire et 20 jours pour les larves de capture, la mue imaginale avait eu lieu chez tous les spécimens témoins non traités. En comparaison, l'application des extraits de mélia 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.

MOUSSA (2003), annonce que le traitement à l'huile de Neem a provoqué un retard de développement et un blocage de l'exuviation et de la mue des larves L4 et L5 de *Locusta migratoria migratoria* et *Locusta migratoria migratorioides*.

ALLACHE (2005), a noté que la durée de développement des larves L4 de *L. migratoria* a été sensiblement prolongée, évaluée à 6 jours chez les larves traitées l'hexaflumuron contre 5,33 jours pour les individus témoins.

BELHADJI (2005), a montré que les feuilles de *Rosmarinus officinalis* et *Nerium oleander* ont affecté le développement des larves L5 de *Schistocerca gregaria*, d'où les premières ont causé la mort de toutes les larves avant l'amorçage du processus de la mue, les deuxièmes ont prolongé la vie larvaire et inhibé la mue imaginale.

OULD EL HADJ et *al.*, (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.

ABDELAOUI et *al.*, (2006), 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 migratoria* traité par l'acide gibbérélique.

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.

2.3. Effet sur l'activité alimentaire

2.3.1. Effet sur la consommation journalière des larves L5

a- Effet sur l'ingera

L'étude de l'effet de trois biopesticides sur la consommation journalière des larves L5 femelle de *L. migratoria*. Autrement dit l'effet sur leur ingera et leur egesta, nous montre

qu'il y a une différence hautement significative entre l'ingestion des larves témoins et celles traitées aux trois produits par contact (Probabilité < 0,05). Et qu'il n'y a pas une différence significative entre l'ingestion des larves témoins et celles traitées aux trois produits par ingestion (Probabilité > 0,05).

Pour le traitement par contact, la consommation initiale débute avec 2,643g et 2,319g respectivement pour les pulvérisés avec l'eau distillée et l'eau contre 1,052g, 1,218g et 1,258g respectivement chez les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. Cette consommation augmente et diminue au cours de temps et atteint des valeurs soit supérieures ou inférieures qu'aux valeurs initiales jusqu'à la valeur finale de 1,076g, 1,292g et 1,381g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae* contre 1,351g et 0,874g chez les pulvérisés avec l'eau distillée et l'eau.

Les consommations journalières des larves alimentées par du gazon traité aux trois biopesticides ont commencé par des valeurs initiales de 1,164g et 1,533g respectivement pour les insectes nourris avec du gazon pulvérisé par l'eau distillée et celles alimentées par du gazon pulvérisé avec l'eau contre 1,275g, 1,505g et 1,248g respectivement chez les traitées par ingestion au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. L'accroissement de cette consommation et le décroissement se fait au cours de temps pour atteindre des valeurs plus importantes ou moins importantes aux valeurs initiales pour atteindre la valeur finale de 1,189g, 0,746g et 1,236g respectivement pour les larves nourries avec des aliments traités au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae* contre 1,449g et 1,477g respectivement pour les traitées par ingestion avec l'eau distillée et l'eau.

Donc les quantités moyennes consommées par les 5 larves traitées à l'eau et celles des 5 autres larves traitées à l'eau distillée sont plus élevées que celles enregistrées chez les larves traitées aux trois biopesticides par contact. Mais les quantités moyennes consommées par les 5 larves des lots témoins diffèrent légèrement de celles des traitées aux trois biopesticides par ingestion. On note suite à nos observations sur les larves traitées aux trois produits par les deux types de traitement, que ces dernières s'alimentent le plus normalement possible au cours de leur vie. Le traitement par contact des trois produits a entraîné une diminution dans la prise de la nourriture des larves comparativement aux témoins. Le traitement par ingestion avec les trois produits n'a pas un effet remarquable sur la prise de nourriture des larves. On peut noter aussi que cette consommation augmente et diminue au cours de temps car c'est la consommation des cinq larves qui ont des poids différents. Pour toutes les larves, la consommation diminue au moment de la mue des insectes donc l'ingestion diminue.

Nos résultats concernant le traitement par ingestion au Triflumuron sont en accord avec ceux de HANRIEDER et al., (1993), qui 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.

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, du poids chez les larves et les imagos de *Schistocerca gregaria*.

Même aussi que OULD EL HADJ et al., (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.

KOOYMAN (2007), signale que le *Metarhizium* agit par contact, pas par ingestion, et leur corpuscules hyphales font la concurrence avec l'insecte pour les nutriments et cette concurrence devient plus forte tandis 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 traitées au *M. anisopliae*.

b- Effet sur L'egesta

Les pesés faites quotidiennement sur les fèces des 5 larves mises dans chaque boîte réservée à un des trois traitements par contact, donnent des valeurs initiaux de 0,364g et 0,554 respectivement pour les pulvérisé avec l'eau distillée et l'eau contre 0,141g, 0,142g et 0,064g respectivement chez les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. Le poids des excréments augmente et diminue au cours du temps et atteint des valeurs soit supérieures ou inférieures qu'aux valeurs initiales pour atteindre la valeur finale de 0g, 0,140g et 0,016g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae* contre 0,078g et 0g respectivement chez les pulvérisé avec l'eau distillée et l'eau. L'analyse statistique a révélé une différence significative entre le poids sec des fèces des larves traitées au Triflumuron et celles traitées au *M. anisopliae* et celui des témoins (Probabilité < 0,05) : le poids des fèces des traitées est moins important à celui des témoins. Cette différence est due à l'effet de traitement ; il a été déjà noté que les trois biopesticides entraînaient une diminution dans la prise de la nourriture par conséquent ont un effet sur le rejet de leur excréments. Pour les larves traitées au henné, on remarque que le poids de leurs fèces n'a pas marqué une différence significative comparativement aux témoins (Probabilité > 0,05). Malgré la notation d'une baisse de prise de nourriture des larves, le henné n'a pas entraîné une diminution dans le poids des excréments des larves. A noter que les fèces des larves traitées au henné ont été humide et leur poids devient plus au moins important, ce qui implique qu'il ya une perte d'eau, mais leur poids ne diffère pas à ceux des témoins. Ce qui a été confirmé par ABBASSI et al., (2004), qui notent que l'extrait d'alcaloïdes des feuilles de *Calotropis procera* en végétation entraîne une perte en eau sous forme de fèces humides et de transpiration intense chez les larves et les imagos de *Schistocerca gregaria*.

Le poids des excréments des larves nourries avec une alimentation traitée avec les trois biopesticides séparément, est initialement de 0,109g et 0,093g respectivement pour les insectes nourris avec du gazon pulvérisé par l'eau distillée et celles alimentées par du gazon pulvérisé avec l'eau contre 0,198g, 0,228g et 0,06g respectivement chez les traitées par ingestion au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. Ce poids augmente, ensuite diminue au cours de temps pour atteindre des valeurs plus importantes ou moins importantes aux valeurs initiales pour atteindre les valeurs finales de 0,162g, 0g et 0,072g respectivement pour les larves nourries avec des aliments traités au henné, au Triflumuron et au *M. anisopliae* contre 0g pour les traitée par ingestion avec l'eau distillée et l'eau. On constate qu'il n y pas vraiment une différence entre le poids sec des fèces des larves qui ont consommé le gazon pulvérisé avec l'eau et celui des 5 Larves qui ont consommé le gazon pulvérisé avec l'eau distillée et celui enregistrées chez les larves traitées aux trois biopesticides par ingestion (Probabilité > 0,05). Donc on peut dire que le traitement par le mode ingestion des trois produits n'a pas un effet sur les fèces des larves de *Locusta migratoria*.

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

Les résultats de l'estimation des indices nutritionnels montrent statistiquement une différence significative entre I.C. et I.Cr. des larves L5 traitées aux trois biopesticides par contact comparativement aux témoins (Probabilité < 0,05). On signale que les indices de consommation pour ces trois produits sont inférieurs à ceux des témoins, en effet les indices obtenus sont de 2,70 et 2,44 respectivement pour les larves pulvérisé avec l'eau distillée et celles pulvérisé avec l'eau contre 1,61, 1,55 et 1,47 respectivement chez les insectes traitées au henné, Triflumuron et *M. anisopliae*. La croissance des insectes traités au Triflumuron (I.Cr.= 0,74) et au henné (I.Cr.= 0,71) est plus élevée que celle des deux témoins étudiées, l'eau distillée (I.Cr.= 0,56) et l'eau (I.Cr.= 0,49). Une faible croissance a été enregistré sur les larves traitées par contact au *M. anisopliae* (I.Cr.= 0,30), comparativement aux témoins. On peut conclure comparativement aux témoins et sur la base des I.C. que les trois produits testés inhibent la consommation des larves. Concernant I.Cr, les valeurs élevées de cet indice enregistré chez les traitées par le Triflumuron et le henné, sont dues aux gonflements causés après le traitement par ces deux produits. Un faible accroissement des larves traitées au *M. anisopliae* a été observé du à leur faible consommation.

L'analyse de la variance montre qu'il n'y a pas une différence significative entre I.C., I.Cr. des larves L5 traitées aux trois biopesticides par ingestion comparativement aux témoins (Probabilité > 0,05). On constate que I.C. enregistré pour les larves nourries avec du gazon traité au henné est inférieur ou égal à celui des insectes alimentés avec du gazon pulvérisé par l'eau distillée (1,53) et celui des larves nourries avec du gazon traité à l'eau (1,54). Pour les larves traitées par ingestion au Triflumuron et au *M. anisopliae*, on note des indices légèrement supérieurs à ceux enregistrés pour les témoins : ils sont de 1,63 pour le Triflumuron et 1,85 pour *M. anisopliae*. Pour le traitement par ingestion, on remarque que l'accroissement des larves traitées aux trois biopesticides ne diffère pas tellement de ceux des témoins, sauf qu'on peut signaler qu'il est un peu plus élevé pour les traitées par ingestion au Triflumuron (I.Cr.= 0,67) et moins élevé pour les traitées par ingestion au *M. anisopliae* (I.Cr.= 0,45) par rapport aux autres. Un indice de croissance de 0,57 a été enregistré chez les insectes alimentées avec du gazon traité par le henné et celles nourries par du gazon traité à l'eau. On constate aussi que les larves élevées sur du gazon pulvérisé avec l'eau distillée ont marqué un indice de croissance égale à 0,51. On peut conclure cette fois ci que le traitement par ingestion aux trois biopesticides n'a pas un effet probant sur la consommation et l'accroissement des larves, sauf pour le *M. anisopliae*, qui a provoqué une diminution de la croissance des larves.

Aucune différence significative n'est relevée entre le C.U.D des larves L5 traitées aux trois biopesticides par les deux types de traitement comparativement aux témoins (Probabilité > 0,05).

Pour le traitement par contact aux trois biopesticides, le C.U.D. obtenu classe en premier le *M. anisopliae* avec 82.65%, il est suivi par le Triflumuron avec 80.91%. Le traitement à l'eau distillée se classe en 3^{ème} position avec 79.82%, le témoin traité à l'eau se positionne au 4^{ème} rang avec 77.71% et le henné se classe en dernier avec 77.13.

Pour le traitement par ingestion avec les trois biopesticides, on peut enregistrer des valeurs de C.U.D. un peu plus élevées par rapport aux autres. Le C.U.D obtenu pour le *M. anisopliae* est de 83,97%, suivi par celui obtenu pour le henné 83,66%, mais statistiquement ils ne présentent aucune différence significative. Les larves alimentées avec du gazon traitée au Triflumuron ont donné un C.U.D. moins important que les autres et qui est de 69,75%, contre 82,86% et 77,56% respectivement pour les insectes nourris avec du gazon traité à l'eau et à l'eau distillée. Le traitement des larves L5 par les trois biopesticides utilisés selon

deux modes de pénétration reste sans effet sur le coefficient approximatif de digestibilité des larves de *Locusta migratoria*.

Concernant les deux indices E.C.I. et E.C.D, on note pour le traitement par contact aux trois biopesticides une différence significative entre E.C.I. et E.C.D des larves traitées au Triflumuron et celles traitées au henné comparativement à celles des témoins (Probabilité < 0,05), et qu'il n'y a pas une différence significative entre E.C.I. et E.C.D des larves traitées au *M. anisopliae* et ceux des témoins (Probabilité >0,05). On trouve que E.C.I. la plus élevée est enregistré chez les larves traitées au Triflumuron (55,16%), suivi par celles traitées au henné (51,53%). Chez les témoins l'E.C.I. est de 22,72% pour les pulvérisé avec l'eau distillée et de 21,91% pour les pulvérisé avec l'eau. Quand aux insectes traités au *M. anisopliae* l'E.C.I. est de 22,32%. On signale aussi que E.C.D. des larves traitées au Triflumuron et au henné révèle plus importante que celle des témoins avec 68,02% pour le premier produit et 66,43% pour le deuxième contre 28,50% et 27,77% respectivement pour les pulvérisé avec l'eau distillée et l'eau. Concernant les insectes traités au *M. anisopliae*, on a enregistré un E.C.D. égale à 27,67%.

Quand au traitement par ingestion aux trois biopesticides, on remarque qu'il y a une différence significative entre E.C.I. et E.C.D des larves traitées au *M. anisopliae* et ceux des témoins (Probabilité < 0,05), et qu'il n'y a pas une différence significative entre E.C.I. et E.C.D des larves traitées au Triflumuron et celles traitées au henné comparativement à ceux des témoins (Probabilité >0,05). Dans ce type de traitement E.C.I. des larves qui ont consommé des aliments pulvérisés chacun par chacun des trois biopesticides présente les valeurs suivantes 38,89%, 47,99% et 26,44% respectivement pour les insectes traités par ingestion au henné, Triflumuron et *M. anisopliae* contre 34,96% et 38,75% respectivement chez les traités par ingestion avec l'eau et l'eau distillée. Donc l'E.C.I. avec le Triflumuron est légèrement élevé à celui obtenu pour les témoins et il est moins important avec le *M. anisopliae*. Même aussi que l'E.C.D. le plus élevé est enregistré chez les larves traitées au Triflumuron par ingestion (70,71%), et le moins élevé chez les larves traitées au *M. anisopliae* par ingestion (32,40%). L'E.C.D est de 50,74%, 46,93% et 43,17% respectivement chez les insectes traité par ingestion à l'eau, au henné et à l'eau distillée.

Donc on peut conclure que le traitement au *M. anisopliae* par contact n'a pas un effet remarquable sur E.C.I. et E.C.D. Ce champignon a diminué le taux de ces deux indices avec le traitement par ingestion, car on a enregistré une chute du poids des larves traitées. Le Triflumuron et le henné n'ont pas un effet sur E.C.I. et E.C.D. avec le traitement par ingestion. Et pour le traitement par contact ces deux indices ont été élevés avec ces deux dernier produits parce qu'il y a une augmentation du poids des larves du aux gonflements comme on a déjà mentionné.

OULD AHMEDOU et al., (2001), ont étudié le comportement alimentaire des larves L4 de *Schistocerca gregaria* devant *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. L'assimilation digestive est insignifiante, par conséquent elle entraîne une perte sensible du poids des larves.

D'après HEMOUR (2009), une prise de nourriture importante a été évaluée chez les ailés de *S. gregaria* traités par la dose sub létale 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.

3. L'effet de trois biopesticides sur la reproduction et l'évolution pondérale des imagos mâles et femelles de *L. migratoria*.

3.1. Effet sur l'évolution pondérale des imagos

D'après les pesés faites quotidiennement sur les imagos mâles et femelles de *L. migratoria* traités aux trois biopesticides, on constate qu'il y a une différence significative entre le poids des imagos mâles et femelles témoins et ceux traités aux trois produits par les deux modes de pénétration (Probabilité < 0,05) ; avec le traitement par contact au henné, nous avons enregistré une absence de différence significative entre le poids des imagos femelles témoins et celles des traitées (Probabilité > 0,05).

Pour le traitement par contact aux trois biopesticides, on note que l'accroissement pondéral des imagos mâles débute avec un poids moyen initial de 0,97g et 1,03g respectivement pour les pulvérisés avec l'eau et l'eau distillée contre 1,20g, 1,10g et 1,17g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et *M. anisopliae*. Ce poids augmente au cours du temps jusqu'à un poids moyen final de 1,63g et 1,30g respectivement pour les pulvérisés avec l'eau et l'eau distillée contre 1,10g, 0,80g et 1,40g respectivement pour les traités par contact au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. Notons que les mâles traités aux Triflumuron sont tous morts au 25^{ème} jour de l'expérimentation. Quand aux femelles, elles ont commencé leur évolution pondérale avec un poids moyen initial de 1,30g et 1,10g respectivement pour les pulvérisés avec l'eau et l'eau distillée contre 1,37g, 1,80g et 1,37g respectivement pour les traitées au henné, Triflumuron et *M. anisopliae*. Ce poids augmente avec le temps jusqu'à un poids moyen final de 2,70g et 2,73g respectivement pour les pulvérisés avec l'eau et l'eau distillée contre 2,05g, 1,60g et 1,60g respectivement pour les traités par contact au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*.

Les résultats obtenus après les pesés faites sur les imagos mâles et femelles traités par ingestion aux trois biopesticides donnent pour les mâles un poids moyen initial de 1g et 1,10g respectivement pour les nourris avec du gazon pulvérisé par l'eau et ceux alimentés par du gazon pulvérisé avec l'eau distillée contre 1,03g, 1,10g et 1,23g respectivement pour les traités par ingestion au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. Ce poids augmente au cours du temps jusqu'à un poids moyen final de 1,40g et 1,47g respectivement pour les traités par ingestion avec l'eau et l'eau distillée contre 0,95g, 1,20g et 1,23g respectivement pour les traités par ingestion au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. Notons cette fois-ci qu'au bout du 15^{ème} jour tous les mâles traités au Triflumuron sont morts. Quand aux femelles, elles ont débuté leur évolution pondérale avec un poids moyen initial de 1,43g et 1,50g respectivement pour les nourries avec du gazon pulvérisé par l'eau et celles alimentées par du gazon pulvérisé avec l'eau distillée contre 1,37g, 1,43g et 1,50g respectivement pour les traités par ingestion au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. Ce poids augmente au cours du temps jusqu'à un poids moyen final de 2,97g et 2,73g respectivement pour les traités par ingestion avec l'eau et l'eau distillée contre 1,50g, 1,30g et 1,87g respectivement pour les traitées par ingestion au henné, Triflumuron et au *M. anisopliae*. Notant que les femelles traitées aux Triflumuron par ingestion n'ont pas résisté jusqu'au 30^{ème} jour et elles sont toutes mortes au 10^{ème} jour.

Donc, on constate que le traitement par les trois biopesticides a provoqué une diminution de la croissance pondérale des imagos mâles et femelles de *L. migratoria*, sauf pour le traitement par contact au henné qui n'a pas un effet notable sur l'évolution pondérale des imagos femelles qui présentent des poids sensiblement les mêmes que ceux des témoins.

OULD EL HADJ et al., (2005), trouvent que les imagos de *Schistocerca gregaria* alimentés à base de chou trempé dans les extraits de neem, de mélia et d'eucalyptus perdent leur poids. Cette chute de poids est de 36% pour le neem, 29,9% pour le mélia et 18,6% pour l'eucalyptus.

ABDELAOUI et al., (2008), signalent que l'acide gibbérellique provoque une diminution de la croissance pondérale des adultes de *Locusta migratoria migratoria*.

3.2. Effet sur la reproduction des adultes

Le suivi du comportement des couples traités par les trois biopesticides avec deux types de traitement, nous permis de montrer que : le délai de la première ponte, le rythme de ponte, nombre d'oothèques par femelle et le nombre d'œufs par oothèque, présentent une différence significative entre les témoins et les traités (Probabilité < 0,05).

Pour le traitement par contact, on constate que les femelles traitées au *M. anisopliae*, au Triflumuron et au henné ont émis leur première oothèque respectivement le 21^{ème}, 20^{ème} et 25^{ème} jour, comparativement aux témoins qui ont effectué leur première ponte au 15^{ème} et 13,67^{ème} jour respectivement pour l'eau et l'eau distillée. Avec un nombre moyen de rythme de 2 Pour les traités au *M. anisopliae* et 1 seul rythme chez les traitées au henné et au Triflumuron, contre 3 rythmes et 4 rythmes respectivement pour les femelles traitées avec l'eau et celles pulvérisées avec l'eau distillée. Concernant le rythme de ponte, il n'est pas tellement différent entre les traitées et les témoins, il varie de 3 à 7 jours, de 2 à 5 jours et de 3 à 5 jours respectivement pour les pulvérisées avec l'eau, les pulvérisées avec l'eau distillée et les traitées au *M. anisopliae*. Les femelles traitées au henné et au Triflumuron par ingestion donnent un rythme de 5 jours pour le premier produit et de 6 jours pour le deuxième. Le nombre moyen d'oothèques par femelles est de 4 oothèques chez les pulvérisé par l'eau et de 5 oothèques chez les pulvérisé avec l'eau distillée, contre une oothèque chez les traitées au *M. anisopliae* et de 0,67 oothèque pour les traitées au henné et les traitées au Triflumuron, donc avec un total de 15 oothèques et 12 oothèques respectivement pour les pulvérisé avec l'eau distillée et les pulvérisé avec l'eau, contre 3 oothèques chez les traitées au *M. anisopliae* et 2 oothèques ratées pour les femelles traitées au henné et au Triflumuron à cause de leur avortement. Quand au nombre moyen d'œufs par oothèque est de 64,07 œufs pour les pulvérisé avec l'eau distillée suivi par les pulvérisé à l'eau avec 45 œufs, contre un nombre moyen faible chez les traitées au *M. anisopliae* (11,20 œufs). Quand aux femelles traitées au henné et au Triflumuron le nombre moyen d'œufs est nulles parce qu'on n'a pas pu compter les œufs des oothèques ratées.

Concernant le traitement par ingestion, on note que les femelles traitées au *M. anisopliae* et au henné ont émis leurs premières oothèques respectivement le 24^{ème} et 28^{ème} jour, comparativement aux témoins qui ont effectué leur première ponte au 14^{ème} et 12,33^{ème} jour respectivement pour l'eau et l'eau distillée. Quant aux femelles élevées sur du gazon traité avec le Triflumuron, aucune n'a pas pu pondre de ce fait le délai d'émission

de la première ponte n'a pas été enregistré. Cette fois ci pour ce type de traitement, on n'a pas enregistré des rythmes de pontes chez les femelles traitées par ingestion aux trois biopesticides, car aucune d'elles n'est arrivée à déposer deux pontes successives. On note par contre un rythme de ponte variant de 3 à 5 jours et de 2 à 4 jours respectivement pour les femelles alimentées par du gazon pulvérisé avec l'eau et celles nourries avec du gazon pulvérisé par l'eau distillée ce qui donne un nombre moyen de rythmes de 3,33 pour les témoins. Le nombre moyen d'oothèques par femelles est de 0,33 pour les femelles nourries par du gazon traité au henné et celles alimentées par du gazon traité au *M. anisopliae*, contre 4,33 oothèques pour les femelles élevées sur du gazon pulvérisé avec l'eau et celles alimentées par du gazon pulvérisé avec l'eau distillée. Donc le nombre total d'oothèque est de 13 pour les témoins contre 1 seule oothèque ratées avec l'avortement des femelles traitées par ingestion au henné et 1 seule pour celles traitées au *M. anisopliae*. Les femelles élevées sur du gazon traité au Triflumuron n'ont pas pu pondre, donc ce qui donne un nombre d'oothèques nulle. Le nombre moyen d'œufs est de 56,8 œufs pour les femelles alimentées par du gazon pulvérisé avec l'eau distillée et de 51 œufs pour celles nourries avec du gazon pulvérisé par l'eau, contre un nombre moyen nulle chez celles traitées par ingestion aux trois biopesticides.

les trois produits testés et les deux modes de pénétration utilisés ont perturbé le comportement reproductif des femelles de *L. migratoria*, avec un prolongement dans la durée de l'émission de la première ponté, une diminution de nombre moyen de rythme de ponte et réduction de nombre moyen d'oothèque par femelle et le nombre moyen d'œufs par oothèque. Notons que le nombre de femelle participant à la ponte est de 3 sur 3 chez les témoins contre 1 sur 3 enregistrés pour chaque produit chez les traitées.

KORAYEM et OSMAN (1992), montrent l'effet nématocide du henné contre *Meloidogyne ineognita* : Ils ont noté une réduction de nombre de galle des nématodes dans les racines de la tomate. Une diminution a été aussi consigné dans le nombre de ponte et le taux de reproduction des femelles, quand la tomate et le henné sont cultivés ensembles et même aussi si la tomate est cultivé dans un sol dont le précédent culturale est cultivé avec le henné.

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

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

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

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

maturité sexuelle chez les mâles, avec une réduction de motricité chez les imagos des deux sexes.

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

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

4. L'effet de trois biopesticides sur les protéines hémolymphatiques des larves L5 de *L. migratoria*.

Les résultats obtenus suite à l'étude quantitative et qualitative des protéines hémolymphatiques des larves L5 de *L. migratoria*, montrent que les trois biopesticides avec les deux modes de pénétration ont provoqué des altérations au niveau de la protéinémie de ce locuste.

4.1. L'effet sur le taux des protéines

L'analyse statistique des résultats issus de l'effet des trois produits avec les deux modes de pénétration sur le taux des protéines hémolymphatiques des larves L5 de *L. migratoria*, montre une différence significative entre la concentration des protéines hémolymphatiques des larves témoins et celles traitées (Probabilité < 0,05).

Pour le traitement par contact, ce taux diminue pour les traitées au henné et les traitées au Triflumuron et augmente pour les traitées au *M. anisopliae* par rapport aux témoins, on a enregistré un taux de 22 µg/ml, 38,38 µg/ml et 55,5 µg/ml au 4^{ème} jour et de 39,63 µg/ml, 46,25 µg/ml et 83,13 µg/ml au 8^{ème} jour, respectivement pour les traitées au henné, les traitées au Triflumuron et les traitées au *M. anisopliae* contre un taux de 43 µg/ml au 4^{ème} jour et 64,88 µg/ml au 8^{ème} jour pour les témoins.

Quand au traitement par ingestion, ce taux diminue pour les traitées au henné et augmente pour les traitées au Triflumuron et les traitées au *M. anisopliae* par rapport aux témoins, on a enregistré un taux de 42,88 µg/ml, 68,38 µg/ml et 68,5 µg/ml au 4^{ème} jour et de 58,5 µg/ml, 73,63 µg/ml et 84,75 µg/ml au 8^{ème} jour, respectivement pour les traitées au henné, les traitées au Triflumuron et les traitées au *M. anisopliae* par ingestion contre un taux de 50,63 µg/ml au 4^{ème} jour et 66 µg/ml au 8^{ème} jour pour les témoins.

Le traitement par les deux types de traitement au *M. anisopliae* et celui au Triflumuron par ingestion entraîne une augmentation de taux des protéines hémolymphatiques des larves L5 de *L. migratoria*. Le traitement par les deux types de traitement au henné et celui au Triflumuron par contact provoque une diminution de ce taux.

4.2. L'effet sur le profil électrophorétique des protéines

L'étude électrophorétique des protéines hémolympatiques des larves L5 de *L. migratoria*, révèle une différence dans le nombre et la qualité des bandes protéiques de l'hémolymphe des larves témoins et celles des traitées par les trois biopesticides par contact. La série témoins a donné 10 bandes des poids moléculaires variant de 9.840 kda à 119.124 kda au 4^{ème} jour et 13 bandes caractérisées par des poids moléculaires variant de 7.925 kda à 119.124 kda au 8^{ème} jour. Le traitement par contact au *M. anisopliae* a donné 13 bandes avec des poids moléculaires variant de 8.83 kda à 119.124 kda au 4^{ème} jour et 14 bandes, dont les poids moléculaires varient de 10.964 kda à 119.124 kda au 8^{ème} jour. Le traitement par contact au Triflumuron fait apparaître 10 bandes, dont les poids moléculaires varient de 9.840 kda à 119.124 kda au 4^{ème} jour et 17 bandes caractérisées par leurs poids moléculaires allant de 7.925 kda à 119.124 kda au 8^{ème} jour. Le traitement par contact avec le henné a donné 12 bandes avec des poids moléculaires variant de 6.382 kda à 119.124 kda au 4^{ème} jour et une absence des bandes au 8^{ème} jour.

Le traitement par ingestion, a démontré que le nombre et la qualité des bandes protéiques de l'hémolymphe des larves traitées sont différents à ceux des témoins. Au 4^{ème} jour, le nombre de bande pour les traitées au *M. anisopliae* par ingestion est le même que celui des témoins (10 bandes). Les bandes de l'hémolymphe des traitées au *M. anisopliae* caractérisées par leurs poids moléculaires allant de 8.83 kda à 119.124 kda, mais celles des témoins leurs poids moléculaires varient de 11.588 kda à 119.124 kda. Cependant au 8^{ème} jour, le traitement au *M. anisopliae* par ingestion a révélé une réduction de nombre de bandes (10 bandes) avec des poids moléculaires variant de 10.399 kda à 119.124 kda comparativement aux témoins (13 bandes), dont les poids moléculaires varient de 9.840 kda à 119.124 kda. On peut signaler aussi qu'il y a une augmentation de nombre de bandes pour les individus traités au Triflumuron par ingestion avec 11 bandes caractérisées par leurs poids moléculaires allant de 8.83 kda à 119.124 kda au 4^{ème} jour et 15 bandes, dont les poids moléculaires varient de 8.83 kda à 119.124 kda au 8^{ème} jour. Quoique le traitement au henné par ingestion a marqué une diminution de nombre de bande avec 9 bandes seulement de poids moléculaires variant de 9.840 kda à 119.124 kda au 4^{ème} jour et 9 bandes caractérisées par leurs poids moléculaires allant de 11.588 kda à 119.124 kda au 8^{ème} jour.

Donc l'étude électrophorétique de l'hémolymphe des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact, a démontré une augmentation de nombre de bandes au 4^{ème} et au 8^{ème} jour pour les traitées au *M. anisopliae* par contact. Par contre une diminution de nombre de bande au 4^{ème} jour et une altération total des bandes au 8^{ème} jour pour les traitées au henné par contact. Le traitement par contact au Triflumuron a révélé un même nombre de bandes par rapport aux témoins au 4^{ème} jour et une augmentation de nombre de bandes au 8^{ème} jour. Concernant la qualité des bandes, on note que ces dernières n'ont pas été influencées par le traitement par contact au *M. anisopliae* et on remarque presque la même intensité des bandes des témoins et des traitées au 4^{ème} et au

8^{ème} jour. Pour les individus traitées au henné par contact, on distingue que les bandes sont altérées et leur intensité est très faible par rapport aux témoins au 4^{ème} jour et on n'observe aucune bande au 8^{ème} jour. Quand aux larves traitées au Triflumuron par contact, l'intensité des bandes cette fois ci est moins importante que ceux des témoins au 4^{ème} et au 8^{ème} jour. De plus avec le traitement par ingestion l'intensité des bandes est presque la même pour les témoins et les traitées au *M. anisopliae* par ingestion. Pour les individus traités au Triflumuron par ingestion, on remarque que les bandes sont moins intenses que ceux des témoins au 4^{ème} et au 8^{ème} jour. Quand aux larves traitées au henné par ingestion, l'intensité des bandes cette fois ci est très faible par rapport aux témoins au 4^{ème} et au 8^{ème} jour.

Les résultats obtenus concernant le traitement au henné sont en accord avec ceux de TRIPATHI et *al.*, (1980), annonçant que le mécanisme d'action de l'antifongique 2-hydroxy-1,4-NAPHTHOQUINONE (lawsone) isolés 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.

Pour le parasitisme, 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.

Nos résultats concernant l'augmentation de taux de protéines après le traitement avec *M. anisopliae* diffère de ceux rapportés par la plupart des auteurs qui ont travaillé sur cet aspect, mais sont en accord avec ceux de COULYBALY (2002), qui a signalé une augmentation de la concentration des protéines hémolympatiques d'*Anacridium aegyptium* chez les traités par *B. bassiana* et *M. flavoviride*. Il a justifié cette augmentation de la protéinémie chez les traités par une intense activité de vitellogénèse des femelles traitées. Partant de ce concept, et comme nous aussi au cours de notre expérimentation on a utilisé que des femelles, donc on peut aussi expliquer le taux élevé des protéines hémolympatiques des larves L5 de *L. migratoria* par l'activité intense de la vitellogénèse des femelles traitées. Pour notre part l'augmentation de la protéinémie des individus traités au *M. anisopliae* peut être due à l'association des protéines existant dans l'hémolymphe de l'insecte avec celles de champignon. 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.

Contrairement à nos résultats concernant le champignon entomopathogène, HALOUANE (1997), a montré que le traitement au *M. anisopliae* affecte la protéinémie des L5 et des adultes *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.

BOUHACEIN (1999), a noté une diminution des concentrations de protéines après le traitement des L5 et des adultes de *Locusta migratoria* avec *B. bassiana* et *M. flavoviride*.

De plus GILLESPIE et al., (2000), ont trouvé que *M. anisopliae* var *acridum* entraîne une diminution de taux des protéines hémolymphatiques des adultes mâles de *Schistocerca gregaria* après une application topique à la dose 7.5×10^4 spores /ml.

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

Pour les plantes et leur extrait, MOUSSA (2003), a noté une diminution significative des protéines hémolymphatiques et cuticulaires chez *Locusta migratoria migratoria* et *Locusta migratoria migratorioides* traités à l'huile de Neem.

Même que 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 à base des feuilles de *Rosmarinus officinalis* et *Nerium oleander* présente une teneur en protéines très faible justifier par l'action anti-appétante de ces deux plantes.

Pour les dérégulateurs de la croissance, DAHOUNE (2000), a prouvé que le traitement au Téflubenzuron par ingestion vis-à-vis des L5 de *Locusta migratoria* a entraîné une diminution des concentrations des protéines hémolymphatiques.

Conclusion générale

Dans ce travail, nous avons étudié l'effet de trois biopesticides, *M. anisopliae var acridum* (GREEN MUSCLE), Triflumuron (T.F.M.) et le henné *Lawsonia inermis*, sur quelques aspects biophysologiques du criquet migrateur *Locusta migratoria*. Nous avons pris en considération la morphogenèse, la mortalité, le gain du poids, l'activité alimentaire et la reproduction, ainsi que leur effet sur les protéines hémolymphatiques des larves L5, au plan quantitative et qualitative.

L'étude de l'effet de contact et d'ingestion de trois biopesticides sur la morphologie des L5 de *Locusta migratoria*, nous a permis de noter une augmentation au niveau de la taille des individus, la présence de gonflements au niveau de l'abdomen et du pronotum et des déformations morphologiques au moment de la mue chez les individus traités au Triflumuron et au henné. Les larves traitées au henné réussissent difficilement leur mue imaginale et possèdent des déformations au niveau des élytres. Les larves traitées au *M. anisopliae* montrent des changements de la coloration de leur corps ; elles deviennent complètement rouges après leur mort et se momifient.

L'effet de trois biopesticides sur les larves L5 de *L. migratoria*, se manifeste par une mortalité qui diffère d'un produit à un autre et on peut noter que le Triflumuron est le plus efficace avec 100% de mortalité enregistrée 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 20^{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. Le henné enregistre le 100% de mortalité 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 22^{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. *M. anisopliae* présente un effet moins important par rapport aux deux produits précédents, il affiche un taux de mortalité de 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. Le taux de mortalité arrive à 91,67% à la dose D1, 79,17% à la dose D2 et 91,67 à la dose D3 au 22^{ème} jour pour le traitement par ingestion. L'extrait du henné présente une action insecticide similaire à celle des dérégulateurs de croissance. En effet les larves traitées au Triflumuron et au henné meurent au moment de la mue. On a trouvé aussi une DL50=0.32 x 10⁹ spores/ml pour *M. anisopliae*, une DL50= 2.75 ml/l pour le Triflumuron et une DL50=5.94% pour le henné avec le traitement par contact.

Le Triflumuron et le henné ne manifestent aucun effet sur le poids des larves L5 femelles de *L. migratoria* quelque soit le mode de pénétration étudié. En revanche *M. anisopliae* appliqué par mode ingestion diminue leur poids. 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 modes de pénétration étudiés.

La durée du développement des larves L5 femelles de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par les deux modes de pénétration, est nulle. Les individus témoins ont effectué leur mue imaginale normalement et aucune malformation n'a été observée, alors que les larves traitées n'ont pas effectué leur mue imaginale et elles sont toutes mortes. On constate que la durée moyenne de développement est de 13,75j et 14,5j respectivement avec l'eau et l'eau distillée sur les larves traitées par contact et de 16,40j et de 18,75j respectivement pour l'eau et l'eau distillée appliqués par ingestion. Donc on peut conclure que nos trois biopesticides ne permettent pas le passage du stade L5 au stade imago.

Les trois biopesticides ont provoqué une diminution de la prise de nourriture des larves L5 femelles de *L. migratoria*, ce qui implique une baisse du poids de leurs excréments pour les traitées au Triflumuron et celles traitées au *M. anisopliae*. Le traitement au henné par contact a provoqué une réduction de la prise de la nourriture des larves, mais il n'a pas diminué le poids de leurs fèces. Cependant le traitement par ingestion des trois biopesticides n'a pas un effet sur la consommation des larves L5 femelles de *L. migratoria*.

L'effet de ces trois biopesticides sur l'activité alimentaire des larves L5 de *L. migratoria*, a été évalué par les indices nutritionnels, qui nous ont permis de constater que le traitement de contact des trois produits a inhibé la consommation des larves comparativement aux témoins, cela a été justifié par la lecture des indices de consommation des traitées qui sont inférieurs à ceux des témoins. Les indices de croissance, enregistré chez les traitées par le Triflumuron et le henné sont élevés, cela est dû aux gonflements causés après le traitement par ces deux produits. Chez les larves traitées au *M. anisopliae*, on note un faible accroissement dû à leur faible consommation. On peut conclure aussi que le traitement par ingestion aux trois biopesticides n'a pas un effet sur la consommation et l'accroissement des larves, sauf pour le *M. anisopliae*, qui a provoqué une diminution de la croissance des larves et le Triflumuron qui a causé des gonflements augmentant la croissance des larves. On peut signaler aussi que le traitement au *M. anisopliae* par contact n'a pas un effet significatif sur E.C.I. et E.C.D. Ce champignon a diminué le taux de ces deux indices avec le traitement par ingestion, car on a enregistré une chute du poids des larves traitées. Le Triflumuron et le henné ne présente aucun effet notable sur E.C.I. et E.C.D. avec le traitement par ingestion. Et pour le traitement par contact ces deux indices ont été élevés avec ces deux derniers produits parce qu'il y a une augmentation du poids des larves due aux gonflements. On peut ajouter que quelque soit le traitement étudié aucun effet n'a été relevé sur le coefficient approximatif de digestibilité des larves de *Locusta migratoria*.

À l'exception du traitement au henné contact par le mode contact, qui n'a aucun effet sur l'évolution pondérale des imagos femelles, tous les traitements effectués sur les imagos mâles et femelles de *Locusta migratoria* ont provoqué une diminution de la croissance pondérale des imagos des deux sexes.

Les trois biopesticides appliqués aux deux modes de pénétration ont entraîné une perturbation du comportement reproductif, avec un prolongement de la durée d'émission de la première ponte, une diminution de nombre moyen de rythme de ponte, une réduction de nombre moyen d'oothèque par femelle, et une diminution de nombre moyen d'œufs par oothèque. Notons que le nombre de femelles participant à la ponte est de 3 sur 3 chez les témoins contre 1 sur 3 enregistré dans tous les cas de traitement.

La teneur en protéine de l'hémolymphe des larves L5 de *L. migratoria*, traitées par contact diminue avec le henné et le Triflumuron et augmente avec *M. anisopliae* par rapport aux témoins. Des taux de 22 µg/ml, 38,38 µg/ml et 55,5 µg/ml au 4^{ème} jour et de 39,63 µg/ml, 46,25 µg/ml et 83,13 µg/ml au 8^{ème} jour, ont été respectivement enregistrés chez les

larves traitées au henné, au Triflumuron et au *M. anisopliae* contre un taux de 43 µg/ml au 4^{ème} jour et 64,88 µg/ml au 8^{ème} jour pour les témoins. Avec le mode ingestion, ce taux diminue avec le henné et augmente avec le Triflumuron et *M. anisopliae* par rapport aux témoins. On a enregistré un taux de 42,88 µg/ml, 68,38 µg/ml et 68,5 µg/ml au 4^{ème} jour et de 58,5 µg/ml, 73,63 µg/ml et 84,75 µg/ml au 8^{ème} jour, respectivement pour les traitées au henné, au Triflumuron et au *M. anisopliae* contre un taux de 50,63 µg/ml au 4^{ème} jour et 66 µg/ml au 8^{ème} jour pour les témoins.

L'étude électrophorétique de l'hémolymphe des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biobesticides par contact, affiche une augmentation de nombre de bandes au 4^{ème} jour (13 bandes) et au 8^{ème} jour (14 bandes) pour les traitées au *M. anisopliae* par contact. Par contre une diminution de nombre de bande au 4^{ème} jour (12 bandes) et une altération totale des bandes au 8^{ème} jour pour les traitées au henné par contact. Le traitement par contact au Triflumuron a révélé un même nombre de bandes que les témoins au 4^{ème} jour (10 bandes) et une augmentation de nombre de bandes au 8^{ème} jour (17 bandes). La série des témoins a donné 10 bandes au 4^{ème} jour et 13 bandes au 8^{ème} jour. On constate aussi pour le traitement par ingestion, que le nombre de bandes pour les traitées au *M. anisopliae* par ingestion est le même qu'aux témoins au 4^{ème} jour (10 bandes). Par contre au 8^{ème} jour il est inférieur à celui des témoins (10 bandes pour *M. anisopliae* et 13 bandes chez les témoins). On peut signaler aussi qu'il y a une augmentation du nombre de bandes pour le Triflumuron au 4^{ème} jour (11 bandes) et au 8^{ème} jour (15 bandes). On peut marquer aussi une diminution de nombre de bandes au 4^{ème} et au 8^{ème} jour (9 bandes) pour le traitement au henné par ingestion. Concernant la qualité des bandes, on note que ces dernières n'ont pas été influencées par le traitement par contact au *M. anisopliae* et on remarque presque la même intensité des bandes des témoins et des traitées au 4^{ème} et au 8^{ème} jour. Pour les individus traitées au henné par contact, on distingue que les bandes sont altérées et leur intensité est très faible par rapport aux témoins au 4^{ème} jour et on n'observe aucune bande au 8^{ème} jour. Quant aux larves traitées au Triflumuron par contact, l'intensité des bandes cette fois ci est moins importante que celle des témoins au 4^{ème} et au 8^{ème} jour. Avec le traitement par ingestion, l'intensité des bandes est presque la même pour les traitées au *M. anisopliae* comparativement aux témoins. Pour les individus traités au Triflumuron par ingestion, on remarque que les bandes sont moins intenses que celles des témoins au 4^{ème} et au 8^{ème} jour. Chez les larves traitées au henné par mode ingestion, l'intensité des bandes est très faible par rapport aux témoins au 4^{ème} et au 8^{ème} jour.

En perspectives, il serait intéressant de poursuivre cette étude dans le but d'approfondir les recherches sur ces trois biopesticides, afin de les tester sur les différents stades biologiques de *Locusta migratoria* avec l'augmentation des doses. Il serait intéressant de les tester sur d'autres paramètres biologiques et physiologiques de ce locuste et sur d'autres espèces acridiennes telles que *Schistocerca gregaria* et *Dociostaurus maroccanus*. En effet il serait évident de penser à un programme de lutte intégrée basé sur la combinaison de ces trois biopesticides *Metarhizium anisopliae* var *acridum* (GREEN MUSCLE), le

**Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758)
(Oedipodinae, Acrididae)**

Triflumuron (T.F.M.) et le henné *Lawsonia inermis*, afin de les utiliser sur le terrain. Donc il serait indispensable de bien les maîtriser en tenant compte de leur efficacité aux conditions environnementales. Même aussi d'étudier d'autres biopesticides de familles différentes dans le but d'élargir les moyens de lutte contre les ravageurs qui menacent notre environnement.

Références bibliographiques

- 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.
- ABBASSI K., ATAY KADIRI Z. et GHAOUT S., 2004 - Activité biologique des feuilles de *Calotropis procera* (Ait. R. Br) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*, Forsk. 1775). *Zool. baetica*, vol. 15, pp. 153-166.
- ABBOT W. B., 1925 - A method for computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Ent.*, (18), pp. 265-267.
- ABDELLAOUI K., BENHALIMA- KAMEL M., et BENHAMOUDA M. H., 2006- Activité biologique de l'acide gibbéréllique sur *Locusta migratoria migratoria*. (Orthoptera; Acrididae). Congrès international d'entomologie et de Nématologie, Inst. Nati. Agro., El-Harrach - Alger. 17-20 avril 2006.
- ABDELLAOUI K., BENHALIMA- KAMEL M., et BENHAMOUDA M. H., 2008- Action de l'acide gibbéréllique 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.
- ACHEUK F., 2000- *Effet de quelques substrats alimentaires sur quelques paramètres de la biologie et de la reproduction de L. migratoria (Orth. Oedipodinae). Etude de l'efficacité de deux insecticides de synthèse : Dursban et Décis au laboratoire, et des perturbations histopathologiques du tube digestif.* Thèse Magister, Inst. Nati. Agro., El Harrach, 206 pp.
- ALIA B.H., BASHIR A.K. et TANIRA M.O.M., 1995- Anti-Inflammatory, Antipyretic, and Analgesic Effects of *Lawsonia inermis* L. (Henna) in Rats. *Ed. Pharmacology*, Vol. 51, No. 6, 8p.
- ALLACHE F., 2005- *Activité biologique d'un dérégulateur de croissance des insectes: l'hexaflumuron sur la cuticule des larves de Locusta migratoria (linné, 1758) (orthoptera, oedipodinae).* Thèse Magister Scie. agro. Inst. Nati. Agro., El Harrach, 186 p.
- 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.
- 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.

- ANONYME, 1997- 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, 10-12 décembre 1996. Ed. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Rome. 18p.
- ANONYME, 2001- Encyclopédie des plantes médicinales. Identification, préparations, soins. Ed. LAROSSE. 335p.
- ANONYME, 2002- La fiche technique de Green Muscle 1p. Ed. LUBILOSA
- ANONYME, 2005- Promega corporation. Broad Range Protéine Molecular Weight Markers. 1p.
- ANONYME, 2007a- Criquets ravageurs *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Disponible sur <http://locust.cirad.fr>).
- ANONYME, 2007b- Le criquet migrateur, un grand ravageur (Disponible sur <http://locust.cirad.fr>).
- ANONYME, 2008a- Henné wikipédia. (Disponible sur http://fr.wikipedia.org/wiki/Lawsonia_inermis).
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- BELHARAT M., BENDDINE F. et BENKARA A. M., 1999- *Institut national de la protection des végétaux : mission et organisation*. Alger : INPV, 32 p.
- BELLMANN H. et LUQUET G., 1995- Guide des Sauterelles, Grillons et Criquets d'Europe Occidentale. Ed. Delachaux et Niestle, Lausanne, 384 p.
- BENSAAD H., 1999- *Activité biologique de Beauveria bassiana Bals (Hyphomycètes, Deuteromycotina) sur Locusta migratoria (Linné, 1758) (Orthoptera, Acrididae). Etude de l'influence de la température sur la croissance mycélienne, la sporulation et le cycle biologique de cet Hyphomycète*. Mém. Ing. Inst. Nati. Agro., El Harrach, 98p.
- BEZAZE G., 2006- *Effet de quatre extraits végétaux sur la biologie de S. gregaria (Forskål, 1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae)*. Mém Ing. Inst. Nati. Agro., El Harrach, 74 p.
- BISSAAD F.Z., 1998 – *Etude de l'activité biologique de Beauveria bassiana sur Schistocerca gregaria (Orthoptera, Acrididae). Efficacité et effet sur la respiration et le rythme cardiaque de cet acridien*. Mém Ing. Inst. Nati. Agro., El Harrach, 94 p.

- BISSAAD F.Z., 2002 – *Etude comparative de l'effet du fipronil et d'un entomopathogène Beauveria bassiana Bals. sur le criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskal, 1775) (Orthoptera, Acrididae)*. Thèse Magister Sci. Agro., Inst. Nati. Agro., El Harrach, 112 p.
- BLANFORD S. et 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.
- BONEV, 2003- The Henna Page. Lawsons (Disponible sur <http://www.hennapage.com/henna/encyclopedia/lawsonia/>).
- BONNEMAISON L., 1961 - *Les ennemis animaux .Des plantes cultivées et des forets*. Ed.Sep, T.I, Paris, 599p.
- BOUHACEIN M., 1999- *Effet de deux entomopathogènes (Hyphomycètes, Deuteromycotina), Beauveria bassiana (Balasmo) Veuillemin et Metarhizium flavoviride Gams et Rozyspal sur les métabolites hémolympatiques, l'hémogramme et les protéines circulaires chez Locusta migratoria (Linné, 1758)*. Mém. Ing. Inst. Nati. Agro., El Harrach, 121 p.
- BRADFORD M., 1976- A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, *Anal. Biochem.*
- CARTWRIGHT-JONES C., 2004- The Henna Page. *Lawsonia inermis*(Disponible sur <http://www.hennapage.com/henna/encyclopedia/growing/>).
- CARTWRIGHT-JONES C., 2006- Developing guidelines on henna: A geographical approach. The Henna Page, Encyclopedia of Henna.69p.
- CAVELIER A., 1976- *Cours phytopharmacie*. Ed. Inst. Nati. Agro., El-Harrach, T1. 514 p.
- 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.
- CHARA B., 1995- *Eléments sur la biologie et l'écologie du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskal, 1775)*. Stage de formation de lutte antiacridienne. Ed. I.N.P.V - O.A.D.A., El Harrach, Alger, : 32 - 45.
- CHOPARD L., 1943 – *Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord*. Ed. Libraire Larose, Paris, 447 p.
- COULYBALY M., 2002 – *Effet de Beauveria bassiana (B) et Metarhizium flavoviride (G et R) sur l'hémogramme et les protéines de l'hémolymphe d'Anacridium aegyptium (L, 1764) (Orthoptera, Acrididae)*. *Etude de la persistance des spores sur le support végétal*. Mém. Ing. Inst. Nati. Agro., El Harrach, 99 p.
- CRESSMAN K. et DOBSON H.M., 2001 –Desert Locust Guidelines : Appendixes.Ed. Food Alimentation Organisation (F.A.O.), Rome, 171 p.
- DAHOUNE G., 2000- *Activité biologique d'un dérégulateur de croissance le téflubenzuron sur le cinquième stade larvaire de Locusta migratoria (Linné, 1758)* :

- Efficacité et effet sur la biochimie de la cuticule, l'hémolymphe et les ovaires.* Mém. Ing. Inst. Nati. Agro., El-Harrach, 175p.
- DIOP B. et WILPS H., 1997- Field trials with neem oil and *Melia volkensii* extracts on *S. gregaria*. pp. 201-207 in KRALL S., PEVELING M. and DIALLO D., *New Strategies in Locust Control*. Ed. Birkhäuser, Basel, Switzerland, 522 p.
- DJEZZAR M., 2007- *Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la biocœnose aquatique.* Thèse Magister, Inst. Nati. Agro., El Harrach, 155 p.
- DOBSON H.M., 2001- *Lutte antiacridienne. Directives sur le criquet pèlerin.* Ed. FAO, Rome, 83p.
- 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.
- DORN A., WIESEL G. et SCHNEIDER M., 1994- Juvenile hormone analogues in locust control, pp. 91-106 in KRALL S., WILPS H., *New trends in locust control*. Ed. TZ-Verlags-Gesellschaft, Rossdorf, Germany.
- DORN A., SCHNEIDER M., BOTENS F.F.W., HOLTMANN 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.
- 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.
- 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.
- ENTZ S. C., KAWCHUK L. M. et JOHNSON D. L., 2008-Discovery of a North American genetic variant of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* pathogenic to grasshoppers. Ed. BioControl 53 : 327–339.
- FAGBEMIRO Z., AFONNON E. et EHOUINSOU M., 2000- GREEN MUSCLE : histoire d'une recherche de longue haleine, pp. 6-7 in LUBILOSA ou la lutte biologique contre les acridiens. Ed. Agri-Culture, Bénin, 18p.
- FARGUES J. et GOETTEL M., 1996- Environmental constraints of mycopesticides ; a challenge. *Bull OILB srop*, 19(8).
- 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*, Ed. Biocontrol Science and Technology, Volume 7, Number 3, 1 September 1997 , pp. 345-356(12).
- 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.
- GILLESPIE J. P., BURNETT C. et CHARNLEY A. K., 2000- The immune response of the desert locust *Schistocerca gregaria* during mycosis of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* var *acridum*. Ed. Journal of Insect Physiology 46, pp. 429–437.
- GIRARDIE J., 1991- *Structure des glandes endocrines et chimie des hormones des criquets grégaires. La lutte anti-acridienne*. Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris. pp. 101-117.
- GRAF P., HAMDAR 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>).
- 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.
- HADDADJ F., 2001 – *Evaluation de l'activité biologique de l'entomopathogène Beauveria bassiana Bals (Hyphomycètes, Deuteromycotina) : efficacité sur la cuticule des L5 de Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae)*. Thèse Magister Sci. agro., Inst. Nati. Agro., El Harrach, 96 p.
- HALOUANE F., 1997 – *Cycle biologique de S schistocerca gregaria (Forskål, 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.
- HALOUANE F., 2008- *Recherche sur l'acridopathogène Beauveria bassiana (Hyphomycète, Deuteromycotina) : Biologie, production et application sur Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) et Locusta migratoria (Linné, 1758) (Orthoptera, Acrididae)*. Thèse de Doctorat d'Etat, Inst. Nati. Agro., El Harrach, 190 p.
- HANRIEDER G., WILPS H. et 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-ildlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 66, Ed. Verlag Paul Parey, Berlin, und Hamburg, pp. 10-15.
- HEMOUR S., 2005- *Etude morphométrique et effet de deux champignons entomopathogènes Beauveria bassiana Bals. et Metarhizium anisopliae (Deuteromycotina, Hyphomycètes) sur quelques paramètres physiologiques de Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae)*. Mém. Ing. Inst. Nati. Agro., El Harrach, 103p.
- HEMOUR S., 2009- *Effet d'un bio pesticide « Green Muscle » (Metarhizium anisopliae var. acridum IMI 330189) sur la reproduction du criquet pèlerin Schistocerca gregaria Forskål (1775) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae) en conditions contrôlées*. Thèse Magister, Ecole. Nati. Agro., El Harrach, 163 p.

- HORNBOSTEL V. L., ZHIOUA E., MICHAEL A. BENJAMIN M.A., HOWARD S. GINSBERG H.S., RICHARD S. et OSTFELD R.S., 2005- Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycetes) and permethrin to *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) nymphs. *Experimental and Applied Acarology* 35: 301–316.
- KAIDI N., 2004 – *Effet de la température et des milieux de culture sur Beauveria bassiana* Bals. (Hyphomycètes, Deuteromycotina). *Activité biologique de cet entomopathogène vis-à-vis des imagos de Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae) et de *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae). *Mém. Ing. Inst. Nati. Agro., El Harrach*, 115 p.
- KAIDI N., 2007- *Bioécologie de Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae) dans la région d'Ahaggar. *Essai de lutte biologique au moyen de champignons entomopathogènes : Beauveria bassiana et Metarhizium anisopliae var. acridium*. Thèse Magister, Inst. Nati. Agro., El Harrach, 145 p.
- KAMOUN P., 1977- appareils et méthodes en biochimie. Ed. Flammarion et Cie, Paris, 236p.
- KANE C.M.H., SAKHO EI 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, 17^{ème} 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.
- KARA F.Z., 1997 - *Etude de quelques aspects écologiques et régime alimentaire de Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae) dans la région d'Adrar et en conditions contrôlées. Thèse Magister, Inst. Nati. Agro., El Harrach, 182 p.
- KHALDI M., 1996- *Cycle biologique, respiration et biométrie chez Schistocerca gregaria* Forskål (1775) et *Locusta migratoria cinerascens* Bonnet et Finot (1885) (Orthoptera, Acrididae). *Mem. Ing. Inst. Nati. Agro., El Harrach*, 160 p.
- KLEESPIES R.G., HUGER A.M., and STEPHAN D., 2000- Diagnosis and pathology of diseases from locusts and other orthopterans. GTZ (Eschborn, Germany) and BBA (Darmstadt, Germany), 43 pp.
- 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 pèlerin, Saly, Sénégal 12-15 février 2007. Ed. The orthopterist's society. 32p.
- KOOYMAN C., AMMATI M., MOUMENE K., CHAOUCH A. et ZEYD A., 2005- Essai de green muscle sur des nymphes du criquet pèlerin dans la wilaya d'El oued, nord-est Algérie avril-mai 2005, FAO TAC 715. 21p.
- KORAYEM A. M. et 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, Ed. Verlag Paul Parey, Berlin, und Hamburg, pp. 14-16.
- KOUASSI M., 2001 – Les possibilités de lutte biologique : emphase sur le champignon entomopathogène *B. bassiana*. *Sci. Environ., Vol. 2, (2)*.

- LAEMMLI, U. K. (1970) "Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4" *Nature* 227, 680 – 685.
- LAUNOIS-LUONG M. H., LAUNOIS M. et RACHADI T., 1988- *La lutte chimique contre les criquets au sahel*. Ed. Cirad/Prifas, 'Collection Acridologie Opérationnelle n°3', Montpellier, 44 p.
- 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.
- 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.
- LECOQ M., 1988- *les criquets du sahel*. Ed. Cirad/Prifas, 'Collection Acridologie Opérationnelle n°1', Montpellier, 125p.
- LECOQ M., 1991- *Le Criquet pèlerin : enseignements de la dernière invasion et perspectives offertes par la biomodélisation. La lutte anti-acridienne*. Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris, pp. 71-98.
- LOMER C.J., 1997- *Metarhizium flavoviride*: recent results in the control of locustsand grasshoppers, pp. 159-169 in KRALL S., PEVELING R. and BA DIALLO D., *New strategies in locust control*, Ed. Birkhäuser Verlag, Basel/ Switzerland, 522p.
- 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.
- LUONG-SKORMAND M.H., RACHADI T. et LECOQ M., 1999- *La lutte contre les criquets ravageurs : l'intérêt des mycopesticides*. Ed. Cirad-Amis-Programme Protection des cultures, n°19, Paris, :49-52. (Disponible sur <http://www.inra.fr/dpenv/do.htm#d19>).
- MASSON M., 1989- *Locustes et sautériaux : Le criquet migrateur africain : biologie et lutte*. Ed. Bayer, Hevertusen, 39p.
- MASSON M. et mchive f., 1989- *Le criquet migrateur africain : biologie et lutte*. Ed. Bayer. DIVISION PHYTOSANITAIRE, Hevertusen, R.F.A., : 18-20.
- 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.
- MELLO C.B., MENDONÇA-LOPES D., FEDER D., UZEDA C.D., CARNEIRO R.M., ROCHA M.A. et GONZALEZ M.S., 2008- Laboratory evaluation of the effects of triflumuron on the development of *Rhodnius prolixus* nymph. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, Vol. 103(7): 839-842.
- 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 migratorio#des (R et F, 1850) (Orthoptera, Acrididae)*. Thèse Magister Sci. agro., Inst. Nati. Agro., El Harrach, 123 p.
- MUHAMMAD H. S. et MUHAMMAD S., 2005 - The use of *Lawsonia inermis* linn. (henna) in the management of burn wound infections, Ed. *African Journal of Biotechnology*. Vol. 4 (9), pp. 934-937.
- MUSUNA A.C.Z. et MUGISHA F.N., 1997- Evaluation of insect growth regulators for the control of the african migratory lucust, *Locusta migratoria migratorioides* (R. & F.), in

- Central Africa, pp. 137-142 in Krall S., Peveling R. and Ba Diallo D., *New strategies in locust control*, Ed. Birkhäuser Verlag, Basel/ Switzerland, 522p.
- MWANGI R.W., KABARU J.M. et REMBOLD H., 1997- Potential for *Melia volkensii* fruit extract in the control of locusts, pp. 193-200 in KRALL S., PEVELING R. and BA DIALLO D., *New strategies in locust control*, Ed. Birkhäuser Verlag, Basel/ Switzerland, 522p.
- NASSEH H.S., KRALL H., WILPS H. et SALISSOU G.B., 1992- Les effets des inhibiteurs de croissance et de biocides végétaux sur les laves de *Schistocerca gregaria* (Forskål). *Sahel pv. Info. Bull. Inform. Protect. Végétaux*. UCTR/PV n° 45, 5-9.
- 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).
- 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.
- OULD EL HADJ M.D., 1992- *Bioécologie des sauterelles et des sautériaux dans trois zones d'étude au Sahara*. Thèse Magister, Inst. Nati. Agro., El Harrach, 85 p.
- 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.
- 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.
- OUTTAR F., 2006- *Effet de deux entomopathogènes, Beauveria bassiana bals. et Metarhizium anisopliae 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.
- PEVELING R., WEYRICH J. et MÜLLER P., 1994 - Side-effects of botanicals, insect growth regulators and entomopathogenic fungi on epigeal non-target arthropods in locust control, pp. 148-176 in KRALL S., WILPS H., *New trends in locust control*. Ed. TZ-Verlags-Gesellschaft, Rossdorf, Germany.
- PEVELING R., HARLT J., et KÖHNE E., 1997- Side- effects of the insect growth regulator triflumuron on spiders, pp. 345-359 in KRALL S., PEVELING R. and BA DIALLO D., *New strategies in locust control*, Ed. Birkhauser verlag, Basel/ Switzerland, 522p.
- 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.

- POPOV G.B., DURANTON J. F. et GIGAULT J., 1991 - *Etude écologique des biotopes du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskal, 1775) en Afrique du Nord Occidentale*. Ed. Cirad/ Prifas, Minist. Coop. Dév. ONU, Cent. Coop. Inter. Rech. Agro. Dév., 743 p.
- PRIOR C., 1997- Susceptibility of target acridoids and non-target organisms to *Metarhizium anisopliae* and *M. flavoviride*, pp. 369-375 in KRALL S., PEVELING R. and BA DIALLO D., *New strategies in locust control*, Ed. Birkhäuser Verlag, Basel/ Switzerland, 522p.
- RACCAUD-SCHOELLER J., 1980 – *Les insectes : physiologie et développement*. Ed. Masson, Paris, 296 p.
- RACHADI T., 1991- *Précis de lutte anti-acridienne : la pulvérisation des pesticides*. Min. Coop. Dev., Ed. CIRAD-PRIFAS, Montpellier, 312 pp.
- 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.
- 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.
- SASANELLI n. et divito m., 1991- The effect of tagetes spp extract on the hatching of an Italian population of *Globodera rostochiensis*. *Nematol, med.*, 19: 135-137.
- 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. Birkhäuser Verlag, Basel/ Switzerland, 522p.
- 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>).
- SEDDIK A., 1994 – *Développement ovarien et charge alaire du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskal, 1775) (Orthoptera, Acrididae). et du criquet migrateur Locusta migratoria cinerascens (Binnot et Finnot, 1889) (Orthoptera, Acrididae) à Adrar Cycle biologique du criquet pèlerin au laboratoire*. Mém. ing. Int. nati. agro., El-Harrach, 154 p.
- SOLTANI N., REHIMI N., BELDI H., BENDALI F., 1999 - Activité du triflumuron sur *Culex pipiens pipiens* (Diptera: Culicidae) et impacts sur deux espèces larvivoires non visées. pp. 502-508 in CIFE Conférence Internationale Francophone d'Entomologie N°4, Saint-Malo, FRANCE (05/07/1998), vol. 35, 508 Ed. Société entomologique de France Paris, FRANCE, 581 p.
- STEEDMAN A., 1988a- *Locust Handbook*. Ed. London : Overseas Development Natural Resources Institute. 180 pp.
- STEEDMAN A., 1988b- *Manuel de lutte anti-acridienne*. Ed. ODNRI., France, 71 pp.
- 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.
- ST LEGER R.J., JOSHI L., BIDOCHKA M.J., RIZZO N.W., ROBERTS D.W., 1996 – Biochemical characterization and ultrastructural localization of two extracellular trypsins produced by *Metarhizium anisopliae* in infected insect cuticles. Ed. Appl Environ Microbiol.62(4) : 1257-1264.
- 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.
- TAIL G., 1998- *Action de quelques substrats alimentaires sur quelques paramètres biologiques de Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Orthoptère, Acrididae). Efficacité entomopathogène de Pseudomonas fluorescens (Pseudomonadaceae) sur quelques aspects physiologiques du criquet pèlerin*. Thès. Mag. sci. agro., Inst. Nati. Agro., El Harrach, 190p.
- THIAM A., DIOUF H.R., KUISEUAL J., SARR A., THIAM M., 2004 - Pesticides et Alternatives. Lutte antiacridienne : Guérir c'est bien, mais prévenir c'est mieux. N° 23. Ed. Pesticide Action Network (PAN) Africa, Dakar, n°23, 23p.
- 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.
- 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.
- TRIPATHI R.D., SRIVASTAVA H. S. et 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.
- 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 pèlerin, Saly, Sénégal 12-15 février 2007. Ed. 32p.
- WELLING M. et ZIMMERMANN G., 1997- *Sorosporella* 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.
- WILPS H. et 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.
- 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.
- ZIMMERMANN G., ZELAZNY B., KLEESPIES R. et WELLING M., 1994- Biological control of African locusts by entomopathogenic microorganisms, pp. 127-138, in

KRALL S., WILPS H., *New trends in locust control*. Ed. TZ-Verlags-Gesellschaft, Rossdorf, Germany.

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 éclairées ; quêtteur, un seau (pour le ramassage du gazon) ; et une pissette (pour humidifier les pondeurs).
 - Matériel de laboratoire
 - Deux bacs benzènes ; briquet ; bistouri ; microscope optique ; des béchers ; pipette Pasteur ; cellule de Neubauer ; des boîtes de Pétri en plastique stérilisées ; bain Marie ; 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 ; électrophorèse ; micropipette de 1 ml ; vortex ; des fioles ; compteur manuel ; microtubes Eppendorf ; les embouts ; des seringues ; 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 ; papier cellophane ; 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
- L'étude électrophorétique de l'hémolymphe
 - Acrylamide
 - Bis-acrylamide (N, N'-méthylènebisacrylamide)

- Tris (2-hydroxyméthyl-2-méthyl-1,3-propanediol)
- SDS (Sodium Dodecyl Sulfate)
- TEMED (N, N, N', N'-tetraméthylène-éthylènediamine)
- APS (Persulfate d'ammonium)
- 2-mercaptoéthanol
- Glycerol
- Bleu de bromophenol
- Bleu de Coomassie R-250
- Glycine
- EDTA
- Propanol2
- Acide acétique
- Eau distillée

Annexe 2 :

Tableau 1 : Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5, traités au *M. anisopliae* par contact

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758)
(Oedipodinae, Acrididae)

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	0
2	0	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	0
4	0	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	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	10	20	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	20	10	20	16.67	5.77	0	0	0	0	0	12.5	0	12.5	8.33	7.22	0	0	0	0	0	0
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	12.5	12.5	12.5	0
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	12.5	12.5	12.5	0
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	25	25	25	0
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	75	75	75	0
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	87.5	87.5	87.5	0
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	87.5	87.5	87.5	0
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	100	100	0
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	100	100	0
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	100	100	0
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	100	100	0
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	100	100	0
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	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	100	0

Tableau 2 : Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5, traités 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
1	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
3	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
5	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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

Tableau 3 : Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5, traités au Triflumuron par contact

**Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758)
(Oedipodinae, Acrididae)**

Jours	Témoïn					D1					D2					D3				
	R1	R2	R3	M	ET	R1	R2	R3	M	ET	R1	R2	R3	M	ET	R1	R2	R3	M	
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	10	0	3.33	5.77	10	0	0	0	3
4	0	0	0	0	0	0	0	10	3.33	5.8	0	10	0	3.33	5.77	10	0	0	3	
5	0	0	0	0	0	0	0	10	3.33	5.8	0	10	0	3.33	5.77	10	0	0	3	
6	0	10	0	3.33	5.77	0	0	10	3.33	5.8	0	10	0	3.33	5.77	10	0	0	3	
7	0	10	0	3.33	5.77	10	0	20	10	10	0	10	0	3.33	5.77	10	0	0	3	
8	10	10	0	6.67	5.77	40	0	20	20	20	0	10	0	3.33	5.77	10	0	0	3	
9	10	10	0	6.67	5.77	90	0	20	36.67	47.26	20	20	0	13.33	11.55	10	0	0	3	
10	10	10	0	6.67	5.77	100	10	20	43.33	49.33	50	30	10	30	20	10	0	0	3	
11	10	10	0	6.67	5.77	100	10	20	43.33	49.33	70	60	10	46.67	32.15	10	10	10	10	
12	10	10	0	6.67	5.77	100	50	20	56.67	40.41	90	80	10	60	43.59	10	20	20	10	
13	10	10	0	6.67	5.77	100	80	40	73.33	30.55	90	90	20	66.67	40.41	30	30	40	30	
14	10	10	0	6.67	5.77	100	80	60	80	20	90	90	30	70	34.64	40	60	60	50	
15	10	10	0	6.67	5.77	100	80	80	86.67	11.55	90	90	30	70	34.64	70	70	60	60	
16	10	10	0	6.67	5.77	100	90	100	96.67	5.77	90	90	70	83.33	11.55	70	80	90	80	
17	10	10	0	6.67	5.77	100	90	100	96.67	5.77	100	90	100	96.67	5.77	100	80	90	90	
18	10	10	0	6.67	5.77	100	100	100	100	0	100	90	100	96.67	5.77	100	90	90	90	
19	10	10	0	6.67	5.77						100	100	100	100	0	100	100	100	100	
20	10	10	0	6.67	5.77															
21	10	10	0	6.67	5.77															
22	10	10	0	6.67	5.77															

Tableau 4 : Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5, traités au Triflumuron 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	
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	10	0	3.33	5.77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	3.33	
4	0	10	0	3.33	6	0	0	0	0	0	0	10	0	3.33	5.77	10	10	0	6.67	
5	10	10	10	10.00	0.00	0	0	0	0	0	0	10	0	3.33	5.77	10	10	0	6.67	
6	10	10	10	10.00	0.00	0	0	0	0	0	0	10	0	3.33	5.77	10	10	10	10	
7	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	3.33	5.77	10	10	10	10	
8	10	10	10	10.00	0.00	0	0	0	0	0	0	10	0	3.33	5.77	10	10	10	10.00	
9	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	10	10	6.67	5.77	30	20	10	20	
10	10	10	10	10.00	0.00	0	0	0	0	0	10	10	10	10	0	30	20	10	20	
11	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	20	10	30	20	10	30	20	10	20	
12	10	10	10	10	0	0	0	10	3.33	5.77	40	10	60	36.67	25.17	40	20	10	23.33	
13	10	10	10	10	0	0	10	10	6.67	5.77	90	30	60	60	30	50	30	10	30.00	
14	10	10	10	10	0	20	30	30	26.67	5.77	90	50	60	66.67	20.82	60	50	30	46.67	
15	10	10	10	10	0	50	60	60	56.67	5.77	100	70	70	80	17.32	60	70	70	67	
16	10	10	10	10	0	70	70	60	66.67	5.77	100	70	70	80	17.32	60	80	80	73.33	
17	10	10	10	10	0	80	80	80	80.00	0	100	100	80	93.33	12	80	90	90	87	
18	10	10	10	10	0	90	90	100	93.33	5.77	100	100	100	100	0	90	100	100	96.67	
19	10	10	10	10	0	90	90	100	93.33	5.77						90	100	100	96.67	
20	10	10	10	10	0	90	90	100	93.33	5.77						100	100	100	100	
21	10	10	10	10	0	90	100	100	96.67	5.77										
22	10	10	10	10	0	90	100	100	96.67	5.77										

Tableau 5: Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5, traités au henné par contact

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

Jours	Témoïn					D1					D2					D3			
	R1	R2	R3	M	ET	R1	R2	R3	M	ET	R1	R2	R3	M	ET	R1	R2	R3	M
1	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
3	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	10	0	3.
5	0	0	10	3.33	5.77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	6.
6	0	0	10	3.33	5.77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	6.
7	0	0	10	3.33	5.77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	6.
8	0	10	20	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	6.
9	20	10	20	16.67	5.77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	20	23
10	20	20	20	20.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	60	30	36
11	20	20	20	20	0	20	10	0	10	10	0	0	0	0	0	40	70	70	60
12	20	20	20	20	0	20	50	20	30.00	17.32	0	10	10	6.67	5.77	60	80	80	73
13	20	20	20	20	0	30	70	60	53.33	20.82	50	30	50	43.33	12	70	90	90	83
14	20	20	20	20	0	50	70	80	66.67	15.28	80	90	90	86.67	5.77	80	100	100	93
15	20	20	20	20	0	70	70	80	73.33	5.77	100	90	90	93.33	5.77	90	100	100	96
16	20	20	20	20	0	80	70	80	76.67	5.77	100	90	90	93.33	5.77	100	100	100	100
17	20	20	20	20	0	80	70	100	83.33	15.28	100	90	90	93.33	5.77				
18	20	20	20	20	0	80	70	100	83.33	15.28	100	90	90	93.33	5.77				
19	20	20	20	20	0	100	70	100	90.00	17.32	100	90	100	96.67	5.77				
20	20	20	20	20	0	100	80	100	93.33	11.55	100	100	100	100	0				
21	20	20	20	20	0	100	100	100	100	0									
22	20	20	20	20	0														

Tableau 6 : Taux de mortalité journalière cumulée des larves L5, traités 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
1	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
3	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
5	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
7	10	0	0	3.33	5.77	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
9	10	0	0	3.33	5.77	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
11	10	0	0	3.33	5.77	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
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
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	10	0	0	3.33	5.77	60	60	60	60	0	90	90	60	80	17.32	70	60	40	56.67
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
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
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
19	10	0	0	3.33	5.77	100	80	90	90	10	100	100	100	100	0	100	90	90	93.33
20	10	0	0	3.33	5.77	100	90	90	93.33	5.77						100	90	100	96.67
21	10	0	0	3.33	5.77	100	100	90	96.67	5.77						100	90	100	96.67
22	10	0	0	3.33	5.77	100	100	90	96.67	5.77						100	100	100	100

Tableau 7 : Efficacité de traitement par contact de *M. anisopliae* sur les L5 de *L. migratoria* au 15^{ème} jour

Doses		% de mortalité	
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 traitement par ingestion de *M. anisopliae* sur les L5 de *migratoria* au 15^{ème} jour

Doses		% de mortalité	
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 traitement par contact de Triflumuron sur les L5 de *L. migratoria* au 15^{ème} jour

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

Doses		% de mortalité	
Doses (ml/l)	Log dosesX10	MC%	Probits
D1=0.41	0.61	85.71	6.08
D2=0.82	0.91	67.86	5.47
D3=1.65	1.21	64.29	5.36

Tableau 10 : Efficacité de traitement par ingestion de Triflumuron sur les L5 de *L. migratoria* au 15^{ème} jour

Doses		% de mortalité	
Doses (ml/l)	Log dosesX10	MC%	Probits
D1=0.41	0.61	51.85	5.05
D2=0.82	0.91	77.78	5.77
D3=1.65	1.21	62.96	5.33

Tableau 11: Efficacité de traitement par contact de henné sur les L5 de *L. migratoria* au 15^{ème} jour

Doses		% de mortalité	
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 12: Efficacité de traitement par ingestion de henné sur les L5 de *L. migratoria* au 15^{ème} jour

Doses		% de mortalité	
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

Produits Jour	Eau (Témoïn)	Eau distillée (Témoïn)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>Manisophae var acridum</i> (Green Muscle)
0	0.5	0.44	0.52	0.56	0.46
1	0.62	0.5	0.56	0.64	0.54
2	0.64	0.6	0.58	0.62	0.54
3	0.7	0.62	0.7	0.7	0.58
4	0.74	0.66	0.7	0.72	0.56
5	0.8	0.62	0.78	0.88	0.72
6	0.82	0.64	0.82	0.98	0.76
7	0.88	0.7	0.82	1.06	0.7
8	1.05	0.78	1.06	1.2	0.72
9	1.125	0.86	1.06	1.32	0.84
10	1.225	0.92	1.06	1.32	0.78
11	1.25	1.075	1.1	1.32	0.78
12	1.125	1.1	1.28	1.28	0.825
13	1.1	1.1	1.3	1.16	0.8
14	0.7	1.15	1.36	0.7	0.83
15	-	1.3	1.28	0.8	0.9
16	-	1	1.3	0.9	1
17	-	-	1.2	0.9	0.9
18	-	-	1.2	1	0.9
19	-	-	-	1.1	0.8
20	-	-	-	1.1	-
21	-	-	-	1.1	-
22	-	-	-	1.4	-

Tableau 13 : L'évolution pondérale des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

Produits Jour	Eau (Témoin)	Eau distillée (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>Manisophiae var acridum</i> (Green Muscle)
0	0.56	0.48	0.48	0.52	0.38
1	0.64	0.54	0.56	0.64	0.44
2	0.68	0.6	0.62	0.64	0.46
3	0.76	0.66	0.64	0.72	0.52
4	0.78	0.6	0.66	0.72	0.58
5	0.88	0.66	0.8	0.92	0.66
6	0.88	0.72	0.85	0.94	0.66
7	1.08	0.72	0.85	1.06	0.66
8	1.16	0.925	0.95	1.24	0.62
9	1.2	0.95	1.025	1.26	0.7
10	1.24	1.075	1	1.38	0.62
11	1.34	1.025	1.05	1.34	0.64
12	1.44	1.175	1.125	1.32	0.62
13	1.44	1.175	1.15	1.16	0.66
14	1.44	1.25	1.2	-	0.68
15	1.24	1.2	1.15	-	0.68
16	1.2	1.17	0.95	-	0.68
17	-	1.15	1	-	0.675
18	-	1.1	1	-	0.675
19	-	1	0.95	-	0.675
20	-	1	0.9	-	0.7
21	-	0.9	0.9	-	0.67
22	-	-	0.9	-	0.67

Tableau 14 : L'évolution pondérale des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Produits Individu	Eau distillée (Témoin)	Eau (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>Manisophiae var acridum</i> (Green Muscle)
1	0.6	0.1	0.6	0.8	0.1
2	0.5	0.5	0.7	0.7	0.2
3	0.5	0.2	0.5	0.6	0.1
4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.4
5	0.1	0.7	0.8	0.6	0.3
Moyenne	0.44	0.42	0.66	0.7	0.22
Ecartype	0.19	0.26	0.11	0.1	0.13

Tableau 15 : Gain du poids chez les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Produits Individu	Eau distillée (Témoin)	Eau (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>Manisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	0.4	0.5	0	0.7	0.4
2	0.7	0.3	0.6	0.7	0.2
3	0.6	0.9	0.9	0.6	0.4
4	0.1	0.5	0.7	0.7	0.2
5	0.4	0.7	0.3	0.5	0.2
Moyenne	0.44	0.58	0.5	0.64	0.28
Ecartype	0.23	0.23	0.35	0.09	0.11

Tableau 16 : Gain du poids (g) chez les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Produits Individus	Eau (Témoin)	Eau distillée (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>Manisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	-	13	-	-	-
2	13	17	-	-	-
3	15	15	-	-	-
4	14	13	-	-	-
5	13	-	-	-	-
Moyenne	13.75	14.50	-	-	-
Ecartype	0.96	1.91	-	-	-
%de malformés	0	0	100	100	0
% de mortalité	10	10	100	100	100

Tableau 17: Durée moyenne de développement en jours larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Produits Individus	Eau (Témoin)	Eau distillée (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>Manisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	16	22	-	-	-
2	17	19	-	-	-
3	17	17	-	-	-
4	16	-	-	-	-
5	16	17	-	-	-
Moyenne	16.40	18.75	-	-	-
Ecartype	0.55	2.36	-	-	-
%de malformés	0	0	100	100	0
% de mortalité	0	10	100	100	100

Tableau 18 : Durée moyenne de développement en jours larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

Produits Jour	Eau distillée (Témoïn)	Eau (Témoïn)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>Manisophiae var acridum</i> (Green Muscle)
1	2.643	2.319	1.052	1.218	1.258
2	2.603	2.197	1.606	1.599	0.945
3	2.414	2.041	1.418	1.283	1.277
4	2.439	2.321	1.777	2.063	1.85
5	1.817	2.546	1.2	1.846	1.097
6	2.189	2.564	1.483	1.833	1.366
7	2.261	2.352	1.799	2.188	1.02
8	2.224	2.273	1.697	1.691	0.968
9	2.482	2.363	1.883	1.565	1.554
10	2.006	1.903	1.775	1.114	0.964
11	1.873	2.921	1.261	0.956	0.868
12	1.813	1.477	1.535	1.061	0.682
13	1.649	1.361	1.74	0.865	0.715
14	1.406	0.874	1.539	1.089	0.666
15	1.369	-	0.901	1.061	0.807
16	1.351	-	0.658	0.889	0.91
17	-	-	0.809	0.907	1.022
18	-	-	1.076	1.183	0.832
19	-	-	-	1.36	1.381
20	-	-	-	1.373	-
21	-	-	-	1.565	-
22	-	-	-	1.292	-
Moyenne	2.034	2.108	1.401	1.364	1.062
Ecartype	0.439	0.543	0.376	0.384	0.314

Tableau 19 : L'ingera (g) des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Produits Jour	Eau distillée (Témoïn)	Eau (Témoïn)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>Manisophiae var acridum</i> (Green Muscle)
1	1.164	1.533	1.275	1.505	1.248
2	1.607	1.644	1.478	1.678	0.951
3	1.098	1.533	1.401	1.646	1.184
4	1.847	1.461	1.833	1.868	1.907
5	1.421	1.751	1.422	1.286	1.59
6	1.429	1.561	1.408	1.873	0.987
7	1.311	1.782	1.635	2.437	0.948
8	1.313	2.191	1.313	2.008	0.981
9	1.393	1.673	1.395	1.298	1.323
10	1.353	1.551	1.71	1.343	0.852
11	1.398	1.316	1.333	0.842	0.863
12	1.575	1.626	1.112	0.925	0.856
13	1.309	1.065	1.066	0.746	0.804
14	1.292	1.269	1.278	-	0.631
15	1.099	1.189	1.225	-	1.139
16	0.817	1.477	0.975	-	1.671
17	1.596	-	0.932	-	1.448
18	0.979	-	1.226	-	1.256
19	0.917	-	1.378	-	1.43
20	1.089	-	1.066	-	0.645
21	1.449	-	1.435	-	1.367
22	-	-	1.189	-	1.236
Moyenne	1.307	1.539	1.322	1.497	1.151
Ecartype	0.251	0.264	0.225	0.492	0.334

Tableau 20 : L'ingera(g) des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758)
(Oedipodinae, Acrididae)

Produits Jour	Eau distillée (Témoin)	Eau (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.ML)	<i>Manisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	0.364	0.554	0.141	0.142	0.064
2	0.491	0.555	0.292	0.421	0.124
3	0.611	0.405	0.219	0.386	0.292
4	0.537	0.737	0.411	0.611	0.326
5	0.312	0.840	0.473	0.737	0.385
6	0.407	0.936	0.501	0.878	0.275
7	0.541	0.778	0.454	0.711	0.477
8	0.988	0.717	0.714	0.808	0.334
9	0.755	0.856	0.703	0.538	0.358
10	0.488	0.554	0.865	0.220	0.279
11	0.549	0.220	0.389	0.092	0.180
12	0.284	0.064	0.407	0	0.054
13	0.094	0	0.723	0.029	0.228
14	0.269	0	0.209	0.070	0.040
15	0.116	-	0.022	0.074	0.084
16	0.078	-	0	0.044	0.007
17	-	-	0	0.136	0.028
18	-	-	0	0.142	0.007
19	-	-	-	0.143	0.016
20	-	-	-	0.130	-
21	-	-	-	0.172	-
22	-	-	-	0.140	-
Moyenne	0.430	0.515	0.362	0.301	0.187
Ecartype	0.244	0.328	0.274	0.283	0.151

Tableau 21 : L'egesta (g) des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Produits Jour	Eau distillée (Témoïn)	Eau (Témoïn)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>Manisophiae var acridum</i> (Green Muscle)
1	0.109	0.093	0.198	0.228	0.06
2	0.267	0.352	0.297	0.462	0.095
3	0.234	0.335	0.246	0.470	0.365
4	0.339	0.528	0.427	0.542	0.554
5	0.255	0.511	0.296	0.833	0.541
6	0.372	0.643	0.667	0.810	0.105
7	0	0.655	0.288	1.164	0.223
8	0.739	0.577	0.454	1.135	0.087
9	0.324	0.569	0.377	0.375	0.175
10	0.467	0.573	0.544	0.50	0.24
11	0.535	0.277	0.212	0.110	0.227
12	0.298	0.542	0.155	0.014	0.116
13	0.334	0.153	0.149	0	0
14	0.152	0.006	0.169	-	0.258
15	0.174	0	0.129	-	0.176
16	0	0	0.063	-	0.092
17	0.338	-	0.057	-	0.071
18	0.028	-	0.034	-	0.191
19	0.018	-	0.043	-	0.168
20	0	-	0.031	-	0.076
21	0	-	0.017	-	0.109
22	-	-	0.162	-	0.072
Moyenne	0.237	0.363	0.228	0.511	0.182
Ecartype	0.200	0.244	0.177	0.385	0.144

Tableau 22 : L'egesta (g) des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758)
(Oedipodinae, Acrididae)

Produits Jour	Eau distillée (Témoin)	Eau (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>Manisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	5.29	3.74	1.88	1.90	2.33
2	4.34	3.43	2.77	2.58	1.75
3	3.89	2.92	2.03	1.83	2.20
4	3.70	3.14	2.54	2.87	3.30
5	2.93	3.18	1.54	2.10	1.52
6	3.42	3.13	1.81	1.87	1.80
7	3.23	2.67	2.19	2.06	1.46
8	2.85	2.16	1.60	1.41	1.34
9	2.89	2.10	1.78	1.19	1.85
10	2.18	1.55	1.67	0.84	1.24
11	1.74	2.34	1.15	0.72	1.11
12	1.65	1.31	1.20	0.83	0.83
13	1.50	1.24	1.34	0.75	0.89
14	1.22	1.25	1.13	1.56	0.80
15	1.05	-	0.70	1.33	0.90
16	1.35	-	0.51	0.99	0.91
17	-	-	0.67	1.01	1.14
18	-	-	0.90	1.18	0.92
19	-	-	-	1.24	1.73
20	-	-	-	1.25	-
21	-	-	-	1.42	-
22	-	-	-	0.92	-
I C/produit	2.70	2.44	1.61	1.55	1.47

Tableau 23 : L'indice de consommation des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Produits Jour	Eau distillée (Témoin)	Eau (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>Manisophiae var acridum</i> (Green Muscle)
1	2.16	2.40	2.28	2.35	2.84
2	2.68	2.42	2.38	2.62	2.07
3	1.66	2.02	2.19	2.29	2.28
4	3.08	1.87	2.78	2.59	3.29
5	2.15	1.99	1.78	1.40	2.41
6	1.98	1.77	1.66	1.99	1.50
7	1.82	1.65	1.92	2.30	1.44
8	1.42	1.89	1.38	1.62	1.58
9	1.47	1.39	1.36	1.03	1.89
10	1.26	1.25	1.71	0.97	1.37
11	1.36	0.98	1.27	0.63	1.35
12	1.34	1.13	0.99	0.70	1.38
13	1.11	0.74	0.93	0.64	1.22
14	1.03	0.88	1.065	-	0.93
15	0.92	0.96	1.07	-	1.675
16	0.70	1.23	1.03	-	2.46
17	1.39	-	0.932	-	2.15
18	0.89	-	1.226	-	1.86
19	0.917	-	1.45	-	2.12
20	1.089	-	1.18	-	0.92
21	1.61	-	1.59	-	2.05
22	-	-	1.32	-	1.854
I C/produit	1.53	1.54	1.53	1.63	1.85

Tableau 24 : L'indice de consommation des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

Produits Jour	Eau distillée (Témoin)	Eau (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>M. anisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	16.65	18.11	62.74	57.47	17.49
2	16.90	19.12	41.10	43.78	23.28
3	18.23	20.58	46.54	54.56	17.23
4	18.04	18.10	37.14	33.93	11.89
5	24.22	16.50	55.00	37.92	20.05
6	20.10	16.38	44.50	38.19	16.11
7	19.46	17.86	36.69	31.99	21.57
8	19.78	18.48	38.89	41.40	22.73
9	17.73	17.77	35.05	44.73	14.16
10	21.93	22.07	100.30	62.84	22.82
11	23.49	14.38	52.34	73.22	25.35
12	24.27	28.44	43.00	65.98	32.26
13	26.68	30.86	37.93	80.92	30.77
14	31.29	48.05	42.88	64.28	33.03
15	32.14	-	73.25	65.98	27.26
16	32.57	-	37.18	78.74	24.18
17	-	-	81.58	77.18	21.53
18	-	-	61.34	59.17	26.44
19	-	-	-	51.47	15.93
20	-	-	-	50.98	-
21	-	-	-	44.73	-
22	-	-	-	54.18	-
ECl/produit	22.72	21.91	51.53	55.16	22.32

Tableau 25: L'efficacité de conversion de la nourriture ingérée (%) par les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Produits Jour	Eau distillée (Témoin)	Eau (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.ML)	<i>Manisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	37.80	37.83	39.22	42.52	22.44
2	27.38	35.28	33.83	38.14	29.44
3	40.07	37.83	35.69	38.88	23.65
4	23.82	39.70	27.28	34.26	14.68
5	30.96	33.12	35.16	49.77	17.61
6	30.79	37.16	35.51	34.17	28.37
7	33.56	32.55	30.58	26.26	29.54
8	33.51	26.47	38.08	31.87	28.54
9	31.59	34.67	35.84	49.31	21.16
10	32.52	37.40	29.24	47.65	32.86
11	31.47	44.07	37.51	76.01	32.44
12	27.94	35.67	44.96	69.19	32.71
13	33.61	54.46	46.90	85.79	34.83
14	34.06	45.71	39.12	-	44.37
15	40.04	48.78	40.82	-	24.58
16	53.86	39.27	51.28	-	16.76
17	27.57	-	53.65	-	19.34
18	44.94	-	40.78	-	22.29
19	47.98	-	36.28	-	19.58
20	40.40	-	46.90	-	43.41
21	30.37	-	34.84	-	20.48
22	-	-	42.05	-	22.65
ECl/produit	34.96	38.75	38.89	47.99	26.44

Tableau 26 : L'efficacité de conversion de la nourriture ingérée (%) par les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758)
(Oedipodinae, Acrididae)

Produits Jour	Eau distillée (Témoin)	Eau (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>Manisopliae var acridion</i> (Green Muscle)
1	19.31	23.80	72.45	65.06	18.43
2	20.83	25.58	50.23	59.42	26.80
3	24.40	25.67	55.05	78.04	22.34
4	23.13	26.52	48.32	48.21	14.44
5	29.24	24.62	90.78	63.12	30.90
6	24.69	25.80	67.21	73.30	20.16
7	25.58	26.68	49.07	47.39	40.52
8	35.60	26.99	67.14	79.28	34.70
9	25.48	27.87	55.93	68.16	18.39
10	28.99	31.13	72.53	78.30	32.12
11	33.23	15.55	75.69	81.02	31.98
12	28.78	29.72	58.51	65.98	35.03
13	28.30	30.86	64.90	83.73	45.17
14	38.70	48.05	49.62	68.69	35.14
15	35.12	-	75.09	70.92	30.43
16	34.56	-	100.30	82.84	24.36
17	-	-	81.58	90.79	22.13
18	-	-	61.34	67.24	26.67
19	-	-	-	57.52	16.12
20	-	-	-	56.32	-
21	-	-	-	50.25	-
22	-	-	-	60.76	-
ECD	28.50	27.77	66.43	68.02	27.67

Tableau 27 : L'efficacité de conversion de la nourriture digérée (%) par les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Produits Jour	Eau distillée (Témoïn)	Eau (Témoïn)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (I.F.M.)	<i>M. anisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	41.71	40.28	46.43	50.12	23.57
2	32.84	44.89	42.34	52.63	32.71
3	50.93	48.41	43.29	54.42	34.19
4	29.18	62.17	35.56	48.27	20.69
5	37.74	46.77	44.40	141.28	26.69
6	41.63	63.18	67.48	60.21	31.75
7	33.56	51.46	37.12	50.27	38.62
8	76.66	35.94	58.21	73.31	31.32
9	41.16	52.54	49.12	69.34	24.39
10	49.66	59.30	42.88	75.92	45.98
11	50.98	55.82	44.60	87.43	44.03
12	34.46	53.51	52.25	70.25	37.84
13	45.13	63.60	54.53	85.79	34.83
14	38.60	45.92	45.09	-	75.07
15	47.57	48.78	45.62	-	29.08
16	53.86	39.27	54.82	-	17.73
17	34.98	-	57.14	-	20.33
18	46.27	-	41.95	-	26.29
19	48.94	-	37.45	-	22.19
20	40.40	-	48.31	-	49.21
21	30.37	-	35.26	-	22.26
22	-	-	48.69	-	24.05
ECD	43.17	50.74	46.93	70.71	32.40

Tableau 28 : L'efficacité de conversion de la nourriture digérée(%) par les larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758)
(Oedipodinae, Acrididae)

Produits Jour	Eau distillée (Témoin)	Eau (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.ML)	<i>Manisopliae var acridion</i> (Green Muscle)
1	86.23	76.11	86.60	88.34	94.91
2	81.14	74.74	81.82	73.67	86.88
3	74.69	80.16	84.56	69.91	77.13
4	77.98	68.25	76.87	70.38	82.38
5	82.83	67.01	60.58	60.08	64.90
6	81.41	63.49	66.22	52.10	79.87
7	76.07	66.92	74.76	67.50	53.24
8	55.58	68.46	57.93	52.22	65.50
9	69.58	63.77	62.67	65.62	76.96
10	75.67	70.89	51.27	80.25	71.06
11	70.69	92.47	69.15	90.38	79.26
12	84.34	95.67	73.49	100.00	92.08
13	94.30	100.00	58.45	96.65	68.11
14	80.87	100.00	86.42	93.57	93.99
15	91.53	-	97.56	93.03	89.59
16	94.23	-	100.00	95.05	99.23
17	-	-	100.00	85.01	97.26
18	-	-	100.00	88.00	99.16
19	-	-	-	89.49	98.84
20	-	-	-	90.53	-
21	-	-	-	89.01	-
22	-	-	-	89.16	-
CUD	79.82	77.71	77.13	80.91	82.65

Tableau 29 : Le coefficient d'utilisation digestif des larves des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Produits Jour	Eau distillée (Témoïn)	Eau (Témoïn)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>M. anisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	90.64	93.93	84.47	84.85	95.19
2	83.39	78.59	79.91	72.47	90.01
3	78.69	78.15	82.44	71.45	69.17
4	81.65	63.86	76.70	70.99	70.95
5	82.05	70.82	79.18	35.23	65.97
6	73.97	58.81	52.63	56.75	89.36
7	100.00	63.24	82.39	52.24	76.48
8	43.72	73.66	65.42	43.48	91.13
9	76.74	65.99	72.97	71.11	86.77
10	65.48	63.06	68.19	62.77	71.48
11	61.73	78.95	84.10	86.94	73.70
12	81.08	66.67	86.06	98.49	86.45
13	74.48	85.63	86.02	100.00	100.00
14	88.24	99.53	86.78	-	59.11
15	84.17	100.00	89.47	-	84.55
16	100.00	100.00	93.54	-	94.49
17	78.82	-	93.88	-	95.10
18	97.14	-	97.23	-	84.79
19	98.04	-	96.88	-	88.25
20	100.00	-	97.09	-	88.22
21	100.00	-	98.82	-	92.03
22	-	-	86.38	-	94.17
CUD	82.86	77.56	83.66	69.75	83.97

Tableau 30 : Le coefficient d'utilisation digestif des larves des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758)
(Oedipodinae, Acrididae)

Produits Jour	Eau distillée (Témoïn)	Eau (Témoïn)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>Manisophae var acridum</i> (Green Muscle)
1	0.88	0.68	1.18	1.09	0.41
2	0.73	0.66	1.14	1.13	0.41
3	0.71	0.60	0.94	1.00	0.38
4	0.67	0.57	0.94	0.97	0.39
5	0.71	0.53	0.85	0.80	0.31
6	0.69	0.51	0.80	0.71	0.29
7	0.63	0.48	0.80	0.66	0.31
8	0.56	0.40	0.62	0.58	0.31
9	0.51	0.37	0.62	0.53	0.26
10	0.48	0.34	0.62	0.53	0.28
11	0.41	0.34	0.60	0.53	0.28
12	0.40	0.37	0.52	0.55	0.27
13	0.40	0.38	0.51	0.60	0.28
14	0.38	0.60	0.49	1.00	0.26
15	0.34	-	0.52	0.88	0.24
16	0.44	-	0.51	0.78	0.22
17	-	-	0.55	0.78	0.24
18	-	-	0.55	0.70	0.24
19	-	-	-	0.64	0.28
20	-	-	-	0.64	-
21	-	-	-	0.64	-
22	-	-	-	0.50	-
Icr	0.56	0.49	0.71	0.74	0.30

Tableau 31 : L'indice de croissance des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Produits Jour	Eau distillée (Témoin)	Eau (Témoin)	<i>L. inermis</i> (Henné)	Triflumuron (T.F.M.)	<i>Manisopliae var acridum</i> (Green Muscle)
1	0.81	0.91	0.89	1.00	0.64
2	0.73	0.85	0.81	1.00	0.61
3	0.67	0.76	0.78	0.89	0.54
4	0.73	0.74	0.76	0.89	0.48
5	0.67	0.66	0.63	0.70	0.42
6	0.61	0.66	0.59	0.68	0.42
7	0.61	0.54	0.59	0.60	0.42
8	0.48	0.50	0.53	0.52	0.45
9	0.46	0.48	0.49	0.51	0.40
10	0.41	0.47	0.50	0.46	0.45
11	0.43	0.43	0.48	0.48	0.44
12	0.37	0.40	0.44	0.48	0.45
13	0.37	0.40	0.43	0.55	0.42
14	0.35	0.40	0.42	-	0.41
15	0.37	0.47	0.43	-	0.41
16	0.38	0.48	0.53	-	0.41
17	0.38	-	0.50	-	0.41
18	0.40	-	0.50	-	0.41
19	0.44	-	0.53	-	0.41
20	0.44	-	0.56	-	0.40
21	0.49	-	0.56	-	0.42
22	-	-	0.56	-	0.42
Icr	0.51	0.57	0.57	0.67	0.45

Tableau 32: L'indice de croissance des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758)
(Oedipodinae, Acrididae)

Produits		Eau	Eau distillée	<i>L. inermis</i>	Triflumuron	<i>M. anisopliae</i> var <i>acidum</i>
Jour		(Témoïn)	(Témoïn)	(Henné)	(T.F.M.)	(Green Muscle)
5	R1	1.1	1	1.3	1.1	1.1
	R2	0.8	1	1	1.3	1.2
	R3	1	1.1	1.3	0.9	1.2
	M	0.97	1.03	1.20	1.10	1.17
	ET	0.15	0.06	0.17	0.20	0.06
10	R1	1.5	1.5	1.3	1	1.2
	R2	1.2	1.3	1.1	1.4	1.2
	R3	1.4	1.1	1.5	1.1	1.3
	M	1.37	1.30	1.30	1.17	1.23
	ET	0.15	0.20	0.20	0.21	0.06
15	R1	1.6	1.4	1.3	1	1.3
	R2	1.3	1.5	1.2	-	1.3
	R3	1.5	1.4	1.3	1.2	1.6
	M	1.47	1.43	1.27	1.10	1.40
	ET	0.15	0.06	0.06	0.14	0.17
20	R1	1.7	1.4	1.1	0.7	1.3
	R2	1.3	1.5	0.9	-	1.3
	R3	1.6	1.3	1.3	-	1.6
	M	1.53	1.40	1.10	0.70	1.40
	ET	0.21	0.10	0.20	0	0.17
25	R1	1.6	1.4	1.2	0.8	1.2
	R2	1.2	1.5	1	-	-
	R3	1.5	1.3	1.2	-	1.4
	M	1.43	1.40	1.13	0.80	1.30
	ET	0.21	0.10	0.12	0	0.14
30	R1	1.7	1.4	1.3	-	-
	R2	1.6	1.3	1.1	-	-
	R3	1.6	1.2	0.9	-	1.4
	M	1.63	1.30	1.10	0	1.40
	ET	0.06	0.10	0.20	0	0

Tableau 33 : L'évolution pondérale (g) des imagos mâles de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Produits		Eau	Eau distillée	<i>L. inermis</i>	Triflumuron	<i>Manisophae var acridum</i>
Jour		(Témoïn)	(Témoïn)	(Henné)	(T.F.M.)	(Green Muscle)
5	R1	1	1.1	1.1	1.2	1.1
	R2	1	1	1	0.9	1.3
	R3	1	1.2	1	1.2	1.3
	M	1.00	1.10	1.03	1.10	1.23
	ET	0.00	0.10	0.06	0.17	0.12
10	R1	1.1	1.4	1.2	1.4	1.2
	R2	1.2	1.1	1.3	0.7	1.3
	R3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1
	M	1.17	1.23	1.23	1.10	1.20
	ET	0.06	0.15	0.06	0.36	0.10
15	R1	1.4	1.5	1.1	-	1.3
	R2	1.4	1.4	1.2	-	1.4
	R3	1.4	1.4	1.2	1.2	1.4
	M	1.47	1.50	1.15	1.20	1.33
	ET	0.00	0.06	0.06	0	0.06
20	R1	1.5	1.5	-	-	1.2
	R2	1.5	1.5	1.2	-	1.5
	R3	1.4	1.5	1.1	-	1.3
	M	1.47	1.50	1.15	0	1.33
	ET	0.06	0.00	0.07	0	0.15
25	R1	1.5	1.5	-	-	1.2
	R2	1.4	1.4	1	-	1.5
	R3	1.4	1.5	1.1	-	1.3
	M	1.43	1.47	1.05	0	1.33
	ET	0.06	0.06	0.07	0	0.15
30	R1	1.4	1.5	-	-	1.2
	R2	1.4	1.4	1	-	1.4
	R3	1.4	1.5	0.9	-	1.1
	M	1.40	1.47	0.95	0	1.23
	ET	0.00	0.06	0.07	0	0.15

Tableau 34 : l'évolution pondérale (g) des imagos mâles de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758)
(Oedipodinae, Acrididae)

Produits		Eau	Eau distillée	<i>L. inermis</i>	Triflumuron	<i>Manisophae var acridum</i>
Jour		(Témoin)	(Témoin)	(Henné)	(T.F.M.)	(Green Muscle)
5	R1	1.1	1	1.3	1.6	1.5
	R2	1.4	1	1.6	2	1.3
	R3	1.4	1.3	1.2	1.8	1.3
	M	1.30	1.10	1.37	1.80	1.37
	ET	0.17	0.17	0.21	0.20	0.12
10	R1	1.6	1.6	1.8	2.1	1.4
	R2	1.9	1.2	2	2	1.3
	R3	1.7	1.6	1.8	1.7	1.5
	M	1.73	1.47	1.87	1.93	1.40
	ET	0.15	0.23	0.12	0.21	0.10
15	R1	1.7	2.1	2.1	2.1	1.7
	R2	2.2	2	2.3	2	1.4
	R3	2.5	3	1.5	1.8	2
	M	2.13	2.37	1.97	1.97	1.70
	ET	0.40	0.55	0.42	0.15	0.30
20	R1	2.7	2.8	2.1	2	1.7
	R2	2.8	2.5	2	1.6	-
	R3	3.9	3.4	-	1.5	2.1
	M	3.13	2.90	2.05	1.70	1.90
	ET	0.67	0.46	0.07	0.26	0.28
25	R1	2.1	2.4	1.9	1.8	1.7
	R2	2.4	1.9	2.3	1.8	-
	R3	3.6	3.6	-	1.5	2.1
	M	2.70	2.63	2.10	1.70	1.90
	ET	0.79	0.87	0.28	0.17	0.28
30	R1	2.2	2.5	1.8	1.6	1.5
	R2	2.2	2.9	2.3	1.6	-
	R3	3.7	2.8	-	1.6	1.7
	M	2.70	2.73	2.05	1.60	1.60
	ET	0.87	0.21	0.35	0	0.14

Tableau 35 : L'évolution pondérale (g) des imagos femelles de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Produits	Jour	Eau			Eau distillée			<i>L. inermis</i>			Triflumuron			<i>Manisophae var acridum</i>		
		(Témoïn)			(Témoïn)			(Henné)			(T.F.M.)			(Green Muscle)		
5	R1	1.4			1.2			1.4			1.4			1.3		
	R2	1.4			1.5			1.3			1.5			1.5		
	R3	1.5			1.8			1.4			1.4			1.7		
	M	1.43			1.50			1.37			1.43			1.50		
	ET	0.06			0.30			0.06			0.06			0.20		
10	R1	1.7			1.8			1.9			1.4			1.4		
	R2	1.7			1.9			1.7			-			1.6		
	R3	1.6			2.1			1.4			1.2			1.5		
	M	1.67			1.93			1.67			1.30			1.50		
	ET	0.06			0.15			0.25			0.14			0.10		
15	R1	3			1.9			1.9			-			1.7		
	R2	2.7			2.8			1.3			-			1.9		
	R3	3			2.7			1.5			-			1.7		
	M	3.40			3.47			1.63			0			1.80		
	ET	0.17			0.49			0.31			0			0.12		
20	R1	3.8			2.8			1.8			-			1.8		
	R2	2.8			3.6			1.4			-			1.8		
	R3	3.6			4			1.7			-			1.8		
	M	3.40			3.47			1.63			0			1.80		
	ET	0.53			0.61			0.21			0			0.00		
25	R1	3.2			2.5			1.7			-			1.7		
	R2	1.9			3.2			1.4			-			1.7		
	R3	3			2.9			1.9			-			1.8		
	M	2.70			2.87			1.67			0			1.73		
	ET	0.70			0.35			0.25			0			0.06		
30	R1	3.3			2.5			1.9			-			1.9		
	R2	2.2			2.9			1.2			-			1.8		
	R3	3.4			2.8			1.4			-			1.9		
	M	2.97			2.73			1.50			0			1.87		
	ET	0.67			0.21			0.36			0			0.06		

Tableau 36 : L'évolution pondérale (g) des imagos femelles de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Produits	Eau (Témoïn)			Eau distillée (Témoïn)			<i>L. inermis</i> (Henné)			Triflumuron (T.F.M.)			<i>Manisophae var acridum</i> (Green Muscle)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Couples	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Délai de la 1 ^{ère} ponte (jour)	17	14	14	14	15	12	25	-	-	20	-	-	-	-	21
Moyenne	15			13.67			25			20			21		
Ecartype	1.73			1.53			0			0			0		
Nombre de femelles participant à la ponte	3/3			3/3			1/3			1/3			1/3		

Tableau 37: Le délai de la première ponte en jour chez les femelles de *L. migratoria* témoins et traitées aux trois biopesticides par contact

Produits	Eau (Témoïn)			Eau distillée (Témoïn)			<i>L.inermis</i> (Henné)			Triflumuron (T.F.M.)			<i>Manisophae var acridum</i> (Green Muscle)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Couples	14	14	14	11	14	12	-	-	28	-	-	-	24	-	-
Délaï de la 1^{ère} ponte (jour)	14	14	14	11	14	12	-	-	28	-	-	-	24	-	-
Moyenne	14			12.33			28			0			24		
Écartype	0			1.53			0			0			0		
Nombre de femelles participant à la ponte	3/3			3/3			1/3			0/3			1/3		

Tableau 38 : Le délaï de la première ponte en jour chez les femelles de *L. migratoria* témoins et traitées aux trois biopesticides par ingestion

Produits	Rythmes	1 ^{er}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	Nombre totale des rythmes	Nombre moyen rythme/produit
		Rythme	Rythme	Rythme	Rythme		
Eau (Témoïn)	R1	3	4	5	-	9	3
	R2	3	3	4	-		
	R3	3	5	7	-		
	M	3	4	5.33	0		
	ET	0	1	1.53	0		
Eau distillée (Témoïn)	R1	3	2	5	5	12	4
	R2	2	3	4	5		
	R3	2	3	5	3		
	M	2.33	2.67	4.67	4.33		
	ET	0.58	0.58	0.58	1.15		
<i>L.inermis</i> (Henné)	R1	5	-	-	-	1	1
	R2	-	-	-	-		
	R3	-	-	-	-		
	M	5	-	-	-		
	ET	0	-	-	-		
Triflumuron (T.F.M.)	R1	6	-	-	-	1	1
	R2	-	-	-	-		
	R3	-	-	-	-		
	M	6	-	-	-		
	ET	0	-	-	-		
<i>Manisophae var acridum</i> (Green Muscle)	R1	-	-	-	-	2	2
	R2	-	-	-	-		
	R3	5	3	-	-		
	M	5	3	-	-		
	ET	0	0	-	-		

Tableau 39 : Le rythme de ponte des femelles de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Rythmes Produits		1 ^{**}	2 ^{***}	3 ^{***}	4 ^{***}	Nombre totale des rythmes	Nombre moyen rythme/produit
		Rythme	Rythme	Rythme	Rythme		
Eau (Témoin)	R1	3	3	4	5	10	3.33
	R2	3	3	4	-		
	R3	3	3	4	-		
	M	3	3	4	5		
	ET	0	0	0	0		
Eau distillée (Témoin)	R1	3	3	3	4	10	3.33
	R2	3	3	4	-		
	R3	2	3	3	-		
	M	2.67	3	3.33	4		
	ET	0.58	0	0.58	0		
<i>L.inermis</i> (Henné)	R1	-	-	-	-	0	0
	R2	-	-	-	-		
	R3	-	-	-	-		
	M	-	-	-	-		
	ET	-	-	-	-		
Triflumuron (T.F.M.)	R1	-	-	-	-	0	0
	R2	-	-	-	-		
	R3	-	-	-	-		
	M	-	-	-	-		
	ET	-	-	-	-		
<i>M.anisopliae</i> var <i>acidum</i> (Green Muscle)	R1	-	-	-	-	0	0
	R2	-	-	-	-		
	R3	-	-	-	-		
	M	-	-	-	-		
	ET	-	-	-	-		

Tableau 40 : Le rythme de ponte des femelles de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Produits	N° femelle	Nbre d'oothèque/♀	Nbre total oothèque/produit	Nbre moyen oothèque/♀/produit	Écartype
Eau (Témoin)	1	4	12	4	0
	2	4			
	3	4			
Eau distillée (Témoin)	1	5	15	5	0
	2	5			
	3	5			
<i>L.inermis</i> (Henné)	1	2	2	0.67	1.15
	2	0			
	3	0			
Triflumuron (T.F.M.)	1	2	2	0.67	1.15
	2	0			
	3	0			
<i>M.anisopliae</i> var <i>acidum</i> (Green Muscle)	1	0	3	1	1.73
	2	0			
	3	3			

Tableau 41 : Le nombre d'oothèques par femelle de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae)

Produits	N° femelle	Nbre d'oothèque/♀	Nbre total oothèque/produit	Nbre moyen oothèque/♀/produit	Ecartype
Eau (Témoin)	1	5	13	4.33	0.58
	2	4			
	3	4			
Eau distillée (Témoin)	1	5	13	4.33	0.58
	2	4			
	3	4			
<i>L.inermis</i> (Henné)	1	0	1	0.33	0.58
	2	0			
	3	1			
Triflumuron (T.F.M.)	1	0	0	0	0
	2	0			
	3	0			
<i>Manisophae var acridum</i> (Green Muscle)	1	1	1	0.33	0.58
	2	0			
	3	0			

Tableau 42 : Lenombre d'oothèques par femelle de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Ryhmes		Ponte	Ponte	Ponte	Ponte	Ponte	Moyenne/
Produits		1	2	3	4	5	Produit ± ET
Eau (Témoin)	R1	38	42	54	45	0	45 ± 7.37
	R2	51	54	42	54	0	
	R3	68	76	77	74	0	
	M	52.33	57.33	57.67	57.67	0	
	ET	15.04	17.24	17.79	14.84	0	
Eau distillée (Témoin)	R1	50	81	76	66	58	64 ± 3.36
	R2	60	59	57	54	47	
	R3	78	67	82	65	61	
	M	62.67	69.00	71.67	61.67	55.33	
	ET	14.19	11.14	13.05	6.66	7.37	
<i>L.inermis</i> (Henné)	R1	0	0	0	0	0	0 ± 0
	R2	0	0	0	0	0	
	R3	0	0	0	0	0	
	M	0	0	0	0	0	
	ET	0	0	0	0	0	
Triflumuron (T.F.M.)	R1	0	0	0	0	0	0 ± 0
	R2	0	0	0	0	0	
	R3	0	0	0	0	0	
	M	0	0	0	0	0	
	ET	0	0	0	0	0	
<i>Manisophae var acridum</i> (Green Muscle)	R1	0	0	0	0	0	11.20± 19.50
	R2	0	0	0	0	0	
	R3	61	34	73	0	0	
	M	20.33	11.33	24.33	0	0	
	ET	35.22	19.63	42.15	0	0	

Tableau 43 : Lenombre d'œufs par oothèque de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact

Ryhmes		Ponte	Ponte	Ponte	Ponte	Ponte	Moyenne/
Produits		1	2	3	4	5	Produit ± ET
Eau (Témoïn)	R1	36	52	70	55	65	51.00 ± 12.55
	R2	53	65	70	69	0	
	R3	60	65	51	54	0	
	M	49.67	60.67	63.67	59.33	21.67	
	ET	12.34	7.51	10.97	8.39	38	
Eau distillée (Témoïn)	R1	61	55	52	63	67	56.80 ± 13.17
	R2	74	44	93	71	0	
	R3	58	67	71	76	0	
	M	64.33	55.33	72	70	22.33	
	ET	8.50	11.50	20.52	6.56	38.68	
<i>L.inermis</i> (Henné)	R1	0	0	0	0	0	0.00 ± 0
	R2	0	0	0	0	0	
	R3	0	0	0	0	0	
	M	0	0	0	0	0	
	ET	0	0	0	0	0	
Triflumuron (T.F.M.)	R1	0	0	0	0	0	0.00 ± 0
	R2	0	0	0	0	0	
	R3	0	0	0	0	0	
	M	0	0	0	0	0	
	ET	0	0	0	0	0	
<i>Manisopliae var</i> <i>acridum</i> (Green Muscle)	R1	0	0	0	0	0	0.00 ± 0
	R2	0	0	0	0	0	
	R3	0	0	0	0	0	
	M	0	0	0	0	0	
	ET	0	0	0	0	0	

Tableau 44 : Lenombre d'œufs par oothèque de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion

Concentration de BSA en µg/µl	0	40	60	80	100
Absorbance en nm	0	0.45	0.465	0.474	0.479

Tableau 45 : Concentrations de BSA en µg/µl et les absorbances correspondantes.

Produits		Eau distillée	<i>L.inermis</i>	Triflumuron	<i>Manisopliae var acridum</i>
Jour		(Témoin)	(Henné)	(T.F.M.)	(Green Muscle)
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

Tableau 46 : La concentration des protéines hémolympatiques ($\mu\text{g}/\mu\text{l}$) des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par contact au 4^{ème} et au 8^{ème} jour

Produits		Eau distillée	<i>L.inermis</i>	Triflumuron	<i>Manisopliae var acridum</i>
Jour		(Témoin)	(Henné)	(T.F.M.)	(Green Muscle)
4	R1	50.5	43	68.25	68.25
	R2	50.75	42.75	68.5	68.75
	M	50.63	42.88	68.38	68.5
	ET	0.18	0.18	0.18	0.35
8	R1	65.75	58.25	74	84.5
	R2	66.25	58.75	73.25	85
	M	66	58.5	73.63	84.75
	ET	0.35	0.35	0.53	0.35

Tableau 47: La concentration des protéines hémolympatiques ($\mu\text{g}/\mu\text{l}$) des larves L5 de *L. migratoria* traitées aux trois biopesticides par ingestion au 4^{ème} et au 8^{ème} jour

Rf	PM(KDa)	LogPM(Kda)
0.023	225	2.35
0.034	150	2.17
0.057	100	2
0.080	75	1.87
0.138	50	1.69
0.207	35	1.54
0.287	25	1.39
0.483	15	1.17
0.609	10	1

Tableau 48: Poids moléculaires (PM) et les mobilités relatives (Rf) des marqueurs Promega