الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA
FACULTE DES SCIENCES
Département des sciences de la nature et de la vie

Mémoire

Présenté pour obtenir le diplôme de Master

En Sciences Agronomique

Spécialité : Phytopathologie

Thème

Etude de l'effet d'un champignon entomopathogène *Metarhizium anisopleae* sur quelques paramètres biologiques de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775).

Présenté par :

M elle Badani Messaouda
M elle Boukhalfa Messaouda

Soutenue le : …….

Devant le jury composé de :

Mme NABI Fahima	MCA	U. Médéa	Présidente
Mr. LICIR Mourad	MAA	U. Médéa	Examinateur
Dr. CHAOUCH Abderrezak	MCB	U. Médéa	Encadreur

Année universitaire 2020/2021

REMERCIEMENT

Nous tenons préalablement à exprime notre profonde gratitude en premier lieu envers DIEU de nous avoir donné la chance et le courage afin de réaliser ce modeste travail.

Nous désirons exprimer nos vifs remerciements à notre promotrice ***Mr CHAOUCH Abderrezak****. Maitre assistant A, à l'université de Médéa de nous avoir encadrée le long de ce travail, nous la remercions pour sa patience et pour avoir guidée et orientée ainsi que pour les efforts qu'elle a prodigué, ses conseille et sa gentillesse.*

Nous portons remerciements également à :

- *Madam* ***Basta Dalila*** *, Directeur Général de l'Institut National de la Protection des végétaux d'El Harrach, de m'avoir donné toute les facilities pour la réalisations de ce travail, qu'il trouve ici l'expression de toute ma profonde gratitude.*
- *Ms* ***Lazar mohammed****, maitre de recherches et chef du department du lute antiacridienne à l'Institut National de la Protection des végétaux d'El Harrach ,*

- *Mr* ***mohamed Bellatreche*** *chef de service contrôle et suivi technique à l'Institut National de protection des végétaux d'El Harrach, pour m'avoir fait l'honneur de présider ce travail et de ses précieux conseils et orientations.*

- *Ms* ***Bilal Ahmed serir*** *chef de service Information et Prevision à l'Institut National de la protection des végétaux d'El Harrach.*

Nous reversions tous les autres membres de l'équipe de Le département de la Lutte Antiacridienne de la INPV El Harrach pour leur aide, leur conseil et leurs Encouragements.

A tout les enseignants et enseignantes de la biologie, en particulier ceux de l'Agronomie, pour nous avoir enrichi de leur savoir tout au long de nos études Universitaire.

En fin, à toutes personnes ayant contribuées de prés ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

Au terme de ce travail, je tiens à dédier ce mémoire tout particulièrement à mes très chers Parents que j'aime, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leurs prières tout au long de mes études

A mon enseignante et encadreur Mr chaouch. A.

A mes chères sœurs Souad et Feriale pour leurs encouragements permanents, leur soutien moral.

A mes chers frères, Yousef et Salem pour leur appui et leur encouragement.

A touts mes cousins et cousines et toutes ma famille maternelle et

Paternelle.

Aux familles : Badani-Moussouni-Boutahraoui.

A tous mes cousins et cousines et toues ma famille maternelle et paternelle

A tout(es) mes amis(es) : Ikram, Saliha, soumia, Sarah, Nessrin, Zahra, Hada, Laldaja, Halima, Souad, et Mona.

A mon binôme souad

A toute la promotion d'Agronomie et phytopathologie que je garde du beau souvenir inoubliable.

A tous ceux qui m'aiment, et que j'aime.

Et enfin à moi-même.

Messaouda Lamia

Dédicace

A ma mère ***Rahla zohra***

Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir .

Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte.

A mon père ***Boukhalfa Mohammed***

L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect.

A mes très chers frères,

- ***Mustapha*** *et sa femme* ***Fatiha*** *et ses enfants* ***Rihab, Zakaria, Abd Allah, Abd el Raouf,***
- ***Bilal*** *et sa femme* ***Khadidja*** *et son fils* ***Kossie.***
- *A ma belle sœur,* ***Nassira*** *et son mari* ***Kamal*** *et ses enfants* ***Zakaria*** *et* ***Anes.***

Pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.

A mon grande mère ***Messaouda*** *et tous mes cousins, mes cousines et toute ma famille, toute personne qui porte le nom* ***Boukhalfa***

A tous mes amis : ***lamia, Siham, Zinab, Sara, Fatiha, messaouda***

A tous ceux qui connaissent ***Souad*** *de près ou de loin*

SOUAD

Etude de l'effet d'un champignon entomopathogène *Metarhizium anisopleae* sur quelques paramètres biologiques de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775).

Résumé :

Notre travail consiste à étudier l'effet d'un champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* sur quelques paramètres biologiques des larves et des ailés de criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*. Dans la première partie, nous avons étudié l'effet de champignons entomopathogènes *Metarhizium anisopliae* var. Acridum sur la mortalité des larves L4 du *Schistocerca gregaria* (Forskal, 1775) et dans le second, nous avons étudié l'effet de *M. anisopliae* sur l'hémogramme des ailés de criquet pèlerin.

L'étude de l'effet *Metarhizium anisopliae* sur la montré a montré que le taux de mortalité des larves L4 de *S. gregaria* traités augmente en fonction du temps. La première mortalité a été enregistrée le 3ème jour avec un pourcentage de 16,67% pour arriver à 100% le 11ème jour. On remarque que le pourcentage de mortalité augment avec le temps. Un pourcentage de mortalité de 3.33% a été enregistré chez les témoins le 5ème jour qui a passé à 16.67% le 10ème jour.

Les résultats de l'étude de l'effet de *M. anisopliae* sur l'hémogramme des ailés de criquet pèlerin, montrent que le nombre total des hémocytes a été influencé par le traitement par le *Metarhizium anisopliae*. Nous avons enregistré chez le témoin un nombre de 172 ce dernier augmente à 137 chez les traitées par le champignon. Concernant les Plasmatocytes, nous avons constaté que le nombre moyen chez les témoins est de 74 pour les trois répétitions avec taux moyen de 42,8. Chez les adultes traitées on a remarqué que le nombre moyen de Plasmatocytes est de 61,66 avec un taux moyen de 41.84. Pour les Préhémocytes, nous avons constaté que le nombre total moyen chez les témoins est de 98. Chez les individus traités par le *Metarhizium anisopliae* le nombre moyen est de 75,66 avec un taux moyen de 58,14.

Mots clés : *Schistocerca gregaria*, *Metarhizium anisopliae*, Entomopathogène, mortalité, hémogramme.

Study of the effect of an entomopathogenic fungus *metarhizuim anisopleae* on some biological parameters of *schistocerca gregaria* (Forskal, 1775)

Summary:

Our work is to study the effect of an entomopathogenic fungus *metarhizium anisoplice* on some biological parameters of locust larvae and adults basking s*chistocerca gregaria.* in the firse part, we studied the effect of entomopathogenic fungi *Metarhizium anisoplice* var. acridum on the mortality of L4 larvae of schistocerca gregaria (Forskal,1775) and in the second we studied the effect of *M. anisopliae* on the blood count of desert locust adults

The study of the effect of *metarhizium anisopliae* on the showed that the death rate of S. gregaria L4 larvae treated increases with time. The first mortality was recorded on the 3rd Day with a percentage of 16,67% to reach 100% on the 11th Day. We note that percentage of mortality increases over time. A percentage of mortality of 3,33% was recorded in the controls on the 5th Day which rose to 16,67% on the 10th Day.

The results of the study of the effect of *M. anisoplice* on the blood count of adults of desert locust, show that the total number of hemocytes was influenced by the treatement with *Metarhizium anisopline*. We recorded at the witness a number from 172 the latter increases to 137 in patients treated with the fungus. About the Plasmatocytes, we found that the average number in controls is 74per the three repetitions with average rate of 42,8. In treated adults it has been noted that the average number of plasma cells is 61,66with an average level of 41,84. For the prehemocytes , we found that the average total number in control sis 98. In individuals treated with *Metarhizium anisoplice* the average number is 75,66 with an average rate of 58,14.

Key words:

Schistocerca gregaria, metarhizium anisopliae, Entomopathogen, mortality, blood count

العنوان : دراسة تأثير الفطريات الممرضة للحشرات Metarhizium anisoplia على بعض المتغيرات البيولوجية Schistocerca gregaria (فورسكول, 1775).

عملنا هو دراسة تأثير الفطريات الممرضة للحشرات Metarhizium anisoplia على بعض المتغيرات البيولوجية ليرقات الجراد والحشرات البالغة Schistocerca gregaria. في الجزء الأول درسنا تأثير الفطريات الممرضة للحشرات Metarhizium anisopliavar.acridium على معدل وفيات يرقات L4 من Schistocerca gregaria

وفي الثانية درسنا تأثير Metarhizium anisopliae على تعداد الدم لدى البالغين الجراد الصحراوي أظهرت دراسة تأثير M. anisopliae على معدل الوفيات اليرقات المعالجة L4من S gregaria تزداد مع مرور الوقت كانت الوفيات الأولى المسجلة في اليوم الثالث بنسبة 16,67% لتصل إلى 100% في اليوم الحادي عشر لاحظنا أن النسبة المئوية للوفيات تزداد بمرور الوقت من 3,33% تم تسجيله في اليوم الخامس . إلى 16,67% في اليوم العاشر .

نتائج دراسة تأثير M. anisopliae على تعداد الدم لدى البالغين من الجراد الصحراوي, أظهر أن العدد الإجمالي للخلايا الدموية قد تأثر بالعدوى خلال العلاج المستخدم M. anisopliae سجلنا عند الشاهد 172 هذا الأخير يرتفع إلى 137في المرضى الذين عولجوا بالفطر, اما بالنسبة الى Plasmatocytes وجدنا أن متوسط العدد هو 74 لكل التكرارات الثلاثة بمتوسط معدل 42,8

عند البالغين المعالجين لوحظ أن متوسط عدد خلايا البلازما 61,66 بمتوسط 41,84 بالنسبة إلى الخلايا البدائية وجدنا متوسط العدد الإجمالي هو98 .في الأفراد الذين عولجوا ب Metarhizium anisopliaمتوسط العدد 75,66 بمعدل 58,14

الكلمات المفتاحية: Schistocerca gregaria Metarhizium anisoplia
. تعداد الدم, الوفياتentomopathogene

listes des abréviations

Liste des abréviations

M. anisoplia: *Metarhizium anipoliae*

S. gregaria*:* *Schistocarca gregaria*

C° : degré Celsius.

Cm : centimètre.

g : gramme

ml: millilitre

µl: micro litre

%: pourcentage

T: température

Fig: figures

INPV: Institue Nationale de Protection des Végétaux

L1: larve de premier stade

L2: larve de deuxième stade

L5: larve de troisième stade

L4 : larve de quatrème stade

PDA : Potato Dextrose Aga.

L : litre

listes des Figures

Liste Des Figures

Figure 1 : *Schistocerca gregaria*. (Forskål, 1775) 5
Figure 2 : Les états du cycle biologique 6
Figure 3 : Cycle biologique du criquet pèlerin (CRESSMANE et SYMMONE, 2001). 6
Figure 4 : Accouplement chez *Schistocerca gregaria* 8
Figure 5 : la ponte de *Schistocerca gregaria* 9
Figure 6 : Oothèque de *Schistocerca gregaria* 9
Figure 7 : stades larvaires de *Schistocerca gregaria* 10
Figure 8 : Les différentes phases sous lesquelles peuvent se présenter les locustes ont été décrites par UVAROV et ZOLOTAREVSK in CHOPARD (1930). 11
Figure 9 : Répartition géographique de *Schistocerca gregaria* (Forskal, 1775) dans le monde 14
Figure 10 : Répartition géographique de *Schistocerca gregaria* (Forskal, 1775) EN Algérie 20
Figure 11 : Aspect morphologique de *Metarhizium anisopliae* (Ihara et al. 2001). 20

Figure 12: Aspect microscopique de *metarhizium anisopliae*, x1600 ; b. x2800 ; c. x7000 (Bischoff et al. 2009). 20
Figure 13: Cycle biologique du *Metarhizium anisopliae* 21
Figure 14: Mode de pénétration des champignons entomopthogènes dans la cuticule des insectes (Clarkson and Charnley, 1996). 22
Figure 15 : Cages d'élevage de criquet pèlerin 26
Figure 16 : Souche de Metarhizium anisopliae var acridum (GREEN MUSCLE®) conservé en sachet avec la fiche technique 27
Figure 17 : Les étapes de la préparation de milieux PDA (Originel) 30
Figure 18 : Les différentes étapes de la multiplication de *M anisopliae* (Original**)** 31
Figure 19 : Observation sous microscope des spores de *M anisopliae* germés(Original) 32
Figure 20 : Les différentes étapes de traitement par contact de criquet pèlerin(Original) 33
Figure 21: Les étapes da la préparation de l'hémogramme de criquet pèlerin 35
Figure 22 : Observation microscopique sur l'hémogramme de *Schistocerca gregaria* Original) 36

Figure 23 : Effet de Metarhizium a. sur les larves L4 du criquet pèlerin 39
Figure 24 : Effet de Metarhizium a. sur les larves L4 du criquet pèlerin 40
Figure 25 : Taux de mortalité chez les larves traitées par le *Metarhizium anisopliae* par rapport aux témoins 41
Figure 26: Nombre des plasmatocytes et des prohémocytes chez les ailés de criquet pèlerin traités par le Metarhizium anisopliae et les témoins 43

listes des tableaux

Liste des tableaux

Tableau 1 : caractéristiques de cycle biologique du criquet pèlerin (CRESSMAN et SYMMONS, 2001). 7
Tableau 2 : Traitements réalisés contre les pullulations de criquet pèlerin Durant les années 2008- 2018. 15
Tableau 3 : les materials et les produits utilisés dans laboratoires
Tableau 4 : le nombre total des spores germée et non germées du Metarhizium anisopliae **38**
Tableau 5 : Pourcentage de mortalité chez les larves L4 traités par le Metarhizium anisopliae 39
Tableau 6 : analyse statistique **40**
Tableau 7 : analyse statistique 41
Tableau 8 : Nombre totale d'hémocytes chez le criquet pèlerin **42**
Tableau 9 : Nombre des plasmatocytes chez le criquet pèlerin **42**
Tableau10 : Nombre des prohémocytes chez le criquet pèlerin **42**

Table des matières

TABLE DES MATIERES

Liste des abréviations
Liste des figures
Liste des tableaux
Introduction générale……. 1
Chapitre I: Données bibliographiques
I-1- Données bibliographiques sur le criquet *Schistocerca gregaria* (Forskal, 1775). ……. 4
I-1-1-Position taxonomique du criquet Pèlerin…… 4
I-1-2- Description morphologique……... 5
I-1-3- Cycle biologique …….. 5
I-2 Données bibliographiques sur l'hémolymphe……. 18
I-3 Données bibliographiques sur metarhizium anisopliae var.acridum…… 19
I-3-1- Généralité sur *metarhizium anisopliae*…… 19
I-3-2- position systématique ……. 19
I-3-3- Description morphologique du *metarhizium anisopliae* …….. 20
I-3-4- cycle biologique du *metarhizium anisolpiae*…….. 21
I-3-5- les voies d'infection par metarhizium anisopliae…… 21
I-3-6- symptomatologie et mode d'action parasitaire…… 21
I-3-7- l'infectivité de *metarhizium anisopliae*…….. 22
I-3-8- les facteurs militants l'efficacité de champignon acridopathogène comme agent de lutte biologique……. 23
Chapitre II : Matériels et méthodes
II-1- Elevage de criquet pèlerin…….. 25
II-2-Etude de l'effet de deux entomopathogènes, *Metarhizium anisopliae var. acridum* sur quelques aspects de la biologie du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskal, 1775)…… 26
II-2-1-Matériel utilisé …… 26
II-2-2-Méthodes d'étude…….. 29
II-3-Etude de l'effet *Metarhizium anisopliae* sur la mortalité des larves L4 de criquet pèlerin….. 32
II-3-1- Traitement par contact…… 32
II-4-Etude de l'effet de *M. anisopliae* sur l'hémogramme de *Schistocerca gregaria*……. 34
II-4-1- Réalisation du frottis sanguin…… 34
II-4-2-Comptage des hémocytes…….. 36
Chapitre III : Résultats et discussions
III.1 Résultats……. 38
III-1-1 Test de germination**……. 38**
III-1-2 Etude de l'effet du *Metarhizium anisopliae* sur la mortalité des larves L4 de *Schistocerca gregaria* ……. 38
III-1-3 Effet de *M. anisopliae* sur l'hémogramme de *Schistocerca gregaria* …… 41
III-2 Discussion …….. 44
III-2-1 Effet de *M. anisopliae* sur la mortalité des larves du *Schistocerca gregaria* …… 44
III-2-2 Effet de *M. anisopliae* sur l'hémogramme de *Schistocerca gregaria*…… 45
Conclusion Générale ……..

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

Historiquement, dans une très grande zone s'étendant de l'Afrique du nord à l'équateur et du l'atlantique du sud- ouest de l'Asie vie le Moyen-Orient : criquets pèlerins (*Schistocerca gregaria*, forskal 1775) a toujours été considérée comme une source de nuisance pour les agriculteurs, en raison de la gravité des dommages qu'ils peuvent causer à la végétation.

Le criquet pèlerins *schistocerca gregaria* (forskal, 1775) est un insecte qui est capable de passer d'une phase solitaire inoffensive à une phase très vorace et grégaire sous l'influence des facteurs biotiques et abiotiques. Cette transformation prend place durant des phases dites transiens qui entrainent des modifications morphologiques, pigmentaires et anatomiques (BENSAAD et DOUMANDJI-MITICHE, 2014). Cette plasticité phénotypique des locustes est due principalement selon UVAPOV (1966) en réponse au changement de la densité locale des populations. Ce ravageur présente une menace majeure pour les terres cultivées de 31 millions de Km carré de l'Afrique de l'ouest jusqu'à l'inde (SWORD et al. 2010). Ses graves invasions engendrent aussi des conséquences désastreuses sur les plans économiques, sociaux et environnementaux et peut détruire selon LATCHININSKY(2013) la sécurité alimentaire de plusieurs pays en Afrique et en Asie. Pour ces raisons, cette espèce est considérée depuis les temps immémoriaux, comme des principaux fléaux de l'humanité.

L'Algérie, en tant qu'un pays abritant les zones de reproduction du criquet pèlerin, est confrontée chaque année à un risque d'invasion de cette espèce (BENSAAD et DOUMANDJI- MITICHE, 2014). Chose qui menace la production agricole de notre pays. C'est pour ces raisons que cette espèce d'insectes ravageurs est considérée comme l'une des plus dangereuses pour l'Algérie.

Depuis 1860, l'Algérie à traversé neuf périodes successive d'invasion du criquet pèlerin : 1860 - 1867, 1869 – 1881, 1888 – 1910, 1912 – 1919, 1926 – 1935, 1940 – 1947, 1949 – 1962, 1987 – 1989 et 2004 – 2005.

L'invasion de 1863 – 1867 est certainement l'une des plus dévastatrices : les pertes sont estimées à 19, 652,981 franc, équivalent à 52 millions d'euros en 2003(Lecoq. 2004).

L'ampleur de ces dégâts est, en effet, liée à leur grande mobilité, leur voracité ainsi que leur polyphagie. Cette espèce de criquets redoutable sont caractérisée par un régime alimentaire très varié et peuvent s'attaquer à tous les types de culture et de pâturage. La forte capacité à migrer sur de longues distances est une caractéristique fondamentale du criquet pèlerin. Leurs migrations se font à

la faveur des systèmes de vents pouvant occasionnellement engendrer les pluies indispensables à la reproduction.

Pour lutter contre ces insectes phytophages, il était de plus en plus nécessaire de trouver différentes moyens de réduire leur population et l'empêcher leur invasion.

Les opérations de lutte chimique mobilisent chaque année des moyens humains et matériels colossaux et une enveloppe financière conséquente. Par ailleurs, les importantes quantités de pesticides utilisés ne peuvent rester sans effets sur la santé humaine, animale et l'environnement. Pour cela, il est donc nécessaire d'explorer d'autres formes de lutte alternative comme la lutte biologique (THIAM A. et al. 2004).

La lutte biologique utilisée dans la lutte contre le criquet pèlerin a donné des résultats très satisfaisants, notamment par l'introduction de souches d'entomopathogènes *Metarhizium anisopliae*, mais leur utilisation est restée à l'état expérimental.

Aussi, plusieurs études sur l'utilisation des champignons entomopathogènes contre les locustes ont été effectuées en Algérie, citons ceux de HALOUANE (1997), DOUMANDJI-MITICHE et al. (1999), HALOUANE et al. (2001), COULYBALY ADAMA (2002), KAIDI (2004 et 2007), HEMMOUR (2005) et OUTTAR (2006 et 2009), ainsi que KEMASSI et al. (2012)

Le « Green Muscle » et un bio pesticide développé à base des spores de *Metarhizium anisopliae* ont fait l'objet d'essais à grande échelle. Ce produit a été testé en 2005 dans la région d'El Oued en Algérie conjointement par l'Institut National de la Protection des Végétaux (de l'Algérie) et l'Organisation Mondiale de l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) sur plus de 1400 hectares infestés de larves de criquet pèlerin. Les résultats ont été très positifs surtout que les conditions climatiques étaient optimales. D'après JHONSON et al (1991),

Ce mémoire est composé d'une introduction, de trois chapitres et d'une conclusion. Le premier chapitre sont consacré à la présentation des données bibliographiques sur le criquet pèlerin schistocerca gregaria et le champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* var. acridum (code IMI : 330189) respectivement. Le deuxième chapitre présente le matériel et les méthodes utilisées pour la réalisation de l'étude biologique. Enfin le troisième traite les résultats et discussions sur :

- L'effet *M. anisopliae* sur la mortalité du *schistocerca gregaria*.
- Effet de *M. anisopliae* sur l'hémogramme de *schistocerca gregaria*

Chapitre I :

Données bibliographiques

La première partie de ce chapitre est consacrée aux données bibliographiques de l'espèce Acridienne qui a fait l'objet de notre étude.

I -1-Données bibliographiques sur le criquet *Schistocerca gregaria*

Schistocerca gregaria (Forskäl, 1775) est communément appelé «Criquet pèlerin» ou « Criquet du désert» (Désert locuste en anglais). Cet acridien est considéré depuis l'antiquité comme l'un des principaux fléaux de l'humanité dans l'ancien monde. Il constitue la huitième plaie d'Egypte dans la bible. Ses ravages s'étendent à la majorité des pays arides et semi-arides de la côte Ouest de l'Afrique à l'Inde (DURANTON et *al*., 1982a).

I-1-1-Position taxonomique :

L'ordre des orthoptères regroupe des espèces qui occupent une place importante parmi les insectes nuisibles à l'agriculture. Selon CHOPARD (1943), GRASSE (1949) et DIRSH (1975), cet ordre se subdivise en deux sous-ordres : les *Ensifères* et les *Caelifères*. Ce dernier, se scinde en trois super-familles: *Tetrigoidea, Tridactyloidea* et *Acridoidea*. En 1987, LOUVEAUX et BEN HALIMA ont subdivisé des *Acridoidea* en quatre familles et 18 sous-familles renfermant plus de 280 espèces et sous-espèces, toutes susceptibles de se rencontrer en Afrique du Nord. Parmi ces acridiens, citons deux espèces qui représentent deux des plus grands fléaux de l'agriculture, le criquet pèlerin ou criquet du désert et le criquet migrateur. Le criquet pèlerin a été désigné par Forskål en 1775 sous le nom de Gryllus gregarus (CHOPARD, 1943). Il est unique dans l'ancien monde alors que dans le nouveau monde, le genre Schistocerca (Stål, 1873) est représenté par une trentaine d'espèces (POPOV et al., 1991).

Ordre : *Orthoptera*

Sous-ordre : *Caelifera*

Super-famille : *Acridoidea*

Famille : *Acrididae*

Sous-famille : *Cyrtacanthacridinae*

Genre : *Schistocerca*

Espèce : *Schistocerca gregaria.* (Forskål, 1775)

I-1-2-Description morphologique :

Le criquet pèlerin est un insecte déprédateur redoutable. Une tonne environ de criquets – soit une petite fraction d'un essaim moyen – consomme chaque jour autant de nourriture que 2 500 êtres humains. Les essaims peuvent parcourir jusqu'à 200 km par jour. Les femelles pondent quatre fois au maximum durant leur existence, et jusqu'à 70 œufs à chaque fois. Durant les longues périodes de rémission, lorsque les criquets pèlerins vivent en petits nombres dans le désert, ils sont inoffensifs. En présence de conditions de reproduction favorables, comme en Afrique de l'Ouest à la fin de 2003, les insectes se multiplient énormément. Lorsque les conditions météorologiques et écologiques les restreignent à une zone limitée, ils cessent d'agir en tant qu'individus et commencent à se comporter en groupe. En quelques mois, de gigantesques essaims se forment et s'envolent dans la direction du vent à la recherche de nourriture. Les criquets qui viennent d'Afrique de l'Ouest peuvent envahir toute l'Afrique du Nord-Ouest et se reproduire. Leur progéniture retourne ensuite vers le sud en perpétuant un cycle qui peut durer des années.



Fig. 1 : *Schistocerca gregaria*. (Forskål, 1775)

I.1.3 - Cycle biologique :

Le criquet pèlerin comme tout les autre acridien, passe par trois états successifs : Œuf, larve et ailé. (Fig. 2)

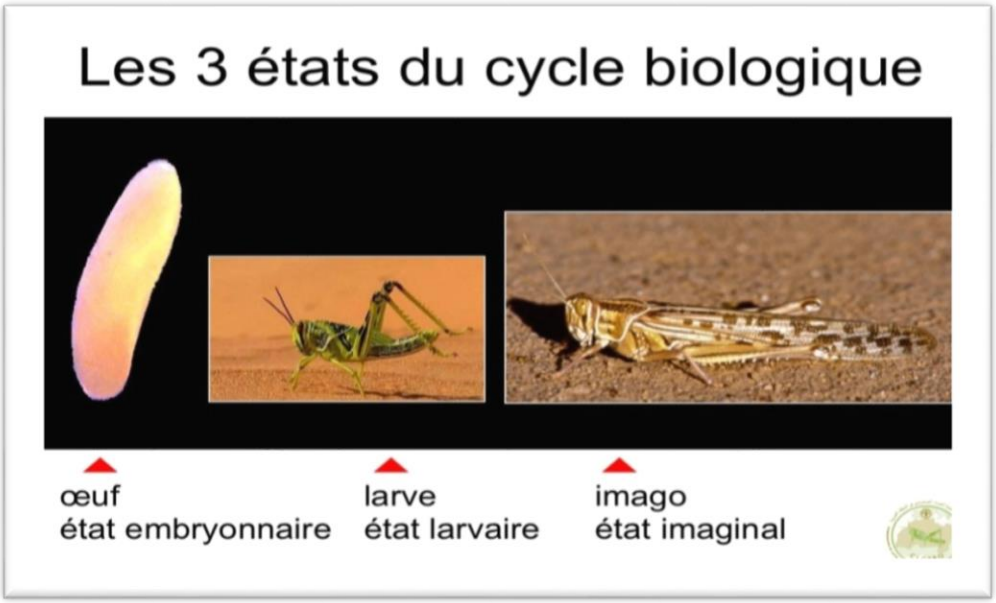


Fig. 2 : Les états du cycle biologique

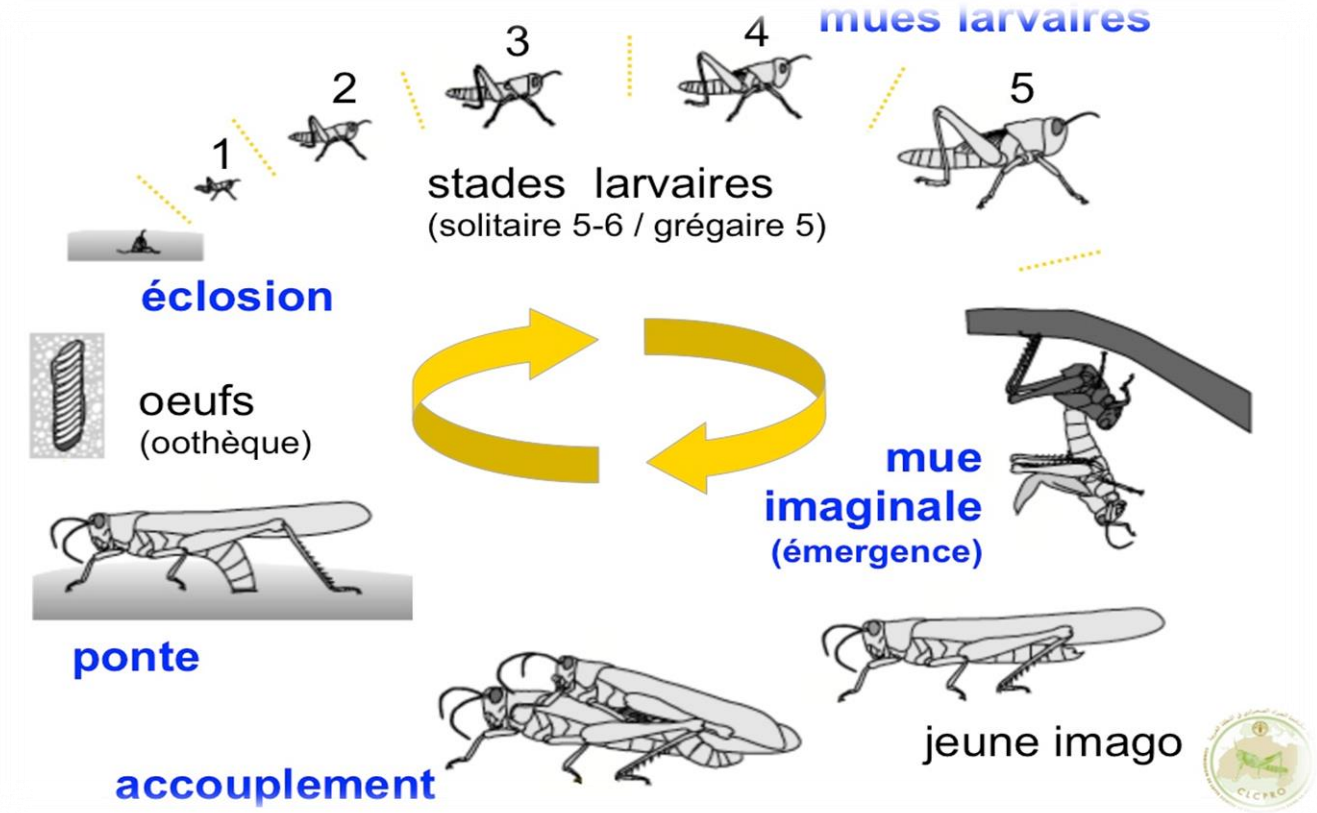


Fig. 3 : Cycle biologique du criquet pèlerin (CRESSMANE et SYMMONE, 2001).

Les œufs sont pondus par les femelles, lors de l'éclosion, naissent de jeunes criquets dépourvus d'ailés, appelés larves. Les larves se débarrassent de leur cuticule cinq à six fois pendant leur développement et leur taille s'accroit à chaque fois. Ce processus s'appelle la mue et la période qui sépare deux mues successives s'appelle un stade.

La dernière mue, du stade larvaire 5(ou6) dépourvu d'ailes à l'imago, ou ailé, s'appelle la mue imaginale. Le nouvel ailé, appelé «jeune ailé », doit attendre le séchage et le durcissement de ses ailes avant de pouvoir voler. Les ailés ne muent pas et leur taille ne s'accroit donc pas mais leur poids augmente progressivement. Les ailés qui peuvent voler sont, au départ, sexuellement immatures. Quand ils deviennent sexuellement matures, ils peuvent s'accoupler et pondre des œufs, (CRESSMAN et SYMMONS 2001). Les femelles pondent en moyenne 2 ou3 fois (plus rarement 4) dans leur vie . La durée globale d'une génération de criquets pèlerins, solitaires ou grégaires, varie de 2à6 mois (DURANTON et LECOQ, 1990). Les caractéristiques des différents stades du cycle biologique sont présentées de la manière suivante, (Tab. 1)

Tableau. 1 : caractéristiques de cycle biologique du criquet pèlerin (CRESSMAN et SYMMONS, 2001).

stades	Œuf, larve, ailé	
Durée	Œuf	10 à 65 jours
	Larve	24 à 95 jours (36 jours en moyenne)
	Ailé	2 mois et demi à 5 mois
	Ponte à mue imaginale	40 à 50 jours
	Maturation des ailés	3 semaines à 9 mois
	Général	2 à 6 mois
Mues	5à6 (Solitaire), 5(grégaire)	
Phases	Solitaire, transiens, grégaire	

Le criquet pèlerin et comme tous les autres acridiens, passent par trois états biologiques successifs: l'état embryonnaire, l'état larvaire et l'état imaginal (Fig. 7 et 8)

a. Accouplement

Selon DURANTON et al. (1982), l'accouplement est toujours précédé par des parades sexuelles que les mâles effectuent et se manifeste par : l'embuscade, la poursuite, les stridulations, le battement des ailes au sol et les vols spéciaux pour informer les femelles de leurs présences. Le mâle pratique l'embuscade, quand une femelle passe à proximité, il saute dessus et s'y agrippe au moyen de ses pattes antérieures et médianes. L'abdomen du mâle est recourbé vers le bas, à droite ou à gauche. Les crochets de l'épiphalle s'accrochent à la plaque sous-génitale de la femelle. Le pénis est introduit entre les valves génitales dans le vagin et son extrémité atteint le canal de la spermathèque. Le sperme est transmis du mâle à la femelle par l'intermédiaire d'un spermatophore. Il est introduit dans le tractus génital de la femelle. La copulation dure de 3 à 14 heures (GHIDHAOUI, 1990 in DAHOUN, 2000). STEEDMAN (1988b), signale que l'accouplement chez le criquet migrateurs précoce, il peut s'observer chez les adultes au quatrième jour après la mue imaginale. (Fig. 4).



Fig. 4 : Accouplement chez Schistocerca gregaria

b. ponte :

La ponte s'effectue dans des sites particuliers. Le sol doit être sableux ou sablo-limoneux de préférence à un sol compact. La teneur en eau dans les 5 premiers centimètres est peu importante mais le sol doit impérativement être humide entre 5 et 15 cm de profondeur (sinon la ponte n'a pas lieu). Cette humidité est indispensable car l'Œuf doit absorber son propre poids d'eau pour pouvoir se développer complètement et arriver à terme. Dans la nature, les femelles ne pondent que si le sol est suffisamment humide, ce qui permet aux œufs de s'hydrater et ultérieurement aux larves de se développer.

Généralement, les femelles de Criquet pèlerin pondent peu de fois dans la nature. Trois à quatre pontes chez les solitaires, deux à trois seulement chez les grégaires (Fig. 5).

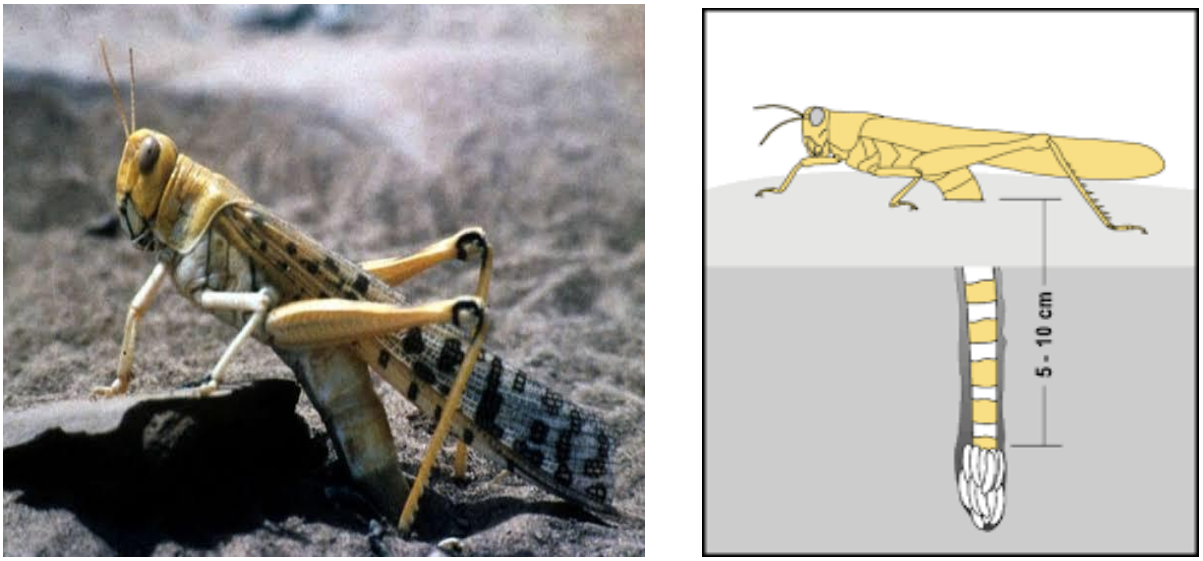


Fig. 5 : la ponte de Schistocerca gregaria

c. L'oothèque :

Après l'accouplement des adultes de Schistocerca gregaria (Forskal, 1775) (fig.4), les œufs sont pondus dans une oothèque (fig.6). Le criquet pèlerin

Présent une diapause embryonnaire extrêmement longue car la partie hypogée de son cycle dure 9 mois environ chaque année.

L'oothèque du Criquet pèlerin (Fig. 6) se présente comme un tube cylindrique solide, droit ou faiblement recourbé si des obstacles sont rencontrés au cours de la ponte. Elle mesure entre 16-24 mm et 32-42 mm de long, selon l'état de développement des œufs, avec un diamètre de 4 à 6 mm. L'oothèque peut être un peu épaissie à sa base (LATCHININSKY et LAUNOISLUONG, 1992).

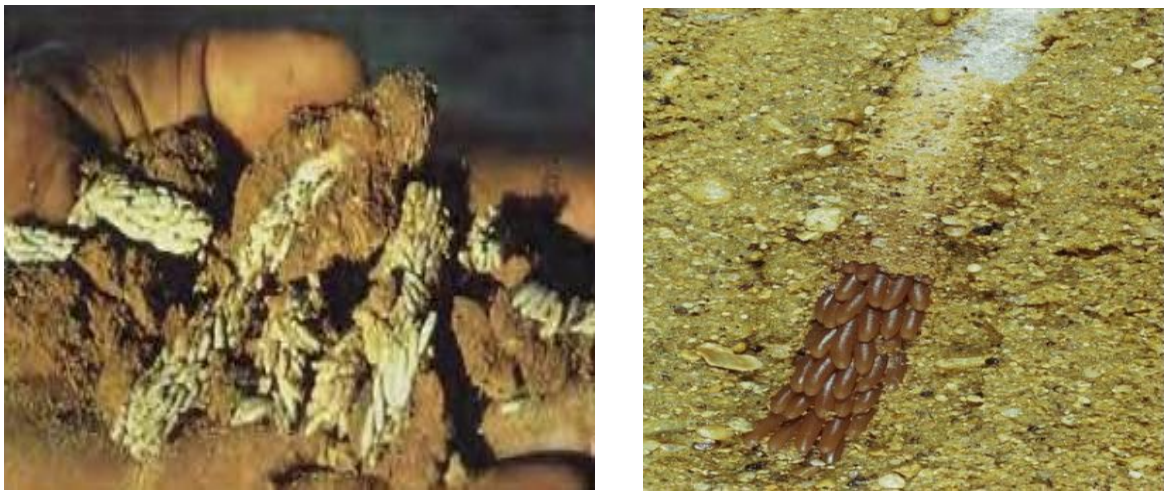


Fig. 6 : Oothèque de *Schistocerca gregaria*.

Développement embryonnaire :

Après l'accouplement des adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskal, 1775) (fig.4), les œufs sont pondus dans une oothèque (fig.6). Le criquet pèlerin présente une diapause embryonnaire extrêmement longue car la partie hypogée de son cycle dure 9 mois environ chaque année.

Le développement embryonnaire est régit par un complexe polyfactorial thermohydrique et édaphique. La température élevée accélère la croissance de l'embryon au printemps, après la levée de la diapause.

L'action défavorable des pluies d'automne sur les œufs de signalée par UVAROV (1977).

Au printemps, le développement des œufs est soumis aux mêmes facteurs principaux température et l'humidité du sol.

Le développement larvaire L1, L2, L3, L4 et L5 :

Le développement larvaire de *Schistocerca gregaria* (Forskal, 1775) se fait en cinq stades (fig. 7, 5). La durée de développement de ces stades est en moyenne de 28 à 38 jours selon les facteurs du milieu, notamment la température élevée qui accélère le développement des larves tandis que l'augmentation de l'humidité relative de l'air leur est néfaste. LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992), constate qu'une forte mortalité (55 à 80

%) résulte des conditions écologiques défavorables pendant la vie des deux premiers stades, notamment la grêle qui est particulièrement fatale aux néonates.



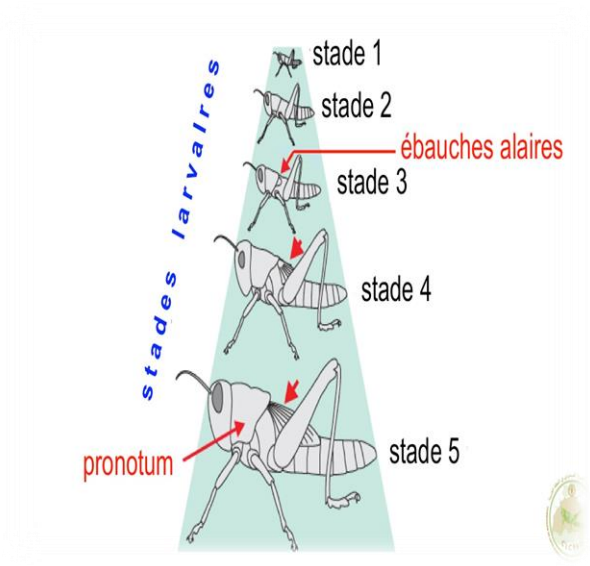


Fig. 7 : Les stades larvaires de *Schistocerca gregaria*

- Développement imaginal :

Le développement imaginale du *Schistocerca gregaria* (Forskal, 1775)d'après plusieurs auteurs, dure généralement un à deux mois dans les conditions naturelles. Ils signalent également que les accouplements commencent entre 6 à 10 jours après la mue imaginale. D'après LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992), la femelle s'accouple au moins quatre fois avant de déposer sa première oothèque. Les individus ne s'accouplent que pendant le jour, entre 9 h et 20 h. BENHALIMA (1983) et BENFEKIH (1993), signalent que les femelles de Criquet pèlerin pondent deux à trois fois.

I-1-4- Polymorphisme phasaire

Théorie de la phase

La définition de la théorie des phases peut s'énoncer de la façon suivante : Une espèce *caélifère grégariapte* donnée peut se trouver dans la nature sous deux états extrêmes appelés phases, très différentes l'une de l'autre (MOUMENE, 2002), (DOUMANDJI et DOUMANDJI-MITICHE, 1994).

Chez une population de criquet grégariapte, la grégarisation s'accomplit progressivement; il faut plusieurs générations pour qu'elle s'installe d'une manière durable (CHARA, 1995b). Dès que le grégarisme s'amorce, l'insecte commence à subir des transformations sur le plan morphologique, et au bout d'un certain temps, il aura la forme d'un individu complètement

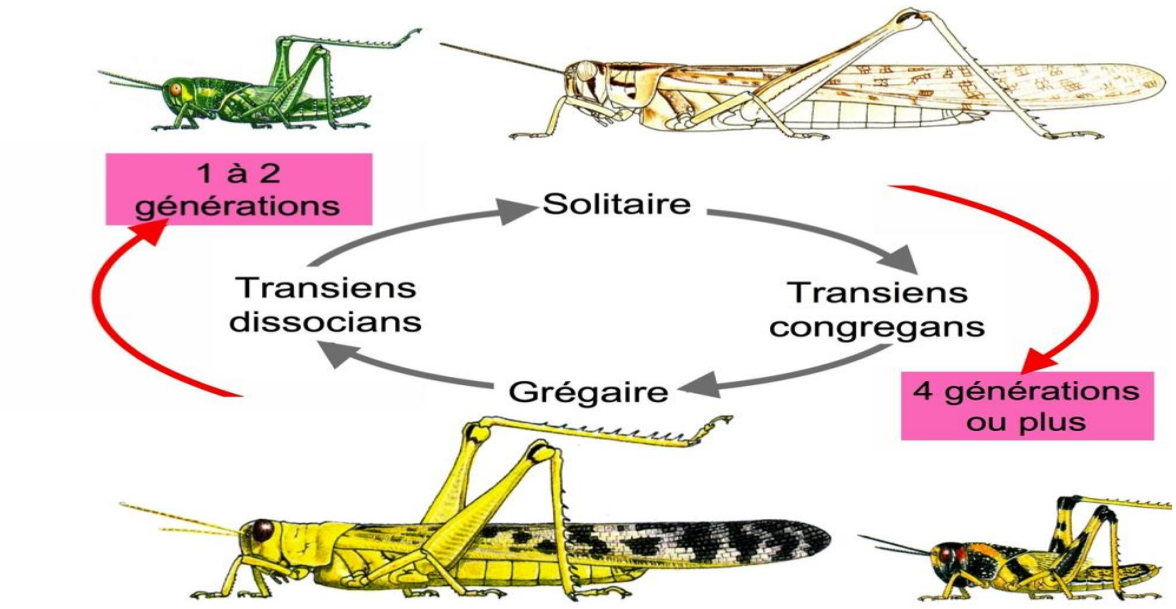


Fig. 8 : Les différentes phases sous lesquelles peuvent se présenter les locustes ont été décrites par UVAROV et ZOLOTAREVSK in CHOPARD (1930).

a) Phase solitaire :

C'est la forme extrême d'une espèce dans une localité donnée où il n y a pas de migrations depuis au moins une génération. Tous les individus représentant cette espèce vivent isolés.

b) Phase transiens :

Les individus qui ont des formes intermédiaires entre les grégaires et les solitaires sont appelés transiens. Le terme transiens ne s'applique pas à une forme bien définie, mais à une série continue de formes de transition allant d'un extrême à l'autre. Ils sont transiens congregans quand ils évoluent vers la phase grégaire et transiens dissocians lorsqu'ils redeviennent solitaires, (CHARA, 1995b).

c) Phase grégaire :

C'est une forme extrême d'une espèce dans une localité donnée représentée par des individus migrants formant des nuages denses ou essaims.

Le passage d'une phase à une autre est lent et ne peut s'effectuer que sur plusieurs générations successives. Lors de la transformation phasaire, l'insecte subit des changements morphologiques, éthologiques, écologiques, anatomiques et physiologiques; ces changements sont régis essentiellement par le facteur densité des individus (CHARA, 1995b).

Lorsque les conditions écologiques deviennent défavorables, la réduction des espaces permettant le développement des populations acridiennes, conduit ces dernières à se diriger pour s'alimenter et se reproduire vers les tâches de végétation qui persistent dans des zones d'accumulation des eaux, ce qui se traduit par une concentration des individus déclenchant de ce fait la grégarisation (ROFFEY, 1993).

I-1-5-Répartition géographique de *Schistocerca gregaria* (Forskal, 1775)

Répartition géographique La distribution géographiques des Orthoptères se trouve conditionnée avant tout par la température d'où l'existence d'espèces tropicales ou subtropicales (CHOPARD, 1943). I.3.1

Dans le monde

Le Criquet pèlerin est un insecte dont la distribution géographique (Fig. 10) s'étend de l'Afrique Occidentale à l'Inde. En période de rémission, *S. gregaria* se trouve en phase solitaire, dans un territoire qui s'étend d'Est en Ouest de l'Himalaya (Inde) aux côtes atlantiques africaines et du Nord au Sud des Confins Sud de l'Atlas Saharien Algérien et du haut et moyen Atlas Marocain à la limite Nord des zones Sahariennes de l'Afrique de l'Ouest centrale et de l'Est. (CHARA, 1995).

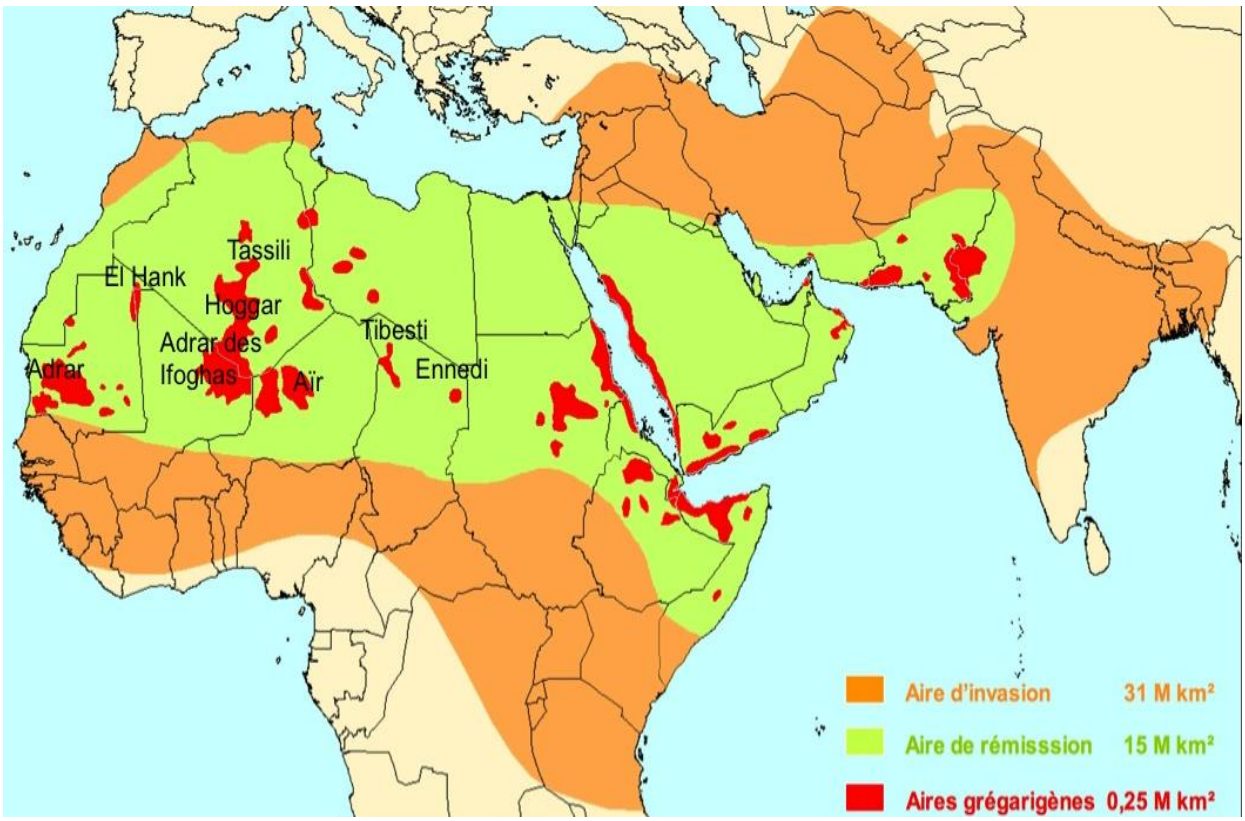


Fig. 10 : Répartition géographique de *Schistocerca gregaria* (Forskal, 1775) dans le monde

b) En Algérie

Le criquet pèlerin est signalé dans sa forme solitaire dans la région de Laghouat ainsi que dans le Hoggar (Tamanrasset). (CHOPARD, 1943) ; SITOUH (1967), notent que les zones d'épandage d'oueds constituent l'aire d'habitat permanent ou l'aire de distribution normale de l'espèce. D'après SEDDIK (1994), la sous-espèce Nord Africaine Locusta migratoria cinerasens se trouve dans la région d'Adrar. Elle est signalée sous sa forme solitaire sur le littoral Algérois et les Oasis à Biskra et El Goléa (Fig.12). Selon MAUREL (2008) et BENFEKIH (2006), Locusta Migratoria a été recensée au nord depuis Tlemcen a l'Ouest, Sétif, M'sila, Bordj Bou Arreridj, Bouira et Tizi-Ouzou au centre jusqu'à El Kala a l'Est. Le même acridien a été signalé à Biskra, El oued, Ghardaïa, Ouargla, Laghouat, Berriane, Guerrara et à Tamanrasset (OULD EL HADJ, 2002)

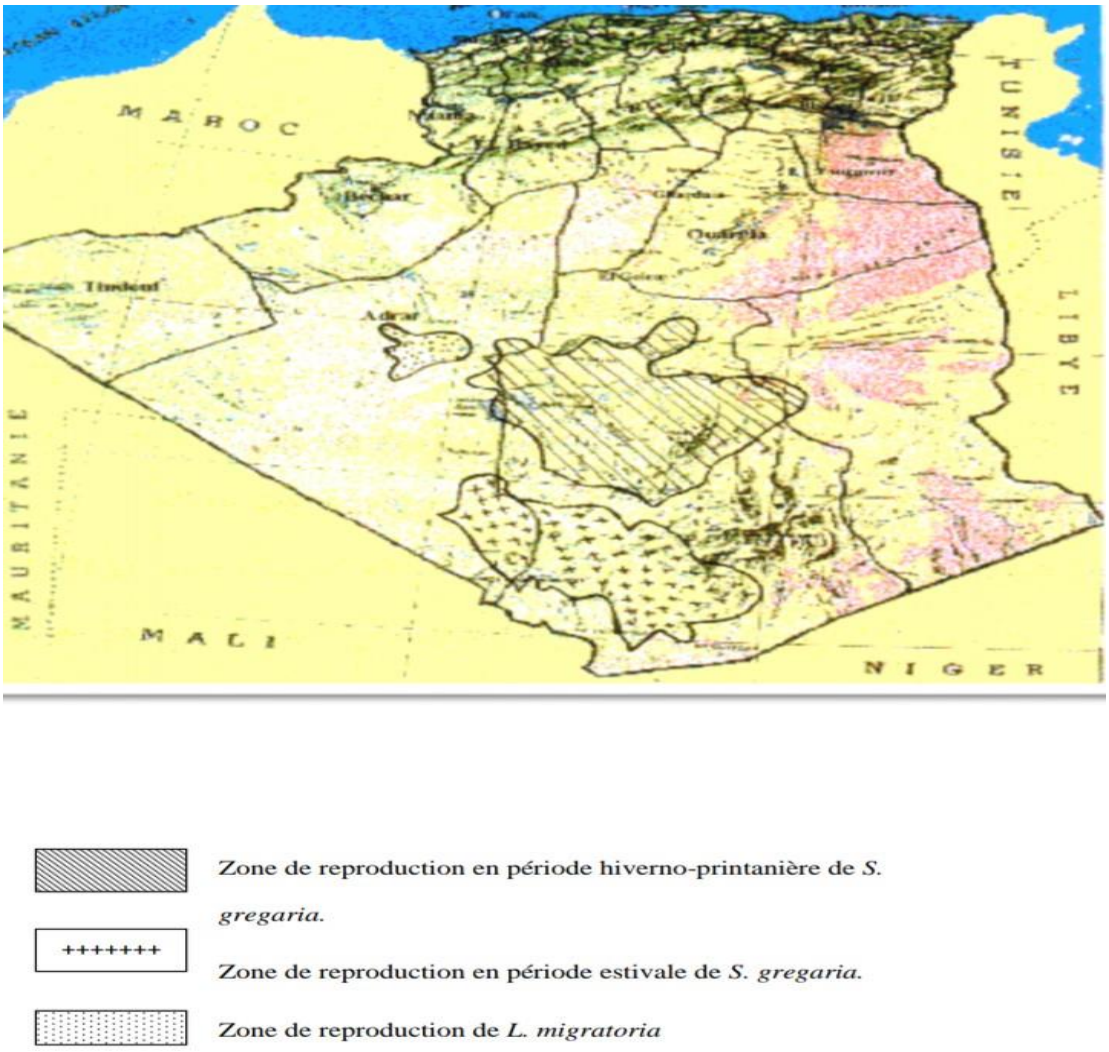


Fig. 11: Répartition géographique de *Schistocerca gregaria* (Forskal, 1775) EN Algérie

I-1-6-Importance économique

C'est l'extrême polyphagie du Criquet pèlerin qui l'a placé parmi les importants ravageurs des cultures, parce que les larves comme les imagos peuvent attaquer une cinquantaine d'espèces végétales, les pâturages et les cultures céréalières sont toujours les plus endommagés.

La gravité des invasions du Criquet pèlerin tient à la proximité entre les cultures et les foyers de grégarisation. Les pertes de récolte seraient dues surtout aux jeunes stades qui se déplacent en bandes avant la moisson (CHAOUCH, 1993). La quantité de matière qu'elles ingèrent en une journée pourrait atteindre plusieurs fois leur poids.

Les adultes sont moins voraces que les larves. Les superficies infestées varient de quelques dizaines à quelques centaines de milliers d'hectares, leur influence sur la situation économique précaire des régions semi-aride ou aride demeure très grande.

En Algérie les Wilayas les plus touchées par des pullulations de criquet pèlerin

Tableau 2: Traitements réalisés contre les pullulations de criquet pèlerin

Durant les années 2008- 2018.(INPV2020)

Année	Prospecté	Traité	Wilaya
2008	180000	2844	Tamanrasset, Bechar, Adrar, Illizi, et Tindouf
2009	177 118	2880	Tamanrasset, Bechar, Adrar, Illizi, et Tindouf
2010	132 213	1528	Tamanrasset, Bechar, Adrar, Illizi, et Tindouf
2011	82 532	1462	Tamanrasset, Bechar, Adrar, Illizi, et Tindouf
2012	332 110	50233	Tamanrasset, Bechar, Adrar, Illizi, Ghardaïa et Tindouf
2013	563 931	20211,5	Tamanrasset, Bechar, Adrar, Illizi, et Tindouf
2014	123 876	276	Tamanrasset, Bechar, Adrar, Illizi, et Tindouf
2015	47 335	0	Tamanrasset, Bechar, Adrar, Illizi, et Tindouf
2016	135 461	1628,5	Tamanrasset, Bechar, Adrar, Illizi, et Tindouf
2017	109 976	477	Tamanrasset, Bechar, Adrar, Illizi, et Tindouf
2018	43 078	1636	Tamanrasset, Bechar, Adrar, Illizi, et Tindouf, El Bayadh

I-1-7-La lutte contre le criquet pèlerine

La lutte antiacridienne

a) La lutte préventive :

La lutte préventive comporte trois étapes essentielles :

- la surveillance des conditions écologiques dans les aires potentielles de reproduction et de grégarisation.

- l'organisation de prospections aériennes et terrestre dans les aires devenues potentiellement favorables à la suite de précipitations abondantes.

- la lutte contre toutes les populations des acridiens dépassant un certain seuil de nuisibilité (Duranton et Lecoq, 1990).

b) La lutte mécanique

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

c) La lutte chimique

Le but initial de la lutte chimique est de supprimer, d'exterminer le ravageur, la mauvaise herbe, le pathogène, le parasite (Philogene, 1991). Selon (Launois -Luong et al., 1988 ; Rachadi, 1991 in Mohand-kaci ,2012) les principaux pesticides utilisés dans la lutte antiacridienne sont :

-les organophosphorés (fénitrothion, parathion méthyl, diazinon, ect).

-les carbamates (bendiocarbe).

-les pyréthrinoides (deltamethrine, lambda-cyhalothrine) qui ont une action létale significative atteinte dans les vingt quatre heures qui suivent l'application.

-la dieldrine capable de tuer les larves plusieurs semaines après l'application.

-les régulateurs de croissance (diflubenzuron, le triflumuron, le teflubenzuron) qui agissent sur le mécanisme hormonal ou de synthèse de la cuticule et les larves meurent au moment de la mue.

d) La lutte biologique

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

Les champignons entomopathogènes

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

Les bactéries entomopathogènes

Plus d'une centaine de bactéries ont été identifiées comme ayant un potentiel d'utilisation en lutte biologique (Starnes et al., 1993). Les espèces entomopathogènes appartiennent surtout à trois grandes familles qui sont les *Bacillaceae* (Bacillus), *Enterobacteriaceae* (Serratia et Xenorhabdus) et *Pseudomonaceae* (Pseudomonas) (Greathead et al., 1994). Parmi les bactéries, seul le genre Bacillus fait l'objet d'une utilisation pour combattre les insectes (Lereclus et Chaufaux ,1986). Ce genre regroupe un grand nombre d'espèces très répondues dans la nature, la majorité se développe mieux à 30°C jusqu'à 37°C (Brossard et Terry, 1984). Selon Larpent et Gourgaud (1997), le genre Bacillus produit une gamme assez variée de molécules qui peuvent être groupées en trois classes ; les antibiotiques, les enzymes et les toxines. L'utilisation répétée des bactéries peut

toutefois, comme les pesticides chimiques, entraîne une résistance chez certaines espèces (Dunphy et Tibelius, 1992).

I-2 Données bibliographiques sur l'hémolymphe

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

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

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

I-3 – Données bibliographiques sur metarhizium anisopliae

Dans cette deuxième partie du 1er chapitre, quelques données bibliographiques sont apportées sur le produit Green Muscle ® par lequel nous avons pu obtenir la souche du champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* utilisée lors de notre projet de recherché

I-3-1-Généralité sur *metharizium anisopliae* :

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

I-3-2-Position systématique du *Metharizium anisopliae* :

La classification est basée sur les caractères morphologiques du mycélium et des conidies et comme ces caractéristiques sont assez limitées elles compliqué la taxonomie (Bidochka et al., 2015).

La classification de *metharizium anisopliae* :

Règne : Fungi

Embranchement : *Dikarya*

Sous-embranchement *: Ascomycota*

Classe : *Pezizomycotina*

Ordre : *Hypocreales*

Famille : *Clavicipitaceae*

Genre : *Metharizium*

Espèce : *Metharizium anisopliae*

I-3-3- La description et la morphologie du *Metharizium anisopliae* :

D'après Zimmermann (1993 à 2007), *Metharizium anisopliae* peut être aisément identifié par les spores ovoïdes vertes de longueur variant de 5 à 8 un qui sont produites en chaines et qui forment une couche compacte de spores. Les conidies vertes de ce champignon sont formées d'une agrégation des chaines de conidies. *Metharizium anisopliae* apparait blanc avant la maturation des spores et il devient après vert foncé (fig. 12).



Figure. 12 : Aspect morphologique de Metarhizium anisopliae (Ihara et al. 2001).

Cette espèce est caractérisée par des conidiophores de longueur variable sont relativement courts, irrégulièrement ramifiés ou non et arrangés en groupes compacts formant une masse, les spores sont allongées avec des cotésparallèles (Bischoff et al., 2009).

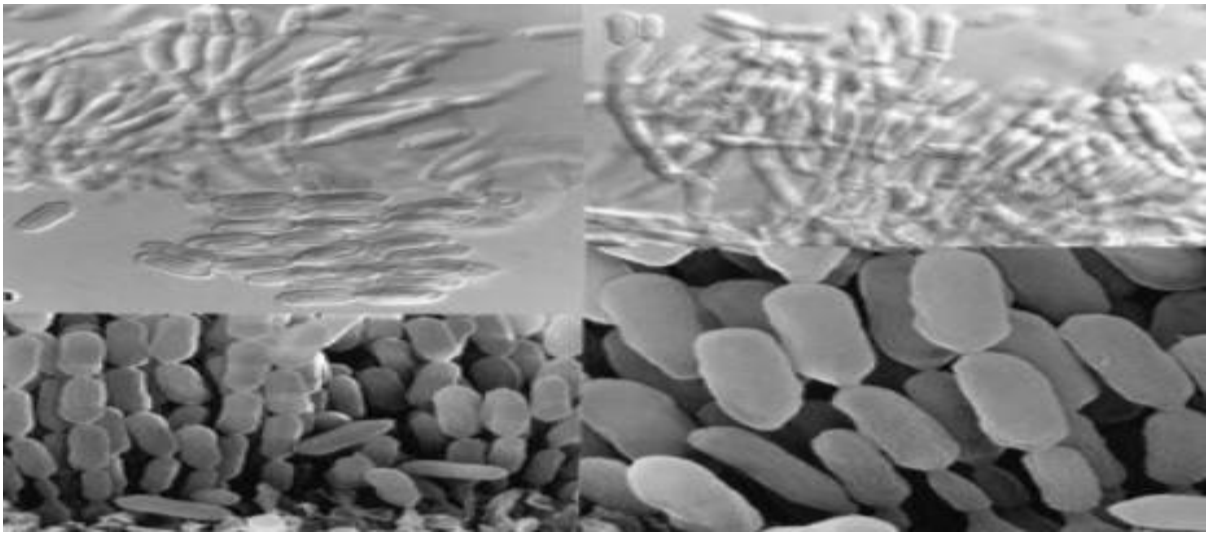


Figure. 13 : Aspect microscopique de *metarhizium anisopliae*, x1600 ; b. x2800 ; c. x7000 (Bischoff et al. 2009).

I-3-4-Cycle biologique :les étapes de cycle de vie de *Metarhizium anisopliae* (fig n°14)

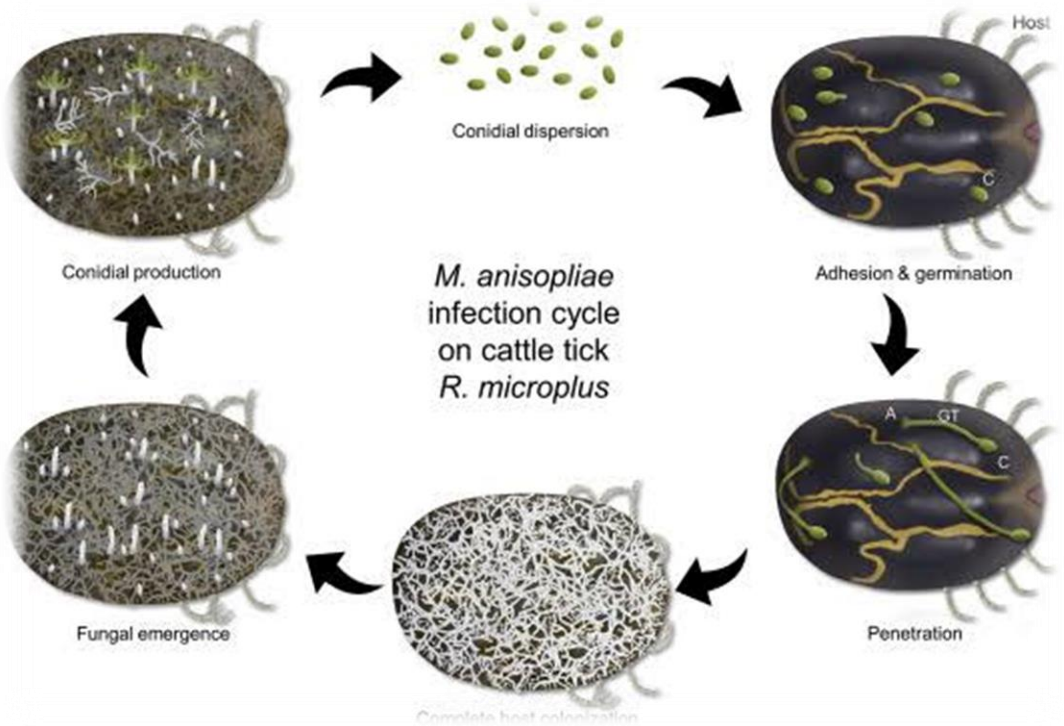


Fig. 14: Cycle biologique du *Metarhizium anisopliae*

I-3-5-Les voies d'infection par *Metarhizium anisopliae*

L'infection par les champignons entomopathogènes se fait par la pénétration des conidies dans 'hôte par les différentes voies : par la cuticule, les stigmates et par voie digestive. La mort de l'insecte survient en générale après l'infiltration des différents tissus par les filaments mycéliens (AMOURIQ, 1973, INGLIS et al., 1997) D'après PAILLOT (1933) ces champignons infectent le système respiratoire et le système alimentaire.

I-3-6-Symptomatologie et mode d'action des champignons entomopathogènes

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

qui se sont multipliées dans l'hémocoele. La tête, le pronotum et l'extrémité abdominale se couvrent d'un mycélium de couleur blanchâtre et d'aspect velouté.

I-3-7-L'infectivité du champignon entomopathogène :

Le mode d'infection des champignons entomopathogènes *M.anisoplea* se divise en quatre phases successives qui sont l'adhésion, la germination, la pénétration et la dissémination (Brunner-Mendoza et al ., 2019).

I-3-7-1- Phase d'adhésion Certains auteurs, PAILLOT (1933), FERRON et al. (1991); montrent que les spores des champignons entomopathogènes se fixent sur le tégument de l'insecte est germent lorsque les conditions du milieu optimales sont favorables.

I-3-7-2- Phase de germination: Elle dépend directement des caractéristiques thermo hydriques (24 à 29°c et 50 à 58 % d'humidité).

I-3-7-3- Phase de pénétration: D'après FERRON et al. (1991), le mode de pénétration des champignons entomopathogènes est finalement très comparable à celui de la plupart des champignons phytopathogènes. Ce processus faisant intervenir des forces mécaniques et hydrolyses enzymatiques.

I-3-7-4-phase de dissémination :

La colonisation de l'hôte se fait lorsque le champignon parvient à surmonter les mécanismes immunitaires de défense de l'insecte et envahit l'hémolymphe. La pathogénécité de l'inoculum sporal et la spécificité de l'hôte sont deux paramètres importants dans le choix de l'isolat fongique. Les microchampignons entomopathogènes sont des agents de lutte très intéressant du fait de leur aptitude à infecter l'hôte par ingestion ou par simple contact rendant tous les stades, œuf, larve et adulte sensibles (KOUASSI, 2001).

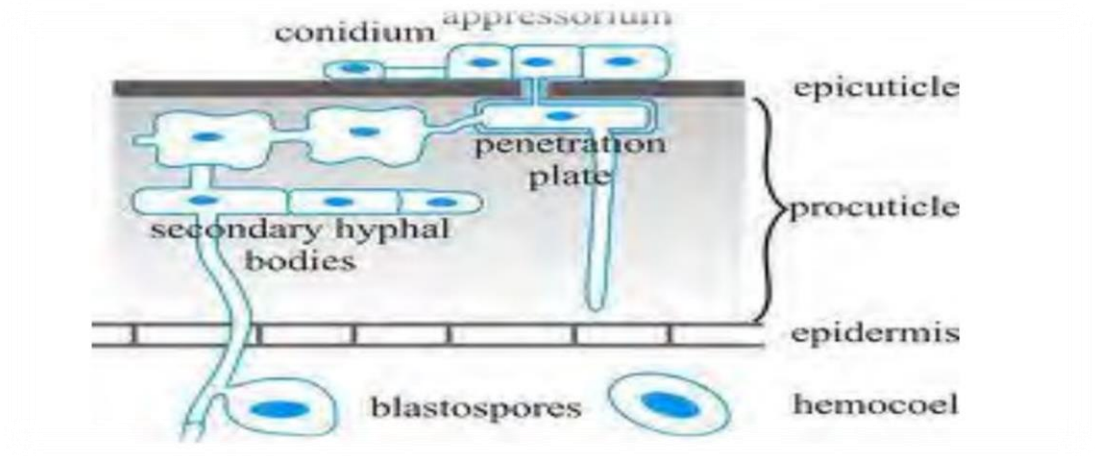


Figure. 15 : Mode de pénétration des champignons entomopathogènes dans la cuticule des insectes (Clarkson and Charnley, 1996).

I-3-8-Les facteurs limitant l'efficacité des champignons acridopathogènes comme agents de lutte biologique

I-3-8-1- Les facteurs de l'environnement :

Parmi les facteurs interagissant dans les écosystèmes du sol, la matière organique et inorganique, la microflore et la microfaune antagonique et le pH peuvent affecter la persistance des pathogènes fongiques (FERRON et al., 1991). AMOURIQ (1973), a montré que la température et l'humidité du milieu jouent un rôle important dans la conservation du pouvoir germinatif des spores, leur dissémination et leur germination. D'après PAILLOT (1933), les conidies de Beauveria bassiana conservées à l'air sec ne perdraient le pouvoir germinatif qu'au bout de 3 ans environ.

I-3-8-**2-Les facteurs liés au pathogène**

PICARD in PAILLOT (1933), a montré que la virulence des champignons pour une espèce d'insecte déterminé est variable. Elle peut être atténuée par repiquage successif sur milieu artificiel, ou la renforce par passage à travers l'organisme nuisible. La capacité de survie a également une influence. De nombreux champignons entomopathogènes formant des structures de résistance peuvent être importants pour la survie et la régénération de la population du pathogène (FERRON et al. 1991).

I-3-8-3 Les facteurs dépendants de l'hôte

Selon FERRON et al (1991), il existe une sensibilité des populations envers Beauveria bassiana chez plusieurs ordres d'insectes. Tous les stades de développement de l'insecte depuis l'œuf jusqu'à l'adulte.

Chapitre II :

Matériels et méthodes

II-1- Elevage de criquet pèlerin :

Notre élevage a été réalisé au niveau de laboratoire d'acridologie de l'Institut National de la Protection des Végétaux pour objectif d'étudier l'effet d'un champignon entomopathogène M anisopliae sur les larves L4 de criquet pèlerin et sur l'hémogramme des ailés de cet acridien.

II-1-1- Elevage de masse des criquets

L'élevage de masse des individus des deux acridiens a été effectué dans deux cages parallélépipédiques d'une dimension de 60 × 45 × 80 cm en aluminium avec des ouvertures pour faciliter le nettoyage et le renouvellement de la nourriture ainsi que la vérification des pondoirs. Ces derniers sont d'environ 15 cm de profondeur, remplis de sable stérilisé et humidifié (Fig. 16).

Chaque cage est éclairée d'une manière alternative à l'aide de deux ampoules et servant au chauffage de la salle. Une température moyenne de 30+ 4°C et une humidité de l'air de l'ordre de 75+ 3%, sont maintenues constantes. Une photopériode de 12 heures de lumière sur 12 heures d'obscurité, est assurée. L'alimentation fraîche est composée de gazon, chou, sorgho, laitue et un complément de son de blé. La nourriture est renouvelée tous les jours ainsi que le nettoyage des cages. Ces dernières doivent être désinfectées avec de l'alcool et de l'eau de Javel pour éviter toute contamination.

Une fois les pontes effectuées, les oothèques déposées par les femelles dans les pondoirs sont récupérées et placées dans des bacs de plus de 15 cm de profondeur, troués à la base pour permettre l'infiltration de l'eau, contenant du sable humide et stérilisé.

Ces bacs sont recouverts d'une toile moustiquaire pour l'aération et portent les indications nécessaires telles que la date de la ponte et le nombre d'œufs. Le contrôle de ces bacs se fait quotidiennement pour la vérification de l'humidité du sable et les éclosions des œufs, afin d'éviter le dessèchement des œufs et la mort des larves néonates. Ces dernières sont récupérées et mises dans une autre cage réservée à l'élevage des larves de tous les stades. Ces cages sont munies de perchoirs



Fig. 16 : Cages d'élevage de criquet pèlerin (Originel)

II-2-Etude de l'effet de deux entomopathogènes, *Metarhizium anisopliae var. acridum* sur quelques aspects de la biologie du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskal, 1775)

II-2-1-Matériel utilisé

Pour étudier l'effet du Metarhizium anisopliae var. acridum de la population de criquet pèlerin par le calcul des indices morphométrique, il est nécessaire d'avoir un matériel adéquat sur laboratoire.

II-2-1-1-Matériels biologiques

a) Schistocerca gregaria (Forskal, 1775)

Nos expériences ont été réalisées sur une population d'ailes et des larves L4 de criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*, au niveau de laboratoire d'acribologie de l'Institut National de la Protection des Végétaux d'El Harrach. Les ailés ont été capturés de wilaya d'Adrar. Après la ponte, les larves ont été élevées dans des cages jusqu'au le stade L4 (Fig.2).

b) *Metarhizium anisoliae* var. acridum (GREEN MUSCLE®)

L'entomopathogène *Metarhizium anisopliae* industriel, dont le nom commercial est *GREEN MUSCLE* ®, est un mycopesticide, avec lequel nous avons réalisé notre expérimentation au laboratoire. Il a été obtenu à partir de spores d'insectes morts. Ce champignon est spécifique aux espèces de criquet à antenne courtes *(Acridoidea* : *Acrididae* et *Pyrgomorphidae*). Il est préparé sous forme de poudre sèche emballée dans des sachets de 100g (Fig. 17). C'est la formulation que nous avons utilisé pour notre essai. Les spores de *Metarhizium anisopliae* peuvent être facilement produites en masse.

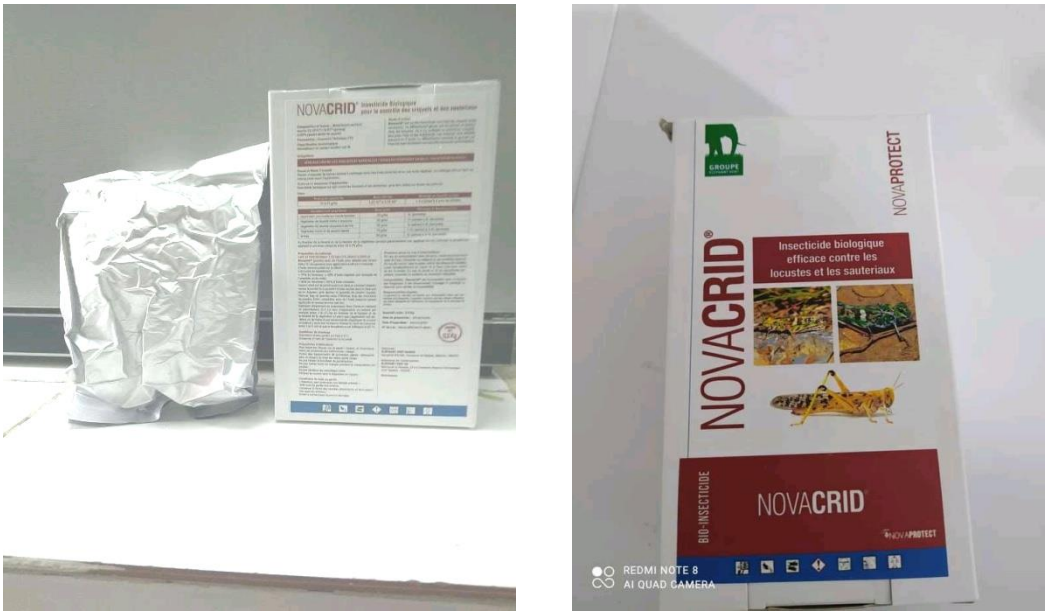


Fig.17 : Souche de *Metarhizium anisopliae* var acridum (GREEN MUSCLE®) conservé en sachet avec la fiche technique (Original)

II-2-1-2-Matériel et produits utilisés au laboratoire

Au cours de cette experimentation, nous avons utilisé le materiel et les produits suivant:

Tableau. 3: les materiel et les produits utilisée dans laboratoires

Matériel utilisée	Produits utilisées
-Une hotte -Une étuve -Une loupe binoculaire -Une balance électrique -Un microscope optique -Un bec bunsen - Un autoclave -Erlen Meyer de 1000 ml et de 500 ml -Des boites de Pétri - Une casserole -Des béchers -Des pipettes Pasteur -Des flacons -micropipette -Para film - Lame et lamelle - pince	- Alcool ou eau de javel pour le nettoyage de la hotte - Eau distillée stérile - Glucose - Gélose agar agar - Pomme de terre - gasoil - Liquide de Faure - May-Grunwald - Giemsa

II-2-2-Méthodes d'étude

II-2-2-1-Multiplication de champignon et préparation des doses :

a- Préparation de milieu de culture (PDA)

Un milieu de culture est un support nutritif qui permet la culture des champignons de se multiplier afin de permettre leur étude. Le milieu opté pour nos manipulations est le milieu P.D.A (Potato Dextrose Aga). C'est le milieu organique simple favorable pour la croissance des champignons entomopathogènes. . La composition du milieu est comme suit :

-200 g de pomme de terre.

-20 g de Glucose.

-20 g de Gélose (Agar agar).

-1000 ml d'eau distillée.

Pour préparer 1L de milieu de culture :

1- Eplucher la pomme de terre, peser 200g.

2- Mettre les 200g de pomme de terre bien découpée avec 1L de l'eau distillée distillé jusqu'un 1L.

6- Autoclave le mélange à la température de 120°C , la pression 1,1 bar pendant 20 minutes.

Dans uns casserole et faire bouillir à 100°C pendant 20 minutes.

3- Ensuite recueillir l'eau de pomme de terre, et la filtrer à l'aide d'un filtre.

4-Mettre le filtrat dans un flacon de 500 ml, dans lequel on rajoute 20g de glucose, 20g d'agar et homogénéise le tout.

5- Ajuster ensuite le volume du mélange au moyen de l'eau

7- Sous hotte à flux laminaire, couler la solution obtenue dans une boites de pétri.

8- Laisses sécher pendant 24 à 48 heures.

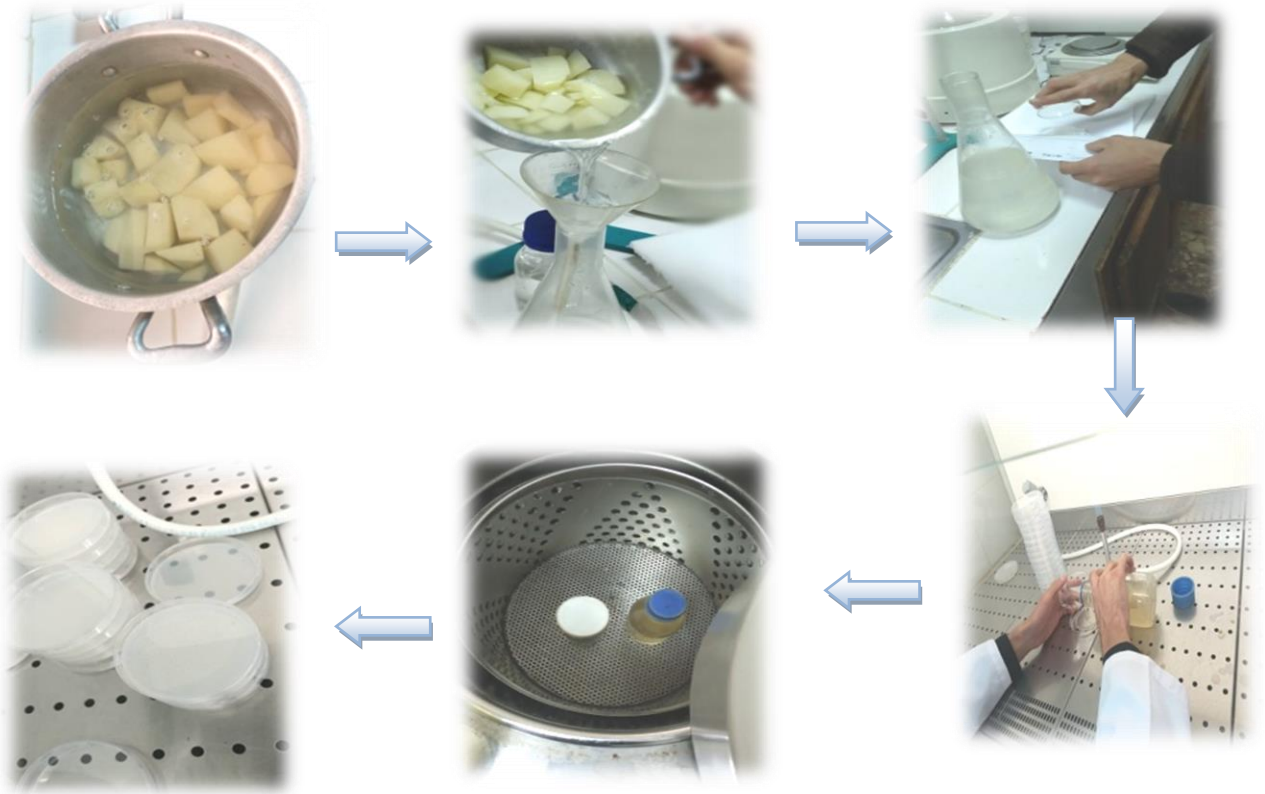


Fig. 18 : Les étapes de la préparation de milieux PDA (Originel)

b-Multiplication du *Metarhizium anisoliae*

Afin d'obtenir une souche fongique pure de notre cryptogame, nous avons procédé aux étapes suivantes :

b-1- Test de germination

Un test de germination a été réalisé au laboratoire afin d'évaluer la qualité du produit. Les résultats montrent que le produit possède une viabilité de spore de 98% après 48 heures.

On va commencer les étapes suivantes :

- Peser 0,2 g de poudre de GM dans un sabot ou une nacelle de pesée.

- Ajouter 4 ml de tween 20 et mélanger jusqu'à obtenir une pâte.

- Diluer la pâte dans un 99 ml d'une solution saline ou de pétrole (a).

- Placer la suspension dans un bain à ultrasons pendant 3 minute et pas plus sinon les spores risquent de mourir.

- prélever 1 ml de (a), et diluer dans 9 ml de la solution saline ou de pétrole et mélanger bien.

Dans l'hotte :

- Alcool ou eau de javel pour le nettoyage de la hotte

Ensemencement des spores :

Préparer une suspension mycélienne et y déposer 2 à 3 gouttes par boite puis étaler à l'aide d'un râteau (pipette pasteur modelée au bac benzène). Fermer hermétiquement les boites de pétri à l'aide de para film, puis placer les boites dans une l'incubateur à 25 à 30°C pendant 48 heures pour la germination

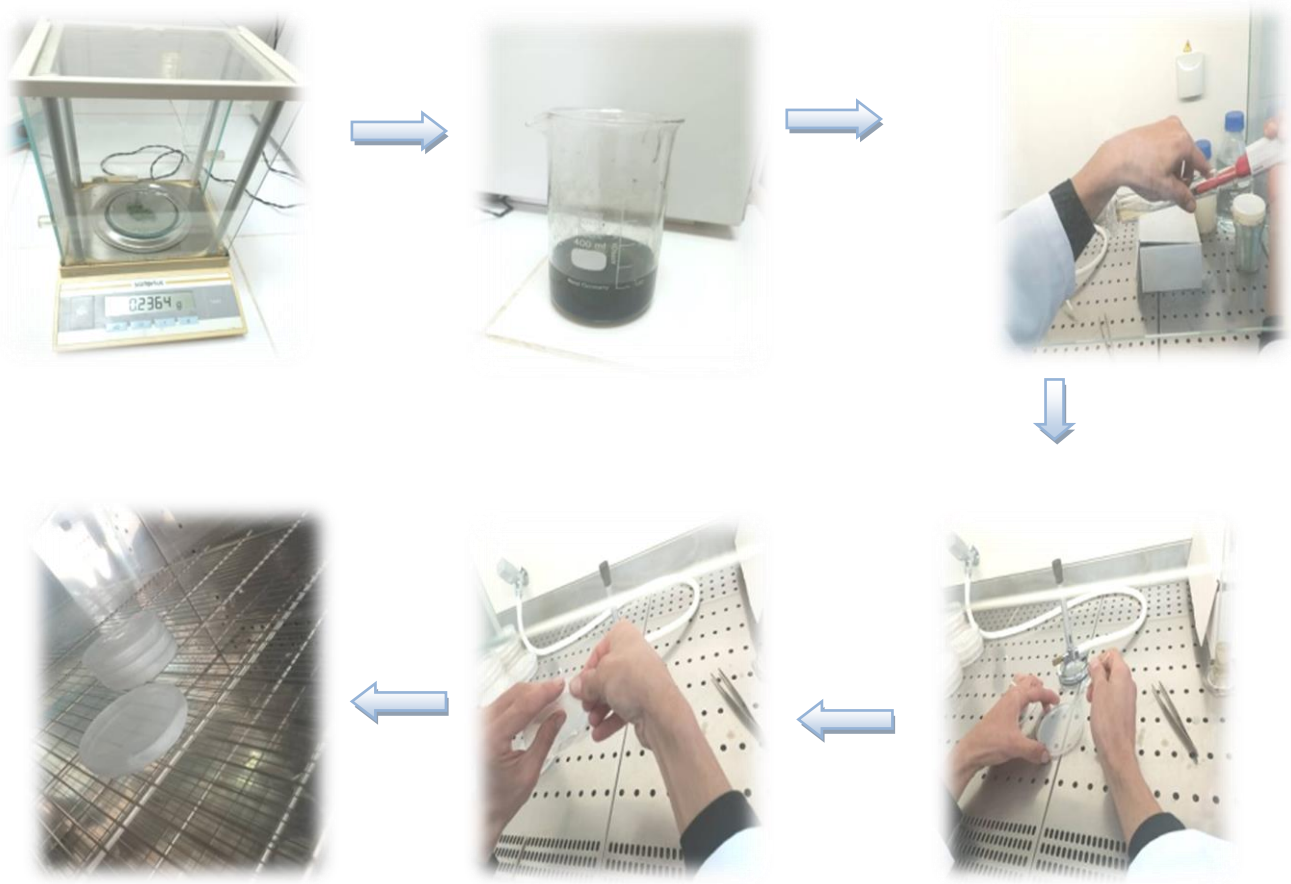
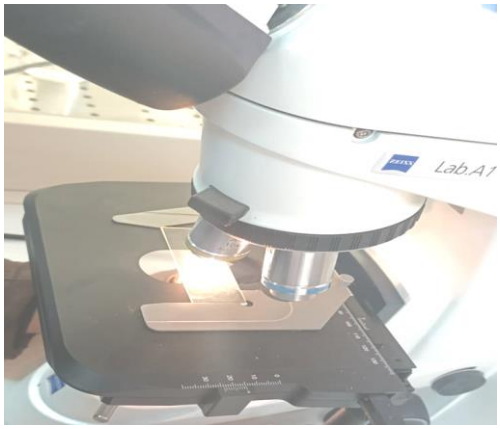


Fig. 19 : Les différentes étapes de la multiplication de *Metarhizium anisoliae*

(Original)

b-2-Observation microscopique :

Sous la hotte, nous avons coupé un morceau d'agar se forme de carrée placer sur une lame pour faire des observations sous microscope optique (grossissement 40).



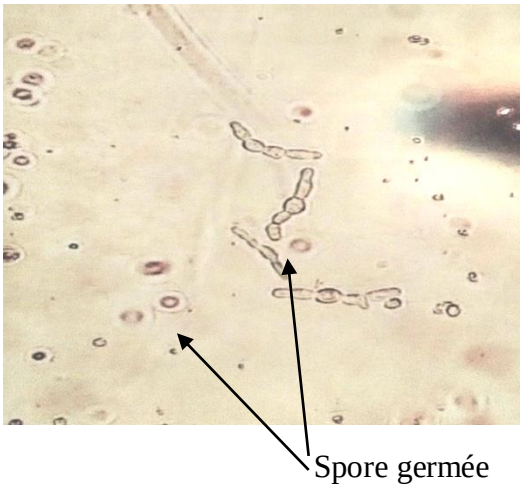


Fig. 20 : Observation sous microscope des spores de *Metarhizium anisopiae* germés (Originel)

b-3- Calcule e taux de germination

Pour calculer le taux de germination (TG) on utilise la formule suivante :

$$TG = a \times 100 / (a + b)$$

Où :

a = nombre de spores ayant germé

b = nombre de spores n'ayant pas germé

2- La dose de *Metarhizium anisopliae* utilisée :

La dose utilisée pour notre étude est égale à 5×10^{10} spores /ml qui et la dose homologué par le fabriquant sur l'emballage de champignon.

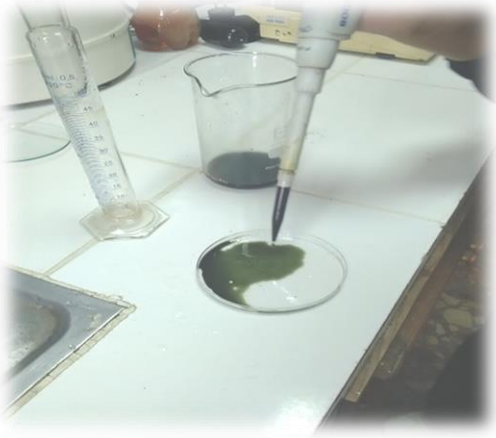
II-3-Etude de l'effet *Metarhizium anisopliae* sur la mortalité des larves L4 de criquet pèlerin

II-3-1- Traitement par contact

Pour étudier l'effet du *Metarhizium anisopliae* sur la mortalité de *Schistocerca gregaria* nous avons réalisé des traitements par contact avec une seule dose contre sur deux lots d'individus de criquet pèlerin avec un lot témoins, chaque lot est composé de 10 individus. On dénombre les individus morts toutes les 24 heures, pour les L4 traités avec entomophatogène *M. anisopliæ* et les témoins, par la suite on calcule le pourcentage de mortalité.



Deux lots



préparation de dose



La mort de criquet



Traitement par contact



Criquet traité par M. anisopliae

Fig. 21 : Les différentes étapes de traitement par contact de criquet pèlerin (Original)

Toutes les 24 heures, on calcule le pourcentage de mortalité des larves et des ailés témoins et traités selon la formule suivante :

$$\text{Mortalité enregistrée (\%)} = \frac{\textbf{Nombre d'individus morts}}{\textbf{Nombre total d'individus}} \text{ X } 100$$

II-3-2- Correction de la mortalité

On utilise la formule d'ABBOT (1925), pour corriger le pourcentage de la mortalité comme suit :

$$\boldsymbol{Me} = \frac{\textbf{M2}-\textbf{M1}}{\textbf{100}-\textbf{M1}} \text{ X } 100$$

Mc : Le pourcentage de mortalité corrigée

M 1: Le pourcentage de mortalité chez les témoins

II-4-Etude de l'effet de *M. anisopliae* sur l'hémogramme de *Schistocerca gregaria*:

II-4-1- Réalisation du frottis sanguin :

Selon la méthode de GUZO et STOLTZ, (1987) in COULLIBALLY, 2002) le frottis sanguin se réalise de la façon suivante :

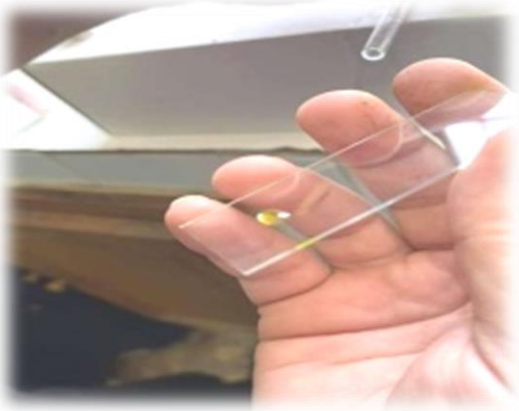
- On prélève 5 µl d'hémolymphe fraiche sur les larves de criquet marocain à l'aide d'une micropipette suite à une incision entre la patte postérieur et le thorax (MAHMAT et al. 1997). Celui ci est déposé dans des microtubes Eppindrof (fig22. et 23)
- On étale ce volume en couche mince sur une lame, puis on fait sécher la lame à l'air libre.
- Après séchage, on dépose sur la lame 20 gouttes de May-Grunwald non dilué pendant 3 minutes, on ajoute quelques gouttes l'eau distillé sur la lame.
- Après une minute, on enlève l'excès du colorant avec de l'eau distillée par rinçage.
- On ajoute après 40 gouttes de Giemsa sur la lame.
- Après 10 minutes, on rince la lame avec de l'eau courante.
- Après séchage de la lame à l'air libre, on réalise le montage entre lame et lamelle.
- Le montage consiste à appliquer une fine couche du liquide de Faure aux extrémités de la lamelle qui est ensuite collée sur la lame puis séchée.



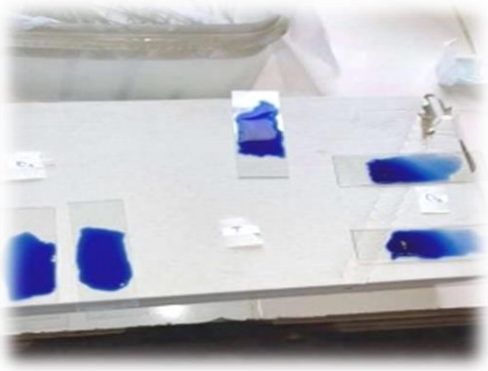
Piqué le criquet par un épingle



Prélèvement de l'hémolymphe



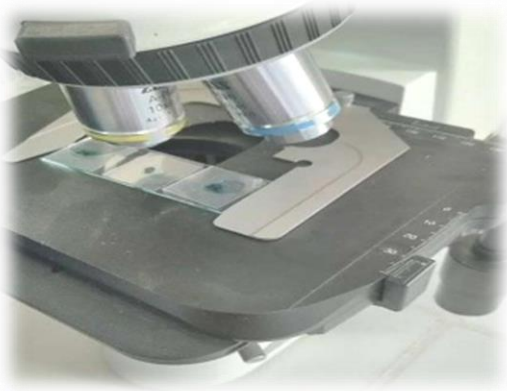
Etalement d'hémolymphe sur une lame



Ajouté les colorants May-Grunwald, Giemsa



Rinçage avec l'eau

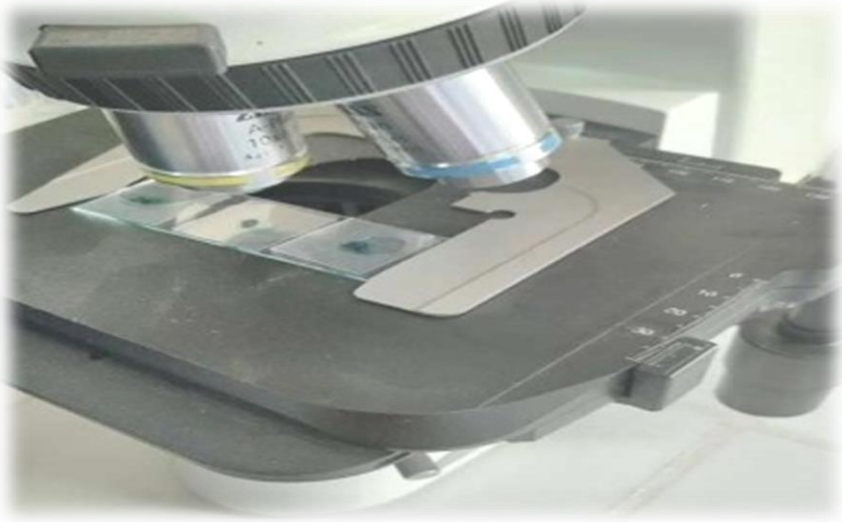


Observation microscopique

Fig. 22 : Les étapes da la préparation de l'hémogramme de criquet pèlerin (Original)

II-4-2-Comptage des hémocytes

L'observation et l'examen des lames préparées sous microscope optique. Le comptage de différents types d'hémocytes faite à l'aide d'un compteur à main



Observation microscopique

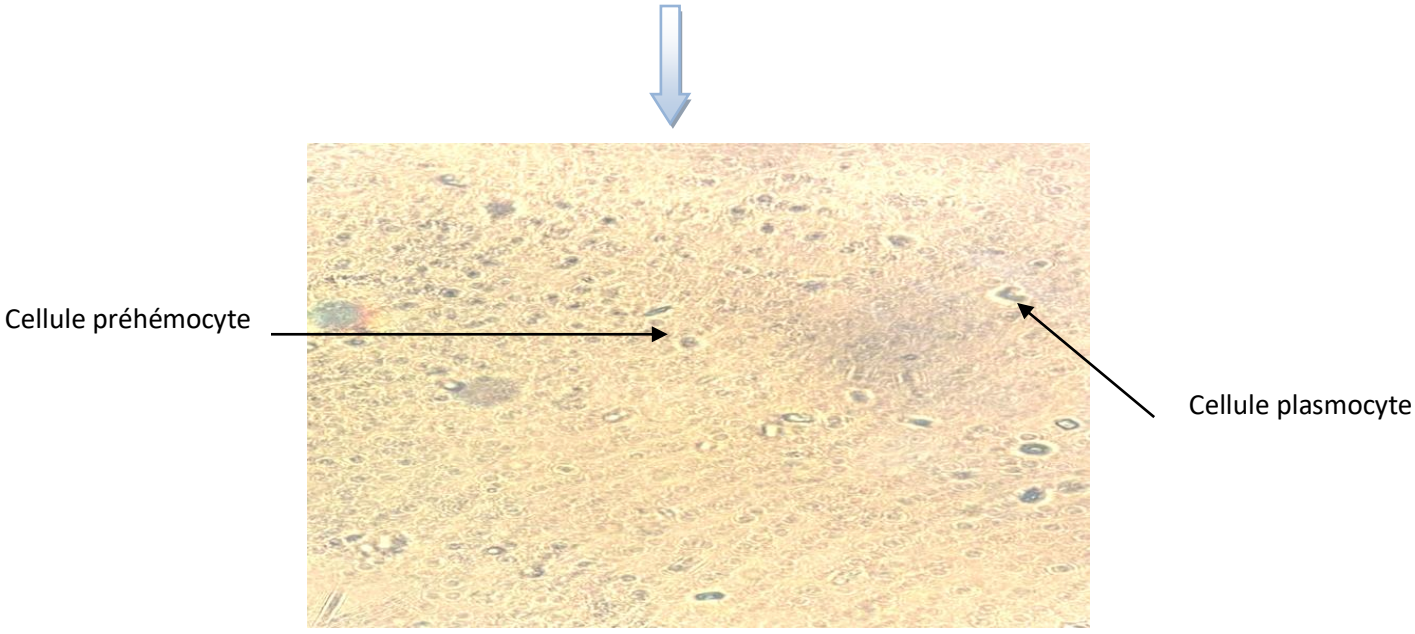


Fig23. Observation microscopique sur l'hémogramme de *Schistocerca gregaria*

(Original)

Chapitre III :

Résultats et discussions

III.1 Résultats

III-1-1 Tt de germination :

D'après le tableau 4 qui indique le nombre des spores germées et non germées, nous avons remarqué que le taux de germination du *Metarhizium anisopliae* égale à 92,20 %, qui est un taux très important pour note étude par rapport aux spores non germés qui est 7.8 % .

Tableau n° 4 : Le nombre total des spores germée et non germées du Metarhizium anisopliae

	Spore germée (a)	Spore non germée (b)	Taux de germination	Moyenne	Ecart type
Carrée 1	380	30	92,68 %	92,20 %	0,46
Carrée 2	470	40	92,15 %		
Carrée 3	390	35	91,76 %		

III-1-2 Etude de l'effet du *Metarhizium anisopliae* sur la mortalité des larves L4 de *Schistocerca gregaria*

D'après le tableau 5 et la figure 24, nous avons enregistré les premières mortalités des larvés traitées le 3ème jour avec un pourcentage de 16,67% pour arriver à 100% le 11ème jour. On remarque que le pourcentage de mortalité augment avec le temps, il passe progressivement de 16.67% à 23.33%, 36.67%, 53.33%, 83.33%, 86.67%, 93.33% et 100% respectivement le 4ème , 5ème , 6ème , 7ème , 8ème , 9ème , 10ème et 11ème jour.

Parallèlement avec les larves L4 de criquet pèlerin traitées, un pourcentage de mortalité de 3.33% a été enregistré chez les témoins le 5ème jour qui a passé au 6.67%, 10% le 9ème jour, 16.67% le 10ème jour. Cette mortalité peut être expliquée par les conditions d'élevage qui n'été pas favorable pour les larves de *Schistocerca gregaria* notamment la température et humidité. Par contre, pour les larves traitées par le *Metarhizium anisopliae*, leur mortalité était très rapide et intense.

Tableau n° 5 : Pourcentage de mortalité corrigé chez les larves L4 traités par le *Metarhizium anisopliae*

Date	Témoin	Ecartype	R1	R2	R3	Moyenne	Ecartype
J 01	0,00	0,00	0	0	0	0,00	0,00
J 02	0,00	0,00	0	0	0	0,00	0,00
J 03	0,00	0,00	20	20	10	16,67	5,77
J 04	0,00	0,00	30	20	20	23,33	5,77
J 05	3,33	5 ,77	10	40	30	36,67	5,77
J 06	3,33	5,77	60	50	50	53,33	5,77
J 07	6,67	5,77	80	90	80	83,33	5,77
J 08	6,67	5,77	90	90	80	86,67	5,77
J 09	10 ,00	0,00	100	90	90	93,33	5,77
J10	16,67	5,77	100	90	90	93,33	5,77
J11	16.67	5.77	100	100	100	100	100

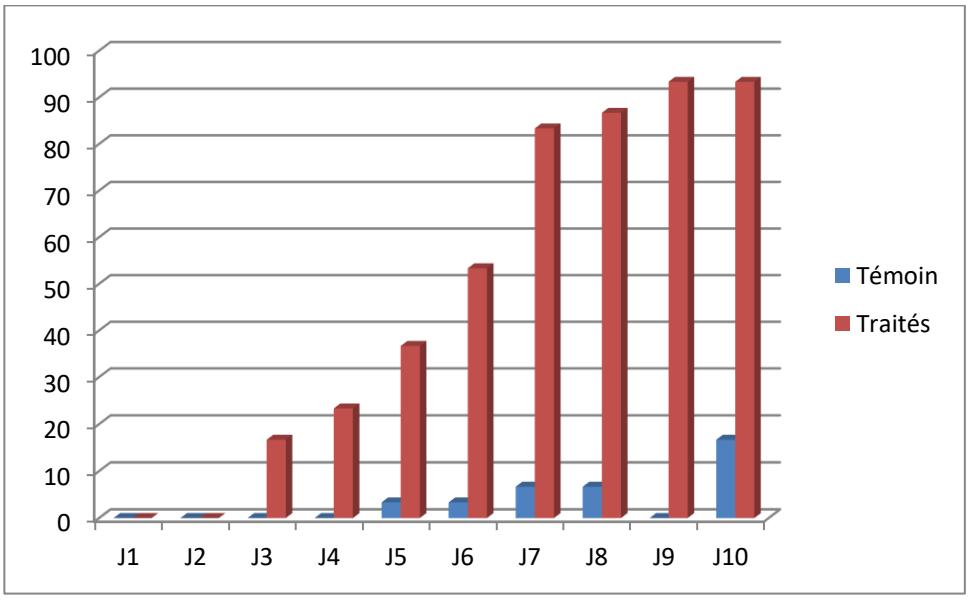


Figure n° 24 : Effet de *Metarhizium anisopliae* sur les larves L4 du criquet pèlerin

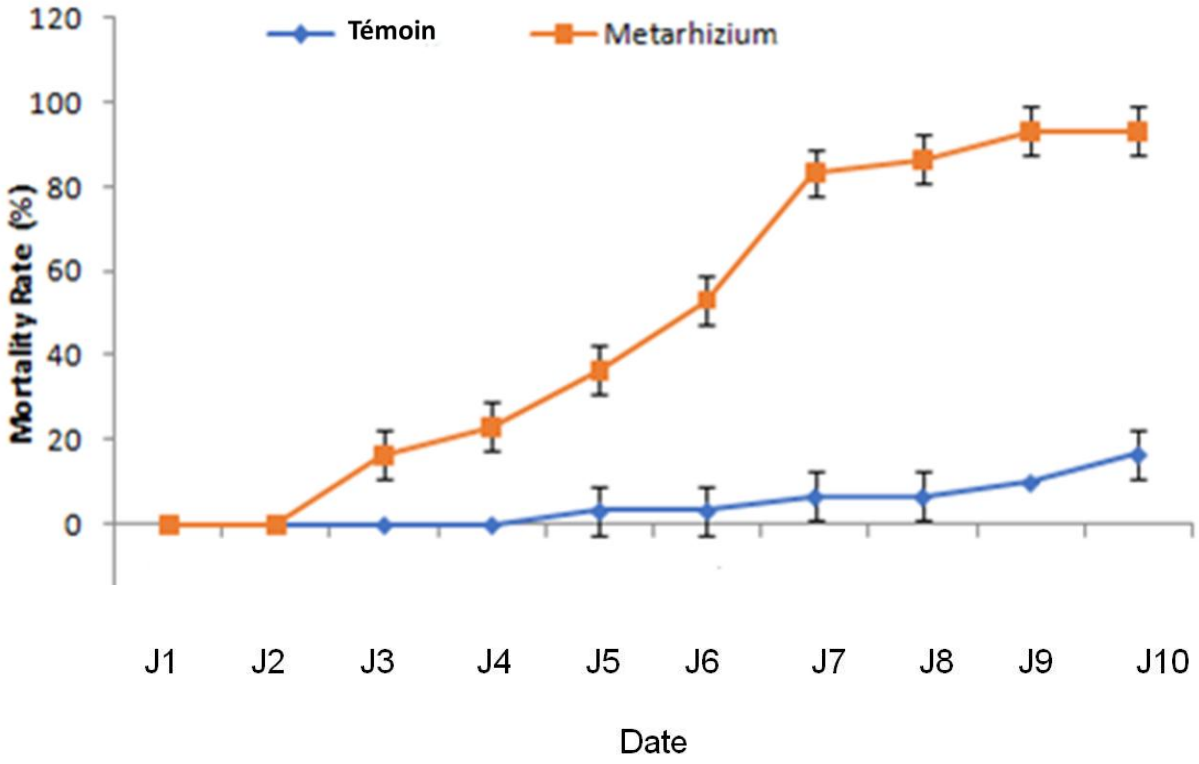


Fig. 25 : Effet de *Metarhizium anisopliae* sur les larves L4 du criquet pèlerin

D'après les analyses statistiques (tableau 6), nous avons remarqué que l'effet de *Metarhizium anisopliae* est hautement significatif contre les larves L4 du criquet pèlerin en comparaison avec les témoins.

Tableau n° 6 : analyse statistique

	Facteurs	Somme des carrés	d.d.l.	Carrés moyens	F-ratio	P
Témoin	Jours	813,3	9	90,37	5,42	0,001
	Erreur	333,3	20	16,67		
	Total	1146,7	29			
M. anisopliae	Jours	39613,3	9	4401,48	165,06	0,000
	Erreur	533,3	20	26,67		
	Total	40146,7	29			

D'après la figure n°25, on remarque après l'application des traitements de *Metarhizium anisopliae*, la présence de quelques mortalités chez témoins avec un taux de 5,77% de mortalité enregistré le 9ème jour par rapport au traitée qui est de 93,33%.

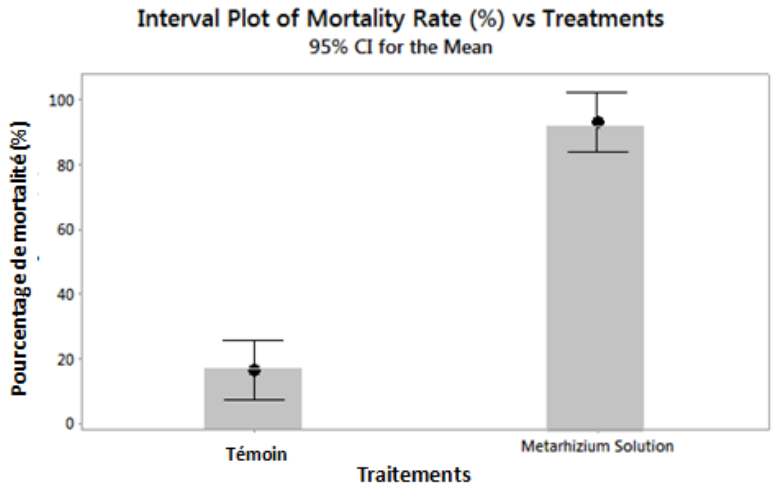


Figure n° 26 : Taux de mortalité chez les larves traitées par le *Metarhizium anisopliae* par rapport aux témoins

Tableau n° 7 : analyse statistique

Facteurs	Somme des carrés	d.d.l.	Carrés moyens	F-ratio	P
Traitements	8816,7	1	8816,67	264,50	0,000
Erreur	133,3	4	33,33		
Total	8950,0	5			

III-1-3 Effet de *M. anisopliae* sur l'hémogramme de *Schistocerca gregaria* :

Après l'examen des frottis sanguins réalisés à partir d'un volume de 5µl d'hémolymphe, on a pu déterminer deux types de cellules sanguines de taille et de forme variable qui sont : **Préhémocytes** : ce sont des cellules de petite taille avec un noyau plus au moins volumineux. **Plasmatocytes** : ou phagocytes : ce sont des cellules de forme fusiforme, pourvues d'un noyau circulaire dans un cytoplasme contenant quelques granulations.

Le frottis sanguin a été réalisé le 2ème jour après traitement des individus de criquet pèlerin traités par le champignon *Metarhizium anisopliae* et non traités.

Les résultats de cette étude sont mentionnés dans les tableaux 8, 9 et 10 respectivement pour le nombre total d'hémocytes, le nombre et le taux des Plasmatocytes, ainsi le nombre et le taux des Préhémocytes chez les individus témoins et traités.

Le tableau n°8 montre que le nombre total des hémocytes a été influencé par le traitement par le *Metarhizium anisopliae*. Nous avons enregistré chez le témoin un nombre de 172 ce dernier augmente à 137 chez les traitées par le champignon.

Concernant les Plasmatocytes, nous avons constaté que le nombre moyen chez les témoins est de 74 pour les trois répétitions avec taux moyen de 42,8. Chez les adultes traitées on a remarqué que le nombre moyen de Plasmatocytes est de 61,66 avec un taux moyen de 41.84 (tableau N° 9). (Fig n°26)

Pour les Préhémocytes, nous avons constaté que le nombre total moyen chez les témoins est de 98. Chez les individus traités par le *Metarhizium anisopliae* le nombre moyen est de 75,66 avec un taux moyen de 58.14 (tableau N° 10). (Fig n°26)

Tableau n° 8 : Nombre totale d'hémocytes chez le criquet pèlerin

Répétition	Témoin	M. anisoplaie
R1	221	94
R2	175	167
R3	120	151
Moyenne	172	137,33

Tableau n° 9 : Nombre des plasmatocytes chez le criquet pèlerin

Répétition	Témoins		Metarhizium anisopliae	
	N	Taux	N	Taux
R1	97	43,89	21	22,4
R2	75	42,85	85	50,89
R3	50	41,66	79	52,31
M	74	42,8	61.66	41,84

Tableau n° 10 : Nombre des prohémocytes chez le criquet pèlerin

Répétition	Témoins		Metarhizium anisopliae	
	N	Taux	N	Taux
R1	124	56,³	73	77,65
R2	100	57,14	82	49,10
R3	70	58,38	72	47,68
M	98	57,19	75,66	58,14

N : nombre, **R** : répétition, **M** : moyenne, **S** : Ecart type

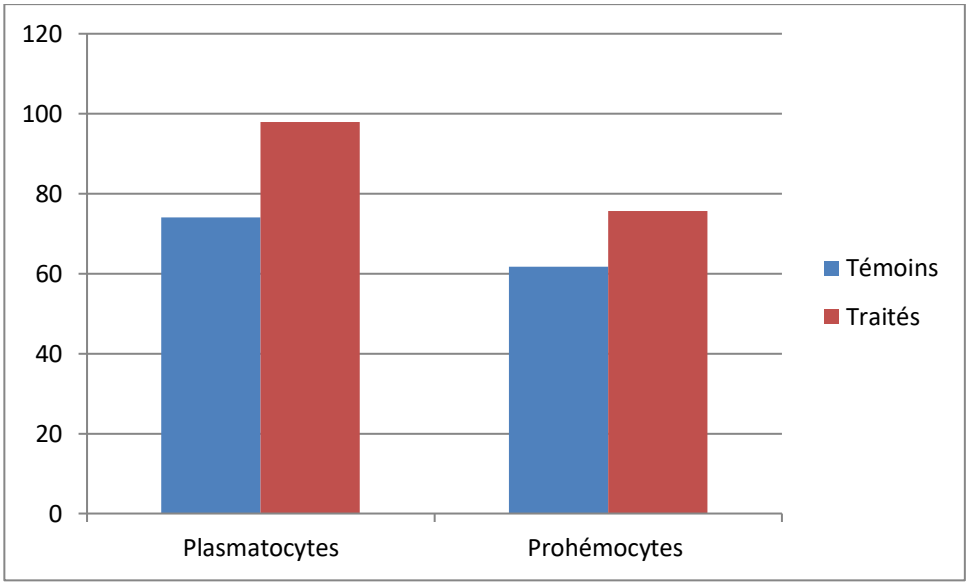


Figure n°26: Nombre des plasmatocytes et des prohémocytes chez les ailés de criquet pèlerin traités par le Metarhizium anisopliae et les témoins

III-2 Discussion

III-2-1 Effet de *M. anisopliae* sur la mortalité des larves du *Schistocerca gregaria*

La mortalité des larves de *Schistocerca gregaria* traités par *Metarhizium anisopliae* avec une seule dose $5X10^5$ spores/ml, montre que l'entomopathogène affecte significativement cet acridien en fonction de temps. On remarque que le taux de mortalité augmente avec le temps. Les premières mortalités ont été enregistré le 3ème jour après traitement par le champignon pour atteint 93.33 % de mortalité au 10ème jour et 100% au 11ème jour.

On a enregistré le 5ème jour un pourcentage de mortalité de 3.33% chez les témoins, qui a passé au 6.67%, 10% le 9ème jour, 16.67% le 10ème jour. Cette mortalité peut être expliquée par les conditions d'élevage qui n'été pas favorable pour les larves de *Schistocerca gregaria* notamment la température et humidité.

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par KAIDI (2004), qui a montré que l'entomopathogène B. bassiana a un effet significatif sur les imagos de Locusta migratoria traités à trois doses différentes : D1= 0,5 x 10^6 spores/ml, D2= 10^6 spores/ml et D3= 2 x 10^6 spores/ml par rapport aux témoins. Les individus traités à la faible dose sont morts 12 jours après le traitement, pour ceux traités à la dose D2= 10^6 spores/ml ils sont morts au 11ème jour, alors que par D3, les 100 % de mortalité a été enregistrés au 8ème jour.

Des résultats identiques ont été obtenus par DOUMANDJI-MITICHE et al. (1999), qui ont enregistré des taux de mortalités de 100 % entre le 6ème et le 12ème jour sur les différents stades de L. migratoria traités par Beauveria bassiana.

BRINKMAN et al. (1997) ont noté un pourcentage de mortalité de 72,7 % au 10ème jour chez les individus de L. migratoria traités par une formulation huileuse de B. bassiana à la dose 2,64 x 109 spores/ml. En 1999, BENSAAD a obtenu une mortalité à partir du 5ème jour et 100 % de mortalité a été enregistré au 12ème jour.

DELGADO et al. (1997) lors d'un essai sur terrain de B. bassiana contre Locusta migratoria, ont enregistré un pourcentage de mortalité de 56 % au 10ème jour de traitement, Ce résultat a été noté également par KOOYMAN et al (2005) dans le cadre de l'essai d'un biopesticide Green Muscle à base de Metarhizium anisopliae var. acridum, sur les larves du Schistocerca gregaria dans la Wilaya d'El Oued.

JARONSKI et GOETTEL (1997) testant l'effet de B. bassiana vis-à-vis des adultes de Melanoplus sanguinipes ont obtenu des mortalités de 72 % au 2ème jour à la dose 1,2 x 106 spores/ml. Sur ce même acridien INGLIS et al. (1997) ont enregistré 80 % de mortalité au début du 4ème jour pour la dose de 4,3 x 103 spores/ml.

DOUMANDJI-MITICHE et al. (1997b) ont obtenu des mortalités totales sur les adultes de S. gregaria au 5ème jour de traitement par M. anisopliae avec une dose avoisinant les 105 spores/ml. Sur le même acridien, HADDADJ (2001) a enregistré 100 % de mortalité au 4ème jour avec une dose D = 1,42 x 106 spores/ml.

III-2-2 Effet de *M. anisopliae* sur l'hémogramme de *Schistocerca gregaria*

Pour évaluer l'efficacité des produits vis-à-vis de l'hémogramme de l'hôte nous avons effectué de la comparaison entre le nombre de d'hémocytes de l'hémolymphe chez les témoins et les traités avec le M. anisopliae.

Le traitement ont réduit le nombre total d'hémocytes, le nombre de prohémocytes et celui des plasmatocytes. L'entomopathogène M. Anisopliae s'est montré plus virulent par rapport au témoin se traduisant par une réduction du nombre des cellules sanguines par rapport au témoin. A la suite des traitements, le nombre total des hémocytes est passé de 172 chez les témoins à 137,33 respectivement chez les traitées par la dose de de M. anisopliae. La chute du nombre des plasmatocytes dans les deux cas peut s'expliquer par leurs interventions dans le processus de défense de l'organisme de l'hôte suite à l'introduction du pathogène. L'introduction d'un corps à l'intérieur de l'insecte entraîne une réduction du système de défense de ce dernier, modifier l'hémogramme.

La chute du nombre des plasmocytes a été mentionnée par HABES (1989) chez Thaumetopea pityocampa suite au traitement par le Bacillus thuringiensis.

Le même phénomène a été observé par JONES et TAUBER, (1952) in HABES, (1989) chez Tenobrio sous l'effet de diète prolongée. CHAIN et ANDERSON, (1982) in HABES, (1989) notent une forte diminution des plasmocytes sous l'effet de Bacillus cereus. BIDOCHKA, et al. (1997) ont observé dans l'hémolymphe des locustes, des hémocytes groupés auteur du champignon 24H après le traitement. MOUSSA (2003) a également constaté la chute de nombre d'hémocytes de l'hémolymphe chez Locusta migratoria traité par l'huile de Neem.

D'après CHAPMAN, (1982), note que comme les hémocytes jouent un rôle très important dans les réactions de défense de l'organisme, l'hémogramme sera de ce fait modifié lors de blessures qui entraînent des hémorragies ou bien lors de l'introduction d'éléments étrangers comme les molécules toxiques ou les parasites.

La chute du nombre total d'hémocytes a déjà été signalé par plusieurs auteurs : tels que CHAUVIN, (1956) qui a observé la réduction de nombre des hémocytes chez Periplaneta sous l'effet de la diète. AMOURIQ, (1973) a eu les mêmes résultats chez Agrotis segetum traité par Bacillus melolonthae. BOUHACEIN, (1999) a observe les même résultats sur Locusta lors d'utilisation des champignons entomopathogène. HALOUANE et al (2001). COULIBALY, (2002) a observé le même phénomène chez Anacridium aegyptium traité par Metarhizium flavoviride.

Résultats du criquet pèlerin après le traitement par *Metarhizuim anisopliae*





Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Le problème acridien reste toujours un sujet d'actualité pour les services de protection des végétaux des pays concernées par les invitions acridiennes, malgré les grands efforts fournis pour gérer la situation. Le criquet pèlerin est l'une des espèces les plus dangereuses, après de longues années de rémission, des recrudescences importantes bien que de courées sont survenues, dont la dernière c'était celle de 2004-2005. Pour ces occasions le moyen de lutte le plus utilisé est le recours à des pesticides chimiques pour venir à bout de ce fléau. L'Orientation vers le concept de lutte biologique ces dernières années est devenue un sujet de tendance mondial, en vue de la protection des écosystèmes désertiques et semi- désertiques fragiles ainsi que la population humaine. Les mycopesticides se sont révélées les plus prometteurs dans ce domine même si d'autres voies continuent et doivent continuer à être explorées.

Dans le cadre de la lutte biologique nous avons testé l'effet d'un champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* sur quelques paramètres biologiques des larves et des ailés de criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*.

Dans la première partie, nous avons étudié l'effet de champignons entomopathogènes Metarhizium anisopliae var. Acridum sur la mortalité des larves L4 du *Schistocerca gregaria* (Forskal, 1775) et dans le second, nous avons étudié l'effet de *M. anisopliae* sur l'hémogramme des ailés de criquet pèlerin.

L'étude de l'effet *Metarhizium anisopliae* sur la montré a montré que le taux de mortalité des larves L4 de *S. gregaria* traités augmente en fonction du temps. La première mortalité a été enregistrée le 3ème jour avec un pourcentage de 16,67% pour arriver à 100% le 11ème jour. On remarque que le pourcentage de mortalité augment avec le temps, il passe progressivement de 16.67% à 23.33%, 36.67%, 53.33%, 83.33%, 86.67%, 93.33% et 100% respectivement le 4ème, 5ème, 6ème, 7ème, 8ème, 9ème, 10ème et 11ème jour.

Un pourcentage de mortalité de 3.33% a été enregistré chez les témoins le 5ème jour qui a passé au 6.67%, 10% le 9ème jour, 16.67% le 10ème jour. Cette mortalité peut être expliquée par les conditions d'élevage qui n'été pas favorable pour les larves de *Schistocerca gregaria* notamment la température et humidité. Par contre, pour les larves traitées par le *Metarhizium anisopliae*, leur mortalité était très rapide et intense.

Conclusion générale

Les résultats de l'étude de l'effet de M. anisopliae sur l'hémogramme des ailés de criquet pèlerin, montrent que le nombre total des hémocytes a été influencé par le traitement par le *Metarhizium anisopliae*. Nous avons enregistré chez le témoin un nombre de 172 ce dernier augmente à 137 chez les traitées par le champignon. Concernant les Plasmatocytes, nous avons constaté que le nombre moyen chez les témoins est de 74 pour les trois répétitions avec taux moyen de 42,8. Chez les adultes traitées on a remarqué que le nombre moyen de Plasmatocytes est de 61,66 avec un taux moyen de 41.84. Pour les Préhémocytes, nous avons constaté que le nombre total moyen chez les témoins est de 98. Chez les individus traités par le *Metarhizium anisopliae* le nombre moyen est de 75,66 avec un taux moyen de 58,14.

En perspectives, Il est important de tester cet entomopathogène sur d'autre paramètre biologique. Il faut penser à une amélioration génétique des entomopathogènes, car ils sont limités par plusieurs facteurs biotiques tel que le mode d'utilisation des champignons et abiotiques notamment les températures et l'humidité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. AMOURIQ L., 1973 – Rapports entomologo-cryptogamiques : Eléments sur la relation entre les insectes et champignons. Ed. Herman, Paris, 135 p.

2. BENFEKIH L., 1993 – Données préliminaires sur la bioécologie de la sauterelle marocaine Dociostaurus maroccanus (Thunb, 1815). (Ort, Gomph.)dans la région de Aïn Boucif (W. Médéa). Thèse Magister Scien. agro., Int. Nat. Agro., El Harrach, 129 p.

3. BENHALIMA T., 1983 – Etude expérimentale de la niche trophique de Dociostaurus maroccanus (Thunb, 1815) en phase solitaire au Maroc. Thèse Doc. Ing, Univ. ParisSud, 178 p.

4. BIDOSHKA M.J., LEGER R. J. et ROBERTS D.W., 1997 - Mechanisms of Deuteromycete fungal infections in grasshoppers and locust: an overview. Mem. entom. soc. Canad., (171): 213 – 224

5. BOUHACEIN M., 1999 – Effet de deux entomopathogènes (Hyphomycètes, Deuteromycotina), Beauveria bassiana (Balasmo) Veuillemin et Metarhizium flavoviride Gams et Rozyspal sur les métabolites hémolymphatiques, l'hémogramme et les protéines circulaires chez Locusta migratoria (LINNE, 1758). Mém. Ing. Agro., Inst. Nati. Agro., El-Harrach, 121 p.

6. CHAOUCH A., 1993 – Contribution à l'étude du régime alimentaire de

Dociostaurus maroccanus (Thunb., 1815) (Orthoptera, Acrididae) dans la région de Aïn Boucif, Wilaya de Médéa. Thèse Ing. Etat, Agro., UST de Blida, 39 p.

7. CHAPMAN, R. F. 1982. Chemoreception: the significance of receptor numbers. Advances in Insect Physiology 16:247–356.

8. CHARA B., 1995b – Polymorphisme phasaire ches les acridiens. Stage de formation de lutte antiacridienne. Ed. I.N.P.V-O.A.D.A., Alger, pp:1-4.

9. CHARA B., 1995- Eléments sur la biologie et l'écologie du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskal, 1775). Stage de formation de lutte antiacridienne. Ed. I.N.P.V-O.A.D.A., Alger, pp: 32-45.

10. CHAUVIN R., 1956 – Physiologie de l'insecte. Le comportement. Les grandes fonctions écophysiologiques. Ed. INRA, Paris, 917 p.

11. **CHOPARD L., 1943 – Orthoptéroides de l'Afrique du Nord. Ed. Libraire Larose, Paris, 447 p. LOUVEAUX A. ET BENHALIMA T., 1987** – Catalogue des orthoptères Acridoidea d'Afrique du Nord. Ouest. Bull. Soc. Ent., France, T. 91, n°(3 – 4), pp : 73 – 87.

12. CHOPARD L., 1943 – Orthoptéroides de l'Afrique du Nord. Ed. Libraire Larose, Paris, 447 p.

13. COULYBALY ADAMA M., 2002 – Effet de Beauveria bassiana (Bals) et Metarhizium flavoviride (G et R) sur l'hémogramme et les protéines de l'hémolymphe d'Anacridium aegyptium (L, 1764) (Orthoptera, Acrididae). Etude de la persistance des spores sur le support végétal. Mém. ing. agro., Inst. nati. agro., El-Harrach, 99 p.

14. DAHOUNE G., 2000- Activité biologique d'un dérégulateur de croissance le téflubenzuron sur le cinquième stade larvaire de Locusta migratoria (Linné, 1758) : Efficacité et effet sur

la biochimie de la cuticule, l'hémolymphe et les ovaires. Mém. Ing. Agr., Inst. Nat. Agro., El-Harrach, 175p.

15. DELGADO F.X., BRITON J.H., LOBO-LIMA M.L., RAZAFINDRATIANA E. and SWEARINGEN W., 1997 – Small-scale field trials with entomopathogenic fungi against Locusta migratoria Capito in Madagascar and Oedalus senegalensis in Cape Verde. New stratég. Locus. Contr., Verlag, pp: 171 – 176.

16. DIRSH V.M., 1975 – Classification of the acridomorphoid insects. Ed. Oxprint. limited, Great Britain, 171p

17. DOBSON H.M., 2001- Lutte antiacridienne. Directives sur le criquet pèlerin. Ed. FAO, Rome, 83p.

18. DOUMANDJI S. E et DOUMANDJI-MITICHE B, 1994-Criquets et sauterelles (acridologie). Ed.Off Pub.Univ., Alger, 99p.

19. DOUMANDJI-MITICHE B., HALOUANE F., BENSAAD H., BISSAAD F.Z. et CHERIEF A., 1999 – The efficiency of Beauveria bassiana (Bals) against Locusta migratoria and Schistocerca gregaria (Orthoptera,Acrididae). Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent., 64, (3a) : 205 – 209.

20. DURANTON J.F. et LECOQ M., 1990 –Le Criquet Pèlerin au Sahel. –Coll. Acridologie opérationnelle, n° 6 – CILSS-DFPV / Ministère des Affaires Etrangères des pays-Bas / CIRAD-GERDAT-Prifas : Niamey / La Haye / Montpellier. 183 p.

21. DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. ET LECOQ M., 1982 – Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche. Ed. CIRAD / PRIFAS, Départ. G.E.R.D.A.T, Paris, T. I, 695 p.

22. DURANTON J.F. et LECOQ M., 1990 – Criquet pèlerin au Sahel. Ed. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, 183 p.

23. DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M., 1982b – Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche. Ed. CIRAD / PRIFAS, Départ. G.E.R.D.A.T., Paris, T. II, 1496 p.

24. FERRON P., FARGUES J. et RIBA G., 1991 – Des champignons agents de lutte microbiologique contre les ravageurs. Dost. Cell. ENV. N°5, pp : 55 – 76.

25. GRASSE P.P., 1949 – Traité de zoologie : Anatomie, systématique, biologie. Ed. Masson et Cie, Paris, T. XII, 1117 p.

26. GREATHEAD D.J., KOOYMAN C., LAUNOIS-LUONG M.H. et POPOV G.B., 1994 – Les ennemis naturels des criquets du Sahel. Ed. CIRAD / PRIFAS, n°8, Montpellier, 147 p.

27. HABES D., 1989 – Effet de Bacillus thuringiensis sur l'intestin, les hémocytes et sur le métabolisme général de Thaumetopea pityocampa Schiff. (Lepidoptera, Notodontidae). Thèse Magister physio. anim., Inst. sci. nati., Univ. Annaba, 83 p.

28. HADDADJ F, 2001 – Evaluation de l'activité biologique de l'entomopathogène Beauveria bassiana BALS (Hyphomycetes, Deuteromycotina) : Efficacite sur la cuticule des

L5 de Shistocerca gregaria (FORSKAL, 1775) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae). Thèse magister Scien. Agro., Inst. Nati. Agro., El-Harrach, 96 p.

29. HALOUANE F., 1997 – Cycle biologique Schistocerca gregaria (Forskal, 1775) et de Locusta migratoria (Linné,1768) (Orthoptera, Acrididae). Efficacité de Metarhizium anisopliae (Metch) (Hyphomycètes, Deuteromycotina) et effet sur quelques paramètres physiologiques de Schistocerca gregaria. Thèse Magister sci. agro., Inst. nat. agro., El Harrach, 235p.

30. HALOUANE F., BENZARA A., DOUMANDJI-MITICHE B. et BOUHACEIN M., 2001 – Effet de deux entomopathogènes, Beauveria bassiana et Metarhizium flavoviride (Hyphomycètes, Deuteromycotina) sur l'hémogramme des larves de 5ème stade et des adultes de Locusta migratoria (Orthoptera : Acrididae). Jour. orthop. res., 10, (2) : 331 – 334

31. HEMMOUR S., 2005 – Etude morphométrique de Schistocerca gregaria Forskal, 1775 (Acrididae, Cyrtacanthacridinae) et effet de deux champignons entomopathogènes Beauveria bassiana et Metarhizium anisopliae var acridum (Deuteromycotina, Hyphmycètes) sur quelques paramètres physiologiques de cet acridien. Mém. ing. agro., Inst. nati. agro., El-Harrach, 103 p.

32. INGLIS G. D., JHONSON D. L. et GOETTEL M. S., 1997 – Field laboratory évaluation of two batches of Beauveria bassiana (BALSAMO) Veuillemin against grasshoppers. Canadian entomolog., 29, pp: 171 –186.

33. INPV., 2020-

34. JARONSKI S. T. ET GOETTEL M. S. M., 1997 – Development of Beauveria bassiana for control of grasshoppers and locusts. Mem. Ent. Sci. Canada., N°171, pp: 225 – 237.

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

36. KAIDI N., 2004 - Effet de la température et des milieux de culture sur B. 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, 109 p.

37. KAIDI N., 2007- Bioécologie de Schistocerca gregaria (Forskål, 1775)(Acrididae, Cyrtacanthacridinae) dans la région d'Ahaggar. Essai de lutte biologique au moyen de champignons entomopathogènes : Beauveria bassiana et Metarhizium anizopliae var. acridium. Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El Harrach, 145 p.

38. KEMASSI A., BOUAL Z., LEBBOUZ I., DADDI-BOUHOUN M., SAKER M.L., OULD EL HADJ KHELIL A. et OULD EL HADJ M.D., 2012- Etude de l'activité biologique de Cleome arabica L. (Capparidaceae). Lebanese Science Journal, Vol. 13, No. 2.

39. KOUASSI M., 2001 – Les possibilités de lutte biologique : Emphase sur le champignon entomopathogène B. bassiana. Sci. Environ., Vol. 2, N°2, pp : 1 – 8.

40. LATCHININSKY A.V., et LAUNOIS-LUONG M. H., 1992 – Le Criquet marocain, Dociostaurus maroccanus (Thunberg, 1815), dans la partie orientale de son aire de distribution. Etude monographique relative à l'ex-URSS et aux pays proches. # CIRAD-GERDAT-PRIFAS : Montpellier / VIZR : Saint-Pétersbourg, 270 p.

41. LAUNOIS-LUONG M.H. ET LECOQ M., 1989 – Vade Mecum des criquets du Sahel. Ed. CIRAD / PRIFAS, Montpellier, n°5, 125 p

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

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

44. MOUMENE K., 2002 – La transformation phasaise chez le criquet pèlerin, Schistocerca gregaria (FORSKAL, 1775) (Orthoptera-Acrididea) : Mécanisme et identification des caractéristiques écophysiologiques de la substance femelle de grégarisation. Thèse Doct. Biologie, Faculté des Sciences de Tunis : 109 p.

45. OULD EL HADJ M.D., 2002- Les nouvelles formes de mise en valeur dans le Sahara algérien et le problème acridien. Science et changements planétaires / Sécheresse 13 : 3742

46. OUTTAR F, 2006- Effet de deux entomopathogènes, Beauveria bassiana Bals. et Metarhizium anisopliae var acridum Metch. (Hyphomycètes, Deuteromycotina) sur l'état embryonnaire du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae). Mém. Ing. Sci. Agro., Inst. Nati. Agro. 102 p.

47. PAILLOT, 1933 – L'infection chez les insectes. Ed. Patissier, Paris, 471 p.

48. PAILLOT, 1933 – L'infection chez les insectes. Ed. Patissier, Paris, 471 p. PASQUIER R., 1934 – Contribution a l'etude du criquet marocain D. maroccanus Thumb en Afrique mineure. Ext. Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord, pp. 167-200 PASQUIER R., 1937 – Le criquet marocain en Algérie. Les recherches scientifiques récentes et leur répercussion sur la lutte rationnelle. Agrid., n°53. 1-14.

49. POPOV G.B., DURANTON JF et GIGAULT J., 1991 – Etude écologique des biotopes du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskal, 1775) en Afrique du Nord Occidentale. Ed. CIRAD/PRIFAS, (3) : 43 p

50. RACCAUD-SCHOELLER J., 1980 – Les insectes : physiologie et développement. Ed. Masson, Paris, 296 p.

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

52. SEDDIK A., 1994 – Développement ovarien et charge alaire du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskal, 1775) (Orthoptera, Acrididae). et du criquet migrateur Locusta migratoria cinerrascens (Binnot et Finnot, 1889) (Orthoptera, Acrididae) à Adrar – Cycle biologique du criquet pèlerin au laboratoire. Mém. Ing. Agro., Int. Nati. Agro., ElHarrach, 154 p.

53. SITOUH M., 1967 – Relations entre les crues et Schistocerca gregaria en phase solitaire dans le Sahara central. Ann. Inst. Nat. Agro., El-Harrach, pp: 33 – 83.

54. STEEDMAN A., 1988 – Manuel de lutte antiacridienne Pest Overseas. Development. Nat. Ress. Inst., London, XII, 180 p.

55. SYMMONS P.M et CRESSMAN K., 2001 – Directives sur le criquet pèlerin : Biologie et comportement. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. 43 p.

56. THIAM A., DIOUF H.R., KUISEUAL J., SARR A., THIAM M., 2004 Pesticides et Alternatives. Lutte antiacridienne : Guérir c'est bien, mais prévenir c'est mieux. N° 23. Ed. Pesticide Action Network (PAN) Africa, Dakar, n°23, 23p

57. UVAROV B.P., 1977 – Grasshopers and Locusts. A Handbouk of general cridology. Vol. 2. CambridgeUniv. Press, 613 p.

58. ZIMMERMAN G., 1993 – The entomopathogenic fungus Metarhizium anisopliae and its potential as a biocontrol agent. Pest. Sci., N°37, pp: 375 – 379.

Les annexes

Les annexes

Annexe1-FICHE DE DONNEES TECHNIQUS

Metarhizium acridum (souche EVCH077)

Agent biologique contre les criquets

1. Information Générale

1.1. Non et adresse du fabriquant : Eléphant Vert Maroc SA, Agropolis GI5-GI6, Commune rurale de Mejjate, 50122 Meknès, Maroc.

1.2. Nom commercial du produit : **NOVACRID**

1.3. No. CIPAC : **Pas encore attribué**

1.4. Catégorie d'usage **: Bio pesticides (acridicide)**

1.5**.** Ravageurs cibles : **Les criquets de l'infraordre Acrididea (Orthoptera)**

1.6. Cultures **: toutes cultures attaqu2es par les criquets**

1.7. Type de formulation **: TC**

1.8. Efficacité au champ **: Une dose de 50 g/ha dans 1-4 L de gasoil (en fonction de la densité de la végétation) ou une autre huile appropriée réduit les population par ou moins 80% dans 3 semaines (ou moins dans la présence d'ennemis naturels tels que des oiseaux).**

2. Formulation et matière active

2.1. Matière active : **Matériel biologique**

2 1.1. Nom scientifique **:** ***Metarhizium acridum*** **EVCH077**

(Ascomycota :Hypocreales : Clavicipitaceae)

2 .1.2. Stade de développement **: Conidies (spores)**

2.1.3. Provenance **: Le bénin**

21.4. Nature de l'organisme **: L'organisme est un champignon pathogène appartenant au groupe des champignons mitosporiques, qui sont des anamorphes (stades asexués) de champignons dans l'embranchement Ascomycota. Il est très spécifique aux criquets. Parce que les criquets ont la capacité de détoxiquer les toxines des autres champignons entomopathogènes, M.acriduim a développé une autre stratégie pour tuer son hôte et dans le processus a perdu les gènes pour la synthétisation de toxines.**

2.1.5. Apparence : **Poudre à couleur vert marin.**

2.2. Méthode d'analyse :

- Culture sur milieu artificiel et examen des structures sporogènes afin de vérifier l'identité du champignon

- Analyse d'ADN et/ ou d'insozymes afin de vérifier la souche (marqueur disponible)

2.3**.** Contenu en matière active : **(5 spores sèches par g)**

2.4. Viabilité à l'issue de l'usine : **Au moins 90%**

2.5. Impuretés : **moins d'1%**

2.6. Contenu en eau : **moins de 6%**

2.7 Taille des particules : **moins de 60 m**

2.8. Liquide de mélange **: Gasoil ou une autre huile appropriée, par ex. 70% Pétrole Lampante plus 30% Huile végétale.**

29. Dose recommandée **: 50 G/ha dans 1L (application aérienne) ou 2L (application terrestre) de gasoil.**

210. Compatibilité avec d'autres pesticides : Matière active est tuée par la plupart des fongicides mais elle est compatible avec certaines pesticides utilisés dans la lutte antiacridienne, par ex. Les pyréthrinoïdes.

11. Stabilité en stockage : Des données expérimentales montrent que des conidies sèches (≤5%, contenu en eau) peuvent être stockées jusqu'à 2 ans ± 20°C et pendant plus de 3 ans à <10°C. Des modèles de stockage, basés sur des données expérimentales extensives (Hong et al, 1998, Annals of botany, 81 : 625-630), indiquent qu'une viabilité des conidies de >80% peut être maintenue pendant >10 ans, si le matériel technique est stocké dans des sachets imperméables sous réfrigération (<10°C). Sous des conditions de stockage tropicales, une durée de vie de >2 ans peut être attendue à des températures de nuit/jour de 20-30°C et approximativement 6 mois sous une régime de 30-40°C.

212. Formulation : Le produit n'est pas formulé (TC) donc doit être mélangé avec de l'huile avant épandage (voir 28).

3. Toxicité et pathogénicité

La toxicité et la pathogénicité de la matière active n'ont pas encore été testés. Pourtant il est improbable que ces paramètres soient très différents du même paramètre des trois autres souches de *Metarhizium acridum* qui sont déjà homologuées dans certains pays. La raison en est que dans toutes les analyses génétiques du genre Metarhizium les souches de M. acridum se regroupent toujours très proches les une des autres, donc elles sont très semblables. En plus, des études approfondies ont monté que cette espèce ne possède pas les gènes nécessaires pour produire les toxines qui sont souvent trouvées chez les autres espèces de *metarhizium* (Gao et al . ,2011 ;wang et al,. 2012). Par conséquent, les souches de cette espèce ne sont pas toxiques. Comme exemple les données de la souche IMI330189(GREEN MUSCLE) sont montrées ici :

3.1. Toxicité acute orale (rat) : **DL50> 2 g /Kg poids vif**

3 .2 . Toxicité acute dermique (rat) : **DL 50> 2 g /Kg poids vif**

3.3. Toxicité acute Inhalation (rat) **: CL50>17,25 mg/kg poids vif**

34. Toxicité intra péritonéale (rat) : **DL50**

35. Irritation peau (lapin) **: Oui**

36. Irritation peau (lapin) **: Oui, mais exposition doit dépasser 24 h**

37. Sensibilisation **: Très rare**

38. Toxicité envers les poissons **: CL50 de 96 heures >100 mg/L**

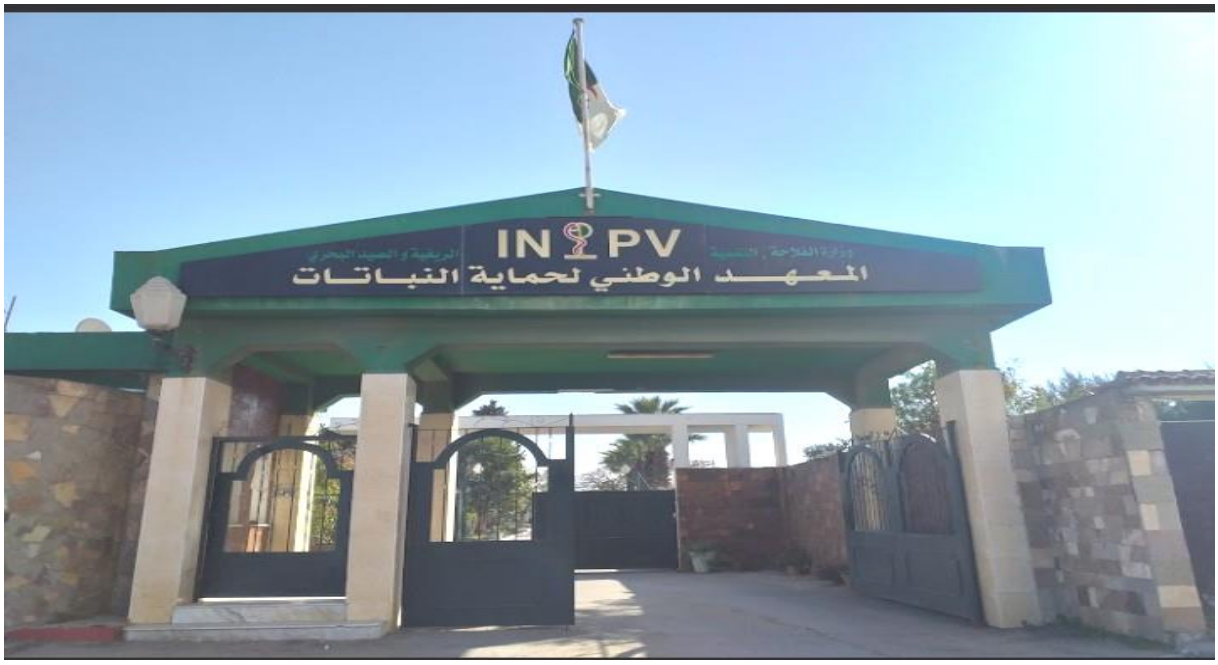
39. Toxicité envers les abeilles **: CL50 >100 µg/individu (mortalité dans test au laboratoire due à la pathogènicité, pas la toxicité ; tests dans des ruches n'ont pas montré des signes d'intoxication ni de pathogénicité)**

310. Toxicité envers les vers de terre : **CL50>1 g/kg de sol sec**

311. Phytotoxicité : **La matière active n'est pas phytotoxique. Le mélange dans les épandeurs n'est pas phytotoxique non plus si le volume d'application ne dépasse pas 5 L/ha.**

Des Photos sur notre travail

Annexe 2：l’Institut National de la Protection des végétaux d’El Harrach.









Des bandes larvaires du criquet pèlerin





La mort du criquet traité par champignon entomopathogène

Metarhizuim anisopliae