

***Effet d'un biopesticide « Green muscle »  
sur les différents stades de Schistocerca  
gregaria (Forskål, 1775)(Orthoptera-  
Acrididae) et impact sur quelques espèces  
de la Biocoenose aquatique Acrididae  
cyrtacanthacridinae***

Présentée par :

**Mr Djeddar Miliani**

**Directeur de thèse :** M<sup>me</sup> Doumandji-Mitiche B. Professeur (I.N.A., El Harrach)

**Co-Directeur de thèse :** M<sup>me</sup> Guendouz-  
Benrima A. Maître de conférences (Univ., Blida)  
Juillet 2007

**Devant le jury : Président :** Mr DOUMANDJI S. Professeur (I.N.A., El Harrach) **Examineurs :**  
M<sup>me</sup> MOUHOUCHE F. Maître de conférences (I.N.A., El Harrach) M<sup>me</sup> ALLAL BENFEKIH L. Maître  
de conférences (Univ., Blida) Mr GUESSOUM Med. Chargé de cours (I.N.A., El Harrach)



# Table des matières

Dédicace . . .	6
Remerciements . . .	7
Résumé . . .	8
Summary . . .	9
ص غ ل م ل ا . . .	10
Introduction . . .	11
Chapitre I - Données bibliographiques . . .	12
I-1 Systématique et morphologie de <i>Schistocerca gregaria</i> (Forskal, 1775). . .	12
I-1-1 Position systématique . . .	12
I-1-2 Morphologie . . .	12
I-2 Biologie du Criquet pèlerin . . .	13
I-2-1 Ponte et embryogenèse . . .	13
I-2-2 Etat larvaire . . .	16
I-2-3 Etat imaginal . . .	18
I-2-4 Maturation sexuelle . . .	19
I-3 Polymorphisme phasaire . . .	19
I-3-1 Description . . .	19
I-3-2 Facteurs influençant les deux phases . . .	20
I-4 Aire de répartition . . .	20
I-5 Importance des dégâts . . .	21
I-6 Comportement alimentaire . . .	22
I-6-1 Rapport plantes -acridiens . . .	22
I-6-2 Rapport pesticides – alimentation . . .	24
I-7 Lutte antiacridienne . . .	25
I-7-1 Lutte préventive . . .	25
I-7-2 Lutte curative . . .	25
I-7-3 Principaux moyens de lutte . . .	25
I-8 Données bibliographiques sur l'entomopathogène <i>Metarhizium anisopliæ</i> (Metch) . . .	26
I-8-1 Position systématique du <i>Metarhizium. Anisopliae</i> (Metch) . . .	27
I-8-2 Identification . . .	27
I-8-3 Pathogénicité . . .	27
I-8-4 Formulation . . .	29
I-8-5 Application . . .	29
I-9 Etude d'impact . . .	30
I-9-1 Sur les acridiens . . .	30
I-9-2 Sur l'environnement . . .	31
Chapitre II- Matériels et Méthodes . . .	38
II-1 Effet du <i>Metarhizium anisopliæ</i> (Metch) sur <i>Schistocerca gregaria</i> (Forskål, 1775) . . .	38
II-1-1 Mise en place d'un élevage intensif de criquet pèlerin . . .	38

II-1-2 Culture et production de <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metch) . . .	41
II-1-3 Détermination de la DL50 des adultes de <i>Schistocerca gregaria</i> . . .	44
II-1-4 Effet de la DL50 sur les pontes . . .	45
II-1-5 Effet de la DL50 sur les stades larvaires . . .	46
II-1-6 Effet de la DL50 sur le comportement alimentaire des larves . . .	46
II-2 Effet du <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metch) sur les écosystèmes aquatiques . . .	47
II-2-1 Méthodologie et protocole expérimental . . .	47
II-2-2 Eléments biologiques à tester . . .	49
II-3 Traitement statistique . . .	49
Chapitre III : Résultats et discussion . . .	51
III-1-Effet du <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metch) var : <i>Acridum</i> sur les adultes de . . .	51
III-1-1 Résultats . . .	51
III-1-2 Discussion . . .	58
III-1-3 Conclusion . . .	59
III-2- Effet de la DL50 des adultes sur les œufs de <i>Schistocerca gregaria</i> (Forskål, 1775) . . .	59
III-2-1 Résultats . . .	59
III-2-2 Analyse de la variance . . .	61
III-2-3 Test de Newman-Keuls au seuil de 5% . . .	62
III-2-4 Discussion . . .	63
III-2-5 Conclusion . . .	63
III-3 Effet de la DL50 des adultes sur les 5 stades larvaires de <i>Schistocerca gregaria</i> (Forskål, 1775) . . .	65
III-3-1 Résultats . . .	66
III-3-2 Analyse de la variance . . .	69
III-3-3 Test de Newman-Keuls au seuil de 5 % . . .	70
III-3-4 TL50 . . .	71
III-3-5 Discussion . . .	73
III-3-6 Conclusion . . .	73
III-4 Effet de la DL50 de <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metch) sur le comportement . . .	74
III-4-1 Résultats . . .	74
III-4-2 Analyse de la variance . . .	76
III-4-3 Test de Newman-Keuls au seuil de 5 % . . .	77
III-4-4 Discussion . . .	78
III-4-5 Conclusion . . .	79
III-5 Effet du <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metch) sur quelques composantes des écosystèmes aquatiques . . .	79
III-5-1 Algue filamenteuse <i>Spirogyra sp.</i> . . .	80
III-5-2 Poisson <i>Xiphophorus helleri</i> (Heckel, 1848) . . .	85
III-5-3 Têtards de Grenouille . . .	94
III-5-4 Cladocères ( <i>Daphnia magna</i> , Strauss) . . .	102
Conclusion générale . . .	110
Références bibliographiques . . .	112

<b>Annexes . .</b>	<b>125</b>
Glossaire . .	125
Annexe 1 . .	125
Annexe 2 . .	126
Annexe 3 . .	128
Annexe 4 . .	133
Annexe 5 . .	134
Annexe 6 . .	135
Annexe 7 . .	136
Annexe 8 . .	136

## Dédicace

*Je dédie ce travail : # Mes enfants « Youcef le Nowbel, Zaki El awel et Toufik El nawel, comme ils aiment bien le dire » qui ont suivi mon travail avec attention et curiosité. A Ma très chère femme Sabiha, pour sa sagesse, son soutien morale, sa confiance et son bon sens. Je n'oublierais jamais son sourire qui m'a accompagné durant toute cette période de thèse. Que ceci lui restera en mémoire. A Mes chers parents que je ne saurais remercier suffisamment .Leur présence a toujours été un réconfort pour nous tous. A Toutes mes sœurs (Djamila, Rafika, Nassima, Zakia et Hassiba) et à mon oncle Abdelkader.*

## Remerciements

Au terme de ce travail, qu'il me soit permis d'exprimer ma profonde reconnaissance à *Mme Doumandji-Mitiche B.*, Professeur et Chef de Département de Zoologie Agricole et Forestière de l'INA d'El Harrach, pour ses orientations et ses encouragements en qualité de directrice de Thèse.

Ma reconnaissance est aussi exprimée à *Mme Guendouz-Benrima A.*, Codirectrice de Thèse et Maître de conférence à l'université de Blida, pour son dévouement, ses orientations, et ses encouragements, tout au long de ce travail.

Je voudrais particulièrement exprimer ma sincère reconnaissance ainsi que mes profonds respects au professeur *Doumandji S.*, pour l'attention qu'il porte à ses étudiants et à la science. Mes remerciements lui sont adressés aussi pour avoir bien voulu présider mon jury.

Je tiens à remercier *Mme Mouhouche F.*, Maître de conférence et enseignante à l'INA d'El Harrach, pour ses conseils et pour avoir bien voulu accepter d'examiner ce travail.

Mes remerciements s'adressent également à *Mme Allal Benfekih L.*, Maître de conférence à l'université de Blida, pour avoir bien voulu accepter d'examiner ce travail.

Je remercie Mr Guessoum M, Chargé de cours l'INA d'El Harrach pour avoir bien voulu accepter d'examiner ce travail.

Je remercie *Mr Belabed*, Directeur du Centre Universitaire de Khemis-Miliana pour ses encouragements.

Mes remerciements sont aussi adressés à *Mr Meddi*, Directeur de l'institut des sciences de la Terre et de la Nature de l'Université de Khemis-Miliana d'avoir mis à ma disposition les moyens techniques nécessaires pour ce travail.

Je remercie également *Mr Karahacen*, Chef de Département d'Agronomie et de Biologie à l'Université de Khemis-Miliana, pour sa disponibilité et ses encouragements.

Mes remerciements s'adressent :

A *Melle Chabane*, Chef de service des laboratoires à l'Université de Khemis-Miliana, pour ses compétences et sa contribution dans ce travail.

A Mr Merrouch enseignant à l'Université de Khemis-Miliana et à Melle Bissaad, enseignante à l'Université de Boumerdes, d'avoir mis leurs temps et leurs compétences à ma disposition

Je souhaite aussi exprimer ma gratitude à toute la promotion d'Acridologie : *Melle Tirchi, Melle Hemour, Mr Bouanan et Mr Fillali.*

Ma cordiale gratitude à *Kheiredine et Nassima* qui ont contribué d'une manière indirecte dans ce travail.

Je tiens à remercier tous ceux qui d'une manière ou d'une autre, ont contribué à la réalisation de ce travail.

## Résumé

Effet d'un biopesticide « *Green muscle* » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)

(*Orthoptera-Acrididae*) et impact sur quelques composantes des écosystèmes aquatiques

L'application du *Metarhizium anisopliae* (Metch) sur les adultes de *Schistocerca gregaria*, dans des conditions contrôlées, a montré une efficacité aboutissant à la mortalité complète des individus, en un temps de létalité dépendant du nombre de spores en activité de cet entomopathogène. Il est de 7 jours à la dose de  $1.10^9$  sp/ml, et de 12 jours a la dose, de  $1,10^3$  sp/ml.

La DL50 égale à [ $8,9.10^7$  spores/ml] déterminée sur les adultes, appliquée sur les œufs a montré des taux d'éclosions qui sont respectivement de l'ordre de ( $95,5\% \pm 1,5$ ) et de ( $93,83\% \pm 1,77$ ), chez les traités par rapport à (96%) et (94%) chez les témoins. Néanmoins certaines anomalies morphologiques ont été constatées sur les individus issus de oothèques traitées.

La mortalité chez les stades larvaires, soumis à cette même DL50 n'a jamais atteint sa totalité et a cessé au de la des mues qui suivirent les traitements. Elle est de 73,33% pour les L1 et les L2 ,76,66% pour les L3, 80% pour les L4 et 83,33% pour les L5. Certaines perturbations physiologiques montrant un décalage des mues entre les populations témoins et traitées, avec reprise de l'activité alimentaire, synonyme d'une stabilité métabolique, a été enregistrée après les mues qui ont suivi les traitements.

L'application du *M.anisopliae* sur quelques composantes des écosystèmes aquatiques, s'est prononcée par la mortalité de celles-ci, accompagnée par des perturbations métaboliques et hydro biologiques. Cette mortalité totale a eu lieu au 4<sup>ème</sup> et au 7<sup>ème</sup> jour chez le poisson (*Xiphophorus heleri*, Heckel), à la dose D4 ( $1,10^9$  sp/ml) et D3 ( $1,10^7$  sp/ml), au 2<sup>ème</sup> jour chez les Têtards de grenouilles à la dose D4 ,et au 4<sup>ème</sup> jour chez les cladocères (*Daphnia magna*, Strauss) à la dose D4.

Des baisses en teneurs d'oxygène dissous de l'eau qui a servi l'expérimentation, ont été enregistrées. Pour les algues, 0,8mg/l a la dose D4, 3,23 mg/l a la dose D4 appliquée au poisson, 2,8 mg/l a la dose D4 pour les têtards de grenouille et 4,26 mg/l pour les cladocères.

Le *Metarhizium anisopliae* (Metch) est un champignon entomopathogène, dont l'efficacité chez *Schistocerca gregaria* dépend particulièrement de l'activité biologique des spores. Parallèlement si le nombre de spore, en activité biologique dans les écosystèmes aquatiques, est optimal, des perturbation métaboliques et hydro biologiques peuvent être engendré.



## Summary

Effect of biopesticide “Green muscle” on various stages of *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (*Orthoptera-Acrididae*) and impact on some components of the watery ecosystems

The application of *Metarhizium anisopliae* (Metch) on the adults of *Schistocerca gregaria*, under controlled conditions, showed an effectiveness leading to the complete mortality of the individuals, in a time of lethality depending on the number of spores in activity of this entomopathogene. It is 7 days with an amount of  $1.10^9$  sp/ml, and 12 days with a weaker amount, of  $1.10^3$  sp/ml.

The DL50 equal to [  $8,9.10^7$  spores/ml ] given on the adults, applied to eggs showed rates of blossomings which are respectively about ( $95,5\% \pm 1,5$ ) and of ( $93,83\% \pm 1,77$ ) at the treaties compared to (96%) and (94%) at the witnesses. Nevertheless certain morphological anomalies were noted on the treated individuals resulting from oothèques.

Mortality at the larval stages, subjected to this same DL50 did not never reach its totality and ceased with moults which followed the treatments. It is 73.33% for L1 and L2, 76,66% for L3, 80% for L4 and 83,33% for L5. Certain physiological disturbances showing a shift of the moults between the pilot and treated populations, with food renewal of activity, synonymous with a metabolic stability, was recorded after the moults which followed the treatments.

The application of *M. anisopliae* on some components of the watery ecosystems, decided by the mortality of those, accompanied by metabolic and hydro disturbances biological. This total mortality took place at 4th and the 7th day in the fish (*Xiphophorus helleri*, Heckel), with the amount D4 ( $1.10^9$  sp/ml) and D3 ( $1.10^7$  sp/ml), at the 2nd day at the frog Tadpoles to the D4 amount and the 4th day at the cladocères (*Daphnia magna*, Strauss) with the D4 amount.

Falls in dissolved oxygen contents of the water which served the experimentation were recorded. For the algae, 0,8mg/l has the amount D4, 3,23 mg/l has the D4 amount applied to fish, 2,8 mg/l has the amount D4 for the frog tadpoles and 4,26 mg/l for the cladocères.

*Metarhizium anisopliae* (Metch) is a mushroom entomopathogene, whose effectiveness at *Schistocerca gregaria* depends particularly on the biological activity of the spores. In parallel if the number of spore, in biological activity, is optimal, of the disturbance metabolic and hydro biological can be generated.

## ص خل مل ا

موجز .

انيسوبلياي تأثير على بعض المكونات الأساسية اثر فالفطر ينقومواثوغيني

metarhizium anisopliae var : (هيدروميكيديس ، ديونديروميكونينا) على مختلف مراحل تطور الحراد *gregaria* ، (forskal,1775)، ورثوديترا اكريديداي .  
*Metarhizium* لتنظم الايكولوجيه الماعيه

تطبيق (*Metarhizium anisopliae* Metch) على البالغين من الحراد ، في ظروف خاضعة للمراقبة ، وأظهر فعالية مما يؤدي الى وفيات الكامل للأفراد ، وفي الوقت الذي فتك تبعاً لعدد الاوباخ في نشاط هذا ينقومواثوغيني. يت 7 ايام مبلغ  $1.10^9$  / SP / 12 مليلتر يوما مع ضعف المبلغ ، دي  $1.10^3$  sp/ 1.10<sup>3</sup> DL50. على قدم المساواة  $8.9.10^7$  الاوباخ / مل] على ضوء الكبار تطبق على البيض اظهرت معدلات بلوسومينغس التي هي على التوالي نحو ( $955 \pm 1.5$  %) و ( $93.83 + 1.77$  %) في مقابل المعاهدات ( $96$  %) و ( $94$  %) في بعض ويتيسيس. نينيرثيليس المورفولوجيه الاعوجاج ثمار على معاملة الافراد الناتج من ووثيكويس. الوفيات في مراحل اليرقات ويتعرضون لنفس هذا dl50 لم تصل قط برمتها وتوقفت مع كبديلات التي اعقبت ثرياميننتس. يت هو  $73.33$  % والمخلص ،  $12.13$  % ،  $80$  % و  $83.33$  % . Certaines الاضطرابات الفيزيولوجيه تظهر كحولا من كبديلات بين الطيار ويعامل السكان بالغذاء تجديد النشاط ، مرادفا للاستقرار الايضيه ، سجلت بعد كبديلات التي تلك المعالجه. تطبيق م. اتيسوبلياي على بعض المكونات الاساسية لتنظم الايكولوجيه الماعيه ، التي قررتها تلك الوفيات ، يرافقه الاضطرابات الايضيه والماعيه بيولوجيكال. ثيس مجموع الوفيات حدثت في الرابع والسابع في اليوم السمك (كبيهوروس هيليري ، هيكل) ، مع المبلغ /  $1.10^9$  sp / d4 (مليلتر) و  $1.10^7$  sp/ d3 (مل) في اليوم الثاني في الضفدع tadpoles الى خسائر كمية والرابع يوم في كلانوكيريس (نقيا ، شتراوس) دال المبلغ. يدخل الأوكسجين الذائب في الماء من المحتويات التي خدمت في التجارب ريكورنيد. فور الطحالب ،  $0.8$  مغ / لتر له مبلغ  $3.23$  d4 مغ / لتر له دال على كمية الاسماك  $2.8$  مغ / لتر له مبلغ خسائر لالضفدع tadpoles و  $4.26$  مغ / لتر لكلانوكيريس. اتيسوبلياي (*metarhizium* ميتش) هو الفطر ينقومواثوغيني عاليتها في التربة *gregaria* يتوقف خصوصا على النشاط البيولوجي للبيوريس. ين موازية اذا كان عدد spore في النشاط البيولوجي ، هو الأمثل ، لاضطرابات الاستقلابيه والبيولوجيه الماعيه يمكن توليدها .

---

# Introduction

Le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) est un acridien redoutable par ses facultés migratrices démesurées entraînant des pertes agricoles énormes dont les conséquences, sur le plan économique, social, et écologique sont désastreuses.

De part sa situation géographique et l'existence d'une aire de rémission qui couvre tout son Sahara, l'Algérie a été sujette à de nombreuses invasions l'inscrivant parmi les pays où les acridiens ont une grande importance économique (Doumandji et Doumandji-Mitiche, 1994 ; Guendouz-Benrima, 2005).

Que ce soit en lutte préventive ou en lutte curative l'adoption de moyens chimiques (pesticides) a toujours permis le contrôle de ce fléau acridien.

Cependant les conséquences sur l'environnement et la faune auxiliaire induits par l'utilisation des pesticides chimiques ne sont plus à démontrer. Ainsi, pour minimiser les répercussions sur l'environnement, de nouvelles orientations ont été considérées et intéressent l'utilisation des entomopathogènes comme moyen de lutte biologique.

L'utilisation des biopesticides à base d'entomopathogènes a révélé des résultats encourageants, comme cela a été démontré pour le *Metarhizium anisopliae* (Metch) lors des essais en laboratoire (Greathed et al., 1994 ; Sieglaff et al., 1998, Halouane, 1997) et en plein champs, cas de la wilaya d'El Oued au Nord-Est de l'Algérie (Kooyman, 2005). D'autres travaux ont été menés sur le plan national et international ; Jenkins et Thomas (1996), Bissaad (1998), Bensaad (1999), Arthur et Thomas (2000 ; 2001), Haddadj (2001), Kaidi (2004), Hemour (2005) et Outtar (2006). Parallèlement, peu d'informations sont fournies concernant l'impact de ces biopesticides sur l'environnement, pour pouvoir les qualifier de pesticides écologiques.

Dans ce contexte, notre contribution par cette étude est orientée vers un objectif visant à évaluer le niveau d'impact du « *Green muscle* » à base de *Metarhizium anisopliae* var : *acridum* vis-à-vis :

- du cycle biologique et intéresse la mortalité de *Schistocerca gregaria* d'une part, et son comportement alimentaire d'autre part dans la mesure où ce dernier, est considéré comme réponse permettant d'évaluer le niveau d'infection par l'interaction « hôte- pathogène ».

- de l'environnement aquatique, représenté par les faciès lotiques ou lentiques, temporaires ou permanents existant dans les biotopes de *Schistocerca gregaria*, nous permettant de déterminer les interrelations entre le *Metarhizium anisopliae* et certaines composantes de l'écosystème dulcicole.

Le présent travail est constitué de trois chapitres. Le premier est consacré à un aperçu général sur *Schistocerca gregaria* d'une part et sur l'entomopathogène *Metarhizium anisopliae* d'autre part. L'interaction est aussi abordée dans ce chapitre entre ce dernier, le Criquet pèlerin et quelques composantes de l'environnement aquatique. Le second chapitre porte sur le matériels et méthodes que nous avons utilisés. Enfin, le troisième chapitre est consacré aux résultats et discussions, clôturé par une conclusion générale.

# Chapitre I - Données bibliographiques

Dans le premier chapitre, une approche bibliographique est apportée concernant le Criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskal, 1775), le mycoentomopathogène (*Metarhizium anisopliae* Metch), et l'impact qu'à ce dernier sur le criquet pèlerin et sur l'environnement dont, les composantes des écosystèmes aquatiques .

## I-1 Systématique et morphologie de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775).

*Schistocerca gregaria* est appelé usuellement Criquet pèlerin, c'est le « *Djrade El Arbi* » qui signifie « Sauterelle des arabes » (Delassus et Pasquier, 1929).

### I-1-1 Position systématique

---

Le criquet pèlerin se range comme suit (Louveaux et Benhalima ,1987)

- Classe : Insectes
- Sous classe : Ptérygotes
- Super ordre : Orthoptéroïdes
- Ordre : Orthoptère
- Sous ordre : Caelifères
- Super famille : *Acridoidea*
- Famille : *Acrididae*
- Sous famille : *Cyrtacanthacridinae*
- Genre : *Schistocerca*
- Espèce : *S. gregaria* (Forskål, 1775).

### I-1-2 Morphologie

---

Morphologiquement *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775), présente des caractères différenciant les individus solitaires des grégaires.

#### I-1-2-1 L'oeuf

L'oeuf est de couleur jaune claire à brunâtre et se présente sous une forme allongée légèrement incurvée dont la longueur est comprise entre 7 et 8 mm (Duranton et Lecoq ,1990).

Les oeufs sont pondus groupés dans le sol sous forme d'oothèque surmontée par un bouchon de matière spumeuse (Popov et *al.*, 1991).

D'après Morales Agacino (1952), la disposition des oothèques dans le sol dépend de la texture et de l'humidité superficielle de celui-ci.

Chez les solitaires, la forme et la taille des oothèques ressemble à celle des grégaires mais leurs œufs sont en plus petit et en plus grand nombre (Launois-Luong et Popov, 1992).

### **I-1-2-2 Les larves**

Les larves de la phase solitaire et de la phase grégaire se distinguent par leurs couleurs très diversifiées. La plupart des larves en phase solitaire ont une pigmentation uniforme, verte au cours des premiers stades, pouvant devenir brune en fin de développement (Duranton et Lecoq, 1990).

En phase grégaire, les deux premiers stades présentent une pigmentation noire, les autres stades présentent une maculature assez développée. Quant aux *transiens*, ils possèdent une teinte identique à celle des grégaires, avec une maculature plus ou moins accentuée (Duranton et Lecoq, 1990 ; Launois-Luong et Popov, 1992).

### **I-1-2-3 Imagos et Adultes**

Le Criquet pèlerin est un acridien de grande taille. En phase grégaire les femelles mesurent de 5 à 6 cm de long, les mâles de 4,5 à 5 cm. Les individus solitaires sont plus grands que les individus grégaires ; les femelles mesurent de 6 à 9 cm de long, les mâles de 4,5 à 6 cm (Launois-Luong et Popov, 1992).

Selon Mestre (1988), cet acridien présente des antennes filiformes, un pronotum concave latéralement chez les grégaires et convexe chez les solitaires avec une longueur des ailes et des élytres dépassant nettement l'extrémité abdominale. La coloration du Criquet pèlerin est très variable ; elle dépend de l'état phasaire et de la maturation sexuelle. Chez les solitaires, la teinte générale est à dominance jaune sable, brune ou grise. Chez les grégaires immatures, la couleur est rose plus ou moins foncée et les imagos matures sont de couleur jaune.

## **I-2 Biologie du Criquet pèlerin**

Le cycle biologique du Criquet pèlerin comprend trois états successifs ; l'état embryonnaire, l'état larvaire, et l'état imaginal (figure n°1) (Chopard, 1938 ; Duranton et Lecoq, 1990).

### **I-2-1 Ponte et embryogenèse**

---

Arrivées à maturité sexuelle, et après accouplement les femelles prospectent activement le milieu à la recherche d'un site de ponte propice qui se caractérise par, la dureté du sol, l'exposition au soleil, la teneur en eau, la texture, ainsi que la présence de sels minéraux (Duranton et al., 1982).

D'après Nurein (1989) ; Dhouibi et Jarraya (1990), les femelles grégaires peuvent déposer au courant de leur vie 5 à 10 oothèques contenant chacune de 50 à 80 œufs.

L'oviposition se déroule quand la température du sol est de 30 à 35°C. Elle s'accélère, si la température s'élève à 45-50°C, et s'arrête à 50-60°C (Chapman et Joern, 1990).

La ponte peut avoir lieu dans des sols variés depuis le sable grossier jusqu'au sol argilo limoneux (Duranton et Lecoq, 1990).

L'eau doit également être disponible en quantité suffisante dans le sol pour, permettre aux femelles de pondre et d'assurer à la fois le développement des œufs et la croissance de la végétation. Cette humidité doit être comprise entre 5 et 15cm de profondeur sinon la ponte n'aura pas lieu (Duranton et Lecoq, 1990).

Selon ces mêmes auteurs, cette hygrométrie est indispensable car l'œuf doit absorber son propre poids d'eau pour pouvoir se développer complètement et arriver à maturité. Si l'œuf a absorbé suffisamment d'eau, la durée de développement embryonnaire dépendra essentiellement de la température du sol.

Si ces conditions ne sont pas réunies, le Criquet pèlerin reste 72 heures à la recherche du sol favorable à la ponte, à défaut les œufs sont déposés ou lâchés sur le sol où ils se dessèchent rapidement. La quiescence des œufs due à la sécheresse est assez limitée puisqu'elle ne peut pas durer plus de deux mois dans un sol totalement sec.

Selon Popov et *al.* (1991) et Anonyme (1993), l'embryogenèse est en fonction des conditions d'incubation ; chez les solitaires elle est de 12 jours dans de bonnes conditions et de 65 jours en mauvaises conditions. Chez les grégaires, elle dure 10jours en bonnes conditions et 80 jours en mauvaises conditions.

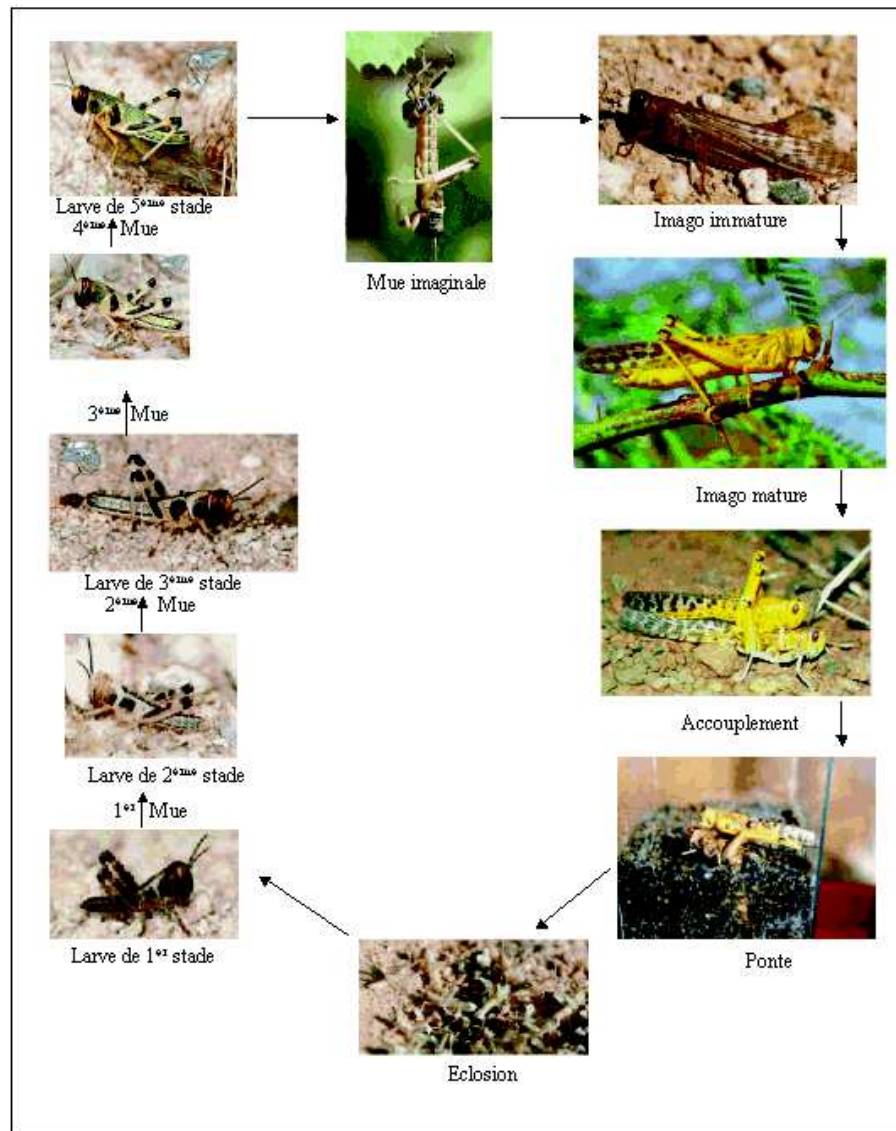


Figure n°1 : Cycle biologique de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Selon Duranton et Lecoq, 1990 ; De Gregorio, 1996 ; Symmons et Cressman, 2001 modifié) in Outtar,(2006)

D'après Duranton et Lecoq (1990), elle est de 99jours à 10°C et de 11 jours à 34° C. Selon ces mêmes auteurs, les éclosions chez les populations grégaires sont en général très synchrones et s'étalent seulement sur 2 à 3 jours.

Shulov (1953), signale que c'est l'hygrométrie du sol et non la température qui constitue le facteur déterminant dans la réussite ou l'échec des éclosions de *Schistocerca gregaria* ; la température ne contribuerait qu'au ralentissement ou à l'accélération de l'embryogenèse.

Dans des conditions de température et d'habitat optimales, les taux de multiplication peuvent atteindre 16 à 20 % (Symmons et Cressman, 2001).

De Gregorio (1996), note que le bouchon spumeux de part qu'il sert à combler le trou de ponte, il joue un rôle dans la protection thermique et hydrique de l'oothèque. Il constitue également la voie d'accès vers l'air libre pour les larves qui vont éclore (Figure n°2).



## **I-2-2 Etat larvaire**

---

A l'éclosion, la sortie de la larve est facilitée par une enzyme sécrétée par les pleuropodes de l'embryon. Suite à cela vient la première forme larvaire, dite vermiforme ou néonate, qui progresse vers la surface du sol par reptation le long du bouchon spumeux de l'oothèque. Peut de temps, cette larve néonate débarrasse de sa cuticule post embryonnaire au cours de la mue intermédiaire et devient alors une larve de premier stade (Figure n° 3) (Grass, 1949).

Les exuvies de la mue intermédiaire se présentent sous la forme de petit amas blanchâtre et sont aisément visibles à la surface du sol (Figure n° 3 et 4) (Duranton et Lecoq, 1990).

Selon ces mêmes auteurs le nombre de stades larvaires varie en fonction de l'état phasaire de l'insecte, il est de cinq chez les grégaires et cinq à six chez les solitaires.

La durée du développement larvaire est tributaire de la phase du criquet et de la température de l'air ; elle est de 30 à 90 jours pour les solitaires, et de 25 à 50 jours pour les grégaires (Anonyme, 1982).

Pour De Gregorio (1996), dans la zone méditerranéenne, la durée de développement larvaire des grégaires oscille entre 28 et 48 jours.

Launois-Luong et Lecoq (1989), estime que cette durée larvaire à environ 3 semaines.

Magor (1993), signale que dans des conditions écologiques identiques, les grégaires se développent plus rapidement que les solitaires.

Doumandji et Doumandji-Mitiche (1994), notent que la température influe sur la vitesse de croissance et la réussite du développement des acridiens. Par contre l'humidité élevée, selon Latchinsky et Launois-Luong (1992), leur est néfaste.

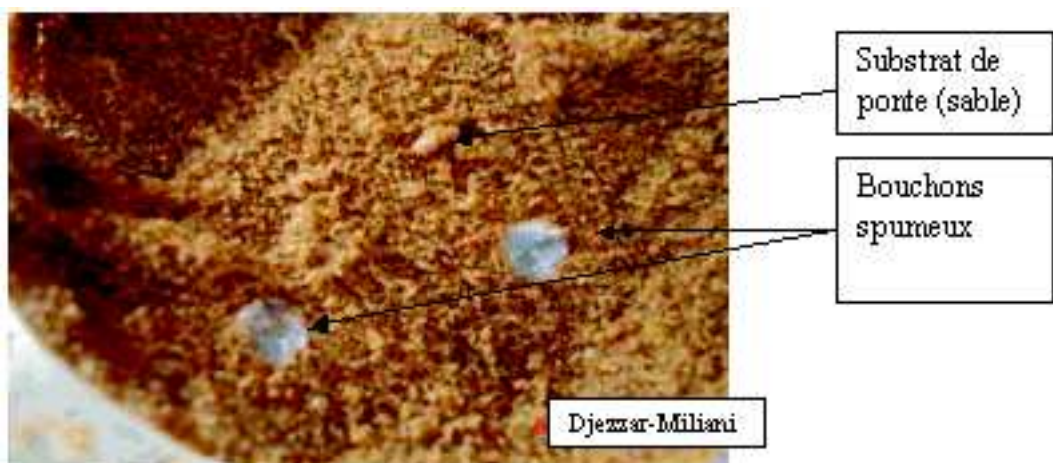


Figure n°2 : Pontes de *Schistocerca gregaria* (Forsk.)



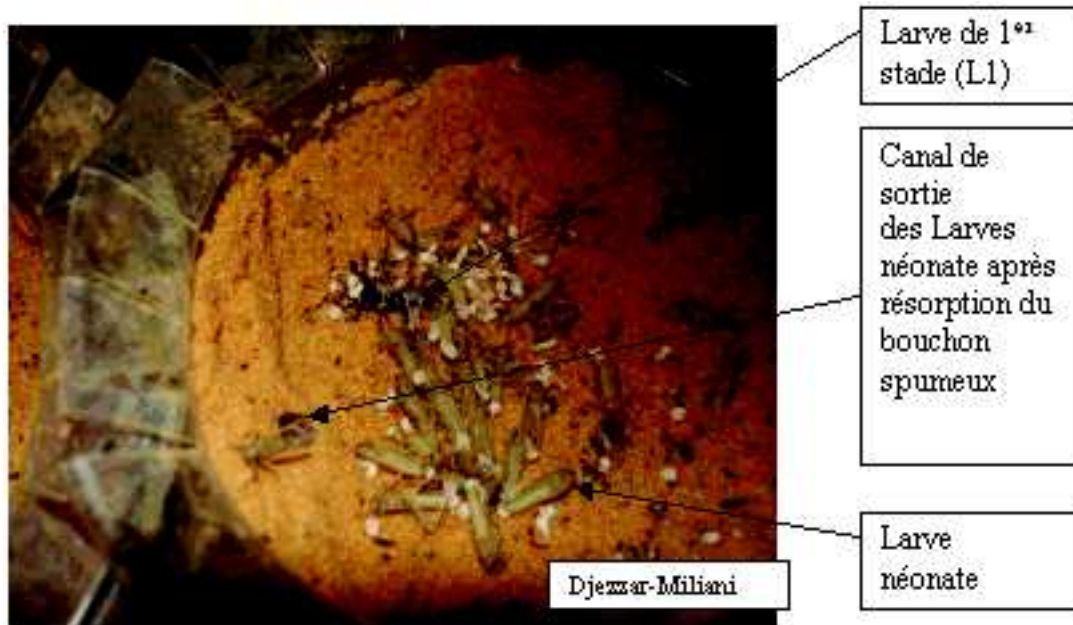


Figure n°3 : Sortie des larves néonate de *Schistocerca gregaria* (Forsk.)

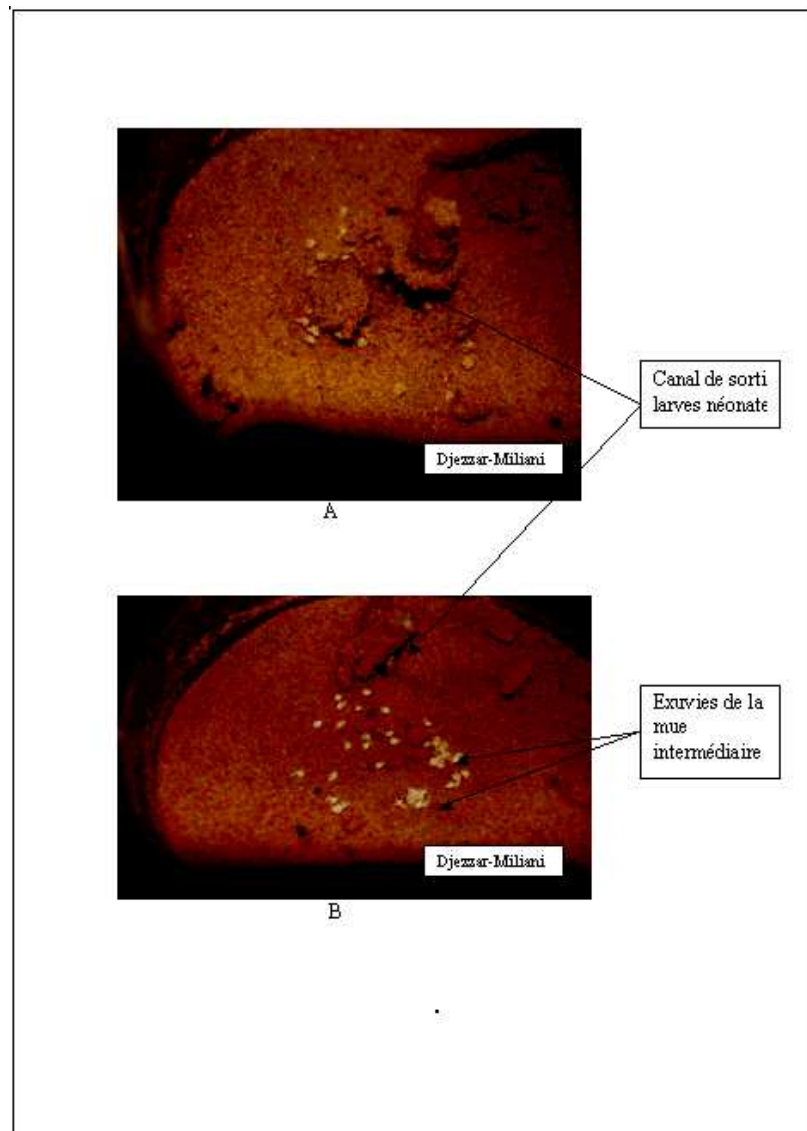


Figure n° 4 : (A et B) Exuvie de la mue intermédiaire et canal de sortie des Larves néonate de *Schistocerca gregaria* (Forsk.)

Cette durée larvaire dépend de la photopériode (LeB erre, 1956 et Zitouni ,1979 in Ghidaoui, 1990).

Elle est aussi influencée par la nature du substrat alimentaire (Tira, 1975).

En condition contrôlées de laboratoire, la durée du développement larvaire est en fonction de la température maintenue à l'intérieur des cages (Parker, 1930 et Dudley, 1961 in Ghidaoui, 1990).

## I-2-3Etat imaginal

Le développement imaginal commence avec la mue imaginale et donnera des imagos immatures. Le terme imago correspond à l'insecte ailé, le terme adulte est réservé à l'imago

en période de maturité sexuelle (Duranton et al. ,1982 ; Duranton et Lecoq, 1990 ; De Gregorio, 1996).

Ces imagos ayant des téguments mous passent par une phase de durcissement cuticulaire qui s'achève après une période de 5 à 10 jours selon la température ambiante (Duranton et al., 1982 ; Duranton et Lecoq, 1990).

Après durcissement cuticulaire, l'insecte se consacre à la recherche d'un biotope favorable à son alimentation afin de constituer et d'accumuler des réserves de corps gras. Mis à part la possibilité d'une quiescence imaginale qui lui permet de lutter contre l'aridité, le criquet utilise les réserves accumulées pour effectuer des déplacements de longues distances qui lui permettent d'atteindre des biotopes favorables à la reproduction (Duranton et Lecoq ., 1990).

## I-2-4 Maturation sexuelle

---

Cette maturation sexuelle selon Duranton et Lecoq, (1990) est en fonction des conditions externes, parmi lesquelles l'alimentation joue un rôle important puisque les réserves nutritives servent aussi au développement de l'ovogenèse et de la spermatogenèse d'où atteinte de la maturité sexuelle (Papillon-Tchelebi ,1962 ; Launois-Luong ,1975 et Launois-Luong et Lecoq,1993 ).

Selon Albrecht (1967), l'accélération du processus de maturation de cette espèce est provoquée par une certaine teneur en substances aromatiques de certaines plantes.

Cette maturation est également accélérée par la présence de mâles matures, par l'excrétion épidermique d'une phéromone sexuelle et, ou par la présence des fèces des mâles matures (Loher, 1960 ; Norris, 1962 ; Cassier et Delorme, 1976). Suite à cette maturation sexuelle qui est traduite par des parades sexuelles, consistant en une stridulation que les mâles font entendre en présence des femelles, une poursuite, des battements d'ailes au sol et des vols spéciaux, les premiers accouplements vont se poursuivre pendant toute la période reproductive (Duranton et Lecoq, 1990).

L'accouplement prolongé selon De Gregorio (1996), correspond souvent à l'échange de plusieurs spermatophores, la femelle se livre à des activités multiples tels que l'alimentation , la marche et le vol limité.

## I-3 Polymorphisme phasaire

Le polymorphisme phasaire désigne la faculté qu'ont les acridiens d'une même espèce de criquet à présenter des formes variées et réversibles (Albrecht, 1967).

### I-3-1 Description

---

Le phénomène de phase a été constaté et décrit pour la première fois par Uvarov(1929).

Entre les deux phases extrêmes solitaires et grégaires, complètement différentes sur le plan morphologique, physiologique, comportemental et écologique, il existe deux états intermédiaires appelés *transiens* (Figure n° 5). Les criquets sont *transiens congregans*

quand ils évoluent vers la phase grégaire et *transiens dissocians* lorsqu'ils évoluent vers la phase solitaire (Zolotarevsky, 1946).

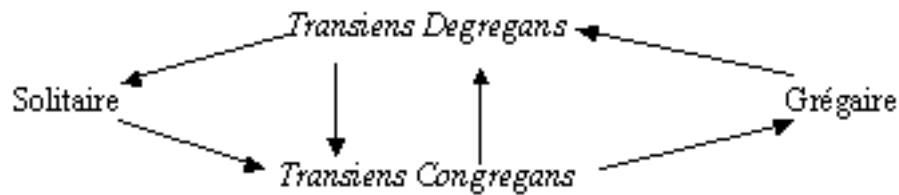


Figure n° 5 : Schéma du phénomène de la grégarisation Doumandji et Doumandji-Mitiche , 1994).

Le passage de la phase solitaire à la phase grégaire demande en générale plusieurs générations successives (quatre ans minimum) au cours desquelles les conditions favorisant la transformation phasaire se maintiennent. Le passage de la phase grégaire à la phase solitaire est beaucoup plus rapide et s'effectue souvent en l'espace d'une ou de deux générations (Duranton et Lecoq, 1990).

### I-3-2 Facteurs influençant les deux phases

---

Le principal facteur déclenchant l'un ou l'autre des deux pôles phasaires est la densité (Duranton et al, 1982 ; Fescemyer ,1993).

D'après Girardie, (1991) les effets de groupe et les facteurs abiotiques seraient les causes primaires du polymorphisme phasaire des criquets grégarisables.

Parmi les facteurs abiotiques qui influencent le comportement, la couleur, et la morphologie des imagos et des adultes nous avons l'humidité, la température et la photopériode (Rowell and Cannis, 1971 ; Gillett, 1978).

Des individus grégaires ou solitaires peuvent être obtenus à partir d'une même ponte si les larves néonates sont élevées en groupe ou isolement (Duranton et al. ,(1982).

## I-4 Aire de répartition

La sauterelle pèlerine présente une aire de répartition de 29 millions de km<sup>2</sup> environ, touchant 57 pays (Anonyme, 1988).

Selon Mahdjoub (1988), trois principales régions à travers l'aire d'habitat du criquet pèlerin sont connues comme étant les plus favorables à la multiplication intensive des populations solitaires du Criquet pèlerin. Dans ces régions, les pluies interviennent soit en saison estivale (pluie de mousson) soit en hiver et au printemps. Il s'agit de :

- **la région occidentale** : zones frontalières Algéro-Nigéro-Maliennes et le centre, le Sud-Est et le Centre Ouest de Mauritanie.
- **la région centrale** : zone côtières de la mer rouge et du Golf d'Aden.
- **la région orientale** : zones frontalières Indopakistanaïses.

En Algérie les manifestations acridiennes d'ailes et de larves solitaires se situent au niveau des zones d'épandages d'oueds quand la végétation est verte. Ces zones constituent l'aire d'habitat permanent ou l'aire de distribution normale de l'espèce (Sitouh, 1967).

Guendouz-Benrima (2005), signale que l'aire de rémission du Criquet pèlerin couvre pratiquement tout le Sahara algérien ; une activité acridienne est maintenue toute l'année par une persistance diffuse des populations de solitaires.

## I-5 Importance des dégâts

Compte tenu de ces potentialités bioécologiques c'est sous forme grégaire que le criquet pèlerin constitue un danger pour l'agriculture et par conséquent pour l'économie des pays concernés (Duranton et al., 1987 ; Nurein, 1989 ; Showler, 2002).

Selon Duranton et al., (1982) chaque criquet peut consommer quotidiennement l'équivalent de 30 à 70 % de son poids (2gr) en aliment frais et pourrait atteindre 100% en phase grégaire.

Un essaim moyen qui couvre environ 10 km<sup>2</sup> dévore 1000 tonnes de végétation fraîche par jour (Copr, 1982 in Huis, 1993 ; Krall et Herok, 1997).

Les dégâts causés par *Schistocerca gregaria* sur l'agriculture d'un pays donné peuvent se répercuter sur son économie (Haskell, 1982).

L'historique du problème acridien établi par Guendouz-Benrima, (2005) a révélé effectivement que depuis l'an 125 avant Jesus Christ, que les ravages causés lors de l'invasion de la Cyrénaïque et de la Numidie ont entraîné mortalité des animaux sauvages, du bétail et des populations.

- en 971, 987, 1220, 1227, 1279 après J.C., les invasions dans le Maghreb étaient accompagnées souvent de disette.
- en 1724 et 1725 : dévastation du Maroc et du Sud d'Algérie.
- en 1784 : invasion de l'Algérie.
- en 1848 : invasion sur la province d'Oran et d'Alger.
- en 1916 : la collectivité internationale se préoccupe des graves problèmes posés par les acridiens dans le monde et prend l'initiative de convoquer une vaste conférence rassemblant tous les pays soumis aux ravages des insectes migrants. Du fait de la guerre, cette réunion ne se tiendra qu'en 1921.
- le 25 septembre 1919, une loi instituant des syndicats obligatoires pour la défense contre les sauterelles en Algérie est adoptée.
- en 1944 : la Libye a enregistré une destruction de 7 Millions de pieds de vigne due au fléau Acridien.
- en 1954, dans la vallée du Sous au Maroc les Orangeries furent rongées jusqu'à l'écorce en 10 minutes et les pertes ont été estimées à trois Milliards de Franc.
- en 1957 : 16000 tonnes de Mil ont été ravagés au Sénégal.
- en 1958 : 167000 tonnes de céréales ont été détruites en Ethiopie.
- en 1987-1988 : la dernière invasion qui a déferlé l'Afrique après vingt ans de rémission a coûté près de 300 millions de Dollars.
- en 1993-1994 : l'Algérie a mobilisé une enveloppe financière importante de 1197.192.000 de Dinars.

- en 2004 : la FAO estimait, qu'il fallait près de 17 Millions de Dollars pour traiter les aires de reproduction du criquet au Sahel et en Afrique de l'ouest.

## **I-6 Comportement alimentaire**

La nourriture est un facteur écologique important qui peut influencer certains paramètres telles que la fécondité, la longévité, et la vitesse de développement des populations ; ainsi que leurs taux de mortalité (Dajoz, 1985).

### **I-6-1 Rapport plantes -acridiens**

---

Les acridiens sont essentiellement et exclusivement végétariens ou phytophages (Chopard, 1938 ; Grasse, 1949 ; Bonnemaison, 1961 ; Appert et Deuse, 1982 ; Duranton et *al.*1982).

Le Criquet pèlerin selon Roffey (1965 in Ouchene, 1995), se nourrit d'une grande variété de plantes depuis les petites herbes et graminées jusqu'aux grand arbres.

Des études faites sur le terrain par ces mêmes auteurs ont montré que la prise de nourriture peut avoir lieu à n'importe quel moment du jour et de la nuit.

Chez le Criquet, selon Wei et *al.*, (2000) ; Browneet Raubenheimer, (2003),les repas durent quelque minutes en continu séparés par des intervalles de repos d'une heure et plus.

S'il n'est pas perturbé, le criquet mange jusqu'à ce que son jabot soit plein, ce qui représente environ 15% du poids du corps (Duranton et *al.* , 1982).

D'ailleurs selon Kara, (1997) si les milieux d'habitations et de reproductions ne présentent pas les conditions trophiques favorables au développement des individus de *Schistocerca gregaria*, des déplacements sur de longues distances sont effectués pour la recherche d'une alimentation riche répondant à leurs besoins physiologiques. De ce fait un acridien ne peut s'installer dans un biotope donné que si celui-ci lui offre la possibilité de s'alimenter pour se maintenir et se reproduire (Chara et *al.*, 1986 ; Legall, 1989).

Les plantes préférées sont généralement celles qui permettent le meilleur développement et la meilleure reproduction (Launois-Luong, 1975 ; Benhalima et *al.*, 1984).

Selon Duranton et *al.* (1982) , les acridiens présentent en majorité de grandes tolérances alimentaires ; puisque le caractère catastrophique des dégâts occasionnés, par des bandes larvaires et les essaims du Criquet pèlerin, sur cultures et pâturages pourrait faire croire selon Ghaout (1990), que ces insectes n'ont pas d'exigences particulières ,et qu'ils sont capables de se nourrir de tous les végétaux verts rencontrés. Cependant selon ce même auteur, des travaux ont permis de mettre en évidence des préférences marquées pour certaines plantes.

Chez les acridiens trois types de spécialisations alimentaires sont décrits par Gillon, (1989) :

- la monophagie : c'est la consommation d'une ou de plusieurs espèces végétales appartenant au même genre,
- l'oligophagie : c'est la consommation de deux ou plusieurs genres de la même famille,
- la polyphagie : c'est la consommation d'au moins deux espèces appartenant à deux familles végétales.



D'après Legall (1989) et Duranton et *al.* (1982), le choix et le repérage de la source alimentaire se fait sur des critères visuels, olfactifs ou gustatifs et même tactiles.

Concernant les larves, Steedman (1988) signale, qu'elles se nourrissent de plusieurs sortes de plantes mais elles se montrent sélectives lorsqu'un choix se présente à elles.

Le choix de la nourriture chez les criquets est conditionné par plusieurs facteurs entre autres : l'abondance de la plante hôte, la teneur en eau de la plante et l'état d'hydratation de l'insecte. Le manque d'eau peut induire une infidélité plus ou moins passagère au régime alimentaire habituel (Legall, 1989).

Louveaux et *al.* (1983), estime que la valeur énergétique globale est également un élément d'appréciation de la qualité de l'aliment.

La couleur et la forme du végétal peuvent influencer le comportement de la prise de nourriture (Bernays et Chapman, 1970).

Le comportement alimentaire des acridiens selon Duranton et *al.* (1982), peut être décrit en considérant 3 séquences bien distinctes dans le temps ; la quête alimentaire, le choix des aliments et la prise de nourriture suivie d'ingestion.

Dans ce sens Blaney et Simmonds (1985), notent que la prise de nourriture est précédée d'une séquence comportementale de reconnaissance ; généralement le criquet explore la surface de la feuille avec ses palpes avant de la mordre.

Selon Duranton et *al.*, (1982) 12500 sensilles consacrées au goût et à l'odorat existent chez *S.gregaria*.

La température et l'humidité relative figurent également parmi les facteurs qui influencent la prise de nourriture (Ghaout, 1990).

Haskell et *al.* (1962) cité par Legall (1989), ont montré l'attraction de *S.gregaria* par diverses odeurs émises par les aliments.

Certains facteurs intrinsèques interviennent dans la prise de nourriture tels que la réplétion du jabot et le besoin de l'organisme en métabolites (Sinoir, 1969).

Signalé par Kayed (1983), en phase de croissance, les mâles cherchent dans les plantes certains nutriments comme les sucres, les lipides et les protéines.

Dans le cas des plantes appétantes les insectes ajustent leur prise de nourriture en assurant un équilibre entre les protéines et les hydrates de carbone. Lorsque une plante est d'une faible valeur nutritive et ne contient pas de substances toxiques, les insectes augmentent leurs prises de nourritures, pour compenser les déficiences de celles-ci en éléments nutritifs (Behmer et *al.*, 2001).

Selon Legall (1989), beaucoup d'orthoptères ont besoin d'une alimentation riche en caroténoïdes afin de réaliser la coloration de leurs téguments.

Le Criquet pèlerin malgré sa polyphagie présente une prédilection marquée pour les crucifères, les graminées, les légumineuses ainsi que les jeunes pousses de l'olivier (Regnier, 1931).

Dans cette même vision Rao, (1960), a constaté que *Tribulus terrester* (L) accélère la maturité du Criquet pèlerin et que la durée de développement des jeunes nourris de cette plante est plus rapide que chez ceux nourris de *Zygophyllum simplex* (L), *Sorghum sp* et *Panicum turgidum* (Forskål).

Selon Blaney et Simmonds (1985), lorsque les criquets ne reçoivent pas assez d'informations par le biais de la palpation et de chimiorécepteurs tarsaux, ils procèdent à des morsures qui peuvent déboucher sur le rejet ou l'acceptation du végétal. Cette sélection de la nourriture est commandée, d'après ces mêmes auteurs, par un système de récepteurs chimiques situés sur l'extrémité des palpes et à l'intérieur de la cavité buccale des acridiens.

L'ingestion de nourriture est régie chez le genre *Schistocerca* par un équilibre des produits chimiques phagostimulants et dissuasifs des plantes (Chapman et Joern, 1990).

Selon Whittaker et Feery (1971) in Thierry et Masson (1990), les plantes émettent des composés allélochimiques. La reconnaissance chimique de ces dernières par les acridiens se fait par les organes sensoriels situés sur les antennes, les pièces buccales et les tarsi (Sinoir, 1969), (Abushama, 1968 et Schoonhoven, 1969 in Legall, 1989).

Chez les acridoides, les plantes sont souvent rejetées après palpation. Ce comportement est commun à différentes espèces telles que *Schistocerca gregaria* (Chapman et Joern, 1990 ; Ghaout, 1990 ; Blaney et Simmonds, 1985 ; Simpson et al., 1988 ; Ould El Hadj et Ould Ahmedou, 1999).

Il existe d'après Nielsen et al., (1977) des substances inhibitrices comme la cucurbitacine chez *Citrillus colocynthis* qui est à l'origine de la faible consommation chez les larves par rapport à d'autres aliments comme le blé.

De même Idrissi Hassani et al. (1998) et Idrissi Hassani (2000), signalent le retard de développement enregistré chez les larves de criquet pèlerin élevées sur *Glinus lotoides* du principalement à l'abstinence de consommation qui résulte de l'effet répulsif de la plante. Un résultat similaire a été noté chez les larves de *S. gregaria* alimentées sur *Peganum harmala* (L).

Cette abstinence due à l'effet répulsif, met en évidence l'importance de la balance des substances allélochimiques inhibitrices et les substances phagostimulantes (Simone et Joern, 1994). d'ailleurs Chopard (1938), a signalé que *Schistocerca gregaria* laissait sur son passage les plants de tomate et surtout de *Melia* intacts.

Ghaout, (1990) a montré que le Criquet pèlerin a des préférences, et a confirmé son refus de consommer *Calotropis procera* (Aiton) et *Azadirachta indica* (Juss).

## **I-6-2 Rapport pesticides – alimentation**

---

Certains insecticides peuvent ne pas avoir un effet toxique aussi rapide et néanmoins avoir un effet négatif sur le comportement des criquets (Anonyme, 2004a).

Selon ce même auteur, l'application des pyréthrinoïdes synthétiques et l'effet toxique du fipronil par contact et par ingestion induisent l'arrêt de l'alimentation même si la mort intervient plus tard dans la journée qui suit le traitement.

Selon Dobson (2001), les produits semi chimiques provoquent un ralentissement de l'alimentation et de la mobilité, une prédation et un cannibalisme accrus et une plus grande sensibilité aux insecticides et aux pathogènes.

Les composés plus lents comme les myco insecticides ; cas du genre *Metarhizium* qui induit une baisse de l'activité alimentaire et une réduction des capacités déambulatoires provoquent la mort une semaine ou plus après leur applications (Greathead et al., 1994 ; Anonyme, 2004a). Quant au *Bacillus sp*, les toxines bactériennes s'attaquent à la paroi interne de l'intestin et causent la paralysie musculaire du tube digestif et des pièces



buccales. L'insecte s'arrête de se nourrir ; il arrive qu'il régurgite les aliments et qu'il ait une diarrhée.

## **I-7 Lutte antiacridienne**

Elle a pour objectif d'enrayer les départs d'invasions, de réduire l'ampleur des pullulations et d'empêcher leurs apparitions (Duranton et *al.*, 1987).

### **I-7-1 Lutte préventive**

---

Elle vise à empêcher la formation d'un départ d'invasion par la surveillance des aires grégarigènes et des conditions météorologiques (Launois-Luong et Lecoq, 1993).

Les traitements des foyers de grégarisation visent à empêcher l'enclenchement d'un processus de grégarisation (Rachadi, 1990). Ces traitements peuvent être physiques, écologiques, chimiques ou biologiques. Ils sont faits dans le but de provoquer une dispersion des populations grégariaptées (Chopard, 1943 ; Calvet, 1980 ; Duranton et *al.*, 1987 ; Launois-Luong et *al.*, 1988 ; Halidou, 1996 ; Anonyme, 1971 in Halouane, 1997 ; Dobson, 2001).

### **I-7-2 Lutte curative**

---

Elle ne se pratique qu'en période d'invasion et repose sur une utilisation exclusive de produits acridicides. L'application des pesticides implique au préalable la délimitation de l'espace où évoluent ces populations acridiennes par l'utilisation de la prospection antiacridienne (Moumèn, 1995 ; Moumèn, 2002).

### **I-7-3 Principaux moyens de lutte**

---

Deux principaux moyens sont actuellement utilisés dans la lutte antiacridienne : chimiques et biologiques.

#### **I-7-3-1- Moyens chimiques**

La lutte chimique est actuellement la seule arme disponible pour juguler les fléaux acridiens de grandes ampleurs qui sont d'ordre locale, nationale ou internationale. Néanmoins elle doit être employée à bon escient et les traitements doivent être réalisés dans le respect des règles de bon usage (Launois-Luong et *al.*, 1988 ; Rachadi., 2005).

Selon Simone et Joern (1994), la lutte consiste à atteindre les acridiens ravageurs, directement ou indirectement (par la végétation) aux moyens de substances actives, naturelles ou de synthèse.

Les produits chimiques utilisés en lutte antiacridienne sont généralement destinés à tuer les criquets soit immédiatement soit après un délai plus ou moins long ; ils sont généralement neurotoxiques (Dobson, 2001).

En prenant les considérations citées, la lutte chimique s'avère néfaste pour l'environnement, l'entomofaune auxiliaire et le développement de résistance chez les

criquets en vers les acridicides, sans oublier la pollution du sol et des eaux due aux résidus toxiques des produits chimiques (Duranton et al., 1987).

Des écosystèmes fragiles des régions désertiques ou semi désertiques ont souvent été largement touchés par des pulvérisations massives de produits toxiques. A partir de la, certains pesticides très efficaces tel que la dieldrine ont été délaissés pour leurs risques de toxicité envers l'environnement et la santé humaine ; d'autres matières de remplacement ont été proposées.

Actuellement la recherche de méthodes de lutte moins préjudiciables à l'environnement comme la lutte biologique par l'utilisation des myco pesticides est encouragée (Luong-Skormand et al., 1999) .

### **I-7-3-2 Moyens biologiques**

La lutte biologique est l'utilisation d'ennemis naturels, appartenant soit au règne végétal, soit au règne animal, pour détruire les insectes nuisibles (Calvet, 1980).

Selon Greathed et al., (1994), les acridiens sont la proie d'un grand nombre d'ennemis naturels vertèbres et invertébrés : prédateur, parasitoïdes, agents pathogènes (champignon, bactérie, protozoaire et virus).

#### **I-7-3-2-1 Prédateurs et parasitoïdes**

Divers prédateurs et parasitoïdes s'attaquent aux acridiens. Selon Greathed et al. (1994), les oothèques d'acridiens constituent une source de nourriture pour de nombreux insectes dont les larves prédatrices se développent dans le sol. Chopard (1943), a relevé que les oothèques du Criquet pèlerin sont parasitées par de nombreux insectes, notamment les diptères. Quelques autres ennemis naturels s'attaquent également aux adultes.

Seuls les diptères, peuvent jouer un certain rôle durant les années d'invasion (Chopard, 1943 ; Keith et Kevan, 1992).

#### **I-7-3-2-2 Les Champignons entomopathogènes**

Parmi les microorganismes qui infectent les populations acridiennes, les champignons entomopathogènes sont les plus importants. Ceux du genre *Metarhizium* et *Beauveria* peuvent pénétrer directement la cuticule du criquet, contrairement aux virus et aux protozoaires qui doivent attendre d'être ingérés par l'insecte pour agir par la suite (Prior, 1933).

Ces champignons sont cultivés sur milieux artificiels, sans qu'il soit nécessaire de recourir à des hôtes biologiques (Greaded et al., 1994).

## **I-8 Données bibliographiques sur l'entomopathogène *Metarhizium anisopliæ* (Metch)**

Le genre *Metarhizium* est un champignon microscopique qui infecte une large gamme d'insecte (Launois-Luong, 1998).

Ce champignon s'est co-développé en association avec les insectes, mais il a été identifié pour la première fois par Metschnikoff sur la paille de céréale sous le nom de

*Anisoplia austriaca* et nomme *Entomophtora anisopliae*. En 1879 Sorokin a donné le nom de champignon à la muscardine verte du genre *Metarhizium* qui est connu sous le nom de *Metarhizium anisopliae* (Metch) (Zimmermann, 1993).

### I-8-1 Position systématique du *Metarhizium. Anisopliae* (Metch)

Le genre *Metarhizium* fait partie des Hyphomycetes, *Deuteromycotina* qui appartiennent au groupe *imperfecti* ; groupe très étendu et très hétérogène (Tableau n° 1) (Paillot ,1933).

Tableau n°1 : Aperçu taxonomique des principaux champignons Acridopathogènes

Sous Division	Ordres	Familles	Genres
<i>Mastigomycotina</i>			
<i>Zygomycotina</i>	Endoggonales Entomophtorales	Basidiiales Zoopagales	<i>Entomophtora</i> <i>Zoopagaeae</i>
<i>Ascomycotina</i>	Arthoniales Caliciales Clavicipitales Helotiales Graphidales ; Hypocreales Laboulbeniales ; Peltigerales Pezizales ; Pyrenulales Sphaeriales	Dothideales Lecanorales Opegraphales ;	<i>Clavicipitaceae</i> <i>Ophiocordyceps</i> <i>Hypomycetaceae</i>
<i>Basidiomycotina</i>			
<i>Deuteromycotina</i>	Phialidales Moniliales	<i>Verticilliales</i> <i>Perisporiales</i>	<i>Beauveria</i> <i>Metarhizium</i> <i>Aspergillus</i>

(Greathed et al ., 1994)

### I-8-2 Identification

L'espèce la plus souvent mentionnée dans la littérature est *Metarhizium anisopliae*. Cependant, les descriptions de *M. anisopliae* infectant les criquets la rapprochent plutôt de *M. flavoviride* ; espèce très virulente pour la plupart des acridiens (Greathed et al., 1994).

Selon ces mêmes auteurs la couleur des spores est une première identification sur l'identité du champignon. Sur agar elle dépend des ingrédients du milieu mais généralement elles sont vertes chez le genre *Metarhizium*.

La forme des spores intervient aussi dans la détermination. Les conidiophores du *Metarhizium anisopliae* sont relativement courts, irrégulièrement ramifiés ou non et arrangés en groupes compacts formant une masse de spores (Figure n°6 et7).

### I-8-3 Pathogénicité

Le *Metarhizium anisopliae* (Metch), provoque la maladie de « Muscardine verte » qui débute sur l'insecte par le durcissement du corps, avec coloration jaunâtre du tégument (Amouriq ,1973).

L'envahissement de la cavité générale de l'hôte se fait grâce à la germination des spores à travers la cuticule externe ou à travers le tube digestif. Durant cette première étape diverses interactions « pathogène – hôte » agissent au niveau de la cuticule (mécanisme de défense de l'hôte, virulence de la souche). Les conditions abiotiques telles que l'hygrométrie,

la température, la lumière, interfèrent en décidant ou non de la pénétration du pathogène (Fargues et Goettel, 1996 in Luong- Skormand et *al.*, 1999).

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 (Luong-Skormand et *al.*, 1999).

Tous les stades de développement de l'insecte, depuis l'œuf jusqu'à l'adulte sont généralement sensibles à l'infection fongique. Au bout d'un certain temps le champignon fructifie et le cadavre devient vert, ensuite l'animal est plus ou moins transformé en matière pulvérulente gris vert, qui se dissémine peu à peu dans le sol ( Amouriq, 1973 ; Ferrons et *al.*, 1991 ; Zimmermann, 1993).

Rowley (1994), mentionne que le genre *Metarhizium* s'est imposé comme étant la maladie idéale des criquets spécifique à son hôte et inoffensive pour les vertébrés.

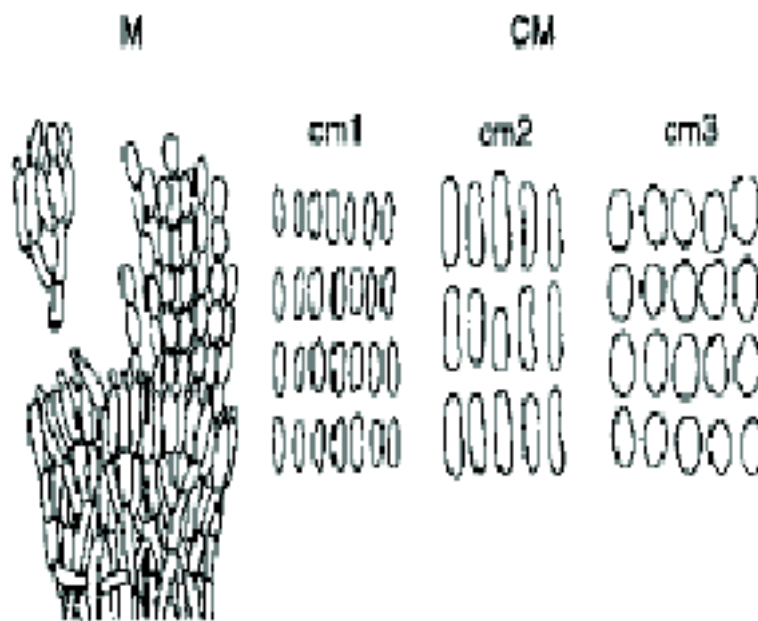


Figure n°6 : Conidiophore et conidie de *Metarhizium*

Samson, (1981) modifié par Greathead et al ., (1994)

**M** : *Metarhizium anisoplia*

**CM** : Conidies de *Metarhizium*

**CM1** : *M. anisoplia* var. *anisopliae*

**CM2** : *M. anisoplia* var. *majus*

**CM3** : *M. flavoviride*

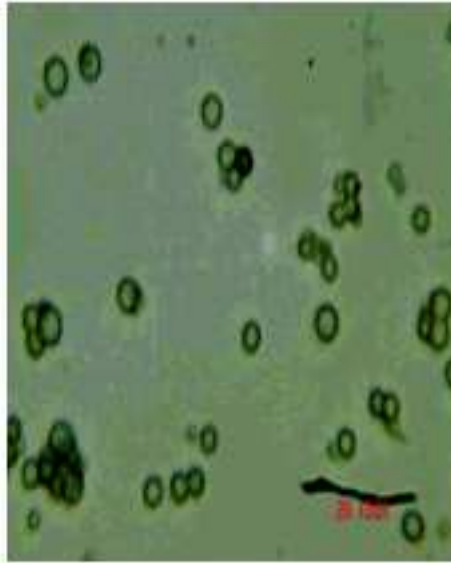


Figure n°7 : Conidies de *Metarhizium anisopliae* (Metch), (G : 10\*40)  
(Photo originale)

#### I-8-4 Formulation

---

En octobre 1988 dans une station près de Niamey Lecoq , Launois-Luong et Van Derweel ont été surpris par la quantité exceptionnelle de cadavres d'*Ornithacris carroisi* découverts au sol et sur la végétation herbacée . Quatre champignons, deux bactéries et une levure furent isolés . Parmi ces champignons une souche de *Metarhizium flavoviride* fut enregistrée sous le numéro IMI 33 0189 à l'institut international de mycologie (Greathed et al., 1994).

Ces mêmes auteurs notent qu'en Australie ce champignon *Metarhizium sp.* est utilisé en lutte biologique contre diverses espèces de criquet.

Selon Zimmermann (1993) ; Morley Davies et al.(1994), dans de nombreux pays d'Amérique du sud et d'Asie de l'est, le *Metarhizium anisopliae* est produit dans du riz ou des céréales, dans des sacs en plastique ou en bouteille. Il est aussi produit en condition in vitro, c'est-à-dire dans un milieu non vivant grâce à un processus de fermentation qui représente le moyen le plus économique pour produire d'importantes quantités de spores (Dobson , 2001).

Selon Prior(1993), comparées à celles mélangées à l'eau , les spores de ce champignon entomopathogène se révèlent beaucoup plus efficaces contre les criquets lorsqu'elles sont mélangées à l'huile et sont efficaces même à basse hygrométrie ,conditions typique de l'habitat des locustes (Zimmermann, 1993 ; Milner, 2000).

L'utilisation du *Metarhizium anisopliae* est entrée dans la phase de concrétisation. Il est actuellement commercialisé sous le nom de *Green Muscle* (Bateman, 1997).

#### I-8-5 Application

---

Les premiers essais portant sur un myco pesticide à base de *Metarhizium anisopliae* var : *acidum* (isolat IMI 330189) ont été décrit par Price et al. (1999).

Ces mêmes auteurs ont noté que des essais sur le terrain ont été effectués au Niger, au Bénin et au Mali à la dose de  $5.10^{12}$  spores /hectare, la mortalité s'élevait à 80% voir 95% après 10 à 15 jours.

Des résultats satisfaisants en 2005 lors des essais de *Green Muscle* effectués en Algérie dans la Wilaya d'El-Oued, sur des nymphes de Criquet pèlerin, montrant 80% de mortalité au bout du 7<sup>e</sup> et 8<sup>e</sup> jours (Kooyman et al., 2005).

D'après le tableau n°2 une inquiétude est exprimée concernant la vitesse d'action du *Metarhizium sp.*, par rapport au autres insecticides (Dobson, 2001).

Toujours d'après les données du tableau n° 2 le *Green Muscle* à base de *Metarhizium anisopliae* (IMI330189) est utilisé à raison de 100 gr /ha pour les larves et les adultes. La durée de vie pour les spores sèches maintenues à basse température est de 4 ans. Ces spores peuvent ensuite être formulées juste avant utilisation (Anonyme, 2004 a).

## I-9 Etude d'impact

### I-9-1 Sur les acridiens

---

Contrairement à tous les autres pesticides biologiques potentiels, le *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* a une bonne action par contact. Seulement, il se trouve que celle-ci est lente par rapport aux autres insecticides (Dobson, 2001). Il lui faut une semaine ou plus pour provoquer la mort des criquets (Anonyme, 2004b).

Selon Greathed et al. (1994), l'effet recherché est d'empêcher que la transformation phasaire ne se produise dans les foyers de grégarisation.

Les spores de ce champignon pénètrent la cuticule des jeunes individus où peuvent être ingérées directement.

Selon Sieglaff et al. (1998), des études au laboratoire et d'autres au niveau des champs ont montré que le *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* agit en 10 jours après traitement. Tous les stades du criquet sont sensibles au champignon. En plein champ la mortalité de *Schistocerca gregaria* a atteint 100% en 22 jours après le traitement.

Des bio essais en laboratoire sur le criquet nomade ont provoqué une mortalité de 90% à 93% au bout de 6 à 9 jours sur des larves de 3<sup>e</sup> stade (Jenkins et Thomas, 1996).

Greathed et al., (1994) ont démontré qu'une dose de  $3.75.10^4$ /gr de poids vif produit une mortalité de 100% au bout de 4 à 7 jours selon l'espèce acridienne.

Suite au traitement, 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 (Luong-Skormand et al., 1999).

Selon Arthur et Thomas (2000 ; 2001) les traitements à base de *Metarhizium anisopliae* peuvent réduire l'alimentation chez de nombreuses espèces cibles infectées par le champignon et augmenter la susceptibilité de la population acridienne à la prédation.

Barbouche et al. (2001), ont observé une stérilité chez les adultes et un blocage de l'ovogenèse chez les femelles.

Anonyme (2004b), recommande fortement que des recherches supplémentaires soient effectuées sur les possibles effets secondaires.

Insecticide	Dose(g ma/ha)				Vitesse d'action à la dose vérifiée	Mode d'action Primaire		Mécanisme
	Traitement en couverture totale		Traitement en barrières (larves)			Contact direct	Ingestion	
	Larves	Adultes	Superficie traitée dans barrières	Superficie protégée				
<b>Bendiocarb</b>	100	100			R	+		Inhibition AChE
<b>Chlorpyrifos</b>	225	225			M	+		Inhibition AChE
<b>Deltaméthrine</b>	12.5	12.5			R	+		Blocage du canal de Na Inhibition de chitine
<b>Diflubenzuron</b>	60	n/a	100	5	L		+	Inhibition AChE
<b>Fenitrothion</b>	450	450			M	+		Blocage du récepteur de GABA
<b>Fipronil</b>	5	5	12.5	0.63	M	+	+	Blocage du canal de Na Inhibition AChE
<b>Lambda_cyhalothrine</b>	20	20			R	+		<b>Mycose</b>
<b>Malathion</b>	925	925			M	+		
<b>Metarhizium sp (IMI 330 169)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>			<b>L</b>	+		Inhibition de chitine
<b>Teflubenzuron</b>	30	n/a	Non déterminé		L		+	Inhibition de chitine
<b>triflumuron</b>	25	n/a	75		L		+	

Tableau n°2 : Doses, vitesse et mode d'action de différents insecticides

(Anonyme, 1998a)

R:Rapide (1-2 heures), M:Moyenne (3-48 heures), L:Lente (Supérieur a 48 heures)

## I-9-2 Sur l'environnement

En période de rémission ou en période d'invasion, l'environnement des populations de *Schistocerca gregaria* peut être constitué par différents types d'écosystèmes.

Pendant les campagnes de lutte (préventive ou curative) le *Metarhizium anisopliae*, dont l'activité et l'efficacité sont tributaires de sa capacité pathogénique, de la réceptivité de l'hôte et des conditions du milieu, peut conférer à ces écosystèmes un comportement analogue ou différent qu'avec les pesticides chimiques.

### I-9-2-1 Description générale

Ces microorganismes ont l'avantage, par rapport à la plupart des substances chimiques, d'être généralement spécifiques aux acridiens sans nuire aux autres ennemis naturels. Des essais sur le terrain à grande échelle n'ont montré aucun effet négatif sur les organismes non cibles (Greathed, 1994).

Bien que le genre *Metarhizium* a été utilisé d'une manière opérationnelle en Australie dans les zones écologiquement sensibles et que le profil écotoxicologique actuel, encourage son utilisation (Anonyme, 2004b), les tableaux n° 3 et 4 n'en fournissent aucune donnée dans ce sens.



**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Acrididae cyrtacanthacridinae**

Insecticide	Risques écologiques						Catégorie de toxicité OMS (humains)
	Organismes aquatiques		Vertébrés terrestres		Invertébrés terrestres non ciblés		
	Poissons	Invertébrés	Mammifères	Oiseaux et reptiles	Abeilles	Autres	
Difubenzuron (barrières)	F	(E)	F	F	F <sup>1</sup>	(M)	
Fenitrothion	F <sup>3</sup>	M <sup>3</sup>	F <sup>3</sup>	M <sup>3</sup>	E <sup>1</sup>	M <sup>3</sup>	II
Fipronil (couverture)	F <sup>2</sup>	F <sup>2</sup>	F <sup>1</sup>	F <sup>1</sup>	E <sup>1</sup>	E <sup>8</sup>	U
Fipronil(barrière)	F	F	F	F	(E)	(E)	U
Lambdacyhalothrine	F <sup>2</sup>	E <sup>2</sup>	F <sup>1</sup>	F <sup>1</sup>	M	M <sup>3</sup>	II

*Tableau n°3 : Risque écologique pour les organismes non ciblés à des doses vérifiées d'insecticides dans la lutte contre le criquet pèlerin*

(Anonyme ,1998)

Le risque est classé comme faible (F), moyen (M), élevé(E) ; l'exposant près de la classification décrit le niveau de disponibilité des données. (1) Classification basé sur des données de laboratoire et d'homologation avec des espèces hors de la zone du criquet pèlerin ; (2) classification basée sur des données de laboratoire ou des essais de terrains à petite échelle avec des espèces indigènes provenant de la zone du criquet pèlerin ; (3)classification basée sur des essais de terrains à grande échelle et des données opérationnelles provenant de la zone du criquet pèlerin.

Catégorie OMS : II –modérément dangereux, III – légèrement dangereux, U- risque aigu improbable dans des conditions normales d'utilisation, serait classé 'III' ou 'U' d'après les données de toxicité aigue actuellement disponible.



insecticide	Dose effective	Aires acridiens grande échelle	Données concernant l'environnement		
			Homologation laboratoire	Aires acridiens petite échelle	Aires acridiens grande échelle
Bendiocarb	+	?	+	+	-
Carbosulfan	-	-	+	-	-
Chlorpyrifos	+	+	+	+	+
Cypermethrine+profenofos	-	-	-	-	-
Deltamethrine	+	+	+	+	+
Diflubenzuron	+	+	+	+	+
Esfenvalerate+fenitrothion	-	-	-	-	-
Fenitrothion	+	+	+	+	+
Fipronil	+	-	+	+	-
Lambda-cyhalothrine	+	-	+	+	-
Malathion	+	-	+	+	+
<i>Metarhizium flavoviride</i>	+	-	+	+	-

Tableau n°4 : Disponibilité concernant les insecticides examinés pour utilisation dans la lutte contre le criquet pèlerin (Anonyme, 1997).

Note : + = données disponibles ; - = données disponibles incomplètes

D'après Anonyme (1998a), la faune exposée aux pesticides dans l'habitat du criquet pèlerin est constituée par trois groupes principaux : les organismes aquatiques, les vertèbres terrestres et les arthropodes terrestres non cibles.

La faune aquatique considérée ici, concerne les poissons et les arthropodes (crustacés et insectes). Cependant dans certains cas, d'autres taxa non cibles tels que les amphibiens ou les papillons pourraient susciter une inquiétude particulière et nécessite une évaluation du risque spécifique.

### I-9-2-2 Ecosystème aquatique

Les biotopes de *Schistocerca gregaria* sont toujours liés au réseaux hydrographiques et correspondent à des zones d'épandage d'oueds et des cuvettes endoréiques ou les apports en eau sont plus ou moins importants et les ressources hydriques bien supérieures à la seule pluviosité locale (Duranton et Lecoq, 1990).

Selon ces mêmes auteurs dans certains cas particuliers, dans celui des épandages d'oueds de montagnes, le bassin versant ou sont collectées les eaux de pluie, peut être distant de plus d'une centaine de kilomètres des sites d'épandage qui constituent des biotopes grégariques. Dans d'autres cas les réserves hydriques accumulées sont considérables et restent disponibles durant plusieurs mois ; cas des sols de type « Tamesna »

Les écosystèmes aquatiques naturels peuvent donc être soit sous forme d'oued soit sous forme de plan d'eau.

### **I-9-2-2-1 Peuplement aquatique**

La population aquatique est constituée par les producteurs primaires, les herbivores, les prédateurs, les détritivores et les décomposeurs (Arrignon, 1976).

### **I-9-2-2-2 Contamination des milieux aquatiques**

Le problème de la pollution des eaux est sans doute l'un des aspects les plus inquiétants de la dégradation du milieu naturel. Les contaminants introduits dans les eaux vont exercer leurs actions sur toutes les biocoenoses existantes (Ramade, 1978).

D'après ce même auteur, la pollution organique permet à de nombreuses espèces de germes pathogènes de se multiplier dans des proportions indéterminées.

Les contaminations peuvent se produire soit directement (dérive des brouillards de pulvérisation) soit indirectement par transfert (eaux de ruissellements, oiseaux porteurs de spores (Briggs et Sands ,1992).

### **I-9-2-2-3 Exposition des organismes aquatiques**

Tous les groupes d'organismes aquatiques ne sont pas exposés de la même façon ; cela dépend de leurs caractéristiques anatomiques, physiologiques et écologiques (figure n° 8).

Il existe de très nombreux exemples d'observation d'effets indirects des insecticides dans les milieux aquatiques expérimentaux. Les réponses observées sont relativement comparables, qu'il s'agisse d'une contamination isolée ou d'une série de contaminations successives

( Fig n°8) (Brock et *al.*, 2000 )

La sensibilité de différents groupes d'arthropodes (crustacés, insectes) et de poissons est bien connue et parfois observée dans le milieu naturel (Schulz, 2004 ; Liess, 2005; Schaeffers, 2005). Ces animaux peuvent appartenir à différents groupes trophiques (herbivores, prédateurs, détritivores, etc.). L'impact des insecticides sur ces groupes peut avoir des conséquences importantes en terme de perturbation des relations de compétition ou de prédateurs. Les observations d'effets indirects au niveau fonctionnel sont beaucoup moins nombreuses avec les insecticides qu'avec les herbicides.

La prolifération des producteurs primaires (phytoplancton ou périphyton) (Hagman and Porteous, 1972 ; Hurlbert, 1975 ; Crossland, 1982 ; Yasuno et *al.*, 1982, 1985 ;

Stephenson and Kane, 1984 ; Day et *al.*, 1987 ; Muirhead-Thomson, 1987 ; Mitchell et *al.*, 1993) et une augmentation de l'abondance des rotifères et des mollusques gastéropodes (Hurlbert et *al.*, 1972 ; Papst and Boyer, 1980 ; Kaushik et *al.*,1985, 1986 ; Day et *al.*, 1987 ; Hanazato and Yasuno, 1987 ; Helgen et *al.*, 1988 ; Hanazato et *al.*,1989 ; Hanazato and

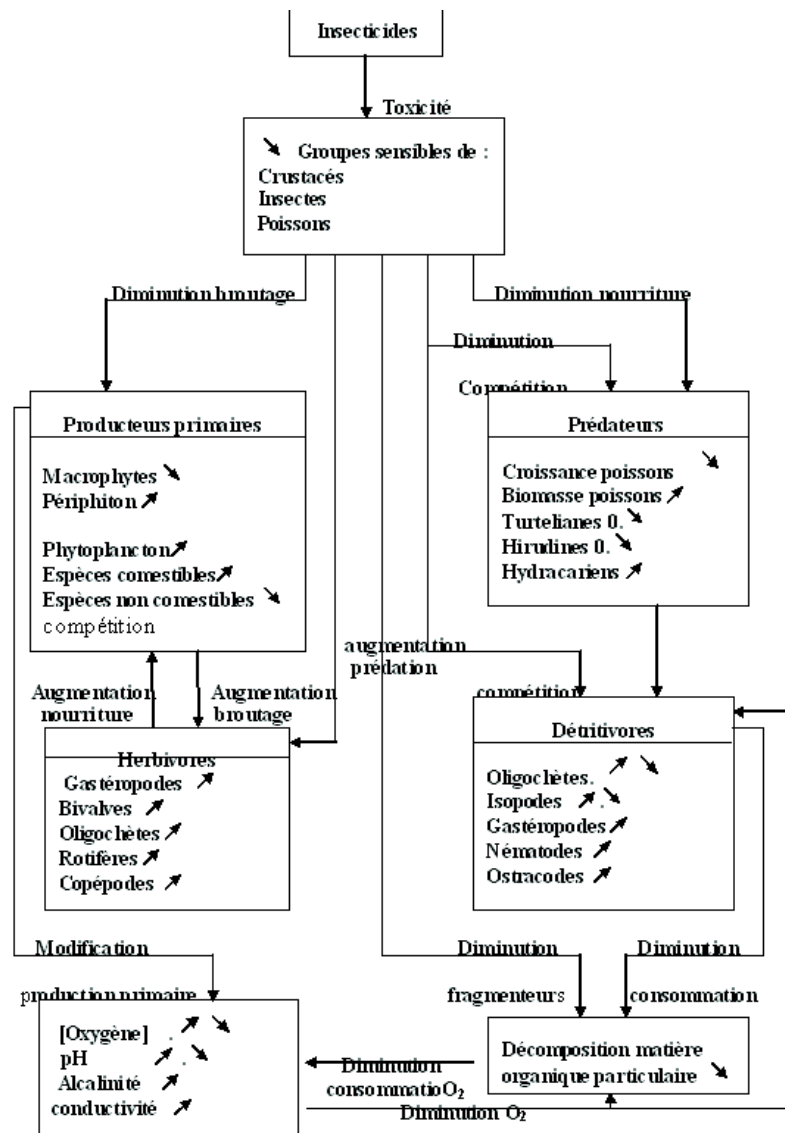


Figure n°8 : Enchaînements possibles des effets d'insecticides au sein des réseaux trophiques aquatiques

(Brock et al., 2000)

Yasuno, 1990) font partie des effets les plus fréquemment observés à la suite de la contamination d'un écosystème lentique par un insecticide. Hanazato, (1998) a publié une revue sur les effets de l'introduction d'insecticides sur les communautés zooplanctoniques dans laquelle il confirme l'existence de modifications des relations de compétition entre espèces du zooplancton en réponse à la contamination. Les effets des insecticides sont fonction de divers paramètres tels que la température, les caractéristiques des molécules, la structure de la communauté et la période d'étude.

Suivant le tableau n°5 le genre *Metarhizium* n'a pas été classé dans la catégorie des toxiques, mais il présente un risque écologique faible, vis-à-vis de la faune aquatique, sauvage et vis-à-vis des invertébrés utiles.

### I-9-2-2-3-1 Microphyte et macrophyte

**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Acrididae cyrtacanthacridinae**

Dans les milieux aquatiques, la production primaire est assurée par des microorganismes photosynthétiques (micro algues, cyanobactéries) qui peuvent vivre dans la colonne d'eau (phytoplancton), ou former des bios films à la surface de divers substrats (périphyton), et par des végétaux macrophytes (algues filamenteuses, bryophytes, plantes vasculaire). L'abondance de ces différents groupes et leurs importances relatives dans la productivité des milieux aquatiques dépendent de très nombreux facteurs abiotiques et biotiques. Quelque soit le milieu considéré, ces organismes sont à la base du fonctionnement des réseaux trophiques et des écosystèmes aquatiques continentaux et côtiers (Carpenter et Lodge, 1986 ; Wetzel, 2001 ; Padisak, 2003 ; Pokorny et Kvet, 2003 )

La disparition ou la raréfaction des producteurs primaires provoque fréquemment une baisse de la concentration en oxygène dissous et, ou du pH de l'eau. Cette baisse de l'oxygénation pourrait éventuellement avoir des effets négatifs sur les autres organismes. La mort de certains producteurs primaires peut aussi entraîner des modifications d'autres paramètres physico-chimiques : augmentation de la concentration en nutriment, de l'alcalinité, de la conductivité, etc....

Les effets indirects les plus importants sont généralement observés lorsque les macrophytes sont fortement affectés. Outre les modifications des caractéristiques physico-chimiques de l'eau, décrites précédemment, cela entraîne la disparition de certains habitats pour le périphyton et de nombreuses espèces animales (y compris les poissons et les têtards d'amphibiens) (Kettle et al., 1987)

Insecticide	Dose (g ma/ha)			Vitesse d'action	Risque écologique			Classe de toxicité OMS (pour les humains)
	Couverture totale		Traitement en barrières		Faune aquatique	Faune sauvage	Invertébrés utiles	
	larves	ailés	larves					
Bendiocarb	100	100		R	F	F	M	II
Chlorpirifos	240	240		M	E	E	M	II
Deltaméthrine	12.5	12.5		R	E	F	E	II
Diflubenzuron	60	n/d		L	E	F	F	U
Diflubenzuron			100	L	E	F	F	
Fénitrothion	450	450		R	M	E	M	II
Fipronil	6.25	6.25		M	F	F	E	II
Fipronil			12.5	M	F	F	M	
Lambda cyhalothrin <sup>1</sup>	20	20		R	E	F	E	II
Malathion	925	925		R	M	F	E	III
Métarizium flavoviride <sup>2</sup>	100	100		L	F	F	F	--
teflubenzuron	30	n/d		L	E	F	F	U
Teflubenzuron			non déterminé	L	E	F	F	
Triflumuron	37.5	n/d	75-100	L	E	F	F	U

Tableau n°5 : Doses et évaluation de la vitesse d'action du risque écologique et de la toxicité aigue pour les êtres humains

(Anonyme, 1997)

Note: n/d : non disponible; R : Rapide; M : Moyenne; L : Lente; F : Faible; E : Élevé; classe OMS: II- modérément dangereux; III- légèrement dangereux;

U : Risque aigu improbable dans des conditions normales d'utilisation.

<sup>1</sup> Dans les pays où l'isomère 'lambda' n'est pas homologué, la chialothrine est appliquée à 40g ma/ha.

<sup>2</sup> Strain IMI330189

Dans ce tableau, le groupe consultatif sur les pesticides a établi des doses vérifiées. Toutes les données concernent spécifiquement le criquet pèlerin. Le risque

écologique est évalué avec les doses indiquées dans ce tableau . La classe de toxicité OMS., est calculée pour une formulation à 0, 5 litre/ha.

#### **I-9-2-2-3-2 Invertébrés**

Ils sont représentés par le zooplancton et le benthos ,et jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques en tant que compartiments intermédiaires entre les producteurs primaires et les organismes situés au sommet des réseaux trophiques (poissons,oiseaux) (Pourriot et al.,1982 ;Angelov,1971 in Djezzar,1989).

Ils représentent fréquemment la biomasse la plus importante dans ces milieux et ils occupent d'un point de vue trophique de nombreuses niches écologiques.

A cause de l'action des pesticides certaines espèces sont en déclin : Odonates (demoiselles et libellules dont les adultes sont aériens mais les larves sont aquatiques), Coléoptères, Mollusques, Bivalves etc.... (Anonyme, 2004b).

Différentes espèces planctoniques (*Daphnia magna*, *Ceriodaphnia dubia*, etc....) et benthiques (*Chironomus risparius*, etc...) sont utilisées en routine pour la réalisation de test de toxicité, notamment dans le cadre des dossiers d'homologation des pesticides (Belliveau et Vaituzis, 2001).

En se référant au tableau précédant n°5 nous remarquons que les données sur les risques écologiques pouvant être engendrés par le genre *Metarhizium* vis-à-vis des invertébrés aquatiques sont faibles.

#### **I-9-2-2-3-3 Poissons**

Historiquement, les poissons sont les premiers organismes à avoir été étudiés du point de vue de leurs réponses à la dégradation de la qualité des milieux aquatiques (Kerwin, 1992).

Suivant le tableau précédant (n°3), nous remarquons aussi que les données sur les risques qui peuvent être engendrés par le genre *Metarhizium* sur les poissons ne sont pas disponibles.

#### **I-9-2-2-3-4 Amphibiens**

Parmi les causes du déclin des amphibiens Edginton (2001), cite l'émergence de pathologies infectieuses, dues à des agents fongiques, ou à l'utilisation accrue de pesticides.

#### **I-9-2-2-4 Influence sur les paramètres physico-chimiques**

L'action des champignons qui peuvent pulluler dans l'eau se traduit par une chute brutale de la teneur en oxygène dissous et entraînerait une disparition des algues (Ramade, 1978).

Le produit microbien peut être donc associé à une demande d'oxygène élevée. Une fois mélangé dans l'eau, il va réduire l'oxygène dissous et entraîne des effets nocifs sur les organismes aquatiques, sans lien avec la pathogénicité et, ou la toxicité du produit ; le pH et la conductivité peuvent être aussi influencés (Anonyme, 2004c).

## Chapitre II- Matériels et Méthodes

Dans ce présent chapitre, nous avons abordé le matériel et les méthodes qui intéressent la conduite de l'élevage du Criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskal, 1775), la culture du mycoentomopathogène (*Metarhizium anisopliae*, Metch), et l'impact du *Metarhizium anisopliae* sur tous les stades de développement de *Schistocerca gregaria* d'une part, et sur l'environnement d'autre part.

### II-1 Effet du *Metarhizium anisopliae* (Metch) sur *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)

Les objectifs visés à travers l'application du *Metarhizium anisopliae* sur le criquet pèlerin sont :

- la détermination de la DL50 des adultes de *Schistocerca gregaria*.
- l'évaluation du taux de mortalité induit par la DL50 des adultes sur chaque stade larvaire et de son impact sur leur comportement alimentaire.
- l'appréciation du devenir des pontes de *Schistocerca gregaria* soumises à cette même DL50 .

#### II-1-1 Mise en place d'un élevage intensif de criquet pèlerin

---

L'élevage a été mis en place au niveau du laboratoire de biologie animale de l'université de Khemis-Miliana.

Une certaine méthode a été adoptée, nous permettant d'obtenir un maximum d'individus nécessaires pour bien mener nos expérimentations et atteindre les objectifs visés.

##### II-1-1-1 Description de l'unité d'élevage

L'unité d'élevage est composée de :

- Huit cages de 50cm de longueur × 40cm de largeur × 80cm de hauteur (Figure n°9), conçues en charpente de bois et couvertes avec de la soie de Blutter . L'ouverture est assurée par une fermeture éclair cousue sur la face du devant. Chacune de ces cages est destinée à ne recevoir qu'un cycle complet c'est à dire de l'œuf jusqu'à l'imago.
- Deux cages de même conception que les précédentes, sont destinées pour abriter les imagos en attente, pour une éventuelle utilisation nécessaire à l'expérience.
- Une cage de reproduction de 125cm de longueur × 45cm de largeur × 65cm de hauteur, munie de huit pondoirs interchangeables ,destinée à abriter les reproducteurs (Figure n° 10).

Les pondoirs sont conçus avec des demi bouteilles en plastique de 25cm de hauteur contenant du sable stérilisé et humidifié (Figure n°11).

### II-1-1-2 Conduite de l'élevage intensif

Le nombre de couples de départ était de huit: six nous ont été remis par Mme Guendouz-Benrima, Acridologue au niveau du département d'Agronomie de l'Université de Blida, et deux par le département d'Acridologie de l'Institut National de la Protection des Végétaux d'El-Harrach . A partir de là, trente femelles occupaient la cage de reproduction et nous assuraient des pontes régulières. Les reproducteurs mâles ou femelles morts sont remplacés dans la journée, à partir des cages d'attentes, par des imagos matures.

Pour assurer le phénomène de densation, périodiquement par intervalle de trois à cinq jours, en fonction du nombre de ponte, tous les pondoirs au niveau de la cage de reproduction ayant reçus des oothèques, dont le nombre est généralement compris entre 20 et 25, sont regroupés et mis dans une même cage (Figure n°12) pour y subir l'incubation, l'éclosion et les mues successives jusqu'au stade imaginal.

Les jeunes imagos sont transférés à leur tour dans les cages d'attentes pour servir soit comme reproducteurs soit pour d'autres étapes de l'expérimentation.

Durant toute la phase de l'élevage, la température et l'hygrométrie relative de l'air ont été maintenues respectivement à 32°C et 40%.

Une photopériode de 12heures/12heures entre obscurité et lumière a été maintenue.

Tout au long de l'élevage l'alimentation était uniquement à base de laitue et de son de blé.

Aucune autre plante, même perchoir, n'a été introduite dans la cage.



Figure n°9 : Cage d'élevage





Figure n°10 : Cage de reproduction



Figure n°11 : Pondeir constitué par une demi bouteille contenant du sable

#### II-1-1-2-1 Contrôle de l'hygrométrie du substrat de ponte

Suite aux tâtonnements et aux mesures faites à l'aide d'un hygromètre à sonde (Figure n°13) suivies de correction sur la base d'une série d'observations intéressant particulièrement les taux d'éclosions durant l'élevage, deux taux d'hygrométrie relative du substrat de ponte (sable) ont été retenus :



- -le premier à 60 % et intéresse la première phase qui commence avant la ponte et finie 5 à 6 jours après celle ci.
- -le deuxième à 30% et intéresse la deuxième phase qui commence 5 à 6 jours après la ponte et se termine à l'éclosion.

### II-1-1-2-2 Evaluation du taux d'éclosion

Afin d'éviter toute manipulation des oothèques durant l'incubation, le taux d'éclosion est apprécié juste après l'éclosion (Figure n°14) par, un comptage des larves néonates et des exuvies issues des mues intermédiaires. Par la suite l'oothèque est découverte suivie d'un comptage des œufs non éclos.

## II-1-2 Culture et production de *Metarhizium anisopliae* (Metch)

La multiplication du *Metarhizium anisopliae*, comme les autres cryptogames, nécessite des conditions de travail strictes permettant l'obtention de souches valides et pures.

### II-1-2-1 Origine de la souche utilisée

L'entomopathogène *Metarhizium anisopliae* a été isolé à partir d'échantillon d'une solution huileuse « *Green Muscle* » conservée au niveau du département de Zoologie Agricole et Forestière de l'Institut National d'Agronomie d'El-Harrach fournit par l'Institut National de la Protection des Végétaux.

Le *Green Muscle* a été produit et fournit par la compagnie Sud-africaine *Biological Control Products* (BCP). La formulation huileuse contenant les spores du champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* est utilisée à raison de 50gr/l/ha l'équivalent de  $2,5 \cdot 10^{12}$  spores /ha (Kooyman, 2005).



Figure n°12 : pondoires ayant reçus des oothèques de *Schistocerca gregaria* (Forsk.), regroupés dans une cage d'élevage.



Figure n°13 : Mesure du taux d'hygrométrie du substrat de ponte (sable)



Figure n°14 : Exuvies blanches avec larves néonates de *Schistocerca gregaria* (Forsk.).

### II-1-2-2 Mise en culture et purification

A partir de la solution huileuse, 1ml est prélevé puis mis dans 100ml d'eau distillée stérile et agité pendant 10mn. Une fois ceci terminé la solution est filtrée. Le filtrat obtenu est pulvérisé à son tour sur un milieu de culture PDA (*Potatoes Dextrose Agar*) qui est mis en incubation à 25°C pendant 15 à 20 jours.

Une fois cette période passée, un repiquage est effectué sur un milieu PDA à partir des fructifications obtenues puis mis à nouveau en incubation de la même manière que la précédente opération.

Toutes les manipulations sont effectuées sous hotte en milieu stérile avec un matériel stérilisé.

### II-1-2-3 Préparation de la solution entomopathogène

Dans 100 ml d'eau distillée stérile on introduit des fragments du milieu de culture âgé de 15 à 20 jours. On laisse la préparation en agitation pendant 20 minutes pour permettre une libération maximale des spores. Après filtration on récupère la solution fongique (Figure n°15).

### II-1-2-4 Détermination de la concentration de la solution entomopathogène

La concentration est déterminée par un simple comptage sous microscope des spores qui se trouvent dans les 10 carreaux des deux diagonales de la cellule de Malassez.

<p><b>Concentration de la solution X = <math>\frac{\text{Nombre de spores comptées} \times 10^6 \text{ spores/ml}}{100 \text{ spores}}</math></b></p>
---

Une fois la concentration de la solution mère est calculée, les autres concentrations recherchées sont déterminées à partir de la relation :

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

**C1** : Concentration de la solution mère.

**V1** : Volume de la solution mère.

**C2** : Concentration choisie.

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

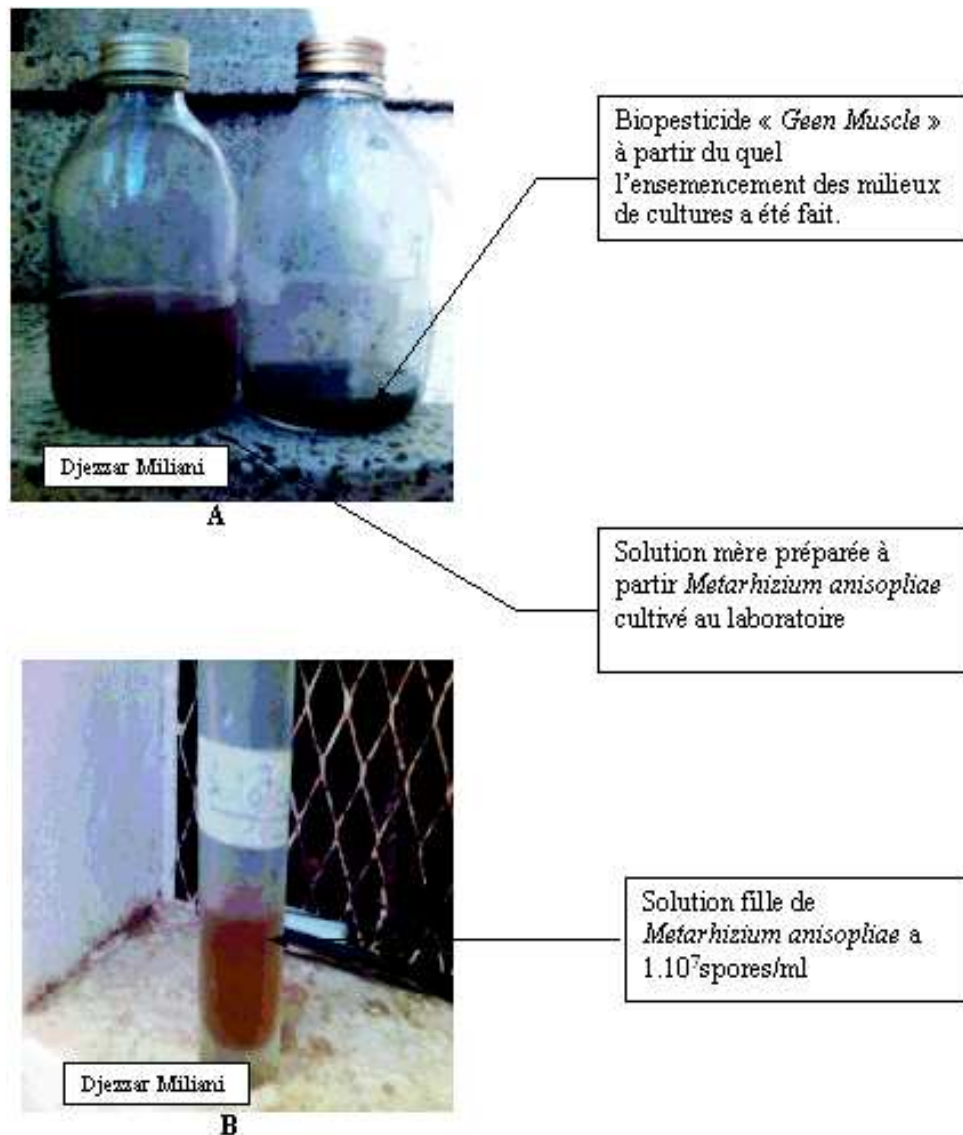


Figure n°15 : Solution entomopathogène (A et B) à base de *Metarhizium anisopliae* (Metch)

### II-1-3 Détermination de la DL50 des adultes de *Schistocerca gregaria*

La détermination de la dose nécessaire pour tuer la moitié d'une population (DL50) passe par la fiabilité du dispositif expérimental et le choix des doses à appliquer.

#### II-1-3-1 Description du dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est constitué par 4 blocs, un servira comme témoin, les trois autres comme répétitions. Chacun des Blocs est constitué par une cage (25cm×25cm×25cm) comportant 10 criquets adultes.

Ce dispositif est installé dans les mêmes conditions que ceux de l'élevage.

#### II-1-3-2 Doses utilisées

Les doses utilisées pour la recherche de la DL50 ont été choisi sur la base des réponses eues à travers quelques essais préliminaires, fait au préalable, sur des sujets adultes.

Une fois l'intervalle des doses délimité ,ces dernières sont préparées à partir de la solution mère titrée a  $1.10^9$  spores /ml (Tableau n°6 ).

Tableau n°6 : Doses utilisées pour la recherche de la DL50.

Désignation	Doses en spores par ml
D1	$1.10^3$
D2	$1.10^5$
D3	$1.10^7$
D4	$1.10^9$

### II-1-3-3 Traitement

Les traitements sont fait par contact à l'exception du lot témoin qui est traité uniquement avec de l'eau distillée stérile.

### II-1-3-4 Calcul de la DL50 des criquets adultes :

Avant de procéder au calcul de la DL50, la mortalité observée est corrigée en rapport avec celle des témoins, selon la formule d'Abbot (1925).

$$MC = (M2-M1)100 / (100-M1)$$

**M1** : pourcentage de mortalité dans le témoin.

**M2** : pourcentage de mortalité dans les blocs traités.

**MC** : pourcentage de mortalité corrigée.

Pour estimer la DL50 et le TL50 (temps au bout duquel il y a mortalité de la moitié d'une population) on se sert de la transformation en probit des pourcentages de mortalités corrigées (voir tableau en annexe) (Bliss in Cavelier, 1976) et de la, transformation en logarithme décimal des doses et du temps (Cavelier ,1976). Les transformations vont nous permettre par l'intermédiaire de logiciel Excel d'établir les droites de régressions de type :

$$Y = aX+b$$

Y : probit des mortalités corrigées.

X : Logarithme de la dose ou du temps.

a : La pente.

A partir de cette équation la DL50 ou le TL50 est déterminé en sachant que le probit de 50 est égal a 5.

### II-1-4 Effet de la DL50 sur les pontes

A travers cette étude seule le taux d'éclosion sera considéré comme réponse aux traitements des œufs par la DL50.



## Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Arcrididae cyrtacanthacridinae

---

Le dispositif expérimental est constitué par deux blocs, dont chacun est composé par 4 sous blocs (cages de 25cm×25cm×25cm), dont un servira comme témoin, les trois autres comme répétition. Ils comporteront 2 pondoirs contenant chacun une oothèque.

Les deux blocs se différencient par leurs taux d'hygrométries ; le premier comportera des pontes de la première phase dont le substrat de ponte est à 60% d'hygrométrie relative, comme ça a été décrit dans la partie élevage, le deuxième bloc comportera uniquement des pontes de la deuxième phase ayant une hygrométrie de 30%.

Avec la DL50 déterminée sur les adultes, le traitement du 1<sup>er</sup> bloc se fera pendant la 1<sup>ère</sup> phase d'incubation dont le taux d'hygrométrie est de 60%. Celui du 2<sup>ème</sup> bloc, est effectué lors de la 2<sup>ème</sup> phase d'incubation, c'est-à-dire à 30% d'hygrométrie relative.

Les sous blocs traités sont soumis aux mêmes conditions d'incubations que ceux de l'élevage.

### II-1-5 Effet de la DL50 sur les stades larvaires

---

Le dispositif expérimental pour chaque stade larvaire est le même que celui décrit pour les adultes et est installé dans les mêmes conditions que celles de l'élevage.

Les traitements viseront tous les stades larvaires et se font uniquement avec la DL50 déterminée sur les adultes.

Pour éviter les risques de mortalité qui peuvent survenir durant l'expérimentation, due aux manipulations, la collecte des larves est faite par piégeage (pot + aliment) ou par aspiration.

Le TL50 sera déterminé comme cela a été décrit précédemment pour les adultes.

### II-1-6 Effet de la DL50 sur le comportement alimentaire des larves

---

L'évaluation du comportement alimentaire chez les larves de *Schistocerca gregaria* traitées au *Metarhizium anisopliae* à la DL50 déterminée sur les adultes, permettra essentiellement de mettre en valeur l'efficacité de ce dernier sur différents états physiologiques de l'insecte.

Le dispositif expérimental est le même que celui décrit précédemment. Une fois les traitements par la DL50 effectués (sur chaque stade larvaire), nous procédons à l'évaluation du comportement alimentaire en quantifiant quotidiennement la matière sèche de l'aliment consommé par individu.

Cette dernière est obtenue en faisant la différence entre les quantités de matière sèche de l'aliment distribué et de l'aliment resté (24 heures après). Procédure déjà expérimentée par Abassi *et al.* (2003), sur des larves L5 de *Schistocerca gregaria* soumises à un traitement par

ingestion à base d'extrait de *Peganum harmala*, étalé sur les feuilles de Laitue distribuées comme nourriture.

L'aliment distribué durant l'expérimentation est uniquement à base de Laitue.

La quantification de la matière sèche de l'aliment distribué a été estimée en soumettant trois échantillons ayant la même quantité de laitue, prise d'un même lot, à une température

de 105°C pendant 24 heures. Une fois l'opération terminée, seule la moyenne des trois pesés est prise en considération.

Quant à l'aliment restant, celui-ci est aussi soumis à une température de 105°C pendant 24 heures, puis pesé à nouveau. Les résultats sont exprimés en gr de matière sèche.

## II-2 Effet du *Metarhizium anisopliae* (Metch) sur les écosystèmes aquatiques

L'objectif visé à travers cette étude est d'évaluer l'influence du *Metarhizium anisopliae* sur quelques éléments constitutifs d'une chaîne hydro trophique et les éléments qui la régissent.

Le caractère biologique d'infectivité et de pathogénicité du biopesticide « *Metarhizium anisopliae* » que nous avons appliqué sur *Schistocerca gregaria* dépend essentiellement de sa compatibilité envers le milieu et envers l'hôte.

Dans le contexte de cette relation de compatibilité « hôte–pathogène », qui s'exprime dans le sens où le milieu sert comme support biologique, en conférant au pathogène tous les éléments essentiels à sa multiplication et à son développement, on assiste à une réponse qui se traduit à long terme ou à court terme par des perturbations de cet écosystème. Par contre s'il y a incompatibilité, le pathogène serait appelé à disparaître ou à rester à l'état de latence (Anonyme, 1996a ; 1998b ; 2001a).

Les tests et protocoles d'analyses actuels qui s'intéressent aux essais biologiques ne répondent pas aux particularités biologiques d'infectivité du biopesticide que nous avons utilisé. Ils ne prennent en compte que le caractère toxique d'un produit (pesticide) à tester dont la durée d'action est préalablement déterminée.

Pour mesurer ces perturbations nous avons donc choisi selon les directives (Anonyme, 1996b ; 1998c ; 1999 ; 2001b) un modèle empirique qui peut nous renseigner sur l'influence du *Metarhizium anisopliae* vis-à-vis de quelques paramètres hydro biologiques des écosystèmes aquatiques.

### II-2-1 Méthodologie et protocole expérimental

---

Comme nous l'avons précisé précédemment, l'absence de protocole normalisé concernant ces substances nouvelles (pesticides microbiens), nous a conduit à adopter un modèle empirique prenant en compte tous les paramètres régissant l'expérience.

En rapport avec les 4 doses utilisées pour la détermination de la DL50 chez les criquets, 4 blocs expérimentaux ont été mis en place dont chacun ne prend en considération qu'un seul élément biologique à tester qui doit porter, d'après Anonyme, (2001c ; 2001d), sur les plantes aquatiques, invertébrés aquatiques, et vertébrés aquatiques.

Pour nos tests nous avons choisis les éléments suivants :

- Algue filamenteuse (*Spirogyra sp*),
- *Daphnia magna* (Strauss) (Invertébré)(Crustacés),
- Têtards de grenouilles (Vertébrés),
- Larves de poisson (*Xiphophorus helleri* Heckel, 1848) (Vertébrés).



**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Acrididae cyrtacanthacridinae**

Ces blocs sont subdivisés en 4 sous blocs et chacun d'eux est traité avec une des 4 doses citées (D1, D2, D3, D4).

Chaque sous bloc est constitué à son tour de 4 lots dont le premier est constitué de 3 témoins, les 3 autres sont considérés comme des répétitions comme c'est schématisé sur la figure n° 16 .

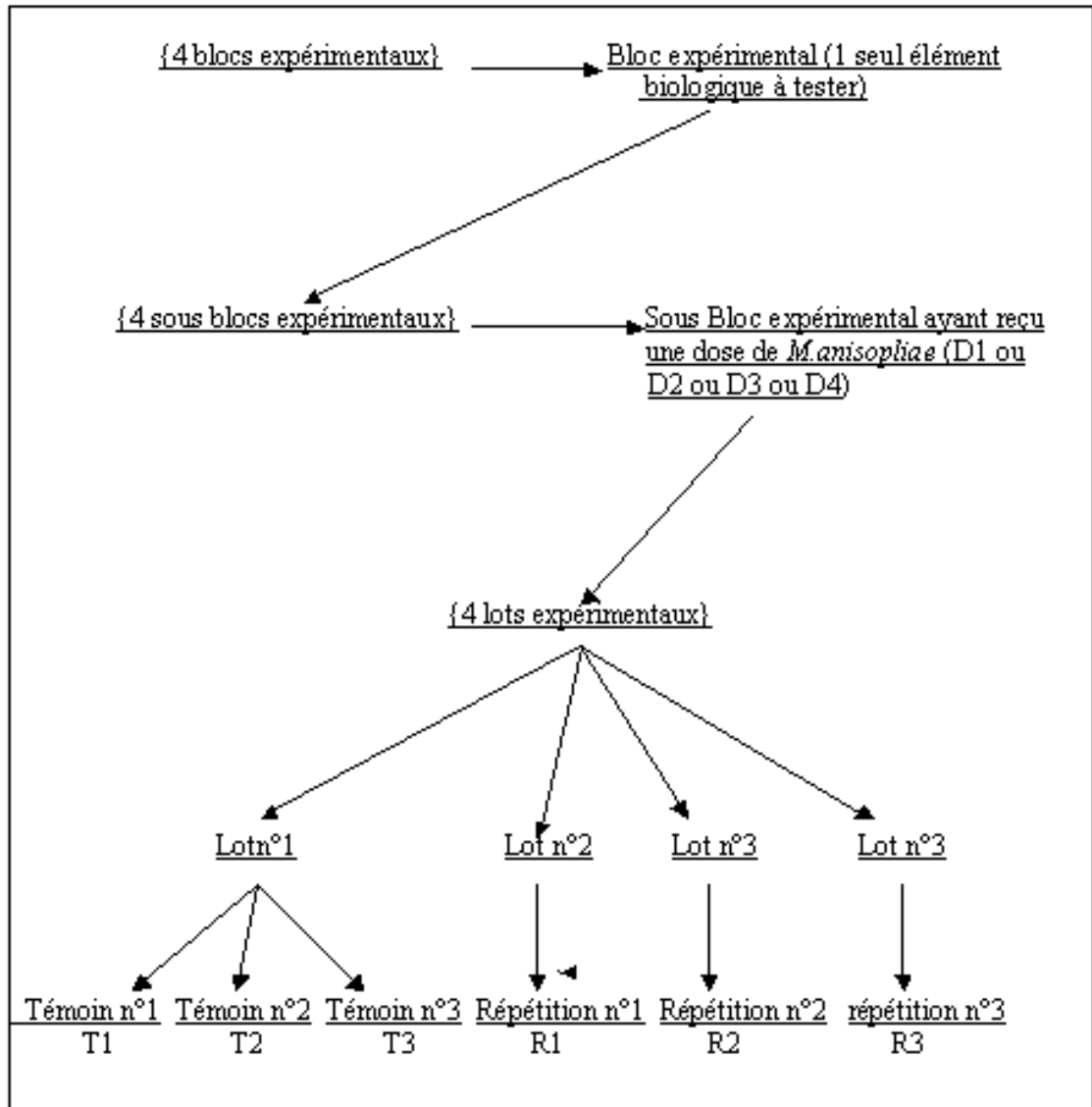


Figure n°16 : Schéma du dispositif expérimental concernant l'impact du *Metarhizium anisopliae* sur quelques composantes des écosystèmes aquatiques.

**T1** : témoin n° 1 contenant eau ; **T2** : témoin n° 2 contenant eau + *M. anisopliae* .

**T3** : témoin n° 2 contenant eau + élément biologique à tester.

**Répétitions R1, R2, R3** : contiennent chacune de l'eau + un même élément biologique à tester que celui du témoin n°2 + une même dose de *M. anisopliae* que celui du témoin n°3.

L'identification des lots est comme suit :

**1<sup>er</sup> lot** : il est constitué de 3 témoins :

- **1<sup>er</sup> témoin T1**, constitué uniquement d'eau, et sert à déterminer le niveau des fluctuations des paramètres hydro biologiques, sans l'influence du *M.anisopliae* et des autres éléments biologiques cités.
- **2<sup>ème</sup> témoin T2**, constitué d'eau et de *M.anisopliae*. Il sert à déterminer l'influence de ce dernier sur les paramètres hydro biologiques en absence d'élément biologique donné.
- **3<sup>ème</sup> témoin T3**, constitué d'eau et d'un élément biologique à tester. Il sert à déterminer le niveau des paramètres hydro biologiques ainsi que la mortalité qui peut en découler en absence de *M.anisopliae*.
- **2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup>, et 4<sup>e</sup> lot** constitués d'eau contenant un même élément biologique à tester que celui du témoin n°2 et la même dose de *M.anisopliae* que celui du témoin n°3. Ils sont considérés comme des répétitions, et servent à déterminer la mortalité et les fluctuations des différents paramètres hydro biologiques.

Les échantillons d'eaux traités (du témoin n°2 et du 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup>, et 4<sup>e</sup> lots) sont exprimés en concentration de *Metarhizium anisopliae* (nombre de spore /ml).

Les observations s'intéressent, à l'évaluation de la mortalité des éléments biologiques à tester, et à l'appréciation de la teneur en oxygène dissous dans l'eau de chaque sous bloc.

Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un oxymètre à sonde.

Les lots sont constitués par des éprouvettes contenant 250ml d'eau de robinet non chlorée et non traitée dans laquelle l'élément biologique à étudier est introduit.

Le déroulement de l'expérience s'est fait dans les mêmes conditions que celles de l'élevage du criquet avec une température ambiante de 32°C et une hygrométrie relative de l'air de 40%.

## II-2-2 Eléments biologiques à tester

---

Les éléments biologiques à tester sont récoltés ou récupérés à partir de culture ou d'élevage, et intéresse :

- Algue filamenteuse *Spirogyra sp* récoltée à partir du milieu de culture mis en place. Deux gr sont mis dans chaque lot.
- *Daphnia magna* a été récoltée à partir du milieu de culture mis en place. 50 individus jeunes de 24 heures ont été mis dans chaque lot.
- Têtards de grenouille récoltés à partir d'une mare. 10 individus ont été mis dans chaque lot.
- Larves *Xiphophorus helleri* (Heckel, 1848), espèce de poisson oovivipare obtenue par reproduction contrôlées. Dix larves de 7 jours ont été mises dans chaque lot.

## II-3 Traitement statistique

---

**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique  
*Acrididae cyrtacanthacridinae***

---

Pour la comparaison des résultats obtenus nous avons procédé à l'analyse de la variance en utilisant le Logiciel Statitcf.

# Chapitre III : Résultats et discussion

Suite aux divers essais effectués au laboratoire, le troisième chapitre est consacré à l'exposition des résultats. Il est subdivisé en deux principaux volets. Le premier concerne l'effet du *Metarhizium anisopliae* (Metch) sur *Schistocerca gregaria* (Forskål), qui est suivi par l'évaluation de son niveau d'impact sur quelques composantes du milieu aquatique.

## III-1-Effet du *Metarhizium anisopliae* (Metch) var : *Acridum* sur les adultes de

*Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775).

L'application des différentes doses de *M.anisopliae* vise à évaluer l'impact de ces derniers sur des individus adultes de *S.gregaria*, dans le but de déterminer leurs niveaux de mortalités (létales), les temps létaux pour chaque dose utilisée ainsi que la DL50.

### III-1-1 Résultats

---

#### III-1-1-1 Mortalité

Les résultats portés sur le tableau n°6, dont les détails sont sur le tableau n°7 en annexe1, montrent que la mortalité chez les témoins est nulle. Les pourcentages de mortalité corrigés sont égaux aux pourcentages de mortalité observés.

Une mortalité supérieure à 50% a été observée (Tableau n°6) au 4<sup>ème</sup> jour, à la dose D4 ( $1.10^9$  sp/ml), chez les individus traités de *S.gregaria*.

Les courbes des mortalités cumulées représentées sur la figure n° 17, présentent la même allure et évoluent dans le même sens, se caractérisant par un décalage dans le temps en réponses aux doses auxquelles les adultes de *Schistocerca gregaria* ont été soumis.

Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique  
Acrididae cyrtacanthacridinae

jours	T	D1 1.10 <sup>3</sup> sp/ml	D2 1.10 <sup>5</sup> sp/ml	D3 1.10 <sup>7</sup> sp/ml	D4 1.10 <sup>9</sup> sp/ml
	M	M	M	M	M
1	0	0	0	0	10± 8,16
2	0	0	0	6,66±9,42	20± 14,14
3	0	0	6,66	16,66	43,33
<b>Suite du tableau n°6</b>					
4	0	3,33	13,33	40	63,33
5	0	3,33	33,33	46,66	86,66
6	0	16,66	33,33	73,33	96,66
7	0	33,33	50	90	100
8	0	43,33	60	100	
9	0	60	83,33		
10	0	73,33	93,33		
11	0	93,33	100		
12	0	100			

Tableau 6 : Moyennes des mortalités cumulées journalières en %, des adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål) témoins et traités au *Metarhizium anisopliae* (Metch)

D : Doses, J : Jours, M : Moyenne ; sp /ml : Spores par millilitre

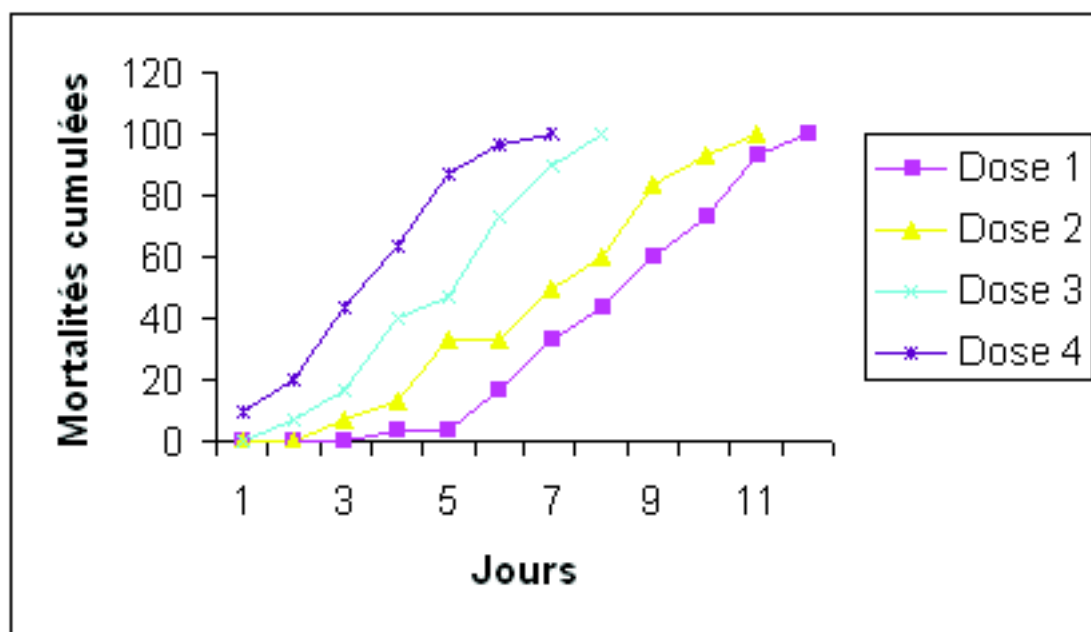


Figure n°17 : Mortalité cumulée des adultes de *Schistocerca gregaria* Forsk., traités avec 4 différentes doses de *Metarhizium anisopliae* Metch.

### III-1-1-2 Analyse de la variance

Pour que nos résultats soient plus explicites on s'est appuyé sur l'analyse de la variance à deux critères de classifications :

Facteur 1 : Doses avec 5 niveaux (D0 : Témoin, D1 :  $1.10^3$  sp/ml, D2 :  $1.10^5$  sp/ml) (D3:  $1.10^7$  sp/ml, D4:  $1.10^9$  sp/ml).

Facteur 2 : Temps avec 7 niveaux indiquant 7 jours d'observations. Il est à remarquer que la mortalité totale a été observée au 7<sup>ème</sup> jour à la dose D4.

Les valeurs de F théorique sont obtenues à partir de la table de distribution de Snedecor et Cochran (1971).

L'analyse de la variance à deux critères de classification, révèle une différence très hautement significative pour les deux facteurs (F Observé > F Théorique)

(Tableau n°8) ; ce qui implique que le facteur dose ainsi que le facteur temps ont une influence sur la mortalité.

La combinaison des deux facteurs (Fact 1\*2) est aussi très hautement significative montrant que ces derniers sont étroitement liés et ont un effet direct sur la mortalité.

Tableau n°8 : Efficacité de *Metarhizium anisopliae* (Metch) appliquée par contacte sur des adultes de *Schistocerca gregaria*(Forskål, 1775),à travers l'analyse de la variance.

Source de la variation	S.C.E	D.D.L	C.M	F.Obs	F.Théo	Proba	E.T	C.V	Résultats
Var.Total	107619,05	104	1034,80						
Var.Fact.1	49961,91	4	12490,48	259,10	2,50	0,000			T.H.S
Var.Fact.2	35032,39	6	5838,73	121,12	2,23	0,000			T.H.S
Var.Fact1*2	19024,76	24	792,70	16,44	1,67	0,000			T.H.S
Var.Résiduelle	3278,09	68	48,21				6,94	27,5%	

T.H.S : Très hautement significative

### III-1-1-3 Test de Newman-Keuls au seuil de 5 %

Ce test permet de constituer des groupes homogènes de traitement, ainsi les moyennes appartenant au même groupe sont considérées comme non différentes.

Les classements des moyennes pour les adultes traités par contact à travers le test de Newman-Keuls au seuil de 5% sont portés sur les tableaux n°9, 10 et11

Le test de Newman-Keuls a classé les taux de mortalité en fonction des doses et du temps. Pour le facteur 1 (dose), ce test révèle 5 groupes bien distincts (Tableau n°9) : le groupe (A) renferme les mortalités moyennes les plus élevées (60) correspondant à la dose D4 ( $1.10^9$  sp/ml) et le groupe (E) qui correspond au dernier groupe et est réservé aux mortalités (nulles), enregistrées chez les témoins. Les mortalités correspondant aux doses

**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Arcrididae cyrtacanthacridinae**

---

D3 ( $1.10^7$  sp/ml), D2 ( $1.10^5$  sp/ml) et D1 ( $1.10^3$  sp/ml), sont classées respectivement dans les groupes intermédiaires (B), (C) et (D).

**Tableau n°9 : Classement des moyennes pour le facteur 1 (dose).**

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
D4	60,00	A
D3	39,05	B
D2	19,52	C
D1	7,62	D
D0	0,00	E

Ce même test range les mortalités moyennes pour le facteur 2 (temps) en 6 groupes biens distincts (Tableau n°10) : le groupe (A) renferme les mortalités moyennes les plus élevées (54,00) relatives au 7<sup>ème</sup> jour (J7) et le groupe F qui représente les mortalités les plus faibles (5,33) et (2,00) qui correspondent au 2<sup>ème</sup> et au 1<sup>er</sup> jour (J2 et J1). Les groupes (B), (C), (D), (E) représentent les moyennes intermédiaires relatives aux jours (J6, J5, J4, et J3).

**Tableau n°10 : Classement des moyennes pour le facteur 2(temps).**

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
J7	54,00	A
J6	44,00	B
J5	34,00	C
J4	24,00	D
J3	13,33	E
J2	5,33	F
J1	2,00	F

Pour l'interaction des deux facteurs (Dose-Temps), nous remarquons (Tableau n°12) que le groupe (A) représente la moyenne de mortalité la plus élevée, le groupe (H) représente les témoins où la mortalité est nulle ainsi que les moyennes des mortalités les plus faibles. Les groupes intermédiaires (B), (C), (D), (E), (F) et (G) intéressent les mortalités moyennes.

Il est à noter que la plus petite amplitude significative (PPAS) entre deux moyennes consécutives est de (11,31).

**Tableau n°11 : Classement des moyennes pour l'interaction, temps- dose**



Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
D4-J7	100,00	A
D4-J6	96,67	A
D3-J7	90,00	A
D4-J5	86,67	A
D3-J6	73,33	B
D4-J4	63,33	B
D2-J7	50,00	C
D3-J5	46,67	C D
D4-J3	43,33	D E
D3-J4	40,00	D E F
D2-J5	33,33	D E F
D2-J6	33,33	E F G
D1-J7	30,00	F G H
D4-J2	20,00	G H
D3-J3	16,67	G H
D1-J6	16,67	H
D2-J4	13,33	H
D4-J1	10,00	H
D2-J3	6,67	H
D3-J2	6,67	H
D1-J4	3,33	H
D1-J5	3,33	H
D1-J2	0,00	H
D1-J3	0,00	H
DT-J3	0,00	H
DT-J4	0,00	H
DT-J5	0,00	H
D3-J1	0,00	H
DT-J7	0,00	H
D1-J1	0,00	H
DT-J6	0,00	H
D2-J1	0,00	H
D2-J2	0,00	H
DT-J2	0,00	H

### III-1-1-4 DL50

La DL50 a été déterminée à partir de l'équation issue de la droite de régression (Figure n°18), qui a été élaborée à partir des transformations des pourcentages de mortalité en probits, correspondant au 4<sup>ème</sup> jour après le traitement, et des doses en logarithmes décimaux (Tableau n°12).

Tableau n° 12 : Logarithmes décimaux des doses et probits des taux de mortalités cumulées au 4<sup>ème</sup> jour chez les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål).

**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Acrididae cyrtacanthacridinae**

Doses en spores /ml	D1 $1.10^3$	D2 $1.10^5$	D3 $1.10^7$	D4 $1.10^9$
Logarithme décimal des doses	3	5	7	9
Pourcentage de mortalité	3,33	13,33	40	63,33
Probits des Pourcentages de mortalité	3,16	3,88	4,75	5,33

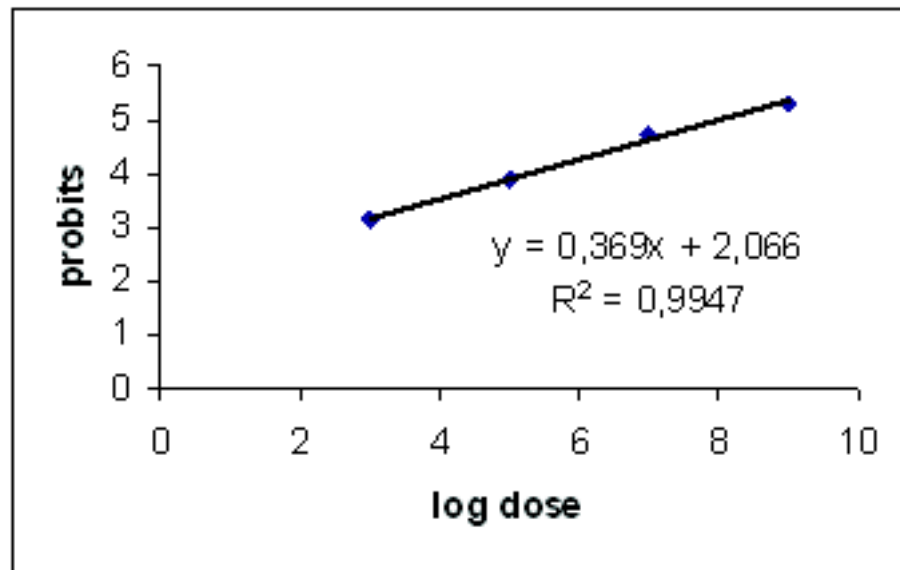


Figure n°18 : Efficacité du *Metarhizium anisopliae* var : *acridum* au 4<sup>ème</sup> jour sur les adultes de *Schistocerca gregaria*.

A partir de la droite de régression qui suit, nous avons déterminé la DL50 chez les adultes

$$Y = 0,369X + 2,066 \text{ avec } r^2 = 0,9947$$

Pour une mortalité de 50%, Y est égale à 5 (probit).

$$X = (Y - 2,066) / 0,369 \quad X = 7,95$$

La **DL50** au 4<sup>ème</sup> jour est égale à **89125093,81 spores/ml**.

Cette concentration a été arrondie à  **$8,9.10^7$  spores/ml**.

### III-1-1-5 TL50

Le calcul des TL50 (temps létal occasionnant 50% de mortalité) de *M. anisopliae* testé, rapporté aux doses nous renseigne sur l'importance de l'effet du champignon dans le temps.

Les probits des pourcentages de mortalité cumulés ainsi que le logarithme décimal des temps pour chaque dose, sont portés sur le tableau n°13.

Les valeurs des TL50 relative à chaque dose et chaque traitement sont tirées directement des équations des droites de régressions (Figure n°19).

Pour D1  $Y=7,4679X-2,1198$  d'où un TL50 pour D1 = 8,91 jours

Pour D2  $Y=7,6116X-1,5332$  d'où un TL50 pour D2 = 7,07 jours

Pour D3  $Y=8,2534X-0,9332$  d'où un TL50 pour D3 = 5,12 jours

Pour D4  $Y=7,832X-0,4085$  d'où un TL50 pour D4 = 3,80 jours

Les temps létaux calculés, varient d'une dose à une autre pour chaque traitement. Le temps le plus élevé est obtenu à la dose  $1.10^3$  spores /ml et est de 8,91 jours.

Le temps le plus court est de 3,80 jours à la dose de  $1.10^9$  spores /ml.

Doses	Temps en Jours	Log décimal des Jours	Pourcentage des Mortalités	Probits
D1 : $1.10^3$ spores /ml	1	0	0	-
	2	0,30	0	-
	3	0,47	0	-
	4	0,60	0	-
	5	0,69	3,33	3,16
	6	0,77	3,33	3,16
	7	0,84	16,66	4,03
	8	0,90	33,33	4,56
	9	0,95	43,33	4,82
	10	1	60,00	5,25
	11	1,04	73,33	5,61
	12	1,07	93,33	6,50
	13	1,11	100	8,09
D2 : $1.10^5$ spores /ml	1	0	0	-
	2	0,30	0	-
	3	0,47	0	-
	4	0,60	6,66	3,49
	5	0,69	13,33	3,88
	6	0,77	33,33	4,56
	7	0,84	33,33	4,56
	8	0,90	50	5
	9	0,95	60	5,25
	10	1	83,33	5,96
	11	1,04	93,33	6,50
	12	1,07	100	8,09
D3 : $1.10^7$ sp /ml	1	0	0	-
	2	0,30	0	-
	3	0,47	6,66	3,49
	4	0,60	16,66	4,03
	5	0,69	40	4,75
	6	0,77	46,66	4,91
	7	0,84	73,33	5,61
	8	0,90	90	6,28
	9	0,95	100	8,09
D4 : $1.10^9$ sp /ml	1	0	0	-
	2	0,30	10	3,72
	3	0,47	20	4,16
	4	0,60	43,33	4,82

Tableau n° 13 : Probits des pourcentages de mortalité cumulés et logarithme décimal de temps chez les adultes de *Schistocerca gregaria* traités par 4 doses a base de *Metarhizium anisopliae* appliquées par contact.

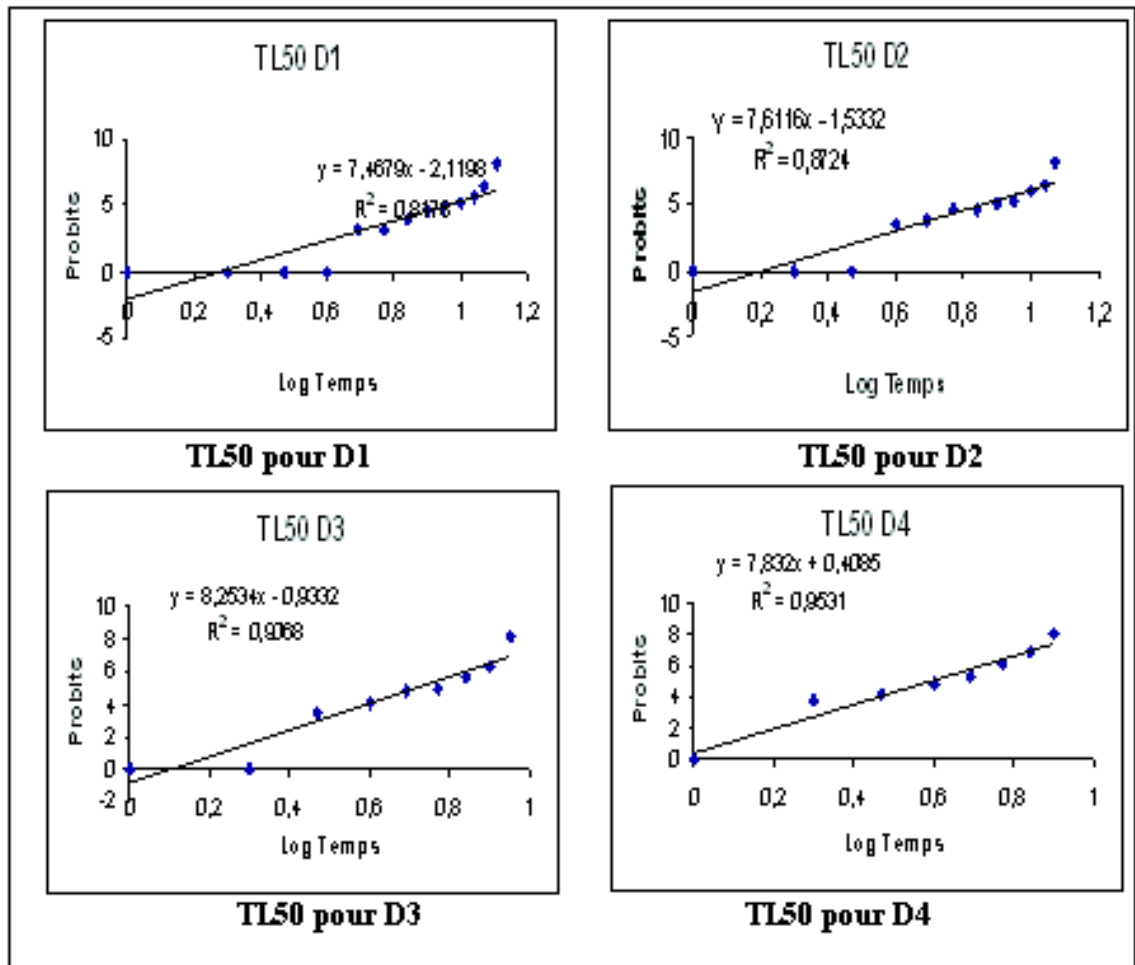


Figure n°19: Efficacité des 4 doses de *Metarhizium anisopliae* Metch, dans le temps vis-à-vis des adultes de *Schistocerca gregaria* Forsk.

### III-1-2 Discussion

Les résultats des essais biologiques au 4<sup>ème</sup> jour montrent que l'activité pathogène la plus élevée par le champignon (*Metarhizium anisopliae*) chez les adultes exprimée par la mortalité est à la dose D4 de  $(1.10^9$  spores /ml). Ce taux de mortalité diminue avec la baisse des concentrations de l'inoculum pour atteindre un minimum de 3,33% a la dose D1 de  $(1.10^3$  spores /ml).

A travers les 4 doses, le taux de 100% de mortalité commence à se manifester à partir du 5<sup>ème</sup> jour s'étalant au 12<sup>ème</sup> jour. La DL50 a été déterminée à 89125093.81spores/ml. Cette DL50 a été arrondie à  $8,9.10^7$  spores/ml.

L'analyse de la variance a également démontré que les résultats étaient hautement significatifs.

Il est à signaler, que d'autres doses léthales de *M.anisopliae*, différentes et moins élevées, que la DL50 que nous avons trouvée sur *Schistocerca gregaria*, avec des temps plus ou moins différents, ont été citées par plusieurs auteurs.

Greathed et al. ,(1994) ont démontré qu'une dose de  $3,75.10^4$ /gr de poids vif produit, selon l'espèce acridienne, une mortalité de 100% au bout de 4 à 7 jours. Price et al. (1999), ont noté, suite aux essais sur le terrain effectués au Niger, au Bénin et au Mali à la dose de  $5.10^{12}$  spores /hectares de *M.anisopliae*, une mortalité s'élevait à 80% voir 95% après 10 à 15jours. Dans des conditions contrôlées Halouane (1997), a déterminé une DL50 de  $2,34.10^4$  spores /ml, obtenue par contact chez les adultes de *Schistocerca gregaria*.

Les TL50 varient en fonction des doses; nous avons 3,80 jours qui représente le temps le plus court à la dose la plus élevée D4 ( $1.10^9$  spores/ml) et 8,91 jours qui représente le temps le plus long à la dose la plus faible D1 ( $1.10^3$  spores/ml). Ces TL50 vont dans le même sens que ceux trouvés par Greathed et al. ,(1994) et Price et al. (1999).

### III-1-3 Conclusion

---

Les résultats concernant la DL50, les TL50 et les mortalités journalières nous confirment l'efficacité satisfaisante de ce champignon (*Metarhizium anisopliae* var. *acridum*) contre les adultes de *Schistocerca gregaria* .Cependant nous remarquons que plus la dose de *M.anisopliae* est élevée plus le taux de mortalité est élevé ; cela est dû principalement à la capacité pathogénique des spores.

## III-2- Effet de la DL50 des adultes sur les œufs de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)

L'application de la DL50 de *Metarhizium anisopliae* déterminée sur les adultes de *Schistocerca gregaria*, sur les pontes vise à déterminer un effet inhibiteur de l'embryogenèse .Le taux d'éclosion sera considéré comme réponse à ceci.

### III-2-1 Résultats

---

Les taux d'éclosions exprimés en pourcentage, obtenus après traitement des œufs à la DL50, déterminée sur les adultes de *S.gregaria*, pendant les 2 phases d'incubation qui se différencient par des taux d'hygrométrie en l'occurrence 60% et 30%, sont représentés sur les tableaux n° 14 et 15 et la figure n° 20.

**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Acrididae cyrtacanthacridinae**

---

1 <sup>er</sup> bloc	Témoin	R1		R2		R3		Moyenne entre R1, R2, R3
		P1	P2	P1	P2	P1	P2	
Taux d'éclosion en %	96	96	97	94	96	97	93	95,5 ±1,5

Tableau n°14 : Taux d'éclosion en pourcentage, des pontes du 1<sup>er</sup> bloc traité pendant la 1<sup>ère</sup> phase d'incubation avec un taux d'hygrométrie de 60%.

**P** : Ponte ; **R** : Répétition.

2 <sup>ème</sup> bloc	Témoin	R1		R2		R3		Moyenne entre R1, R2, R3
		P1	P2	P1	P2	P1	P2	
Taux d'éclosion en %	94	95	94	92	93	97	92	93,83 ±1,77

Tableau n°15 : Taux d'éclosion en pourcentage des pontes du 2<sup>ème</sup> bloc traité pendant la 2<sup>ème</sup> phase d'incubation avec un taux d'hygrométrie de 30%.

**P** : Ponte ; **R** : Répétition.

Les deux blocs sont constitués par 3 sous blocs chacun, et sont considérés comme des répétitions (R1, R2, R3). Chaque sous bloc contient 2 pontes.

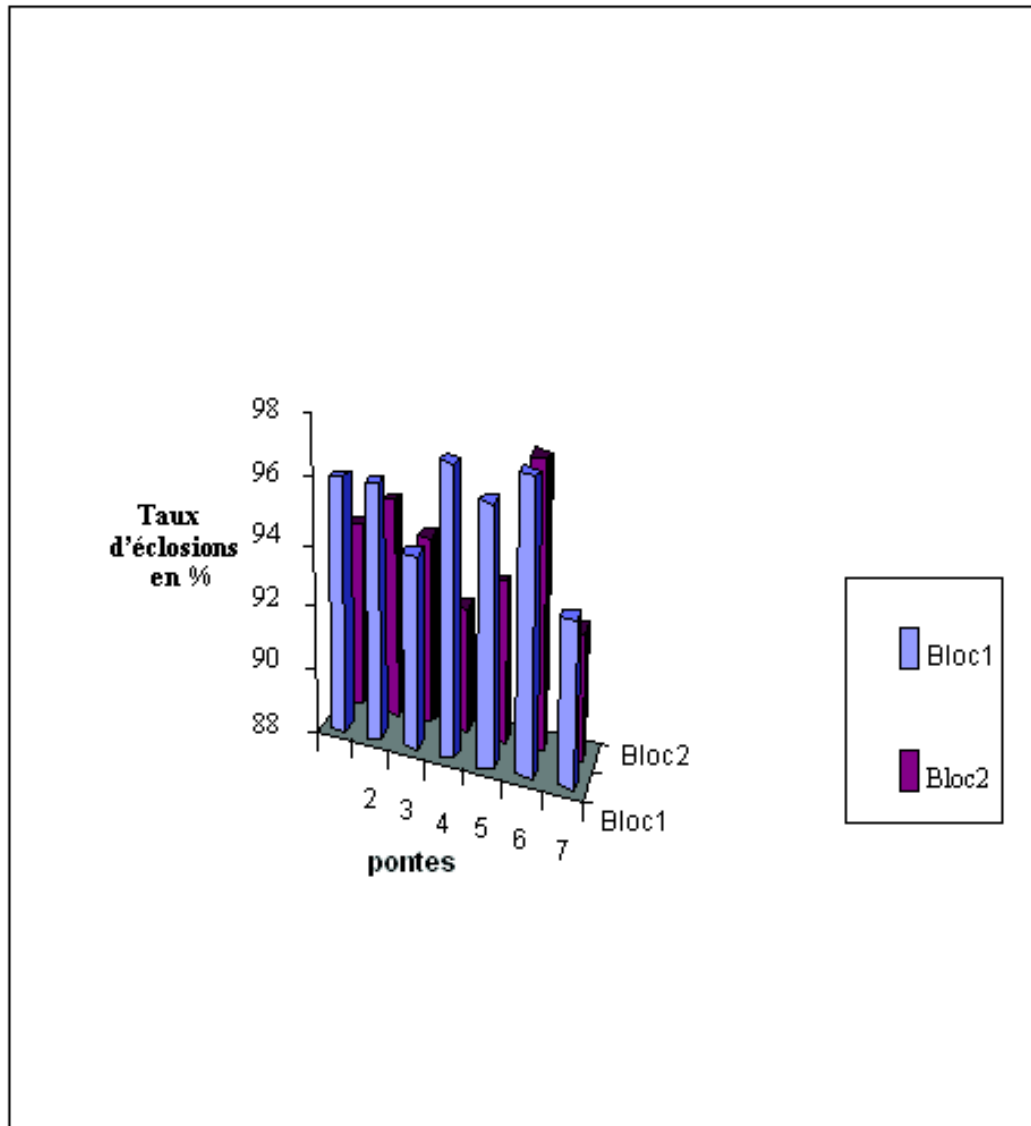


Figure n°20 : Taux d'éclosions dans les deux blocs expérimentaux après traitement par le *Methizium anisopliae* Metch.

1 : témoin ; 2,3 : pontes de la 1<sup>er</sup> répétition ; 4,5 : pontes de la 2<sup>ème</sup> répétition  
 6,7 : pontes de la 3<sup>ème</sup> répétition

### III-2-2 Analyse de la variance

Pour mieux interpréter nos résultats nous nous sommes appuyés sur l'analyse de la variance à deux critères de classification :

Facteur 1 : Hygrométrie avec 4 niveaux (HT1 : Hygrométrie des Témoins du 1er bloc, HT2 Hygrométrie des Témoins, du 2<sup>ème</sup> bloc, H1 : Hygrométrie pour les répétitions du 1<sup>er</sup> bloc, H2 : Hygrométrie pour les répétitions du 2<sup>ème</sup> bloc).



**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Arcrididae cyrtacanthacridinae**

---

Facteur 2 : Blocs avec 6 niveaux (B1, B2 pour R1 ; B3, B4 pour R2 ; B5, B6 pour R3).

Les valeurs de F théorique sont obtenues à partir de la table de distribution de Snedecor et Cochran (1971).

L'analyse de la variance à deux critères de classification, révèle (Tableau n°16) :

- une différence hautement significative pour le facteur1 (Hygrométrie) où le F observé est supérieure au F théorique ; ce qui implique que les taux des éclosions des pontes, soumises aux deux taux d'hygrométrie, évoluent dans le même sens.

une différence non significative pour le facteur 2 (blocs) où le F observé est inférieure au F théorique ; ce qui implique que les deux blocs sont indépendants et ne sont influencés par aucun paramètre de l'expérience.

**Tableau n°16 : Influence du *Metarhizium anisopliae* sur le taux des pontes Soumises à deux niveaux d'hygrométrie différents à travers l'analyse de la variance.**

Source de la variation	S.C.E	D.D.L	C.M	F.Obs	F.Théo	Proba	E.T	C.V	Résultats
Var.Total	53,33	23	2,32						
Var.Fact.1	21,00	3	7,00	5,83	3,29	0,0076			HS
Var.Fact.2(bloc)	14,33	5	2,87	2,39	2,90	0,0874			NS
Var.Résiduelle	18,00	15	1,20				1,10	1,2%	

**H.S** : Hautement significative ; **N.S** : Non significative

### III-2-3 Test de Newman-Keuls au seuil de 5%

---

A travers le test de Newman-Keuls au seuil de 5%, le classement des moyennes des éclosions, dont les pontes ont été soumises à différents taux d'hygrométrie et à des traitements à base de *Metarhizium anisopliae*, sont portées sur le tableau n°17.

**Tableau n°17 : Classement des moyennes des éclosions par rapport aux taux d'hygrométrie.**

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
HT1	96,00	A
H1	95,00	A
HT2	94,00	B
H2	93,00	B

Le test de Newman-Keuls a donné une classification des taux d'éclosion en fonction des taux d'hygrométrie aux quelles les pontes ont été soumises (Tableau n°17).

A travers ce test nous remarquons deux groupes homogènes :

- le groupe (A) qui présente des taux d'éclosions de l'ordre de 96% et 95% et intéresse le 1<sup>er</sup> bloc dont les traitements ont été appliqués pendant la première phase d'incubation (60% d'hygrométrie).

le groupe (B) qui présente des taux d'éclosions qui avoisinent ceux du groupe (A) et sont de l'ordre de 94% et 93% et intéressent le 2<sup>ème</sup> bloc dont les traitements ont été appliqués pendant la 2<sup>ème</sup> phase d'incubation (30% d'hygrométrie).

Il est à noter que la plus petite amplitude significative (PPAS) entre deux moyennes consécutives est de (1,35).

### III-2-4 Discussion

---

En comparant les taux d'éclosions au niveau des pondoirs témoins et traités, dont les résultats sont portés sur les tableaux n°14 et 15, représentés sur la figure n° 20, nous constatons que le *Metarhizium anisopliae* n'a aucune action ou influence sur l'activité embryonnaire de *Schistocerca gregaria* et ceci quel que soit l'hygrométrie dans laquelle l'œuf se trouve. Cela a été argumenté par l'analyse de la variance et le test de Newman-Keuls effectué au seuil de 5 %, où on s'aperçoit de l'évolution des taux d'éclosion qui se fait dans le même sens, entre pontes traitées et témoins d'un même bloc.

Les taux d'éclosion dans le bloc (1), sont de l'ordre de 96% chez les témoins et 95,5% chez les traités. Dans le bloc (2), ils sont de l'ordre de 94% chez les témoins et de 93,83% chez les traités. Si on se réfère à Benkara (1978), qui considère comme mort tous les œufs non éclos, nous ne pouvons pas dire que l'échec des éclosions est dû à l'effet du *M. anisopliae*, puisque les témoins non exposés à ce dernier présentent presque le même taux d'éclosion.

L'action nulle du *M. anisopliae* sur le taux d'éclosion pourrait être due à l'action du bouchon spumeux caractérisé d'après De Gregorio (1996), comme barrière biologique protégeant les œufs des perturbations externes. Pourtant d'après Benkara (1978), les carbamates (insecticides) ont pu franchir cette barrière (bouchon spumeux) en détruisant tous les œufs.

Durant cette expérience, il a été constaté chez les individus issus des oothèques traités, des malformations se prononçant par une atrophie de l'élytre et de l'aile membraneuse gauche avec des déformations moins fréquentes de l'élytre et de l'aile membraneuse droites (Figure n° 21 et 22).

Ceci confirme peut être ce qui a été émis par Ewer, (1977) in Popov et al., (1991), que la plupart des œufs ne se développent pas normalement si leurs bouchons spumeux sont détruits.

### III-2-5 Conclusion

---

Les taux d'éclosions ont démontré que le *Metarhizium anisopliae* n'a pas d'action sur les œufs de *Schistocerca gregaria*. Ces résultats vont dans le même sens que ceux trouvés par Outtar (2006), .Cependant comme nous l'avons constaté dans le temps certaines malformations sont apparues chez tous les individus issus des oothèques traités et concerne principalement l'atrophie et la malformation des élytres et des ailes membraneuses de la partie gauche de l'insecte. Nous suggérons à l'avenir à ce qu'il y'ait une étude sur le comportement des spores de cet entomopathogène dans les sols de ponte et dans les oothèques avec un suivi de tous les individus issus de ces derniers.

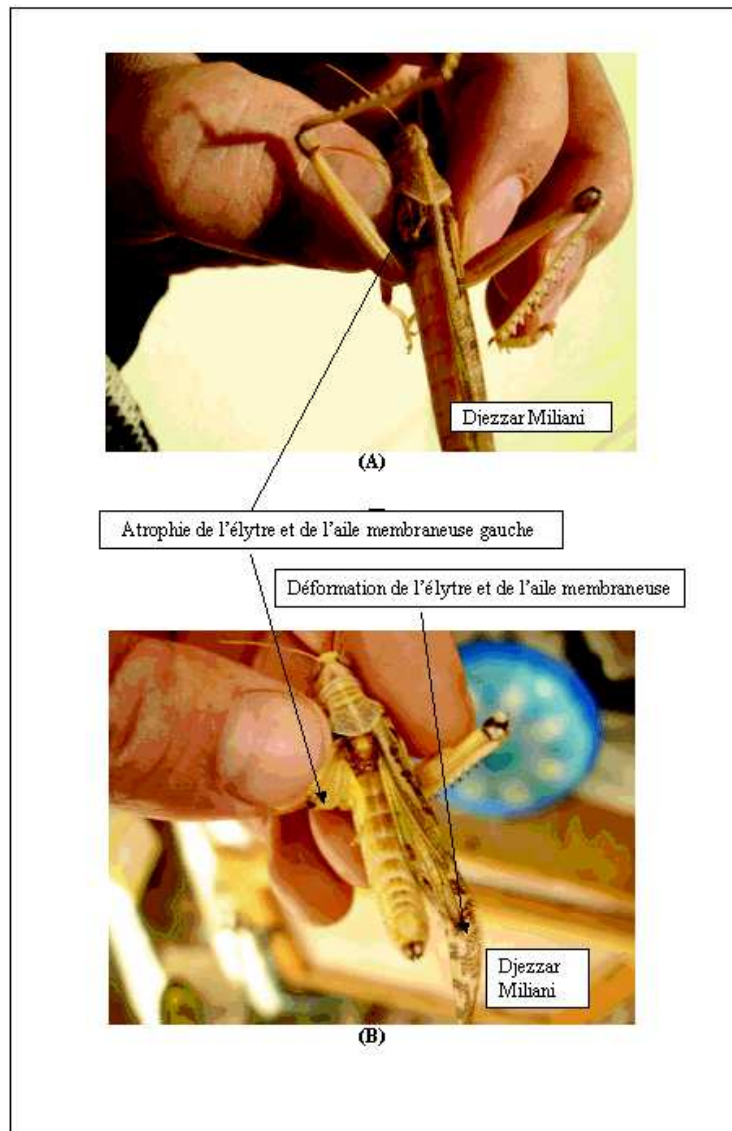


Figure n°21 : Individus (A et B) de *Schistocerca gregaria* Forsk., montrant une atrophie ou une déformation des ailes

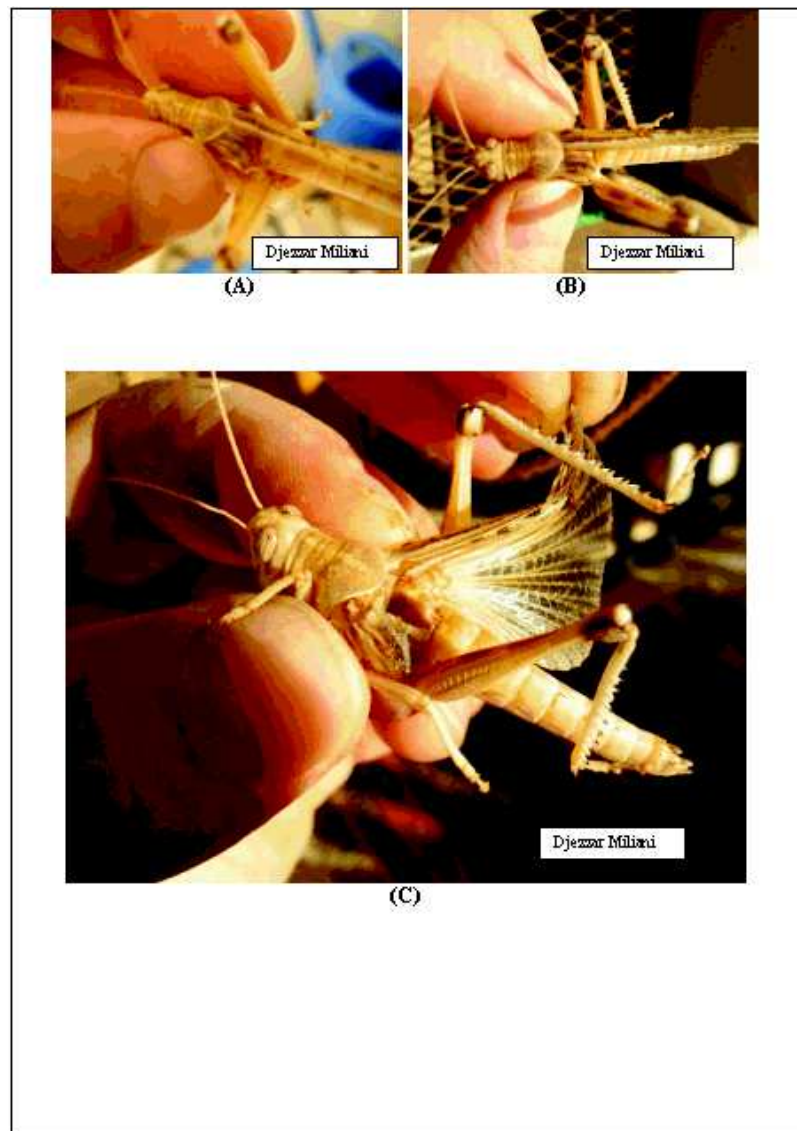


Figure n°22 : Individus de *Schistocerca gregaria* Forsk., (A, B, C) montrant des atrophies de l'élytre et de l'aile membraneuse gauche.

### III-3 Effet de la DL50 des adultes sur les 5 stades larvaires de *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775)

L'effet recherché à travers l'application de la DL50 de *Metarhizium anisopliae* (Metch) déterminée sur les adultes, est l'évaluation de l'impact de celle-ci sur les différents stades larvaires de *Schistocerca gregaria*.

La réponse recherchée est le niveau de mortalité, ainsi que les temps de létalité pour chaque stade larvaire, induit par cette dose.

### III-3-1 Résultats

Il est à noter que les observations sur 15 jours, sont faites dans le but de vérifier l'efficacité des traitements appliqués sur tous les stades larvaires (de L1 à L5), à la DL50 ( $8,9 \cdot 10^7$  spores /ml) de *Metarhizium anisopliae*, déterminée sur les adultes de *Schistocerca gregaria*.

Les résultats portés sur les tableaux n° 18, 19, 20,21 et 22 et représentés sur la figure n° 23 montrent :

- Le passage des larves traitées aux stades larvaires supérieurs, comme il a été le cas pour les témoins.
- Un décalage des mues entre les populations traitées et les témoins. Ceci apparaît uniquement chez le 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> stades larvaires.
- Une mortalité n'atteignant pas un taux de (100%), avec un maximum de (73,33%) pour les L1, (76,66%) pour les L2 et L3, (80%) pour les L4 et (83,33%) pour les L5.
- Une similarité de l'évolution des mortalités cumulées pour tous les stades larvaires (Figure n°31)

Il est à remarquer que les mues mentionnées sur les tableaux n° 18, 19, 20,21 et 22 représentent des moyennes.

**Tableau n°18 : Taux de mortalité journalière cumulée en pourcentage du 1<sup>er</sup> stade larvaire (L1) de *Schistocerca gregaria* Forsk., témoins et traités au *Metarhizium anisopliae* Metch. Observations au delà du stade L1**

Nombre de jours	Témoins	1 <sup>ère</sup>	2 <sup>ème</sup>	3 <sup>ème</sup>	Moyenne
		Répétition R1	Répétition R2	Répétition R3	
1	0	0	0	10	3,33 ± 4,71
2	0	40	40	30	36,66 ± 4,71
3	0 M1	60	70	40	56,66 ± 12,47
4	0	60	80	70	70 ± 8,16
5	0	60	80	80	73,33 ± 9,42 M1
6	0	60	80	80	73,33 ± 9,42
7	0	60	80	80	73,33 ± 9,42
8	0	60	80	80	73,33 ± 9,42
9	0	60	80	80	73,33 ± 9,42
10	0	60	80	80	73,33 ± 9,42
11	0 M2	60	80	80	73,33 ± 9,42
12	0	60	80	80	73,33 ± 9,42 M2
13	0	60	80	80	73,33 ± 9,42
14	0	60	80	80	73,33 ± 9,42
15	0	60	80	80	73,33 ± 9,42

**Tableau n°19 : Taux de mortalité journalière cumulée en pourcentage du 2<sup>ème</sup> stade larvaire (L2) de *Schistocerca gregaria* Forsk., témoins et traités au *Metarhizium anisopliae* Metch. Observations au delà du stade L2**

Nombre de jours	Témoins	3 <sup>ème</sup> stade larvaire (L3)			Moyenne
		1 <sup>ère</sup> Répétition R1	2 <sup>ème</sup> Répétition R2	3 <sup>ème</sup> Répétition R3	
1	0	0	0	0	0
2	0	10	30	20	20 ±8,16
3	0	30	40	40	36,66±4,71
4	0 M2	60	50	60	56,66±4,71
5	0	70	50	70	63,33±9,42 M2
6	0	70	80	70	73,33±4,71
7	0	70	80	70	73,33±4,71
8	0	70	80	70	73,33±4,71
9	0 M3	70	80	70	73,33±4,71
10	0	70	80	70	73,33±4,71 M3
11	0	70	80	70	73,33±4,71
12	0	70	80	80	76,66±4,71
13	0	70	80	80	76,66±4,71
14	0	70	80	80	76,66±4,71
15	0	70	80	80	76,66±4,71

Tableau n°20 : Taux de mortalité journalière cumulée en pourcentage du 3<sup>ème</sup> stade larvaire (L3) de *Schistocerca gregaria* Forsk., témoins et traités au *Metarhizium anisopliae*, Metch. Observations au delà du stade L3

Nombre de jours	Témoins	4 <sup>ème</sup> stade larvaire (L4)			Moyenne
		1 <sup>ère</sup> Répétition R1	2 <sup>ème</sup> Répétition R2	3 <sup>ème</sup> Répétition R3	
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	80	20	10	36.66 ±30,91
4	0 M3	80	60	50	63.33 ±12,47
5	0	90	60	70	73,33 ±12,47 M3
6	0	90	60	70	73,33 ±12,47
7	0	90	70	70	76,66 ± 9,42
8	0	90	70	70	76,66 ± 9,42
9	0 M4	90	70	70	76,66 ± 9,42
10	0	90	70	70	76,66 ± 9,42 M4
11	0	90	70	70	76,66 ± 9,42
12	0	90	70	70	76,66 ± 9,42
13	0	90	70	70	76,66 ± 9,42
14	0	90	70	70	76,66 ± 9,42
15	0	90	70	70	76,66 ± 9,42

Tableau n° 21 : Taux de mortalité journalière cumulée en pourcentage du 4<sup>ème</sup> stade larvaire (L4) de *Schistocerca gregaria* Forsk., témoins et traités au *Metarhizium anisopliae* Metch. Observations au delà du stade L4

**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Arcrididae cyrtacanthacridinae**

Nombre de jours	Témoins	1 <sup>ère</sup> Répétition R1	2 <sup>ème</sup> Répétition R2	3 <sup>ème</sup> Répétition R3	Moyenne
1	0	0	0	10	3,33, ± 4,71
2	0	0	0	30	10, ±14,14
3	0	60	40	30	43,33 ±12,47
4	0	70	60	40	56,66 ±12,47
5	0 M5	80	90	60	76,66 ±12,47 M5
6	0	80	90	70	80 ± 8,16
7	0	80	90	70	80 ± 8,16
8	0	80	90	70	80 ± 8,16
9	0	80	90	70	80 ± 8,16
10	0	80	90	70	80 ± 8,16
11	0 Mi	80	90	70	80 ± 8,16 Mi
12	0	80	90	70	80 ± 8,16
13	0	80	90	70	80 ± 8,16
14	0	80	90	70	80 ± 8,16
15	0	80	90	70	80 ± 8,16

**Tableau n°22 : Taux de mortalité journalière cumulée en pourcentage du 5<sup>ème</sup> stade larvaire (L5) de *Schistocerca gregaria* Fosk., témoins et traités au *Metarhizium anisopliae* Metch. Observations au delà du stade L5**

Nombre de jours	Témoins	1 <sup>er</sup> Répétition R1	2 <sup>ème</sup> Répétition R2	3 <sup>ème</sup> Répétition R3	Moyenne
1	0	0	0	0	0
2	0	0	10	0	3,33 ± 4,71
3	0	40	60	50	50 ± 8,16
4	0	50	70	70	63,33 ± 9,42
5	0 Mi	70	90	80	80 ± 8,16 Mi
6	0	80	90	80	83,33 ± 4,71
7	0	80	90	80	83,33 ± 4,71
8	0	80	90	80	83,33 ± 4,71
9	0	80	90	80	83,33 ± 4,71
10	0	80	90	80	83,33 ± 4,71
11	0	80	90	80	83,33 ± 4,71
12	0	80	90	80	83,33 ± 4,71
13	0	80	90	80	83,33 ± 4,71
14	0	80	90	80	83,33 ± 4,71
15	0	80	90	80	83,33 ± 4,71



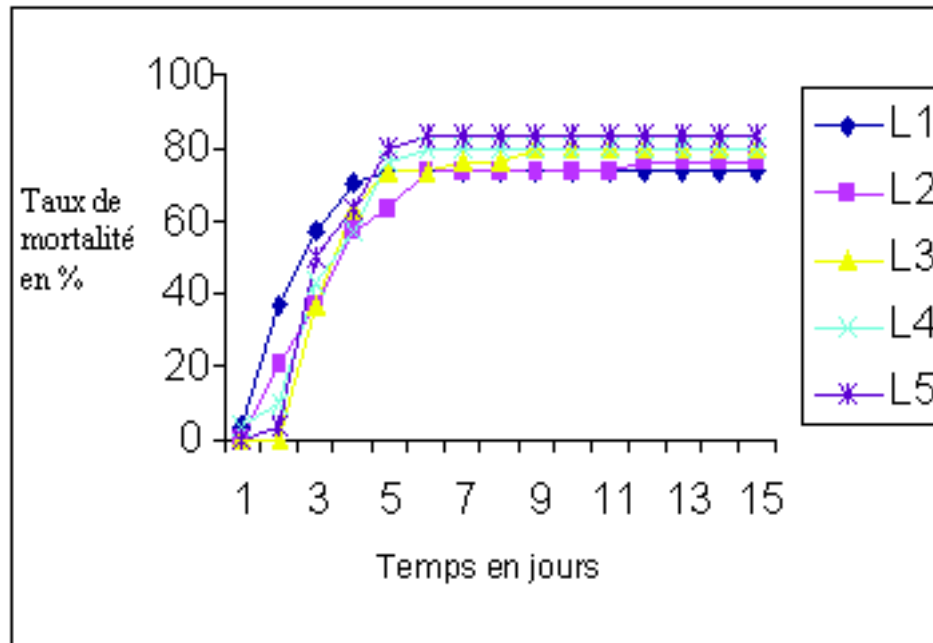


Figure n°23 : Taux de mortalité cumulée en pourcentage par rapport au temps, des larves de *Schistocerca gregaria*, Forsk., traitées au *Metarhizium anisopliae*, Metch., à la DL50, déterminée sur les adultes.

### III-3-2 Analyse de la variance

Pour mieux interpréter nos résultats nous nous sommes appuyés sur l'analyse de la variance à trois critères de classifications :

- Facteur 1 : Doses avec 2 niveaux (D0 : Témoin, et D1 égale à la DL50=8,9.10<sup>7</sup> spores /ml).
- Facteur 2 : Stades larvaires avec 5 niveaux (du 1<sup>er</sup> stade larvaire jusqu'au 5<sup>ème</sup> stade : L1, L2, L3, L4, L5).
- Facteur 3 : Temps avec 7 niveaux (du 1<sup>er</sup> jour au 7<sup>ème</sup> jour : J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7)
- Les valeurs de F théorique sont obtenues à partir de la table de distribution de Snedecor et Cochran, (1971).

L'analyse de la variance à trois critères de classification (Tableau n°23), révèle une différence très hautement significative pour le facteur 1(Dose) et le facteur 3 (Temps). Le F observé de ces derniers est supérieur au F théorique, ce qui implique que la dose de traitement et le temps ont une influence sur la mortalité. Pour ce qui est du facteur 2 (Stade larvaire), la différence est non significative avec un F observé inférieur au F théorique, montrant que la mortalité n'est pas fonction des stades larvaires.

L'interaction entre la dose, les stades larvaires et le temps présente une différence non significative. La combinaison de ces trois facteurs (1et2), (2et3) et (1,2 et3)

n'implique aucune interaction entre eux, et n'influence pas la mortalité.

**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Arcrididae cyrtacanthacridinae**

**Tableau n°23 : Efficacité de *Metarhizium anisopliae* Metch, appliquée par contact sur les 5 stades larvaires *Schistocerca gregaria*,Forsk. à travers l'analyse de la variance.**

Source de la variation	S.C.E	D.D.L	C.M	F.Obs	F.Théo	Proba	E.T	C.V	Résult
Var.Total	233449,55	209	1116,98						
Var.Fact.1	130750,53	1	130750,53	1799,39	3,91	0,00			THS
Var.Fact.2	63052	4	157,63	2,17	2,43	0,0747			N.S
Var.Fact.3	43796,20	6	7299,37	100,45	2,16	0,00			THS
Var.Fact1*2	63,42	4	157,61	2,17	2,43	0,0747			N.S
Var.Fact1*3	43796,14	6	7299,36	100,45	2,16	0,00			THS
Var.Fact2*3	1822,83	24	75,95	1,05	1,59	0,4148			N.S
Var.Fact1*2*3	1822,91	24	75,95	1,05	1,59	0,4148			N.S
Var.Résiduelle	10027,58	138	72,66					8,52	34.2%

### III-3-3 Test de Newman-Keuls au seuil de 5 %

Seul le classement des moyennes des facteurs dont la différence est significative, ont été pris en compte par le test de Newman-Keuls au seuil de 5%.

Pour le facteur 1 (Dose), le test révèle (Tableaux n°24), deux groupes homogènes bien distincts.

**Tableau n°24 : Classement des moyennes pour le facteur 1 (dose).**

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
D0	0,00	A
D1	49,90	B

Le group (A) intéresse les doses nulles (témoins) quant au groupe (B), il intéresse la DL50 des adultes utilisée sur tout les stades larvaires.

Il est à noter que la plus petite amplitude significative (PPAS) entre deux moyennes consécutives est de (2,33).

Pour le facteur 3 (Temps) le test révèle (Tableau n°25), 5 groupes homogènes bien distinct.

Le groupe (A) commence à partir du 5<sup>ème</sup> jour où la mortalité a atteint son maximum.

Les groupes (B, C, D, E), qui respectivement correspondent aux jours (J4, J3, J2, J1), où la mortalité décrois progressivement jusqu'à atteindre un minimum intéressant le groupe (E).

La plus petite amplitude significative (PPAS), entre deux moyennes consécutives pour ce facteur est de (4,36).

**Tableau n°25 : Classement des moyennes pour le facteur 3 (temps).**

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
J7	38,67	A
J6	38,33	A
J5	36,67	A
J4	31,00	B
J3	22,33	C
J2	7,00	D
J1	0,67	E

A travers le test de Newman-Keuls au seuil de 5%, l'interaction entre le facteur 1 (dose) et le facteur 2 (temps), nous révèle (Tableau n°26), 5 groupes homogènes.

Le groupe (A) intéresse le maximum de mortalité, des individus traités à la DI50 des adultes, survenue à partir du 5<sup>ème</sup> jour.

Les groupes (B, C, D), intéressent respectivement les jours (J4, J3, J2), où la mortalité est considérée comme moyenne.

Le groupe (E) représente les mortalités nulles qui s'étendent du 1<sup>er</sup> jusqu'au 7<sup>ème</sup> jour et concernent les individus témoins à l'exception du 1<sup>er</sup> jour des individus traités où la mortalité est presque nulle dont la moyenne est de (1,33%). la plus petite amplitude significative (PPAS) entre deux moyennes consécutives pour la combinaison des deux facteurs est de (6,16%).

Ceci implique que la mortalité est en fonction du temps et de la dose.

Tableau n°26 : Classement des moyennes pour l'interaction, temps-dose.

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
D1-J7	77,33	A
D1-J6	76,67	A
D1-J5	73,33	A
D1-J4	62,00	B
D1-J3	44,67	C
D1-J2	14,00	D
D1-J1	1,33	E
D0-J2	0,00	E
D0-J1	0,00	E
D0-J5	0,00	E
D0-J4	0,00	E
D0-J3	0,00	E
D0-J7	0,00	E
D0-J6	0,00	E

### III-3-4 TL50

Les probits des pourcentages de mortalité cumulés ainsi que le logarithme décimal des temps pour chaque dose qui ont servi dans le calcul des TL50 (temps léthale occasionnant 50% de mortalité) de *M.anisopliae* testé sont portés sur les tableaux n° 27, 28, 29,30 et

**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Acrididae cyrtacanthacridinae**

31 en annexe. Le TL50 nous renseigne sur l'importance de l'effet de ce Mycopathogène dans le temps.

Les valeurs des TL50, relative à chaque stade larvaire soumis à la DL50 ( $8,9.10^7$  spores /ml) déduite à partir des adultes traités, sont tirées directement des équations des droites de régressions (Figure n°24).

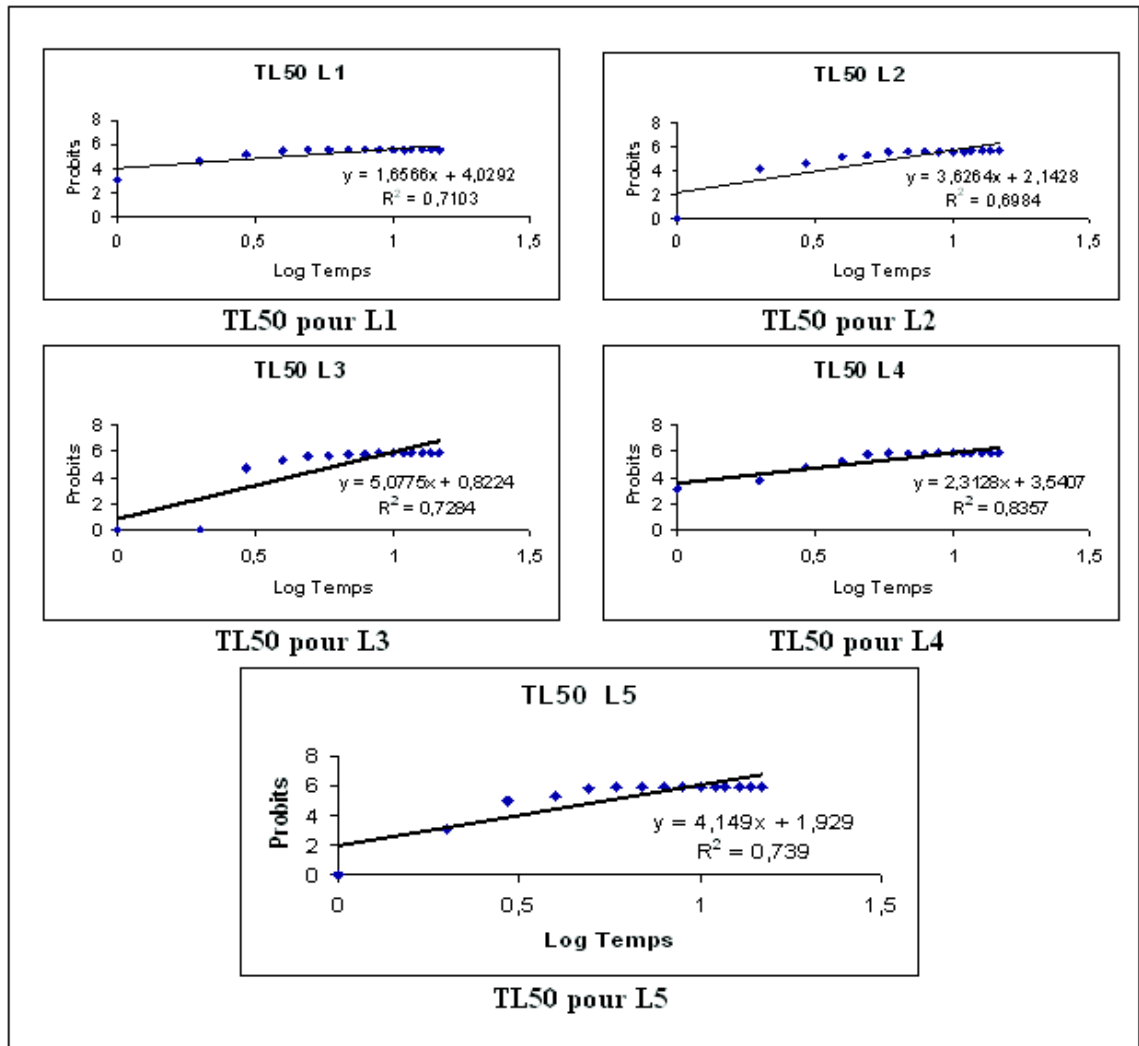


Figure n°24 : Efficacité du *Metarhizium anisopliae* (Metch), dans le temps, à la DL50 déterminée sur les adultes et appliquée sur les différents stades larvaires de *Schistocerca gregaria* (Forsk).

Y1=1,6566X+4,0292 ... X1 = 0,59 ce qui implique un TL50 pour les L1 de 3,89 jours  
 Y2=3,6264X+2,1428....X2 = 0,79 ce qui implique un TL50 pour les L2 de 6,16 jours  
 Y3=5,0775X+0,8224....X3 = 0,82 ce qui implique un TL50 pour les L3 de 6,60 jours  
 Y4=2,3128X+3,5407....X4 = 0,63 ce qui implique un TL50 pour les L4 de 4,26 jours  
 Y5=4,1490X+1,9290....X5 = 0,74 ce qui implique un TL50 pour les L5 de 5,49 jours

Les temps létaux calculés, varient d'un stade larvaire à un autre. Le temps le plus élevé où 50% de la population est tuée est de 6,60 jours pour les larves de 3<sup>ème</sup> stade (L3). Le temps le plus court est de 3,89 jours pour les larves de 1<sup>er</sup> stade (L1).

### III-3-5 Discussion

D'après les résultats qui sont portés sur les tableaux n° (28, 29, 30, 31 et 32 en annexe), nous remarquons que tous les stades larvaires soumis à la DL50 déterminée sur les adultes de *Schistocerca gregaria*, n'ont jamais atteint 100% de mortalité. 73,33% pour les L1, 76,66% pour les L2 et les L3, 80% pour les L4 et 83,33% pour les L5.

Ceci confirme le taux de mortalité de 90% des larves de 5<sup>ème</sup> stade (L5), obtenu par Lomer et al. (2001), au sud du Bénin, 10 jours après l'application de  $5,10^{12}$  spores/ha de *Metarhizium flavoviride*.

Cependant, d'autres doses moins élevées que la DL50 que nous avons déterminé sur les adultes et appliquée sur tous les stades larvaires, ont provoqué 100% de mortalité chez les larves de 5<sup>ème</sup> stade (L5) de *Schistocerca gregaria* (Halouane, 1997).

A travers l'évaluation du temps léthal de 50% (TL50) des populations traitées, nous remarquons que le 1<sup>er</sup> stade larvaire (L1) est le plus sensible (3,89 jours) vis-à-vis du *Metarhizium anisopliae* comparé aux larves de 3<sup>ème</sup> stade qui sont les plus résistantes (6,60 jours). Par ordre de résistance décroissante nous avons : L3, L2, L5, L4 et L1.

Il est à noter que mise à part le stade L2 où la mortalité a évolué après la 2<sup>ème</sup> mue qui suit le traitement, celle des autres stades s'est arrêtée juste après ou au moment de la 1<sup>ère</sup> mue qui a suivie le traitement (Tableaux n° 18, 19, 20, 21 et 22).

Si on se réfère à l'hypothèse de Dillon et Charnley (1988), l'arrêt de la mortalité est due aux propriétés antifongiques de certaines substances libérées par l'insecte.

Cela peut être dû aussi comme l'a signalé Inglis et al. (1997), à l'inefficacité de l'entomopathogène.

Cette différence dans les résultats est liée sûrement aux conditions de l'expérience, à l'état physiologique des insectes ou à la capacité de pathogénicité du champignon.

### III-3-6 Conclusion

L'essai des traitements par le *Metarhizium anisopliae*, à la DL50 déterminée sur les adultes de *Schistocerca gregaria*, appliquées sur tous les stades larvaires de cette même espèce, fait ressortir une certaine vulnérabilité de cet entomopathogène envers certains stades larvaires à l'opposé d'une certaine résistance éphémère d'autres stades.

Les traitements à base de *M. anisopliae* à la DL50 déterminée sur les adultes provoquent une dissociation des populations larvaires, étant donné que la mortalité maximale observée est de 83,33% chez les L5.

La surveillance des populations de *Schistocerca gregaria* est obligatoire et nécessite d'autres connaissances qui intéressent les mécanismes enzymatiques, hormonaux et

de défense, qui interviennent au moment des mues, ainsi que les interactions entre mycoentomopathogène et insecte.

### **III-4 Effet de la DL50 de *Metarhizium anisopliae* (Metch) sur le comportement**

alimentaire de tous les stades larvaires *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)

L'évaluation du comportement alimentaire de tous les stades larvaires de *Schistocerca gregaria* traités au *Metarhizium anisopliae* permet essentiellement de mettre en valeur l'efficacité de ce dernier. Le niveau de prise de nourriture est considéré comme une réponse à une interaction entre hôte et pathogène.

Il est à signaler que durant l'élevage, seule la laitue a été distribuée.

#### **III-4-1 Résultats**

---

Les résultats portés sur le tableau n°32 dont les détails sont donnés en annexe (Tableau n°33, 34,35, 36,37) et reportés sur la figure n° 25, reflètent le comportement alimentaire, exprimé par la prise de nourriture des différents stades larvaires de *Schistocerca gregaria*. La prise de nourriture (Laitue) est évaluée en pourcentage de matière sèche par individu, par rapport à la quantité d'aliment distribué.

Désignation		Moyenne d'Aliment consommé par individu, exprimé en pourcentage de matière sèche.				
Jours	blocs	L1	L2	L3	L4	L5
1	T	100	72,96	98,34	72,31	93,85
	MR	95,91 ± 4,08	74,12 ±4,70	50,30 ±5,03	67,99 ±0,34	86,68 ±0,25
2	T	100	78,31	96,96	81,62	97,10
	MR	84,37 ± 4,21	32,65 ±1,08	45,78 ±5,41	26,16 ±1	84,30
3	T	55,58	82,81	100	94,29	98,28
	MR	19,10 ± 5,45	24,19 ±1,05	50,78 ±2,95	22,14	50,56 ±1,74
4	T	48,06	61,89	28,59	91,55	100
	MR	44,60 ± 2,12	21,50	69,04 ±1,95	17,51 ±0,92	46,05 ±0,74
5	T	66,73	63,59	26,75	22,28	20,67
	MR	44,76 ± 4,26	20,36	21,37 ±0,5	30,54 ±0,96	7,71 ±0,25
6	T	65,59	80,70	89,96	17,91	15,60
	MR	113,07 ±10,09	40,90 ±1,02	41,49 ±0,91	60,97 ±0,67	47,82 ±0,25
7	T	86,08	90,62	97,21	59,19	5,35
	MR	182,25 ± 8,1	48,18 ±2,05	51,17 ±1,74	99,17 ±3,31	55,10 ±0,99

Tableau n°32 : Comportement alimentaire chez tous les stades larvaires de *Schistocerca gregaria* Forsk.

T : Témoin ; MR : Moyenne des répétitions.

Les chiffres écrits en rouge, indiquent les Jours moyens des mues ( $\pm 1$  jour)

L1, L2, L3, L4, L5 : Indiquent les stades larvaires initiaux de départ, évoluant vers d'autres stades.

Sur ces résultats nous avons fait mention des journées moyennes des mues (signalées en rouge) mettant en exergue l'influence de ces dernières sur le comportement alimentaire ou de ce dernier sur les mues. Il est à noter que les individus qui ont survécus aux traitements ont évolués vers les stades supérieurs comme le montre le tableau n°32.

La figure n° 25 indique le niveau de prise de nourriture par individu dans le temps, exprimée en pourcentage de matière sèche par rapport à l'aliment distribué. Les périodes des mues sont aussi mentionnées afin de faire ressortir la relation changements physiologiques de l'insecte, pathogénicité et comportement alimentaire.



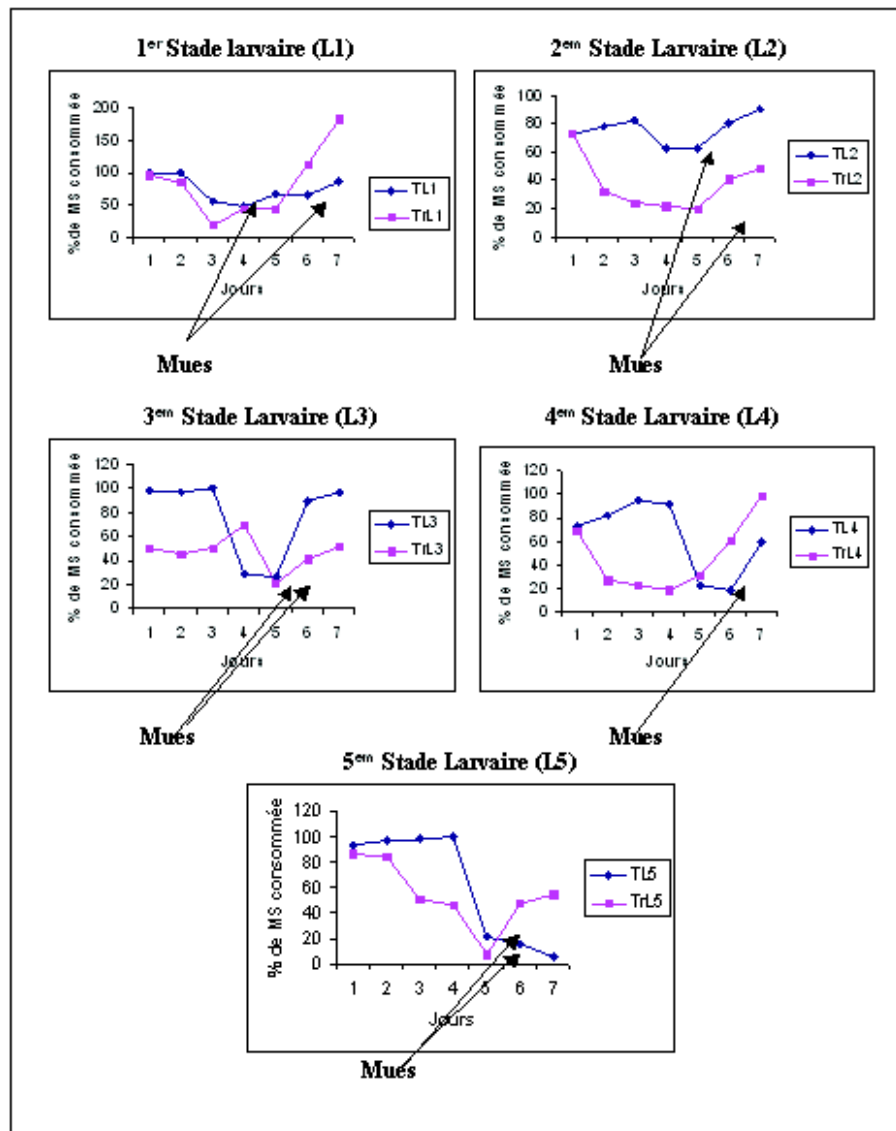


Figure n°25 : Prise de nourriture chez les différents stades larvaires de *Schistocerca gregaria* Forsk., exprimée en pourcentage par rapport à la quantité d'aliment distribué.

**MS** = Matière Sèche.

**TLn** = Population Témoin d'un stade larvaire donné soit de 1 à 5.

**Tr Ln** = Population Traitée d'un stade larvaire donné soit de 1 à 5.

### III-4-2 Analyse de la variance

Pour mieux interpréter les résultats du comportement alimentaire, nous nous sommes appuyés sur l'analyse de la variance à trois critères de classifications :

Facteur 1 : Doses avec 2 niveaux (D0 : Témoin, et D1 égale à la  $DL_{50} = 8,9 \cdot 10^7$  spores /ml).

Facteur 2 : Stades larvaires avec 5 niveaux (du 1<sup>er</sup> stade larvaire jusqu'au 5<sup>ème</sup> stade : L1, L2, L3, L4, L5).

Facteur 3 : Temps avec 7 niveaux (du 1<sup>er</sup> jour au 7<sup>ème</sup> jour : J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7).

Les valeurs de F théorique sont obtenues à partir de la table de distribution de Snedecor et Cochran (1971).

L'analyse de la variance à trois critères de classification (Tableau n°38), révèle une différence très hautement significative pour tous les facteurs où le F observé est supérieur au F théorique. Ceci implique que ces facteurs (dose de traitement, stades larvaires ainsi que le temps) ont une influence directe sur la prise de nourriture chez tous les stades larvaires de *Schistocerca gregaria*.

L'interaction entre ces trois facteurs (dose, stade larvaire, temps) révèle aussi une différence très hautement significative, montrant que la prise de nourriture est fortement influencée par la combinaison de ces facteurs.

**Tableau n°38 : Influence du *Metarhizium anisopliae* sur les différents stades Larvaires de *Schistocerca gregaria* forsk., a travers l'analyse de la variance.**

Source de la variation	S.C.E	D.D.L	C.M	F.Obs	F.Théo	Proba	E.T	C.V	Résult
Var.Total	2,41	209	0,01						
Var.Fact.1	0,07	1	0,07	4571,02	3,91	0,00			T.H.S
Var.Fact.2	1,07	4	0,27	18315,48	2,43	0,00			T.H.S
Var.Fact.3	0,27	6	0,04	3032,19	2,16	0,00			T.H.S
Var.Fact1*2	0,03	4	0,01	495,10	2,43	0,00			T.H.S
Var.Fact1*3	0,16	6	0,03	1805,93	2,16	0,00			T.H.S
Var.Fact2*3	0,48	24	0,02	1368,26	1,59	0,00			T.H.S
Var.Fact1*2*3	0,33	24	0,01	941,50	1,59	0,00			T.H.S
Var.Résiduelle	0,00	138	0,00				0,00	3,1%	

### III-4-3 Test de Newman-Keuls au seuil de 5 %

Le classement des moyennes des facteurs par le test de Newman-Keuls au seuil de 5% permet de constituer des groupes homogènes. Les moyennes appartenant au même groupe sont considérées comme non différentes.

Pour le facteur 1 (dose), le test révèle (Tableaux n°39) deux groupes homogènes bien distincts montrant que le comportement alimentaire est influencé d'une manière différente pour chaque dose de *Metarhizium anisopliae*.

Le groupe A intéresse les doses nulles (témoins) quant au groupe B, il intéresse la DL50 des adultes utilisée sur tout les stades larvaires.

**Tableau n°39 : Classement des moyennes pour le facteur 1(dose)**

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
D0	0,14	A
D1	0,11	B

## Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Arcrididae cyrtacanthacridinae

---

Pour le facteur 2 (stades larvaires) le test révèle (Tableau n°40), 5 groupes homogènes bien distinct, montrant une différence du comportement alimentaire pour tous les stades larvaires.

Tableau n°40 : Classement des moyennes pour le facteur 2 (stades larvaires)

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
L5	0,23	A
L4	0,17	B
L3	0,13	C
L2	0,05	D
L1	0,04	E

Le test de Newman-Keuls pour le facteur 3 (temps) révèlent (Tableau n°41), 7 groupes homogènes bien distincts, montrant que le comportement alimentaire des larves de *Schistocerca gregaria* est variable, non identique pendant les journées qui ont suivies le traitement.

Les plus petites amplitudes significatives (PPAS) entre deux moyennes consécutives pour les trois facteurs (dose-stades larvaires-temps) sont nulles (0,00).

Tableau n°41 : Classement des moyennes pour le facteur 3 (temps)

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
J1	0,16	A
J2	0,15	B
J3	0,14	C
J7	0,13	D
J4	0,13	E
J6	0,10	F
J5	0,05	G

### III-4-4 Discussion

---

A travers les résultats trouvés nous remarquons (Figure n°25), que la prise de nourriture (laitue) chez les populations traitées évolue de la même manière que chez les populations témoins. Ceci s'est traduit par une baisse du niveau de consommation qui apparaît après les traitements.

Cette baisse de la prise de nourriture n'est pas liée au végétal distribué. En effet Agrane (1997), a noté une forte assimilation de ce dernier (laitue) avec un taux de 85,77% par rapport à la quantité totale d'aliment distribué.

L'analyse de la variance a démontré que les trois facteurs ont une influence sur le comportement alimentaire. Parmi ces facteurs le genre *Metarhizium* considéré comme biopesticide à action lente pourrait d'après Dobson., (2001), induire une baisse ou un arrêt de l'activité alimentaire, provoquant la mort plus tard ou dans la journée qui suit le traitement.

Contrairement à ce qui a été dit, une reprise de l'activité alimentaire a été notée chez tous les stades larvaires. Il est à rappeler que chez ces derniers qui ont été soumis à un traitement à base de *Metarhizium anisopliae* var : *acidum*, le maximum de mortalité a été enregistré pendant les périodes des mues qui ont suivies les traitements ; 73,33% pour les

L1 et les L2, 76,66% pour les L3, 80% pour les L4 et 83,33% pour les L5 (tableaux n° 18, 19, 20, 21 et 22). Aucune mortalité n'a été enregistrée chez les populations témoins ; par contre un décalage est observé entre les mues des populations témoins et les populations traitées.

L'évaluation de la prise de nourriture reflète l'état des fonctions vitales, physiologiques et

neuro perceptives de certains produits chimiques phago stimulants et dissuasifs des plantes (Chapman et Joern, 1990). Ceci serait considéré comme réponse aux traitements à base de *Metarhizium anisopliae* auquel les différents stades larvaires de *S. gregaria* ont été soumis.

La reprise de l'activité alimentaire des larves de cet acridien montre qu'au delà des mues le *M. anisopliae* n'a aucune action sur ces dernières.

### III-4-5 Conclusion

---

L'exposition des différents stades larvaires de *S. gregaria* au *M. anisopliae* var : *acridum* a montré une perturbation temporaire de leur comportement alimentaire accompagnée de troubles physiologiques se traduisant par un décalage des mues. La reprise de l'activité alimentaire par les différents stades larvaires est due sûrement à l'inhibition de l'action de cet entomomyco-pathogène, par des phénomènes physiologiques liés à la mue ou à un système de défense qui se trouve performant entre deux exuvies.

Ceci révèle que le *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* n'est efficace qu'entre deux mues, en n'ayant aucune action sur le comportement alimentaire des larves, au-delà des mues qui suivent le traitement.

Cette situation est encourageante à long terme, du moment que ceci réduirait par le temps l'effectif des populations grégaires en provoquant une dispersion des populations larvaires de *Schistocerca gregaria*.

## III-5 Effet du *Metarhizium anisopliae* (Metch) sur quelques composantes des écosystèmes aquatiques

L'objectif recherché est d'évaluer le comportement du *Metarhizium anisopliae* dans l'écosystème aquatique en général. Vu la diversité des populations aquatiques, notre choix a porté sur quatre organismes dulcicoles à savoir :

- Une algue filamenteuse (*Spirogyra* sp.).
- Un cladocère (*Daphnia magna*).
- Un amphibien Têtards de grenouille (non déterminé).
- Un poisson (*Xiphophorus helleri* ; Heckel, 1848).

Les observations qui vont suivre intéressent la mortalité.

Concernant les paramètres physico-chimiques, nous nous sommes intéressés uniquement à l'influence du *M. anisopliae* sur l'oxygène dissous dans l'eau, considéré comme facteur important dans le métabolisme des hydro écosystèmes.

### III-5-1 Algue filamenteuse *Spirogyra sp.*

---

La spirogyre est une algue filamenteuse appartenant aux Zygomycètes. Elle se caractérise par l'absence de tout élément reproducteur flagellé. Les cellules sont uninucléées, groupées en filaments non ramifiés (Zygnémales). Les longues cellules comportent un ou deux chloroplastes enroulés en hélice (Figure n°26 A et 27 A). La multiplication se fait par voie végétative ou sexuée (Saint-Maxent, 2002).

Le choix de cette algue était motivé surtout par sa disponibilité dans les plans d'eaux, cours d'eaux, réseaux d'irrigation, foggaras (au sud) etc...

#### III-5-1-1 Mortalité

Dans ce cas précis, l'évaluation de la DL50 n'a pu se faire par le fait qu'il n'y a aucun élément de quantification de cet élément biologique.

Par contre, il est à noter qu'une décomposition complète a été observée au 4<sup>e</sup> jour à la dose D4 ( $1.10^9$  sp/ml) et au 7<sup>ème</sup> jour à la dose D3 ( $1.10^7$  sp/ml), comme le montre la figure n° 26A,B et 27A,B.

Durant 20 jours d'observations, aucune décomposition n'a pu être observée à la dose D1 et D2.

#### III-5-1-2 Influence du *Metarhizium anisopliae* (Metch) sur l'oxygène dissous dans les eaux contenant les algues filamenteuses *Spirogyra sp.*

Plusieurs types de témoins ont été mis en place, pour confirmer ou infirmer de l'influence du *Metarhizium anisopliae* sur l'oxygène dissous de l'eau contenant les algues.

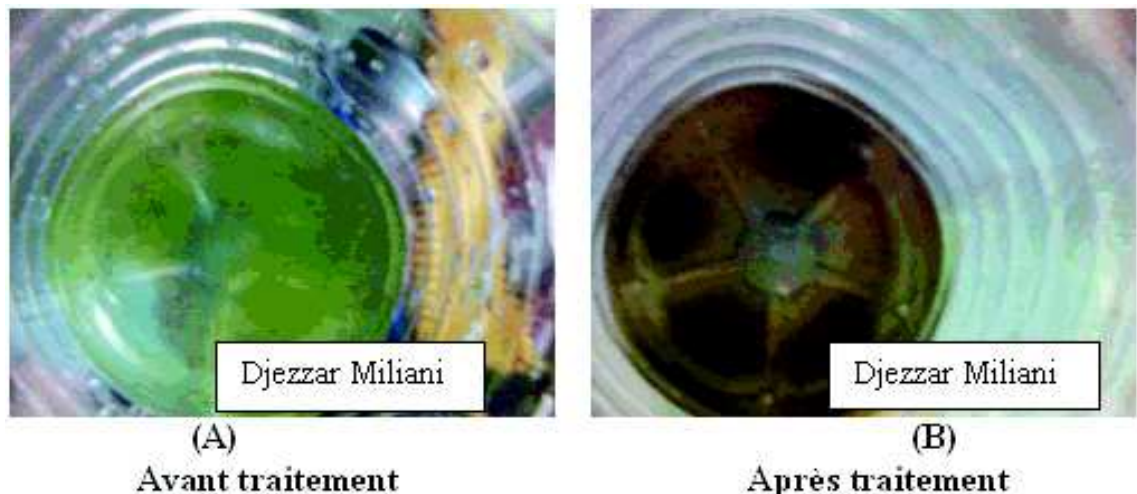


Figure n°26 : Observation de *Spirogyra sp.* à l'œil nu avant traitement (A) et après Traitement (B) au *Metarhizium anisopliae* (Metch)

L'algue traitée au *Metarhizium* (A), s'est décomposée en prenant un aspect noir et poudreux (B)

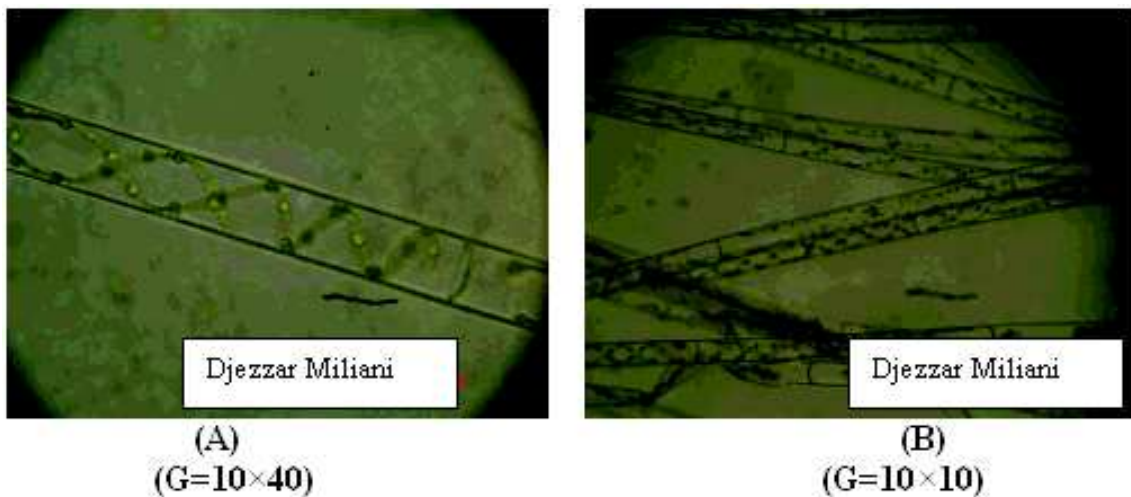


Figure n°27 : Observation au microscope de la Spirogyre avant traitement (A) et après traitement (B)

A : avant traitement ; B : après traitement, au moment où la décomposition a commencé

### III-5-1-2-1 Résultats

Les mesures des taux d'oxygène dissous représentés sur le tableau n°42 sont exprimés en mg/l (milligramme / litre) et sont reportés sur la figure n° 28. Ils intéressent :

- T1 témoin constitué uniquement avec de l'eau, identique pour toutes les doses.
- T2 témoin constitué avec de l'eau contenant une des 4 doses de *M. anisopliae*.
- T3 témoin constitué avec de l'eau contenant 2gr d'algue filamenteuse.
- R1, R2 et R3 considérés comme des répétitions et sont similaires au T3 et contiennent en

plus une des 4 doses de *M.anisopliae*.

- M DES R ou M R = Moyenne des taux d'oxygène dissous des trois répétitions.

Ces résultats montrent une réduction presque totale de l'oxygène dissous dans les lots traités à la dose D4 (0.8mg/ml au 5<sup>em</sup> jour) et D3 (0,7mg/ml au 7<sup>ème</sup> jour) par rapport aux témoins qui ne contiennent pas de *M.anisopliae*.

Les témoins T2 se caractérisent par la baisse du taux d'oxygène dissous qui apparaît dès le 1<sup>er</sup> jour.



Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Acrididae cyrtacanthacridinae

Dose	JOURS	T1	T2	T3	R1	R2	R3	MDES R
<b>D1</b> <b>1.10<sup>3</sup></b> <b>sp/ml</b>	1	7,1	5,2	5,7	6,2	6,4	6,1	6,23± 0,12
	2	8,1	4,2	5,9	6,1	5,9	6,1	6,03± 0,09
	3	6,8	4,3	5,8	5,3	5,6	4,8	5,23± 0,32
	4	6,8	4,8	6,7	4,7	5,8	5,1	5,2 ± 0,45
	5	6,4	4,6	7,5	4,9	5,2	4,6	4,9± 0,24
	6	6	4,9	7,4	5,1	4,7	4,6	4,8 ± 0,21
	7	6,9	5,1	7,1	5,4	4,9	4,7	5 ± 0,29

Tableau n°42 : Taux d'oxygène dissous dans les lots contenant *Spirogyra sp* soumis à différentes doses de *Metarhizium anisopliae*.

Dose	JOURS	T1	T2	T3	R1	R2	R3	MDES R
<b>D2</b> <b>1.10<sup>5</sup></b> <b>sp/ml</b>	1	7,2	4,8	5,6	4,3	3,9	4,1	4,1±0,16
	2	8,3	4,5	6	4,7	4,4	4,1	4,4±0,24
	3	6,7	4,3	5,9	3,9	4,1	4,3	4,1±0,16
	4	6,8	3,8	6,9	4,2	3,7	3,7	3,86±0,23
	5	6,2	4,6	7,6	4,9	4,5	3,9	4,43±0,41
	6	6	4,9	7,3	3,8	4,2	4,1	4,03±0,16
	7	6,8	4,9	7	4,4	4,3	4,2	4,3±0,08
<b>D3</b> <b>1.10<sup>7</sup></b> <b>sp/ml</b>	1	7	4,3	5,9	2,5	2,7	2,7	2,63±0,09
	2	8	4,8	6	3	3,2	2,8	3±0,16
	3	6,6	4,6	5,9	4,8	4,7	3,5	4,33±0,59
	4	6,8	3,9	6,9	4,5	4,7	12	3,46±1,60
	5	6	4,6	7,7	1	0,9	1,1	1±0,08
	6	6	4,1	7,3	0,9	0,9	0,8	0,86± 0,04
	7	6,9	4,3	7,1	0,7	0,8	0,6	0,7±0,08
<b>D4</b> <b>1.10<sup>9</sup></b> <b>sp/ml</b>	1	7,1	3,5	5,6	2,6	2,4	2,6	2,53 ±0,09
	2	7,9	4,2	5,9	1,8	2,1	2,3	2,06 ±0,20
	3	6,8	4,3	5,9	1,4	1,7	1,7	1,6 ±0,14
	4	6,8	3,8	6,9	1,1	0,9	0,7	0,9 ±0,16
	5	6	4,6	7,5	0,9	0,9	0,6	0,8 ±0,14



Suite du Tableau n°42. Taux d'oxygène dissous dans les lots contenant *Spirogyra sp.* soumis à différentes doses de *Metarhizium anisopliae*.

### III-5-1-2-2 Analyse de la variance

Pour que nos résultats soient plus explicites nous nous sommes appuyé sur l'analyse de la variance à deux critères de classifications :

- Facteur 1 : Doses avec 10 niveaux (DT1 : DoseT1, T2D1 :Dose1T2, T2D2 : Dose2T2 T2D3 :Dose3T2, T2D4 :Dose4T2, DT3 :DoseT3, D1 :Dose1, D2 :Dose2, D3 :Dose3, D4 :Dose4).
- Facteur 2 : Temps avec 7 niveaux (observations du 1er jour au 7ème jour : J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7)

D'après les résultats de l'analyse de la variance (tableau n°43), le F observé est supérieur au F théorique. Cette analyse à deux facteurs, nous révèle que la différence pour tous les facteurs est très hautement significative. Ce qui implique que les doses de *M.anisopliae* (facteur 1), le temps (facteur 2) ainsi que l'interaction entre ces deux facteurs, ont une influence sur le taux d'oxygène dissous dans l'eau.

Tableau n°43 : Influence du *Metarhizium anisopliae* Metch, sur le taux d'oxygène dissous des eaux contenant l'algue filamenteuse *Spirogyra sp.*

Source de la variation	S.C.E	D.D.L	C.M	F.Obs	F.Théo	Proba	E.T	C.V	Résultat
Var.Total	634,12	209	3,03						
Var.Fact.1	539,01	9	59,89	710,52	1,94	0,00			T.H.S
Var.Fact.2	5,79	6	0,96	11,44	2,16	0,00			T.H.S
Var.Fact1*2	76,91	54	1,42	16,90	1,37	0,00			T.H.S
Var.Résiduelle	11,63	138	0,08				0,29	6,5%	

### III-5-1-2-3 Test de Newman-Keuls au seuil de 5 %

Le classement des moyennes des facteurs par le test de Newman-Keuls au seuil de 5% permet de constituer des groupes homogènes. Les moyennes appartenant au même groupe sont considérées comme non différentes.

Pour le facteur 1 (dose), le test révèle (Tableaux n°44), 8 groupes homogènes bien distincts montrant, que l'influence du taux d'oxygène dissous dans l'eau est induite par la présence d'algue et les spores de *M.anisopliae*.

Il est à noter qu'il n'y a aucun lien entre les lots traités et les lots témoins mis à part les groupes E et F qui intéresse les témoins T2 à la dose D2, D3 et D4 avec les lots traités à la D2.

La plus petite amplitude significative (PPAS) entre deux moyennes consécutives pour le facteur1 est de (0,18).

Tableau n°44 : Classement des moyennes pour le facteur 1 (dose)

**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Arcrididae cyrtacanthacridinae**

---

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
DT1	6,83	A
DT3	6,63	B
D1	5,34	C
T2D1	4,73	D
T2D2	4,54	E
T2D3	4,37	E F
T2D4	4,23	F
D2	4,18	F
D3	2,29	G
D4	1,36	H

Pour le facteur 2 (temps) le test révèle (Tableau n°45) 3groupes homogènes. Le groupe (A) concerne deux jours (J2, J1), le groupe (B) concerne aussi deux jours (J1, J3) et finalement le groupe (C) qui concerne les jours (J7, J4, J5, et J6).

La plus petite amplitude significative (PPAS) entre deux moyennes consécutives pour ce facteur est de (0,15).

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
J2	4,73	A
J1	4,61	A B
J3	4,53	B
J7	4,36	C
J4	4,34	C
J5	4,33	C
J6	4,23	C

### **III-5-1-2-4 Discussion**

La décomposition de *Spirogyra sp.* (Figure n°26 et27), survenue suite à son exposition à certaines doses élevées de *Metarhizium anisopliae*, est due d'après (Anonyme,1996c) a une compétition vis-à-vis des éléments nutritifs entre les micro-organismes viables (dont la concentration est relativement élevée) de la matière d'essai et les algues. Ce ci peut inhiber la croissance des algues indépendamment de la pathogénicité ou de la toxicité de la matière d'essai.

Par ailleurs, Douville (2001) a signalé que la plupart des essais, concernant des pesticides bactériens et fongiques portés sur une lenticule, une algue et une diatomée dulcicole qui ont servi de plantes hotes , ont mis en lumière la pathogénicité et/ou la toxicité de ces biopesticides.

Les relevés oxymétriques effectués dans les 4 sous blocs (D1, D2, D3, D4), nous montrent que l'algue filamenteuse a une influence sur les taux d'oxygène dissous qui se traduisent par une évolution positive dans le témoin (T3) par rapport au témoin (T1). De même l'influence des 4 doses de *M.anisopliae* dans le témoin (T2) est clairement prononcée, se traduisant par une évolution négative par rapport au témoin (T1).

Pour les 4 sous blocs (D1, D2, D3, D4) la figure n° 31, nous montre le rapprochement des courbes (T1) et (T3). Ce ci est valable pour les deux autres courbes (T2 et MR), à la dose D1 et D2 puisque à la dose D3 et D4, elles évoluent différemment, ce qui implique

que dans les lots des traités la baisse du taux d'oxygène est importante. Elle est de 0,8mg/l à la dose D4 et 0.7mg/ml à la dose D3. Cette forte baisse apparaît là où la décomposition est assez prononcée. Ceci est confirmé par Anonyme (2004c), qui note que la putréfaction dans l'eau des enceintes expérimentales, exige une certaine demande en oxygène.

### III-5-1-2-5 Conclusion

Quelque soit la concentration de *Metarhizium anisopliae* présente dans une eau peuplée par des algues filamenteuses, celui-ci génère des perturbations sur le niveau d'oxygène dissous. A forte concentration, en complément à la chute du niveau d'oxygène qu'il provoque, le *M.anisopliae* peut influencer l'activité biologique de la spirogyre (algue filamenteuse), considérée comme un des éléments du 1<sup>er</sup> maillon de la chaîne trophique aquatique, par une perturbation physiologique pouvant engendrer sa complète décomposition.

### III-5-2 Poisson *Xiphophorus helleri* (Heckel, 1848)

C'est une espèce ovovivipare, utilisée en aquariophilie (Figure n°29). Sa longueur est de 10 à 12cm. Elle se nourrit de plancton, ou d'aliment artificiel.



Figure n°29 : Elevage *Xiphophorus helleri* (Heckel, 1848).

Elle peut tolérer des températures allant jusqu'à 35°C. On l'utilise souvent dans des travaux de recherche particulièrement sur les mélanomes (tumeurs de la peau) (Petrovicky, 1988).

La méthode recommandée par Anonyme (1998b) et Douville (2001), préconise l'utilisation de la truite arc-en-ciel. Il est à souligner que cette dernière ne tolère pas des températures supérieures à 17°C et exige des teneurs en oxygène très élevées.

**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Arcrididae cyrtacanthacridinae**

Pour ces raisons notre choix a porté sur *Xyphophorus helleri* tolérant des températures élevées, nous permettant de mener l'expérience avec les mêmes conditions d'élevage du criquet.

La reproduction de cette espèce a été faite au laboratoire d'une manière semi-controlée (fécondation aléatoire), similaire à celle du criquet.

### III-5-2-1 Mortalité

#### III-5-2-1-1 Résultats

D'après les résultats qui sont portés sur le tableau n° 46, dont les détails sont sur le tableau n°47 en annexe, nous remarquons que les mortalités sont de :

(0%) nuls à la dose D1,

(20%) au 6<sup>ème</sup> jour à la dose D2,

(100%) au 7<sup>ème</sup> jour à la dose D3, et au 3<sup>ème</sup> jour à la dose D4.

Jours	Témoïn	Mortalité cumulée en pourcentage			
		D1 :1.10 <sup>3</sup> s.dn	D2 :1.10 <sup>5</sup> s.dn	D3 :1.10 <sup>7</sup> s.dn	D4 :1.10 <sup>9</sup> s.dn
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	40±16,3
3	0	0	0	0	100
4	0	0	0	20±8,16	100
5	0	0	20±8,16	60±8,16	100
6	0	0	20±8,1	90±14,1	100
7	0	0	20	100	100
8	0	0	20	100	100
9	0	0	20	100	100
10	0	0	20	100	100
11	0	0	20	100	100
12	0	0	20	100	100
13	0	0	20	100	100
14	0	0	20	100	100
15	0	0	20	100	100
16	0	0	20	100	100
17	0	0	20	100	100
18	0	0	20	100	100
19	0	0	20	100	100

Tableau n°46 : Moyennes des mortalités cumulées de *Xiphophorus helleri* (Heckel, 1848) soumis à différentes doses de *Metarhizium anisopliae* (Metch).

#### III-5-2-1-2 Analyse de la variance

Pour mieux interpréter les résultats de la mortalité du tableau n°46, nous nous sommes appuyés sur l'analyse de la variance à deux critères de classification :

- Facteur 1 : Doses avec 5 niveaux (DT: Dose Témoin (0 sp/ml), 1 :Dose1 ( $1.10^3$  sp/ml), D2 : Dose2 ( $1.10^5$  sp/ml), D3 :Dose3 ( $1.10^7$  sp/ml), D4 : Dose4 ( $1.10^9$  sp/ml).
- Facteur 2 : Temps avec 7 niveaux (7 jours d'observation : J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7).

D'après les résultats de l'analyse de la variance (tableau n°48), les F observés sont supérieurs aux F théoriques. Cette analyse à deux facteurs nous révèle que la différence pour tous les facteurs est très hautement significative. Ce qui implique que les doses de *Metarhizium anisopliae* (facteur 1), le temps (facteur 2) ainsi que l'interaction entre ces deux facteurs, ont une influence sur la mortalité de *Xiphophorus helleri*.

**Tableau n°48 : Influence du *Metarhizium anisopliae* sur *Xiphophorus helleri* Heckel ,à travers l'analyse de la variance.**

Source de la variation	S.C.E	D.D.L	C.M	F.Obs	F.Thé	Pro	E.T	C.V	Résultat
Var.Total	162222,88	104	1559,84						
Var.Fact.1	92880,02	4	23220,00	664,23	2,50	0,00			T.H.S
Var.Fact.2	25662,88	6	4277,15	122,35	2,23	0,00			T.H.S
Var.Fact1*2	41279,98	24	1720,00	49,20	1,67	0,00			T.H.S
Var.Résiduelle	2377,13	68	34,96				5,91	23,8%	

### III-5-2-1-3 Test de Newman-Keuls au seuil de 5 %

Le classement des moyennes des facteurs par le test de Newman-Keuls au seuil de 5% permet de constituer des groupes homogènes.

Pour le facteur 1 (dose), le test révèle (Tableaux n°49) quatre groupes homogènes bien distincts montrant, que le taux de mortalité est différent pour chaque dose, sauf pour la dose témoin (0 sp/ml) et la dose1 ( $1.10^3$  sp/ml) qui sont réunies dans le groupe (D), la mortalité induite par ce groupe (D) est nulle, par rapport au groupe (A) qui concerne la dose D4 où la mortalité est maximale (77,14).

La plus petite amplitude significative (PPAS) entre deux moyennes consécutives pour le facteur1 est de (3,64).

**Tableau n°49 : Classement des moyennes pour le facteur 1 (dose).**

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
D4	77,14	A
D3	38,57	B
D2	8,57	C
DT	0,00	D
D1	0,00	D

Pour le facteur 2 (temps), le test révèle (tableau n°50) cinq groupes homogènes. Le groupe (A) intéresse deux jours (J7, J6) où la mortalité est maximale, et le groupe (C) qui intéresse aussi deux jours (J4, J3) où la mortalité est moyenne. Le groupe (E) est déterminé par le 1<sup>er</sup> jour où la mortalité est nulle.

La plus petite amplitude significative (PPAS) entre deux moyennes consécutives pour ce facteur est de (4,31).

Tableau n°50 : Classement des moyennes pour le facteur 2 (Temps).

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
J7	4,73	A
J6	4,1	A
J5	4,53	B
J4	4,36	C
J3	4,34	C
J2	4,33	D
J1	4,23	E

### III-5-2-1-4 DL50

La DL50 a été déterminée à partir de l'équation issue de la droite de régression (Figure n°30). Cette dernière est élaborée à partir de la transformation des pourcentages de mortalités en probits, correspondant à 96 heures après le traitement, et des doses en logarithmes décimaux (Tableau n°51 en annexe).

$$Y = 1.2685X - 3.2385 \text{ avec } r^2 = 0.9533$$

Pour une mortalité de 50%, Y est égale à 5 (probit).

$$X = (Y + 3.2385) / 1.2685$$

X = 6.53 ce qui équivaut à une DL50 = 3388441.56 spores / 250ml

$$DL50 = 13553.76 \text{ spores/ml}$$

96 heures après les traitements, La DL50 est égale à 13553.7 spores/ml .et arrondie à

Cette DL50 a été arrondie à  $1,35 \cdot 10^4$  spores/ml

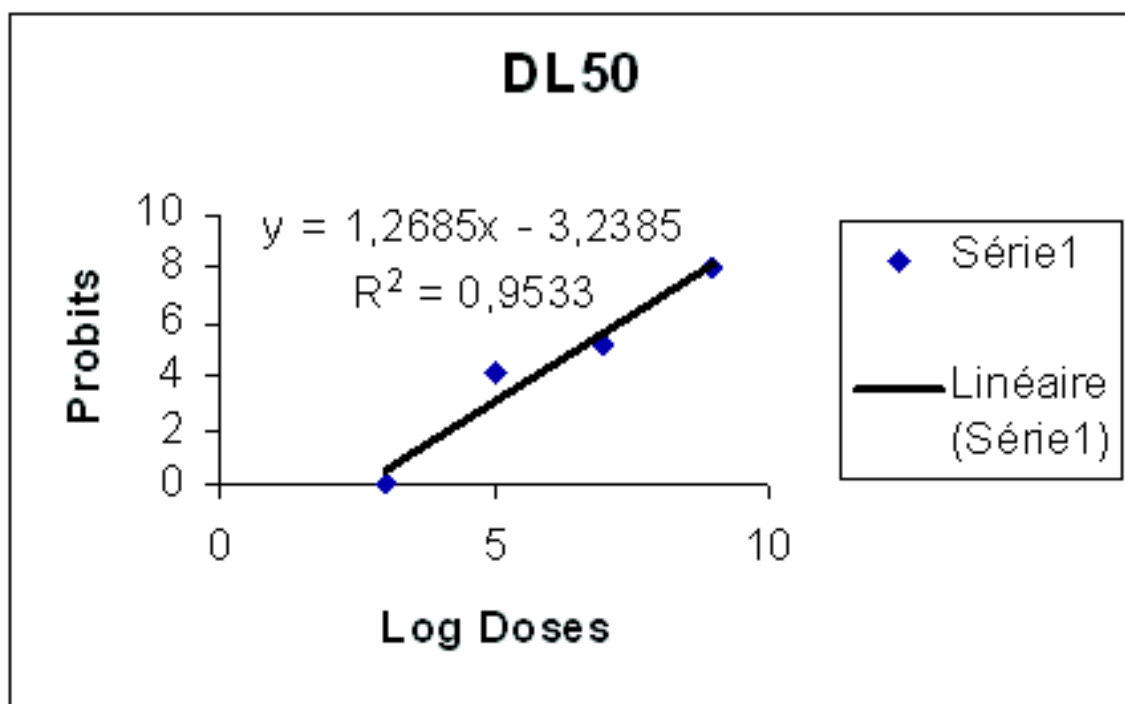


Figure n°30 : Efficacité du *Metarhizium anisopliae* var : *acridum* a la 96<sup>ème</sup> heure sur les larves de *Xiphophorus helleri*(Heckel, 1848)..

### III-5-2-2 Influence du *Metarhizium anisopliae* (Metch) sur l'oxygène dissous des eaux peuplées par *Xiphophorus helleri* (Heckel, 1848).

#### III-5-2-2-1 Résultats

Les mesures des taux d'oxygène dissous représentés sur le tableau n°52 sont exprimés en mg/l et sont reportés sur la figure n°31. Ils intéressent :

- T1 témoin constitué uniquement avec de l'eau, identique pour toutes les doses.
- T2 témoin constitué avec de l'eau contenant une dose de *M.anisopliae* spécifique pour chaque sous bloc.
- T3 témoin constitué avec de l'eau contenant 10 larves de poisson (*Xyphophorus*), commun a tout les sous blocs.
- R1, R2 et R3 considérés comme des répétitions et sont similaires au T2 et contiennent en plus une des doses de *M.anisopliae* spécifique a chaque sous bloc.
- M DES R ou M R = Moyenne des taux d'oxygène dissous des trois répétitions.
- Les résultats (Tableau n°52) montrent que les taux d'oxygène dissous sont en décroissance prononcée pour les quatre sous blocs contenant chacun une dose de *M.anisopliae* (D1, D2, D3, D4) par rapport aux témoins T1. Il est a noté que la réduction du taux d'oxygène dissous dans les témoins T2 est plus prononcée par rapport aux autres témoins (T1 et T3) de tout les sous blocs.

Il est à remarquer que certaines observations ce sont limitées à moins de 5 jour ,par le fait qu'il y'a eu mortalité complète des individus.

Dose	JOURS	T1	T2	T3	R1	R2	R3	M DES R
D1 1.10 <sup>3</sup> sp/ml	1	8,6	8	8,5	8,3	8,2	8,3	8,26 ± 0,04
	2	8,1	6,1	6,4	5,9	5,7	5,6	5,73 ± 0,12
	3	7,6	6,3	6,5	5,6	5,7	5,7	5,66 ± 0,04
	4	6,8	5,9	5,6	5,2	5,5	5,2	5,3 ± 0,14
	5	6	5,2	5,4	4,9	5,1	4,9	4,96 ± 0,09
	6	5,7	5,4	6,3	4,7	5	4,9	4,86 ± 0,12
	7	6,3	5,1	6,1	4,8	4,9	4,8	4,83 ± 0,04

Tableau n°52 : Taux d'oxygène dissous dans les sous blocs contenant *Xiphophorus helleri* Heckel (1848), soumis à différentes doses de *Metarhizium anisopliae* Metch.



Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Acrididae cyrtacanthacridinae

Dose	JOURS	T1	T2	T3	R1	R2	R3	M DES R
<b>D2</b> <b>1.10<sup>6</sup></b> <b>sp/ml</b>	<b>1</b>	8,6	8,2	8,6	8,3	8,3	8,2	8,26 ± 0,04
	<b>2</b>	8,2	5,6	6,5	4,8	5,2	4,9	4,96 ± 0,16
	<b>3</b>	7,7	5,3	6,5	5,4	5,1	5,1	5,2 ± 0,14
	<b>4</b>	6,8	5,2	5,6	5,1	5,7	5,2	5,33 ± 0,26
	<b>5</b>	6	5,1	5,7	4,9	5,1	5,1	5,03 ± 0,09
	<b>6</b>	6	4,9	6,7	4,8	5,2	5,2	5,06 ± 0,18
	<b>7</b>	6,9	5,1	6,1	5,1	5	5,1	5,06 ± 0,04
<b>D3</b> <b>1.10<sup>7</sup></b> <b>sp/ml</b>	<b>1</b>	8,4	3,5	8,5	4,7	5,3	5,1	5,03 ± 0,24
	<b>2</b>	8,3	4,2	6,3	4,2	4,8	4,7	4,56 ± 0,26
	<b>3</b>	7,6	4,3	6,1	4,6	4,7	4,6	4,63 ± 0,04
	<b>4</b>	6,8	3,8	5,6	4,5	5	4,9	4,8 ± 0,21
	<b>5</b>	6,4	4,6	5,5	5	5,5	5,1	5,2 ± 0,21
	<b>6</b>	6	4,1	6,6	5,3	5,3	5,1	5,23 ± 0,09
	<b>7</b>	6,8	4,3	6,1	5,2	5,2	5,4	5,26 ± 0,09
<b>D4</b> <b>1.10<sup>9</sup></b> <b>sp/ml</b>	<b>1</b>	8,6	8,1	8,6	8,6	8,5	8,6	8,56 ± 0,04
	<b>2</b>	8,2	4,2	6,5	4,2	2,7	2,8	3,23 ± 0,68
	<b>3</b>	7,7	5,8	6,5	5,3	4,4	4,1	4,6 ± 0,50

*Suite du Tableau n°52 : Taux d'oxygène dissous dans les sous blocs contenant Xiphophorus helleri (Heckel, 1848) soumis à différentes doses de Metarhizium anisopliae (Metch).*

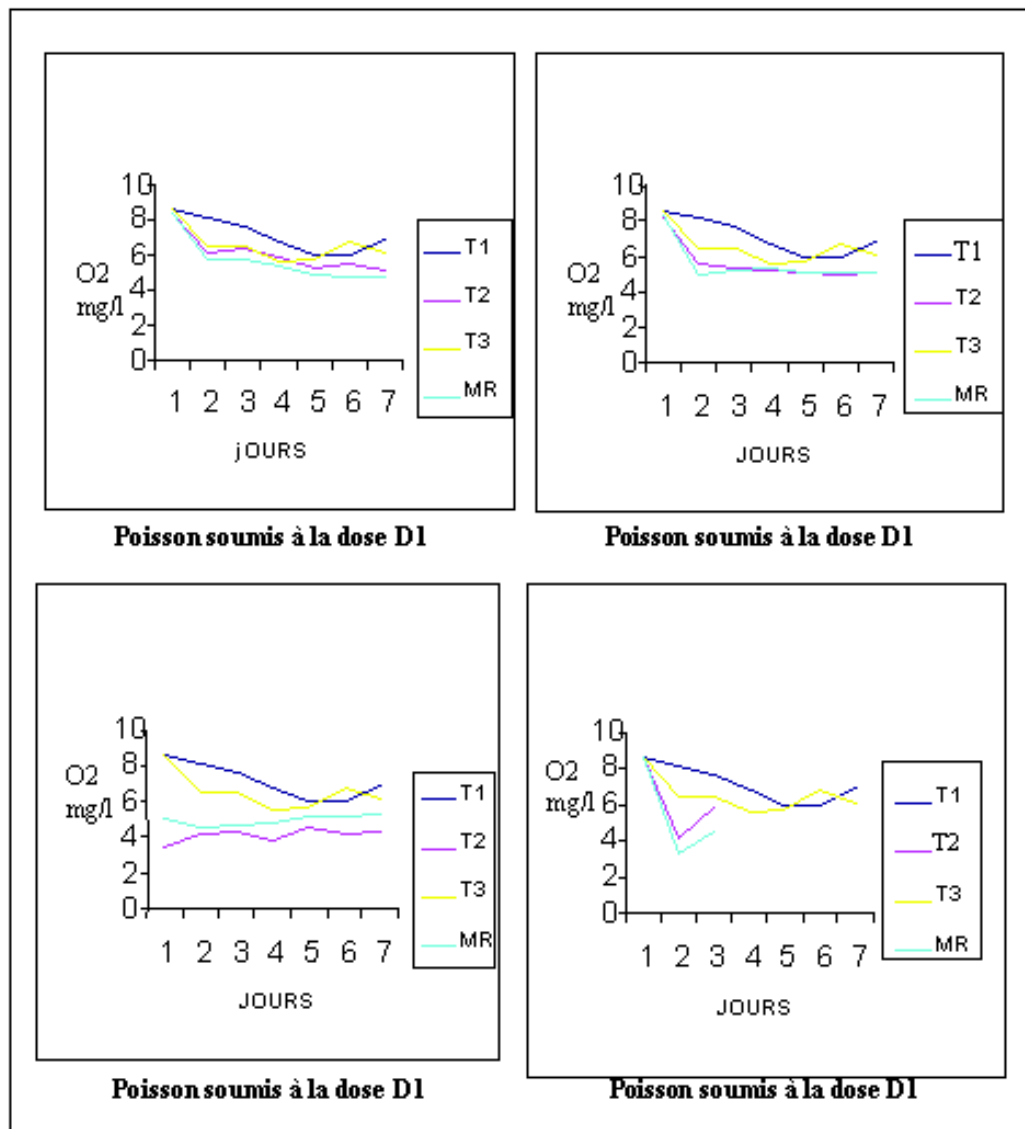


Figure n°31 : Taux d'oxygène dissous dans le bloc expérimental contenant *Xyphophorus helleri* soumis à différentes doses de *Metarhizium anisopliae* Metch.

### III-5-2-2-2 Analyse de la variance

Pour mieux interpréter nos résultats nous nous sommes appuyés sur l'analyse de la variance à deux critères de classification :

- Facteur 1 : Doses avec 10 niveaux (DT1 : DoseT1, T2D1 :Dose1T2, T2D2 :Dose2T2, T2D3 :Dose3T2, T2D4 :Dose4T2, DT3 :DoseT3, D1 :Dose1, D2 :Dose2, D3 :Dose3, D4 :Dose4).
- Facteur 2 : Temps avec 7 niveaux (du 1er jour au 7em jour : J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7)

D'après les résultats de l'analyse de la variance (tableau n°53) le F observé est supérieur au F théorique. Cette analyse à deux facteurs nous révèle que la différence pour tous les facteurs est très hautement significative. Ce qui implique que les doses de *M. anisopliae*

**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Arcrididae cyrtacanthacridinae**

(facteur 1), le temps (facteur 2) ainsi que l'interaction entre ces deux facteurs, ont une influence sur le taux d'oxygène dissous de l'eau.

**Tableau n°53 : Influence du *Metarhizium anisopliae* Metch, sur le taux d'oxygène dissous des eaux contenant les larves de *Xiphophorus helleri* a travers l'analyse de la variance.**

Source de la variation	S.C.E	D.D.L	C.M	F.Obs	F.Thé	Pro	E.T	C.V	Résultat
Var.Total	346,92	209	1,66						
Var.Fact.1	131,82	9	14,65	279,06	1,94	0,00			T.H.S
Var.Fact.2	124,16	6	20,69	394,27	2,16	0,00			T.H.S
Var.Fact1*2	83,51	54	1,55	29,46	1,44	0,00			T.H.S
Var.Résiduelle	7,24	138	0,05				0,23	4,1%	

### III-5-2-2-3 Test de Newman-Keuls au seuil de (5 %)

Le classement des moyennes des facteurs par le test de Newman-Keuls au seuil de 5% permet de constituer des groupes homogènes.

Pour le facteur 1 (dose), le test révèle (Tableaux n°54), 6 groupes homogènes.

Il montre que l'influence du taux d'oxygène dissous dans l'eau est induite surtout par la présence de *M.anisopliae*. Le groupe (F) représente les témoins contenant uniquement une dose D3 de *M.anisopliae*(T2D3) , où le taux d'oxygène est à son minimum (4,11mg/l) par rapport au groupe (A), qui représente les témoins (DT1) où le taux d'oxygène dissous est a son maximum (7,12mg/l). Il est suivi du groupe (B) qui intéresse les témoins contenant les larves de poissons avec (6.44mg/l) d'oxygène dissous.

La plus petite amplitude significative (PPAS) entre deux moyennes consécutives pour le facteur1 est de (0,14).

**Tableau n°54 : Classement des moyennes pour le facteur 1(dose)**

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
DT1	7,12	A
DT3	6,44	B
T2D1	6,00	C
T2D4	5,90	C
D1	5,66	D
T2D2	5,63	D
D2	5,56	D
D4	4,97	E
D3	4,96	E
T2D3	4,11	F

Pour le facteur 2 (temps), le test révèle (tableau n°55), 3 groupes homogènes. Le groupe (C) intéresse cinq jours, le groupe (A) intéresse aussi le 1<sup>er</sup> jour ou le taux d'oxygène dissous est à son maximum.

La plus petite amplitude significative (PPAS) entre deux moyennes consécutives pour ce facteur est de (0,12).

Tableau n°55 : Classement des moyennes pour le facteur 2(temps)

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
J1	7,50	A
J3	5,58	B
J2	5,32	C
J4	5,31	C
J7	5,28	C
J6	5,24	C
J5	5,22	C

### III-5-2-3 Discussion

Anonyme (1996d), note que la mortalité et les signes de pathologie des poissons devraient constituer des réponses à l'action des pesticides microbiens.

La DL50 (Dose létale de 50% de la population traitée ) déterminée sur *Xiphophorus hellerie* égale à  $(1,3.10^4$  spores/ml) de *M. anisopliae* constitue un seuil signalétique au delà du quel, il pourrait y avoir une déstabilisation complète de la chaîne trophique menant à une dystrophie de l'écosystème aquatique .

Dans ce contexte, Anonyme (1996 b ; 1996 e), ont noté, que la réaction de ces organismes à diverses concentrations d'une substance chimique toxique est généralement prévisible [selon, une courbe effet-dose (concentration)], ce qui n'est généralement pas le cas lorsque des substances microbiennes sont en cause. Les réactions des organismes d'essai en fonction de la concentration d'une substance pathogène (en fonction du temps) peuvent différer grandement de celles que provoque une substance chimique toxique. Les substances chimiques toxiques peuvent être diluées au point de devenir inoffensifs, mais les micro-organismes peuvent se multiplier. C'est pourquoi la manifestation d'effets pathogènes chez les organismes hôtes exposés à une substance microbienne infectieuse est souvent sans lien avec les concentrations initiales de l'exposition. .

Cette DL50 peut engendrer une baisse de la teneur en oxygène dissous dans les lots traités.

Cette baisse du taux d'oxygène dépend essentiellement de la concentration de *Metarhizium anisopliae* introduit ou « remanant » dans l'eau (Figure n°39). Cela a été mis en évidence par le test de Newman-Keuls au seuil de 5% montrant qu'en absence de poisson, la présence d'une concentration donnée dans l'eau de cet entomopathogène, affecterait d'une manière aigue la teneur de l'oxygène dissous. Ce dernier constitue aussi un facteur déterminant dans les processus biologiques des espèces. D'après Arrignon., (1976) une teneur se situant au dessous de 3mg/l pour les Cyprinidés et 7mg/l pour les Salmonidés, est considérée comme anormale. En générale, un minimum de 5mg/l constitue une limite satisfaisante pour la plupart des processus nécessaires au cycle biologique normal du poisson (Dussart, 1966 et Petrovicky., 1988).

### III-5-2-4 Conclusion

Les causes de la mortalité chez les larves de poissons peuvent être dues soit directement par le pouvoir de pathogénicité du *Metarhizium anisopliae* soit indirectement par les perturbations qui affectent la qualité physico-chimique de l'eau.

La mortalité due au pouvoir de pathogénicité doit répondre à certains critères de compatibilité entre l'entomopathogène, les larves de poissons et le biotope (eau).

La qualité physico-chimique de l'eau peut se traduire éventuellement, par une saturation de l'eau avec les spores de *M.anisopliae* causant une mortalité mécanique par asphyxie, soit par une réduction de l'oxygène dissous dans l'eau, nécessaire au processus métabolique de l'entomopathogène pouvant aussi induire une mortalité par asphyxie.

La présence de *M.anisopliae* dans l'eau génère des perturbations pouvant aboutir directement ou indirectement à la mortalité chez les populations larvaires de *Xiphophorus helleri*.

### **III-5-3 Têtards de Grenouille**

---

La grenouille est un batracien ovipare. Elle vit au bord des mares et des étangs et se nourrit d'insectes et de petits animaux.

Les têtards issus des œufs pondus au printemps passent par des mues successives pour donner l'adulte. Ils se nourrissent d'herbes et de minuscules animaux. Ils respirent comme les poissons avec des branchies (Cobut, 1974).

Quand il s'agit de tests concernant de nouvelles substances microbiennes dans des bassins à faible régime hydrodynamique, il est nécessaire de faire appel à des espèces choisies d'amphibiens (Anonyme ,2004c). Cependant Edginton (2001), a soulevé le problème concernant l'absence de méthodes normalisées pour les anoues (Grenouilles et Crapauds). Les méthodes normalisées publiées par des organismes reconnus sont restreintes à un essai de toxicité aigue.

Pour ces raisons, nous avons essayé de prendre en charge, par la méthodologie que nous avons adopté (empirique), toutes les relations possibles (champignon-eau-têtards de grenouille), nous permettant d'évaluer le comportement d'un écosystème et des têtards de grenouilles vis-à-vis du *Metarhizium anisopliae*.

#### **III-5-3-1 Mortalité**

##### **III-5-3-1-1 Résultats**

D'après les résultats qui sont portés sur le tableau n° 56 détaillé dans le tableau n° 57 en annexe, nous remarquons que les mortalités sont de :

- (0%) nuls a la dose D1
- (6,66%) au 9<sup>ème</sup> jour et atteint un maximum de (10%) au 10<sup>ème</sup> jour a la dose D2
- (3,33%) au 3<sup>ème</sup> jour et atteint (33,33%) au 11em jour a la dose D3
- (100%) au 3<sup>ème</sup> jour a la dose D4.

Jours	Témoin	Mortalité cumulée en pourcentage			
		D1 :1.10 <sup>3</sup> sp/ml	D2 :1.10 <sup>5</sup> sp/ml	D3 :1.10 <sup>7</sup> sp/ml	D4 :1.10 <sup>9</sup> sp/ml
	M	M	M	M	M
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3,33± 4,71	100
3	0	0	0	10±8,16	100
4	0	0	3.33 ± 4.71	16,66± 4,71	100
5	0	0	3.33	16,66	100
6	0	0	6.66 ± 4.71	26,66 ± 4,71	100
7	0	0	10	30 ± 8,16	100
8	0	6,66 ± 4,71	13,33± 4,71	30 ± 8,16	100
9	0	10	16,66±4,71	30	100
10	0	10	16,66	33,33 ± 4,71	100
11	0	10	16,66	33,33	100
12	0	10	16,66	33,33	100
13	0	10	16,66	33,33	100
14	0	10	16,66	33,33	100
15	0	10	16,66	33,33	100
16	0	10	16,66	33,33	100
17	0	10	16,66	33,33	100
18	0	10	16,66	33,33	100
19	0	10	16,66	33,33	100

Tableau n°56 : Moyennes des mortalités cumulées des Têtards de grenouilles soumis à différentes doses de *Metarhizium anisopliae* Metch.

### III-5-3-1-2 Analyse de la variance

Pour que nos résultats sur la mortalité soient plus explicites, nous nous sommes appuyé sur l'analyse de la variance à deux critères de classification :

- Facteur 1 : Doses avec 5 niveaux (DT : DoseTémoin (0 sp/ml), D1 :Dose1 (1.10<sup>3</sup>sp/ml), D2 : Dose2 (1.10<sup>5</sup> sp/ml), D3 :Dose3 (1.10<sup>7</sup> sp/ml), D4 :Dose4 (1.10<sup>9</sup> sp/ml).
- Facteur 2 : Temps avec 7 niveaux (7 jours d'observations : J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7).
- D'après les résultats de l'analyse de la variance (Tableau n°58) les F observés sont supérieurs aux F théoriques. Cette analyse à deux facteurs nous révèle que la différence pour tous les facteurs est très hautement significative. Ce qui implique que les doses de *M.anisopliae* (facteur 1), le temps (facteur 2) ainsi que l'interaction entre ces deux facteurs, ont une influence sur la mortalité des Têtards de grenouille.

Tableau n°58: Influence du *Metarhizium anisopliae* Metch, sur les Têtards de grenouille à travers L'analyse de la variance.

**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Arcrididae cyrtacanthacridinae**

Source de la variation	S.C.E	D.D.L	C.M	F.Obs	F.Thé	Pro	E.T	C.V	Résult
Var.Total	149024,77	104	1432,93						
Var.Fact.1	111005,72	4	27751,43	301,77	2,50	0,00			T.H.S
Var.Fact.2	9878,09	6	1646,35	17,90	2,23	0,00			T.H.S
Var.Fact1*2	21874,28	24	911,43	9,91	1,67	0,00			T.H.S
Var.Résiduelle	6253,33	68	91,96				9,59	44,4%	

### III-5-3-1-3 Test de Newman-Keuls au seuil de 5 %

Le classement des moyennes des facteurs par le test de Newman-Keuls au seuil de 5 % permet de constituer des groupes homogènes.

Pour le facteur 1 (dose), le test révèle (Tableaux n°59), 4 groupes homogènes bien distincts montrant que le taux de mortalité est différent pour chaque dose, sauf pour la dose témoin (0 sp/ml) et la dose1 ( $1.10^3$  sp/ml) qui sont réunies dans le groupe (D) . La mortalité induite par ce groupe est nulle, par rapport au groupe (A) qui intéresse la dose D4 où la mortalité est maximale (85,71%).

La plus petite amplitude significative (PPAS) entre deux moyennes consécutives pour le facteur1 est de (5,91).

**Tableau n°59 : Classement des moyennes pour le facteur 1 (dose).**

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
D4	85,71	A
D3	14,76	B
D2	7,62	C
DT	0,00	D
D1	0,00	D

Pour le facteur 2 (temps), le test révèle (tableau n°60) trois groupes homogènes. Le groupe (A) intéresse un jours (J7) où la mortalité est maximale, et le groupe (C) qui intéresse le 1<sup>er</sup> jour (J1) où la mortalité est nulle. Le groupe (B) intéresse les jour (J2 a J6) où la mortalité est moyenne.

La plus petite amplitude significative (PPAS) entre deux moyennes consécutives pour ce facteur est de (6,99).

**Tableau n°60 : Classement des moyennes pour le facteur 2 (temps).**

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
J7	34,00	A
J6	26,67	B
J5	24,00	B
J4	24,00	B
J3	22,00	B
J2	20,67	B
J1	0,00	C



### III-5-3-1-4 DL50

Une fois la transformation des pourcentages de mortalités en probits, correspondant à 5 jours après le traitement, et les doses en logarithmes décimaux effectués (Tableau n°61 en annexe), nous avons déterminé la DL50 à partir de l'équation issue de la droite de régression (Figure n°32).

$$Y = 1.257X - 3.722 \text{ avec } r^2 = 0.9488$$

Pour une mortalité de 50%, Y est égale à 5 (probit).

$$X = (Y + 3.722) / 1.257$$

X = 6.93 ce qui équivaut à une DL50 = 8511380.38 spores /250ml

DL50 = 34045.52 spores/ml.

Au 5<sup>ème</sup> jour après les traitements La DL50 est égale à 34045,52 spores/ml.

Cette DL50 a été arrondie à  $3,4 \cdot 10^4$  spores/ml

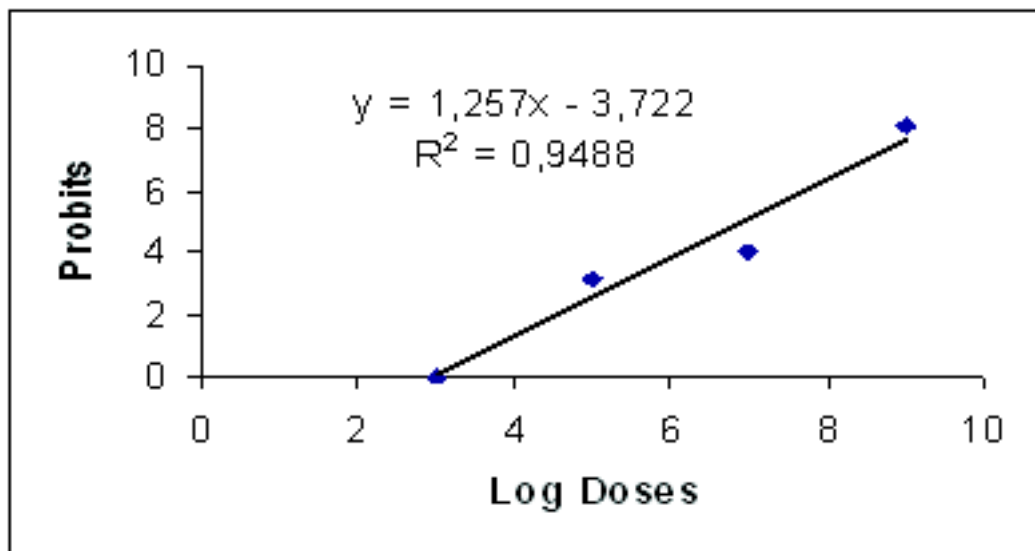


Figure n° 32 : Efficacité du *Metarhizium anisopliae* var : *acidum* au 5<sup>ème</sup> jour sur les Têtards de grenouilles.

### III-5-3-2 Influence du *Metarhizium anisopliae* Metch, sur l'oxygène dissous de l'eau peuplée par les têtards de grenouilles

#### III-5-3-2-1 Résultats

Les mesures des taux d'oxygène dissous représentés sur le tableau n° 62 sont exprimés en mg/l (milligramme / litre) et sont reportés sur la figure n° 33. Ils intéressent :

- T1 témoin constitué uniquement avec de l'eau, identique pour toutes les doses.
- T2 témoin constitué avec de l'eau contenant une dose de *M.anisopliae* spécifique pour chaque sous bloc.
- T3 témoin commun à tout les sous blocs, constitué avec de l'eau contenant 10 Têtards de grenouille.

**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Arcrididae cyrtacanthacridinae**

- R1, R2 et R3 considérés comme des répétitions et sont similaires au T2 et contiennent en plus une des doses de *M.anisopliae* spécifique a chaque sous bloc.
- M DES R ou M R = Moyenne des taux d'oxygène dissous des trois répétitions.

Ces résultats montrent (Tableau n°62 et figure n°33) que les taux d'oxygène dissous sont en décroissance pour les quatre sous blocs contenant chacun, une dose de *M.anisopliae* (D1, D2, D3, D4), par rapport aux témoins T1. Cette baisse est proportionnelle à l'importance de la dose de *M.anisopliae*. Elle est importante à la dose D4 où le nombre de spores est élevé et est moins importante à la dose D1 où le nombre de spores est réduit par rapport aux autres doses. Il est à noter que la réduction du taux d'oxygène dissous dans les témoins, T2 est plus prononcée par rapport aux autres témoins (T1 et T3) de tous les sous blocs.

Dose	JOURS	T1	T2	T3	R1	R2	R3	M DES R
D1 1.10 <sup>3</sup> sp/ml	1	8,6	8,3	8,5	8,3	8,2	8,3	8,2 ± 0,04
	2	8,2	6,1	6,3	5,9	5,7	5,6	5,73 ± 0,12
	3	7,4	6,6	6,5	5,7	5,5	5,6	5,6 ± 0,08
	4	6,7	5,9	5,6	5,3	5,5	5,2	5,33 ± 0,12
	5	6,5	5,1	5,4	5	5,3	4,9	5,06 ± 0,16
	6	6	5,2	6,7	4,9	5,1	4,8	4,93 ± 0,12
	7	6,7	5,1	6,3	4,8	4,9	4,8	4,83 ± 0,04
D2 1.10 <sup>5</sup> sp/ml	1	8,5	8,2	8,3	7,9	8,1	8	8 ± 0,08
	2	8,1	5,4	7,2	5,4	5,2	4,9	5,16 ± 0,20
	3	7,9	5,3	7,1	5,4	5,1	5,1	5,2 ± 0,14
	4	6,7	5	6,9	4,9	4,9	5,1	4,96 ± 0,09
	5	6,1	5	6,5	4,9	4,8	4,7	4,8 ± 0,08
	6	6	4,9	6,6	4,6	4,7	4,6	4,63 ± 0,04
	7	6,8	5,1	6,1	4,6	4,9	4,7	4,73 ± 0,12
D3 1.10 <sup>7</sup> sp/ml	1	8,6	3,6	8,3	4,5	4,7	4,5	4,56 ± 0,09
	2	8,3	4,1	7,3	4,1	4,6	4,4	4,36 ± 0,20
	3	7,8	4,3	7,4	3,9	4,2	3,9	4 ± 0,14
	4	6,9	3,7	6,8	3,6	3,5	3,6	3,56 ± 0,04
	5	6,3	4,6	6,6	3,3	3,1	3,3	3,23 ± 0,09
	6	6	4,3	6,7	3,5	3,1	3,2	3,26 ± 0,16
	7	6,7	4,3	6,2	3,6	3,2	3,2	3,33 ± 0,18
D4 1.10 <sup>9</sup> sp/ml	1	8,5	8,1	8,2	6,9	6,7	7	6,86 ± 0,12
	2	8,1	3,8	7,4	3,9	2,7	2,8	3,13 ± 0,54
	3	7,7	4,1	7,1	2,8	2,7	2,9	2,8±0,08

Tableau n°62 : Taux d'oxygène dissous dans les sous blocs contenant les têtards de grenouille soumis à différentes doses de *Metarhizium anisopliae* Metch.

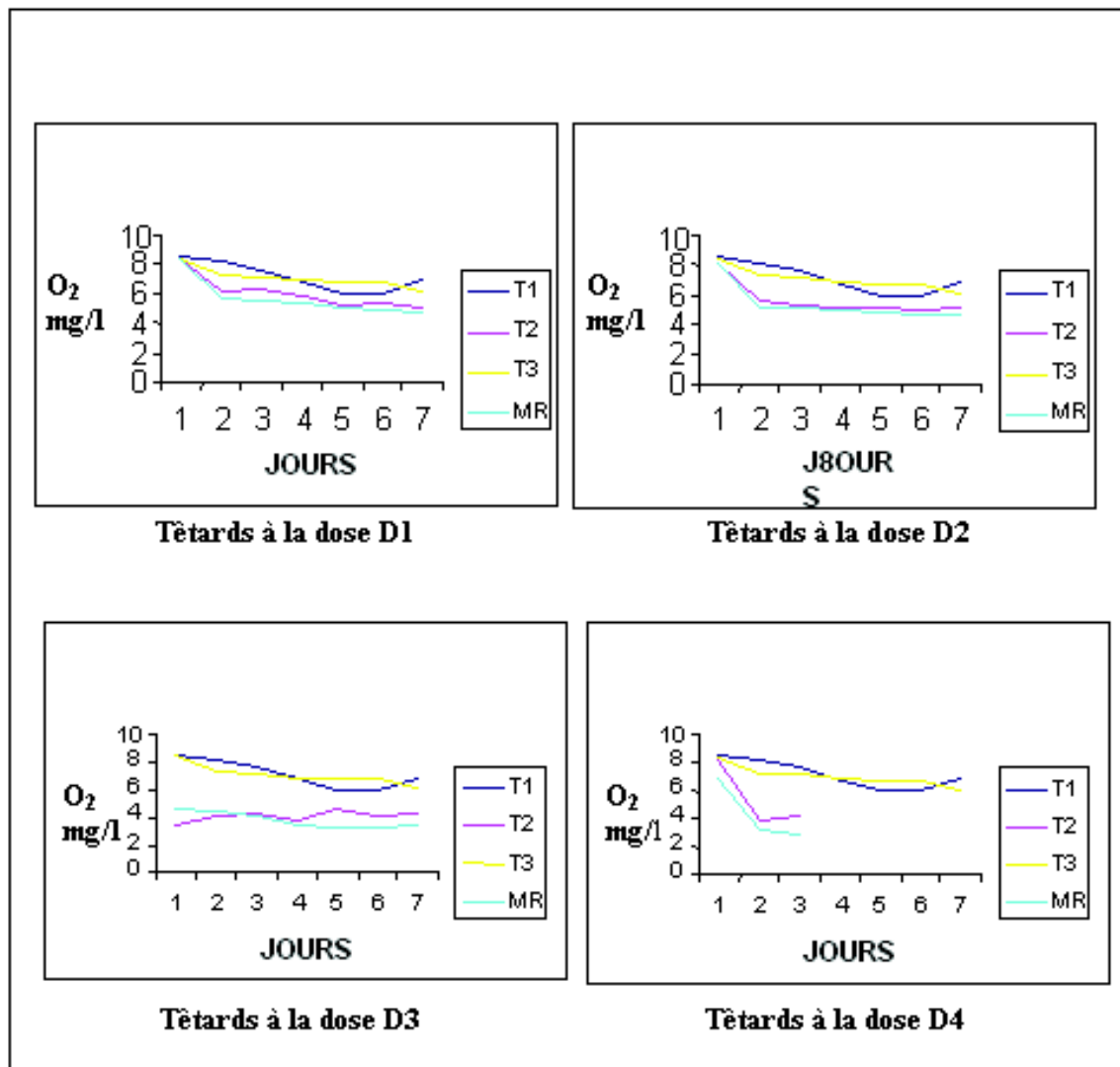


Figure n°33 : Taux d'oxygène dissous dans le bloc expérimental contenant les têtards de grenouille, soumis a différentes doses de *Metarhiziumanisopliae* Metch.

### III-5-3-2-2 Analyse de la variance

Pour mieux interpréter nos résultats nous nous sommes appuyé sur l'analyse de la variance à deux critères de classifications :

- Facteur 1 : Doses avec 10 niveaux (DT1 : DoseT1, T2D1 :Dose1T2, T2D2 : Dose2T2, T2D3 :Dose3T2, T2D4 :Dose4T2, DT3 :DoseT3, D1 :Dose1, D2 :Dose2, D3 :Dose3, D4 :Dose4).
- Facteur 2 : Temps avec 7 niveaux (7 jours d'observations : J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7)

D'après les résultats de l'analyse de la variance (tableau n°63) le F observé est supérieur au F théorique. Cette analyse à deux facteurs nous révèle que la différence pour tout les facteurs est très hautement significative. Ce qui implique que les doses de *M.anisopliae*

**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Arcrididae cyrtacanthacridinae**

(facteur 1), le temps (facteur 2) ainsi que l'interaction entre ces deux facteurs, ont une influence sur le taux d'oxygène dissous de l'eau.

**Tableau n°63 : Influence du *Metarhizium anisopliae* (Metch) sur le taux d'oxygène dissous dans l'eau contenant les têtards de grenouille à travers l'analyse de la variance.**

Source de la variation	S.C.E	D.D.L	C.M	F.Obs	F.Thé	Pro	E.T	C.V	Résultat
Var.Total	524,49	209	2,51						
Var.Fact.1	300,31	9	33,37	869,95	1,94	0,00			T.H.S
Var.Fact.2	155,32	6	25,89	674,90	2,16	0,00			T.H.S
Var.Fact1*2	63,52	54	1,18	30,67	1,44	0,00			T.H.S
Var.Résiduelle	5,29	138	0,04				0,20	3,7%	

**III-5-3-2-3 Test de Newman-Keuls au seuil de 5 %**

Le classement des moyennes des facteurs par le test de Newman-Keuls au seuil de 5% permet de constituer des groupes homogènes.

Pour le facteur 1 (dose), le test révèle (Tableaux n°64), dix groupes homogènes où nous remarquons par rapport au témoin (DT1), les têtards de grenouille (DT3) consomment moins d'oxygène que le *M.anisopliae* (T2D1). Il est à noter que là où la dose de *M.anisopliae* est

élevé, la teneur en oxygène dissous est affectée (groupe J avec une teneur de 3.43mg/l à la dose D4) où la plus petite amplitude significative (PPAS) entre deux moyennes consécutives est de (0,12).

**Tableau n°64 : Classement des moyennes pour le facteur 1 (dose)**

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
DT1	7,18	A
DT3	6,82	B
T2D1	6,04	C
D1	5,68	D
T2D2	5,56	E
D2	5,36	F
T2D4	4,63	G
T2D3	4,13	H
D3	3,76	I
D4	3,43	J

Pour le facteur 2 (temps), le test révèle (tableau n°65), quatre groupes homogènes. Le groupe (A) intéresse le 1<sup>er</sup> jour où le taux d'oxygène dissous est à son maximum .le groupe (D) où le taux d'oxygène est à son minimum et intéresse 4 jours (J4 à J7).

La plus petite amplitude significative (PPAS), entre deux moyennes consécutives pour ce facteur est de (0.10).

**Tableau n°65 : Classement des moyennes pour le facteur 2 (temps)**

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
J1	7,28	A
J2	5,29	B
J3	5,26	B
J4	4,86	C
J7	4,72	D
J5	4,72	D
J6	4,68	D

### III-5-3-2-4 Discussion

Pour des raisons liées aux caractères biologiques de ces nouvelles substances, aucune méthode n'a été validé .aucun chiffre ne peut être émis officiellement (Edginton, 2001).

La dose que nous avons déterminé, tuant 50% de la population des têtards de grenouille (DL50), est de  $(3,4.10^4$  spores/ml) de *M.anisopliae* . Cette dose reflète une réponse, nous permettant de baliser des seuils virtuels limites, au delà desquels l'écosystème aquatique risque d'être déstabilisé.

Ceci nous a permis de remarquer que la DL50 que nous avons déterminé peut induire une baisse de la teneur en oxygène dissous dans les lots traités.

L'importance de cette baisse est proportionnelle au nombre de spores qui se trouvent dans l'eau. Ceci se remarque à travers la figure n° (41) où l'évolution des courbes (T2 et MR), s'accroît dans le même sens en allant de la D1 à la dose D4.

La mise en évidence de ceci a été argumenté par le test de Newman-Keuls au seuil de 5% montrant que les teneurs en oxygène sont plus importantes par ordre décroissant, allant des témoins (DT1), contenant uniquement de l'eau, suivie par les témoins (DT3), contenant l'eau avec les têtards de grenouille, jusqu'au témoins (T2) à différentes doses, suivis par les lots contenant les têtards de grenouille additionnés de *M.anisopliae*.

### III-5-3-2-5 Conclusion

Le *Metarhizium anisopliae* agit directement ou indirectement sur la mortalité des têtards de grenouille. Il peut affecter les têtards de grenouille par pathogénicité en induisant la mort.

Il est à signaler qu'un feutrage a été observé sur la cuticule des têtards morts et en voie de décomposition.

Dans ce sens Chinchar (2002) ; O'Rourke et Schultz (2002), notent que les grenouilles et d'autres amphibiens sont reconnus pour leurs sensibilités à une foule de maladies d'origine bactérienne et virale.

Le *M.anisopliae* agit aussi sur les taux d'oxygène dissous dans l'eau. Dans ce cas, il est considéré comme facteur déterminant dans la mortalité des têtards. Au 6<sup>ème</sup> jour à la dose D3, la teneur en oxygène est de (3,26mg/l), montrant une mortalité de (16,66%), et au 2<sup>ème</sup> jour à la dose D4 la teneur est de (3,13mg/l), montrant une mortalité nulle (0%). Alors qu'au 3<sup>ème</sup> jour a la dose D4 où la teneur en oxygène dissous est de (2.8mg/l), la mortalité a atteint la totalité des individus (100%).

Ce qui peut en découler de ceci, c'est que les teneurs en oxygène qui sont en dessous de 3 mg/l peuvent provoquer une mortalité totale des individus.

Quelque soit son action, directe ou indirecte, le *Metarhizium anisopliae* var : *Acridium* peut engendrer des troubles hydro biologiques, et physiologiques chez les têtards de grenouille aboutissant à la mortalité partielle ou totale des individus.

### III-5-4 Cladocères (*Daphnia magna*, Strauss)

---

Les Daphnies (Figure n°34) appartiennent à la classe des crustacés. Elles sont fréquentes dans les eaux stagnantes, et vivent dans les eaux riches en matières organiques. Les Daphnies consomment des bactéries, des algues microscopiques et des infusoires. Elles ont la faculté d'assainir les eaux troubles et tolèrent les milieux pollués.

La respiration est branchiale .La reproduction se fait par parthénogenèse, quand les conditions deviennent défavorables, la libération des œufs fécondés à lieu (Cobut, 1974).

Pour ces facultés d'indicatrice biologique, cette espèce a toujours fait l'objet de tests écotoxicologiques (anonyme ,1998c).

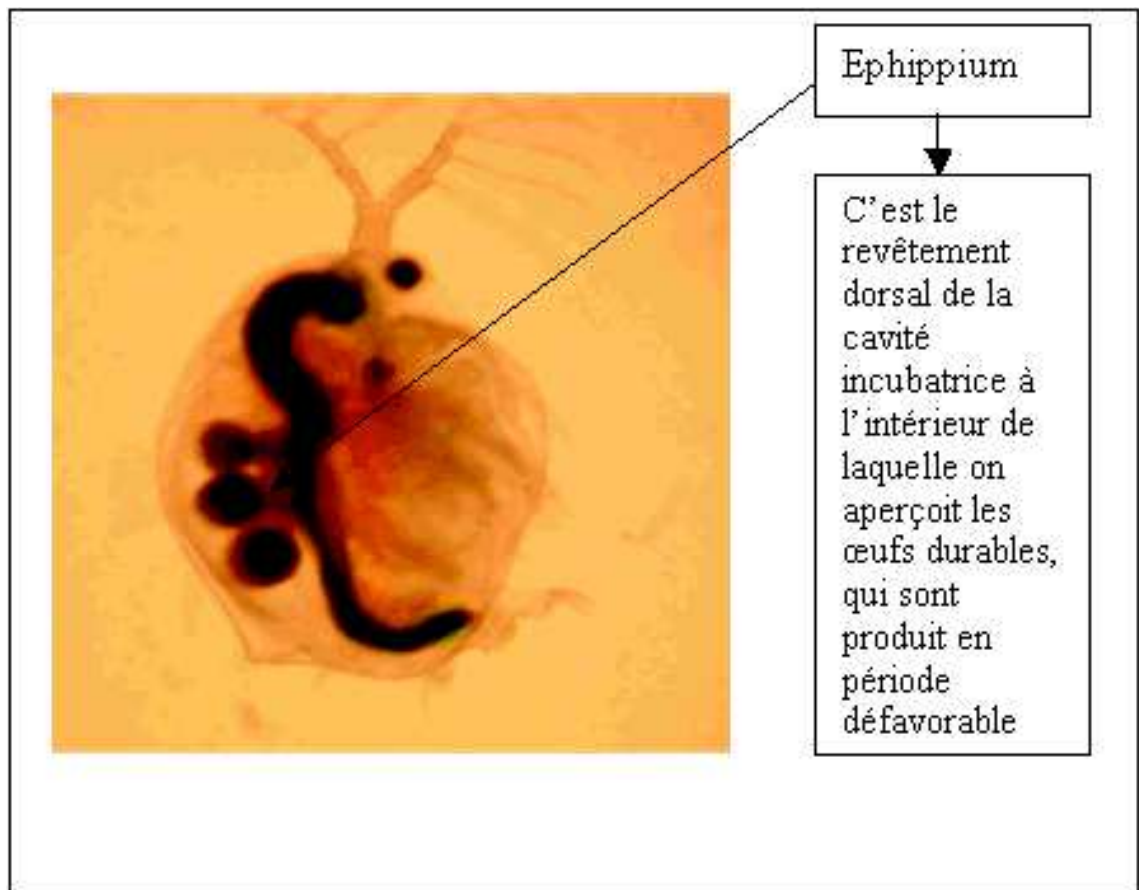


Figure n°34 : *Daphnia magna* (Strauss) au microscope (G=10×4).

#### III-5-4-1 Mortalité

##### III-5-4-1-1 Résultats

D'après les résultats qui sont portés sur le tableau n° 66 nous remarquons, que les mortalités sont de :

- (0%) nuls a la dose D1.
- (6,66%) au 4<sup>ème</sup> jour a la dose D2.
- (13,33%) au 3<sup>ème</sup> jour a la dose D3 en atteignant (33,33%) au 5<sup>ème</sup> jour.
- (6,66%) au 3<sup>ème</sup> jour a la dose D4 en atteignant (100%) au 4<sup>ème</sup> jour.

J	Témoin				Mortalité cumulée en pourcentage															
					D1 :1.10 <sup>3</sup>				D2 :1.10 <sup>5</sup>				D3 :1.10 <sup>7</sup>				D4 :1.10 <sup>9</sup>			
1	R	R	R	M	R	R	R	M	R	R	R	M	R	R	R	M	R	R	R	M
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	20	10	13,33	0	0	20	6,66
4	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	6,66 ±4,71	30	40	10	26,66 ±12,47	100	100	100	100
5	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	6,66 ±4,71	40	40	30	36,66 ±4,71	100	100	100	100

Tableau n°66 : Mortalité cumulée de *Daphnia magna* (Strauss) soumise a différentes doses de *Metarhizium anisopliae* (Metch).

### III-5-4-1-2 Analyse de la variance

Pour mieux expliquer les résultats sur la mortalité, nous nous sommes appuyés sur l'analyse de la variance à deux critères de classification :

- Facteur 1 : Doses avec 5 niveaux (DT : DoseTémoin (0 sp/ml), D1 :Dose1 (1.10<sup>3</sup> sp/ml), D2 : Dose2 (1.10<sup>5</sup> sp/ml), D3 :Dose3 (1.10<sup>7</sup> sp/ml), D4 :Dose4 (1.10<sup>9</sup> sp/ml).
- Facteur 2 : Temps avec 5 niveaux (5 jours d'observation : J1, J2, J3, J4, J5).

D'après les résultats de l'analyse de la variance (Tableau n°67) les F observés sont supérieurs aux F théoriques. Cette analyse à deux facteurs nous révèle que la différence pour tous les facteurs est très hautement significative. Ce qui implique que les doses de *M. anisopliae* (Facteur 1), le temps (Facteur 2) ainsi que l'interaction entre ces deux facteurs, ont une influence sur la mortalité de *Daphnia magna*.

Tableau n°67 : Influence du *Metarhizium anisopliae* (Metch) sur *Daphnia magna* (Strauss) a travers l'analyse de la variance.

Source de la variation	S.C.E	D.D.L	C.M	F.Obs	F.Thé	Pro	E.T	C.V	Résult
Var.Total	54898,34	59	93,48						
Var.Fact.1	23373,34	4	5843,33	237,06	2,62	0,00			T.H.S
Var.Fact.2	10031,67	3	3343,89	135,66	2,85	0,00			T.H.S
Var.Fact1*2	20493,33	12	1707,78	69,28	2,02	0,00			T.H.S
Var.Résiduelle	936,66	38	24,65	1,28			4,96	33,5%	

### III-5-4-1-3 Test de Newman-Keuls au seuil de 5 %

Le classement des moyennes des facteurs par le test de Newman-Keuls au seuil de 5% permet de constituer des groupes homogènes.



**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de Schistocerca gregaria (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Arcrididae cyrtacanthacridinae**

---

Pour le facteur 1 (Dose), le test révèle (Tableaux n°68), trois groupes homogènes montrant, que la mortalité au niveau du groupe (C) est comprise entre (3,33%) a la dose (D2), et (0%) a la dose (D1) et (DT) qui concerne les témoins. le groupe (A) et (B) intéressent respectivement la mortalité à la dose D4 et D3.

La plus petite amplitude significative (PPAS) entre deux moyennes consécutives pour le facteur1 est de (4,10).

**Tableau n°68 : Classement des moyennes pour le facteur 1 (Dose).**

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
D4	51.67	A
D3	19.17	B
D2	3.33	C
DT	0.00	C
D1	0.00	C

Pour le facteur 2 (temps) le test révèle (Tableau n°69), trois groupes homogènes. Le groupe (A) intéresse deux jours (J4 et J3), le groupe (C) intéresse le 2<sup>ème</sup> jour (J2) et le groupe (C) intéresse le 1<sup>er</sup> jour (J1) où la mortalité est nulle.

La plus petite amplitude significative (PPAS) entre deux moyennes consécutives pour ce facteur est de (3,67).

**Tableau n°69 : Classement des moyennes pour le facteur 2 (Temps).**

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
J4	28,67	A
J3	26,67	A
J2	4,00	B
J1	0,00	C

### **III-5-4-1-4 DL50**

La DL50 a été déterminée à partir de l'équation issue de la droite de régression (Figure n°35). Cette dernière est élaborée à partir de la transformation des pourcentages de mortalités en probits, correspondant au 5<sup>ème</sup> jour après le traitement, et des doses en logarithmes décimaux (Tableau n°70 en annexe).

$$Y = 1,2715X - 3,5715 \text{ avec } r^2 = 0,9682$$

Pour une mortalité de 50%, Y est égale à 5 (probit).

$$X = (Y + 3,5715) / 1,2715$$

$$X = 6.74 \text{ ce qui équivaut a une DL50} = 5495408.73 \text{ spores/250ml}$$

Au 5<sup>ème</sup> jour après les traitements La DL50 est égale a 21981.63 spores/ml.

Cette DL50 a été arrondie à  $2,1 \cdot 10^4$  spores/ml.

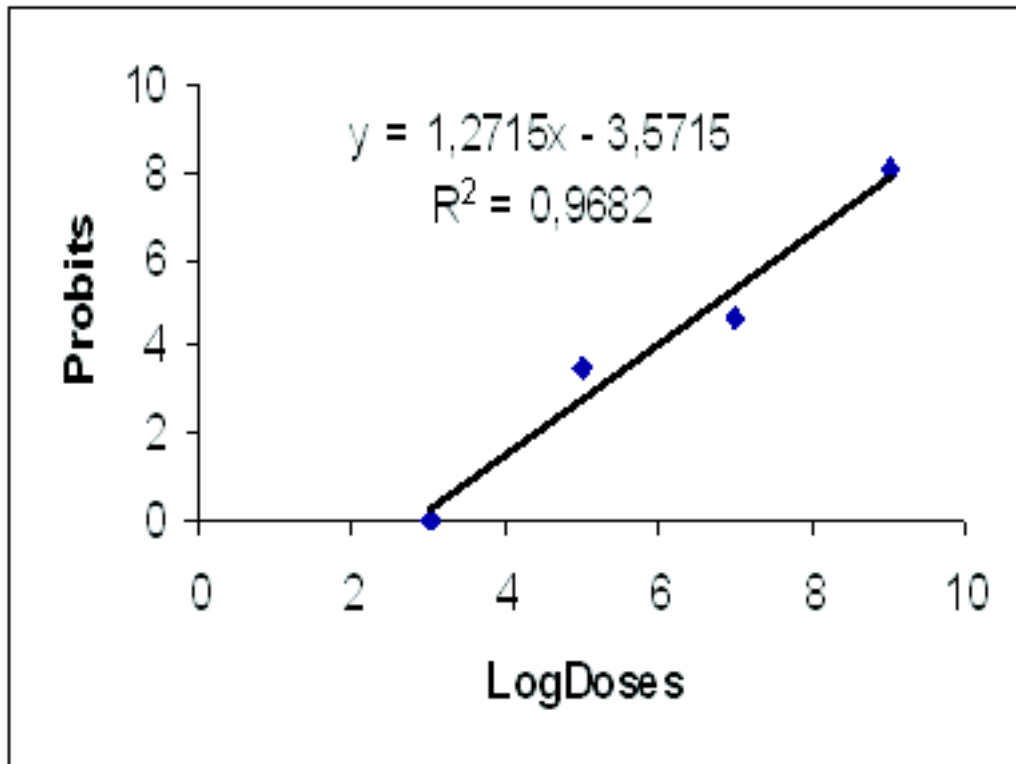


Figure n°35 : Efficacité du *Metarhizium anisopliae* var : *acidum* au 5<sup>ème</sup> jour sur *Daphnia magna* (Strauss).

### III-5-4-2 Influence du *Metarhizium anisopliae* (Metch) sur l'oxygène dissous dans l'eau contenant *Daphnia magna* (Strauss).

#### III-5-4-2-1 Résultats

Les mesures des taux d'oxygène dissous représentés sur le tableau n°71, sont exprimés en mg/l (milligramme / litre) et sont reportés sur la figure n° 36. Ils intéressent :

- T1 témoin constitué uniquement avec de l'eau, identique pour toutes les doses.
- T2 témoin constitué avec de l'eau contenant une dose de *M.anisopliae* spécifique pour chaque sous bloc.
- T3 témoin commun a tout les sous blocs, constitué avec de l'eau contenant 50 individus de *Daphnia magna*.
- R1, R2 et R3 considérés comme des répétitions et sont similaires au T2 et contiennent en plus une des doses de *M.anisopliae* spécifique a chaque sous bloc.
- M DES R ou M R = Moyenne des taux d'oxygène dissous des trois répétitions.

Ces résultats montrent (Tableau n°71 et figure n°36) que les taux d'oxygène dissous sont en décroissance pour tous les lots des quatre sous blocs contenant chacun une dose de *M.anisopliae* (D1, D2, D3, D4). Cette baisse est plus importante aux doses (D3 et D4) par rapport aux doses (D1 et D2). Il est à noter que la réduction du taux d'oxygène dissous dans les témoins T1 est plus prononcée par rapport aux autres témoins (T1 et T3) de tous les sous blocs.

**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Acrididae cyrtacanthacridinae**

Dose	JOURS	T1	T2	T3	R1	R2	R3	M DES R
D1 1.10 <sup>3</sup> sp/ml	1	8,4	8,3	8,6	8,3	8,1	8,2	8,2 ± 0,08
	2	8,2	6,1	6,5	5,9	5,8	5,7	5,8 ± 0,08
	3	7,7	6,3	6,5	5,8	5,4	5,6	5,6 ± 0,16
	4	6,8	5,9	5,6	5,2	5,5	5,1	5,26 ± 0,16
	5	6,3	5,2	5,7	5,2	5,3	4,9	5,13 ± 0,16
D2 1.10 <sup>5</sup> sp/ml	1	8,3	8,3	8,4	7,9	8,1	8,2	8,06 ± 0,12
	2	8	5,5	7,1	5,4	5,4	5,1	5,3 ± 0,14
	3	7,9	5,3	7,1	5,4	5,1	5,1	5,2 ± 0,14
	4	6,4	5,2	6,9	4,9	5,1	5,1	5,03 ± 0,09
	5	6	5,1	6,5	5,1	4,9	4,7	4,9 ± 0,16
D3 1.10 <sup>7</sup> sp/ml	1	8,6	7,5	8,3	6,9	7,1	6,9	6,96 ± 0,09
	2	8,2	4,2	7,6	4,3	4,4	4,4	4,36 ± 0,04
	3	7,3	4,3	7,2	4,3	4,2	3,9	4,13 ± 0,16
	4	6,8	3,8	7,1	3,6	3,5	3,6	3,56 ± 0,04
	5	6,1	4,6	6,7	5,1	3,1	3,7	3,96 ± 0,83
D4 1.10 <sup>9</sup> sp/ml	1	8,7	8,5	8,3	8,5	8,1	8,3	8,3 ± 0,16
	2	8,1	4,1	8	4,3	4,1	4,4	4,26 ± 0,12
	3	7,3	5,6	7,5	5,2	5,4	5,7	5,43 ± 0,20

Tableau n°71 : Taux d'oxygène dissous dans les sous blocs contenant *Daphnia magna* (Strauss) soumise à différentes doses de *Metarhizium anisopliae* (Metch).

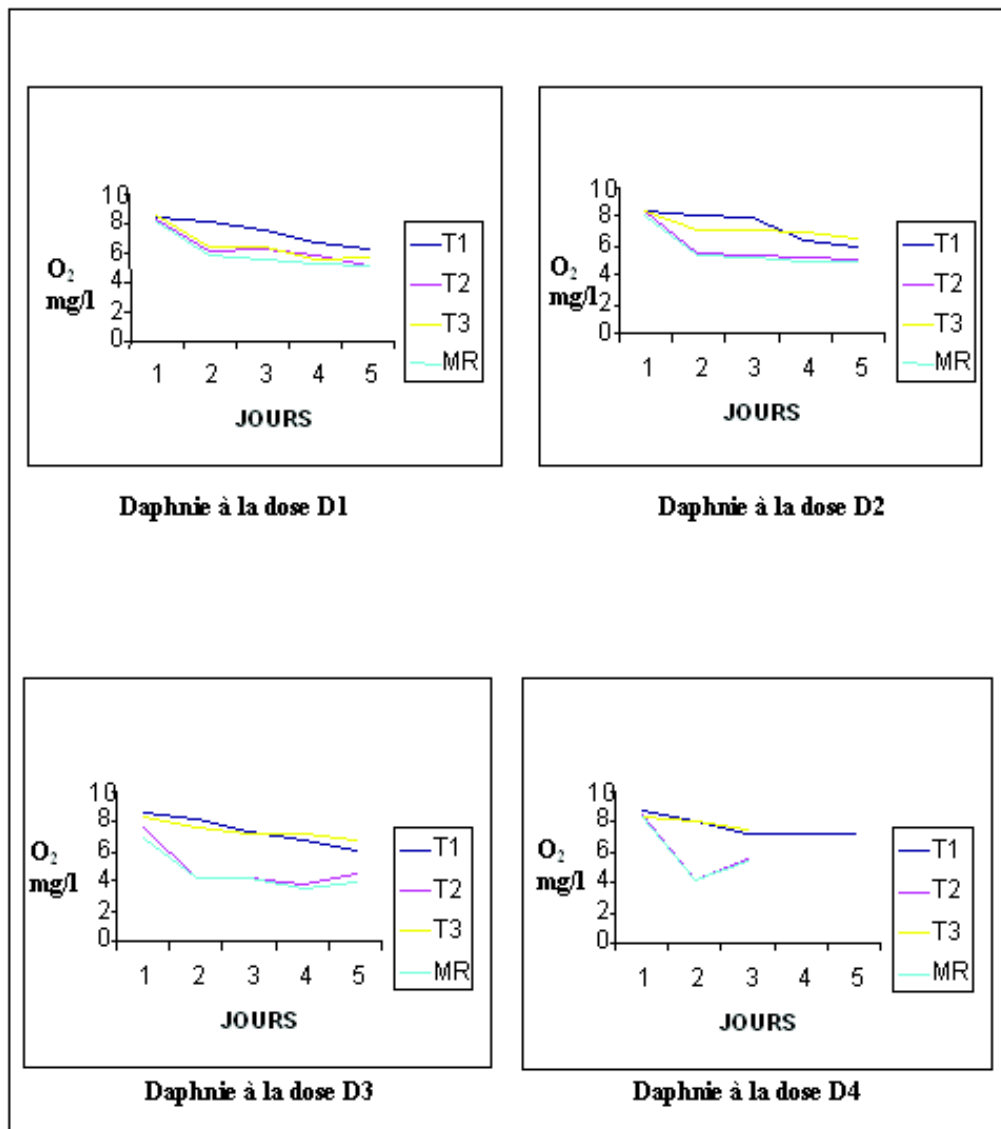


Figure n°36 : Taux d'oxygène dissous dans le bloc expérimental contenant *Daphnia magna* Strauss, soumise à différentes doses de *Metarhizium anisopliae* Metch.

#### III-5-4-2-2 Analyse de la variance

Pour mieux interpréter nos résultats nous nous sommes appuyés sur l'analyse de la variance à deux critères de classifications :

- Facteur 1 : Doses avec 10 niveaux (DT1 : DoseT1, T2D1 :Dose1T2, T2D2 : Dose2T2,T2D3 :Dose3T2,T2D4 :Dose4T2,DT3 :DoseT3,D1 :Dose1,D2 :Dose2, D3 :Dose3, D4 :Dose4).
- Facteur 2 : Temps avec 5 niveaux (5 jours d'observation : J1, J2, J3, J4, J5)

D'après les résultats de l'analyse de la variance (Tableau n°72), le F observé est supérieur au F théorique. Cette analyse à deux facteurs nous révèle que la différence pour tous les facteurs est très hautement significative. Ce qui implique que les doses de *M.anisopliae* (facteur 1), le temps (Facteur 2) ainsi que l'interaction entre ces deux facteurs, ont une influence sur le taux d'oxygène dissous de l'eau.

**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Arcrididae cyrtacanthacridinae**

**Tableau n°72 : Influence du *Metarhizium anisopliae* (Metch) sur le taux d'oxygène dissous des eaux contenant *Daphnia magna* (Strauss) a travers l'analyse de la variance.**

Source de la variation	S.C.E	D.D.L	C.M	F.Obs	F.Thé	Pro	E.T	C.V	Résult
Var.Total	309,87	149	2,08						
Var.Fact.1	98,42	9	10,94	164,92	1,97	0,00			T.H.S
Var.Fact.2	175,97	4	43,99	663,45	2,46	0,00			T.H.S
Var.Fact1*2	28,94	36	0,80	12,12	1,51	0,00			T.H.S
Var.Résiduelle	6,50	98	0,07				0,26	4,3%	

### III-5-3-2-3 Test de Newman-Keuls au seuil de 5 %

Le classement des moyennes des facteurs par le test de Newman-Keuls au seuil de 5 %, permet de constituer des groupes homogènes.

Pour le facteur 1 (dose), le test révèle (Tableaux n°73), sept groupes homogènes.

Nous remarquons par rapport au témoin (DT1), que *Daphnia magna* (DT3) consomme moins d'oxygène que le *M.anisopliae* (T2D1). Il est à noter qu'à la dose D3, que ce soit dans le témoin T2D3 ou dans les lots traités D3 qui intéressent respectivement les groupes (F et G), la teneur en oxygène dissous est plus affectée que les autres groupes.

La plus petite amplitude significative (PPAS) entre deux moyennes consécutives est de (0,19).

**Tableau n°73 : Classement des moyennes pour le facteur 1(dose)**

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
DT1	7,40	A
DT3	7,05	B
T2D1	6,36	C
D1	6,00	D
T2D4	5,88	D E
T2D2	5,88	D E
D4	5,77	D E
D2	5,70	E
T2D3	4,88	F
D3	4,60	G

Pour le facteur 2 (temps), le test révèle (Tableau n°74) quatre groupes homogènes. Le groupe (A) intéresse le 1<sup>er</sup> jour où le taux d'oxygène dissous est à son maximum .Le groupe (D) où le taux d'oxygène est à son minimum et intéresse 2 jours (J4 a J5).

La plus petite amplitude significative (PPAS) entre deux moyennes consécutives pour ce facteur est de (0,13).

**Tableau n°74 : Classement des moyennes pour le facteur 2 (temps)**

Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
J1	8,10	A
J3	5,64	B
J2	5,48	C
J4	5,30	D
J5	5,24	D

#### III-5-3-2-4 Discussion

La dose qui tue 50% de la population de *Daphnia magna* (DL50) à été déterminée à  $(2,1.10^4)$  spores/ml) de *Metarhizium anisopliae*.

Anonyme, (1996c) note qu'une concentration élevée de pesticide microbien, dans l'eau d'essai peut avoir une incidence néfaste sur la survie des daphnies en raison de la turbidité causée par la grande quantité de micro-organisme. Comme ça a été déjà mentionné par Sutter (1985), si les conditions sont adéquates (hôte- pathogène-eau), cette dernière peut être généré, d'une faible concentration de micro-organismes et provoquer une mortalité. L'apparition de l'ephippie (Figure n°42) montre que *D.magna* s'est retrouvé en conditions défavorables avant d'aboutir à la létalité.

Parallèlement la DL50 qui a été déterminée, a induit une baisse du taux d'oxygène dissous dans les lots traités au *M.anisopliae* par rapport aux témoins non traités.

L'évolution du taux d'oxygène se fait proportionnellement aux doses de *M.anisopliae* comme le montre la figure n° (43), exception faite pour la dose (D4) où nous assistons à une reprise de celui-ci. Ceci a aussi été remarqué à travers le classement des moyennes du tableau n°(63) où la dose (D4) ,qui représente la dose la plus élevée,est classée au même rang que la dose (D1) dans le groupe (D). Ceci est du sûrement a l'inactivité biologique des individus de *Daphnia magna*, apparue au 3<sup>ème</sup> jour, suivie par une mortalité totale au 4<sup>ème</sup> jour. Anonyme (1996a), mentionne que les faibles teneurs en oxygène dans les récipients d'essais dont les valeurs sont inférieures a (40%) de la valeur de la saturation en air ou environ (5,5mg/l), pourraient créer, cas des toxiques (chimiques), des cas de confusion sur les causes de mortalité. Ceci montre que le taux d'oxygène peut être une cause majeure dans la mortalité des populations de *Daphnia magna*.

#### III-5-3-2-5 Conclusion

Le *Metarhizium anisopliae* (Metch), agit sur la mortalité des individus de

*Daphnia magna* (Strauss).

Cette mortalité peut être due à une saturation de l'eau d'essai par les spores de *M.anisopliae*, comme elle peut être due à une infection des individus de *D.magna*.

La baisse des teneurs en oxygène dissous occasionnée par cet mycoentomopathogène, peut être aussi une cause de mortalité.

Quelque soit son action sur la mortalité, le *Metarhizium anisopliae* var : *Acridum* influence les teneurs en oxygène dissous de l'eau, induisant des troubles

Hydro biologiques dont les conséquences ne peuvent que se répercuter sur *Daphnia magna*.

## Conclusion générale

L'étude de l'action d'un entomopathogène *Metarhizium anisopliae* (Metch), produit à partir d'un biopesticide « *Green muscle* », appliqué par voie de contact sur les adultes et les stades larvaires de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775), ainsi que sur quelques composantes des écosystèmes aquatiques, a révélé ce ci :

-Le *Metarhizium anisopliae* induit une mortalité totale de 100% chez les adultes de *Schistocerca gregaria*. Le temps de létalité dépend essentiellement du nombre de spores actives. Cette mortalité totale a été obtenue en 7 jours avec une dose de  $1.10^9$  sp/ml, et en 12 jours avec une dose plus faible, de  $1.10^3$  sp/ml. Le *Metarhizium anisopliae* (Metch) est un biopesticide à action lente.

- le *Metarhizium anisopliae* n'a aucune action sur les taux d'éclosions. Les pontes ayant été soumises à la DL50 de cet entomopathogène, égale à  $[8,9.10^7$  spores/ml], déterminée sur les adultes, ont montré des taux d'éclosions qui sont de l'ordre de (95,5%  $\pm$ 1,5) et de (93,83%  $\pm$ 1,77) chez les traités, par rapport à (96%) et (94%) chez les témoins. Néanmoins certaines réserves doivent être soulevées concernant certaines anomalies morphologiques constatées sur les individus issus des œufs traités, montrant une atrophie de l'élytre et de l'aile gauche.

-L'activité pathogène du *Metarhizium anisopliae* n'est plus efficace au delà des mues qui ont suivi les traitements de tous les stades larvaires, de *Schistocerca gregaria*. Ces derniers, soumis à la DL50 déterminée sur les adultes, ont montré une mortalité de 73,33% pour les L1 et les L2, 76,66% pour les L3, 80% pour les L4 et 83,33% pour les L5. Certaines perturbations physiologiques montrant un décalage des mues entre les populations témoins et traitées, avec reprise de l'activité alimentaire, synonyme d'une stabilité métabolique, ont été enregistrées après les mues qui suivirent les traitements.

Concernant l'impact du *Metarhizium anisopliae* (Metch), sur les écosystèmes aquatiques, l'adoption du protocole expérimental empirique que nous avons élaboré, par manque de procédés et de tests normalisés, conformes aux nouvelles substances microbiennes (pesticides microbiens), a révélé une perturbation plus ou moins prononcée de certaines composantes de l'écosystème aquatique, sur lequel le *Metarhizium anisopliae* a été appliqué. Ceci s'est prononcé par :

- Une décomposition complète des algues filamenteuses (*Spirogyra sp.*). Elle s'est produite au 4<sup>e</sup> jour à la dose D4 ( $1.10^9$  sp/ml) et au 7<sup>e</sup>me jour à la dose D3 ( $1.10^7$  sp/ml). Cette décomposition est tributaire du nombre de spores et du temps.

- Une mortalité totale de 100%, des poissons (*Xiphophorus helleri*, Heckel), obtenue à la dose D4 ( $1.10^9$  sp/ml) au 4<sup>e</sup>me jour et à la dose D3 ( $1.10^7$  sp/ml) au 7<sup>e</sup>me jour. Une mortalité totale est obtenue chez les têtards de grenouille au 2<sup>e</sup>me jour à la dose D4, et des cladocères (*Daphnia magna*, Strauss) au 4<sup>e</sup>me jour à la dose D4.

- Une perturbation se prononçant par des baisses en teneurs d'oxygène dissous de l'eau qui a servi l'expérimentation. Pour les algues, 0.8mg/l à la dose D4, 3.23 mg/l à la



dose D4 appliquée au poisson, 2.8 mg/l à la dose D4 pour les têtards de grenouille et 4.26 mg/l pour les cladocères.

L'efficacité du *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* est clairement établie sur les populations de *Schistocerca gregaria*. A une dose donnée, il peut provoquer une dissociation des populations larvaires aboutissant dans le temps, à la solitarisation en passant par un état *transiens dégregans*. Contrairement à ça le *M.anisopliae* influe négativement sur l'écosystème aquatique, par des perturbations métaboliques et hydro biologiques, pouvant induire une mortalité massive ou sporadique de la biocénose dulcicole.

Constatations faites, nous suggérons, à ce qu'il y'ait une étude sur le comportement des spores de cet entomopathogène dans les sols de ponte et dans les oothèques avec un suivi de tous les individus issus de ces derniers.

L'étude de La capacité pathogénique des spores de *Metarhizium anisopliae* contenue dans le biopesticide « *Green muscle* », est d'une grande importance car, c'est à partir de là que la notion de dose létale (concentration) est déterminée.

Une étude d'impact sur l'environnement s'impose dans sa globalité et passe essentiellement par le comportement des spores de *Metarhizium anisopliae* vis-à-vis de toute la chaîne trophique aquatique et terrestre.

## Références bibliographiques

- 1- Abassi K., Mergaoui L., Atay Kadiri Z., Stambouli A. et Ghaout S., 2003 - Effets des extraits de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775). ISSN: (1130-4251) *Zool. baetica*, Maroc, vol. 13/14, pp. 203-217.
- 2- Abbot W. B., 1925 - A method for computing the effectiveness of an insecticide. *J.Econ.Ent.*, n°18, pp.265-267.
- 3- Agrane S., 1997 - Régime alimentaire de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididae) dans la région d'Adrar.effet du champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* (deuteromycotina) sur quelques paramètres physiologiques de *S.gregaria* et *Anacridium aegyptium*.These, Magistere Sci. agro. Inst. Nati. Agro. El Harrach, 97p.
- 4- Albrecht F.O., 1967 - Rhythmic activity of the grasshopper *Poeciloceru Hieroglyphicus* (Acrididae Pyrogomorphinae). *Entomologia experimentalis et applicata* (Amsterdam), n°11, pp. 341-347.
- 5- Amouriq L, 1973 - Elément sur la relation entre insectes et champignons. Ed.Herman, Paris, 135p.
- 6- Anonyme, 1982 - *The Locusts and grasshopper agricultural mammal*.Ed.Cent.Avers.Pest.Rese. London, 690p.
- 7- Anonyme, 1988 - *Manuel de lutte antiacridienne*. Ed.O.D.N.R.I., Paris, 191p.
- 8- Anonyme, 1993 - *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). *Lettre d'information S.A.S.*, n°10,4p.
- 9- Anonyme, 1996a - *Microbial pesticide test guidelines, Overview for microbial pest control agents*, Rapport EPA 712-C-96-280, Washington, 18p.
- 10- Anonyme, 1996b - *Freshwater aquatic invertebrates testing*, Rapport EPA 712-C-96-333, Washington, 4p.
- 11- Anonyme, 1996c - *Nontarget plant studies*, Rapport EPA 712-C-96-335, Washington, 5p.
- 12- Anonyme, 1996d - *Honey bee acute contact toxicity*, Rapport EPA 712-C-96-147, Ebauche publique, Washington, 6p.
- 13- Anonyme, 1996e - *Wild mammal acute toxicity*, Rapport EPA 712-C-96-142, Ebauche publique, Washington, 3p.
- 14- Anonyme, 1997 - *Evaluation des données d'essais de terrain relatifs a l'efficacité des insecticides sur les criquets et les sauteriaux*. Rapport à la FAO, groupe consultatif sur les pesticides ,Sixième Réunion, Rome, 9p.
- 15- Anonyme, 1998a - *Evaluation des données d'essais de terrain relatifs a l'efficacité et a la sélectivité des insecticides sur les criquets et les sauteriaux*. Rapport FAO, Groupe consultatif sur les pesticides,Septième Réunion, Rome, 15p.

- 
- 16- Anonyme, 1998b - Bonnes pratiques de laboratoire, Directives d'homologation, DIR98-01, Canada, Ottawa (Ont.) ,43p.
  - 17- Anonyme, 1998c - *Daphnia magna*, *essai de reproduction*, Essai n°211, Direction de l'environnement, Paris, France.
  - 18- Anonyme, 1999 - *Essai de mesure de l'inhibition de la croissance de la plante macroscopique dulcicole*, *Lemna minor*, Rapport SPE 1/RM/37, Canada Ottawa (Ont.) ,107p.
  - 19- Anonyme, 2001a - *Directives pour la déclaration et les essais de substances nouvelles*, Rapport, SPE M-455, Canada, Ottawa (Ont.) ,141p.
  - 20- Anonyme, 2001b - Directives sur l'homologation des agents antiparasitaires microbiens et de leurs produits, DIR2001-02, Santé Canada, Ottawa (Ont.) ,109p.
  - 21- Anonyme, 2001c - *Essai de survie et de croissance des vers polychètes spionides dans les sédiments*, Rapport SPE 1/RM/41, canada, Ottawa (Ont.) ,135p.
  - 22- Anonyme, 2001d - *Lignes directrices en matière de biosécurité en laboratoire*, Ebauche de la 3<sup>ème</sup> Ed., canada, Ottawa (Ont.).
  - 23- Anonyme, 2004 a - *Evaluation des données d'essais de terrain sur l'efficacité et la sélectivité des insecticides sur les criquets et sauteriaux*. Rapport à la FAO. du groupe consultatif sur les pesticides, Rome 18-21 octobre ,35p.
  - 24- Anonyme. , 2004 b - *Devenir et transfert des pesticides dans l'environnement et impacts biologiques*. International Union for the Conservation of Nature, 218p.
  - 25- Anonyme, 2004c - *Guide des essais de pathogénicité et de toxicité de nouvelles substances microbiennes pour les organismes aquatiques et terrestres*, SPE. 1/ RM/44.,173p
  - 26- Appert J. et Deuse J., 1982 - *les ravageurs des cultures vivrières et maraîchères sous les tropiques*. Ed.Maison Neuve et Larose, Paris, 419p.
  - 27- Arrignon J., 1976 - *Aménagement écologique et piscicole des eaux douces*, Ed. Gauthier Villars, Paris, 340p.
  - 28- Arthur S.and Thomas M.B., 2000 - Effect of mycoinsecticide on feeding and fecundity of the brown locust *Locustana pardalina*. *Bio control Science and Technology*, n°10,pp. 321-329.
  - 29- Arthur S.and Thomas M.B., 2001 - Behavioural changes in *Schistocerca gregaria* following infection with a fungal pathogen: implications for susceptibility to predation. *Ecological Entomology*,n° 26,pp. 227-234.
  - 30- Bateman R., 1997 - The development of a mycoinsecticide for the control of locusts and grasshoppers. *Outlook on Agriculture*, n°26(1), pp. 13-18.
  - 31- Barbouche N., Hajjem B., Lognay G., 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.*, n°5 (2), pp.85–90.
  - 32- Behmer S.T., Raubenheimer D. and Simpson S.J., 2001 - Frequency-dependent food selection in locusts: a geometric analysis of the role nutrient balancing.
-

*Animal Behaviour*, 61.Dep.zool.univer.museum natural history. University of Oxford., pp.995-1005.

33- Belliveau B. et Vaituzis Z., 2001 - Regulatory aspects of microbial pest control agent, *Environmental risk assessment*, Arlington, 15p.

34- Benhalima T., Gillon Y. et Louveaux A., 1984 - Utilisation des ressources trophiques par *Dociostaurus marocanus* (Thunberg, 1815), (Orthoptera, Acrididae). Choix des espèces consommées en fonction de leur valeur nutritive. *Acta, Oecologia, oecol.gener.* Vol.5, n°4, pp.383-406.

35- Benkara-Mostefa A., 1978 - *Effets de quelques carbamates insecticides sur l'œuf de Locusta migratoria migratorio#des (R. et F.) et incidences sur l'ovogenèse.*

These Doc. - Ing. Inst. Nati. Polytech. Nancy, 112 p.

36- 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. agro., Inst. nati. agro., El-Harrach, 98p.

37- Bernays E.A. et Chapman R.F., 1970 - Experiments to determine the basis of food selection by *Chorthippus parrallelus* (Zetterstedt) (Orthoptera, Acrididae) in the field. *Journ.Anim.ecol.* n° 39, pp.761-775.

38- 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. agro., Inst. nati. agro., El Harrach, 94 p.

39- Blaney W.M et Simmonds M.S.J., 1985 - Food selection by locusts : The role of Learning in rejection behaviour. *Journ.Ent.app.* n°39, pp.273-278.

40- Bonnemaïson L., 1961 - *Les ennemis animaux .Des plants cultivées et des orets.* Ed.Sep, T.I, Paris, 599p.

41- Briggs J.D., et Sands D.C., 1992 - The effects of microbial pest control agents on nontarget organisms, *Mc Graw Hill Inc., New york*, pp.685-688.

42- Brock T.C.M., Van Wijngaarden R.P.A. and Van Geest G.J., 2000b - *Ecological risks of pesticides in freshwater ecosystems.* Part 2: Insecticides. Alterra-Report 089, Wageningen .

43- Browne B.L. and Raubenheimer D., 2003 - Ontogenic changes in the rate of ingestion and estimates of food consumption in fourth and fifth instar *Helicoverpa armigera* caterpillars. *Journal of insect physiology*, n° 49, pp.63-71.

44- Calvet C., 1980 - *Manuel de protection des végétaux.* Ed. Baillière, coll. « enseignement agricole », Paris, 447p.

45- Carpenter S.R. and Lodge D.M., 1986 - Effects of submersed macrophytes on ecosystem processes. *Aquatic Botany*, n°26, pp.341-370.

46- Cassier P. et Delorme J.C., 1976 - La différenciation imaginaire de tégument chez les Criquets pèlerins (l'évolution au cours de la mue et son déterminisme chez les mâles grégaires). *Ann. Scie. Nat. Zool, Paris, 12ème série*, T.18, pp.295-309.

---

- 
- 47- Cavelier A., 1976 - *cours phytopharmacie*. Ed .Inst. Nat. Agro. El-Harrach, T.1, 514p.
- 48- Chapman R.F. and Bernays E.A., 1977 - The Chemical Resistance of Plants to Insect Attack. *Pontificiae Academiae Scientiarum Scripta Varian*, n° 4(4), pp. 603-643.
- 49- Chapman R.F., Cook A.G., Mitchell G.A. and Page W.W., 1977 - Descriptions and morphometrics of the nymphs of *Zonocerus variegatus* (L.) (*Orthoptera: Acridoidea*). *Bulletin of Entomological Research (London)*, n° 67, pp. 427-437.
- 50- Chapman R. and Joern A., 1990 - *Biology of grasshoppers*, Ed. John Wiley and SOHS, New York, 563p.
- 51- Chara B., Bigot L. et Loisel R., 1986 - Contribution a l'étude du régime alimentaire d'*Omocestus ventralis* (Zetterstedt, 1821) (*Orthoptera-Acrididae*) dans les conditions naturelles. *Ecol.Medit.*, T.XII, Fasc.34, pp.25-32.
- 52- Chinchar V.G., 2002 - *Ranaviruses (Iridoviridae). Emerging Cold-Bloded Killers*. *Archives of virology*, n° 147, pp.447-470.
- 53- Chopard L., 1938 - *Biologie des orthoptères*. Ed. Paul Le Chevalier, Paris, 541p.
- 54- Chopard L., 1943 - *Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord*. Ed. Librairie Arrose, Paris, 447p.
- 55- Cobut J.G, Migolet J., Parent G.H., Lefever H.B., Mallebranche P.G., Martens P., et Staes J., 1974 - *Biologie Zoologie*, Ed. A Deboeca, Bruxelles, 309p.
- 56- Crossland N.O., 1982 - Aquatic toxicology of cypermethrin. II. Fate and biological effects in pond experiments. *Aquatic Toxicology* n° 2, pp.205-222.
- 57- Dajoz R., 1985 - *Précis d'écologie*. Ed. Bordas, Paris, 505p.
- 58- Daszak P., Cunningham A.A. and Hyatt A.D., 2003 - Infectious disease and amphibian population declines. *Diversity and Distributions*, n°9, pp. 141-150 .
- 59- Day K.E., Kaushik N.K. and Solomon K.R., 1987 - Impact of fenvalerate on enclosed freshwater planktonic communities and on in situ rates of filtration of zooplankton. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, n°44, pp. 1714-1728
- 60- De Gregorio R., 1996 - *Le criquet pèlerin Schistocerca gregaria, biologie et élevage : Durée de développement et rythme de ponte dans les conditions de laboratoire*. Ed. C.A.U.P.P.A., Serv. Film Rech. Scien., Pau (Paris).
- 61- Delassus M.H. et Pasquier R., 1929 - *La lutte contre les sauterelles en Algérie*. Pub.gouv.gen., Alger, 72p.
- 62- Dhoubi M.H., et Jarraya A., 1990 - L'invasion acridienne en Tunisie et son impact sur l'environnement. *Jour. Internat. Env., Tunisie*, 12p.
- 63- Dillon R.J., et Charnley A.K., 1988 - Inhibition of *Metarhizium anisopliae* by the gut bacteria. Flora of the desert locust, Characterisation of anti-fungal toxins. *Jour.Can.Micro.*, Vol.34, pp.1075-1082.
- 64- Diop T., 1993 - Observations préliminaires sur le rôle de la photopériode sur la diapause embryonnaire du criquet sénégalais, *Oedaleus senegalensis* (Krauss, 1877). *Insect Science and its application*, n°14(4), pp.471-475.
-



- 65- Dirsh V.H., 1953 - Morphometrical studies on phases of the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). *Anti.cowst, bull.*, n°16, pp.1-34.
- 66- Djeddar M., 1989 - *Contribution à l'étude de la biomasse du barrage Harreza et son impact piscicole*. These Ing. Sci. Agr. INES. Univ. Blida, 122p.
- 67- Dobson H.M., 2001 - *Lutte antiacridienne* 2<sup>ème</sup> Ed. FAO. ,82p.
- 68- Doumandji S. et Doumandji-Mitich B., 1994 - *Criquet et sauterelles (Acridologie)*. Ed.Off.Pub.Univ., Alger, 99p.
- 69- Douville M., 2001 - *Test procedures for assessing the pathogenicity and toxicity of microorganisms to aquatic and terrestrial wildlife in laboratory*, Rapport technique établi pour la section de l'élaboration et de l'application des méthodes, environnement Canada, Ottawa (Ont.), 153p.
- 70- Duranton J.F., Launois M., Launois-Luong M.H. et Lecoq M., 1982 - *Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche*. Ed.GERDAT, Paris, T.I, 695p.
- 71- Duranton J.F., Launois M., Launois-Luong M.H. et Lecoq M., 1987 - De l'étude des criquets a l'écologie opérationnelle. *Rev.Sci.*, pp.54-67.
- 72- Duranton J.F et Lecoq M., 1990 - *Le Criquet pèlerin au Sahel*. Coll.Acrid.Opert. d.CIRAD-PRIFAS, Montpellier, 343p.
- 73- Dussart B., 1966 - *Limnologie. Etude des eaux continentales*, Ed. Gauthier, Paris, 667p.
- 74- Edginton A., 2001 - *Review of amphibian culturing and toxicity testing procedures*, Environnement Canada, Ottawa (Ont.), 64p.
- 75- Ferron P., Fargues J. et Riba G., 1991 - Les champignons agents de lutte microbiologique contre les ravageurs.*Doss.cell.envir.* n° 5, pp.66-76.
- 76- Fescemyer H.W., 1993 - Influence of phase polymorphism on the morphometric and physiological processes in preparation for insect migration. *J. Agri. Entomol.*, n°10(4), 219-237.
- 77- Fuzeau Braesh S., 1998 - *Polymorphisme phasaire des criquets migrants : déterminismes et différences géographiques. La lutte anti-acridienne* Ed. AUPELF-UREE John Libbey Eurotext, Paris, pp. 135-139.
- 78- Ghaout S., 1990 - *Contribution a l'étude des ressources trophiques de Schistocerca gregaria(Forskål,1775) (Orthoptera,Acridida) solitaire en Mauritanie occidentale et teledetection de ses biotopes par satellite*. Thèse doctorat sci., Univ. Paris- Sud., Orsay, 241p.
- 79- Ghidaoui H.,1990 -*Elevage du criquet pèlerin Schistocerca gregaria Forsk et impact de divers substrats alimentaires sur la reproduction*.Mem.Ing., Eco.Sup.Hort., Sousse, Tunis, 44p.
- 80- Gillett S.D., 1978 - Environmental determinants of phase polymorphism of the desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forsk.), reared crowded. *Acrida*, n°7(4), 267-288.
- 81- Gillon Y., 1989 - *Le risque en agriculture. Le risque acridien*. Ed. ORSTOM., Paris, pp.143-152.

- 
- 82- Girardie., 1991 - *Régulation endocrinienne du développement, de la reproduction et du polymorphisme phasaire. La lutte anti-acridienne.* Ed. Aupelf, John lidday Eurotext, Paris, pp.119-127.
- 83- Grass P.P., 1949 - *Traité de zoologie, anatomie, systématique, biologie.* Ed.Masson, T.IX, Paris, 1117p.
- 84- Greathead P.J., Kooyman C., Launois-Luong M.H. et Popov G.B., 1994 - *Les ennemis naturels des Criquets du sahel.* coll.Acrid.operat.8.Ed.CIRAD-GERDAT-PRIFAS, France, 147p.
- 85- Guendouze-Benrima A., 2005 - *Ecophysiology et biogéographie du Criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forsk., 1775) (Orthoptera, Acrididae) dans le sud Algérien.* Thèse Doct. D'Etat, Inst.Nat.Agr. El-Harrach, 210p.
- 86- 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* (Forsk., 1775) (Acrididae , Cyrtacanthacridinae). Thèse Magister Sci. Agro., Inst. Nati. Agro. El Harrach, 96 p.
- 87- Hagman L.E. and Porteous D.J., 1972 - Pre-hatch treatments with Dursban 1G granular insecticide for control of mosquito larvae. *Down to Earth*, n° 28,pp. 21-24.
- 88- Halidou M.I., 1996 - Utilisation d'un myco pesticide a base de *Metarhizium flavoviride* Gams et Rozsypal contre les acridiens. Acceptabilité auprès des agriculteurs sahétiens et possibilités de production commerciale. *Sécheresse*, 2, Vol.7, pp.159-160.
- 89- Halouane F., 1997 - *Cycle biologique de Schistocerca gregaria (Forsk., 1775) et de Locusta migratoria (Linné, 1758) (Orthoptera, Acrididae)-Efficacité de Metarhizium anisopliae (Metch) (Hyphomycetes, Deuteromycotina) et effet sur quelques paramètres physiologiques de Schistocerca gregaria.* These Magister, Inst. Nat. agro. El Harrach, 235p.
- 90- Hanazato T. and Yasuno M., 1987 - Effects of a carbamate insecticide, carbaryl, on the summer phyto- and zooplankton communities in ponds. *Environmental Pollution*, n° 48,pp. 145-159.
- 91- Hanazato T., Iwakuma T., Yasuno M. and Sakamoto M., 1989 - Effects of temephos on zooplankton communities in enclosures in a shallow eutrophic lake. *Environmental Pollution*, n° 59,pp. 305-314.
- 92- Hanazato T. and Yasuno M., 1990 - Influence of time of application of an insecticide on recovery patterns of a zooplankton community in experimental ponds. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, n° 19, pp.77-83 .
- 93- Hanazato T., 1998 - Response of a zooplankton community to insecticide application in experimental ponds: a review and the implications of the effect of chemicals on the structure and functioning of freshwater communities. n° 101, pp.361-373.
- 94- Haskell P.T., Paskin M.W. and Moorhouse J.E., 1962 - Laboratory observations on factors affecting the movements of hoppers of the Desert Locust. *Journal of Insect Physiology (Oxford)*, N° 5, pp. 53-78.
-



- 95- Haskell P.T., 1982 - Pest speies. *Acrida*, T.2, pp.300-313.
- 96- Helgen J.C., Larson N.J. and Anderson R.L.,1988 - Responses of zooplankton and *Chaoborus* to *temephos* in a natural pond and in the laboratory. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, n° 17,pp. 459-471.
- 97- 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. Agro., Int. nati. agro., El-Harrach, 103p.
- 98- Hurlbert S.H., Mulla M.S. and Willson H.R., 1972 - Effects of an organophosphorus insecticide on the phytoplankton, zooplankton, and insect populations of fresh-water ponds. *Ecological Monographs*,n° 42,pp. 269-299.
- 99- Hurlbert S.H., 1975 - Secondary effects of pesticides on aquatic ecosystems. *Residue Reviews*,n° 57,pp. 81-148.
- 100- Huis A.V., 1993 - Peut-on réussir la lutte contre le criquet pèlerin ? Lutte contre le Criquet pèlerin par les techniques existantes, 'évaluation des stratégies'.*Compte-rendu du séminaire de Wageningen Pays Bas 6-11 décembre 1993*, pp.11-17.
- 101- Idrissi Hassani L.M., Ould Ahmadou M.A., Chihrane J.et Bouaichi A., 1998 - Effet d'une alimentation en *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur la survie et le développement ovarien du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål,1775) (Orthoptera, Acrididae). *Ethnopharmacologia*, n°23, pp.26-41.
- 102- Idrissi Hassani L.M., 2000 - *Contribution a l'analyse phytochimique du Harmel (Peganum harmala, Zygophyllaceae) et étude de ses effets sur la reproduction et le développement du criquet pèlerin, Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae)*. These Doct.d'Etat, Univ.Ibnou Zhor, Agadir, Maroc, 214p.
- 103- Inglis G.D., Johnson D.L.et Goettel M.S., 1997 - Field laboratory evaluation of two conidial batches of *Beauveria bassiana* (Balsamo) against grasshoppers. *Canadian Entomology*, vol. 29, pp.171-186.
- 104- Jenkins N.E.and Thomas M.B., 1996 - Effect of formulation and application method on the efficacy of aerial and submerged conidia of *Metarhizium flavoviride* for locust and grasshopper control. *Pestic. Sci.*,n° 46, 299-306.
- 105- 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. agro., Inst. nati. agro., El-Harrach, 115 p.
- 106- Kara F.Z.,1997 - *Etude de quelques aspects écologiques et régime alimentaire de Schistocerca gregaria (Forskål,1775) (Orthoptera-Cyrtacanthacridinae) dans la région d'Adrar et en conditions contrôlées*.These Magistere,Inst.,Nat.Agro.,El-Harrach,182p.
- 107- Kaushik N.K., Stephenson G.L., Solomon K.R. & Day K.E. 1985 - Impact of permethrin on zooplankton communities in limnocorrals. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, n°42, pp. 77-85

- 
- 108- Kaushik N.K., Solomon K.R., Stephenson G.L. and Day K.E., 1986 - *Use of limnocorals in evaluating the effects of pesticides on zooplankton communities.* In, Cairns J. Jr. (Ed.), Community Toxicity Testing, ASTM STP 920. American Society for Testing and Materials, Philadelphie, pp.269-290
- 109- Kayed A.N., 1983 - Food consumption, assimilation and growth in *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775). *Bull.soc.ent., Egypte* ,n°64, , pp.183-190.
- 110- Keith D., et Kevan M.E., 1992 - Les agents de lutte biologique existants et potentials contre les orthopteroïdes nuisibles. In ,VICKERY V.R., 1992. – Obituary, Douglas Keith McEwan KEVAN (1920-1991). – *Antenna, Bulletin of the Royal Entomological Society of London (London)*, n°16(1), pp. 4-6.
- 111- Kerwin J.L., 1992 - *Testing the effects of microorganisms on birds*, Mc Graw Hill, Inc., New York, NY., 729p.
- 112- Kettle W.D., deNoyelles F., Heacock B. and Kadoum A., 1987 - Diet and reproductive success of bluegill recovered from experimental ponds treated with atrazine. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, n°38, pp. 47-52.
- 113- Kladvik E.J., Brown L.C. and Baker J.L., 2001 - Pesticide transport to subsurface tile drains in humid regions of North America. *Critical Review of Environmental Science and Technology*,n° 31,pp. 1-62.
- 114- Kooyman C., Ammati M., Moumène 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* FAO TAC ,n°715, 22p.
- 115- Krall S. et Herok C., 1997 -*Economics of desert locust control, new strategies in locust control.* Ed. Birkhäuser Verlag, Basel, Switzerland, 522p.
- 116- Latchinsky A.V. et Launois-Luong M.H., 1992 - *Le Criquet marocain, Dociostaurus marocanus (Thunberg, 1815) dans la partie orientale de son aire de distribution.* Ed.CIRAD-GERDAT-PRIFAS, Montpellier, Vizir, Saint Petersburg, 270p.
- 117- Launois-Luong M.H.,1975 - *L'alimentation du Criquet migrateur Locusta migratoria copito (Sauss.) en phase solitaire a Madagascar-Regime et effets.* Thèse Doctorat d'état es-sc., Univ.Paris-Sud, Orsay, 202p.
- 118- Launois-Luong M.H., Launois M. et Rachadi T., 1988 - *La lutte chimique contre les criquets du Sahel.* Minist.Aff.Etrang.Pays Bas et CIRAD-PRIFAS, Coll.Acrid.Opérat., n°3, 62p.
- 119- Launois-Luong M.H. et Lecoq M., 1989 - *Vade-mecum des Criquets du Sahel.*C.I.R.A.D-PRIFAS, Pays Bas, 5,125p.
- 120- Launois-Luong M.H. et Popov G.B., 1992 - *Schistocerca gregaria (Forsk., 1775) Acrididae Cyrtacanthacridinae.* Ed.CIRAD-PRIFAS., Paris, 4p.
- 121- Launois-Luong M.H. et Lecoq M.,1993 - *Manuel explicatif du code ONM de transmission des informations sur les criquets ravageurs.* Ed.Org.Mete.Mond., Org.Isl.Etu.Sci.Col., Genève, 30p.
- 122- Launois M. and Rachadi T.,1997 - *The problem of a replacement for dieldrin, p. 275 in Krall S., Peveling R. and Ba Diallo D., New strategies in locust control,* Ed. Birkhäuser Verlag, Basel/ Switzerland, 522p.
-

- 123- Legall P., 1989 - Le choix des plantes nourricières et la spécialisation trophique chez les *Acridoidea* (Orthoptères). *Bull. Ecol.*, T.20, pp.245-264.
- 124- Liess M. 2005 - *Predicting effects of pesticides in streams*. In : Liess M., Brown C., Dohmen P., Duquesne S., Hart A., Heimbach F., Kreuger J., Lagadic L., Reinert W., Maund S., Strelake M. and Tarazona J. (Eds.). *Effects of Pesticides in the Field*. EU and SETAC Europe Workshop, Octobre 2003, Le Croisic, France. SETAC Press,
- 125- Loher W., 1960 - The chemical acceleration of the maturation process and its hormonal control in the male of the desert Locust. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B, (London)*, n°153, pp.380-397.
- 126- Lomer C.J., Bateman R.P., Johnson D.L., Langewald J. and Thomas M., 2001 - Biological control of locusts and grasshoppers. *Annu. Rev. Entomol.*, n°46, pp 667-702.
- 127- Louveaux A., Mainguet A.M. et Gillon Y., 1983 - Recherche de la signification des différences en valeur nutritive observées entre feuilles de blé jeunes et âgées chez *Locusta migratoria* (R.et F.) (Orthoptera, Acrididae). *Bull.soc.zool.*, T.108,n° 3, France, pp.453-456.
- 128- Louveaux A. et Benhalima T.,1987 - Catalogue des Orthoptères *Acridoidea* d'Afrique du Nord. Ouest. *Bull.Socie.Ent. France*,n° 91(3-4), pp.73-86.
- 129- Luong-Skormand M.H., Rachadi T. et Lecoq M., 1999 - *La lutte contre les criquets ravageurs : l'intérêt des myco pesticides*. Ed. Cirad-Amis-Programme Protection des cultures, n°19, Paris.
- (Disponible sur [http://www.inra.fr/dpenv/ do.htm#d19](http://www.inra.fr/dpenv/do.htm#d19))
- 130- Magor J.I.,1993 - Le Criquet pèlerin : dynamiques des populations. Lutte contre le Criquet pèlerin par les techniques existantes, 'évaluation des stratégies' *Compte-rendu du séminaire de Wageningen Pays Bas 6-11 décembre 1993*, pp.11-17.
- 131- Mahdjoub N., 1988 - Le problème du criquet pèlerin et les perspectives de sa solution. *Bureau Régional FAO/Accra, Ghana.Nature et Faune*,N° 4 , pp. 16-20.
- 132- Mestre J., 1988 - *Les acridiens des formations herbeuses d'Afrique de l'Oest*. Ed.CIRAD-PRIFAS, Paris, 330p.
- 133- Milner R.J., 2000 - Current status of *Metarhizium* as a mycoinsecticide in Australia. *Bio control News and Information*,n° 21(2),pp. 47-50.
- 134- Mitchell G.C., Bennett D. and Pearson N., 1993 - Effects of lindane on macroinvertebrates and periphyton in outdoor artificial streams. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, n°25, pp.90-102 .
- 135- Morales Agacino E., 1952 - Le problème antiacridien en Amérique centrale et au Mexique.*Bulletin Phytosanitaire de la FAO (Roma)*, n°1(2), pp. 19-21.
- 136- Morley Davies J., Moore D.G., and PRIOR C., 1994 - Screening of *Metarhizium* and *Beauveria spp.* conidia with exposure to simulated sunlight and a range of temperatures. – *Mycological Research*, n° 100(1), pp. 31-38.
- 137- Mouhim A., 1989 - *Contribution a l'étude de la bio-ecologie de Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) en phase grégaire dans la nature

- au Maroc. Mémoire Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle, Inst.agro.vet., Hassan II, complexe Agadir, 180p.
- 138- Moumen A., 1995 - *Choix et normes d'utilisation des insecticides en lutte antiacridienne. Stage de formation en lutte anti-acridienne (Alger 17-27 sep.)*. Ed.INPV-OADA, pp.149-154.
- 139- Moumen K., 2002 - *La transformation phasaire chez le criquet pèlerin, Schistocerca gregaria (Forsk., 1775) (Orthoptera-Acrididea) : Mécanisme et identification des caractéristiques écophysiologicals de la substance femelle de grégarisation*. Thèse Doct.Biologie, Faculté des Sciences de Tunis, 109p.
- 140- Muirhead-Thomson R.C., 1987 - *Pesticide Impact on Stream Fauna with Special Reference to Macroinvertebrates*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. sp
- 141- Nielsen J.K., Melchior L. et Sorensen H., 1977 - Cucurbitacine E and I in *Iberis amara*: Feeding inhibitors for *Phyllotreta undilata*. *Phytochemistry*, n°16, pp.1519-1522.
- 142- Norris M.J., 1962 - Group effects on the activity and behaviour of adult males of the Desert locust (*Schistocerca gregaria* Forsk.) in relation to sexual maturation. *Animal Behaviour (London)*, n° 10(3-4), pp. 275-291.
- 143- Norris M.J., 1962 - The effects of density and grouping on sexual maturation, feed in gand activity in caged *Schistocerca gregaria*. – *Colloques internationaux du Centre national de la Recherche scientifique (Paris)*, n°114, pp.1-10.
- 144- Norris M.J., 1962 - Diapause induced by photoperiod in a tropical locust, *omadacris septemfasciata* (Serv.). *Annals of Applied Biology (Cambridge)*, n°50, pp. 600-603.
- 145- Nurein H.O.M., 1989 - *Le Criquet pèlerin –Révision des locustes et sauteriaux*. Ed. Bayer, France, 39p.
- 146- O'Rourk D.P. et Schultz T.W., 2002 - *Biology and diseases of amphibians*. 2è Ed. Academic press, New York, NY., pp.793-826.
- 147- Ouchene D., 1995 - *Quelques aspects bio-écologiques de Schistocerca gregaria (Forsk., 1775) (Orthoptera, Acrididae) dans la région de Tamanrasset et en conditions contrôlées*. Memoire Ing.agro.,Inst.nat.agro.,El-Harrach ,85p.
- 148- Ould Ahmedou M.L., Bouichi A. et Idrissi Hassani L.M., 2001 - Mise en évidence du pouvoir répulsive et toxique de *Glinus lotoides* (Aizoacées) sur les larves du criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* Forskal (Orthoptera, Acrididea). *Zool.baetica*, n°12 ,pp.109-177.
- 149- Ould El Hadj A. et Olud Ahmedou M.L., 1999 - Étude du choix alimentaire du Criquet Pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. *Sahel IPM*, n°14, pp.32.
- 150- Outtar F., 2006 - *Effet de deux entomopathogènes, Beauveria bassiana Bals. et Metarhizium anisopliae var. acridum Metch. (Hyphomycetes, Deuteromycotina) sur l'état embryonnaire du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae)*, Thèse, Ing Sci. Agro. Inst. Nati. Agro. El Harrach, 102 p.



- 151- Padisak J., 2003 - *Phytoplankton*. In: O'Sullivan P.E. and Reynolds C.S. (Eds.). The Lakes Handbook 1. Limnology and Limnetic Ecology. Blackwell Science Ltd, Oxford, UK, pp.251-308.
- 152- Paillot A., 1933 - *L'infection chez les insectes*. Ed.Patissier et Trevaux, Paris,535p.
- 153- Papillon-Tchelebi M.,1962 - Interaction du groupement,de l'alimentation et d'un facteur saisonnier sur *Schistocerca gregaria* (Foskal,1775). *Coll.inter., CNRS., Paris*, pp.37-61.
- 154- Papst M.H. and Boyer M.G., 1980 - Effects of two organophosphorus insecticides on the chlorophyll a and pheopigment concentration of standing ponds. *Hydrobiologia*, n°69, pp.245-250
- 155- Persoone G. and Janssen C., 1993 - *Freshwater invertebrate toxicity tests*. In: Calow P.,(Ed.) Handbook of Ecotoxicology, Vol. 1. Blackwell Scientific, Oxford,pp. 51-65 .
- 156- Petrovicky I., 1988 - *La grande encyclopédie des poissons d'aquarium*. Ertia Prague, 495p.
- 157- Pokorny J. and Kvet J., 2003 - Aquatic plants and lake ecosystems. In : O'Sullivan P.E. and Reynolds C.S. (eds), The Lakes Handbook 1. *Limnology and Limnetic Ecology*. Blackwell Science Ltd, Oxford, UK, pp.309-340.
- 158- Popov G.B., Duranton J.F. et Gigault J.,1991 - *Etude écologique des biotopes du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskål,1775) en Afrique du Nord Occidentale*. Coo.Dev.ONU, CCE, Cent.Coo.Inter rech.Agro.Dev.343p.
- 159- Pourriot R., Capblancq J., Champ P., et Meyer J.A.,1982 - *Ecologie des eaux continentales*,*Coll.Eco.*,16<sup>ème</sup> Ed. Masson Paris, 198P.
- 160- Price R.E., Muller E.J., Brown H.D., D'uamba P. and Jone A.A., 1999 - The first trial of *Metarhizium anisopliae* var. *acridium* mycoinsecticide for the control of the Red Locust in a recognised outbreak area. *Insect science and its applications*, n°19(4), pp.323-331.
- 161- Prior C., 1993 - Les biopesticides contre les criquets. *La recherche*,N°251, Vol.24, pp.219-221.
- 162- Rachadi T., 1990 - Processus et limites des insecticides chimiques en lutte antiacridienne. *Phytoma*, n°421, pp.53-59.
- 163- Rachadi T., 2005. – Problématique des applications contre le Criquet pèlerin. Conférence introductive. – *Séminaire scientifique international sur le Criquet pèlerin. Dakar, 11-13 janvier, sp.*
- 164- Ramade F., 1978 - *Elément d'écologie appliqué. Action de l'homme sur la biosphère*, Ediscience /Mc graw-Hill, 576p.
- 165- Rao, Y. R., 1960 - The Desert Locust in India, *Monogr, Ind. Coun. Agric. Res.*, pp.21- 721.
- 166- Rao P.J. and Mehrotra K.N., 1977 - Phagostimulants and Antifeedants from *Calotropis gigantea* for *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). *Indian Journal of Experimental Biology*, n°15(2), pp.148-150.

- 167- Regnier P.R., 1931 - Les acridiens ravageurs du Maroc. *Deb.cult., n°1, Direc. gen. agri. com. colon., Rabat*, pp.1-41.
- 168- Robert P.A., 1960 - *Les insectes aptères et anciens archiptères (orthoptères, coléoptères et névroptères)*. Ed. Maisson et C<sup>et</sup>, Paris, 270p.
- 169- Rowell C.H.F. and Cannis T.L., 1971 - Environmental factors affecting the green/brown polymorphism in the Cyrthacanthacridine grasshopper *Schistocerca vaga* (Scudder). *Acrida*, n°1, pp. 69-77.
- 170- Rowley J., 1994 - *La razzia des Criquets du Sahel*. Ed.L'harmattan, Paris, 154p.
- 171- Saint-Maxent T., 2002 - *Les espèces animales et végétales susceptibles de proliférer dans les milieux aquatiques et subaquatiques*. Fiches des espèces indigènes, Agence de l'eau, 109p.
- 172- Showler A.T., and Potter C.S., 1991 - Synopsis of the 1986-1989 Desert Locust (*Orthoptera: Acrididae*) Plague and the Concept of Strategic Control. – *The American Entomologist (Eté 1991)*, pp. 106-110.
- 173- Showler., 2002 - A summary of control strategies for the desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forskal, 1775) .*Agriculture, Ecosystem and Environnement*, n°90, pp.97-103.
- 174- Shulov A., 1953 - The role of water in the eggs of *Acrididae*. *Proceeding of the 14<sup>th</sup> international congress of zoologie, Copenhagen*, pp.395-401.
- 175- Sieglaff D.H., Periera R.M. and Capinera J.L., 1998 - Microbial control of *Schistocerca americana* (*Orthoptera: Acrididae*) by *Metarhizium flavoviride* (*Deuteromycotina*): Instar dependent mortality and efficacy of ultra low volume application under greenhouse conditions. *Jour. Econ. Entomol.*, n° 91(1), 76-85.
- 176- Simone M. et Joern A., 1994 - Feeding behaviour of graminivores grasshoppers in response to host plant extracts, alkaloids and tannins. *Journal of Chemical Ecology*, n°20 (12), pp. 3097-3108.
- 177- Simpson S.J., Simmonds M.S.J., Wheatley A.R. et Bernays E.A., 1988 - The control of meal termination in the locust. *Anim.behav.*, n°36, pp.1216-1227.
- 178- Sinoir Y., Boulay C. and Le berre J.-R., 1968. – Etude de l'équipement sensoriel du labre chez la larve de *Locusta migratoria migratorioides* (F. et R.). – *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, N°266, série D (Avril)*, pp. 1505-1507.
- 179- Sinoir Y., 1969 - Le rôle des palpes et du labre dans le comportement de prise de nourriture chez la larve du criquet migrateur. *Ann.nutr.alim.*, n°3, pp.167-194.
- 180- Sitouh M., 1967 - Relations entre les crues et *Schistocerca gregaria* (Forskal, 1775) en phase solitaire dans le Sahara Central de 1967 a 1972. *Ann.Inst.nat.agr. El-Harrach, Vol.*, VI, n° 4, pp.43-83.
- 181- Snedecor G.W., et Cochran W.G., 1971 - *Méthodes statistiques*. Ed.Lavoisier, Paris, 649p.
- 182- Steedman A., 1988 - *Manuel de lutte antiacridienne*. Ed.Printice hall, France, 638p.

- 183- Stephenson R.R. and Kane D.F., 1984 - Persistence and effects of chemicals in small enclosures in ponds. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, n°13, pp.313-326.
- 184- Stower W. J., 1959 - The colour patterns of hoppers of the Desert Locust *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). *Anti-Locust Bull.*, London, n°32, 75 pp.
- 185-Sutter G.W., 1985 - *Application of environmental risk analysis to engineered organisms*. American society for microbiology, Washington, 219p.
- 186- Symmons P.M. et Cressman K.,2001 - *Biologie et comportement du criquet pèlerin*. Directives sur le criquet pèlerin, F.A.O., Rome, 43p.
- 187- 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.
- 188- Thiery D. et Masson C., 1990 - *Détection des signaux allélochimiques volatils et comportement des insectes phytophages. Rencontre Caraïbes en lutte biologique*, Guadeloupe, Antilles françaises, 5-7 Novembre. Ed. ACTA-INRA., pp.109-119.
- 189- Tira R., 1975 - *Elevage du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) sur milieu nutritif artificiel. Son intérêt en entomologie appliquée*. Thèse Doct.Ing. Inst.sci.nat., Paris-Sud, Orsay, 45p.
- 190- Uvarov B.P., 1929 - Phases of locusts and their inter-relations. *Bull. Ent.research*, London, n°3, pp.261-265.
- 191- Wei Z., Baggerman G., Nachman R.J., Goldsworthy G., Verhaert p., Loof A.D. and Schoofs L., 2000 - Sulfakinins reduce food intake in the desert locust *Schistocerca gregaria* .*Journal of insect physiology*, n°46, and pp.1259-1265.
- 192- Wetzl. R.G.,2001 - Land water interfaces: Metabolic and limnological regulators. *Limnol.*n°24, pp6-24.
- 193- Yasuno M., Ohkita J. and Hatakeyama S., 1982 - Effects of temephos on macrobenthos in a stream of Mt. Tsukuba. *Japanese Journal of Ecology*,n° 32, pp.29-38.
- 194- Yasuno M., Sagaya Y. and Iwakuma T., 1985 - Effects of insecticides on the benthic community in a model stream. *Environmental Pollution*,n° 38,pp. 31-43.
- 195- Zimmermann G.,1993 - The entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* and its potential as a biocontrol agent. *Pestic.sci.* n°37, pp.375-379.
- 196- Zolotarevsky B.,1946 - Les phases acridiennes et l'invasion du criquet migrateur dans la Gironde. *Ann.Epiphyties, Serie.Ent.* n°3, T.XII, 14p.



---

# Annexes

## Glossaire

- **Benthos** : Relatif à benthique. Organismes vivant au fond d'un cours d'eau ou d'un plan d'eau.
- **Dulcicole** : ou dulçaquicole ; relatif à eau douce.
- **Exuvie** : Mue rejetée par les Arthropodes.
- **Imago** : Image de l'adulte mais immature.
- **Larve** : Stade de développement, différent de l'état adulte.
- **Lentique** : Eaux dormantes.
- **Lotique** : Eaux courantes.
- **Maculature** : Tégument tacheté.
- **Mue** : Rejet total et reconstitution du tégument chitineux, permettant la croissance des arthropodes.
- **Oothèque** : Capsule enfermant les œufs.
- **Périphyton** : Ensemble des organismes vivants sur un support formé principalement par les plantes aquatiques supérieures.
- **Phéromone** : Substances chimiques qui, sécrétées par un animal, peuvent déclencher des réactions chez un autre individu de la même espèce.
- **Phytoplancton** : Plancton végétal
- **Plancton** : Ensemble des organismes microscopiques vivant en flottant dans l'eau passivement ou non, sans pouvoir toutefois opposer de résistance effective aux courants.
- **Rotifères** : Très petits Vermidiens caractérisés par leurs mouvements rotatoires tourbillonnaires.
- **Zooplancton** : plancton animal.

## Annexe 1

**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Arcrididae cyrtacanthacridinae**

D J	Témoin				D1 1.10 <sup>3</sup> s/ml				D2 1.10 <sup>6</sup> s/ml				D3 1.10 <sup>7</sup> s/ml				D4 1.10 <sup>9</sup> s/ml				
	R1	R2	R3	M	R1	R2	R3	M	R	R2	R3	M	R1	R2	R3	M	R1	R2	R3	M	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	20	10	8.16
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	6.66 9.42	10	10	40	20	14.14
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	6.66	20	10	20	16.66	50	30	50	43.33	
4	0	0	0	0	0	10	0	3.33	10	10	20	13.33	40	30	50	40	60	60	70	63.33	
5	0	0	0	0	0	10	0	3.33	40	30	30	33.33	50	30	60	46.66	70	90	100	86.66	
6	0	0	0	0	10	20	20	16.66	40	30	30	33.33	70	70	80	73.33	90	100	100	96.66	
7	0	0	0	0	30	30	40	33.33	50	60	40	50	80	90	100	90	100	100	100	100	
8	0	0	0	0	40	50	40	43.33	70	60	50	60	100	100	100	100					
9	0	0	0	0	70	50	60	60	90	90	70	83.33									
10	0	0	0	0	70	60	90	73.33	10	100	80	93.33									
11	0	0	0	0	80	100	100	93.33	10	100	100	100									
12	0	0	0	0	100	100	100	100													

Tableau n°7: Mortalités cumulées journalières en %, des adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål) témoins et traités au *Metarhizium anisopliae* (Metch)

D : Doses, J : Jours, M : Moyenne, R : Répétition, s/ml : Spores par millilitre

## Annexe 2

Tableau n°27 : Transformation du temps en Logarithme décimal et des pourcentages de mortalité cumulés des larves de 1<sup>er</sup> stade en Probits.

Temps	Logarithme décimal du Temps	Moyenne de mortalité cumulée en pourcentage	Probits des mortalités
1	0	3.33	3.16
2	0.30	36.66	4.65
3	0.47	56.66	5.16
4	0.60	70	5.52
5	0.69	73.33	5.61
6	0.77	73.33	5.63
7	0.84	73.33	5.63
8	0.90	73.33	5.63
9	0.95	73.33	5.63
10	1	73.33	5.63
11	1.04	73.33	5.63
12	1.07	73.33	5.63
13	1.11	73.33	5.63
14	1.14	73.33	5.63
15	1.17	73.33	5.63

**Tableau n°28 : Transformation du temps en Logarithme décimal et des pourcentages de mortalité cumulés des larves de 2em stade en probits.**

Temps	Logarithme décimal du Temps	Moyenne de mortalité cumulée en pourcentage	Probits des mortalités
1	0	0	-
2	0.30	20	4.16
3	0.47	36.66	4.65
4	0.60	56.66	5.16
5	0.69	63.33	5.33
6	0.77	73.33	5.61
7	0.84	73.33	5.61
8	0.90	73.33	5.61
9	0.95	73.33	5.61
10	1	73.33	5.61
11	1.04	73.33	5.61
12	1.07	76.66	5.72
13	1.11	76.66	5.72
14	1.14	76.66	5.72
15	1.17	76.66	5.72

**Tableau n°29 : Transformation du temps en Logarithme décimal et des pourcentages de mortalité cumulés des larves de 3em stade en Probits.**

Temps	Logarithme décimal du Temps	Moyenne de mortalité cumulée en pourcentage	Probits des mortalités
1	0	0	-
2	0.30	0	-
3	0.47	36.66	4.65
4	0.60	63.33	5.33
5	0.69	73.33	5.61
6	0.77	73.33	5.61
7	0.84	76.66	5.72
8	0.90	76.66	5.72
9	0.95	80	5.84
10	1	80	5.84
11	1.04	80	5.84
12	1.07	80	5.84
13	1.11	80	5.84
14	1.14	80	5.84
15	1.17	80	5.84

**Tableau n°30 : Transformation du temps en Logarithme décimal et des pourcentages de mortalité cumulés des larves de 4em stade en Probits.**

**Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Arcrididae cyrtacanthacridinae**

---

Temps	Logarithme décimal du Temps	Moyenne de mortalité cumulée en pourcentage	Probits des mortalités
1	0	3.33	3.16
2	0.30	10	3.72
3	0.47	43.33	4.82
4	0.60	56.66	5.16
5	0.69	76.66	5.72
6	0.77	80	5.84
7	0.84	80	5.84
8	0.90	80	5.84
9	0.95	80	5.84
10	1	80	5.84
11	1.04	80	5.84
12	1.07	80	5.84
13	1.11	80	5.84
14	1.14	80	5.84
15	1.17	80	5.84

**Tableau n°31 : Transformation du temps en Logarithme décimal et des pourcentages de mortalité cumulés des larves de 5em stade en Probits.**

Temps	Logarithme décimal du Temps	Moyenne de mortalité cumulée en pourcentage	Probits des mortalités
1	0	0	-
2	0.30	3.33	3.16
3	0.47	50	5
4	0.60	63.33	5.33
5	0.69	80	5.84
6	0.77	83.33	5.96
7	0.84	83.33	5.96
8	0.90	83.33	5.96
9	0.95	83.33	5.96
10	1	83.33	5.96
11	1.04	83.33	5.96
12	1.07	83.33	5.96
13	1.11	83.33	5.96
14	1.14	83.33	5.96
15	1.17	83.33	5.96

## Annexe 3

La signification des désignations qui sont portées sur les tableaux 27, 28, 29, 30,31 est :

**I** = Blocs (T : témoins) ; (1, 2,3 : Répétitions) ; **II** = Taux d'individus vivants exprimés en pourcentage ;**III** = Aliment distribué exprimé en gramme de poids vif.

**IV** = Aliment distribué exprimé en gramme de poids sec ; **V** = Aliment restant exprimé en gramme de matière sèche ; **VI** = Aliment pris (consommé) exprimé en gramme de matière sèche ; **VII** = Aliment consommé par individu, exprimé en gramme de matière sèche ;**VIII** = Moyenne de Aliment consommé par individu, exprimé en gramme dematière sèche ; **IX** = Moyenne de Aliment consommé par individu, exprimé en pourcentage de matière sèche.

**Les chiffres écrits en rouge = Jours moyens des mues ( $\pm 1$  jour)**

DESIGNATION JOUR§	I	II En %	III En gr	IV En gr	V En gr	VI En gr	VII En gr	VIII En gr	IX En %
1	T	100	10	0.490	0	0.490	0.049	0.049	100
	1	100	10	0.490	0	0.490	0.049	0.047	95.91
	2	100	10	0.490	0	0.490	0.049		$\pm 4.08$
	3	90	10	0.490	0.103	0.387	0.043		
2	T	100	10	0.480	0	0.480	0.048	0.048	100
	1	60	10	0.480	0.256	0.223	0.037	0.040	84.37
	2	60	10	0.480	0.231	0.248	0.041		$\pm 4.21$
	3	70	10	0.480	0.179	0.301	0.043		
3	T	100	10	0.403	0.178	0.224	0.022	0.022	55.58
	1	40	10	0.403	0.386	0.017	0.004	0.007	19.10
	2	30	10	0.403	0.377	0.025	0.008		$\pm 5.45$
	3	60	10	0.403	0.342	0.061	0.010		
4	T	100	10	0.491	0.255	0.236	0.023	0.023	48.06
	1	40	10	0.491	0.408	0.082	0.020	0.021	44.60
	2	20	10	0.491	0.449	0.042	0.021		$\pm 2.12$
	3	30	10	0.491	0.420	0.071	0.023		
5	T	100	10	0.487	0.161	0.325	0.032	0.032	66.73
	1	40	10	0.487	0.409	0.077	0.019	0.021	44.76
	2	20	10	0.487	0.444	0.042	0.021		$\pm 4.26$
	3	20	10	0.487	0.437	0.049	0.024		
6	T	100	10	0.497	0.170	0.326	0.032	0.032	65.59
	1	40	10	0.497	0.248	0.062	0.062	0.056	113.07
	2	20	10	0.497	0.383	0.056	0.056		$\pm 10.09$
	3	20	10	0.497	0.397	0.049	0.049		
7	T	100	10	0.496	0.069	0.042	0.042	0.042	86.08
	1	40	10	0.496	0.153	0.085	0.085	0.090	182.25
	2	20	10	0.496	0.306	0.095	0.095		$\pm 8.1$
	3	20	10	0.496	0.316	0.090	0.090		

Tableau n°33 : Comportement alimentaire des larves de 1<sup>er</sup> stade (L1).

Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Acrididae cyrtacanthacridinae

DESIGNATION JOURS	I	II En %	III En gr	IV En gr	V En gr	VI En gr	VII En gr	VIII En gr	IX En %
↓ 1	T	100	20	0.858	0.231	0.626	0.062	0.062	72.96
	1	100	20	0.858	0.154	0.703	0.070	0.063	74.12 ±4.70
	2	100	20	0.858	0.249	0.608	0.060		
	3	100	20	0.858	0.259	0.599	0.059		
2	T	100	20	0.928	0.201	0.727	0.072	0.072	78.31
	1	90	20	0.928	0.636	0.291	0.032	0.030	32.65 ±1.08
	2	70	20	0.928	0.719	0.208	0.029		
	3	80	20	0.928	0.698	0.229	0.028		
3	T	100	20	0.967	0.165	0.801	0.080	0.080	82.81
	1	70	20	0.967	0.808	0.158	0.022	0.023	24.19 ±1.05
	2	60	20	0.967	0.835	0.131	0.021		
	3	60	20	0.967	0.813	0.153	0.025		
4	T	100	20	0.958	0.365	0.059	0.059	0.059	61.89
	1	40	20	0.958	0.878	0.019	0.019	0.020	21.50
	2	50	20	0.958	0.851	0.021	0.021		
	3	40	20	0.958	0.875	0.020	0.020		
5	T	100	20	0.923	0.336	0.058	0.058	0.058	63.59
	1	30	20	0.923	0.867	0.018	0.018	0.018	20.36
	2	50	20	0.923	0.833	0.017	0.017		
	3	30	20	0.923	0.864	0.019	0.019		
6	T	100	20	0.990	0.190	0.079	0.079	0.079	80.70
	1	30	20	0.990	0.873	0.039	0.039	0.040	40.90 ±1.02
	2	20	20	0.990	0.909	0.040	0.040		
	3	30	20	0.990	0.863	0.042	0.042		
7	T	100	20	0.992	0.092	0.089	0.089	0.089	90.62
	1	30	20	0.992	0.857	0.044	0.044	0.047	48.18 ±2.05
	2	20	20	0.992	0.892	0.049	0.049		
	3	30	20	0.992	0.845	0.048	0.048		

Tableau n°34 : Comportement alimentaire des larves de 2<sup>ème</sup> stade (L2).

DESIGNATION JOURS	I	II En %	III En gr	IV En gr	V En gr	VI En gr	VII En gr	VIII En gr	IX En %
1	T	10	40	1.996	0.032	1.963	0.196	0.196	98.34
	1	10	40	1.996	1.136	0.859	0.085	0.100	50.30
	2	10	40	1.996	0.953	1.042	0.104		±5.03
	3	10	40	1.996	0.883	1.112	0.111		
2	T	10	40	2.040	0.061	1.978	0.197	0.197	96.96
	1	10	40	2.040	1.261	0.779	0.077	0.093	45.78
	2	10	40	2.040	1.041	0.998	0.099		±5.41
	3	10	40	2.040	1.041	1.025	0.102		
3	T	10	40	2.044	0	2.044	0.204	0.204	100
	1	2	40	2.044	1.846	0.197	0.098	0.103	50.78
	2	8	40	2.044	1.145	0.898	0.112		±2.95
	3	9	40	2.044	1.137	0.906	0.100		
4	T	10	40	2.042	1.457	0.584	0.058	0.058	28.59
	1	2	40	2.042	1.772	0.269	0.134	0.141	69.04
	2	4	40	2.042	1.470	0.571	0.142		±1.95
	3	5	40	2.042	1.315	0.727	0.145		
5	T	10	40	1.970	1.443	0.527	0.052	0.052	26.75
	1	1	40	1.970	1.926	0.043	0.043	0.042	21.37
	2	4	40	1.970	1.798	0.171	0.042		±0.5
	3	3	40	1.970	1.850	0.119	0.039		
6	T	10	40	2.193	0.220	1.973	0.197	0.197	89.96
	1	1	40	2.193	2.099	0.093	0.093	0.091	41.49
	2	4	40	2.193	1.830	0.362	0.090		±0.91
	3	3	40	2.193	1.926	0.266	0.088		
7	T	10	40	2.300	0.064	2.236	0.223	0.223	97.21
	1	1	40	2.300	2.189	0.111	0.111	0.117	51.17
	2	3	40	2.300	1.934	0.366	0.122		±1.74
	3	3	40	2.300	1.941	0.359	0.119		

Tableau n°35 : Comportement alimentaire des larves de 3<sup>ème</sup> stade (L3).



Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Acrididae cyrtacanthacridinae

DESIGNATION JOURS	I	II En %	III En gr	IV En gr	V En gr	VI En gr	VII En gr	VIII En gr	IX En %
1	T	10	60	2.940	0.813	2.126	0.212	0.212	72.31
	1	10	60	2.940	0.920	2.019	0.201		67.99
	2	10	60	2.940	0.952	1.987	0.198	0.199	±0.34
	3	9	60	2.940	1.146	1.793	0.199		
2	T	10	60	2.993	0.549	2.443	0.244	0.244	81.62
	1	10	60	2.993	2.256	0.736	0.073		26.16
	2	10	60	2.993	2.190	0.802	0.080	0.078	±1
	3	7	60	2.993	2.424	0.568	0.081		
3	T	10	60	3.121	0.177	2.943	0.294	0.294	94.29
	1	4	60	3.121	2.843	0.277	0.069		22.14
	2	6	60	3.121	2.711	0.409	0.068	0.069	
	3	7	60	3.121	2.633	0.487	0.069		
4	T	10	60	3.270	0.276	2.994	0.299	0.299	91.55
	1	3	60	3.270	3.114	0.156	0.052		17.51
	2	4	60	3.270	3.033	0.237	0.059	0.172	±0.92
	3	6	60	3.270	2.902	0.368	0.061		
5	T	10	60	3.127	2.43	0.697	0.069	0.069	22.28
	1	2	60	3.127	2.929	0.198	0.099		30.54
	2	1	60	3.127	3.035	0.091	0.091	0.095	±0.96
	3	4	60	3.127	2.743	0.383	0.095		
6	T	10	60	2.980	2.445	0.534	0.053	0.053	17.91
	1	2	60	2.980	2.621	0.358	0.179		60.97
	2	1	60	2.980	2.799	0.181	0.181	0.181	±0.67
	3	3	60	2.980	2.427	0.552	0.184		
7	T	10	60	3.019	1.231	1.787	0.178	0.178	59.19
	1	2	60	3.019	2.444	0.575	0.287		99.17
	2	1	60	3.019	2.731	0.287	0.298	0.299	±3.31

Tableau n°36 : Comportement alimentaire des larves de 4<sup>ème</sup> stade (L 4).

DESIGNATION JOURS	I	II En %	III En gr	IV En gr	V En gr	VI En gr	VII En gr	VIII En gr	IX En %
1	T	10	80	3.920	0.240	3.679	0.367	0.367	93.85
	1	10	80	3.920	0.505	3.414	0.341	0.339	86.68
	2	10	80	3.920	0.526	3.394	0.339		±0.25
	3	10	80	3.920	0.532	3.387	0.338		
2	T	10	80	4.002	0.115	3.886	0.388	0.388	97.10
	1	10	80	4.002	0.624	3.378	0.337	0.337	84.30
	2	9	80	4.002	0.972	3.030	0.336		
	3	10	80	4.002	0.622	3.379	0.337		
3	T	10	80	4.017	0.068	3.948	0.394	0.394	98.28
	1	6	80	4.017	2.855	1.162	0.193	0.203	50.56
	2	4	80	4.017	3.169	0.848	0.212		±1.74
	3	5	80	4.017	2.999	1.018	0.203		
4	T	10	80	4.028	0	4.028	0.402	0.402	100
	1	5	80	4.028	3.104	0.924	0.184	0.185	46.05
	2	3	80	4.028	3.482	0.545	0.181		±0.74
	3	3	80	4.028	3.458	0.569	0.189		
5	T	10	80	3.980	3.157	0.823	0.082	0.082	20.67
	1	3	80	3.980	3.882	0.098	0.032	0.030	7.71
	2	1	80	3.980	3.951	0.029	0.029		±0.25
	3	2	80	3.980	3.921	0.059	0.029		
6	T	10	80	4.000	3.376	0.624	0.062	0.062	15.60
	1	2	80	4.000	3.616	0.384	0.192	0.191	47.82
	2	1	80	4.000	3.811	0.189	0.189		±0.25
	3	2	80	4.000	3.616	0.383	0.191		
7	T	10	80	4.012	3.797	0.215	0.021	0.021	5.35
	1	2	80	4.012	3.558	0.454	0.227	0.221	55.10
	2	1	80	4.012	3.793	0.219	0.219		±0.99
	3	2	80	4.012	3.578	0.434	0.217		

Tableau n°37 : Comportement alimentaire des larves de 5<sup>ème</sup> stade (L 5).

## Annexe 4

Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocoenose aquatique Acrididae cyrtacanthacridinae

J	Témoins				Mortalité cumulée en pourcentage															
	R1	R2	R3	M	D1 :1.10 <sup>3</sup> s/m				D2 :1.10 <sup>5</sup> s/m				D3 :1.10 <sup>7</sup> s/m				D4 :1.10 <sup>9</sup> s/m			
	R1	R2	R3	M	R1	R2	R3	M	R1	R2	R3	M	R1	R2	R3	M	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	20	40	60	40±16.3
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	30	10	20±8.16	100	100	100	100
5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	30	20±8.16	50	70	60	60±8.16	100	100	100	100
6	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	30	20±8.1	100	100	70	90±14.1	100	100	100	100
7	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	30	20	100	100	100	100	100	100	100	100
8	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	30	20	100	100	100	100	100	100	100	100
9	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	30	20	100	100	100	100	100	100	100	100
10	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	30	20	100	100	100	100	100	100	100	100
11	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	30	20	100	100	100	100	100	100	100	100
12	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	30	20	100	100	100	100	100	100	100	100
13	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	30	20	100	100	100	100	100	100	100	100
14	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	30	20	100	100	100	100	100	100	100	100
15	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	30	20	100	100	100	100	100	100	100	100
16	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	30	20	100	100	100	100	100	100	100	100
17	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	30	20	100	100	100	100	100	100	100	100
18	0	0	0	0	0	0	0	0				20	100	100	100	100	100	100	100	100
19	0	0	0	0	0	0	0	0				20	100	100	100	100	100	100	100	100

Tableau n°47 : Mortalité cumulée *Xiphophorus helleri* soumis a différentes doses de *Metarhizium anisopliae*.

## Annexe 5

Tableau n° 51 : Transformation des moyennes de mortalités en probits et des doses de *Metarhizium anisopliae* en doses Logarithmiques,96heures après le traitement.

Doses en spores /ml	D1 $1.10^3$	D2 $1.10^5$	D3 $1.10^7$	D4 $1.10^8$
Logarithme décimal des doses	3	5	7	9
Pourcentage de mortalité du 6e jour	-	20	60	100
Probits des pourcentages de mortalité	0	4.15	5.25	8.09

## Annexe 6

J	Témoin				Mortalité cumulée en pourcentage															
					D1 : $1.10^3$				D2 : $1.10^5$				D3 : $1.10^7$				D4 : $1.10^9$			
	R	R	R	M	R	R	R	M	R	R	R	M	R	R	R3	M	R1	R2	R3	M
	1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2						
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	10	3.33 ±4.71	100	100	100	100
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	10	10 ±8.16	100	100	100	100
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3.33 ±4.71	10	20	20	16.66 ±4.71	100	100	100	100
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3.33	10	20	20	16.66	100	100	100	100
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	6.66 ±4.71	20	30	30	26.66 ±4.71	100	100	100	100
6	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	20	30	40	30 ±8.16	100	100	100	100
7	0	0	0	0	10	0	10	6.66 ±4.71	10	20	10	13.33 ±4.71	20	30	40	30 ±8.16	100	100	100	100
8	0	0	0	0	10	10	10	10	10	20	20	16.66 ±4.71	20	30	40	30	100	100	100	100
9	0	0	0	0	10	10	10	10	10	20	20	16.66	30	30	40	33.33 ±4.71	100	100	100	100
10	0	0	0	0	10	10	10	10	10	20	20	16.66	30	30	40	33.33	100	100	100	100
11	0	0	0	0	10	10	10	10	10	20	20	16.66	30	30	40	33.33	100	100	100	100
12	0	0	0	0	10	10	10	10	10	20	20	16.66	30	30	40	33.33	100	100	100	100
13	0	0	0	0	10	10	10	10	10	20	20	16.66	30	30	40	33.33	100	100	100	100
14	0	0	0	0	10	10	10	10	10	20	20	16.66	30	30	40	33.33	100	100	100	100
15	0	0	0	0	10	10	10	10	10	20	20	16.66	30	30	40	33.33	100	100	100	100
16	0	0	0	0	10	10	10	10	10	20	20	16.66	30	30	40	33.33	100	100	100	100
17	0	0	0	0	10	10	10	10	10	20	20	16.66	30	30	40	33.33	100	100	100	100
18	0	0	0	0	10	10	10	10	10	20	20	16.66	30	30	40	33.33	100	100	100	100

Tableau n°57 : Mortalité cumulée des Têtards de grenouille soumis à différentes doses de *Metarhizium anisopliae*.

## Annexe 7

Tableau n°61 : Transformation de la moyenne de mortalité en probits et des doses de *Metarhizium anisopliae* en doses Logarithmiques, cinq jours après le traitement.

Doses en spores /ml	D1 $1.10^3$	D2 $1.10^5$	D3 $1.10^7$	D4 $1.10^8$
Logarithme décimal des doses	3	5	7	9
Pourcentage de mortalité du 6e jour	0	3.33	16.66	100
Probits des pourcentages de mortalité	0	33.16	4.03	8.09

Figure n°21 : Efficacité du *Metarhizium anisopliae* var : *acidum* au 5em jour sur les Têtards de grenouille.

## Annexe 8

Tableau n° 70 : Transformation des moyennes de mortalités de *Daphnia magna* Strauss, en probits et des doses de *Metarhizium anisopliae* en doses Logarithmiques, 5 jours après le traitement

Doses en spores /ml	D1 $1.10^3$	D2 $1.10^5$	D3 $1.10^7$	D4 $1.10^8$
Logarithme décimal des doses	3	5	7	9
Pourcentage de mortalité du 5em jour	0	6.66	36.66	100
Probits des pourcentages de mortalité	0	3.49	4.65	8.09