

***Etats phasaires de *Dociostaurus maroccanus* Thunberg, 1815 (Acrididae, Gomphocerinae)***

**Effets de deux champignons entomopathogènes, *Beauveria bassiana* (Balsamo) et *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* sur quelques paramètres biophysiologicals**

Présentée par :

**Mr. CHAOUCH Abderrezak**

Promoteur : M<sup>me</sup> DOUMANDJI-MITICHE B. Professeur (I.N.A El Harrach)  
Soutenu le 14/01/2009

Devant le jury : Président : M<sup>r</sup> DOUMANDJI S. Professeur (I.N.A El Harrach) Co-promoteur : M<sup>r</sup> MOUMENE K. Docteur (M.A.D.R) Examineurs : M<sup>me</sup> MOUHOUCHE F. Maître de conférences (I.N.A El Harrech) M<sup>me</sup> BENFEKIH L. Maître de conférences (Univ. Agro. Blida) M<sup>elle</sup> BOUREGHDA H. Chargé de cours (I.N.A El Harrach)



# Table des matières

Dédicace . . .	5
Remerciements . . .	6
Résumé . . .	8
Abstract . . .	9
ص غ ل م ل ا . . .	10
Introduction générale . . .	11
Chapitre I : Données bibliographiques . . .	14
I.1 - Données bibliographiques sur le criquet marocain <i>Dociopterus maroccanus</i> (Thunberg, 1815) . . .	14
I.1.1 - Position taxonomique du criquet marocain . . .	14
I.1.2 - Description morphologique . . .	14
I.1.3 - Cycle biologique . . .	15
I.1.4 - Polymorphisme phasaire . . .	19
I.1.5 - Répartition géographique de <i>Dociopterus maroccanus</i> . . .	21
I.1.6 - Importance économique . . .	22
I.1.7 - Facteurs favorisant la pullulation du <i>Dociopterus maroccanus</i> . . .	23
I.2 - Données bibliographiques sur <i>Beauveria bassiana</i> (Balsamo) et <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>acridum</i> (Deuteromycotina : Hyphomycetes) . . .	24
I.2.1 - Historique . . .	24
I.2.2 - Position systématique et morphologie du <i>Beauveria bassiana</i> . . .	25
I.2.3 - Position systématique et morphologie du <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>acridum</i> . . .	25
I.2.4 - Les voies d'infection par <i>Beauveria bassiana</i> et <i>Metarhizium anisopliae</i> . . .	26
I.2.5 - Symptomatologie et mode d'action parasitaire . . .	26
I.2.6 - L'infectivité des champignons entomopathogènes . . .	26
I.2.7 - Les facteurs limitants l'efficacité des champignons acridopathogènes comme agents de lutte biologique . . .	27
I.2.8 - Production, formulation et conservation du <i>Beauveria bassiana</i> et <i>Metarhizium anisopliae</i> . . .	27
I.2.9 - Gamme d'hôtes . . .	28
Chapitre II : Présentation des 3 régions d'étude (Oued Séfioun, Youb et Ain El Hadid) . . .	29
II.1 – Données générales sur la région d'Oued Séfioun : . . .	29
II.1.1 – Situation géographique de la région d'étude : . . .	29
II.1.2 – Géomorphologie de la région d'étude : . . .	31
II.1.3 – Climat de la région d'étude : . . .	32
II.1.4 – Synthèse climatique : . . .	34
II.2 – Données générales sur la région de Youb : . . .	35
II.2.1 – Situation géographique de la région d'étude : . . .	36
II.2.2 – Géomorphologie de la région d'étude : . . .	39
II.2.3 – Climat de la région d'étude : . . .	40
II.2.4 – Synthèse climatique : . . .	42

II.3 – Données générales sur la région de Ain El Hadid : . . .	43
II.3.1 – Situation géographique de la région d'étude : . . .	43
II.3.2 – Géomorphologie de la région d'étude : . . .	46
II.3.3 – Climat de la région d'étude : . . .	47
II.3.4 – Synthèse climatique : . . .	48
Chapitre III : Matériels et méthodes . . .	51
III.1 – Etude de l'état phasaire de la population du <i>Dociostaurus maroccanus</i> . . .	51
III.1.1 – Matériel utilisé : . . .	51
III.1.2 – Méthodes d'étude : . . .	51
III.2 – Etude de l'effet de deux champignons entomopathogènes, <i>Beauveria bassiana</i> (Balsamo) et <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>acridum</i> sur quelques paramètres biophysiques du criquet marocain <i>Dociostaurus maroccanus</i> (Thunb,1815) . . .	54
III.2.1 – Matériel utilisé : . . .	54
III.2.2 – Méthodes d'étude . . .	56
Chapitre IV : Résultats et discussions . . .	67
IV.1 – Etat phasaire des populations de <i>Dociostaurus maroccanus</i> . . .	67
IV.1.1 – Résultats . . .	67
IV.1.2 – Discussions . . .	69
IV.1.3 – Conclusion . . .	69
IV.2 – Etude de l'effet de deux champignons entomopathogènes, <i>Beauveria bassiana</i> (Balsamo) et <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>acridum</i> sur quelques paramètres biophysiques du criquet marocain <i>Dociostaurus maroccanus</i> (Thunb,1815) . . .	70
IV.2.1 – Etude de l'effet de <i>Beauveria bassiana</i> et <i>Metarhizium anisopliae</i> sur la mortalité du <i>Dociostaurus maroccanus</i> . . .	70
IV.2.3 - Effet de <i>Beauveria bassiana</i> et <i>Metarhizium anisopliae</i> sur le développement ovarien des femelles de <i>Dociostaurus maroccanus</i> . . .	80
IV.2.4 – Etude de l'effet du <i>Beauveria bassiana</i> sur les protéines de l'hémolymphe des larves L4 et des ailés de <i>Dociostaurus maroccanus</i> . . .	86
Résultats et discussion . . .	92
Résultats . . .	92
Conclusion générale . . .	93
Références bibliographiques . . .	96
Bibliographie consultée mais non citée dans le texte . . .	102

## Dédicace

*Je dédie ce modeste travail : A la mémoire de ma mère et mon père A ma femme A mes petites filles adorées Imen et Ryme A mes frères et mes soeurs A toute ma famille A tous mes amis  
Abderrezak*

## Remerciements

Je remercie, DIEU le tout puissant pour m'avoir accordé le courage et la patience de mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à exprimer mes profonds remerciements à ma directrice de thèse, **Mme DOUMANDJI-MITICHE Bahia**, Professeur à l'Institut National Agronomique d'El Harrach, pour avoir dirigé ce travail et pour l'intérêt qu'elle porte pour cette étude. Ses encouragements et sa disponibilité durant toutes les étapes de ce travail.

Je remercie **Mr. DOUMANDJI Salaheddine**, Professeur à l'Institut National Agronomique d'El Harrach, pour m'avoir fait l'honneur de présider ce travail et de ses précieux conseils et orientations.

Mes sincères remerciements à mon co-promoteur, **Mr. MOUMENE Khaled**, Docteur au Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, pour son encadrement, ses orientations et son aide.

Je voudrais également exprimer mes vifs remerciements aux membres de jury qui ont bien voulu examiner ce travail à savoir : **Mme MOUHOUCHE F.** maître de conférence à l'INA d'El Harrach, **Mme BENFEKIH L.** maître de conférence à l'université de Blida et **Melle BOURAGHDA H.** chargée de cours au Département de Botanique à l'INA d'El Harrach.

Il m'est très agréable de remercier également **Mr. GUENDEZ E.**, Directeur Général de l'Institut National de la Protection des végétaux d'El Harrach, de m'avoir donné toutes les facilités pour la réalisation de ce travail, qu'il trouve ici l'expression de toute ma profonde gratitude.

Je suis très reconnaissant à **Mr. BELOUED A.** pour m'avoir aidé dans la détermination des espèces végétales et très attristé par sa disparition que DIEU le tout puissant l'accueille dans son vaste paradis.

Je remercie **Mr. MANSOURI Dj.**, enseignant à l'Institut National Agronomique d'El Harrach, pour sa serviabilité et son aide pour les analyses statistiques.

Je remercie **Mr. LAZAR Mohamed**, Chef de Département de Lutte Antiacridienne, pour son aide et pour le soutien qu'il m'a apporté durant la réalisation de ce travail, ainsi que tous mes collègues du Département LAA, je cite : **Mrs. BELAZZOUGUI Mustapha** et **BENSAAD Hamid** en particulier, ainsi que **Mme KEFIL M.**, **Mme LAZAZI Z.**, **Mme HALALI G.** et **Mrs. LOUNIS Mustapha**, **MAKHLOUFI Rachid**, **MAMOU Mohamed**, **SAADAOUI Lakhder**, **BENAYA Mohamed Chawki**, **DJEBBARI Ahmed**, **DJEDDI Sid Ahmed**, **CHOUKRI BOUZIANE Bachir**, **KHITRI Mourad** et **NEDJARI Abdelatif** et tous mes collègues de l'Institut National de la Protection des Végétaux qui n'ont cessé de me soutenir tout au long de la réalisation de ce travail.

Je tiens à remercier particulièrement **M<sup>elle</sup> REGUIEG Z.** pour son aide précieuse à la conception de cet ouvrage.

Je saisis cette opportunité pour remercier également **Mme BEN HADDA Mahdjouba**, Inspectrice Phytosanitaire de la Wilaya de Saïda, **Mr. CHADLI Tarek**, Inspecteur Phytosanitaire de la Wilaya de Tiaret et **Mr. BENSEDJAD Kouider**, Inspecteur Phytosanitaire de Wilaya de Sidi Bel Abbes, ainsi que **Mr. FARHAOUI Ahmed**, Directeur de la Station Régionale de la Protection des Végétaux de Mascara et **Mr. SOUYAH Chikh**, Directeur de la Station Régionale de la Protection des Végétaux de Tlemcen, qui m'ont accompagné et orienté sur le terrain.

Je ne saurais oublier de remercier tous mes collègues de l'Institut National Agronomique d'El Harrach pour leur esprit d'entente, ainsi qu'à tous mes amis et tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

## Résumé

Thème : Etats phasaires de *Dociostaurus maroccanus* Thunb, 1815 (Acrididae, Gomphocerinae) – Effets de deux champignons entomopathogènes, *Beauveria bassiana* (Balsamo) et *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* sur quelques paramètres biophysiques

**Résumé :** L'étude de l'état phasaire a montré que la population du *Dociostaurus maroccanus* de la région de Youb (Saïda) et d'Oued Séfioun (Sidi Bel Abbès), capturée durant les 2 périodes de juin et juillet 2002, est à l'état grégaire, tandis que la population de la région de Ain El Hadid (Tiaret) est à l'état transiens degregans. Les 2 entomopathogènes *Beauveria bassiana* B. et *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* sont plus virulents sur L4 que sur les ailés; plus la dose est élevée, plus la mortalité est rapide et importante et qu'il n'y a pas de différence significative entre l'action des 2 champignons. L'étude de l'action de *B. bassiana* sur la croissance des L4 de *D. maroccanus*, montre que ce champignon inhibe la prise de nourriture chez les L4 de *D. maroccanus* et par conséquent, bloque la croissance des larves traitées et même influe sur la mue comparativement aux témoins. L'effet de *B. bassiana* et *M. anisopliae* est nettement observée sur les ovaires des femelles de *D. maroccanus* traitées par rapport aux témoins, *B. bassiana* et *M. anisopliae* influent sur le fonctionnement de la vitellogénèse des femelles traitées par rapport aux témoins et par conséquent sur la reproduction de *D. maroccanus*. L'étude de l'effet de *B. bassiana* sur le dosage quantitatif des protéines, montre que la concentration de protéines de l'hémolymphe diminue en fonction du temps et de la dose du traitement conduisant par la suite à la mort de l'insecte.

**Mots clés :** *Dociostaurus maroccanus*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, Entomopathogène, mortalité, lutte biologique, développement ovarien, état phasaire, protéines hémolympatiques.



---

## Abstract

**Theme:** phasaires States of *Dociostaurus maroccanus* Thunb, 1815 (Acrididae, Gomphocerinae) - Effects of two entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Balsamo) and *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* on some parameters biophysiologicals

**Abstract:** The study of the state phasaire showed that the population of *Dociostaurus maroccanus* the region Youb (Saïda) and Oued Séfioun (Sidi Bel Abbes), captured during the 2 periods of June and July 2002, is the state herd, while the population of the region of Ain El Hadid (Tiaret) is the state transiens degregans. The 2 entomopathogenic *Beauveria bassiana* B. and *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* are more virulent than on L4 adults; more dose, the higher mortality is quick and important and that there is no significant difference between the action of the 2 mushrooms. The study of the action of *B. bassiana* on the growth of L4 *D. maroccanus* shows that inhibits the fungus was taking food in L4 *D. maroccanus* and thus blocks the growth of larvae treated and even affects moulting compared to witnesses. The effect of *B. bassiana* and *M. anisopliae* is clearly observed in the ovaries of female *D. maroccanus* treated compared to witnesses, *B. bassiana* and *M. anisopliae* affect the operation of the vitellogénèse treated females compared to witnesses and therefore the reproduction of *D. maroccanus*. The study of the effect of *B. bassiana* on the quantitative determination of proteins, shows that the concentration of proteins in the hemolymph decreases as a function of time and dose of treatment thereafter leading to the death of the insect.

**Keywords:** *Dociostaurus maroccanus*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, entomopathogenic, mortality, biological, ovarien development, state phasaire, proteins hémolympatiques.

## ص خ ل م ا

**العنوان :** الحالة المظرية للجراد المغربي (*Dociostaurus maroccanus* (Thunb, 1815) (Acrididae, Gomphocerinae) - تأثير الفطرين المضادين للحشرات *Beauveria bassiana* (Balsamo) و *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* على بعض العوامل البيوفيزيولوجية.

**المُخص:** لقد بينت دراسة الحالة المظرية للجراد المغربي لمنطقة بوب (سعيدة) و واد سفيون (سبيدي بلجاس)، التي تم اصطياده خلال شهر جوان وجويلية سنة 2002، هو في حالة التجمعي، بينما الجراد المصطاد في نفس الفترة بمنطقة عين الحديد (تيارت) هو في حالة الإنتقالي التجمعي. أما دراسة تأثير الفطرين *Beauveria bassiana* (Balsamo) و *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* على موت الجراد المغربي، بينت أن الحوريات حساسة أكثر من المجنحات، فكلما كانت الجرعة كبيرة كلما كانت نسبة موت الجراد أكبر و أسرع كما أنه لا يوجد فرق بين نسبة فعالية الفطرين. و تبين الدراسة أيضا أن فطر *Beauveria bassiana* له تأثير على نمو حوريات الطور الرابع، حيث يجعلها تتوقف على التغذية و بالتالي تتوقف على النمو وتموت. كما أشارت الدراسة أن للفطرين تأثير على عملية إنتاج و تبيض الإناث المعالجة مغرنا بالشاهدة. إن دراسة تأثير فطر *Beauveria bassiana* على كمية البروتينات الموجودة في دم الجراد المغربي، بينت أن نسبة البروتينات تنقص تدريجيا مع مرور الزمن مؤدية بعد ذلك إلى موت الجراد.

**كلمات المفتاح :** *Dociostaurus maroccanus* ، *Metarhizium anisopliae* ، *Beauveria bassiana* ، المكافحة البيولوجية ، المكافحة بالفطريات، الحالة المظهرية للجراد، بروتينات دم الجراد.

---

# Introduction générale

La sécurité alimentaire, hormis les facteurs abiotiques particulièrement d'ordre climatique, dépend essentiellement de la protection des cultures souvent objet d'attaques endémiques par les insectes déprédateurs.

La production végétale agricole est soumise régulièrement à des déprédations pouvant atteindre parfois des proportions considérables. Les dégâts causés par les insectes sont évalués, par les instances internationales spécialisées, dont la FAO, à 30 % dans les pays en voie de développement. Parmi les insectes, les acridiens occupent une place prépondérante notamment dans les pays abritant de vastes zones arides et semi-arides. En Algérie, de nombreuses espèces acridiennes endémiques peuvent pulluler par année favorable et constituer de ce fait une menace sérieuse pour les cultures.

Le criquet marocain *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1885), est l'espèce acridienne parmi les plus redoutées, du fait de son grégarisme et de ses déplacements en groupe pouvant affecter de grandes étendues. Ce ravageur étant spécifique aux régions des hauts plateaux où la pluviométrie est comprise entre 250 et 400 mm/an et du fait de sa polyphagie, il peut s'attaquer aux céréales, aux cultures maraîchères et à l'arboriculture fruitière.

L'importance des pullulations de ce ravageur, qui affectionne des milieux pâturés donc très dégradés, est étroitement liée aux facteurs climatiques. Les hivers rigoureux et pluvieux favorisent l'accomplissement du cycle biologique de cet insecte univoltin (1 génération/an). En effet, les basses températures permettent une bonne conservation des œufs diapausant et limitent les niveaux de prédation et de parasitisme. Par contre, les pluies, surtout celles intervenant au début du printemps favorisent l'embryogenèse et facilitent les éclosions et l'émergence des larves du sol.

En Algérie, plusieurs foyers grégarigènes de *Dociostaurus maroccanus* sont définis par PASQUIER (1934 – 1937) et DOUMANDJI-MITICHE et al (1992), à l'Ouest au Centre et à l'Est du pays.

L'Algérie a connu plusieurs situations d'invasion de criquet marocain dont la dernière remonte aux années 1963-1964. Toutefois des recrudescences mineures ont été enregistrées à partir des années 1999.

Aussi, le dispositif de surveillance et de lutte déployé par l'Institut National de la Protection des Végétaux durant ces dernières années, a permis de circonscrire les habitats infestés. Ce dispositif vise l'intervention au niveau des zones où pullule le criquet marocain et l'engagement des traitements dès que le seuil d'intervention est atteint.

Les superficies infestées varient de quelques dizaines à quelques centaines de milliers d'hectares et ont porté sur : 32.000 ha (1999), 62.580 ha (2000), 21.008 ha (2001), 13.870 ha (2002), 40.392 ha (2003), 45.941 ha (2004), 136.060 ha (2005), 53.826 ha (2006) et 66.742 ha (2007). (ANONYME, 2007)

La connaissance de l'état phasaire de la population acridienne révèle une importance capitale, car plusieurs différences existantes entre la phase grégaire et la phase solitaire, ces phases s'expriment dans la couleur, la morphologie et le comportement ainsi que dans

les aspects relevant de la biologie et de la physiologie des larves et des ailés (ALBRECHT, 1967; SKAF, 1972 ; DURANTON et *al.*, 1982a ; LATCHENINSKY et LAUNOIS-LUONG, 1992).

L'étude de l'état phasaire des population acridienne par des indices morphométriques, suite aux calculs des rapports moyens E/F et F/C, a été décrite par plusieurs auteurs notamment PASQUIER (1934), (1937), SKAF (1972), BEN HALIMA (1983) et LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG(1992).

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 humain, 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 *Beauveria bassiana* Balsamo et *Metarhizium anisopliae* var. *acidum*, mais leur utilisation est restée à l'état expérimental.

Deux biopesticides, « Green Muscle » et le Neem, ont fait l'objet d'essais à grande échelle. Le premier, formulé à base de champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* var. *acidum*, 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), le second champignon *Beauveria bassiana*, a été testé en plein champ contre les criquets au Mali, a également donné des résultats acceptables.

Plusieurs travaux de recherche ont été fait en Algérie. Citant ceux de HALOUANE (1997), BENSSAAD (1999), BISSAAD (1998), (2001), HADDADJ (2001), KAIDI (2004), HEMOUR (2005) et OUTTAR (2006). Ils ont étudié dans les conditions contrôlées l'effet des champignons entomopathogènes sur les acridiens, notamment le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) et le criquet migrateur africain *Locusta migratoria* (R & F, 1850), mais jamais sur le criquet marocain.

Considérant l'importance économique de cet acridien en Algérie, nous avons étudié dans la première partie, l'état phasaire des populations du *Dociostaurus maroccanus* au niveau de trois régions : d'Oued Séfioun (W.Sidi Bel Abbes), Youb (W. Saïda) et Ain El Hadid (W.Tiaret). Pour chaque région on a choisi deux stations. La seconde partie, est de tester l'effet de deux champignons entomopathogènes, *Beauveria bassiana* B. et *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* sur quelques paramètres biophysiologicals des larves et les adultes du *Dociostaurus maroccanus*.

Le présent travail comprend quatre chapitres. Le premier portera sur les données bibliographiques du criquet marocain et les deux champignons entomopathogène *Beauveria bassiana* B et *Metarhizium anisopliae* var. *acidum*. Le second concerne la présentation des régions d'étude. Le troisième porte sur le matériel et les méthodes de travail adoptés. Enfin le quatrième est consacré aux résultats et discussions sur :

- L'état phasaire de *Dociostaurus maroccanus*
- L'effet de *B. bassiana* et *M. anisopliae* sur la mortalité du *Dociostaurus maroccanus*
- L'effet du *B. bassiana* sur la croissance des larves du *Dociostaurus maroccanus*.

- L'effet de *B. bassiana* et *M. anisopliae* sur le développement ovarien
- L'effet du *B. bassiana* sur le dosage quantitatif des protéines de l'hémolymphe

# Chapitre I : Données bibliographiques

## I.1 - Données bibliographiques sur le criquet marocain *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815)

### I.1.1 - Position taxonomique du criquet marocain

---

Le criquet marocain *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) est une espèce qui appartient selon CHOPARD (1943), LOUVEAUX et BENHALIMA (1987) à l'ordre des Orthoptères, au sous ordre de Caelifera, la famille des Acrididae et à la sous famille des Gomphocerinae.

### I.1.2 - Description morphologique

---

Cette espèce présente une taille moyenne, la longueur du corps chez le mâle est de 1,65 à 2,85 cm, alors que chez la femelle elle varie de 2,05 à 3,80 cm. La coloration du corps est gris jaunâtre avec des taches plus sombres, grises ou jaune pâle. Il présente un signe sous forme de croix sur la partie supérieure du pronotum et trois taches sombres sur la face interne du fémur postérieur, (fig. 1).



Fig. 1 : *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815)

Original

### I.1.3 - Cycle biologique

Le cycle biologique de *Dociostaurus maroccanus* passe par trois états successifs comme tous les autres acridiens : le développement embryonnaire, le développement larvaire et le développement imaginal (fig.2).

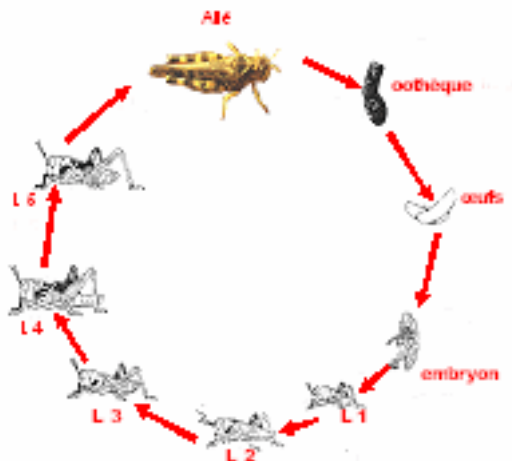


Fig. 2 : Cycle biologique du *D. maroccanus*

Original

#### I.1.3.1 - Développement embryonnaire

Après l'accouplement des adultes de *Dociostaurus maroccanus* (fig.3), les œufs sont pondus dans une oothèque (fig.4). Le criquet marocain présente une diapause embryonnaire extrêmement longue car la partie hypogée de son cycle dure 9 mois environ chaque année.

Le développement embryonnaire est régi par un complexe polyfactoriel 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 *D. maroccanus* est également signalée par UVAROV (1977).

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



Fig. 3 :L'accouplement chez *D. maroccanus*

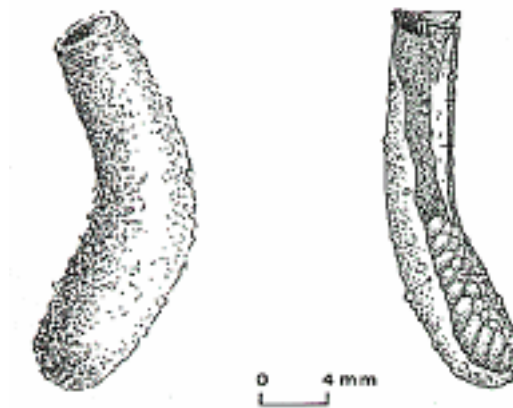


Fig. 4 :Oothèque de *D. maroccanus*

### I.1.3.2 - Développement larvaire

Le développement larvaire de *D. maroccanus* se fait en cinq stades (fig.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. SAFAROV in 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. 5 : Larve de 5<sup>ème</sup> stade

Original

### I.1.3.3 - Développement imaginal.

Le développement imaginal du *D. maroccanus* 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 marocain pondent deux à trois fois.

### I.1.3.4 - La reproduction chez *Dociostaurus maroccanus*

#### a) L'Appareil génital femelle

Comme tous les orthoptères, l'appareil génitale femelle de *Dociostaurus maroccanus* est formé de deux ovaires accolés, placés au-dessus de part et d'autre du tube digestif. Chaque ovaire est composé d'ovariole. La base de chaque ovariole s'ouvre sur un canal appelé calice. Celui-ci se transforme vers l'arrière du corps en un oviducte latéral de chaque côté du tube digestif. Les deux oviductes latéraux fusionnent ensuite en un oviducte commun dont l'extrémité forme une poche : le vagin, où se trouve l'orifice de la spermathèque (CHARA, 1987).

L'ovariole est l'unité fonctionnelle de l'ovaire qui est de type panoistique, ne comprend pas les trophocytes et l'assise folliculaire est le seul tissu trophique.(RACCAUD-SCHOELLER, 1980). En partant du sommet vers la base de l'ovariole on distingue :

- Le germarium ou zone germinative : c'est dans le germarium que sont produites les cellules germinales ou ovogonies ;
- Le prévitellarium : où se superposent les ovocytes primaires dans lesquels il n'y a pas encore de dépôt de vitellus ;

- Le vitellarium : région de l'aire où les ovocytes se chargent de vitellus avant de s'envelopper d'une fine couche protectrice, le chorion, qui présente une structure différente suivant les espèces.
- Le pédicelle : partie de l'ovaire par laquelle l'ovocyte mûr descend dans le calice au moment de l'ovulation.

Le germarium de l'ovariole est surmonté d'un filament terminal ; les filaments terminaux des ovarioles forment le filament suspenseur de l'ovaire.

Le dépôt de vitellus dans les ovocytes commence par ce faire à partir de celui qui est près du pédicelle (ovocyte le plus âgé) ; l'ovocyte suivant trouve sa croissance différée jusqu'à la maturation du premier et ainsi de suite. En conditions normales de développement, chaque ovariole est susceptible de produire un ovocyte chorioné à chaque ponte. Dans le cas d'un fonctionnement optimal de l'ovaire le nombre d'œufs produits par ponte serait égal au nombre d'ovarioles que contient l'ovaire (CHARA, 1995a), (GREGORIO, 1996).

b) Le développement ovarien :

L'appareil génital femelle passe par quatre phases de développement (DOUMANDJI et DOUMANDJI-MITICHE, 1994) et (SEDDIK, 1994).

#### **Phase juvénile :**

Durant les heures et même les jours qui suivent la mue imaginaire, les ovaires des femelles sont encore en phase juvénile. Les ovocytes basaux sont de très petite taille il n'a pas d'accumulation des réserves.

#### **Phase de la prévitéllogénèse :**

C'est à ce stade que commencent à se développer les ovocytes basaux qu'on arrive à discerner du reste de l'ovariole (BENFEKIH, 1993).

Il se produit un début de vitéllogénèse se traduisant par la sécrétion d'une substance blanchâtre aqueuse qui se déposera au niveau des ovocytes de rang 1 selon le même auteur.

#### **Phase de la vitéllogénèse :**

D'après DOUMANDJI et DOUMANDJI-MITICHE (1994), la vitéllogénèse s'accompagne d'une accumulation de réserves vitellines (globules lipidiques, plaquettes protéiques et amas de glycogène) qui ont un aspect jaunâtre à jaune.

#### **Phase des ovarioles ayant expulsé des ovocytes mûrs :**

D'après BENFEKIH (1993), DOUMANDJI et DOUMANDJI-MITICHE (1994), cette phase coïncide avec l'émission par les ovarioles d'ovocytes mûrs qui sont stockés temporairement dans le calice, phénomène qui est étroitement en relation avec l'état physiologique des reproductrices et des conditions climatiques et nutritionnelles, parfois avec la présence de parasite.

#### **c) Facteurs influant sur le fonctionnement des ovaires**

Parmi les facteurs qui influent sur le fonctionnement des ovaires il y a :

- **La température** : d'après LECOQ (1975), la température influence essentiellement sur l'allongement de la durée de la vie imaginaire et aussi sur la vitesse de maturation des ovocytes.

- **Le régime alimentaire** : Selon KOUCHA (1997), la reproduction peut être influencée par la variabilité de l'alimentation.
- **Le parasitisme** : Il a été remarqué que des femelles reproductrices de *D. maroccanus* parasitées par l'acarien *Trombidium*, présentent pour la plupart de nombreuses régressions ovocytaires (BENFEKIH et DOUMANDJI-MITICHE, 1997b).

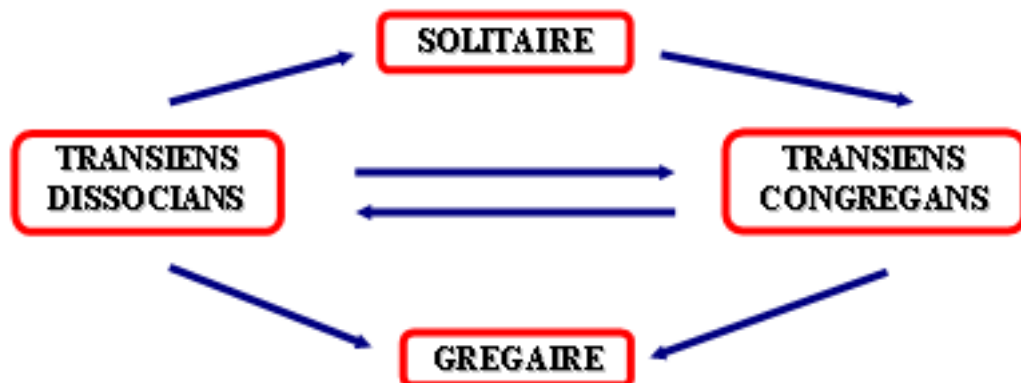
## I.1.4 - Polymorphisme phasaire

### I.1.4.1 - Théorie des phases

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 grégaire.



Les différentes phases sous lesquelles peuvent se présenter les locustes ont été décrites par UVAROV et ZOLOTAREVSK in CHOPARD (1938).

#### 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 taches 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.1.4.2 - Processus de transformation phasaire**

Le passage des acridiens de la phase solitaire à la phase grégaire se réalise dans la nature suivant trois étapes successives : densation, multiplication et grégarisation.

##### **a) Densation**

ALBERCHT (1967), a montré que lorsque il y a des dessèchements progressifs du tapis végétal, les criquets se dirigent vers les taches de végétation qui persistent dans des zones d'accumulation des eaux, se traduisant par la suite par une concentration des individus. Le processus de concentration peut conduire à une augmentation de la densité; c'est le principal facteur déclenchant le grégarisme. D'après DURANTON et al (1982a), les individus grégaires ou solitaires peuvent être obtenus à partir d'une même ponte simplement en élevant les larves nouveau-nées en groupes ou isolées.

Les premières modifications divergentes sont renforcées si la même contrainte est imposée à la génération suivante.

##### **b) Multiplication**

La reproduction des individus est réalisée selon trois étapes : La maturation des adultes, le développement embryonnaire et le développement larvaire. D'après DURANTON et al (1987), la multiplication est favorisée par le maintien de conditions écologiques favorables à l'espèce durant toute ses étapes.

##### **c) Grégarisation**

Le contact entre individus augmente et déclenche le grégarisme qui conduit les criquets à des mutations par transformations morphologique, biologique, anatomique, physiologique, écologique et éthologique.

D'une manière générale, le conditionnement à l'agrégation et au déplacement des larves solitaires exige un entraînement plus prolongé chez *Locusta migratoria*. Il faut 4 heures à peine pour regrouper des individus de *Locusta migratoria* alors que 30 minutes suffisent pour apparaître les premières manifestations du comportement grégaire chez *Schistocerca gregaria* (ALBRECHT, 1967).

#### **I.1.4.3 - Modifications phasaires**

Les différences phasaires s'expriment dans la couleur, la morphologie et le comportement ainsi que dans les aspects relevant de la biologie et de la physiologie des larves et des ailés

(ALBRECHT, 1967; SKAF, 1972 ; DURANTON et al, 1982a ; LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG, 1992 ; CHARA, 1995a).

**a) Modifications morphologiques**

Lors du passage de la phase solitaire à la phase grégaire plusieurs transformations morphologiques interviennent, telle que la taille des individus, car les grégaires chez *Dociostaurus maroccanus*, *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria*, ont généralement une taille moindre que les solitaires. Les variations de taille sont à rapprocher des différences du métabolisme de croissance des œufs, des larves et des ailés.

Pour ce qui est de la pigmentation, il y a une distinction chromatique entre les individus solitaires et les individus grégaires, car ces derniers ont une pigmentation plus claire que les solitaires chez *Dociostaurus maroccanus* contrairement à *Schistocerca gregaria* et à *Locusta migratoria*.

**b) Modifications physiologiques**

Les individus grégaires ont un métabolisme plus élevé que les solitaires. Les grégaires consomment davantage de nourriture chaque jour, produisent des œufs plus gros et en nombre plus restreint que les solitaires.

**c) Modifications éthologiques**

Les formes grégaires occupent une aire géographique plus étendue que celle des solitaires. Ces derniers mènent une vie isolée tandis que les grégaires se rassemblent pour former des essaims d'ailés ou de bandes larvaires à l'intérieur desquels les individus adoptent le même comportement que leurs congénères.

**d) Modifications écologiques**

Les exigences écologiques des individus sont plus marquées chez les solitaires. En effet ils ne se rencontrent en période de rémission que dans des régions limitées dans l'espace. Par contre, en période d'invasion, les criquets grégaires ont une plasticité écologique plus large, ce qui leur permet de coloniser des territoires très étendus.

---

### **I.1.5 - Répartition géographique de *Dociostaurus maroccanus***

---

**a) Dans le monde**

Le criquet marocain est réparti dans l'ensemble du pourtour méditerranéen et en Russie. On peut l'observer également au niveau des Iles Canaries jusque l'Asie centrale soviétique en passant par le Maroc, l'Algérie, la France, l'Espagne, la Turquie, la Syrie, l'Irak, l'Iran et l'Afghanistan. (Fig. 6)

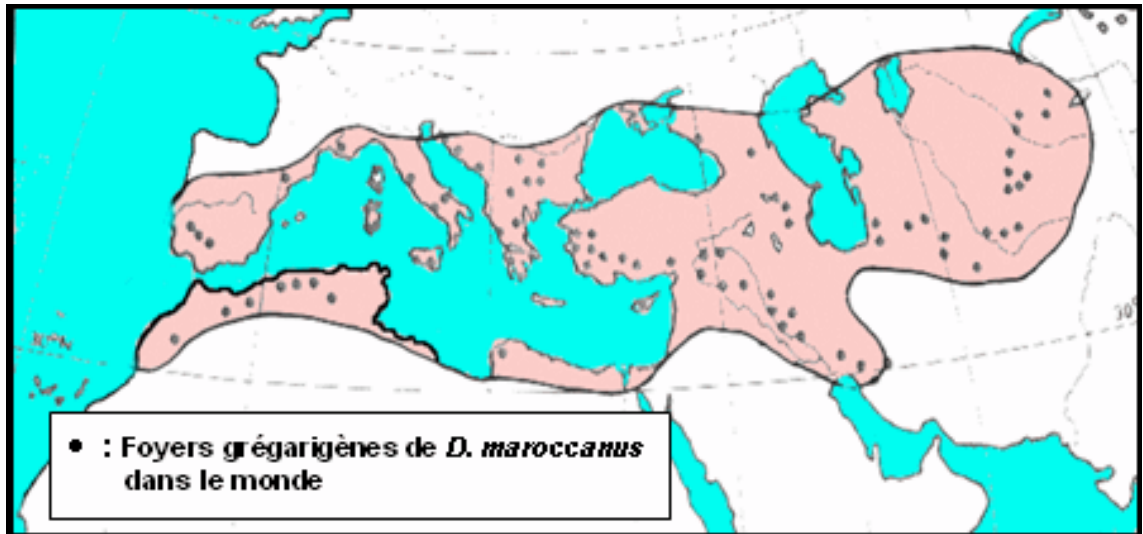


Fig. 6 : Répartition géographique de *D. maroccanus* dans le monde

Anonyme, 2002

#### b) En Algérie

L'aire de répartition est très grande en Algérie, il est présent dans les étages bioclimatiques sub-humide et semi aride, notamment les hauts plateaux dont la pluviométrie est comprise entre 250 et 400 mm/an. Tous les foyers grégarigènes de criquet marocain sont définis par PASQUIER (1934 – 1937), DOUMANDJI-MITICHE B. et *al* (1992) et répertoriés par l'Institut National de la Protection des Végétaux d'El Harrach (ANONYME, 2007). Il se trouve dans les Wilayate de Tlemcen, Sidi Bel Abbas, Saïda, Mascara, Tiaret, Chlef, Tissemsilt, Médéa, Djelfa, M'Sila, Bordj Bou Arreridj, Sétif et Batna (Fig. 7)

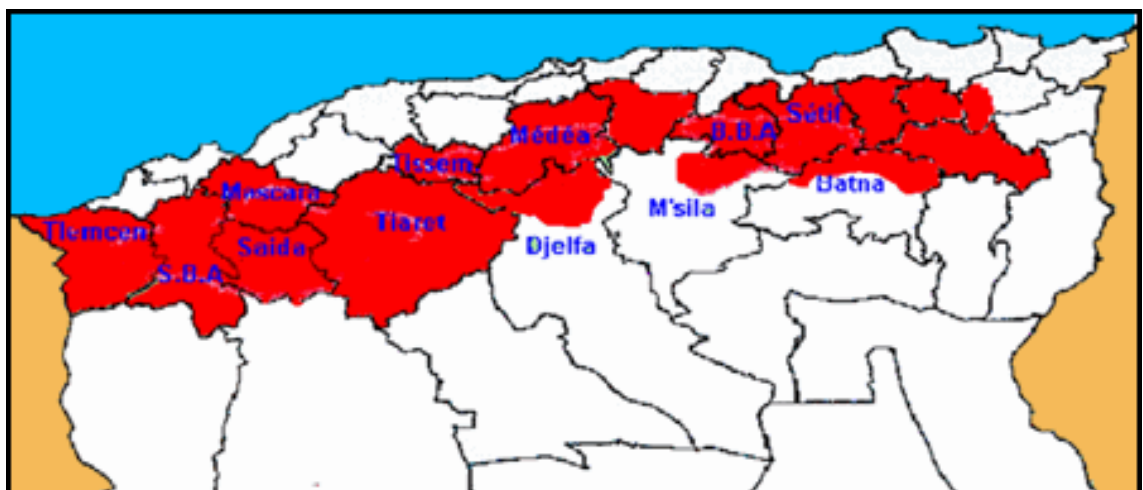


Fig. 7 : Répartition géographique de *D. maroccanus* en Algérie dans le monde

Anonyme, 2002

### I.1.6 - Importance économique

C'est l'extrême polyphagie du Criquet marocain 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 marocain 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 Wilayate les plus touchées par des pullulations de criquet marocain sont celles de l'Ouest (ANONYME, 2007), (Tableau 1).

**Tableau 1 : Traitements réalisés contre les pullulations de criquet marocain durant les années 1999 – 2002**

Wilaya	Superficie traitée (ha)			
	1999	2000	2001	2002
Sidi Bel Abbas	9063	20108	9988	1530
Saïda	13277	15625	9160	13870
Tiaret	525	19550	1660	0
Cumul	22865	55283	20808	15400

### **I.1.7 - Facteurs favorisant la pullulation du *Doclostaurus maroccanus***

#### **a) Facteurs biotiques**

- **Facteurs nutritionnels** : Ils influent sur la fécondité des femelles car cette dernière est largement conditionnée par :
  - La disponibilité de la nourriture

Une végétation qui persiste verte très longtemps, permet aux femelles d'augmenter leur longévité et par conséquent de se reproduire plusieurs fois au cours de leur vie.

- La qualité de la nourriture

Une nourriture de qualité permet aux femelles d'optimiser leur rendement ovarien, c'est-à-dire de produire le maximum d'œufs par ponte. Cet effort de production d'œufs peut également se maintenir pendant plusieurs pontes.

- Facteurs de mortalité :

En dehors des composants climatiques, les autres facteurs de mortalité qui tendent à limiter les effectifs de populations d'orthoptères sont soit des agents causant des maladies, soit des prédateurs invertébrés ou vertébrés (DOUMANDJI et DOUMANDJI-MITICHE, 1994).

#### **a) Facteurs abiotiques**

Ce sont surtout les pluies, les températures et les vents qui influent le plus sur la dynamique des populations acridiennes.

- Pluies :

CHARA (1995a), mentionne que l'influence des pluies sur la dynamique des populations acridiennes se fait à travers les conditions écologiques qu'elles rendent favorables ou défavorables à la reproduction des criquets ainsi que leur développement.

- Température :

Quand les températures sont très basses, elles ralentissent le développement des acridiens aux différents stades de leur cycle, elles peuvent même devenir létales (CHARA, 1995a).

- Vents :

Le vent joue un rôle important dans la formation du climat (déplacement des différentes masses d'air) et a également une grande influence sur le transport des insectes (LECOQ, 1975).

Selon CHARA (1995a), les vents influent sur l'augmentation des effectifs de criquets. Les densités par unité de surface peuvent augmenter dans une région à la suite de vents convergents.

STEEDMAN (1988), signale que les vents forts soulèvent parfois la terre qui entoure les oothèques, lesquelles se dessèchent au point que les œufs meurent.

## I.2 - Données bibliographiques sur *Beauveria bassiana* (Balsamo) et *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* (Deuteromycotina : Hyphomycetes)

### I.2.1 - Historique

---

La souche *Beauveria bassiana* a été signalée la première fois par BASSI sur les larves du ver à soie *Bombyx mori* et la description de cette espèce a été faite en 1853 par BALSAMO, qui a nommé ce champignon *Botrytis bassiana*. La première appellation *Beauveria bassiana* a été donnée par VUILLEMIN en 1912 (MOREAU, 1952).

En Algérie, ce champignon a été isolé la première fois à partir d'un criquet pèlerin capturé au niveau d'un pivot à la station de Zaouiet Kounta dans la région d'Adrar. L'isolement a été réalisé au niveau du département de Botanique de l'Institut National Agronomique d'Alger (DOUMANDJI - MITICHE et al., 1997a).

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

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



### I.2.2 - Position systématique et morphologie du *Beauveria bassiana*

*Beauveria bassiana* est un hyphomycète ou champignon imparfait qui présente d'après ALEXOPOULOS et *al.*, 1996 la classification suivante :

- **Sous embranchement** : Deuteromycotina
- **Sous classe** : Deutéromycètes
- **Ordre**: Moniliales
- **Famille**: Moniliaceae
- **Série** : Sympodulosporae
- **Genre** : *Beauveria*
- **Espèce**: *B. bassiana*

D'après BOTTON et *al.* (1990) les cellules conidiogènes sont isolées ou densément groupées sur de courtes ramifications globuleuses. Elles sont ovoïdes à la base. L'axe de la cyme est hélicoïdal. Il n'est pas formé par le conidiophore mais bien par les phialides elles mêmes (LANGERRON, 1945) (fig. 8)

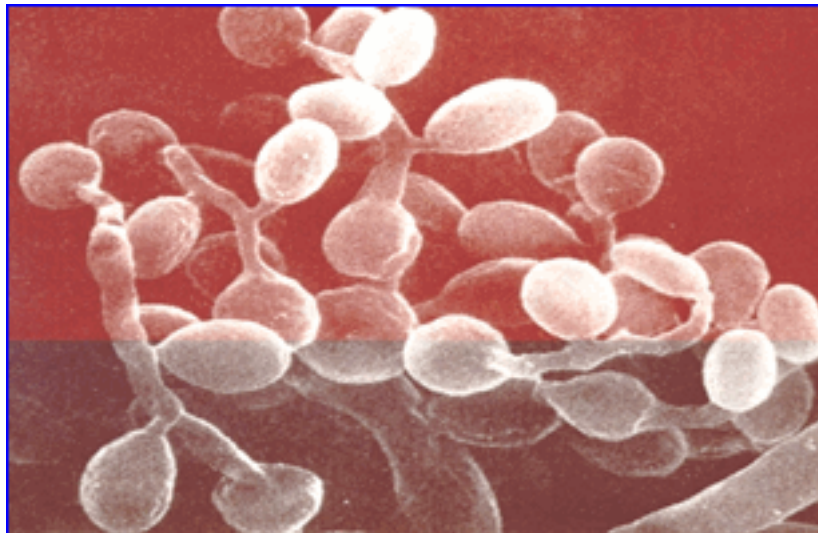


Fig. 8 : Conidies de *Beauveria bassiana*

(KOUASSI, 2001)

Selon MOREAU (1952), l'axe de la cyme apparaît comme un axe zigzaguant formé par une succession de rameaux dessinant une ligne brisée. Les conidies nées les premières sont à la base, les plus jeunes au sommet. Les conidies sont hyalines, lisses, globuleuses à ellipsoïdales mesurant de 1,75 à 12  $\mu\text{m}$  (fig. 8).

### I.2.3 - Position systématique et morphologie du *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*

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

- **Sous embranchement**: Deuteromycotina
- **Sous classe**: Deutéromycètes
- **Ordre**: Moniliales

- **Famille:** Moniliaceae
- **Série :** Symptomulosporae
- **Genre:** *Metarhizium*
- **Espèce:** *M. anisopliae*

D'après ZIMMERMAN (1993), *Metarhizium anisopliae* peut être aisément identifié par les conidies cylindriques vertes de longueur variant de 5 à 8 µm, qui sont produites en chaînes et qui forment une couche compacte de spores. Les souches de ce champignon forment des conidies particulièrement allongées (AMOURIQ, 1973).

(Fig. 9)

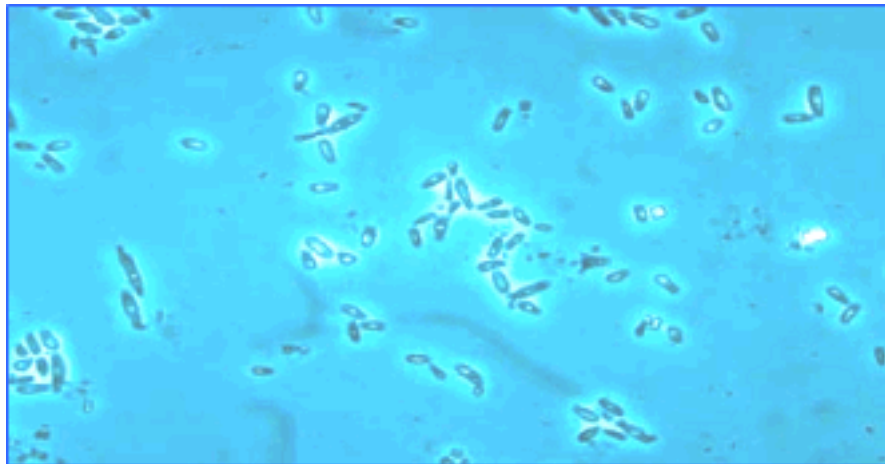


Fig. 9 : Conidies de *Metarhizium anisopliae*

(KOUASSI, 2001)

#### **I.2.4 - Les voies d'infection par *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae***

---

L'infection par *Beauveria bassiana* se fait par la pénétration des conidies dans l'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.*, 1997a). D'après PAILLOT (1933) *B. bassiana* infecte le système respiratoire et le système alimentaire.

#### **I.2.5 - Symptomatologie et mode d'action parasitaire**

---

Les symptômes d'un criquet atteint par *Beauveria* 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'hémocoel. La tête, le pronotum et l'extrémité abdominale se couvrent d'un mycélium de couleur blanchâtre et d'aspect velouté.

#### **I.2.6 - L'infectivité des champignons entomopathogènes**

---

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

**a) 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.

**b) Phase de germination**

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

**c) 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.

## **1.2.7 - Les facteurs limitants l'efficacité des champignons acridopathogènes comme agents de lutte biologique**

---

**a) 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.

**b) 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).

**c) 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 sont généralement sensibles à l'infection par les champignons mais cette sensibilité dépend du stade de l'infection et varie au sein d'une même espèce hôte.

## **1.2.8 - Production, formulation et conservation du *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae***

---

**a) Production**

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

**b) Formulation**

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

**c) Conservation**

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

### **I.2.9 - Gamme d'hôtes**

---

D'après FERRON et *al.* (1991); GEOTTEL (1991), il existe plus de 700 espèces d'insectes dans le monde qui peuvent être attaquées par ces champignons. En effet, il y a plusieurs espèces à partir desquelles des isollements de *B. bassiana* et de *M. anisopliae* ont été effectués. Ces champignons sont donc largement répandus.

## Chapitre II : Présentation des 3 régions d'étude (Oued Séfioun, Youb et Ain El Hadid)

La présente étude de l'état phasaire du *Dociostaurus maroccanus* s'est effectuée au niveau de trois régions : Oued Séfioun (W. Sidi Bel Abbes), Youb (W. Saïda) et Ain El Hadid (W. Tiaret). Pour chaque région nous avons choisi deux stations. Tous ces sites d'étude sont des foyers grégarigènes du criquet marocain et sont définies par PASQUIER (1934 – 1937), DOUMANDJI-MITICHE B. et al (1992) et répertoriés par l'Institut National de la Protection des Végétaux d'El Harrach. Ces foyers ont enregistré une activité très importante depuis 1999 notamment.

### II.1 – Données générales sur la région d'Oued Séfioun :

#### II.1.1 – Situation géographique de la région d'étude :

---

La région d'Oued Séfioun est située à l'Est de la Wilaya de Sidi Bel Abbes qui est limitée au Nord par la Wilaya d'Oran, au Nord-Est par la Wilaya de Mascara, à l'Est par la Wilaya de Saïda et el Bayadh, au Sud par la Wilaya de Naâma et à l'Ouest par les Wilayate de Tlemcen et de Aïn Témouchent. (Fig. 10). Dans cette région on a choisi la station de Bouyatas et de Dakhla.



*Fig. 10 : Situation géographique de la région d'Oued Séfioun (W. Sidi Bel Abbès) Echelle : 1/1000 000*

· Station de Bouyatas :

La station de Bouyatas se trouve au point géographique 34° 57' Nord 00° 22' Ouest, elle est caractérisée par des étendues vastes où l'on rencontre des jachères, des champs d'orge et d'avoine avec quelques parcelles d'arbres fruitiers, (Fig. 11), (Tableau 2)



*Fig. 11 : Station de Bouyatas (Région d'Oued Séfioun, W. Sidi Bel Abbès)*

Original

· Station de Dakhla

La station de Dakhla est située au point géographique 35° 00' Nord 00° 20' Ouest, caractérisée par un tapis végétal diversifié dense, composé essentiellement par des graminées et des composées avec une prédominance du Diss (Tableau 2). Le sol est caillouteux à texture argilo limoneuse, (Fig.12).



Fig. 12 : Station de Dakhla (Région d'Oued Séfioun, W. Sidi Bel Abbès)

Original

Tableau 2 : Liste des espèces végétales des 2 stations d'étude d'Oued Séfioun

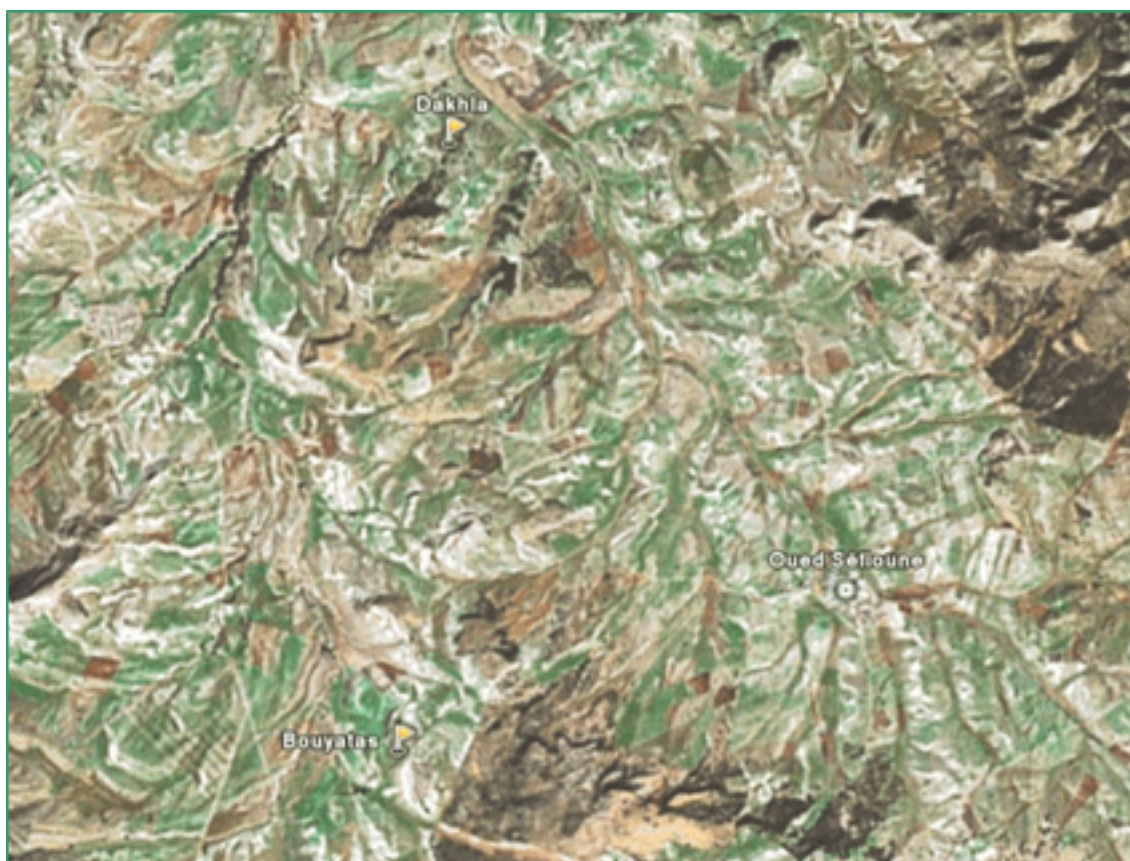
Familles	Espèces végétales
Composées (Asteraceae)	Scolymus hispanicus Aster squamatus Filago spathulata Carlina lanata Onopordon arenarium Centaurea nicaeensi Hypochoeris sp Sonchus oleraceus
Graminées (Poaceae)	Hordeum murinum L. Bromus rubens L. Lolium multiflorum Lamk. Stipa parviflora L. Aristida pungens Poa bulbosa L. Echinaria capitata L. Festuca atlantica Duv.
Légumineuses	Trigonella stelata Lotus creticus
Caryophyllacées	Tunica illyrica
Crucifères	Alyssum sentigerum
Araliacées	Eryngium sp
Borraginacées	Lithospermum apulum
Labiées	Marrubium vulgare
Plantaginacées	Plantago sp

## II.1.2 – Géomorphologie de la région d'étude :

### II.1.2.1 – Relief :

Le relief de la région d'Oued Séfioun est dans l'ensemble très aéré, peu élevé et assez uniforme. Il est constitué en grande partie par des collines, caractérisé par la forêt de Kouanka. (Fig. 13)

Le relief est accidenté dans la grande partie de la région, le reste de la circonscription est constitué par des surfaces homogènes où sont cultivées les céréales secondaires, orge et avoine.



*Fig. 13 : Photographie satellitaire des 2 sites d'étude d'Oued Séfioun*

Photo de google Earth

### II.1.2.2 – Pédologie :

Le sol de la région est constitué de la roche mère calcaire, compacte et caillouteuse.

### II.1.3 – Climat de la région d'étude :

---

Le climat de la région d'étude est considéré comme un climat semi-aride, à hiver frais et chaud en été avec quelques journées de sirocco.

#### II.1.3.1 – Précipitations :



La pluviométrie moyenne de la région est de 395 mm selon SELTZER (1946). Depuis ces dernières années, il est enregistré une baisse très sensible des précipitations (Tableau 3), engendrant des déficits importants surtout pour les cultures vivrières.

Les précipitations enregistrées en 2002 atteignent 353,9 mm, qui sont proches de la moyenne. Mais avant 2000, elles étaient très réduites. Cette période a été déclarée sinistrée entre 60 et 80 % pour certaines zones.

Les relevés des précipitations annuelles de la région d'étude recueillis auprès de l'office national de la météorologie sont enregistrés dans le tableau n°3.

**Tableau 3a : Précipitations moyennes mensuelles (1992-2002) de la région d'Oued Séfioun**

Mois	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Précipitations moyennes (mm)	17,36	29,18	46,35	39,64	38,16	46,42	45,23	32,20	24,17	6,18	1,48	4,07

O.N.M (2002)

**Tableau 3b : Précipitations moyennes annuelles (1992-2002) de la région d'Oued Séfioun**

Année	Précipitations moyennes (mm)
1992	234,8
1993	254,6
1994	240,7
1995	392,1
1996	286,3
1997	216
1998	394,6
1999	250,4
2000	342,6
2001	351,4
2002	353,9
Moyenne	301,6 mm

O.N.M (2002)

### **II.1.3.2 – Températures :**

Les températures se caractérisent par une moyenne assez élevée en été (32°C à 37°C) dans les régions de Nord et (35°C à 38°C) dans les zones steppiques du Sud.

Les températures minimales sont de l'ordre de (2°C à 3°C) dans le Nord et de 0°C à 1°C dans le Sud.

Le tableau n°4 représente les températures : minimales, moyenne et maximales de la région d'étude, pour la période du 1992 à 2002.

Les températures moyennes mensuelles agissent directement sur le climat en interaction avec les autres facteurs météorologiques.

**Tableau 4 : Températures mensuelles (°C) de la région d'Oued Séfioun (1992-2002)**

Mois	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
T <sub>max</sub>	30,11	24,99	19,22	16,26	14,94	16,32	18,90	20,79	25,21	30,22	34,32	34,97
T <sub>min</sub>	14,98	11,22	7,16	4,22	2,90	3,47	5,06	6,56	10,39	14,19	17,18	17,96
T <sub>moy</sub>	22,54	18,10	13,19	10,24	8,92	9,89	11,98	13,67	17,80	22,20	25,75	26,46

O.N.M (2002)

### II.1.3.3 – Le vent :

Les vents dominants, sont ceux du Nord-Ouest, ils soufflent en toute saison pendant 10 à 15 jours par mois. Les vents du Nord, également répartis sur toute l'année et soufflent de 4 à 5 jours par mois. Tandis que ceux d'Ouest, ils soufflent pendant 7 à 10 jours par mois et sont caractéristiques de l'hiver. Ceux du Nord soufflent sur une période de 7 à 8 jours par mois de l'été.

Le Siroco souffle environ 15 jours par an lors des mois de Juillet et Août.

## II.1.4 – Synthèse climatique :

### II.1.4.1 – Diagramme Ombrothermique de la région d'étude :

C'est la représentation graphique de la période sèche et humide de la région d'étude, en se basant sur la relation :  $P = 2t$

**P** : pluviométrie du lieu

**t** : la température moyenne  $(M+m)/2$

D'après le diagramme Ombrothermique de la région d'étude pour l'année 2002 (fig.14) on constate 2 périodes bien distinctes, une période sèche débutant au début de mois de mai jusqu'au mois de septembre soit 5 mois et une période humide de 7 mois s'étendant de début du mois d'octobre jusqu'à la fin du mois de mai.

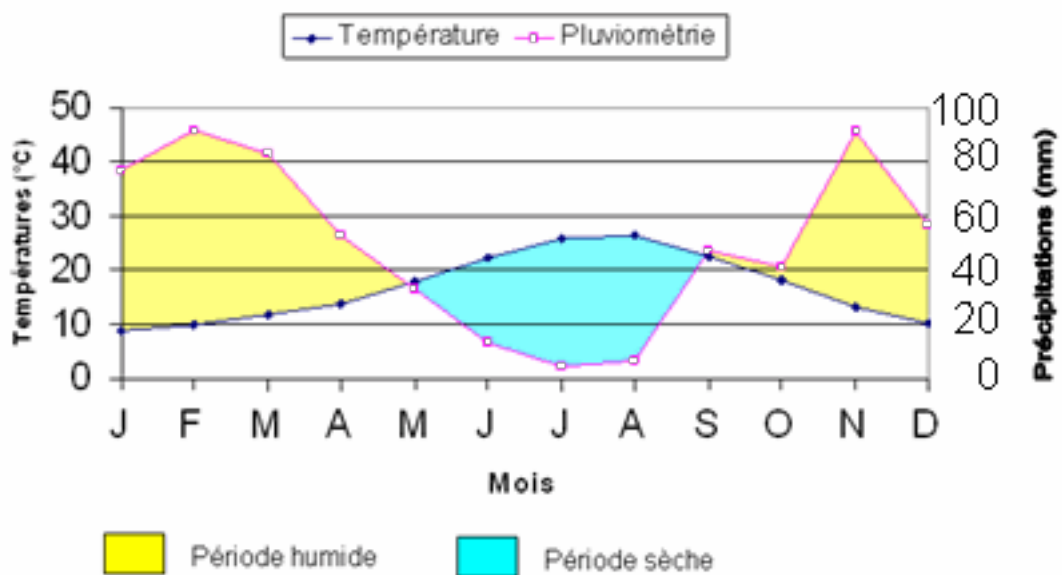


Fig.14 : Diagramme Ombrothermique de la région d'Oued Séfioun en 2002

### II.1.4.2 – Climagramme d'Emberger de la région d'étude :

Le climagramme d'Emberger permet de caractériser le climat d'une région donnée et de la classer par rapport aux autres régions. Ainsi il nous permet de localiser l'étage bioclimatique de notre région d'étude. Ceci en utilisant les données de SELZER (1946), s'étalant sur 25 ans (1923-1938), avec lesquelles on calcule le  $Q_2$  par la formule :

$$Q_2 = 3.43 \times \frac{P}{(M - m)}$$

$Q_2$  : quotient pluviométrique

P : précipitations moyennes annuelles

M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud

m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid

$$Q_2 : 3,43 \times \frac{301,6}{9,4} = 32,25$$

En reportant la valeur de  $Q_2$  qui est de **32,25** sur le climagramme, il en ressort que la station d'étude se localise dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais, (Fig. 15).

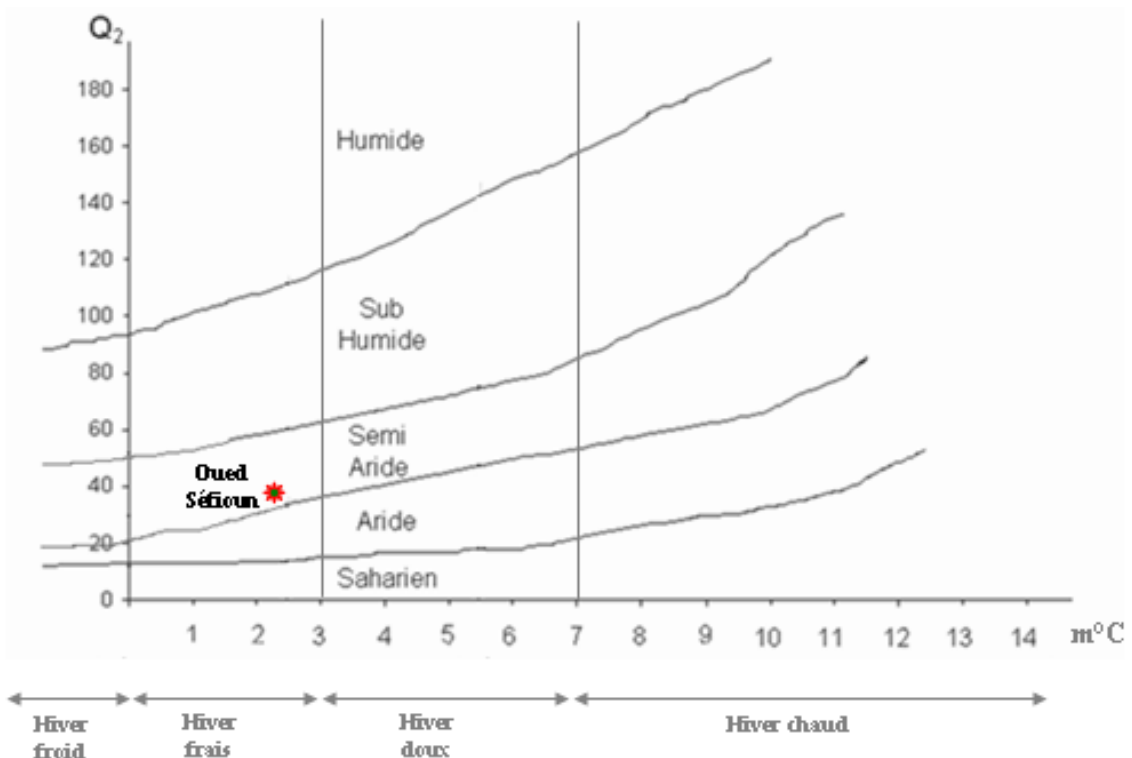


Fig. 15 : Climagramme d'Emberger (1992-2002) de la région d'Oued Séfioun

## II.2 – Données générales sur la région de Youb :

## II.2.1 – Situation géographique de la région d'étude :

---

La région de Youb est située à l'Ouest de la Wilaya de Saïda qui est limitée au Nord par la Wilaya de Mascara, à l'Est par la Wilaya de Tiaret, à l'Ouest par la Wilaya de Sidi Bel Abbas et au Sud par la Wilaya d'El Bayadh (Fig. 16).

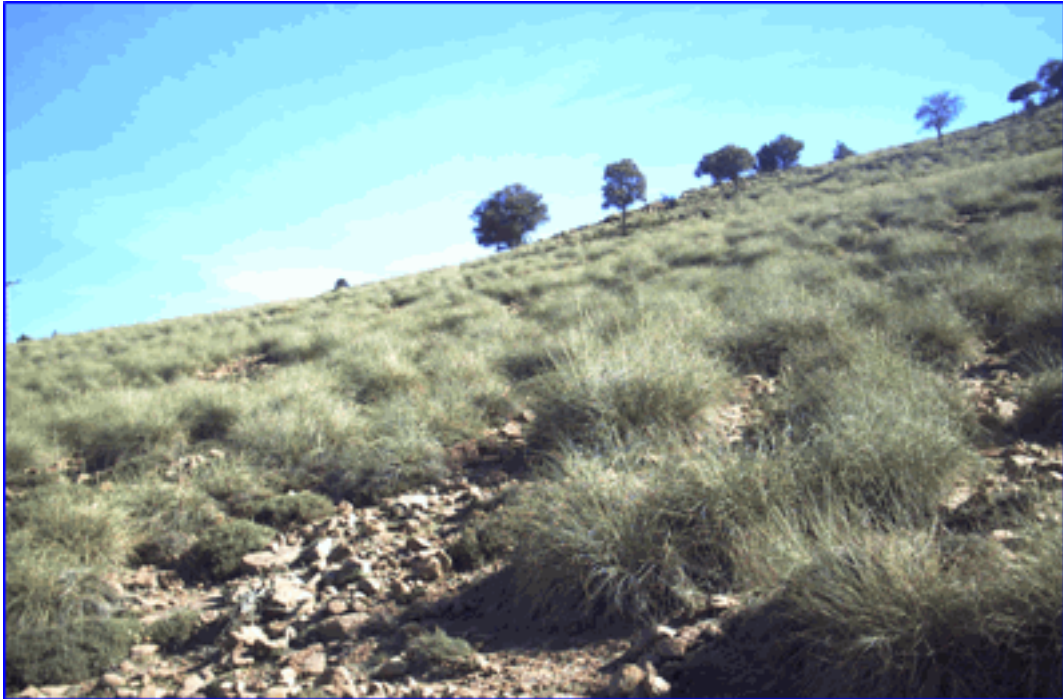
Les deux stations d'étude choisies sont : la station de Hassi El Abed et la station de Chaabane.



*Fig. 16 : Situation géographique de la région de Youb*

· Station de Hassi El Abed :

La station de Hassi El Abed est une jachère, caractérisée par un terrain en pente et un sol caillouteux avec un couvert végétal dense et très diversifié (Fig.17), il est composé essentiellement par des espèces de la famille des Astéracées et des Poacées (tableau 5), elle se situe au point 34° 56' 25" Nord 00° 14' 37" Est.



*Fig. 17 : Station de Hassi El Abed (Région de Youb, W. Saïda)*

Original

· Station de Chaabane

Elle se trouve au point géographique 34 58 41 Nord 00 16 05 Est. Elle est caractérisée par un couvert végétal composé essentiellement par des espèces de la famille des Astéracées et des Poacées (tableau 5), un relief dans l'ensemble très aéré, peu élevé et assez uniforme, constitué par des surfaces homogènes, (Fig.18).



*Fig. 18 : Station de Chaabane (Région de Youb, W. Saïda)*

Original

**Tableau 5 : Liste des espèces végétales des 2 stations d'étude de Youb**

Familles	Espèces végétales
Graminées (Poaceae)	<i>Poa bulbosa</i> L. <i>Echinaria capitata</i> L. <i>Festuca atlantica</i> Duv. <i>Hordeum murinum</i> L. <i>Bromus rubens</i> L. <i>Lolium multiflorum</i> Lamk. <i>Dactylis glomerata</i> L. <i>Aegilops triuncialis</i> ssp. <i>ovata</i> Eig <i>Stipa parviflora</i> L. <i>Aristida pungens</i>
Composées (Asteraceae)	<i>Anacyclus clavatus</i> Desf. <i>Senecio vulgaris</i> L. <i>Onopordon arenarium</i> (Desf.) Pomel <i>Carlina lanata</i> L. <i>Atractylis serratuloides</i> Sieb. <i>Calendula arvensis</i> L. <i>Carduncellus pinnatus</i> (Desf.) DC. <i>Scolymus hispanicus</i> (L.) Willd. <i>Hedypnois cretica</i> (Desf.) DC.
Liliacées	<i>Scilla obtusiflora</i> Poiret <i>Gagea foliosa</i> (Presl.) Sch.
Borraginacées	<i>Echium plantagineum</i> L.
Caryophyllacées	<i>Scabiosa maritima</i> (L.) Fiori et Paul.
Cistacées	<i>Helianthemum hirtum</i> M.
Crucifères	<i>Erica vesicaria</i> (Touru.) L. <i>Raphanus raphanistrum</i> L. <i>Lobularia mbaritima</i> (L.) Desv. <i>Alyssum scutigerum</i> Dur.
Labiées	<i>Salvia verbenaca</i> (L.) Briq. <i>Teucrium polium</i> L.
Légumineuses	<i>Medicago hispida</i> Gaertn <i>Astragalus</i> sp. <i>Anthylis vulneraria</i> L. <i>Vicia sativa</i> L.
Malvacées	<i>Malva sylvestris</i> L.
Ombellifères	<i>Thapsia garganica</i> L.
Plantagenacées	<i>Plantago albicans</i> L.
Polygonacées	<i>Rumex bicephalophorus</i> L.
Rubiacées	<i>Galium tricorne</i> With
Thymeliacées	<i>Thymelaea hirsute</i>

## II.2.2 – Géomorphologie de la région d'étude :

### II.2.2.1 – Relief :

La région de Youb est caractérisée par un relief assez élevé dans l'ensemble de la région et peu homogène, constituant d'une part des forêts et d'autre part des surfaces plates où sont cultivées les céréales, (Fig.19).



*Fig. 19 : Photographie satellitaire des 2 sites d'étude de Youb*

Photo de google Earth

### **II.2.2.2 – Pédologie :**

Un sol constitué de la roche mère calcaire et caillouteuse caractérise la région de Youb.

### **II.2.3 – Climat de la région d'étude :**

Un climat semi-aride, à hiver frais et chaud en été avec quelques journées de sirocco caractérise la région d'étude.

#### **II.2.3.1 – Précipitations :**

La pluviométrie moyenne de la région est de 320 mm selon les données de l'ONM. Une baisse très sensible des précipitations en dessous de la moyenne (Tableau 6) a été enregistrée depuis l'année 1998, qui a engendré des déficits importants surtout pour les cultures vivrières provoquant des sécheresses.

Les relevés des précipitations annuelles de la région d'étude recueillis auprès de l'office national de la météorologie sont portés dans le tableau n° 6.

**Tableau 6a : Précipitations moyennes mensuelles (1992-2002) de la région de Youb**



Mois	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Précipitations moyennes (mm)	16,8	59,8	13,3	0	8	8,8	28,1	49	58,6	14,5	23,8	2

O.N.M (2002)

**Tableau 6b : Précipitations moyennes annuelles (1992-2002) de la région de Youb**

Année	Précipitations moyennes (mm)
1992	338
1993	287,3
1994	287,9
1995	344,8
1996	538,7
1997	375,5
1998	174,5
1999	377
2000	212,6
2001	294,6
2002	274
Moyenne	318,6

O.N.M (2002)

### II.2.3.2 – Températures :

Des températures assez élevées dépassant les 35°C, caractérisent la région de Youb en été.

Le tableau n°7 représente les températures : minimales, moyennes et maximales de la région d'étude, pour la période du 1992 à 2002.

Les températures minimales sont de l'ordre de 3°C à 5°C en l'hiver et de 14°C à 19°C en été.

**Tableau 7 : Températures mensuelles (°C) de la région de Youb (1992-2002)**

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T <sub>max</sub>	14,1	15,9	18,8	20,9	26,3	31,8	35,6	35,5	29,6	24,4	18,2	15,3
T <sub>min</sub>	3,3	3,2	5,4	6,3	10,6	14,7	17,9	18,9	14,8	11,7	7,2	4,7
T <sub>moy</sub>	8,7	9,5	12,1	13,6	18,4	23,2	26,7	27,2	22,2	18,0	12,7	10,0

ONM (2002)

### II.2.3.3 – Le vent :

Les vents dominants Nord-Ouest, soufflent en toutes saisons pendant 10 à 15 jours par mois. Par contre les vents d'Ouest, soufflent de 7 à 10 jours par mois pendant l'hiver.

En été, le Siroco souffle environ 15 jours lors des mois de Juillet et Août.

## II.2.4 – Synthèse climatique :

### II.2.4.1 – Diagramme Ombrothermique de la région d'étude :

C'est la représentation graphique de la période sèche et humide de la région d'étude, on se basant sur la relation :  $P = 2t$

**P** : pluviométrie du lieu

**t** : la température moyenne  $(M+m)/2$

On distingue selon le diagramme Ombrothermique de l'année 2002, la présence de 2 périodes pour la région de Youb (Fig.20), une période humide s'étalant du mois de Septembre au du Mai, soit 8 mois et une période sèche débutant à mi mai jusqu'à la fin du mois d'août.

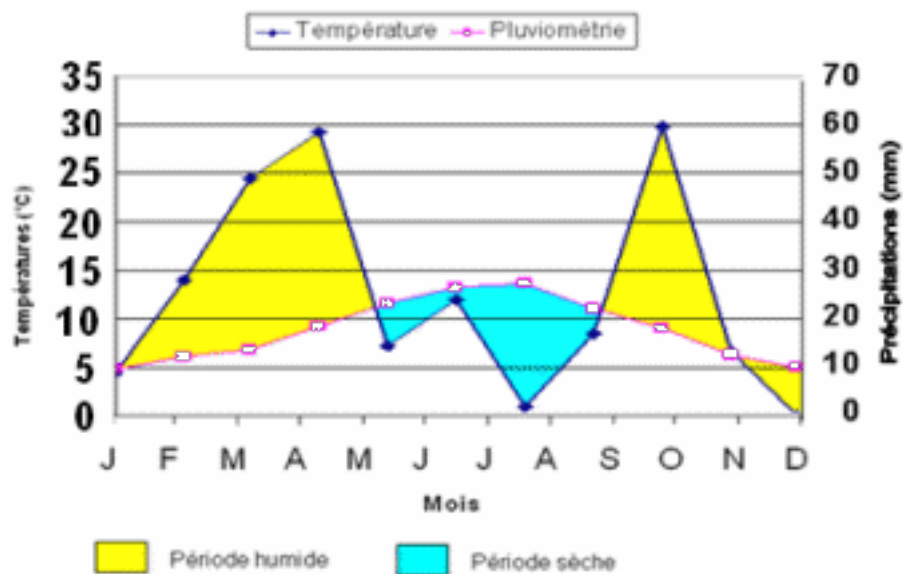


Fig. 20 : Diagramme Ombrothermique de la région de Youb en 2002

### II.2.4.2 – Climagramme d'Emberger de la région d'étude :

Le climagramme d'Emberger permet de caractériser le climat d'une région donnée et de la classer par rapport aux autres régions. Ainsi il nous permet de localiser l'étage bioclimatique de notre région d'étude. Ceci en utilisant les données de SELTZER (1946), avec lesquelles on calcule le  $Q_2$  par la formule :

$$Q_2 = 3,43 \times \frac{P}{(M - m)}$$

$Q_2$  : question pluviométrique

**P** : précipitations moyennes annuelles

**M** : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud

**m** : moyenne des températures minimales du mois le plus froid

D'après les données climatiques représentées par les tableaux cités auparavant, nous avons calculé le quotient pluviométrique de la région d'étude qui est égal à **33,73**.

En reportant la valeur de  $Q_2$  (**33,73**) sur le climagramme d'Emberger, on constate que la région d'étude de Youb se localise dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais, (Fig. 21).

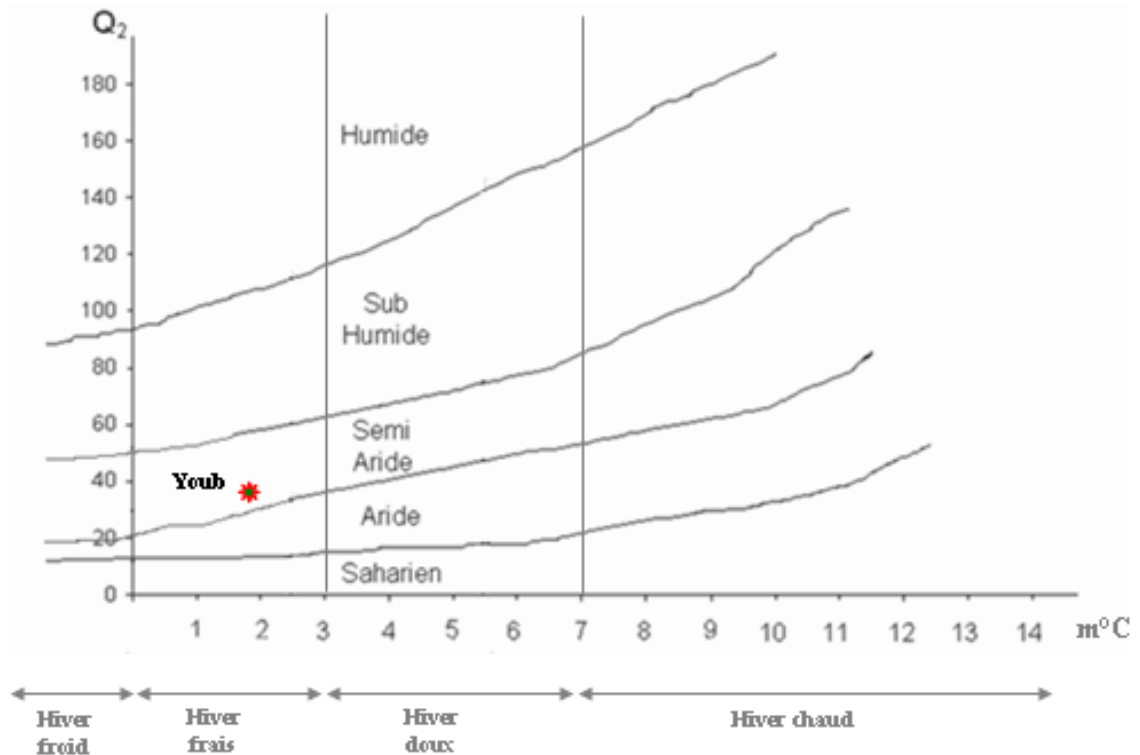


Fig. 21 : Climagramme d'Emberger (1992-2002) de la région de Youb

## II.3 – Données générales sur la région de Ain El Hadid :

### II.3.1 – Situation géographique de la région d'étude :

Elle est située à l'Ouest de la Wilaya de Tiaret qui est limitée au Nord par les Wilayate de Tissemsilt et Relizane, à Est par la Wilaya de Djelfa, à l'Ouest par les Wilayate de Saïda et Mascara et au Sud par les Wilayate de Laghouat et El Bayadh. (Fig. 22)

La région de Ain El Hadid se situe à 65 km au Sud –Ouest de la wilaya de Tiaret et s'étend sur une superficie de 44069 ha. Les 2 stations d'étude choisi sont : la station de Harire et la station d'Ouled Yahia.



Station de Harire

La station de Harire est située au point géographique 35° 02' 48" Nord 00° 55' 34" Est, caractérisée par un tapis végétal diversifié composé essentiellement par des graminées et des composées avec une prédominance du Disse couvrant plus de 30% du site (tableau 8). Le sol est caillouteux à texture argilo- limoneuse et très accidenté, (Fig.23)



*Fig. 23 : Station d'étude de Harire (Région de Ain El Hadid, W. Tiaret)*

Original

Station d'Ouled Yahia

Station d'Ouled Yahia est située au point géographique 35° 04' 41" Nord 00° 48' 18" Est, caractérisée par un tapis végétal pauvre et très épars composé essentiellement des mêmes plantes (Tableau 8). La texture du sol est plus caillouteuse sur un terrain accidenté, (Fig. 24).



*Fig. 24 : Station d'étude d'Ouled Yahia (Région de Ain El Hadid, W. Tiaret)*

Original

Tableau 8 : Liste des espèces végétales des 2 stations d'étude de Ain El Hadid

Familles	Espèces végétales
Composées (Astéraceae)	Galactites tomentosa Asteriscus pygmaeus Silybum marianum Carduus pycnocephalus Anacyclus clavatus Scolymus grandiflorus Sonchus asper Echinops spinosus Phallenis spinosa
Crucifères	Raphanus raphanistrum Capsella burna Neslia paniculata
Liliacées	Urginea maritima Asphodelus microcarpus Muscari comosum
Ombellifères	Daucus carota Eryngium maritimum Torilis nadosa
Graminées (Poacées)	Stipa tenassissima Hordeum murinum
Rhamnacées	Zizyphus spina christiwild
Polygonacées	Polygonum aviculare
Malvacées	Malva paviflora
Caryophyllacées	Stellaria media
Papavéracées	Glaucium corniculatum

## II.3.2 – Géomorphologie de la région d'étude :

---

### II.3.2.1 – Relief :

La région de Ain El Hadid est caractérisée par un relief dans l'ensemble peu élevé et assez uniforme, constitué en grande partie par des collines et parfois accidenté. D'autres parties de la Commune sont constituées par des surfaces homogènes à vocation céréalière (Fig 25).



Fig. 25 : Photographie satellitaire des 2 sites d'étude de Ain El Hadid

Photo de google

### II.3.2.2 – Pédologie :

La région de Ain El Hadid est constituée dans la grande partie de croûte calcaire recouverte de cailloux.

## II.3.3 – Climat de la région d'étude :

---

La région de Ain El Hadid est caractérisée par un climat considéré comme semi-aride, froid en hiver avec des chutes de neige et chaud en été. La période sèche débute de la mi-Mars pour s'achever en fin septembre avec quelques journées de sirocco.

### II.3.3.1– Précipitations :

Les précipitations enregistrées entre la période 1992 et 2002, étaient très variables d'une année à l'autre, variant de 543,2 mm à 105 mm. Cette baisse sensible des précipitations (Tableau 9), engendre des déficits importants pour le tapis végétal et surtout pour les cultures vivrières.

Tableau 9a : Précipitations moyennes mensuelles (1992-2002) de la région de Ain El Hadid

Mois	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Précipitations moyennes (mm)	5	16,3	60,4	28,3	5,6	14,8	18	39,4	49,5	8,1	8	29,5

O.N.M (2002)

Tableau 9b :Précipitations moyennes annuelles (1992-2002) de la région de Ain El Hadid

Années	Précipitations moyennes (mm)
1992	307,7
1993	267,1
1994	105
1995	290,3
1996	456,8
1997	543,2
1998	252,8
1999	364
2000	206,6
2001	313,3
2002	271,2
Moyenne	307,1

### II.3.3.2 – Températures :

La région d'étude se caractérise par des températures maximales variant de 30°C à 35°C en Été et du 11°C à 16°C en Hiver.

Le tableau n° 10 représente les températures : minimales, moyennes et maximales de la région d'étude, pour la période du 1992 à 2002.

Les températures minimales sont de l'ordre de (1°C à 3°C) en Hiver et de 13°C à 17°C en Été.

Tableau 10 : Températures mensuelles (°C) de la région de Ain El Hadid (1992-2002)

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T <sub>max</sub>	11,6	13,3	16,4	18,4	24,4	30,4	34,4	34,1	28,2	22,6	15,7	12,5
T <sub>min</sub>	1,0	1,0	3,2	4,6	9,1	13,6	17,0	17,4	13,5	9,5	5,2	2,8
T <sub>moy</sub>	6,3	7,2	9,8	11,5	16,7	22,0	25,7	25,8	20,9	16,1	10,4	7,7

O.N.M (2002)

### II.3.3.3 – Le vent :

Les vents qui dominent dans la région d'étude sont de type Nord-Ouest et Sud-Est. Les vents d'Ouest soufflent en hiver de 5 à 10 jours par mois, tandis que ceux du Nord sont de 6 à 8 jours par mois de l'été. Les vents chauds du Sud (sirocco) touchent la région pendant environ 10 jours durant la période estivale (Juin, Juillet et Août).

## II.3.4 – Synthèse climatique :



### II.3.4.1 – Diagramme Ombrothermique de la région d'étude :

Le diagramme ombro-thermique permet de définir la répartition des saisons humide et sèche au cours de l'année, on appliquant la relation suivante :  $P = 2t$

**P** : pluviométrie

**t** : la température moyenne  $(M+m)/2$

D'après le diagramme Ombrothermique (Fig. 26), le climat de la région d'étude pour l'année 2002 est divisé en 2 périodes bien distinctes, une période sèche qui débute à la fin du mois de Mai jusqu'au le mois d'Octobre, soit environ 4 mois et demi et une période humide qui s'étale du mois d'octobre jusqu'au mois de Mai.

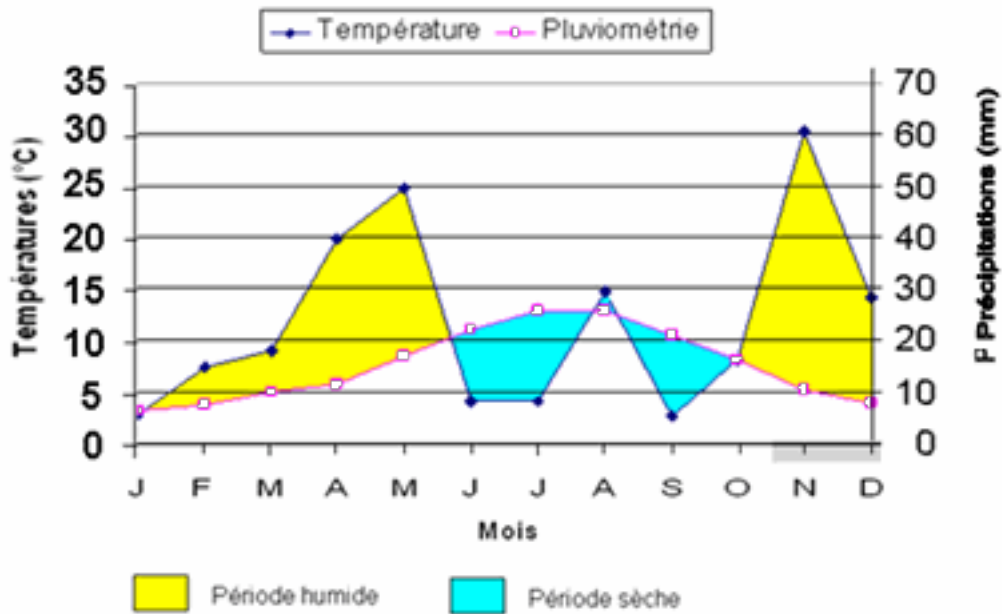


Fig. 26 : Diagramme Ombrothermique en 2002 de la région de Ain El Hadid

### II.3.4.2 – Climagramme d'Emberger de la région d'étude :

Le climagramme d'Emberger permet de caractériser le climat d'une région donnée et de la classer par rapport aux autres régions. Ainsi il nous permet de localiser l'étage bioclimatique de notre région d'étude. Ceci en utilisant les données de SELZER (1946), avec lesquelles on calcule le  $Q_2$  par la formule suivante :

$$Q_2 = 3,43 \times \frac{P}{(M - m)}$$

$Q_2$  : quotient pluviométrique

P : précipitations moyennes annuelles

M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud

m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid

$$Q_2 : 3.43 \times \frac{234,5}{33,4} = 24,08$$

Selon la valeur de  $Q_2$  (**24,06**) sur le climagramme, il en ressort que la station d'étude se localise dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais (Fig.27).

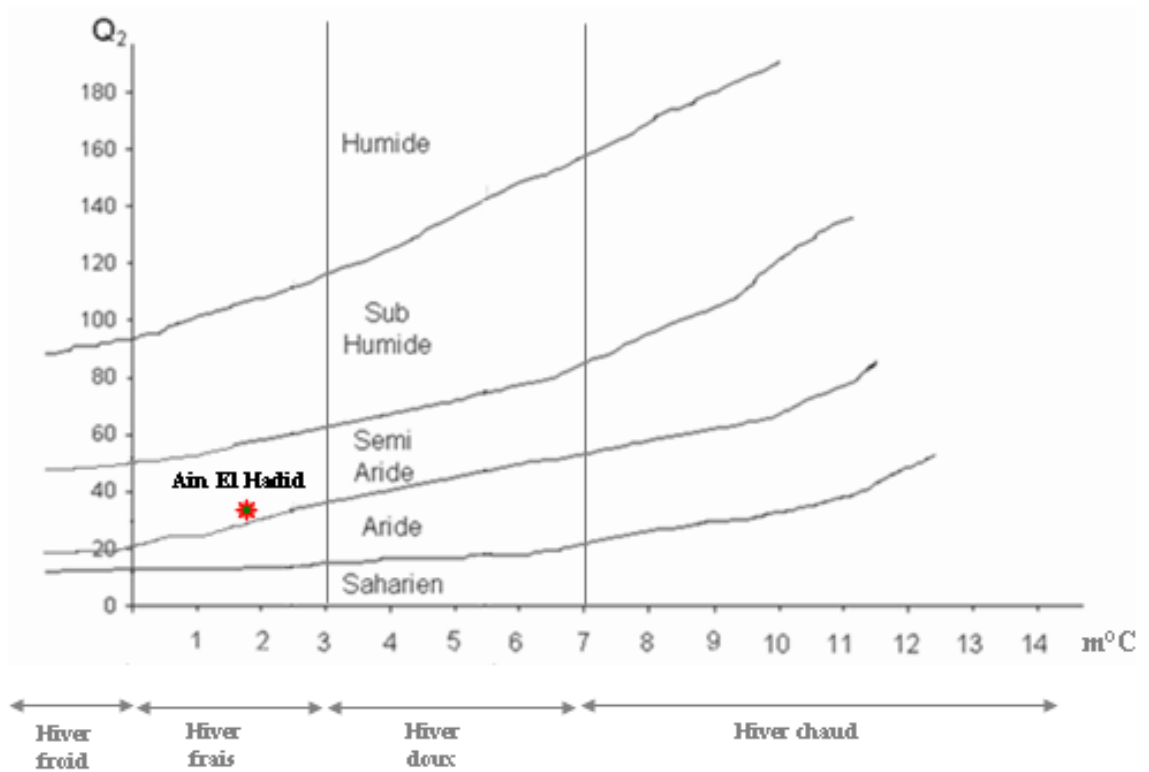


Fig. 27 : Climagramme d'Emberger (1992-2002) de la région de Ain El Hadid

# Chapitre III : Matériels et méthodes

## III.1 – Etude de l'état phasaire de la population du *Dociostraurus maroccanus*

### III.1.1 – Matériel utilisé :

---

Pour étudier l'état phasaire de la population de *Dociostraurus maroccanus* par le calcul des indices morphométrique, il est nécessaire d'avoir un matériel adéquat sur le terrain et au laboratoire.

#### III.1.1.1 – Sur le terrain :

Le prospecteur a besoin pour la capture et la conservation des orthoptères, un certain matériel à la fois simple et disponible composé de :

- Matériel de capture : Pour capturer les criquets nous avons utilisé un filet fauchoir.
- Cages : Les individus ailés et larves, capturés sont mis dans des cages afin des les transporter au laboratoire pour l'étude.
- Matériel pour les prélèvements botaniques : Les plantes récoltées du terrain sont mises dans une presse d'herbier entre des couches de papier journal afin de les conserver pour leurs déterminations par la suite.
- Matériel de notation : Un carnet de prospection pour noter les observations sur le terrain.

#### III.1.1.2 – Au laboratoire :

Le matériel utilisé pour l'étude des indices morphométriques est composé de :

- Pied à coulisse
- Papier millimétré
- Loupe binoculaire

### III.1.2 – Méthodes d'étude :

---

#### III.1.2.1 – Sur le terrain :

##### a) Choix des stations :

Les stations choisies sont situées dans des zones potentielles de reproduction de *D. maroccanus* citées par PASQUIER (1937), DOUMANDJI-MITICHE et al (1992) et répertoriées par l'Institut National de la Protection des Végétaux d'El Harrach.

Ce sont des foyers classiques grégarigènes de *D. maroccanus* ayant enregistré de fortes activités à partir de l'année 1999 après plusieurs années de recrudescence. Cette activité résulte des conditions éco-météorologiques particulièrement favorables.

Nous avons choisi 6 stations d'étude sur lesquelles nous avons fait des captures pour l'étude des indices morphométriques, se présentant comme suit :

- 2 stations dans la région d'Oued Séfioun au niveau de la Wilaya de Sidi Bel Abbes, aux lieux dits : Bouyatass et Dakhla
- 2 stations dans la région de Youb à Saïda, aux lieux dits : Hassi El Abed et Chaabane
- 2 stations au niveau de la région de Ain El Hadid à Tiaret, aux lieux dits : Harire et Ouled Yahia

**b) Méthode d'échantillonnage des acridiens :**

Pour l'étude des indices morphométriques, nous avons choisi la méthode de SHULL (1913) in UVAROV (1977). C'est une méthode simple qui consiste à récolter aléatoirement les individus à l'aide d'un filet fauchoir en vue de leurs mensurations au laboratoire. Les mensurations ont été faites sur un échantillon de 40 ailés mâles et 40 femelles, capturés durant le mois de juin et de juillet 2002.

**III.1.2.2 – Au laboratoire :**

**a) Indices morphométriques :**

Pour étudier l'état phasaire des populations adultes de criquet marocain, nous avons fait trois mesures. Il s'agit des mensurations à l'aide d'un pied à coulisse de la longueur des fémurs postérieurs F, de la longueur des élytres E et des pronotum C. (fig.28)

Ainsi nous avons calculé la moyenne des rapports entre la longueur du fémur postérieur sur la longueur de pronotum ( $F/C$ ), la moyenne des rapports entre la longueur des élytres sur la longueur des fémurs postérieurs ( $E/F$ ) et la moyenne des rapports entre la longueur des élytres sur la longueur du pronotum ( $E/C$ ). Chaque moyenne est accompagnée de l'écart type correspondant.

Cette méthode a été adoptée par plusieurs chercheurs notamment : ALBRECHT (1967) ; SKAF (1972) ; DURANTON et al (1982b) ; LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1997), pour mesurer le degré de différenciation phasaire atteint par telle ou telle population acridienne.

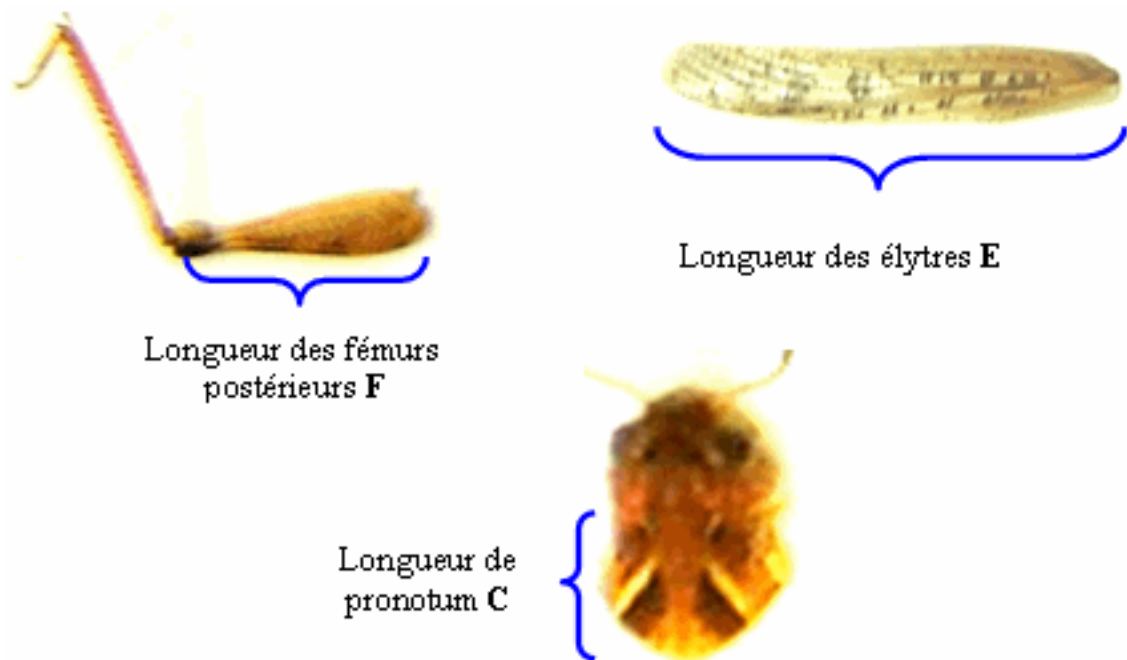


Fig. 28 :Les trois parties de l'insecte mesurées (F, E et C)

Original

**Méthode d'exploitation des résultats :**

Pour savoir l'état phasaire de la population du *D. maroccanus*, nous avons comparé nos résultats avec ceux obtenus par PASQUIER (1934) et ceux de LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992). Tableau 11 et 12.

Tableau 11 :Données morphométriques des populations de *Dociostaurus maroccanus* (PASQUIER, 1934)

Les phases	Phase solitaire		Phase grégaire	
	mâles	femelles	mâles	femelles
Les rapports morphométriques				
E/F	1,48	1,55	1,76	1,81
F/C	3,03	/	2,69	/
E/C	4,47	/	4,78	/

Principales étapes d'un cycle d'invasion	Les rapports morphométriques		Longueur de l'élytre (E) mâles (en mm)
	Indice E/F		
	mâles	femelles	
Rémission (Solitaires)	de 1,40 à 1,50	de 1,40 à 1,55	< 22,0
Essor (transiens congregans)	< 1,60	< 1,62	de 22,0 à 24,0
Invasion généralisée (grégaire)	de 1,65 à 1,75	de 1,66 à 1,72	> 24,0
Déclin (Transiens dissocians)	< 1,60	< 1,62	de 22,0 à 24,0

Tableau 12 :Rapports morphométriques chez *Dociostaurus maroccanus* (LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG , 1992)

## III.2 – Etude de l'effet de deux champignons entomopathogènes, *Beauveria bassiana* (Balsamo) et *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* sur quelques paramètres biophysiques du criquet marocain *Dociostaurus maroccanus* (Thunb, 1815)

### III.2.1 – Matériel utilisé :

---

#### III.2.1.1 – Matériels biologiques

##### a) *Dociostaurus maroccanus* Thunb. 1815

Nos expériences ont été réalisées sur une population de criquet marocain *Dociostaurus maroccanus* en phase grégaire, au laboratoire d'acridologie de l'Institut National de la Protection des Végétaux d'El Harrach. Les ailés et les larves des stades L2, L3 ont été capturés à l'Ouest du pays (Wilaya de Saïda). Par la suite les larves ont été élevées dans des cages jusqu'au stade L4 (Fig.29). L'élevage a été soumis à une température de 30 à 32°C, avec une photopériode de 12 heures de lumière par jour et une humidité relative de 80%. L'alimentation était à base de graminées, chou, laitue et un complément de son de blé.



Fig. 29 : Cages d'élevage de criquet marocain

Original

##### b) *Beauveria bassiana* (Balsamo)

Ce champignon a été isolé à partir d'un criquet pèlerin capturé au niveau des périmètres de mise en valeur de Zaouiet Kounta dans la région d'Adrar. L'isolement a été réalisé au niveau du département de Botanique de l'Institut National Agronomique d'Alger (DOUMANDJI – MITICHE et al., 1997a), (Fig.30).



Fig. 30 : Souche de *Beauveria bassiana* Bals.

Original

### c) *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* (GREEN MUSCLE®)

L'entomopathogène *Metarhizium anisopliae* var. *acidum*, industriel, dont le nom commercial est GREEN MUSCLE<sup>®</sup>, est un mycopesticide, avec lequel nous avons réalisé notre expérimentation au laboratoire. Il est fabriqué par LUBILOSA (Lutte biologique contre les Locustes et les Sauteriaux), qui a été mis au point courant des années 90. 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. 31). C'est la formulation que nous avons utilisé pour notre essai. Les spores de *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* peuvent être facilement produites en masse.



Fig. 31 : Souche de *Metarhizium anisopliae* var *acridum* (GREEN MUSCLE®) conservé en sachet avec la fiche technique

Original

### III.2.1.2 – Matériel et produits utilisés au laboratoire :

- a) Matériel utilisés :

Au cours de cette expérimentation, nous avons utilisé le matériel suivant :

- Une hotte
- Une étuve
- Une loupe binoculaire
- Une balance électrique
- Un microscope optique
- Un réfrigérateur
- Un bec bunsen
- Une cellule de malassez (comptage des spores)
- Un autoclave
- Un emporte-pièce (prélèvement des explants)
- Erlen Meyer de 1000 ml et de 500 ml
- Des tubes à essai
- Des boîtes de Pétri
- Une casserole
- Des béchers
- Des pipettes Pasteur
- Des flacons
- Un scalpel
- Un compteur manuel
- Une sonde
- Du film plastique ou du cellophane
- Du papier millimétré
- Une gaze
- **b) Produits utilisés :**
  - Alcool ou eau de javel pour le nettoyage de la hotte
  - Eau distillée
  - Glucose
  - Gelose agar agar
  - Pomme de terre
  - Liquide de Faure
  - $\text{Na}_2\text{CO}_3$
  - NaOH
  - NaK
  - $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

### III.2.2 – Méthodes d'étude

---



### III.2.2.1 – Multiplication de champignon et préparation des doses :

#### a) Préparation du milieu de culture (PDA)

Le milieu de culture spécifique pour *Beauveria bassiana*, est le PDA (Potatos Dextros Agar). Ce type de milieu présente une particularité qui est la présence de l'amidon dans laquelle cette espèce se développe bien. 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.

Une fois le milieu prêt, il est mis dans un autoclave pendant une durée de 20 à 30 minutes à 120°C pour stériliser son contenu.

#### b) Multiplication de *Beauveria bassiana*

La souche de champignon *Beauveria bassiana* a été multipliée dans des boîtes de Pétri à moitié remplies du milieu PDA.

Sous la hotte, on prélève à l'aide d'une pipette Pasteur des fragments du milieu contenant le champignon et cela à partir d'une ancienne souche de *Beauveria* qu'on ensemence dans le milieu de culture. L'ensemencement se fait de manière à ce que le développement du champignon occupe toute la surface de la boîte. Les boîtes sont fermées avec du Parafilm pour éviter les contaminations, puis placées à l'étuve à 25 ± 2°C, (Fig. 32, 33 et 34).



Fig. 32 :Matériel et produits utilisés lors des manipulations

Original



Fig. 33 : Incubation du champignon ensemençé

Original

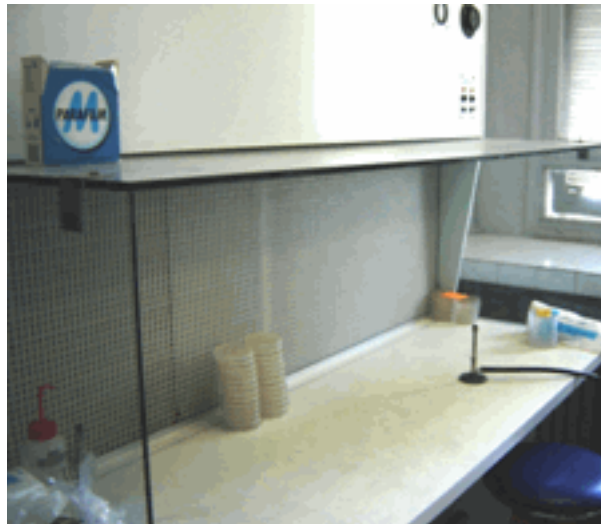


Fig. 34 : La hotte

Original

### c) Préparation des doses (D1 et D2) à base de spores de *Beauveria bassiana*

A l'aide d'une "cellule de Malassez" et sous un microscope optique, nous avons préparé deux doses (D1 et D2) à base de spores de *Beauveria bassiana* dans l'eau distillée à des concentrations respectives de  $47 \times 10^3$  et  $47 \times 10^4$  spores/ml (Fig. 35).

Pour calculer la concentration voulue nous avons appliqué la relation suivante :

$$\begin{array}{ccc} 100 \text{ spores} & \longrightarrow & 10^6 \text{ spores/ml} \\ \text{Nombre de spores comptées} & \longrightarrow & X \end{array}$$

X = concentration de la solution mère.

Une fois, la concentration de la solution mère calculée, on déduit les autres concentrations que l'on veut obtenir à l'aide de la loi d'équilibre :

$$C1 \times V1 = C2 \times V2$$

C1 = Concentration de la solution mère

V1 = Volume de la solution mère

C2 = Concentration choisie

V2 = Volume d'eau distillée pour obtenir C2

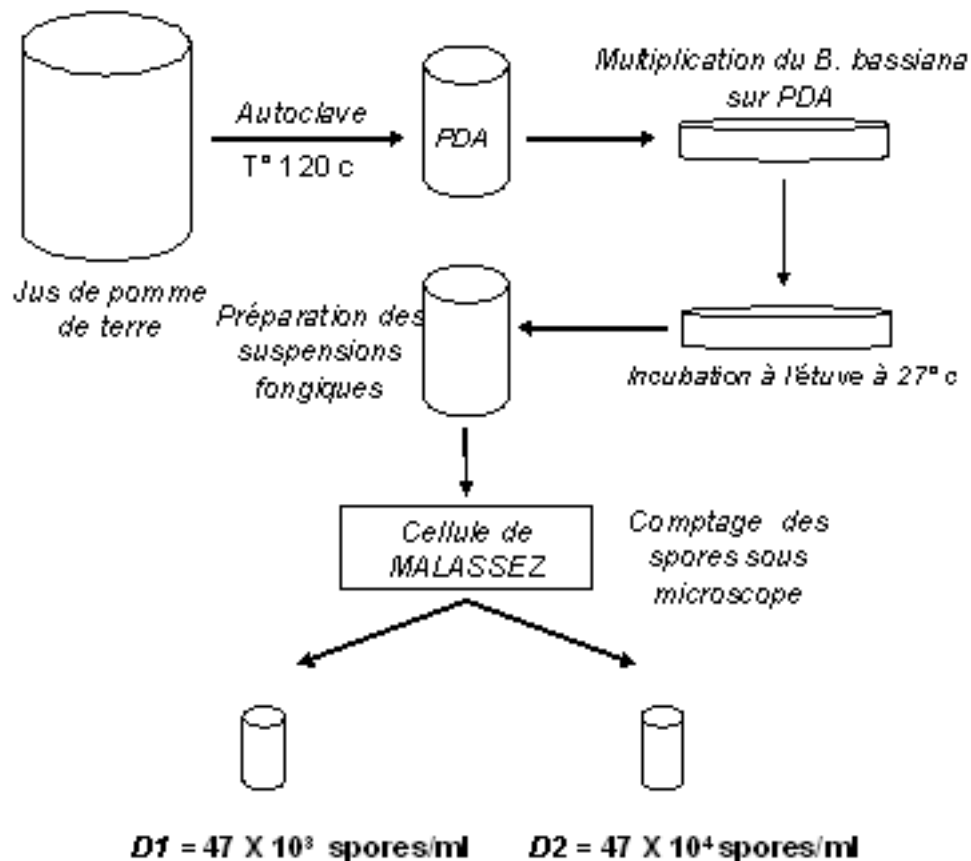
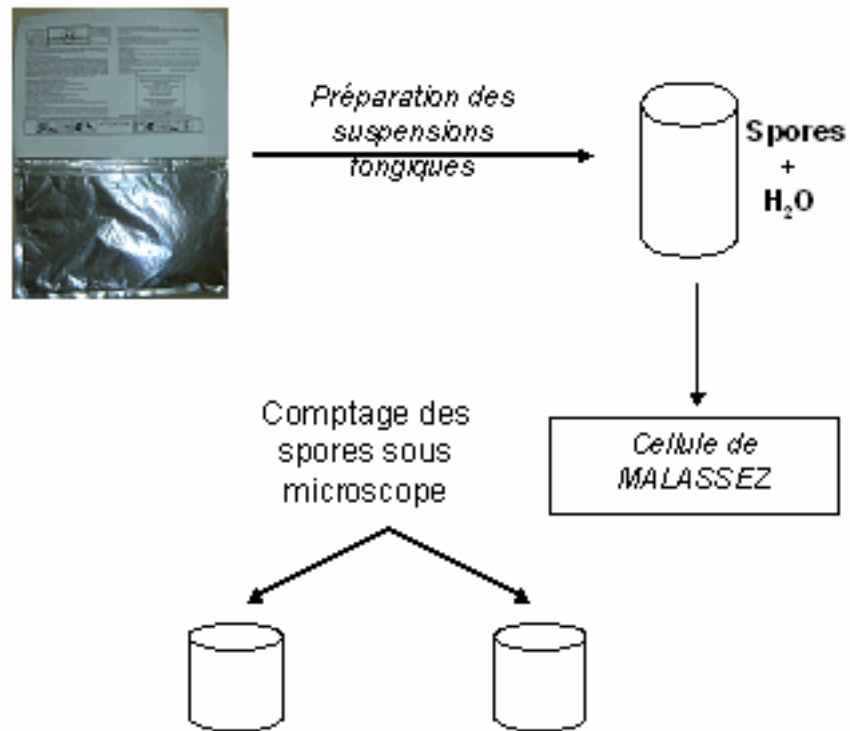


Fig. 35 : Culture de *B. bassiana* et préparation des doses D1 et D2 à base de spores

#### d) Préparation des doses (D1 et D2) à base de spores de *Metarhizium anisopliae* var. *acidum*

A base de spores de *Metarhizium anisopliae*, qui étaient prêtes à emploi, et à l'aide d'une "cellule de Malassez" et sous un microscope optique, nous avons préparé deux doses (D1 et D2) dans l'eau distillée avec la même concentration que celle de *Beauveria bassiana* ( $47 \times 10^3$  et  $47 \times 10^4$  spores/ml), (fig. 36).

Le calcul de la concentration a été fait de la même manière que pour *Beauveria bassiana*.



$$D1 = 47 \times 10^3 \text{ spores/ml} \quad D2 = 47 \times 10^4 \text{ spores/ml}$$

Fig. 36 : Préparation des doses D1 et D2 à base de spores de *M. anisopliae*

Original

### III.2.2.2 – Etude de l'effet de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* sur la mortalité du *Dociostaurus maroccanus*

Pour étudier l'effet de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* sur la mortalité du *D. maroccanus*, nous avons réalisé des traitements par contact avec deux doses D1 ( $47 \times 10^3$  spores/ml) et D2 ( $47 \times 10^4$  spores/ml) contre six lots d'individus de criquet marocain pour chaque champignon : deux lots témoins (L4 + adultes), deux lots traités par dose 1 (L4 + adultes) et deux lots traités par la dose 2 (L4 + adultes), chaque lot est composé de 10 individus.

On dénombre les individus morts toutes les 24 heures, pour les L4 et les adultes témoins et traités par D1 et D2 avec les deux champignons *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* et on calcule le pourcentage de mortalité.

#### a) Calcul du pourcentage de mortalité journalière.

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

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

**b) Correction de la mortalité**

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

$$M_c = \frac{M_2 - M_1}{100 - M_1} \times 100$$

**M<sub>c</sub>** : Le pourcentage de mortalité corrigée

**M<sub>1</sub>** : Le pourcentage de mortalité chez les témoins

**M<sub>2</sub>** : Le pourcentage de mortalité chez les individus traités

**c) Calcul de la TL<sub>50</sub>**

Pour calculer la TL<sub>50</sub>, il faut d'abord transformer le pourcentage des mortalités corrigés en probits et des temps en logarithme décimal du temps et on obtient une équation de type :

$$Y = ax + b$$

Soit : Y : probits de mortalité corrigée

x : logarithme décimal du temps

a : pente de la droite qui se calcule par la formule suivante :

$$a = \frac{\sum (x - x') (y - y')}{\sum (x - x')^2}$$

$$b = y' - ax'$$

A partir de ces équations on calcule la TL<sub>50</sub> en remplaçant y par le probit de 5.

**III.2.2.3 – Effet du *Beauveria bassiana* sur la croissance des L4 de *Dociostaurus maroccanus***

Des traitements ont été réalisés par contact contre deux lots de larves L4 de *Dociostaurus maroccanus* : 1<sup>er</sup> lot traité par la dose D1, 2<sup>ème</sup> lot traité par la dose D2 avec un 3<sup>ème</sup> lot témoin non traité (Fig.38), (chaque lot est constitué par 10 individus).

Les larves traitées et les témoins, ont été pesés toutes les 24 heures à partir du premier jour de traitement jusqu'à la mortalité totale des larves.

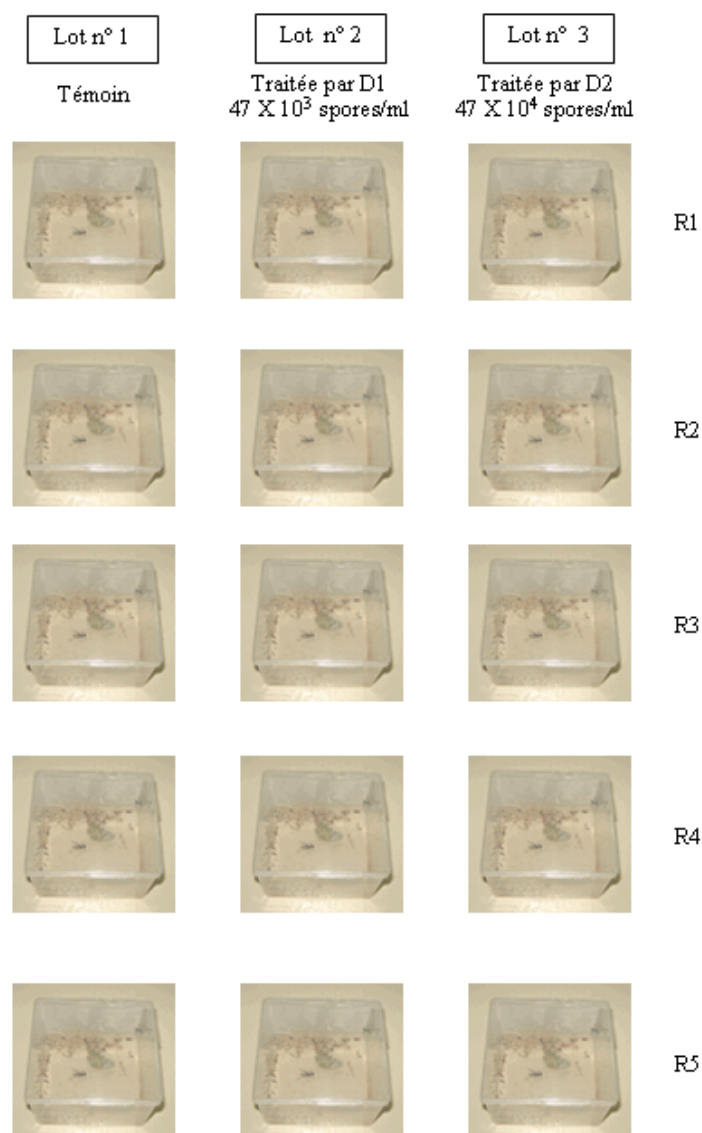


Fig. 38 : Protocole expérimental utilisé dans l'étude de l'effet du *B. bassiana* sur la croissance des L4 de *D. maroccanus*

#### III.2.2.4 – Etude de l'effet de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* sur le développement ovarien des femelles de *Dociostaurus maroccanus*

Pour étudier l'effet de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* sur le développement ovarien, nous avons diminué la dose de traitement pour les deux champignons à 100 spores/ml pour augmenter le temps d'action.

Deux lots de femelles matures de *Dociostaurus maroccanus* ont été traités par contact après 5 jours de la mue imaginale, le premier lot de 20 femelles traité par *Beauveria bassiana* et le deuxième lot constitué de 20 femelles a été traité par *Metarhizium anisopliae*, plus un lot constitué 20 femelles témoins.

Après 10 jours de traitement, on a disséqué les femelles traitées et les femelles témoins.

Pour examiner les ovaires on a procédé en trois étapes :

- On ouvre dorsalement, à l'aide d'une paire de ciseaux fins l'abdomen et le thorax du criquet, on écarte à l'aide de pinces fines les parois de l'abdomen et du thorax de sorte à faire apparaître les ovaires qui se trouvent sur la partie dorsale du tube digestif.
- On coupe les oviductes latéraux au niveau de leur base et on sépare les ovaires à l'aide des pinces en tirant sur les oviductes latéraux.

Une fois séparés, les ovaires sont placés dans une boîte de Pétri contenant de la paraffine ou de la cire de bougie fondue qui sont recouvertes d'un plastique noir.

Les ovaires sont alors fixés et recouverts d'un liquide physiologique, puis dépouillés de leurs trachées et trachéoles. L'examen se fait sous loupe binoculaire, (fig.37).

Pour chaque individu disséqué nous avons noté :

- le nombre d'ovarioles par ovaire ;
- le nombre d'ovocytes par ovariole ;
- le nombre de traces de pontes et de corps de régressions par ponte ;
- le nombre de pontes.

Pour calculer le pourcentage de corps de régression nous avons utilisé la formule suivante :

$$\% C_{\text{r}} = \frac{\text{Nombre } C_{\text{r}}}{\text{Nombre total d'ovarioles observés}} \times 100$$

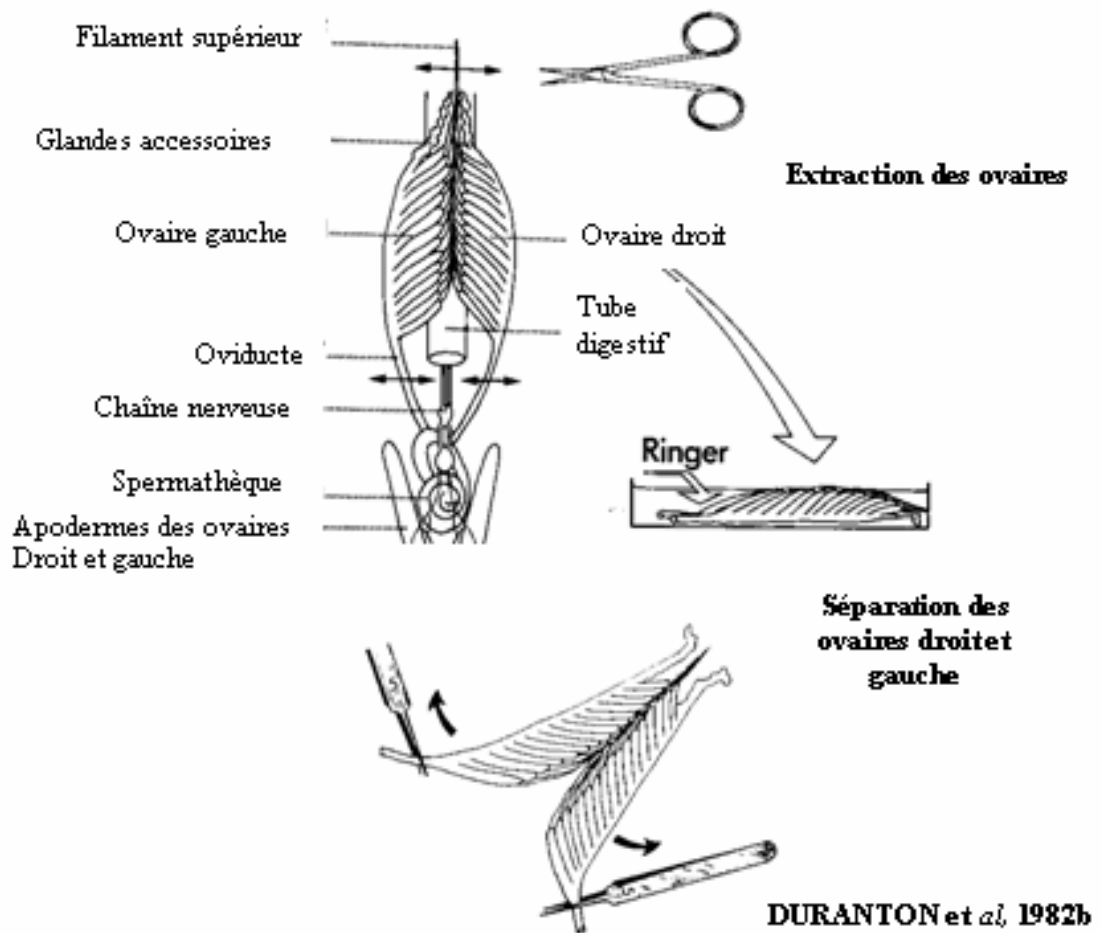


Fig. 37 : Dissection des femelles du *D. maroccanus* pour étudier l'effet du *B. bassiana* sur le développement ovarien

DURANTON et al, 1982b

### III.2.2.5 – Etude de l'effet du *Beauveria bassiana* sur les protéines de l'hémolymphe des larves L4 et des ailés de *Dociostaurus maroccanus*

Pour étudier l'effet de cet entomopathogène sur les protéines hémolymphe de *Dociostaurus maroccanus*, nous avons utilisé la méthode de LOWRY, (1951) in BOUHACEIN, (1999) et COULIBALY, (2002).

Des traitements ont été réalisés par contact avec deux doses D1 ( $47 \times 10^3$  spores/ml) et D2 ( $47 \times 10^4$  spores/ml) contre six lots d'individus du criquet marocain : deux lots témoins (L4 + adultes), deux lots traités par dose 1 (L4 + adultes) et deux lots traités par dose 2 (L4 + adultes), chaque lot est composé de 10 individus.

#### a) Réalisation de la courbe de référence (BSA)

La détermination de la concentration des protéines de l'hémolymphe des échantillons prélevés, a été faite à l'aide d'une courbe de référence réalisée à partir des différentes concentrations de protéine standard BSA (Albumine de sérum de bœuf). A l'aide de cette courbe, nous avons pu calculer en fonction du temps l'évolution des différentes



concentrations de protéines hémolympatiques en  $\mu\text{g/ml}$  prélevées après les 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> jours de traitement pour les six lots.

**b) Concentration de l'hémolymphe en protéines chez les larves L4 et les ailés de *Dociostaurus maroccanus*.**

Pour étudier l'effet de cet entomopathogène sur les protéines hémolympatiques de *Dociostaurus maroccanus*, nous avons préparé les solutions suivantes A, B, C, D (tableau 13). La solution protéique est composée de 0,5 ml d'eau distillée plus 10  $\mu\text{l}$  d'hémolymphe prélevée à l'aide d'une micro-pipette Eppendorf après piqûre de l'insecte par une épingle entomologique (Fig. 39).

**Tableau 13 : Les solutions à préparer pour le dosage quantitatif des protéines hémolympatiques**

Solutions	Produits
A	2 g de $\text{Na}_2\text{CO}_3$ + 4 g NaOH + 1 litre d'eau distillée
B	0,5 NaK + 100 ml d'eau distillée
C	5 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + 100 ml d'eau distillée
D	100 ml de A + 1 ml de B + 1 ml de C

La solution à analyser est composée de 0,5 ml de la solution hémolympatique en ajoutant 5ml de la solution D, et on laisse le mélange au repos pendant 15 mn. Par la suite on ajoute à la solution à analyser 0,5 ml de réactif de Folin et laisser au repos pendant 30 à 60 minutes.

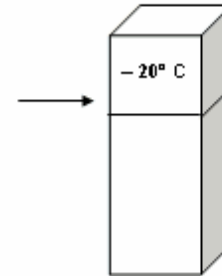
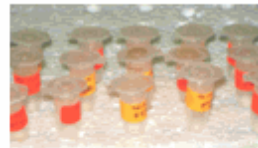
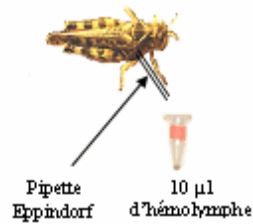
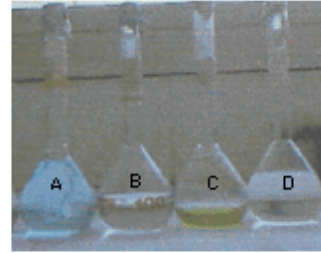
**Les solutions à préparer pour le dosage quantitatif des protéines :**

Solution A : 1 litre H<sub>2</sub>O + 2 g de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + 4 g NaOH

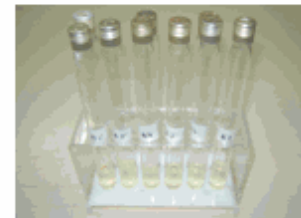
Solution B : 100 ml H<sub>2</sub>O + 0,5 NaK

Solution C : 100 ml H<sub>2</sub>O + 5 g CuSO<sub>4</sub> · 5 H<sub>2</sub>O

Solution D : 100 ml de A + 100 ml de B + 100 ml de C



⇒ 0,5 ml de H<sub>2</sub>O + S.P + 5 ml de D  
(10 mn repos)  
+ 0,5 ml réactif de Folin



**Courbe de référence (BSA)**

0.01 BSA + 1 ml H<sub>2</sub>O = BSA 1

0.5 BSA 1 + 0.5 ml H<sub>2</sub>O = BSA 2

0.5 BSA 2 + 0.5 ml H<sub>2</sub>O = BSA 3

0.5 BSA 3 + 0.5 ml H<sub>2</sub>O = BSA 4

0.5 BSA 4 + 0.5 ml H<sub>2</sub>O = BSA 5



*Fig. 39 : Protocole expérimental utilisé dans l'étude de l'effet du B. bassiana pour le dosage quantitatif des protéines de l'hémolymphe de D. maroccanus*

Original

La lecture est faite au spectrophotomètre à la longueur d'onde  $\lambda = 660 \text{ nm}$ . Pour déterminer la concentration des protéines de l'hémolymphe des échantillons prélevés, on a établi une courbe de référence réalisée à partir des différentes concentrations protéiques de l'albumine de sérum de boeuf.

# Chapitre IV : Résultats et discussions

## IV.1 – Etat phasaire des populations de *Dociostaurus maroccanus*

### IV.1.1 – Résultats

Pour la détermination de l'état phasaire de la population de *D. maroccanus*, nous avons comparé nos résultats avec ceux obtenus par PASQUIER (1934) et ceux de LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992) (tableau 14 et 15) qui englobe les rapports entre la longueur des élytres sur la longueur des fémurs postérieurs (E/F), la longueur du fémur postérieur sur la longueur de pronotum (F/C) et la longueur des élytres sur la longueur du pronotum (E/C).

Tableau 14 :Indices morphométriques chez *Dociostaurus maroccanus*(PASQUIER, 1934)

Les phases	Phase solitaire		Phase grégaire	
	Mâles	Femelles	Mâles	femelles
Les rapports morphométriques				
E/F	1,48	1,55	1,76	1,81
F/C	3,03	/	2,69	/
E/C	4,47	/	4,78	/

Principales étapes d'un cycle d'invasion	Les rapports morphométriques		Longueur de l'élytre (E) mâles (en mm)
	Indice E/F		
	mâles	femelle	
Rémission (Solitaires)	de 1,40 à 1,50	de 1,40 à 1,55	< 22,0
Essor (transiens congregans)	< 1,60	< 1,62	de 22,0 à 24,0
Invasion généralisée (grégaire)	de 1,65 à 1,75	de 1,66 à 1,72	> 24,0
Déclin (Transiens dissocians)	< 1,60	< 1,62	de 22,0 à 24,0

Tableau 15 :Indices morphométriques chez *Dociostaurus maroccanus* (LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG, 1992)

Après avoir calculé les moyennes des rapports entre la longueur du fémur postérieur sur la longueur de pronotum (F/C), la longueur des élytres sur la longueur des fémurs postérieurs (E/F) et la longueur des élytres sur la longueur du pronotum (E/C) pour chaque station d'étude, sur un échantillon de 40 ailés mâles et 40 femelles, capturés durant le mois de juin et de juillet 2002. Les résultats sont consignés dans les tableaux ci-après.

#### a) Etat phasaire de *D. maroccanus* des 2 stations d'Oued Séfioun

Le résultat des rapports morphométriques moyens obtenus des deux stations d'étude d'Oued Séfioun (tableau 16), correspond à ceux des populations grégaires, comparativement aux données de PASQUIER (1934) et de LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992) notamment le rapport E/F. Notons que le rapport E/F doit être supérieur à 1,65. C'est ce que nous avons constaté et confirmé pour notre population, car pour les

deux périodes (juin et juillet), les valeurs de E/F étaient entre  $1,74 \pm 0,77$  et  $1,79 \pm 0,43$  chez les mâles et entre  $1,79 \pm 0,12$  et  $1,83 \pm 0,11$  chez les femelles. Alors que les rapports morphométriques F/C des deux stations varient entre  $2,69 \pm 0,1$  et  $2,72 \pm 0,27$  pour les mâles et entre  $2,80 \pm 0,1$  et  $2,82 \pm 0,21$  pour les femelles, se rapprochant ainsi des données obtenues par PASQUIER (1934) pour les mâles grégaires.

Périodes	Rapports morphométriques					
	Mâles			Femelles		
	F/C	E/F	E/C	F/C	E/F	E/C
juin 2002	$2,69 \pm 0,1$	$1,74 \pm 0,77$	$4,68 \pm 1$	$2,80 \pm 0,1$	$1,79 \pm 0,12$	$5,01 \pm 0,1$
juillet 2002	$2,72 \pm 0,27$	$1,79 \pm 0,43$	$4,86 \pm 0,77$	$2,82 \pm 0,21$	$1,83 \pm 0,11$	$5,16 \pm 0,11$

Tableau 16 : Indices morphométriques de *D. maroccanus* des deux stations d'Oued Séfioun (Wilaya de Sidi Bel Abbès)

**b) Etat phasaire de *D. maroccanus* des 2 stations de Youb**

En comparant les rapports morphométriques moyens (F/C), (E/F) et (E/C) des populations de criquet marocain capturées des deux stations de Youb (Wilaya de Saïda) reportés le tableau 17, avec ceux obtenus par PASQUIER (1934) et de LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992), (tableau 14 et 15), nous constatons que nos résultats correspondent à ceux de la phase grégaire. En effet, les valeurs moyennes des rapports morphométriques F/C des deux stations varient entre  $2,71 \pm 0,21$  et  $2,68 \pm 0,27$  pour les mâles et entre  $2,83 \pm 0,12$  et  $2,8 \pm 0,1$  pour les femelles, se rapprochant ainsi des rapports moyens des mâles grégaires obtenus par PASQUIER. Tandis que le rapport moyen E/F pour les deux stations varie entre  $1,77 \pm 0,9$  et  $1,78 \pm 0,7$  pour les mâles et entre  $1,82 \pm 0,66$  et  $1,84 \pm 0,43$  pour les femelles. Ces rapports correspondent également à ceux des phases grégaires obtenus par les auteurs précédemment cités.

Périodes	Rapports morphométriques					
	Mâles			Femelles		
	F/C	E/F	E/C	F/C	E/F	E/C
juin 2002	$2,71 \pm 0,21$	$1,77 \pm 0,9$	$4,79 \pm 1$	$2,83 \pm 0,12$	$1,82 \pm 0,66$	$5,15 \pm 0,1$
juillet 2002	$2,68 \pm 0,27$	$1,78 \pm 0,7$	$4,77 \pm 0,77$	$2,8 \pm 0,1$	$1,84 \pm 0,43$	$5,15 \pm 0,11$

Tableau 17 : Indices morphométriques de *D. maroccanus* des deux stations de Youb (Wilaya de Saïda)

**c) Etat phasaire de *D. maroccanus* des 2 stations de Ain El Hadid**

La comparaison des résultats des mensurations morphométriques de population du criquet marocain des deux stations de Ain El Hadid (tableau 18), avec ceux de LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992), a révélé que cette population est à l'état transiens degregans, ceci d'après les valeurs des rapports E/F des mâles qui varient de  $1,60 \pm 0,12$  à  $1,64 \pm 0,55$ . Tandis que les femelles sont à l'état grégaire et évoluent vers

l'état transiens degregans. Le rapport moyen de E/F des femelles varie entre  $1,63 \pm 0,1$  en juin à  $1,68 \pm 0,1$  en juillet.

Périodes	Rapports morphométriques					
	Mâles			Femelles		
	F/C	E/F	E/C	F/C	E/F	E/C
juin 2002	$2,92 \pm 0,1$	$1,60 \pm 0,12$	$4,67 \pm 0,2$	$2,98 \pm 0,9$	$1,63 \pm 0,1$	$4,85 \pm 0,74$
juillet 2002	$2,90 \pm 0,22$	$1,64 \pm 0,55$	$4,75 \pm 0,6$	$2,96 \pm 0,77$	$1,68 \pm 0,1$	$4,97 \pm 0,1$

Tableau 18 : Indices morphométriques de *D. maroccanus* des deux stations de Ain El Hadid (Wilaya de Tiaret)

### IV.1.2 – Discussions

La connaissance de l'état phasaire des populations acridiennes par des indices morphométriques suite aux calculs des rapports moyens E/F et F/C, a été décrite par plusieurs auteurs notamment PASQUIER (1934), (1937), SKAF (1972), BEN HALIMA (1983) et LATCHININSKY et LAUNOIS-LUONG (1992).

BENHALIMA (1983), a utilisé le rapport morphométrique E/F afin de caractériser la population de *Dociostaurus maroccanus* de Gada Debdou au Maroc, montrant que la population étudiée possède les caractères des solitaires. BENFEKIH (1993), a montré d'après les indices morphométriques, que la population du criquet marocain de Ain Boucif (Wilaya de Médéa) se trouve à l'état solitaire.

D'après les données de PASQUIER (1937) et de ZOLOTAREVSKY (1946), les processus essentiels de la grégarisation sont de nature physiologique et éthologique.

Les valeurs morphométriques des rapports moyens des populations du *Dociostaurus maroccanus* de la région de Youb et d'Oued Séfioun, montrent que ces populations sont à l'état grégaire par contre celle de la région de Ain El Hadid est à l'état transiens degregans.

Ces résultats peuvent être interprétés par les fortes activités de criquet marocain enregistrées à partir de l'année 1999 jusqu'à l'année 2002 qui s'est traduite par les traitements des superficies importantes au niveaux des 3 Wilayate : Sidi Bel Abbès, Saïda et Tiaret (tableau 1).

L'hiver des années 1998-2002 a été particulièrement favorable au développement du criquet marocain en permettant une bonne conservation des œufs et en limitant le taux de prédation et de parasitisme. Les températures relativement basses, ainsi que la pluviométrie et les chutes de neige, ont contribué à la réussite du cycle de développement de criquet marocain et à une multiplication des niveaux de populations de l'insecte.

### IV.1.3 – Conclusion

Les valeurs morphométriques des rapports moyens E/F et F/C, des populations du *Dociostaurus maroccanus* de la région de Youb (Saïda) et d'Oued Séfioun (Sidi Bel Abbès), capturés durant les deux périodes de juin et juillet, ont montré et confirmé que ces

populations sont à l'état grégaire, tandis que la population de la région de Ain El Hadid (Tiaret) est à l'état transiens degregans.

Si l'aspect morphométrique est pris en considération sur plusieurs années, il peut donner des indications sur la tendance générale de la population évoluant soit vers l'état transiens congregans ou vers l'état transiens degregans.

## IV.2 – Etude de l'effet de deux champignons entomopathogènes, *Beauveria bassiana* (Balsamo) et *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* sur quelques paramètres biophysiologicals du criquet marocain *Dociostaurus maroccanus* (Thunb, 1815)

### IV.2.1 – Etude de l'effet de *Beauveria basiana* et *Metarhizium anisopliae* sur la mortalité du *Dociostaurus maroccanus*

#### IV.2.1.1 – Résultats

##### A – Mortalité des larves (L4)

Le tableau 19 et les figures 40 et 41, montrent que la mortalité chez les larves L4, a commencé après le 4<sup>ème</sup> jour de traitement par les deux doses D1 et D2 du *Beauveria bassiana*, respectivement de 37,5% et 62,5%, pour atteindre les 100% au 5<sup>ème</sup> jour pour la D2 et au 6<sup>ème</sup> jour pour la D1. Par contre, pour les larves traitées par *Metarhizium anisopliae*, leur mortalité était très rapide et intense. En effet, nous avons commencé à enregistrer les premiers individus morts à partir du 3<sup>ème</sup> jour après traitements par les deux doses D1 (20% de mortalité) et D2 (25% de mortalité). 100% de mortalité sont observés au 7<sup>ème</sup> jour pour la D2.

Tableau 19 : Pourcentage de mortalité chez les larves L4

Temps	<i>Beauveria bassiana</i>			<i>Metarhizium anisopliae</i>	
	Témoins (%)	D1 (%)	D2 (%)	D1 (%)	D2 (%)
J + 2	0	0	0	0	0
J + 3	0	0	0	20	25
J + 4	0	37,5	62,5	45	70
J + 5	0	87,5	100	70	73,33
J + 6	0	100	100	90	95
J + 7	0	100	100	95	100
J + 8	0	100	100	100	100

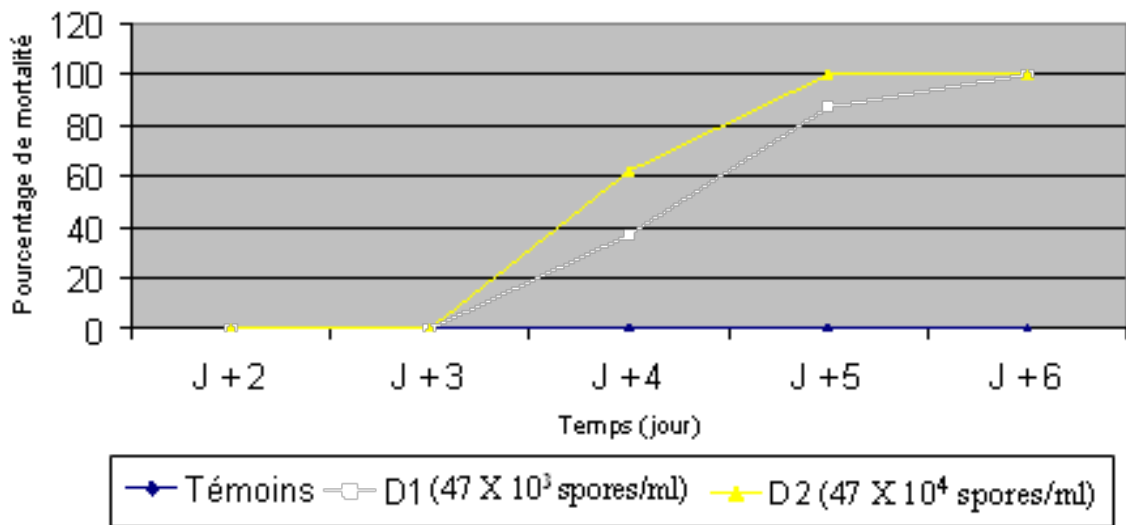


Fig. 40 :Pourcentage de mortalité des L4 de *D. maroccanus* traitées par *B. bassiana*

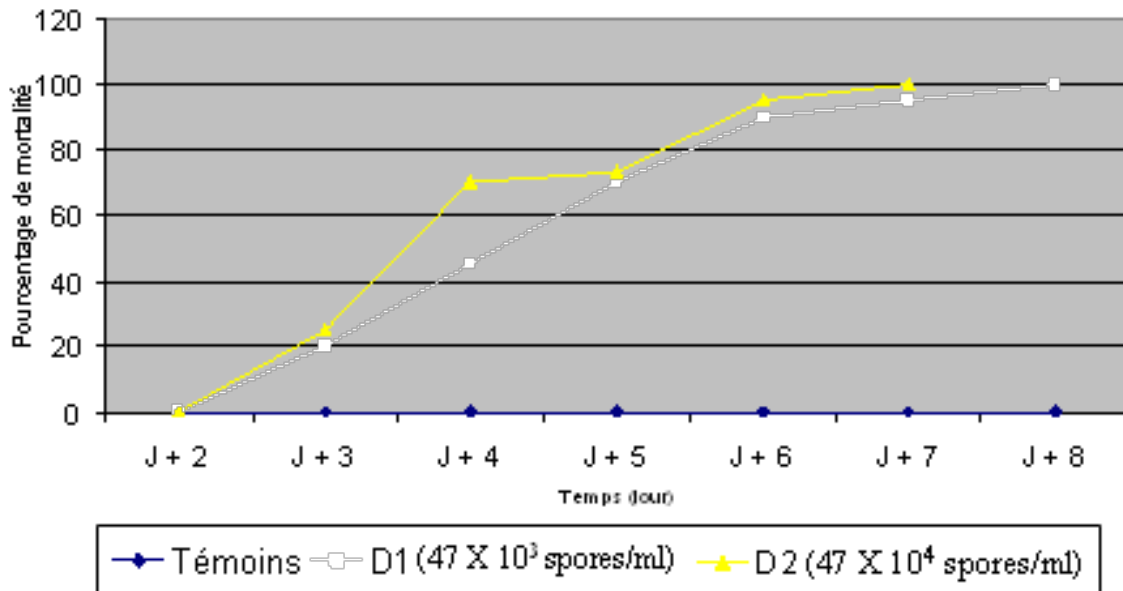


Fig. 41 :Pourcentage de mortalité des L4 de *D. maroccanus* traitées par *M. anisopliae*

D'après les analyses statistiques (tableau 20 et 21), nous avons remarqué que les deux champignons ont un effet significatif contre les larves du criquet marocain en comparaison avec les témoins. Par contre il n'y a pas de différence significative entre les deux doses, ainsi que les deux champignons.

Tableau 20 :Analyse statistique

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	2	11651,927	5825,964	4,223	0,028
Résidus	22	30351,360	1379,607		
Total	24	42003,287			

Tableau 21 :Test de Fisher (LSD) : Test de comparaison multiple avec un intervalle de confiance à 95 %

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
T ~ b2	-58,583	-2,880	2,074	0,009	Oui
T ~ b1	-45,000	-2,212	2,074	0,038	Oui
b1 ~ b2	-13,583	-0,818	2,074	0,422	Non

A travers le tableau 22 des classements et regroupements des groupes non significativement différents, il y a deux groupes homogènes pour le facteur dose, le premier groupe comporte les témoins et le deuxième est la dose D1 et D2.

Modalités	Moyenne	Regroupements	
Témoins	0,000	A	
<i>B. bassiana</i>	45,000	B	
<i>M. anisopliae</i>	58,583	B	

Tableau 22 : Classement et regroupements des groupes non significativement différents

## B – Mortalité des ailés

L'analyse du tableau 23 et les figures 42 et 43, ont montré que les taux de mortalité chez les ailés traités augmente en fonction du temps et de la dose utilisée. Car chez les ailés traités par D1 de *Beauveria bassiana*, nous avons enregistré 10% de mortalité après J+6 et pour les ailés traitées par D1 de *Metarhizium anisopliae* la mortalité est de 12,5% après J+5. En augmentant la dose (D2), la mortalité devient plus rapide, elle atteint 20% au 3<sup>ème</sup> jour après traitement par *Beauveria bassiana* et 15% de mortalité au 4<sup>ème</sup> jour pour *M. anisopliae*.

Nous avons obtenus 100% de mortalité au 14<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> jour pour e D1 et D2 de *B. bassiana*. Pour *M. anisopliae* les 100% sont atteints au 11<sup>ème</sup> et 9<sup>ème</sup> jour pour D1 et D2 (Tableau 23).

Temps	<i>Beauveria bassiana</i>			<i>Metarhizium anisopliae</i>	
	Témoins (%)	D1 (%)	D2 (%)	D1 (%)	D2 (%)
J+2	0	0	0	0	0
J+3	0	0	20	0	0
J+4	0	0	60	0	15
J+5	0	0	70	12,5	35
J+6	0	10	90	55	60
J+7	0	40	100	65	73,33
J+8	0	60	100	80	90
J+9	0	60	100	90	100
J+10	0	60	100	95	100
J+11	0	60	100	100	100
J+12	0	70	100	100	100
J+13	0	80	100	100	100
J+14	0	100	100	100	100

Tableau 23 : Pourcentage de mortalité chez les ailés



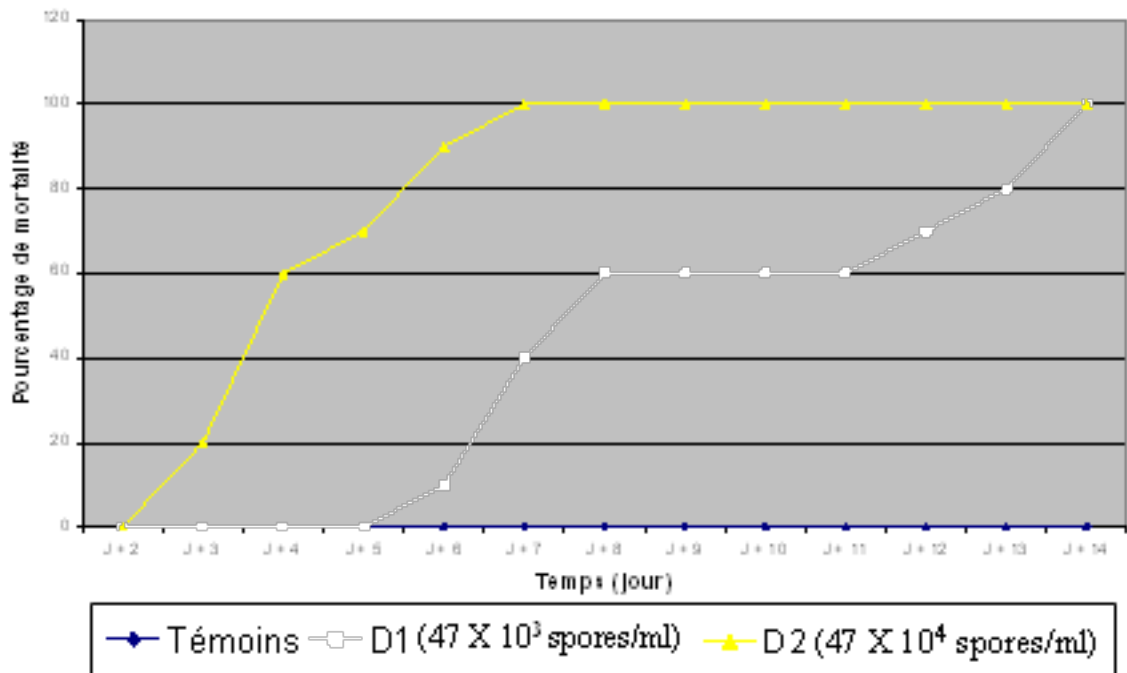


Fig. 42 : Pourcentage de mortalité des ailés de *D. maroccanus* traitées par *B. bassiana*

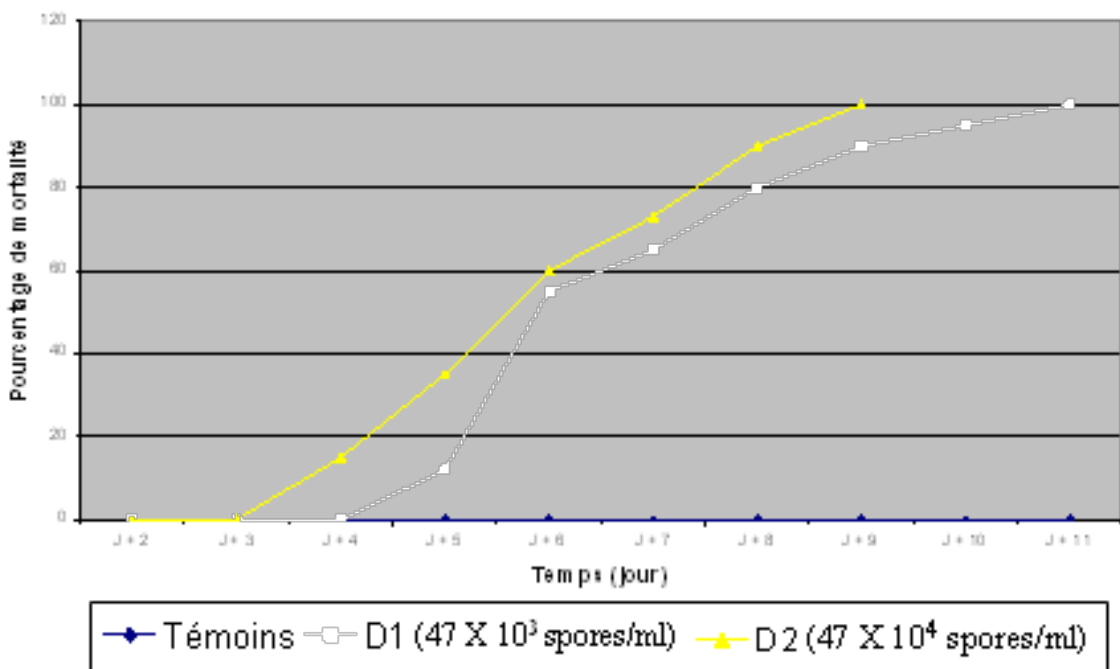


Fig. 43 : Pourcentage de mortalité des ailés de *D. maroccanus* traitées par *M. anisopliae*

Selon les analyses statistiques (Tableaux 24 et 25), il existe une différence hautement significative entre les ailés traités par rapport aux témoins, par contre la différence est non significative entre les deux doses pour les deux champignons.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	2	34035,342	17017,671	13,043	< 0.0001
Résidus	57	74369,335	1304,725		
Total	59	108404,677			

Tableau 24 : Analyse de la variance

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
Tém- <i>B. bassiana</i>	-57,500	-4,502	2,002	0,000	Oui
Tém- <i>M. anisopliae</i>	-61,285	-4,799	2,002	0,000	Oui
<i>B. bassiana</i> - <i>M. anisopliae</i>	-3,785	-0,363	2,002	0,718	Non

Tableau 25 : Test de Fisher (LSD) : Test de comparaison multiple avec un intervalle de confiance à 95 %

D'après le tableau 26 des classements et regroupements des groupes non significativement différents, nous avons obtenu deux groupes homogènes pour le facteur dose, le premier groupe c'est celui des témoins et le deuxième est celui des doses D1 et D2.

Modalités	Moyenne	Regroupements	
Témoins	0,000	A	
<i>B. bassiana</i>	57,500	B	
<i>M. anisopliae</i>	61,285	B	

Tableau 26 : Classement et regroupements des groupes non significativement différents

### C – La TL50

Pour calculer la TL<sub>50</sub> (temps léthal au bout duquel on obtient 50 % de mortalité de la population traitée) de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae*, nous avons transformé le pourcentage des mortalités corrigées en probit et le temps en logarithme décimal (tableau 27 et 28).

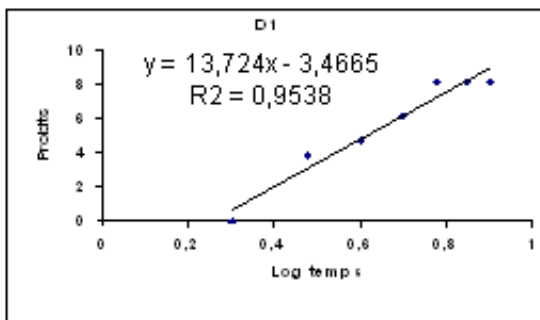
A partir des équations des droites de régression (Fig. 44, 45, 46 et 47) nous avons calculé les valeurs des TL<sub>50</sub> portées sur le tableau 29 pour chaque dose et chaque champignon.

Temps (jour)	Logarithme décimale du temps	<i>Beauveria bassiana</i>		<i>Metarhizium anisopliae</i>	
		Probit1 (D1)	Probit2 (D2)	Probit1 (D1)	Probit2 (D2)
J+2	0,30	0	0	0	0
J+3	0,48	3,84	0	4,16	4,33
J+4	0,60	4,68	5,32	4,87	5,52
J+5	0,70	6,15	8,09	5,52	5,61
J+6	0,78	8,09	8,09	6,28	6,64
J+7	0,85			6,64	8,09
J+8	0,90			8,09	8,09

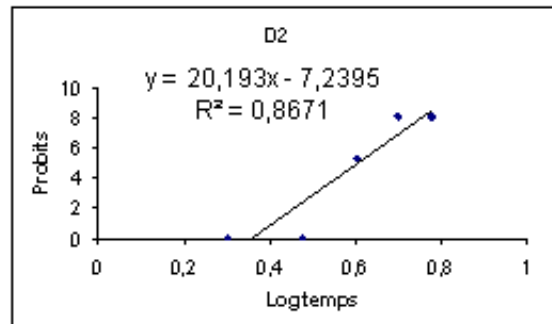
Tableau 27 : Logarithme décimal du temps et probits des pourcentages de mortalité par D1 et D2 de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* chez les larves du *Dociostaurus maroccanus*

Temps (jour)	Logarithme décimal du temps	<i>Beauveria bassiana</i>		<i>Metarhizium anisopliae</i>	
		Probit1 (D1)	Probit2 (D2)	Probit1 (D1)	Probit2 (D2)
J+2	0,30	0	0	0	0
J+3	0,48	0	4,16	0	0
J+4	0,60	0	5,25	0	3,96
J+5	0,70	0	5,52	3,84	4,61
J+6	0,78	3,72	6,28	5,13	5,25
J+7	0,85	4,75	8,09	5,39	5,61
J+8	0,90	5,25	8,09	5,84	6,28
J+9	0,95	5,25	8,09	6,28	8,09
J+10	1,00	5,25	8,09	6,64	8,09
J+11	1,04	5,25	8,09	8,09	8,09
J+12	1,08	5,52	8,09		
J+13	1,11	5,84	8,09		
J+14	1,15	8,09	8,09		

Tableau 28 : Logarithme décimal du temps et probits des pourcentages de mortalité par D1 et D2 de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* chez les ailés du *Dociostaurus maroccanus*

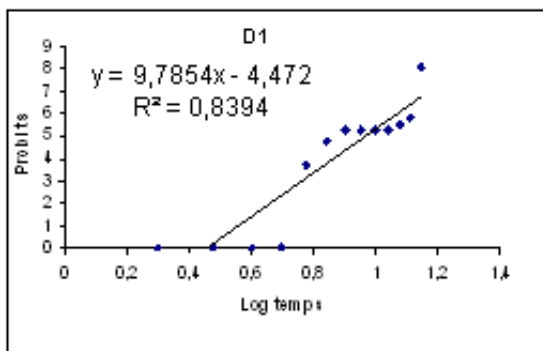


TL50 de D1 = 4,14 jours

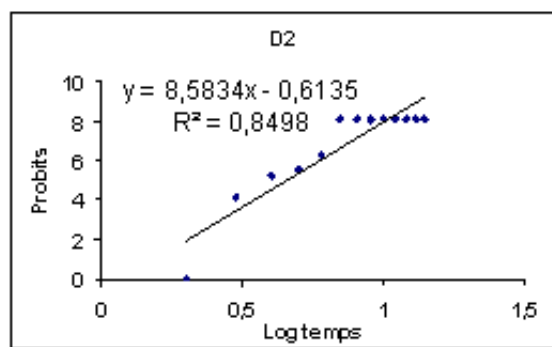


TL50 de D2 = 4,04 jours

Fig. 44 - Efficacité de *B. bassiana* dans le temps vis-à-vis des L4 du *D. maroccanus* traitées par dose 1 et dose 2



TL50 de D1 = 9,12 jours



TL50 de D2 = 4,51 jours

Fig. 45 - Efficacité de *B. bassiana* dans le temps vis-à-vis des ailés du *D. maroccanus* traités par dose 1 et dose 2

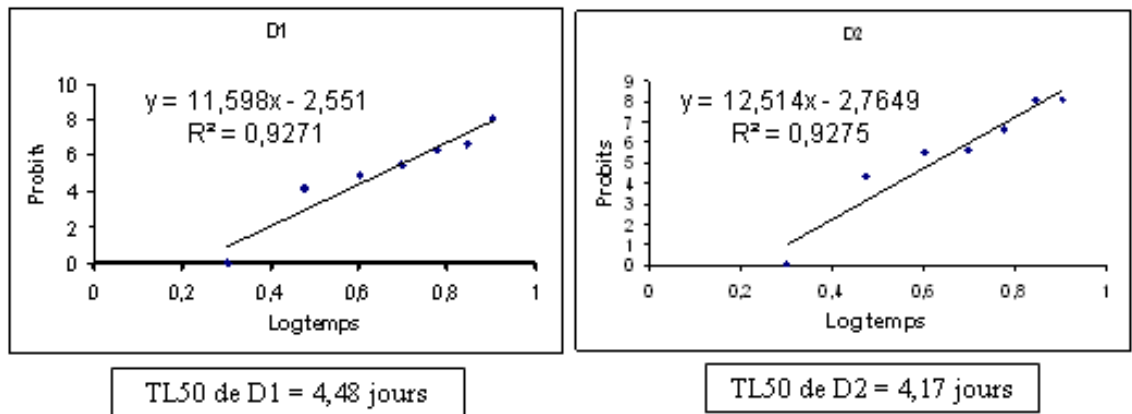


Fig. 46 - Efficacité de *M. anisopliae* dans le tempsvis-à-vis des L4 du *D. maroccanus* traités par dose 1 et dose 2 D

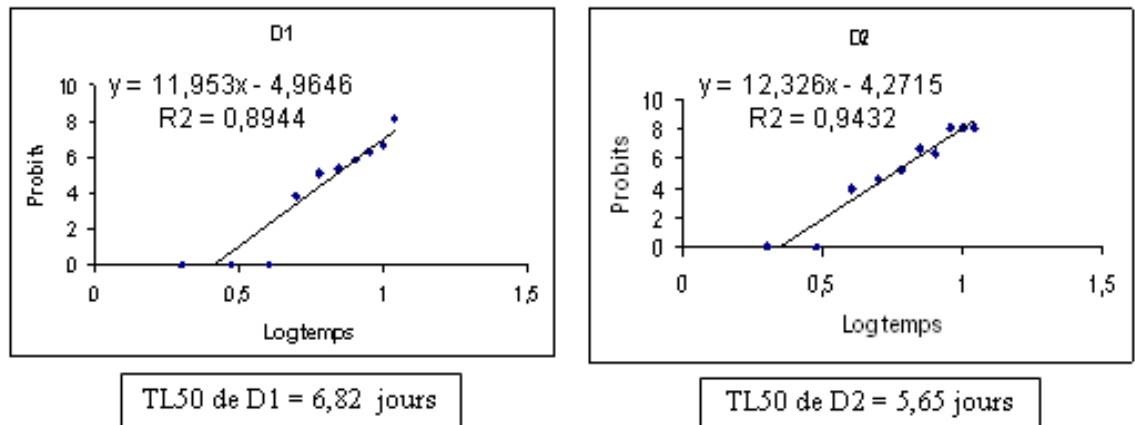


Fig. 47 -Efficacité de *M. anisopliae* dans le tempsvis-à-vis des ailés du *D. maroccanus* traités par dose 1 et dose 2

Dose	<i>Beauveria bassiana</i>		<i>Metarhizium anisopliae</i>	
	Larves	Ailés	Larves	Ailés
D1 (47 X 10 <sup>3</sup> spores/ml.)	4j+3 h	9 j+2 h	4j+11 h	6 j+20 h
D2 (47 X 10 <sup>4</sup> spores/ml.)	4j+1 h	4j+12 h	4j+4 h	5 j+15 h

Tableau 29 : TL50 des L4 et des ailés du *Dociostaurus maroccanus* traités aux D1 et D2 de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae*

Les résultats de la TL50 pour les larves et les ailés, montrent que la sensibilité des individus du criquet marocain, est en fonction du stade biologique avec l'apparition des mêmes symptômes entre les larves et les ailés (Fig. 48, 49) et en fonction de la concentration de l'inoculum. En effet les larves sont plus sensibles que ailés.

Pour le 1<sup>er</sup> champignon *Beauveria bassiana*, les larves traitées par la D1 (47 X 10<sup>3</sup> spores/ml.), ont un TL50 de 4 jours et 3 heures par rapport aux larves traitées par la D2

( $47 \times 10^4$  spores/ml.) qui est de 4 jours et 1 heures. Contrairement aux ailés, ils sont plus résistants que les larves, car la TL50 est de 9 jours et 2 heures pour les ailés traités avec D1.

Des résultats identiques sont observés chez les criquets traités par *Metarhizium anisopliae*, les TL50 des larves traitées par D1 et D2 sont de 4 jours + 11 heures et 4 jours + 4 heures, par contre les ailés, ont un TL50 de 6 jours et 20 heures et 5 jours et 15 heures respectivement pour les doses 1 et 2.



Fig. 48 – Une larve de *D. maroccanus* infectée par *Beauveria bassiana*



Fig. 49 – Un ailé de *D. maroccanus* infecté par *Metarhizium anisopliae*

Original

#### IV.2.1.2 – Discussion

La mortalité des larves et des ailés de *Dociostaurus maroccanus* traités par les deux champignons *B. bassiana* et *M. anisopliae* avec deux doses différentes, montre que les 2 entomopathogènes affectent significativement cet acridien en fonction de son stade biologique et de la concentration des 2 entomopathogènes. Les larves traitées par *B. bassiana* et par *M. anisopliae*, atteint 100 % de mortalité au 4<sup>ème</sup> jour après traitement par les 2 doses D1 et D2. Les ailés, enregistrent 100 % de mortalité respectivement aux 9<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> jour pour la 1<sup>ère</sup> dose, et au 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> pour la 2<sup>ème</sup> dose.

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=  $0,5 \times 10^6$  spores/ml, D2=  $10^6$  spores/ml et D3=  $2 \times 10^6$  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 11<sup>ème</sup> jour, alors que par D3, les 100 % de mortalité a été enregistrés au 8<sup>ème</sup> jour.

Des résultats identiques ont été obtenus par DOUMANDJI-MITICHE et al. (1999), qui ont enregistré des taux de mortalités de 100 % entre le 6<sup>ème</sup> et le 12<sup>ème</sup> 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 10<sup>ème</sup> jour chez les individus de *L. migratoria* traités par une formulation huileuse de *B. bassiana* à la dose  $2,64 \times 10^9$  spores/ml. En 1999, BENSAAAD a obtenu une mortalité à partir du 5<sup>ème</sup> jour et 100 % de mortalité a été enregistré au 12<sup>ème</sup> 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 10<sup>ème</sup> 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 *S. chistocerca gregaria* dans la Wilaya d'El Oued.

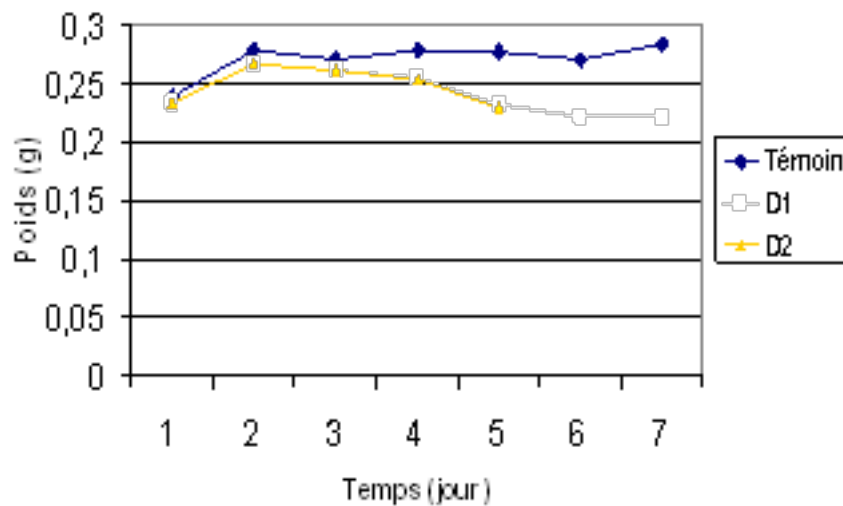


Fig. 50 : Effet du *Beauveria bassiana* sur la croissance des larves de *D. maroccanus*

Original



Fig. 51 : Mortalité après l'arrêt de croissance des larves du *Dociostaurus maroccanus* traitées par *Beauveria bassiana*.

D'après le test de Fisher (tableau 31), nous avons constaté que la différence des poids des larves témoins par rapport aux larves traitées est significative.

Modalités	Moyenne	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
Témoins - D1	-1,735	-0,0518	0,000	0,899	Oui
Témoins - D2	-0,835	-0,0054	0,000	0,916	Oui

Tableau 31 : Test de Fisher (LSD) : Test de comparaison multiple avec un intervalle de confiance à 95 %

#### IV.2.2.2 – Discussion

Les larves de *Dociostaurus maroccanus*, ont continué de s'alimenter pendant les trois premiers jours de traitement. Dès le quatrième jour, le champignon *Beauveria bassiana* a commencé son effet. Les larves deviennent moins mobiles, elles s'arrêtent de s'alimenter, ce qui inhibe par la suite la croissance des L4 jusqu'à leur mort. Les témoins, présentent par contre un comportement le plus normal.

L'analyse de la variance montre que la différence entre les moyennes du poids des larves témoins et traitées, est significative à 5%. Ce qui signifie que *Beauveria bassiana* inhibe la croissance des larves de *Dociostaurus maroccanus*.

Le même résultat a été constaté par OULD TALEB et AMADOU (2001), après avoir traité les larves de *Schistocerca gregaria*, par l'entomopathogène *Metarhizium anisoplae* : à partir du quatrième jour, les larves traitées s'arrêtent de s'alimenter, et leurs poids n'a pas évolué jusqu'à la mort. Ce résultat a été noté également par KOOYMAN et al (2005) dans le cadre de l'essai d'un biopesticide Green Muscle sur les larves du criquet pèlerin dans la Wilaya d'El Oued.

Selon MOUSSA (2003), l'huile de neem (*Azadirachta indica*), joue le même rôle que les entomopathogènes, elle inhibe la croissance des larves de *Locusta migratoria* et la prise de nourriture de ces dernières. OPENDER et MURRAY (1991), soulignent que l'*Azadirachtine*

incorporée à la ration artificielle des larves de quatrième stade de *Peridroma saicia*, à toutes les concentrations, réduit significativement la consommation et le taux de croissance relative comparativement aux témoins. Selon THADDEE (1999), les traitements par le biopesticide neem inhibe la croissance des larves de *Sordidus gemar* de 40 à 60% dès le deuxième stade et qui meurent en espace de 14 jours. Les larves vivantes étaient de petite taille et pesaient 4 à 6 fois moins que les témoins. AMMAR M. et al (1995), soulignent que l'extrait de composés des feuilles de *Cestrum parquii* et de *Olea europea*, a une action sur la longévité et la croissance du *Shistocerca gregaria*.

#### IV.2.2.3 – Conclusion

*Beauveria bassiana*, est un champignon entomopathogène qui inhibe la prise de nourriture chez les larves de *Dociostaurus maroccanus* et par conséquent, bloque la croissance des larves traitées et même influe sur la mue comparativement aux témoins.

### IV.2.3 - Effet de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* sur le développement ovarien des femelles de *Dociostaurus maroccanus*

#### IV.2.3.1 - Résultats :

Les résultats concernant l'effet des 2 entomopathogènes *B. bassiana* et *M. anisopliae* sur le nombre de corps de résorption, des traces de ponte, du nombre d'ovarioles par ovaire et le nombre d'ovocytes par ovariole sont portés respectivement sur les tableaux 32, 36, 39, 42 et les figures 52 et 53.

#### a) Corps de résorption :

Le nombre moyen des corps de résorption selon le tableau 32, est de  $3 \pm 1$  chez les femelles traitées par *Beauveria bassiana* et  $3 \pm 2,6$  chez les traitées par *Metarhizium anisopliae* au niveau de l'ovaire gauche. Chez les femelles traitées par *Beauveria bassiana* le nombre est de  $3 \pm 0,57$  et  $2 \pm 1$  chez les traitées par *Metarhizium anisopliae* au niveau de l'ovaire droit. Il n'existe aucun corps de résorption chez les témoins.

Entomopathogène	Nombre moyen de Corps de résorption			
	ovaire gauche		ovaire droit	
	Témoins	Traités	Témoins	Traités
<i>Beauveria bassiana</i>	0	$3 \pm 1$	0	$3 \pm 0,57$
<i>Metarhizium anisopliae</i>	0	$3 \pm 2,6$	0	$2 \pm 1$

Tableau 32 : Effet de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* sur les corps de résorption.

L'analyse de la variance a montré que la différence entre le nombre moyen des corps de résorption chez les femelles témoins et les traitées, est hautement significative (Tableaux 33 et 34).



Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
<b>Modèle</b>	3	10,500	3,500	21,000	0,046
<b>Résidus</b>	2	0,333	0,167		
<b>Total</b>	5	10,833			

Tableau 33 :Analyse de la variance

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
Tém- <i>E. bassiana</i>	-3,000	-7,348	3,182	0,005	Oui
Tém- <i>M. anisopliae</i>	-2,500	-6,124	3,182	0,009	Oui
<i>E. bassiana</i> - <i>M. anisopliae</i>	-0,500	-1,225	3,182	0,308	Non

Tableau 34 :Test de Fisher (LSD) : Test de comparaison multiple avec un intervalle de confiance à 95 %

D'après le tableau 35 des classements et regroupements des groupes non significativement différents, nous avons obtenu deux groupes homogènes pour le facteur dose, le premier groupe comprend les témoins et le deuxième ce sont les traités par les deux champignons.

Modalités	Moyenne	Regroupements
Témoins	0,000	A
<i>E. bassiana</i>	2,500	B
<i>M. anisopliae</i>	3,000	B

Tableau 35 :Classement et regroupements des groupes non significativement différents

### b) Traces de ponte :

Une seule trace de ponte a été enregistrée chez les témoins d'après le tableau 36 et une absence totale chez les traitées par les deux entomopathogènes,

Entomopathogène	Nombre moyen de Traces de ponte			
	ovaire gauche		ovaire droit	
	Témoins	Traités	Témoins	Traités
<i>Beauveria bassiana</i>	1 ± 1	0	1 ± 1	0
<i>Metarhizium anisopliae</i>	1 ± 1	0	1 ± 1	0

Tableau 36 :Effet de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* sur les traces de ponte

L'analyse de la variance a montré qu'il n' y a pas de différences significatives entre les femelles témoins et traitées (tableau 37).

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
Tém- <i>E. bassiana</i>	-1,000	-1,155	12,706	0,454	Non
Tém- <i>M. anisopliae</i>	0,000	0,000	12,706	1,000	Non
<i>E. bassiana</i> - <i>M. anisopliae</i>	-1,000	-1,000	12,706	0,500	Non

Tableau 37 : Test de Fisher (LSD) : Test de comparaison multiple avec un intervalle de confiance à 95 %

Nous avons obtenu d'après le tableau 38 des classement et regroupements des groupes non significativement, un seul groupe homogène pour le facteur dose.

Tableau 38 : Classement et regroupements des groupes non significativement différents

Modalités	Moyenne	Regroupements
Témoins	0,000	A
<i>B. bassiana</i>	1,000	A
<i>M. anisopliae</i>	0,000	A

### c) Ovarioles par ovaire :

D'après le tableau 39, une valeur moyenne de  $18 \pm 0.57$  ovarioles par ovaire gauche et droit a été enregistrée chez les témoins. Chez les femelles traitées par *B. bassiana*, le nombre moyen est  $17 \pm 1$  au niveau de l'ovaire gauche et  $18 \pm 0.57$  au niveau de l'ovaire droit. Chez les femelles traitées par *M. anisopliae* ce nombre est de  $18 \pm 0.57$  ovarioles par ovaire gauche et  $18 \pm 1$  au niveau de l'ovaire droit.

Entomopathogène	Nombre moyen d'ovarioles par ovaire			
	ovaire gauche		ovaire droit	
	Témoins	Traités	Témoins	Traités
<i>Beauveria bassiana</i>	$18 \pm 0,57$	$17 \pm 1$	$18 \pm 0,57$	$18 \pm 0,57$
<i>Metarhizium anisopliae</i>	$18 \pm 0,57$	$18 \pm 0,57$	$18 \pm 0,57$	$18 \pm 1$

Tableau 39 : Effet de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* sur le nombre d'ovarioles par ovaire

D'après les analyses statistiques (tableau 40), nous avons remarqué qu'il n'y a pas de différence significative entre le nombre d'ovarioles par ovaire chez les femelles témoins par rapport aux femelles traitées par les deux champignons.

Modalités	Moyenne	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
Tém- <i>B. bassiana</i>	-3,000	-0,217	12,706	0,864	Non
Tém- <i>M. anisopliae</i>	-1,000	-0,072	12,706	0,954	Non
<i>B. bassiana</i> - <i>M. anisopliae</i>	-2,000	-0,125	12,706	0,921	Non

Tableau 40 : Test de Fisher (LSD) : Test de comparaison multiple avec un intervalle de confiance à 95 %

A travers le tableau 41 des classements et regroupements des groupes, nous avons remarqué qu'il y a un seul groupe homogène pour le facteur dose sur le nombre d'ovarioles par ovaire entre les femelles témoins et traitées par les deux champignons.

Tableau 41 : Classement et regroupements des groupes non significativement différents

Modalités	Moyenne	Regroupements
Témoins	13,000	A
<i>B. bassiana</i>	16,000	A
<i>M. anisopliae</i>	14,000	A

d) Ovocytes par ovariole

Chez les femelles traitées par *B. bassiana* le nombre moyen d'ovocytes par ovariole est de  $14 \pm 1$  par chaque ovariole de l'ovaire gauche et droit. Il est de  $13 \pm 0,57$  à  $13 \pm 1$  respectivement pour les ovarioles de l'ovaire gauche et droit chez les femelles traitées par *M. anisopliae*. Tandis que le nombre moyen des ovocytes est plus élevé chez les femelles témoins ( $16 \pm 1$  à  $16 \pm 2,6$ ), (tableau 42).

Entomopathogène	Nombre moyen d'ovocytes par ovariole			
	Ovariole de l'ovaire gauche		Ovariole de l'ovaire droit	
	Témoin	Traité	Témoin	Traité
<i>Beauveria bassiana</i>	$16 \pm 1$	$14 \pm 1$	$16 \pm 2,6$	$14 \pm 1$
<i>Metarhizium anisopliae</i>	$16 \pm 1$	$13 \pm 0,57$	$16 \pm 2,6$	$13 \pm 1$

Tableau 42 : Effet de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* sur le nombre d'ovocytes par ovariole

L'analyse de la variance des résultats du nombre moyen d'ovocytes par ovariole, enregistrés dans le tableau 43, a révélé une différence significative entre les femelles traitées et les témoins.

Modalités	Moyenne	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
Témoins - <i>B. bassiana</i>	-2,835	-0,182	0,000	0,999	Oui
Témoins - <i>M. anisopliae</i>	-0,835	-0,054	0,000	0,976	Oui
<i>B. bassiana</i> - <i>M. anisopliae</i>	-2,000	-0,111	0,000	0,997	Oui

Tableau 43 : Test de Fisher (LSD) : Test de comparaison multiple avec un intervalle de confiance à 95 %

D'après le tableau 44, nous avons obtenu trois groupes pour le facteur dose sur le nombre d'ovocytes par ovariole, le premier groupe ce sont les témoins, le deuxième représente les femelles traitées par *B. bassiana* et le troisième ce sont les femelles traitées par *M. anisopliae*.

Modalités	Moyenne	Regroupements		
Témoins	15,165	A		
<i>B. bassiana</i>	18,000		B	
<i>M. anisopliae</i>	16,000			C

Tableau 44 : Classement et regroupements des groupes non significativement différents

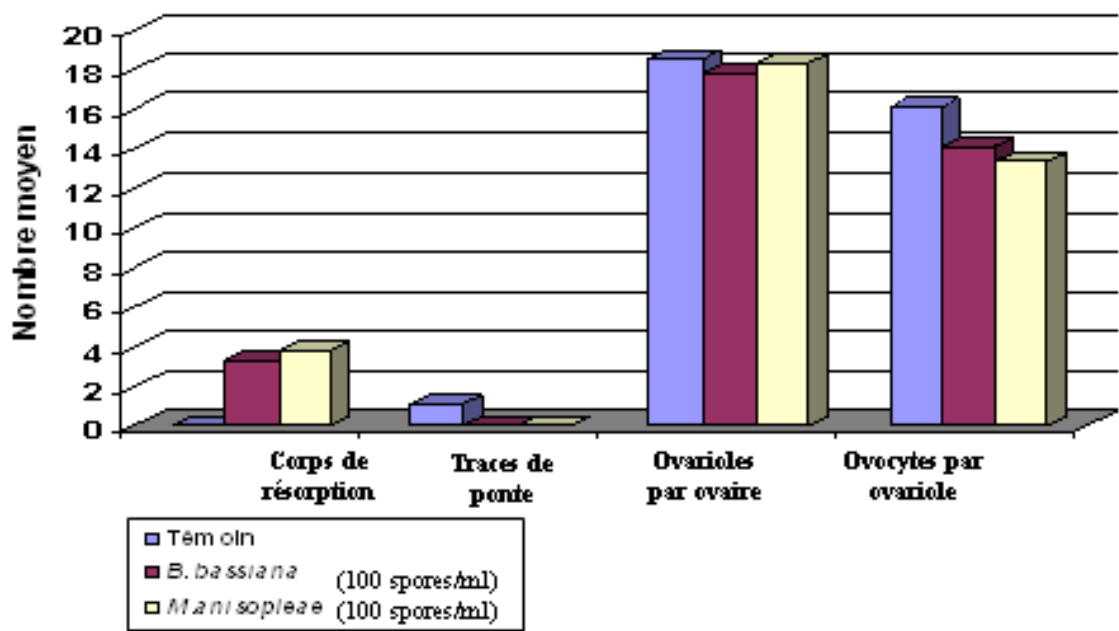


Fig. 52 : Effet de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* sur le développement ovarien des femelles de *Dociostaurus maroccanus*

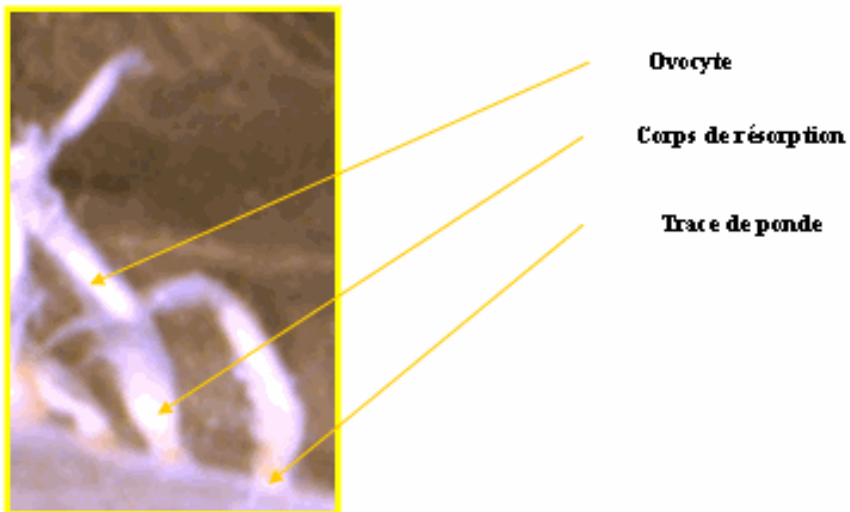
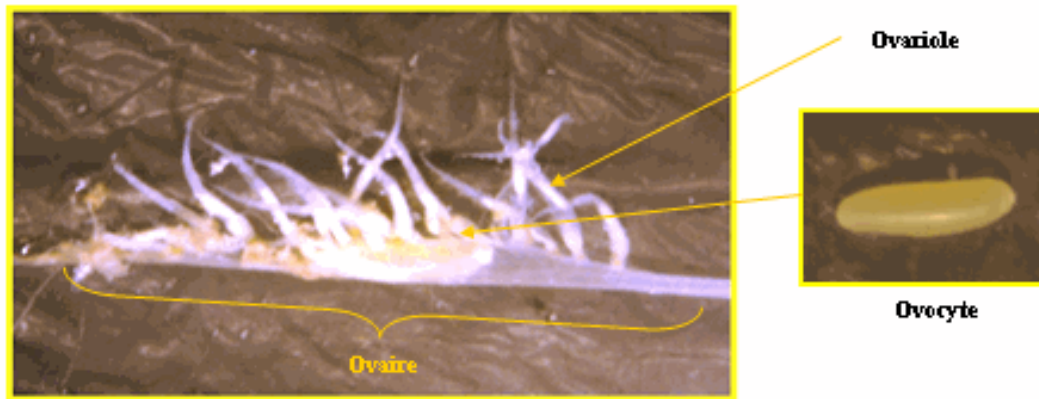


Fig. 53 :Ovaire avec des ovarioles d'une femelle du *Dociostaurus maroccanus*  
Original

#### IV.2.3.2 – Discussion

L'analyse de la variance montre que les deux champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* agissent significativement sur le développement ovarien des femelles de *Dociostaurus maroccanus* avec une dose faible de 100 spores/ml. En effet, les deux entomopathogènes ralentissent et perturbent la vitellogénèse et l'élaboration de vitellus. Ce qui explique la présence des corps de résorption chez les femelles traitées. Par contre on a pu enregistrer des traces de pontes chez les femelles témoins.

RATH et WORBERGE (1995), montrent dans ce contexte que la production des œufs chez le Scarabéide *Adoryphorus couloni*, traité à des doses de  $10^5$  -  $10^6$  spores/gramme de *Metarhizium anisopliae* (souche DAT F-001), est réduite de 67 % à 73 %.

Il y a deux hypothèses pouvant expliquer l'effet perturbateur du *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* dans l'organisme des femelles traitées.

- Les femelles traitées par les deux champignons, perdent peu à peu leur vitalité et par la suite leurs activités diminuent, ce qui influe considérablement sur la prise de nourriture. En effet, le développement ovarien est influencé par la quantité de nourriture ingérée, notamment la quantité en protéines. La vitellogenèse sera d'autant plus accélérée que la protéinase est élevée selon LEE et WONG (1979).
- Les spores des deux entomopathogènes induiraient la libération de toxines pouvant agir sur le centre nerveux de l'acridien. Pendant la période reproductive, l'hormone gonadotrope qui est produite par des cellules des corps allates, a une action stimulatrice de la vitellogenèse (GIRARDIE, 1991). On peut donc penser que s'il y a présence de la toxine, il se produit une inhibition des corps allates, donc il n'y aura pas d'hormone gonadotrope circulante dans l'hémolymphe, et par conséquent, une absence de protéosynthèse de vitellogénine.

#### IV.2.3.3 – Conclusion

Les deux champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* influent sur le fonctionnement de la vitellogenèse des femelles traitées par rapport aux femelles témoins et par conséquent sur la reproduction de *Dociostaurus maroccanus*.

### IV.2.4 – Etude de l'effet du *Beauveria bassiana* sur les protéines de l'hémolymphe des larves L4 et des ailés de *Dociostaurus maroccanus*

---

#### IV.2.4.1 – Résultats

La détermination de la concentration des protéines de l'hémolymphe des échantillons prélevés, a été faite à l'aide de courbe de référence (fig. 54) réalisée à partir des différentes concentrations de protéine standard BSA (Albumine de sérum de bœuf) (tableau 45). A l'aide de cette courbe, nous avons pu calculer en fonction du temps l'évolution des différentes concentrations de protéines en µg/ml.

Tableau 45 : Concentration de BSA

Solution	S1	S2	S3	S4	S5
Concentration µg/ml	1,22	2,441	4,882	9,765	19,531
Absorption	0,02	0,03	0,038	0,046	0,062

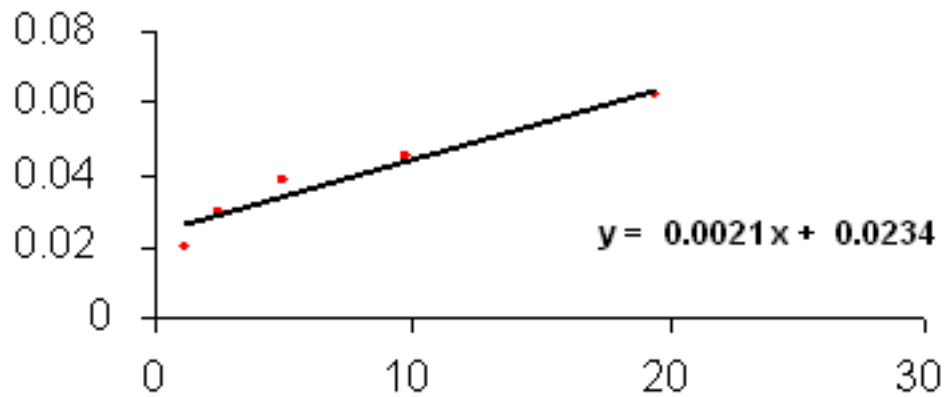


Fig. 54 – Courbe de référence à partir d'albumine (BSA)

a) Concentration de l'hémolymphe en protéines (µg/ml) chez les larves L4 du *Dociostaurus maroccanus* traitées au *B. bassiana*

L'examen du tableau 46 montre que la concentration de protéines hémolympatiques diminue chez les individus traités au *B. bassiana* par rapport aux témoins, en fonction du temps et de la dose. Plus la dose augmente, plus la concentration diminue. Elle passe de 8,37 µg/ml après le 2<sup>ème</sup> jour de traitement à 7,42 et 6,37 µg/ml après le 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> jour pour D1. Tandis qu'avec D2, la concentration de protéines hémolympatiques passe de 6,66 µg/ml après le 2<sup>ème</sup> jour de traitement à 5,42 et 5,90 µg/ml au 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> jour (Fig. 55).

Date	Après 2 jours			Après 3 jours			Après 4 jours		
	T	D1	D2	T	D1	D2	T	D1	D2
R1	12,19	8,38	4,09	16,47	7,90	7,90	18,38	8,38	6,00
R2	8,85	8,85	9,33	13,61	7,42	2,66	16,47	5,04	5,04
R3	8,85	7,42	5,52	15,04	10,76	6,00	15,52	6,47	2,66
R4	17,42	7,90	7,90	8,85	8,85	5,52	11,71	5,04	8,85
R5	5,52	9,33	6,47	8,38	2,19	5,04	12,66	6,95	6,95
M+ET	10,56 ± 3,39	8,37 ± 0,57	6,66 ± 1,56	12,47 ± 3,08	7,42 ± 2,09	5,42 ± 1,25	14,94 ± 2,21	6,37 ± 1,06	5,90 ± 1,64

Tableau 46 : Concentration de l'hémolymphe en protéines (µg/ml) chez les larves L4 de *D. maroccanus* témoinset traitées au *B. bassiana*

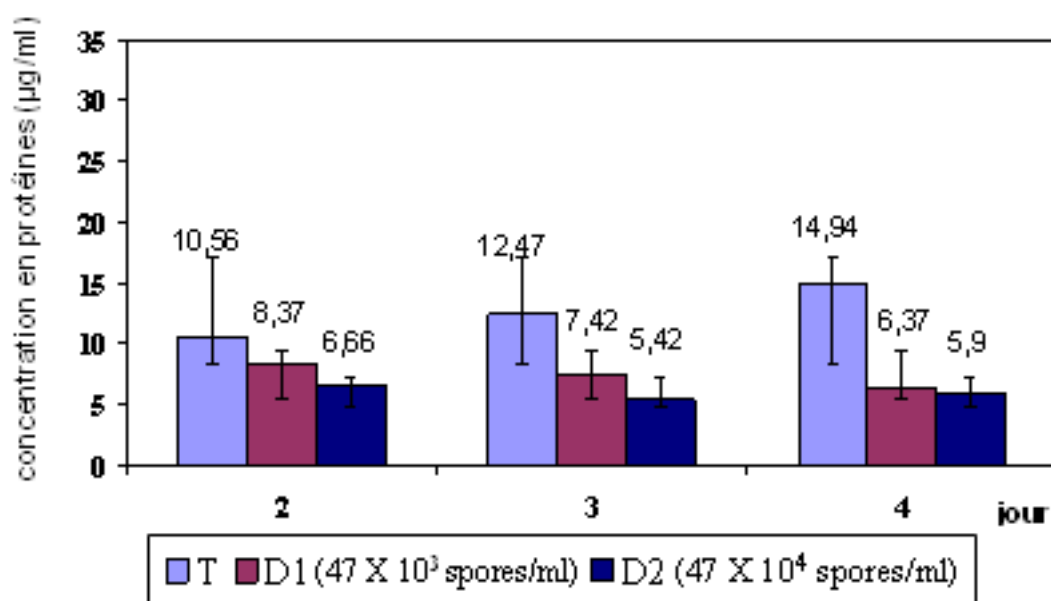


Fig. 55 : Concentration de l'hémolymphe en protéines chez les larves L4 de *D. maroccanus* témoins et traitées au *B. Bassiana*

b) Concentration de l'hémolymphe en protéines (µg/ml) chez les adultes de *Dociostaurus maroccanus* traitées au *B. bassiana*

Chez les adultes, le traitement a significativement réduit la quantité de protéines de l'hémolymphe en µg/ml. Elle diminue en fonction du temps et la dose du champignon. Elle passe de 18,28 µg/ml après le 2<sup>ème</sup> jour de traitement à 10,37 et 9,52 µg/ml au 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> jour par D1. Pour D2 elle passe de 11,61 au 2<sup>ème</sup> jour à 7,80 et 7,04 µg/ml au 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> jour.

Contrairement chez les témoins, la quantité de protéines de l'hémolymphe, augmente avec le temps. Elle passe de 20,37 µg/ml au 2<sup>ème</sup> jour à 27,80 et 30,09 µg/ml au 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> jour (tableau 47, Fig. 55).

Il est à noter également que la quantité de protéines de l'hémolymphe augmente avec l'âge de l'insecte. Elle passe de 10,56 µg/ml chez les larves L4 à 20,37 µg/ml chez les ailés.

Dates	Après 2 jours			Après 3 jours			Après 4 jours		
	T	D1	D2	T	D1	D2	T	D1	D2
R1	18,38	7,90	11,71	29,80	13,61	9,80	31,23	8,85	6,95
R2	18,85	7,42	6,00	30,76	9,33	7,90	31,23	9,33	7,90
R3	23,14	10,76	18,85	26	11,71	8,85	29,33	11,71	8,85
R4	21,71	8,85	13,61	25,04	7,90	8,38	26	8,38	5,52
R5	19,80	2,19	7,90	27,42	9,33	4	32,66	9,3	6,00
M+ET	20,37	18,28	11,61	27,80	10,37	7,80	30,09	9,52	7,04
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	1,63	1,63	3,73	1,98	1,82	1,48	1,94	0,87	1,06



Tableau 47 : Concentration de l'hémolymphe en protéine ( $\mu\text{g/ml}$ ) chez les adultes de *D. maroccanus* témoins et traitées au *B. bassiana*

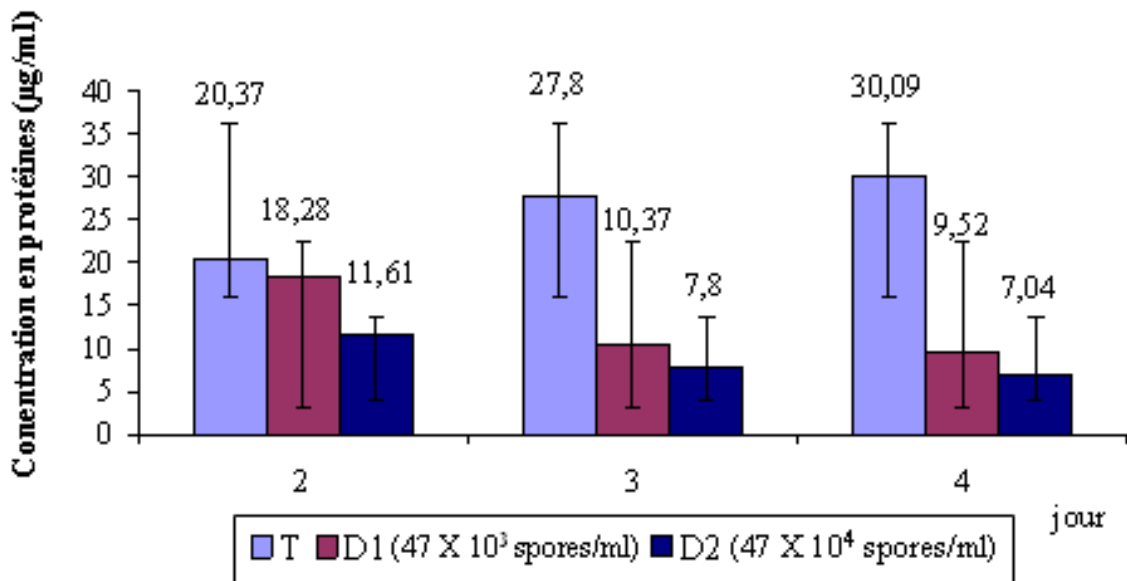


Fig. 56 : Concentration de l'hémolymphe en protéines chez les adultes de *D. maroccanus* témoins et traitées au *B. bassiana*

**Analyse statistique : Test de NEWMAN-KEULS (Seuil = 5%)**

Les différentes concentrations trouvées à partir de la courbe de référence ont révélé une différence significative de quantités de protéines en fonction du temps, entre les individus témoins et traités avec les deux doses D1 et D2 chez les larves et les adultes.

Chez les larves L4 :

Concernant la concentration de l'hémolymphe en protéines chez les L4 de *D. maroccanus* témoins et traitées au *B. bassiana*, le test de NEWMAN-KEULS, nous a permis d'obtenir deux groupes homogènes. D'après le facteur dose et à travers la classification des moyennes, le premier groupe représentent les témoins et le deuxième les doses (tableau 48).

LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
Témoins	12.66	A
Dose 1	7.39	B
Dose 2	6.00	B

Tableau 48 : Test de NEWMAN-KEULS des larves L4 pour le facteur dose

**Chez les adultes :**

Concernant la concentration de l'hémolymphe en protéines chez les adultes de *D. maroccanus* témoins et traitées au *B. bassiana*, le test de NEWMAN-KEULS, donne trois classifications, la première pour le facteur dose, la deuxième pour le facteur temps et la troisième pour le facteur dose-temps.

Selon la classification des moyennes nous avons obtenu deux groupes homogènes pour le facteur dose, le premier groupe pour les témoins et le deuxième pour les doses (Tableau 49)

<b>LIBELLES</b>	<b>MOYENNES</b>	<b>GROUPEs HOMOGÈNES</b>
<b>Témoins</b>	26.09	A
<b>Dose 1</b>	9.11	B
<b>Dose 2</b>	8.82	B

Tableau 49 : Test de NEWMAN-KEULS des adultes pour le facteur dose

Pour le facteur temps, le test de NEWMAN-KEULS a montré deux groupes homogènes, le premier c'est J3-J4 et le deuxième est le J2 (tableau 50).

<b>LIBELLES</b>	<b>MOYENNES</b>	<b>GROUPEs HOMOGÈNES</b>
<b>J4</b>	15.55	A
<b>J3</b>	15.33	A
<b>J2</b>	13.14	B

Tableau 50 : Test de NEWMAN-KEULS des adultes pour le facteur temps

Pour le troisième facteur dose-temps, la classification des moyennes révèle trois groupes homogènes (tableau 51), le premier celui des témoins-J3+J4, le deuxième pour les témoins-J2 et la troisième c'est D1-J2,3,4 et D2-J2,3,4.

<b>LIBELLES</b>	<b>MOYENNES</b>	<b>GROUPEs HOMOGÈNES</b>
<b>Témoins – J4</b>	30.09	A
<b>Témoins – J3</b>	27.80	A
<b>Témoins – J2</b>	20.38	B
<b>D2 – J2</b>	11.61	C
<b>D1 – J3</b>	10.38	C
<b>D1 – J4</b>	9.52	C
<b>D2 – J3</b>	7.80	C
<b>D1 – J2</b>	7.42	C
<b>D2 – J4</b>	7.04	C

Tableau 51 : Test de NEWMAN-KEULS des adultes pour le facteur dose-temps

#### IV.2.4.2 – Discussion

Les protéines de l'hémolymphe sont synthétisées par le corps gras sous le contrôle des cellules neurosécrétrices et les corpora allata, (RACAUD-SCHOELLER, 1980).

Chez les insectes la teneur de l'hémolymphe en protéines varie considérablement selon l'espèce, le stade biologique, l'état physiologique et l'alimentation (CHAUVIN, 1956). Chez les hyménoptères la concentration moyenne des protéines de l'hémolymphe est de 50 g/l (RACAUD-SCHOELLER, 1980). Chez les lépidoptères elle est de 10 g/l en moyenne et varie chez les nymphes d'*Aeshna* de 26 à 33 g/l (WIGGLESWORTH, 1972).

Chez les témoins de *Dociostaurus maroccanus*, on note une augmentation significative des concentrations de protéines de l'hémolymphe en fonction du temps pour les larves et les adultes. Cette augmentation passe de 9,81 µg/ml au 2<sup>ème</sup> jour (10,56 µg/ml chez les larves contre 20,37 µg/ml chez les ailés) à 15,15 µg/ml (14,94 µg/ml chez les larves contre 30,09 µg/ml chez les ailés) au 4<sup>ème</sup> jour. Cette augmentation, est due certainement au fait que les femelles sont matures et les protéines serviront lors de la vitellogénèse étant absorbées par les ovocytes et incorporées dans le vitellus (RACCAUD-SCHOELLER, 1980).

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par HALOUANE (2001) et HALOUANE et al (2001) chez *Schistocerca gregaria* avec un taux qui s'élève de 7,39 µg/ml à 12,27 µg/ml. BOUHACEIN (1999) a noté chez *Locusta migratoria*, une augmentation significative des concentrations de protéines hémolympatiques du stade L5 au stade adulte qui est de 17,12 µg/ml.

D'après ECHAUBARD et LE BRAS (1981), le métabolisme protéique des insectes peut être considérablement perturbé suite à une attaque microbienne comme dans le cas de « Grasserie virus » chez les larves de *Bombyx* et après l'action de radiations ou de composés chimiques tels que le rayons X chez la mouche domestique *Musca domestica*.

Ce qui explique la diminution significative de la concentration des protéines de l'hémolymphe chez les insectes traités par D1 et D2, par rapport aux témoins. Et ce après l'infection de l'insecte par des spores de *B. bassiana*.

Sachant que les trois lots d'adultes (témoins, traités par D1 et traités par D2) sont constitués de 50% de mâles et 50% de femelles, cette augmentation, est due certainement d'après RACCAUD-SCHOLLER (1980), au fait que les femelles sont matures et elles ont besoin de synthétiser des protéines hémolympatiques qui serviront lors de la vitellogénèse et participeront à l'élaboration du vitellus.

#### **IV.2.4.3 – Conclusion**

Les résultats obtenus, montrent que la concentration de protéines de l'hémolymphe augmente considérablement avec l'âge de l'insecte chez les témoins et diminue chez les traités avec la dose D1 ( $47 \times 10^3$  spores/ml) et D2 ( $47 \times 10^4$  spores/ml) de *Beauveria bassiana*. Ceci conduit par la suite à la mort de l'insecte.

# Résultats et discussion

## Résultats

Le tableau et les figures ci-après, montrent que les larves témoins doublent leurs poids initial après 07 jours, il passe de 0.23922 g à 0.28470 g, alors que le poids initial des larves traitées par la dose D1 continue a évolué très lentement de 0.23356 g à 0.26202 g jusqu'à J+3, au delà une régression marqué du poids qui est de 0.22150 g à J+7.

Les mêmes observations ont été notées pour les larves traitées par la dose D2, car leurs poids initial continue a évolué de 0.23402 g à 0.26092g jusqu'au troisième jours, puis il chute à 0.22912g quelque jours après, suivie d'une mort avant la mue.

### **Variation du poids moyen (g) des larves de *Dociostaurus maroccanus***

# Conclusion générale

Notre étude a consisté à étudier l'état phasaire du *Doclostaurus maroccanus* au niveau de trois régions : Oued Séfioun (W. Sidi Bel Abbes), Youb (W. Saïda) et Ain El Hadid (W. Tiaret), dans deux stations pour chaque région. Ensuite nous avons testé l'effet de deux champignons entomopathogènes, *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* sur le taux de mortalité des larves et les adultes du *Doclostaurus maroccanus* et sur le développement ovarien des femelles. *B. bassiana* a été testée ensuite sur les larves de *D. maroccanus* pour déterminer son effet sur la croissance des larvaire et sur les protéines hémolymphtiques de ces larves.

Après avoir étudié l'état phasaire de *Doclostaurus maroccanus*, les valeurs morphométriques des rapports moyens E/F et F/C, de la population de *D. maroccanus* de la région de Youb (Wilaya de Saïda) et d'Oued Séfioun (Wilaya de Sidi Bel Abbes), capturés durant les deux périodes de juin et juillet 2002, ont montré et confirmé que cette population est à l'état grégaire, tandis que la population de la région de Ain El Hadid (Wilaya de Tiaret) est à l'état transiens degregans.

L'étude de l'effet des deux entomopathogènes, *Beauveria bassiana* B et *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* sur quelques paramètres biophysologiques de population de *Doclostaurus maroccanus* nous a permis d'obtenir les résultats suivants :

L'étude de l'effet de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* a montré que le taux de mortalité des larves et des ailés de *D. maroccanus* traités augmente en fonction du temps et de la dose utilisée. Chez les larves, la mortalité a commencé après le 4<sup>ème</sup> jour de traitement pour les deux doses D1 ( $47 \times 10^3$  spores/ml) et D2 ( $47 \times 10^4$  spores/ml) du *Beauveria bassiana*, atteignant respectivement 37,5% et 62,5%, pour atteindre les 100% au bout du 6<sup>ème</sup> jour. Par contre, les larves traitées par *Metarhizium anisopliae*, leur mortalité était très rapide et intense, car nous avons enregistré 20% de mortalité au 3<sup>ème</sup> jour après traitement par D1 ( $47 \times 10^3$  spores/ml) et 25% de mortalité par D2 ( $47 \times 10^4$  spores/ml). Pour les ailés traités par D1 ( $47 \times 10^3$  spores/ml) de *Beauveria bassiana*, nous avons enregistré 10% de mortalité après J+6 et pour les ailés traités par D1 ( $47 \times 10^3$  spores/ml) de *Metarhizium anisopliae* la mortalité est de 12,5% après J+5. En augmentant la dose D2 ( $47 \times 10^4$  spores/ml), la mortalité devient plus rapide, elle atteint 20% au 3<sup>ème</sup> jour après traitement par *Beauveria bassiana* et 15% de mortalité au 4<sup>ème</sup> jour.

Les résultats de la TL50 (temps létal au bout duquel on obtient 50 % de mortalité de la population traitée) de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* pour les larves et les ailés, montrent que la sensibilité des individus du criquet marocain, est en fonction du stade biologique et de la concentration de l'inoculum. En effet les larves sont plus sensibles que les ailés. Pour le 1<sup>er</sup> champignon *Beauveria bassiana*, les larves traitées par la D1 ( $47 \times 10^3$  spores/ml.), ont un TL50 de 4 jours et 3 heures par rapport aux larves traitées par la D2 ( $47 \times 10^4$  spores/ml.) qui est de 4 jours et 1 heure. Les ailés, sont plus résistants que les

larves, car la TL50 est de 9 jours et 2 heures pour les ailés traités avec D1. Des résultats identiques sont observés chez les criquets traités par *Metarhizium anisopliae*, où le TL50 des larves traitées par D1 et D2 est respectivement de 4 jours + 11 heures et 4 jours + 4 heures. Les ailés, ont un TL50 de 6 jours et 20 heures et 5 jours et 15 heures respectivement pour les doses 1 et 2.

A partir de ces résultats obtenus, nous avons constaté que :

- Les entomopathogènes *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae*, sont plus virulents sur larves que sur les ailés;
- Plus la dose est élevée, plus la mortalité est rapide et importante ;
- Il n'y a pas de différence significative entre l'action des deux champignons.

L'étude de l'action de *Beauveria bassiana* sur la croissance des larves de *D. maroccanus*, montre que les larves témoins augmentent leurs poids initial après 7 jours, il passe de 0,23922 g à 0,28470 g. Le poids initial des larves traitées par D1 continue à évoluer très lentement de 0,23356 g à 0,26202 g jusqu'à J+3, au delà une régression marquée du poids est notée atteignant 0,22150 g à J+7. Les mêmes observations ont été notées pour les larves traitées par D2, car leurs poids initial continue à évoluer de 0,23402 g à 0,26092 g jusqu'au troisième jour, puis il chute à 0,22912 g quelque jours après, suivie d'une mort. D'après ces résultats, on conclut que *Beauveria bassiana* comme les autres champignons entomopathogènes, inhibe la prise de nourriture chez les larves de *D. maroccanus* et par conséquent, bloque la croissance des larves traitées et même influe sur la mue comparativement aux témoins d'après KOOYMAN et al. (2005).

L'effet des deux entomopathogènes *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* est nettement observé sur les ovaires des femelles de *Dociostaurus maroccanus* traitées par rapport aux femelles témoins. Cette différence a été observée sur le nombre moyen des corps de résorption, qui est de  $3 \pm 79$  au niveau de l'ovariole gauche et droit chez les femelles traitées par *Beauveria bassiana*. Chez les femelles traitées par *Metarhizium anisopliae* il est de  $2,5 \pm 1,8$  au niveau de l'ovariole gauche et droit. Par contre il n'y a aucun corps de résorption chez les témoins.

Pour le nombre moyen d'ovarioles par ovaire, une valeur moyenne de  $18 \pm 0,57$  ovarioles par ovaire gauche et droit a été enregistrée chez les témoins. Chez les femelles traitées par *B. bassiana*, le nombre moyen est  $15 \pm 0,57$  au niveau de l'ovaire gauche et  $16 \pm 1$  au niveau de l'ovaire droit. Tandis que chez les femelles traitées par *M. anisopliae*, nous obtenons une valeur moyenne de  $15,17 \pm 0,79$  ovarioles par ovaire gauche et droit.

Il est à noter que le nombre moyen d'ovocytes par ovariole est différent chez les femelles traitées et les témoins. Chez les femelles traitées par *B. bassiana* le nombre moyen d'ovocytes par ovariole est de  $14 \pm 1$  par chaque ovaire gauche et droit. Il est de  $13 \pm 79$  au niveau de l'ovariole gauche et droit chez les femelles traitées par *M.*

*anisopliae*. Tandis que le nombre moyen des ovocytes est plus élevé chez les femelles témoins ( $16 \pm 1$  à  $16 \pm 2,6$ ). D'après ces résultats, on constate que les deux champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* influent sur le fonctionnement de la vitellogénèse des femelles traitées par rapport aux témoins et par conséquent sur la reproduction de *Dociostaurus maroccanus*.

L'étude de l'effet de *Beauveria bassiana* B sur le dosage quantitatif des protéines, montre que la concentration de protéines de l'hémolymphe diminue en fonction du temps et de la dose du traitement D1 ( $47 \times 10^3$  spores/ml) et D2 ( $47 \times 10^4$  spores/ml). Chez les

larves, la concentration passe de 8,37 µg/ml après le 2<sup>ème</sup> jour de traitement à 6,37 µg/ml après 4<sup>ème</sup> jour pour la dose 1, tandis qu'avec la dose 2, la concentration de protéines passe de 6,66 µg/ml après le 2<sup>ème</sup> jour de traitement à 5,90 µg/ml au 4<sup>ème</sup> jour. Chez les adultes, elle passe de 18,28 µg/ml après le 2<sup>ème</sup> jour de traitement à 9,52 µg/ml pour D1 après le 4<sup>ème</sup> jour. Pour la D2, elle passe de 11,61 au 2<sup>ème</sup> jour à 7,04 µg/ml au 4<sup>ème</sup> jour, conduisant par la suite à la mort de l'insecte.

En perspectives, si l'aspect morphométrique est pris en considération sur plusieurs années, il pourrait donner des indications sur la tendance générale de la population évoluant soit vers l'état transiens congregans ou vers l'état transiens degregans. De là, des prévisions minimales peuvent être faites portant sur un éventuel renforcement des surveillances et de prendre toute les mesures nécessaires pour faire face aux pullulations acridiennes.

Il serait nécessaire d'approfondir les recherches sur l'action biochimique tel que les mécanismes de la genèse des mycoses de ces deux entomopathogènes *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* sur le *Dociostaurus maroccanus* au laboratoire et sur le terrain, ainsi que d'autres paramètres biophysiologicals comme leurs effets sur le développement embryonnaire et sur le système nerveux de *Dociostaurus maroccanus*. Il est important également de tester ces entomopathogènes dans les conditions naturelles sur terrain, notamment au niveau des foyers grégariques du criquet marocain, afin de diminuer le niveau de pullulation de cet acridien d'une part et d'autre part utiliser ces entomopathogènes comme d'autres formes de lutte alternative, pour mieux préserver la santé et l'environnement. Parallèlement 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.

## Références bibliographiques

- ABBOT W.B., 1925 – A method for computing effectiveness of insecticides. *J. Econ. Ent.*, 19, pp: 265 – 267.
- ALBRECHT F.O., 1967 – Polymorphisme phasaire et biologie des acridiens migrants. Ed. Masson, Paris, 194 p.
- ALEXOPOULOS C.J., MINS C.W. and BLACKWELL M., 1996 – Introductory mycology. Ed. Wiley, New York, 869 p.
- AMMAR M., BARBOUCHE N. et BEN HAMOUDA M. H., 1995 – Action des extraits de composés des feuilles de *Cestrum parquii* et de *Olea europea* sur la longévité et la croissance du criquet pèlerin, *Shistocerca gregaria*. *Fac. Med. Landhouw. Univ. Gent.*, 60/300, pp 831-836.
- AMOURIQ L., 1973 – Rapports entomologo-cryptogamiques : Eléments sur la relation entre les insectes et champignons. Ed. Herman, Paris, 135 p.
- ANONYME, 2002 – Problématique du criquet marocain. Note tech. *Int.Nat.Prot.Végé.* 10 p.
- ANONYME, 2007 – Bilans des campagnes Nationale de lutte contre le criquet marocain. *Int.Nat.Prot.Végé.* 26 p.
- BATEMAN R. P., 1991 – L'application de mycopesticides antiacridiens en gouttelettes calibrées, pp : 250-257 cité par LOMER C.J. et PRIOR C., 1991, Lutte biologique contre les acridiens. Compte rendu d'un atelier (29 avril – 1er mai) Bénin. Ed. C.A.B International, Wallingford, 399 p.
- 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.
- BENFEKIH L. et DOUMANDI-MITICHE B., 1997 – Observation sur le parasitisme de criquet marocain solitaire *D. maroccanus* (Orthoptère, Gomphocerinae) par un acarien *Trombidium* sp. Dans le Sud de Médéa (Algérie). *Med. Fac. Landboww. Univ. Gent*, 62/2b, pp 437-447.
- BENHALIMA T., 1983 – Etude expérimentale de la niche trophique de *Dociostaurus maroccanus* (Thunb, 1815) en phase solitaire au Maroc. Thèse Doc. Ing, Univ. Paris-Sud, 178 p.
- BENSAAD H., 1999 – Activité biologique de *Beauveria bassiana* Bals. (Hyphomycètes, Deuteromycotinae) sur *Locusta migratoria* Linné, 1958 (Orthoptera, Acrididae). Etude de l'influence de la température sur la croissance mycélienne, la sporulation et le cycle biologique de cet hyphomycète. *Mém. Ing. Agro., Inst. Nati. Agro.*, El-Harrach, Alger, 98 p.



- BISSAAD F.Z., 1998 – Etude de l'activité biologique de *Beauveria bassiana* sur *Schistocerca gregaria* (Orthoptera, Acrididae). Efficacité et effet sur la respiration et le rythme cardiaque de cet acridien. Mém. Ing. Agro., Inst. Nati. Agro., El-Harrach, 94 p.
- BISSAAD F.Z., 2001 – Etude comparative de l'effet du fipronil et d'un entomopathogène *Beauveria bassiana* Bals. sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (Orthoptera, Acrididae). Thèse Magister Scien. Agro., Inst. Nati. Agro., El-Harrach, 112 p.
- BOTTON A., FEVRE M., GAUTHIER S., GUY P. H., LARRENT J. P., REYMOUD P., SANGLIER J. J., VAUSSIEER Y. et VEAU P., 1990 – Moisissures utiles et nuisibles, importances industrielles. Ed. Masson, Paris, 364 p.
- BOUHACEIN M., 1999 – Effet de deux entomopathogènes (Hyphomycètes, Deuteromycotina), *Beauveria bassiana* (Balasmo) Veuillemin et *Metarhizium flavoviride* Gams et *Rozyspal* sur les métabolites hémolympatiques, l'hémogramme et les protéines circulaires chez *Locusta migratoria* (Linné, 1758). Mém. Ing. Agro., Inst. Nati. Agro., El-Harrach, 121 p.
- BRINKMAN M.A., FUELLER B.W. and HILL M.B., 1997 – Effect of *Beauveria bassiana* on migratory grasshoppers (Orthoptera, Acrididae) and nontarget yellow mealworms (Coleoptera : Tenebrionidae) in spray tower bioassays. J. Agri. Entomol., Vol. 14, n°2, pp : 121 – 127.
- 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.
- CHARA B., 1987 – Etude comparée de la bioécologie de *Calliptamus barbrus* (Costa, 1836) et de *Calliptamus watenwylanus* (Plentel, 1896) (Orthoptera, Acrididae) dans l'ouest algérien. Thèse Doc. Ing, de l'Univ. D'Aix-Marseille. 190 p.
- CHARA B., 1995a – Eléments sur la biologie et l'écologie du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775). Stage de formation de lutte antiacridienne. Ed. I.N.P.V-O.A.D.A., Alger, pp: 32-45.
- CHARA B., 1995b – Polymorphisme phasaire chez les acridiens. Stage de formation de lutte antiacridienne. Ed. I.N.P.V-O.A.D.A., Alger, pp:1-4.
- CHAUVIN R., 1956 – Physiologie de l'insecte. Le comportement. Les grandes fonctions écophysiologiques. Ed. INRA, Paris, 917 p.
- CHOPARD L., 1938 – Biologie des orthoptères. Ed. Paul Lechevalier, Paris, 541 p.
- CHOPARD L., 1943 – Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord. Ed. Librairie Larose, Paris, coll. « Faune de l'empire français », T1, 450 p.
- COULYBALY ADAMA A., 2002 – Effet de *Beauveria bassiana* (B) et *Metarhizium flavoviride* (G et R) sur l'hémogramme et les protéines de l'hémolymphe d'*Anacridium aegyptium* (L, 1764) (Orthoptera, Acrididae).. Mém. Ing. Agro., inst. Nati. Agro., El-Harrach, 99 p.
- DELGADO F.X., BRITTON J.H., LOBO-LIMA M.L., RAZAFINDRATIANA E. and SWEARINGEN W., 1997 – Small-scale field trials with entomopathogenic fungi against *Locusta migratoria* capito in Madagascar and *Oedalus senegalensis* in Cape Verde. New stratég. Locus. Contr., Verlag, pp: 171 – 176.

- DOUMANDI-MITICHE B., DOUMANDJI S. et BENFKIH L., 1992 – Données préliminaires sur la bioécologie de la sauterelle marocaine *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) à Ain Boucif (Médéa – Algérie). Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent., 57/3a, pp 659-665.
- DOUMANDJI-MITICHE B., HALOUANE F., CHAHBAR N., AGRANE S., MERABTI N., SEDDIK A. et DOUMANDJI S., 1997a – Note sur la présence de l'entomopathogène *Beauveria bassiana* (Hyphomycètes, Deuteromycotina) sur *Schistocerca gregaria* sur terrain à Adrar. Effet sur le rythme cardiaque et la respiration de cet acridien. Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent., 62 / 2b, 499 – 506.
- DOUMANDJI-MITICHE B., HALOUANE F., MERABTI N., SEDDIK A. et DOUMANDJI S., 1997b – Activité biologique de *metarhizium anisopliae* (Deuteromycetes, Moniliaeae) sur les larves L5 et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Orthoptera, Cyrtacantacridinae). Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent., 62 / 2b, 461 – 468.
- DOUMANDJI-MITICHE B., HALOUANE F., BENSAD 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, pp: 205 – 209.
- DOUMANDJI S. et DOUMANDJI-MITICHE B., 1994 – Criquets et sauterelles (Acridologie). Ed. Off. Publ. Univ., Alger, 99p.
- DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M., 1982a – Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche. Ed. CIRAD/ PRIFAS, Départ. G.E.R.D.A.T, Paris, T. I, 695 p.
- DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M., 1982b – Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche. Ed. CIRAD / PRIFAS, Départ. G.E.R.D.A.T., Paris, T. II, 1496 p.
- DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M. et RACHADI T., 1987 – Guide antiacridien du Sahel. Ed. CIRAD / Prifas, Départ. G.E.R.D.A.T, Montpellier, 343 p.
- ECHAUBARD M., et LE-BRAS S., 1981 – Effects of sterilising agents: hempa and X-rays on the carbohydrate level in the ovarian and adipose tissues of the housefly *Musca domestica* L. (Diptera - Muscidae). Bulletin de la Societe Zoologique de France. 106 : 2, pp : 149-165
- 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
- GEOTTEL M.S., 1991 – Des champignons comme agents de lutte biologique, pp : 122 – 132 in Lomer C.J. et Prior C., 1991 : Lutte biologique contre les acridiens. Compte rendu d'un atelier (29 avril – 1er mai), Bénin. Ed. C.A.B. International, Royaume Uni, 399 p.
- GIRARDIE A., 1991 – Régulation endocrinienne du développement, de la reproduction et du polymorphisme phasaire. La lutte anti-acridienne. Ed. Aupelf-uref, John lidday Eurotext, Paris, pp 119-127.
- 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.

- GREGORIO R., 1996 – Le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*, biologie et élevage : Durée de développement et rythme de ponte dans les conditions de laboratoire. Ed. C.A.U.P.P.A., Serv. Film Rech. Scien., Pau (France), 5 p.
- HADDADJ F., 2001 – Evaluation de l'activité biologique de l'entomopathogène *Beauveria bassiana* Bals (Hyphomycetes, Deuteromycotina) : efficacité sur la cuticule des L5 de *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae). Thèse magister Scien. Agro., Inst. Nati. Agro., El-Harrach, 96 p.
- HALOUANE F., 1997 – Cycle biologique de *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) et de *Locusta migratoria* (Linné, 1768) (Orthoptera, Acrididae). Efficacité de *Metarhizium anisopliae* (Metch) (Hyphomycetes, Deuteromycotina) et effet sur quelques paramètres physiologiques de *Schistocerca gregaria*. Thèse magister sci. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 235p.
- HALOUANE F., BENZARA A., DOUMANDJI-MITICHE B. et BOUHACEIN M., 2001 – Effet de deux entomopathogènes, *Beauveria bassiana* et *Metarhizium flavoviride* (Hyphomycetes, Deuteromycotina) sur l'hémogramme des larves de 5ème stade et des adultes de *Locusta migratoria* (Orthoptera : Acrididae). Jour. Orthop. Res., 10 (2) : 331 – 334.
- HEMOUR S., 2005 – Etude morphométrique et effet de deux champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* bals. et *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina, Hyphomycetes) sur quelques paramètres physiologiques de *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae). Mém. Ing. Agro., Inst. Nation. Agro., El Harrach, 103 P.
- 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.
- 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.
- JHONSON D. L., GOETTEL M. S., BRADLEY C., VAN DER PAAUW H. et MAIGA B., 1991 – Essais en plein champ du champignon *Beauveria bassiana* contre les criquets au Mali, en juillet 1990, pp : 298 – 313 in LOMER C. J. et PRIOR C. : Lutte biologique contre les acridiens. Compte rendu d'un atelier (29 avril – 1er mai), Benin. Ed. C.A.B. International, Royaume Uni, 399 p.
- KAIDI N., 2004 – Effet de la température et des milieux de cultures sur *Beauveria bassiana* Bals. (Hyphomycètes, Deuteromycotina). Activité biologique de cet entomopathogène vis-à-vis des imagos de *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae). Mémoire Ing., Inst. Nati. Agro., El Harrech, 115 p.
- KLEESPIES R. G. and ZIMMERMAN G., 1992 – Production of blastospores by three strains of *Metarhizium anisopliae* (Metch) Sorkin in submerged culture. Biocont. Sci. Tech., n°2, pp : 127 – 137.
- KLEESPIES R.G., HUGER A. M. and STEPHAN D., 2000 – Diagnosis and pathology of diseases from locusts and other orthopterans. Ed. G.T.Z. and B.B.A., Germany, 43 p.
- KOOYMAN C., AMMATI M., MOUMENE K., CHAOUCH A., et AHMED ZAID A., 2005 – Essai de GREEN MUSCLE® sur des nymphes du criquet pèlerin dans la Wilaya d'El Oued, Nord-Est Algérie. Rapport FAO- TAC 715, 23 p

- KOUASSI M., 2001 – Les possibilités de lutte biologique : emphase sur le champignon entomopathogène *B. bassiana*. Sci. Environ., Vol. 2, n°2, pp : 1 – 8.
- KOUCHA S., 1997 – Contribution a l'étude de quelques aspects de la biologie, la morphologie et l'alimentation du criquet migrateur *Locusta migratoria* (Orthoptere, Oedipodinae) au laboratoire. Mém. Ing. Agro., INES., Blida. 92 p.
- langerron n., 1945 – Précis de mycologie, mycologie médicale. Ed Masson et Cie, Paris, 676 p.
- 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.
- LATCHININSKY A. V. et LAUNOIS-LUONG M. H , 1997 – Le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) dans la partie nord-orientale de son aire d'invasion. Ed. CIRAD / PRIFAS, Montpellier, 192 p.
- LECOQ M., 1975 – Le déplacement par vol du criquet migrateur malgache en phase solitaire, leur importance sur la dynamique des populations et la grégarisation. Thèse, Doc., Paris, 272 p.
- LEE S. S., et WONG I. M., 1979 – The relations hip between food plants, haemolymph protein and ovarian development in *Oxya japonica willmense* (Orthoptera, Acridoidae). Bull.Ecol., T. 8, N°1, pp : 1-8
- LOMER C.J., et prior c., 1991 – Lutte biologique contre les acridiens. compte rendu d'un atelier tenu a l'inst. Internat. Agricult. Tropic., cotonou (Bénin), 383 p.
- LOUVEAUX A. et BENHALIMA T., 1987 – Catalogue des orthopteres Acridoidea d'Afrique du nord. ouest. Bull. Soc. Ent., France, T. 91, n°(3 – 4), pp : 73 – 87.
- MOREAU F., 1952 – Les champignons : physiologie, morphologie, développement et systématique. Ed. Le chevalier, Paris, T. I, pp : 42 – 58.
- MOUMENE K., 2002 – La transformation phasaise chez le criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* (FORSKAL, 1775) (Orthoptera-Acrididea) : Mécanisme et identification des caractéristiques écophysiologicals de la substance femelle de grégarisation. Thèse Doct. Biologie, Faculté des Sciences de Tunis : 109 p.
- MOUSSA A., 2003 – Effet de l'huile de neem (*Azadirachta indica*) sur quelques paramètres biologiques et physiologiques de *Locusta migratoria migratorioides* (R&F, 1850) (Orthoptera : Acrididea). Thèse Magister Sci. Agro., Inst. Nat. Agr., El-Harrach, 123 pp.
- OPENDER K. et MURRAY B., 1991 – Effet of azadirachtin on the dietary utilisation and development of the variegated Cutworm, *Peridroma saucia*. J Insect. Physiol., vol. 37, n°8, pp. 591-598.
- OULD TALEB M. et AMADOU D., 2001 – Field Demonstration of the Use of *Metarhizium anisoplae* for Desert Locust Control Using the Release – Sray-ecapture Method. Ed. FAO- EMPRES, 9 p.
- OUTTAR F. , 2006 – Effet de deux entomopathogènes, *Beauveria bassiana* Bals. et *Metarhizium anisoplae* var *acridum* Metch. (hyphomycètes, Deuteromycotina)

- sur l'état embryonnaire de criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (Cyrthacantacridinae, Acrididae). Mém. Ing. Agro., Inst. Nati. Agro., El-Harrach, Alger, 102 p.
- PAILLOT, 1933 – L'infection chez les insectes. Ed. Patissier, Paris, 471 p.
- PASQUIER R., 1934 – Contribution à l'étude 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.
- PRIOR C., 1993 – Les biopesticides contre les criquets. La recherche N° 251, Vol 24, pp 219-221.
- RACCAUD-SCHOELLER J., 1980 – Les insectes : physiologie et développement. Ed. Masson, Paris, 296 p.
- RATH A. C. et WORLEDGE D., 1995 – The effect of *Metarhizium anisopliae* (DATF.001) concentration and exposure time on the survival of the subtenanean pasture PEST, *Adorophorus couloni* (Col. Scarabeidae). *Entomophaga*. 40(1) pp : 35-45
- ROFFEY J., 1993 – Caractéristiques des débuts de recrudescence du criquet pèlerin. Lutte contre le criquet pèlerin par les techniques existantes, évaluation des stratégies. Compte rendu du séminaire de Wageningen Pays Bas 6-11 décembre 1993, pp. 57-64.
- SEDDIK A., 1994 – Développement ovarien et charge alaire du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (Orthoptera, Acrididae) et du criquet migrateur *Locusta migratoria cinerascens* (Binnot et Finnot, 1889) (Orthoptera, Acrididae) à Adrar – Cycle biologique du criquet pèlerin au laboratoire. Mem. Ing. Agro., Int. Nati. Agro., El-Harrach, 154 p.
- SELTZEER P., 1946 – Le climat de l'Algérie. Imp. La typo. Litho., Alger, 219 p.
- SKAF R., 1972 – Le criquet marocain au Proche-Orient et sa grégarisation sous l'influence de l'homme. Bull. Soc. Ecol. T. III. 3, pp 247-325.
- STEEDMAN A., 1988 – Manuel de lutte antiacridienne. Pest Overseas. Développement. Naturel, Ressources. Inst London XII, 180 p.
- SWEARINGER W.D., 1993 – Lutte biologique contre les acridiens. Lettre d'information du 19 octobre. Surveillances des acridiens du Sahel. CIRAD-P.R.I.F.A.S., Montpellier, pp. 17-20
- THADDEE M., 1999 – Utilisation de dérivés de graines de neem pour lutter contre le charançon cosmopolite *Sordidus gremar* (Coleoptera-Curculionidae) et le complexe de nématodes parasites du bananier. Thèse PHD, Univ. Keyatta, Kenya, 180 p.
- 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. Ed Pesticide action Network (PAN) Africa, Dakar, n°23, 23p.
- UVAROV B.P., 1977 – Grasshoppers and Locusts. A Handbouk of general cridology. Vol. 2. CambridgeUniv. Press, 613 p.
- WIGGLESWORTH B., 1972 – The principles of insects physiology. Ed. Chapman and Hall, London, New York, 827 p.

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

ZOLOTAREVSKY B., 1946 – Les phases acridiennes et l'invasion du criquet migrateur dans la Gironde. *Annales des Epiphyties, Série Entomologie* N° 3, T. XII, 14 p.

## Bibliographie consultée mais non citée dans le texte

ANONYME, 1991 – Surveillance des acridiens au Sahel. *Lettre S.A.S.*, n°2, pp : 5-8.

ANONYME, 1992 – Surveillance des acridiens au Sahel. *Lettre S.A.S.*, n°3, pp : 11 -14.

ANONYME, 1997 – *Statistica, version 5.1*. Ed. Statsoft, France.

AWAD.E.W. SAADE F.E. and AMIRI M.H., 1997 – Effet of azadirachtin on the nutrition, development and biogenic amine levels in Eastern Death's Head hawk moth *Acherontia styx* (Lepidoptera : Sphingidae). *Exp. Biol. Online*, pp.16-24.

AZMI M. A., NAQVI S. N. H., AHMADI., TABASSUM R. and ANBREEN B., 1998 – Toxicity of neem leaves extracts (NLX) compared with Malathion (57 E.C.) against late 3rd instar larvae of *Culex fatigans* (Wild Strain) by WHO method. *Tr. Jour. Zool.* 22. pp. 213-218.

BALACHOWSKY A. et MESNIL L., 1936 – *Les insectes nuisibles aux plantes cultivées*. Ed. Etablis. Busson, Paris, T. II, 1018 p.

BARBOUCHE N., BENSALAH H., BENHAMOUDA M. H. et AMMAR M., 1995 – Incidences de l'alimentation à base de feuilles d'olivier (*Olea europea*) sur l'ovogenèse chez *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775). *Ann. de l'INRAT*, 68 : pp. 31-44.

BARBOUCHE N., COUILLAUD F., GIRARDIE J., AMAR M. et BENHAMOUDA M. H., 1996 – Action d'une alimentation à base de feuille de l'olivier (*Olea europea*) sur la biosynthèse in vitro de la JH III par les corpora allata chez *Schistocerca gregaria* au cours de la vitellogenèse. *Archs. Inst. Pasteur, Tunis*, 73 (1/2), pp. 9-12.

BARBOUCHE N., HAJJEM B., LOGNAY G. et AMAR M., 2001 – Contribution à l'étude de l'activité biologique d'extraits de feuilles de *Cestrum parqui* l'Herit. (*Solanaceae*) sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775). *Biotechnol. Agro. Soc. Environ.* (2). pp 85-90.

BEAUMONT A. et CASSIER P., 1983 – *Biologie animale : des protozoaires aux métazoaires épithelioneuriens*. Ed. Dunod, Paris, 954 p.

BEHMER S. T., RAUBENHEIMER D. and SIMPSON S. J., 2001 – Frequency - dependent food selection in locusts: a geometric analysis of the role nutrient balancing. *Animal Behaviour*, pp. 995-1005.

BENZARA A., 2004 – *Polymorphisme géographique de l'espèce Calliptanus barbarus* (Costa, 1836) (*Orthoptera : Acrididea*) en Algérie. Thèse Doct. État en Scien. Agro., Inst. nat. agro. d'El-Harrach, 154 p.

- BREDO H. et PASQUIER R., 1967 – *Manuel antiacridien*. Ed. organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 164 p.
- BUTTERWORTH J.H. and MORGAN E.D., 1971 – Investigation of the locust feeding inhibition of the seeds of neem tree *Azadirachta indica*. *J. Insect Physiol.*, Vol. 17, pp 903-924.
- CALVET C., 1980 – *Manuel de protection des végétaux*. Ed J. B. Baillière, Paris, 198 p.
- CHAPMAN R. F. and JOERN A., 1990 – *Biology of grasshoppers*, Ed. JOHN WILEY and SOHS, New York, 563 p.
- DAJOZ R., 1985 – *Précis d'écologie*. Ed. Masson, Paris, 505p.
- DOPSON, H. M., 2001 – *Lutte contre le criquet pèlerin. Directives sur le criquet pèlerin*. Ed F. A. O., ROME, 85 p.
- DOUMANDI-MITICHE B., 1995 – Eléments sur l'écologie des principales espèces nuisibles. *Stage de formation en lutte antiacridienne, 17 – 27 septembre, Alger*. Ed. INPV – OADA, pp: 68 – 78.
- DURANTON J.F. et LECOQ M., 1990 – *Criquet pèlerin au Sahel*. Ed. CIRAD / Prifas, n°6, Montpellier, 183 p.
- GRASSE P.P., 1949 – *Traité de zoologie : Anatomie, systématique, biologie*. Ed. Masson et C<sup>ie</sup>, Paris, T. XII, 1117 p.
- HABES D., 1989 – *Effet de Bacillus thuringiensis sur l'intestin, les hémocytes et sur le métabolisme général de Thaumetopea pityocampa Schiff.* (Lepidoptera, Notodontidae). These magister physio. Anim., Inst. Sci. Nat., Univ. Annaba, 83 p.
- HADDADJ F., 1997 – *Efficacité du champignon entomopathogène Metarhizium anisopliae (Metch) (Hyphomycete, Deuteromycotina) sur S.gregaria (Forsk., 1775). Effet sur la respiration et le rythme cardiaque*. Mém. Ing. Agro., Inst. Nati. Agro., El-Harrach, 106 p.
- HAMADI K. 1998 – *Bioécologie de faune orthoptérologique en Mitidja, étude de l'activité biologique d'extraits de plantes acridifuges sur Aiolopus strepens (Latreille, 1804) (Orthoptera- Acrididae)*. Thèse magister, Inst. Nat. Agro., El-Harrach, 197 p.
- HURPIN B., 1962 – Alimentation, développement et fécondité chez les insectes. *Ext. Ann. Nutri. Alim.*, Vol. XVI., n° 6, pp 153-200.
- IDRISSI HASSANI L.M., OULD AHMADOU M.A., CHIHRANE J. et BOUAICHI A., 1998 – Effets d'une alimentation en *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur la survie et le développement ovarien du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forskal (Orthoptera-Acrididae). *Ethnopharmacologia* n° 23, pp 26-41.
- INGLIS G. D., DUKE G. M., KANAGARATNAN P., JHONSON D. L. et GOETTEL M. S., 1997 – Persistence of *Beauveria bassiana* in soil following application of conidia through crops canopies. *Mém. Entom. Soc. Canad.*, n°171, pp : 253 – 263.
- KABARU J. M. and GICHIA L., 2001 – Insecticidal activity of extracts derived from different parts of the Mangrove tree *Rhizophora mucronata* (Rhizophoraceae) LAM. *Against three arthropods, AJST*, Vol. 2, pp 44-49.
- KAMOUN P., 1977 – *Appareils et Méthodes en biochimie*. Ed. Flammarion & Cie, Paris, 236 p.

- KARA F. Z., 1997 – *Etude de quelques aspects écologiques et régime alimentaire de Schistocerca gregaria (Forsk., 1775) (Orthoptera-Cyrtacanthacridinae) dans la région d'Adrar et en conditions contrôlées*. Thèse, Magistère, Scien., Agron., El-Harrach, 182 p.
- KEITH D. et KEVAN M. E., 1992 – Les agents de la lutte biologique existant en potentiels contre les Orthopteroïdes nuisibles, pp : 107 – 150 in Vincent C. et Coderred D., 1992 : *La lutte biologique*. Ed. Gaëtan Morin, Quebec, 67 p.
- LANE B. S., TRINCI A.P.J. and GILLESPI E., 1991 – Influence of cultural conditions on virulence of conidia and blastospores of *Beauveria bassiana*, the green leaf hopper *Nephotettix virescens*. *Res.*, n°7, pp : 829 – 833.
- LAUNOIS-LUONG M.H., LAUNOIS M. et RACHADI T., 1988 – *Lutte chimique contre les criquets du Sahel*. Ed. CIRAD/PRIFAS, Coll. "Acrid. Opérat." n°3, Montpellier, 83 p.
- LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M., 1989 – *Vade mecum des criquets du Sahel*. Ed. CIRAD / PRIFAS, Montpellier, n°5, 125 p.
- LAUNOIS-LUONG M.H. et POPOV G.B., 1992 – *Schistocerca gregaria Forskal, (1775) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae)*. Ed. CIRAD/PRIFAS, 4 p.
- LECOQ M., 1991 – *Le criquet migrateur en Afrique et à Madagascar*. *Orthop. Soc.*, Ed. CIRAD / PRIFAS, France, 31p.
- LE GALL P., 1989 – Le choix des plantes nourricières et spécialisation trophique chez les Acridoidea (Orthoptères). *Bull. Ecol.*, T. 20, 3, pp. 245-261.
- LEPESME P., 1938 – Note préliminaire sur la cytologie du sang des acridiens. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, T. XXIX, pp : 241 – 250
- LOUVEAUX A., 1977 – Capacité de régulation de la prise de nourriture et de développement des larves de 5<sup>ème</sup> stade de *Locusta migratoria* (Orthoptera-Acrididae) dans différentes conditions de jeûne et de température. *Ann. Nut. Alim.*, n° 31, pp. 85-103.
- MAHDJOUR N. 1988 – Le problème du criquet pèlerin et les perspectives de sa solution. Bureau Régional FAO/Accra, Ghana. *Nature et Faune*, 4 : pp 16-20.
- MARTIN S., ROBERSTON L. and RALPH E., 1994 – Effect of Neem seed extract upon the Gypsy Moth (Lepidoptera : Lymantriidae) and its nuclear polyhedrosis virus. *J. Econ. Entomol.* 87 (2), pp. 356-360.
- MASSON M., 1989 – *Locustes et sauteriaux : Le criquet migrateur africain : Biologie et lutte*. Ed. Bayer, Hevertusen, 39p.
- MASSON M. et MCHIVE F., 1993 – Le criquet migrateur africain, biologie et lutte. Ed. Bayer. Division phytosanitaire, Hevertusen, R.F.A., pp : 18 – 20.
- MAUCHAMP B., 1990 – Endocrinologie du développement : Régulateurs de croissance, analogues d'hormones et antihormones. *Journée techniques, Caraïbes*, 147-162 pp.
- MEHENNI M., 1996 – *Régime alimentaire de Schistocerca gregaria (Forsk., 1775) dans la région d'Adrar*. Mém. Ing. Agro., Inst. Nati. Agro., 125 p.



- MONARD A., 1988 – Gregarious mature male of *Schistocerca gregaria* (Les criquets une menace pour l'agriculture mondiale, un défi pour la recherche agronomique). *Brochure. Semaine de la science, Paris, 8p.*
- MORDUE A.J. and BLACHWELL A., 1993- Azadirachtin : an update. *J. Insect. Physiol.*, Vol. 39, n° 11, pp 903-924.
- MORLEY DAVIES J., MOORE D. and PRIOR C., 1995 – Screening of *Metarhizium* and *Beauveria* sp., conidia with exposure to stimulated sunlight and of temperature. *Mycol. Res.*, Vol. 100, pp : 31 – 38.
- MOUHIM A., 1989 – *Contribution à l'étude de la bio-écologie de Schistocerca gregaria* (FORSKAL, 1775) (Orthoptera-Acrididea) en phase grégaire dans la nature au Maroc. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle agronomie. Institut Agro. Et Veter. HASSAN II, Maroc, 92 p.
- MOUMENE K., 1997 – *La transformation phasaire chez le criquet pèlerin, Schistocerca gregaria* (FORSKAL, 1775) : Mécanisme et action de l'alimentation. Mémoire de D.E.A. en Ecologie Animale. Faculté des Sciences de Tunis : 36 p.
- MOUMENE K., AMMAR M., BARBOUCHE N., HAJJEM B. et BENHAMOUDA M. H., 2001 – Identification d'un composé de la matière spumeuse responsable de la grégarisation chez le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Orthoptera – Acrididae). *Ann. I.N.R.A.T., Tunisie, n°74, pp : 99 – 111.*
- NUREIN H.O.M., 1989 – Le criquet pèlerin. Révision des locustes et sauteriaux. *Ed. Bayer, Levertusen, 39 p.*
- OULDRAOGO A., 1996 – Conditions d'infection des acridiens par l'hyphomycète entomopathogène, *Metarhizium flavoviride* et variabilité de tolérance aux conditions climatiques des isolats fongiques candidats à la lutte antiacridienne. *Sécheresse, n°2, Vol. 7, pp : 158 – 159.*
- OULD AHMADOU M. L., BOUICHI A. et IDRISSE HASSANI L. M., 2001 – Mise en évidence du pouvoir répulsif et toxique de *Glinus lotoides* (Aizoacées) sur les larves du criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* Forskal (Orthoptera : Acrididea). *Zool. baetica, 12 : pp. 109-177.*
- OULD EL HADJ M. D., TANKARA DAN-BADJO A. et HALOUANE F., 2001 – Etude de la toxicité de trois substances acridifuges sur les larves du 5<sup>ème</sup> stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskal, 1775) (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae). *Journées techniques phytosanitaires, INPV, pp. 83-103.*
- OULD EL HADJ M. D., TANKARA DAN-BADJO A. et HALOUANE F., 2002 – Etude du cycle biologique de *Schistocerca gregaria* (Forskal, 1775) sur chou (*Brassica oleracea*). *Journées techniques phytosanitaires, INPV, pp. 86-91.*
- PASTRE A., SMOLIKOWSKI S. et THEWS G., 1988 – La lutte antiacridienne, dossier deltaméthrine. *Ed. Roussel UCLAF, Divis. Agro-vert, Paris, 127 p.*
- POPOV G. B. 1997- La lutte préventive par ceux qu'ils ont pratiqué. 43<sup>ème</sup> session du comité de la lutte contre le criquet pèlerin. CIRAD-GERDAT-PRIFAS, lettre SAS, 17 mars 1997, 4 p.

- POPOV G. B., LAUNOIS-LUONG M. H. et VANDERWEEL J.J., 1990 – Lesoothèques des criquets du Sahel. Ed. CIRAD / PRIFAS, Pays Bas, 153 p.
- POPOV G.B., DURANTON J. F. et GIGAULT J., 1991 - Etude écologique des biotopes du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) en Afrique du Nord occidentale. Ed. CIRAD/ Prifas, Minist. Coop. Dév. ONU, Cent. Coop. Inter. Rech. Agro. Dév., 743 p.
- PRIOR C., 1990 – Surveillance des acridiens au Sahel. *Lettre S.A.S.*, n°2, pp : 9 – 10.
- RACHADI T., 1990- Promesses et limites des insecticides chimiques en lutte antiacridienne, *Phytoma* N° 421. pp 53-59.
- RAHN R., 1977- Premiers résultats et problèmes méthodologiques concernant l'étude des rapports entre le milieu trophique et son consommateur : Cas de la stimulation sexuelle d'*Acrolepiopsis (Acrolepia) Assectella* Z. (Lep. *Plutellidae*) par *Allium porrum*. *Colloques internationaux du CNRS, Comportement des insectes et milieu trophique*, N° 265, 13-17 Septembre, Ed. C.N.R.S. Paris. pp.337-349.
- RAO P.J. and SUBRAHMANYAM B. 1986- Azadirachtin induced changes in development, food utilisation and haemolymph constituents of *Schistocerca gregaria* (Forsk.). *J. Appl. Ent.*, 102, pp. 217-224.
- RAPILLY F., 1968 – Les techniques de mycologie en pathologie végétale. *Ann. Epiphyties*, 19, 102 p.
- ROBERT P. A., 1972 – *Les insectes : Aptères, Archiptères, Orthoptères, Coléoptères et Névroptères*. Ed. Delachaux & Niestlé, Suisse, T I, 270 p.
- RUNGS CH., 1944 – Végétaux toxiques pour les adultes de *Schistocerca gregaria* Forsk., 1775. *Variétés* : pp 37-41.
- SCANLAN J. C., GRANT W. E., HUNTER D. M. et MILNER R. J., 2001- Habitat and environmental factors influencing the control of migratory locusts (*Locusta migratoria*) with an entomopathogenic fungus (*Metarhizium anisopliae*), *Ecological Modelling* 136, pp 223-236.
- SINOIR Y., 1968 – Etude de quelques facteurs conditionnant la prise de nourriture chez les larves du criquet migrateur, *Locusta migratoria migratorioides* (Orthoptera, Acrididae). *Ent. Exp. & Appl.* 11 : North -Holland Publishing co., Amsterdam, pp 443-449.
- 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.
- SUBRAHMANYAM B., MULLER T. et REMBOLD H., 1989 – Inhibition of turnover of neurosecretion by azadirachtin in *Locusta migratoria*. *J. Insect. Physiol.* N° 35, pp 493-500.
- SYMMONS P. M. et CRESSMAN K., 2001 – *Biologie et comportement du criquet pèlerin*. Directives sur le criquet pèlerin, F. A . O., Rome, 43 p.
- TAIL G., 1998 – *Action de quelques substrats alimentaires sur quelques paramètres biologiques de Schistocerca gregaria* (FORSKAL, 1775) (Orthoptera-Acrididea). *Efficacité entomopathogène de Pseudomonas fluorescens* (Pseudomonadaceae) sur quelques paramètres physiologiques du criquet pèlerin. Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El Harrach, 190 p.

- TAWFIK M.I., TANAKA S., DE LOOF A., SCHOOF S. L., BAGGERMAN G., WAEKENS E., DERUA R., MILNER Y., YERUSHALMI Y. and PENER M. P., 1999 – Identification of the gregarization-associated dark-pigmentotropin in locusts through an albino mutant. *Proc. Nat. Acad. Sci., Vol. 96. USA, pp. 7083-7087.*
- THIERY D. et MASSON C., 1990 – Détection des signaux allélochimiques volatils et comportement des insectes phytophages. Rencontre Caraïbes en lutte biologique, Guadeloupe, Antilles françaises, 5-7 Novembre. Ed. ACTA-INRA. pp 109-119.