

ETUDE DE L'EFFET DE DEUX CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGENES *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* SUR LE COMPORTEMENT ALIMENTAIRE DE *Schistocerca gregaria*

MILAT-BISSAAD Fatma Zohra^{1*}, BOUNACEUR Farid², HALOUANE Fatma¹,
OUTTAR Fahima³ et DOUMANDJI-MITICHE Bahia³

⁽¹⁾Département de biologie, Faculté des Sciences, Université M'Hamed Bougara,
BP 35000 Boumerdès, Algérie Email : bissaad@yahoo.com

⁽²⁾Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Ibn Khaldoun,
BP 14000 Tiaret, Algérie Email : fbounaceur@yahoo.fr

⁽³⁾Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie (ENSA), Département de Zoologie Agricole et Forestière,
Hassan Badi, Belfort, El Harrach 16200 Alger, Algérie Email : doumandjimitiche@yahoo.fr

Résumé- Dans le présent travail il est noté que les deux champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum*, traités par ingestion ont affecté l'évolution pondérale des larves L_5 de *Schistocerca gregaria*. L'examen des résultats montre de même que le gain de poids moyen après 9 jours de traitement chez les larves du lot témoin est de 0,4230g. Il est de 0,159g pour celles traitées au *B. bassiana*. Par contre chez les larves traitées avec le *M. anisopliae* leur gain de poids est très réduit, il est de 0,011g. Concernant la consommation initiale des L_5 de *S. gregaria*, elle débute au 1^{er} jour avec 0,716±0,086g pour les témoins contre 0,05±0,008g et 0,691±0,083g respectivement chez les traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae*. Cette consommation augmente et diminue au cours du temps et atteint des valeurs soit supérieures ou inférieures aux valeurs initiales jusqu'à atteindre finalement au 9^{ème} jour 0,168±0,020g, 0,029±0,005g et 0,068±0,008g respectivement pour les témoins et les traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae*. Les indices nutritionnels de consommation et d'utilisation de la nourriture Coefficient d'Utilisation Digestive apparent (CUD_a), l'Efficacité de Conversion de la nourriture Digérée en matière corporelle (ECD) et l'Efficacité de Conversion de la nourriture Ingérée en matière corporelle (ECI) ont été aussi affectés par le traitement aux deux cryptogames.

Mots clés: *Schistocerca gregaria*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* var *acridum*, consommation, poids.

STUDY OF THE EFFECT OF TWO ENTOMOPATHOGENIC FUNGI *Beauveria bassiana* AND *Metarhizium anisopliae* var *acridum* ON THE FEEDING BEHAVIOR OF *Schistocerca gregaria*

Abstract- In this study we showed that the two entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* var *acridum* affected the weight change of 5th nymphal instar of *Schistocerca gregaria* (treatment by ingestion). Examination of these results also shows that the average weight gain after 9 days of treatment in nymphal of untreated batch is 0.4230 g. It is 0.159 g for those treated with *B. bassiana*. Against by larvae treated with *M. anisopliae* their weight gain is very limited, it is 0.011 g. On the initial consumption of 5th nymphal instar of *S. gregaria*, it starts at the first day with 0.716±0.086g for untreated against 0.05±0.008g and 0.691±0.083g respectively in treated *B. bassiana* and *M. anisopliae*. This consumption increases and decreases over time and reaches values either above or below the initial values until reaching the final day of the ninth 0.168±0.020 g, 0.029±0.005g and 0.068±0.008 g respectively for the untreated and treated to *B. bassiana* and *M. anisopliae*. Nutritional indices of consumption and food utilization apparent digestibility (CUD_a), efficiency of conversion of digested food into body matter (ECD) and efficiency of conversion of ingested food in body (CIS) are also shown been affected by the treatment with two fungi.

Keywords: *Schistocerca gregaria*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* var *acridum*, consumption, weight.

Introduction

Le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) est un acridien redoutable; par ses facultés migratrices démesurées entraînant des pertes de récoltes exceptionnelles dont les conséquences, sur le plan économique, social, et écologique sont désastreuses [1].

Face à ce fléau acridien, la lutte par l'utilisation des insecticides de synthèse demeure le moyen le plus envisagé. En revanche, l'usage massif de pesticides chimiques a entraîné des conséquences néfastes sur l'environnement, la faune, les hommes et les animaux sans pour autant affecter la fréquence d'invasion [2].

Ainsi, pour minimiser les répercussions négatives sur l'environnement, de nouvelles orientations ont été considérées et portent sur l'utilisation des organismes entomopathogènes comme moyen de lutte biologique. L'utilisation des biopesticides à base d'entomopathogènes a révélé des résultats encourageants. Des essais au laboratoire et en plein champs ont montrés l'efficacité insecticide de *Metarhizium anisopliae* (Metch) [3,4]. De nombreuses études ont été menées sur le pouvoir biocide de ces microorganismes vis-à-vis des insectes ravageurs des cultures, mais peu de travaux d'évaluation de leurs impacts sur l'environnement et de qualification en tant que pesticides écologiques sont réalisés [5]. Dans le présent travail, l'impact de deux champignons entomopathogènes soit *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* sur le comportement alimentaire des larves de 5^{ème} stade de criquet pèlerin est étudié.

1.- Matériel et méthodes

1.1.- Matériel biologique

- **Criquets** : Les essais portent sur des larves de 5^{ème} stade de *S. gregaria* provenant d'un élevage permanent maintenu au niveau du département de lutte anti-acridienne de l'Institut National de Protection des Végétaux d'El Harrach (Alger, Algérie). L'élevage est mené à une température de $30 \pm 5^\circ\text{C}$ sous un régime photopériodique de 12 heures de lumière et 12 heures d'obscurité et une humidité relative de 50 à 60%. Quant à l'alimentation, elle est à base de gazon *Stenotaphrum americanum*, et un complément de son de blé.

- Champignons entomopathogènes

***Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Ascomycota, Cordicipitaceae)**: La souche de *Beauveria bassiana* a été isolée à partir d'un apoïde qui a été trouvé au niveau du marais de Réghaia le 16 avril 2003 (36°46'N 03°20'E). L'isolement et l'identification de la souche ont été effectués au département de botanique de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'EL-Harrach en se basant sur la clé dichotomique de TKACZ et LANGE (2004) [6].

Metarhizium anisopliae* var. *acridum: La souche de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* (Isolat IMI: 330189) retrouvée sur un individu d'*Ornithacris cavroisi* (Finot, 1907) mort au Niger s'est avérée la plus virulente [7]. Cette souche a été obtenue du département de lutte antiacridienne de l'Institut National de la Protection des Végétaux (INPV) d'El Harrach, sous forme d'un biopesticide dénomé «Green Muscle» formulé en concentration huileuse de spores.

1.2.- Tests biologiques

Afin de réaliser cette étude, nous avons pris 90 larves L₅ femelles venant de muer pour les deux entomopathogènes et le témoin (eau distillée). Pour chaque produit, nous avons effectué 3 répétitions. Dans chaque répétition, nous avons réservé à chaque produit une boîte de dimensions : 37x18,5x12 cm contenant 10 larves. Celles-ci sont mises à jeuner pendant 24h afin de leur permettre de vider leur tube digestif et d'augmenter leur appétit.

Après 24h, nous avons marqué chaque larve au niveau du thorax par du vernis à ongles, puis donné à ces 10 larves 30g de gazon chacune. Pour l'évaluation de l'effet de ces deux champignons par ingestion, le gazon est pulvérisé séparément par 10ml d'une solution de chaque champignon (concentration de 10⁶ spores/ml) et par l'eau distillée pour le témoin.

1.3.- Effet sur l'évolution pondérale et le gain de poids

Le calcul de la moyenne pondérale quotidienne et le gain du poids des larves L₅ s'effectue à l'aide d'une balance de précision de (0,0001g). Les pesées des individus des différents lots, témoins et traités par les deux entomopathogènes sont effectuées quotidiennement. L'opération est suivie jusqu'à la mue imaginale ou jusqu'à la mort de l'individu. Le gain du poids, est exprimé par la différence entre le poids de l'insecte au dernier jour (9^{ème} jour) et son poids au premier jour.

1.4.- Effet sur l'activité alimentaire

Pour étudier l'action des 2 entomopathogènes sur le comportement alimentaire des L₅ de *S. gregaria*, le reste du végétal non consommé est récupéré quotidiennement avec les fèces excrétées par les insectes dans chaque lot. Ces derniers sont emballés dans du papier aluminium portant la nature de traitement et le jour de leur récupération. Ils sont ensuite séchés dans une étuve réglée à 100°C pendant 24h afin d'obtenir un poids sec. Parallèlement, trois quantités de 30g du gazon sont aussi séchées afin de connaître leur poids sec et déduire la quantité moyenne sèche du végétal donné aux insectes. La pesée des fèces et du végétal a été effectuée à l'aide d'une balance de précision (0,0001g) après les avoir récupérés de l'étuve.

- Effet sur la consommation journalière des larves L₅

Les pesées faites sur la matière sèche de l'aliment non consommé et sur les fèces des individus de chaque lot, permet de calculer la quantité d'aliment consommé (l'ingera) ainsi que celle rejetée sous forme de fèces (l'egesta).

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

Dans le but d'évaluer l'impact des deux champignons sur l'assimilation et la digestibilité de la nourriture ainsi que la transformation de cette dernière en matière corporelle, il est utilisé les indices nutritionnels donnés par WALDBAUER (1968) dont l'Indice de consommation (IC), Indice de croissance (ICr), le pourcentage d'efficacité de conversion de la nourriture ingérée (ECI), le pourcentage d'efficacité de conversion de la nourriture digérée (ECD) et le pourcentage du coefficient d'utilisation digestif apparent (CUD_a) [8].

1.5.- Analyse statistique

Les résultats sont rapportés sous forme de moyennes et comparées par le test two-way ANOVA. Le logiciel XL. STAT version 6.0 - ANOVA- d'intervalle de confiance de 95% est utilisé. Les différences entre les moyennes sont étudiées en utilisant le test de Newman et Keuls et sont considérées significatives à probabilité $P < 0,05$.

2.- Résultats

L'examen des données sur les pesées faites quotidiennement sur les larves L_5 traitées aux deux entomopathogènes, montre une différence significative entre les individus témoins et traités ($P < 0,05$). En effet, le poids moyen initial enregistré est de $1,10 \pm 0,06$ g chez les larves du lot témoins, de $1,09 \pm 0,14$ g chez les larves traitées au *B. bassiana* et $1,08 \pm 0,13$ g chez les traitées au *M. anisopliae*. Il est constaté que le poids augmente avec le temps et le développement des larves. Ensuite, il diminue et arrive à un poids moyen final au 9^{ème} jour de 1,52g pour larves témoins, de 1,25g pour celles traitées au *B. bassiana* et de 1,03g pour les L_5 traitées au *M. anisopliae* (fig. 1).

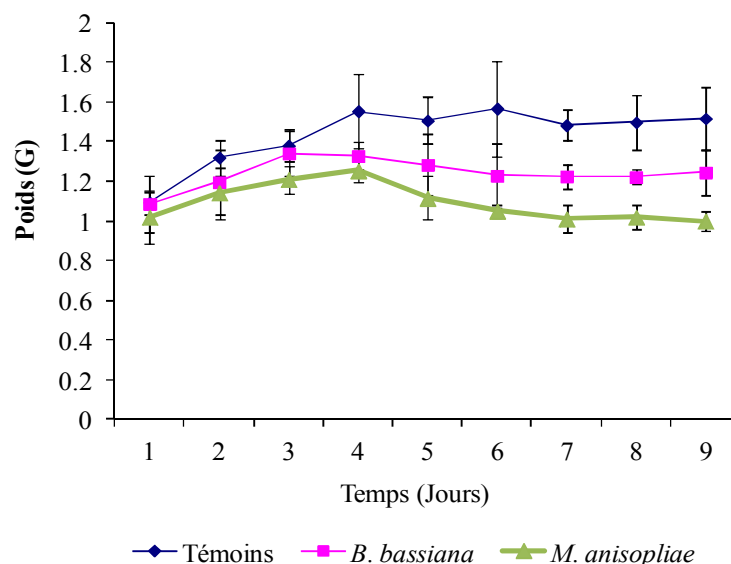


Figure 1- Évolution du poids des larves du 5^{ème} stade de *S. gregaria* témoins et traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae*

L'examen des résultats montre que le gain de poids moyen est remarquable chez les larves témoins avec une valeur de 0,423g. Chez les larves traitées au *B. bassiana*, il est moins important, de l'ordre de 0,159g. Il est encore moindre chez celles traitées au *M. anisopliae*, soit 0,011g (fig. 2).

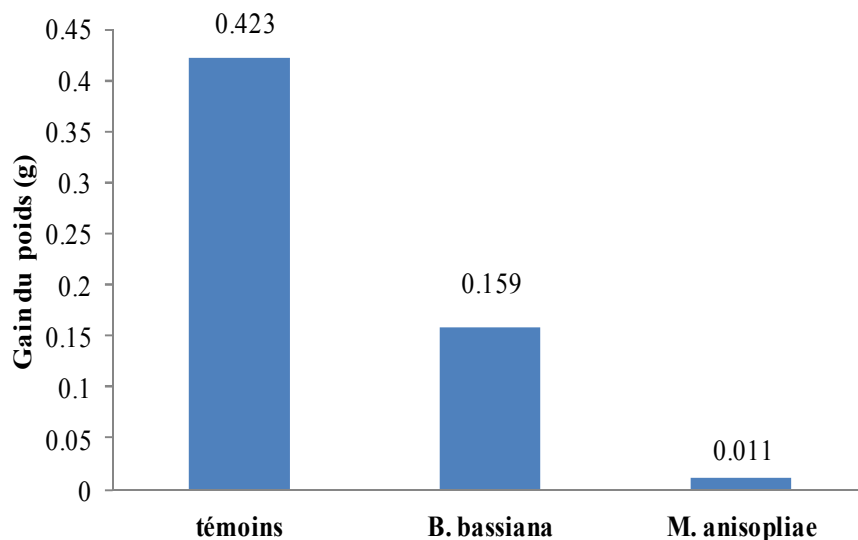


Figure 2.- Gain de poids chez les larves L₅ de *S. gregaria* témoins et traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae*

Il est remarqué que la consommation initiale débute au 1^{er} jour avec 0,716±0,086 g pour les larves témoins, contre 0,698±0,116g et 0,691±0,083g respectivement chez les L₅ traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae*. Ensuite, cette consommation augmente puis diminue au cours du temps et atteint des valeurs soit supérieures ou inférieures aux valeurs initiales. Au 9^{ème} jour, on a noté que chaque individu consomme une quantité de : 0,168±0,020g, 0,029±0,005g et 0,068±0,008g respectivement pour les larves témoins, les traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae* (fig. 3).

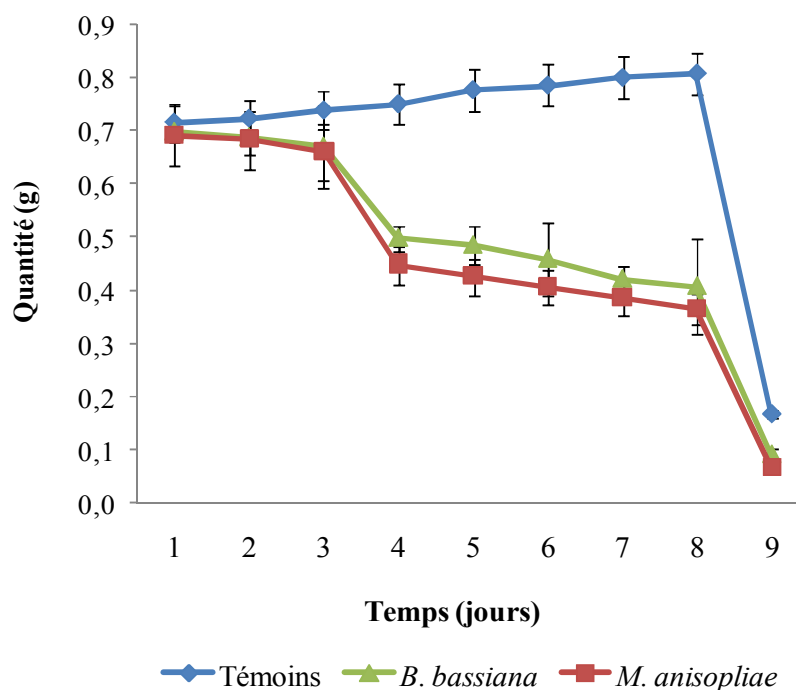


Figure 3.- Moyennes journalières de la quantité de matière sèche d'aliment ingéré par les L₅ de *S. gregaria* témoins et traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae*.

Les pesées réalisées quotidiennement sur les fèces des larves donnent des valeurs initiales au 1^{er} jour de traitement de $0,045\pm 0,008\text{g/individu}$, $0,698\pm 0,116\text{g/individu}$ et $0,691\pm 0,083\text{g/individu}$ respectivement pour les témoins et les traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae*. Le poids des excréments augmente puis diminue au cours du temps et atteint des valeurs soit supérieures ou inférieures aux valeurs initiales pour atteindre au 9^{ème} jour $0,042\pm 0,007\text{g/individu}$, $0,029\pm 0,005\text{g/individu}$ et $0,016\pm 0,003\text{g/individu}$ respectivement pour les témoins et pour les traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae* (fig. 4).

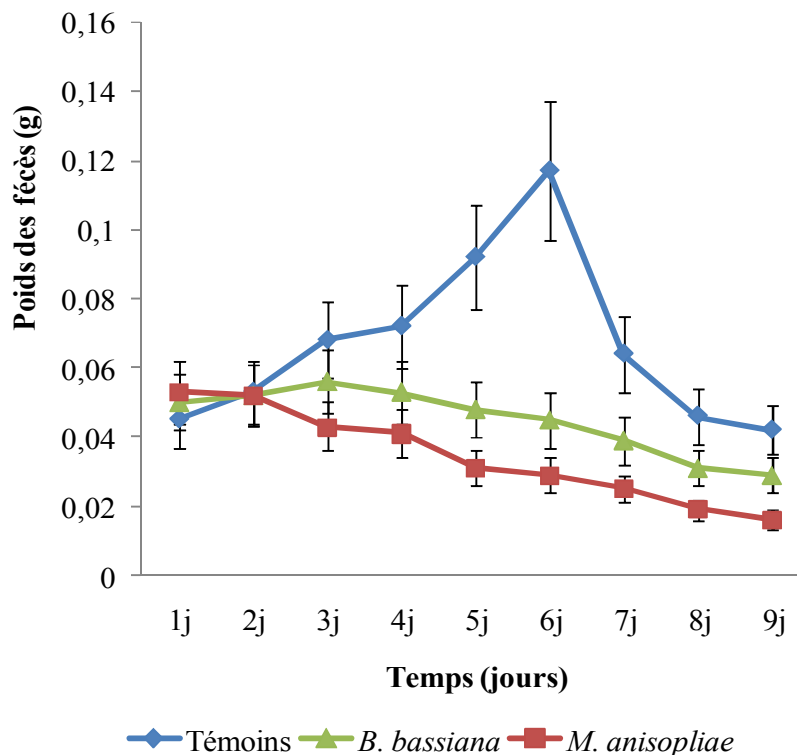


Figure 4.- Moyennes journalières de la quantité des fèces rejetées par les L₅ de *S. gregaria* témoins et traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae*

Les larves de *S. gregaria* traitées par les deux champignons entomopathogènes *B. bassiana* et *M. anisopliae var acridum* montrent une différence significative de moyennes des indices nutritionnels; Efficacité de Conversion de la nourriture Digérée en matière corporelle (ECD) et Efficacité de Conversion de la nourriture Ingérée en matière corporelle (E.C.I.) ($P < 0,05$) et non significative pour le Coefficient d'Utilisation Digestif (CUD_a) ($P > 0,05$) par rapport aux témoins. En effet, le taux du CUD_a se retrouve plus élevé chez les L₅ traitées au *M. anisopliae var acridum* comparativement à celle traitées au *B. bassiana* avec une moyenne de 92,83% et de 90,86% respectivement, suivi par les témoins avec une moyenne de 90,85% (fig. 5).

Concernant les deux indices nutritionnels ECD et ECI calculés chez celles-ci étaient respectivement de 2,9 et 59,89 chez les traitées au *M. anisopliae var acridum* et de 38,20 et 91,90 pour les larves infectées au *B. bassiana* alors que les témoins présentent des valeurs de 65,96 et 103,46 respectivement pour ces deux indices (fig. 6 et 7).

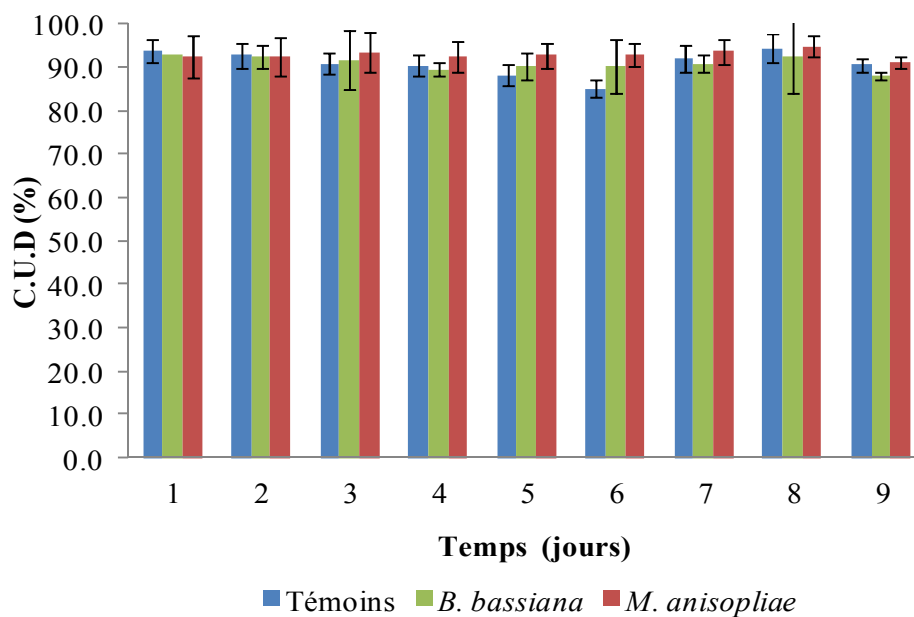


Figure 5.- Estimation des moyennes quotidiennes du coefficient d'utilisation digestive (CUD) chez les L5 témoins et traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae*

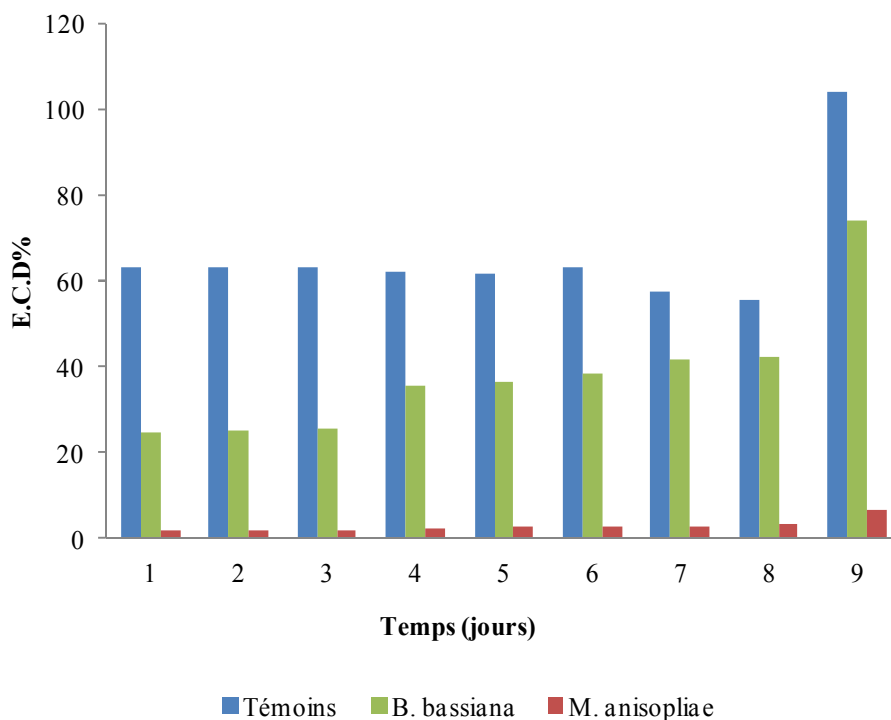


Figure 6- Estimation des moyennes quotidiennes de l'Efficacité de Conversion de la nourriture digérée en matière corporelle (ECD) chez les L₅ de *S. gregaria* témoins et traitées par *B. bassiana* et *M. anisopliae*

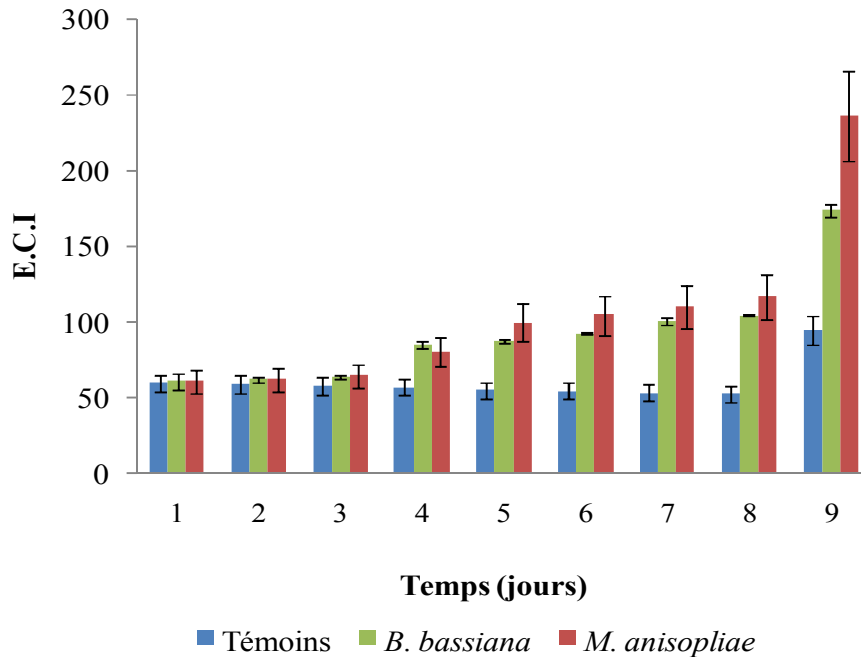


Figure 7.- Estimation des moyennes quotidiennes de l'Efficacité de Conversion de la nourriture Ingérée en matière corporelle (ECI) chez L₅ de *S. gregaria* témoins et traitées par *B. bassiana* et *M. anisopliae*

3.- Discussion

Les résultats obtenus, présentent une différence significative concernant l'évolution pondérale et le gain de poids des L₅ témoins et traitées aux deux entomopathogènes ($P < 0,05$). Concernant les larves témoins on peut dire qu'elles s'alimentent chaque jour le plus normalement possible ce qui entraîne une augmentation de leur poids et par conséquent un gain de poids remarquable. Cependant, ce poids diminue au moment de la mue avec l'exuviation de l'acridien. Par contre, le traitement des larves par ces deux cryptogames infecte et perturbe l'alimentation de ces dernières, ce qui explique la perte de leur poids avant la mort.

Plusieurs études ont été effectuées dans le but d'examiner l'effet de certaines infections microbiologiques sur la croissance et l'évolution pondérale d'un certain nombre d'acridiens parmi lesquels, ceux effectués par HEMOUR (2009) [9], qui a confirmé que le traitement au *M. anisopliae* var *acridum* par une application topique sur le criquet pèlerin, entraîne une diminution de la croissance pondérale des adultes femelles et réduit faiblement le poids des imagos femelles. OUTTAR (2009), ayant administré ce champignon, par deux modes d'application : un par contact et l'autre par ingestion, aux L₅ du criquet migrateur a noté une différence non significative entre le poids et le gain du poids des larves traitées par contact [10]. Par contre, cette différence est significative pour celles traitées par ingestion. ALLAL-BENFEKIH (2006) qui, après avoir testé des toxines du *Bacillus thuringiensis* sur la croissance des larves de *Locusta migratoria*, a mentionné que la diminution de la croissance observée chez les individus infectés serait due soit à une inhibition de la prise de nourriture sous l'effet des toxines sur le système nerveux ou alors, dans le cas contraire, la perte de poids serait due à l'altération de l'intestin où s'effectue la digestion [11].

Notre hypothèse par rapport à ces résultats est que la diminution de la prise de nourriture

notée chez les larves infectées par les deux champignons serait peut être liée à une diminution d'appétit chez les larves traitées et lorsque la biomasse fongique est importante, les insectes ne pouvant plus absorber assez de nutriment meurent effectivement de faim [12].

DJAZZAR (2007) note une reprise de l'activité alimentaire après la mue chez tous les stades larvaires de *S. gregaria* traités par contact avec *M. anisopliae* var. *acridum* [13]. Cet auteur mentionne que cette reprise d'appétit pourrait être due à l'inhibition de l'action de l'entomopathogène, par des phénomènes physiologiques liés à la mue ou à un système de défense qui se trouve performant entre deux exuvies. Concernant le comportement alimentaire, des études effectuées au laboratoire et sur terrain ont révélé par contre que le champignon *M. anisopliae* var *acridum* aurait tendance à réduire la prise de nourriture des criquets infectés. Parmi ces dernières on peut citer celle réalisée par THOMAS *et al.*, (1998) cités par LOMER (1999) qui indiquent une réduction de l'activité alimentaire chez les individus de *S. gregaria* infectés provoquant la mort plus tard ou dans la journée qui suit le traitement [14]. ARTHUR et THOMAS (2000) ont obtenu une baisse de prise de nourriture à partir du 2^{ème} jour suivant l'infection des individus de *Locusta pardalina* [15]. De même, les travaux effectués par SIEGLAFF *et al.*, (1997) ont montré que ces deux champignons diminuent le taux de consommation de *Schistocerca americana* de 36,6% [16]. Cette baisse de consommation est constatée aussi par SEYMOUN *et al.* (1994) en appliquant le *Metarhizium flavoviride* sur le criquet pèlerin [17].

Chez *Schistocerca piceifrons piceifrons*, HERNANDEZ-VELAZQUEZ *et al.* (2007) ont remarqué une baisse d'alimentation importante suite à un traitement par injection à base d'une souche mexicaine de ce champignon (Ma PL40) [18]. De même, OUTTAR (2009) a remarqué une réduction d'alimentation des larves L₅ de *Locusta migratoria* par deux modes d'infection, contact et ingestion au *M. anisopliae* var *acridum* [10].

Le poids des fèces des L₅ traitées est moins important que celui des témoins. Cette différence est due à l'effet de traitement; il a été déjà noté que les deux champignons provoquent une diminution dans la prise de la nourriture et par conséquent ont un effet sur le rejet de leurs excréments. De même, l'application de *M. anisopliae* var *acridum* par deux types de traitement (par contact et par ingestion) sur les L₅ du criquet migrateur par OUTTAR (2009) a entraîné une baisse du poids des fèces des larves traitées par rapport aux témoins [10]. Toutefois, HEMOUR (2009) a enregistré une augmentation du poids des excréments chez les adultes de criquet pèlerin traités par une dose sub-léthale de *M. anisopliae* var *acridum* [9]. Ce phénomène peut s'expliquer par l'intensité de la consommation notée chez les insectes traités par ce cryptogame. L'extrait d'alcaloïdes des feuilles de *Calotropis procera* en végétation entraîne une perte en eau sous forme de fèces très hydratée et de transpiration intense chez les larves et les imagos de criquet pèlerin [19].

La diminution des rapports de la conversion de la nourriture ingérée ECI et digérée ECD chez les larves traitées par les criquets infectés par la dose subléthale de l'entomopathogène en phase pré-reproductive peut être expliquée par les troubles physiologiques liés à la fièvre comportementale que peut engendrer le cryptogame [15]. Une augmentation des mouvements du corps et de la locomotion à partir du 3^{ème} jour suivant l'infection peut être observée. En effet, le taux des deux indices ECI et ECD est influencé par l'importance de la quantité d'énergie consommée pour assurer les fonctions physiologiques et l'activité générale de l'insecte, car au fur et à mesure que la production de l'énergie est grande, les taux de ces indices diminuent [20].

Des résultats similaires ont été trouvés chez les adultes de *S. gregaria* traités à la dose

sublétales de *M. anisopliae* var. *acridum* par Hemour (2009) qui a enregistré une prise de nourriture importante avec un taux plus élevé chez les insectes traités pour le CUD et des taux faibles chez les individus traités pour ECI et ECD par rapport aux témoins [9]. Aussi, OUTTAR (2009) a noté une différence non significative entre le CUD, ECI, et ECD des larves de criquet pèlerin traitées au *M. anisopliae* var. *acridum* par rapport aux témoins qui présentent des taux plus élevés pour le 1^{er} indice et des taux plus faibles pour les deux autres indices [10].

L'étude de comportement alimentaire des L₄ de *S. gregaria* en vers *Glinus lotoides* (Aizoaceae) a montré que, les larves ont très peu consommé *G. lotoides*, et par conséquent leur CUD_a est faible par rapport à ceux des témoins. L'assimilation digestive est insignifiante, par conséquent elle entraîne une perte sensible du poids des ces dernières [21].

4.- Conclusion

A travers cette étude, il en ressort a montré que les deux champignons entomopathogènes *B. bassiana* et *M. anisopliae* var. *acridium* ont perturbé la prise alimentaire des L₅ de *S. gregaria* ce qui a engendré une perte de poids chez ces individus. Le calcul des indices notionnels de consommation et d'utilisation de la nourriture a révélé une différence notable chez les larves traitées comparativement aux témoins.

Aussi, en plus de leurs effets toxiques sur les acridiens ils provoquent une baisse de l'alimentation ce qui minimise les dégâts des criquets sur les cultures traitées.

Références bibliographiques

- [1].- Duranton J. F. et Lecoq M., 1990.- Criquet pèlerin au Sahel. Ed. Cirad/Prifas, Collection Acridologie Opérationnelle, n°6, Montpellier, 183 p.
- [2].- Everts J. W., 1990.- Environmental effects of chemical locust and grasshoppers control (A pilot study) ECLO/SEN/ 003/NET Project Report, FAO, Rome, 277 p.
- [3].- Greathead D. J., Kooyman C., Launois-Luong M. H. et Popov G. B., 1994.- Les ennemis naturels des criquets du Sahel. Ed. Cirad / Prifas, Collection Acridologie Opérationnelle, n°8, Montpellier, 147 p.
- [4].- Kooyman C., Aammati M., Moumene K., Chaouch A. et Zeyd A., 2005.- Essai de Green Muscle sur les nymphes du criquet pèlerin dans la Wilaya d'El Oued Nord Est Algérie. FAO, n°715, 22 p.
- [5].- Jenkins N. E. et Thomas M. B., 1996.- Effect of formulation and application method on the efficacy of aerial and submerged conidia of *Metarhizium flavoviride* for locust and grasshopper control. Pestic. Sci., 46: 299-306.
- [6].- Tkacz J. C. and Lange L., 2004.- Advances in fungal biotechnology for industry, agriculture, and medicine. Ed. Library of congress cataloging, New York, 419 p.
- [7].- Zakaria O. et Sagnia S. B., 2003.- Lutte intégrée contre les sautériaux et les locustes: importance du biopesticide Green Muscle. Ed. Agrhymet, Niamey, 5 (3), 15 p.

[8].- Waldbauer G. P., 1968.- The consumption and utilization of food by insects. *Advan. Insect Physiol.*, 5: 229-288.

[9].- Hemour S., 2009.- Effet d'un bio-pesticide «Green Muscle» (*Metarhizium anisopliae* var. *acridum* IMI 330189) sur la reproduction du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forskål (1775) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae) en conditions contrôlées. Thèse Magister, Ecole. Nati. Sup. Agro., El Harrach, 163 p.

[10].- Outtar F., 2009.- Effet de deux entomopathogènes, *Beauveria bassiana* Bals. et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* Metch. (Hyphomycètes, Deuteromycotina) sur l'état embryonnaire de criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae). *Mém. Ing., Inst. Nati. Agro., El Harrach*, 102 p.

[11].- Allal-Benfekih L., 2006.- Recherches quantitatives sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Orth. Oedipodinae) dans le Sahara algérien. Perspectives de lutte biologique à l'aide de microorganismes pathogènes et de peptides synthétiques. Thèse. Doc. Sci. Tech. Sant., Inst. Nati. Agro., El Harrach, 140 p.

[12].- Kooyman C., 2007.- *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*, la matière active du Green Muscle®, pp.11-13, Atelier international sur l'avenir des biopesticides en lutte contre le criquet pèlerin, Saly, Sénégal 12-15 février 2007. Ed. The orthopterist's society, 32 p.

[13].- Djeddar M., 2007.- Effet d'un biopesticide «Green Muscle» sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) et impact sur quelques composantes des écosystèmes. Thèse Magister, INA, Alger, 143 p.

[14].- Lomer C. J., 1999.- Phase 3 final report. LUBILOSA (Lutte Biologique contre les Locustes et les Sauteriaux). Biological Locust and Grasshopper Control Project. Ed. CABI, IITA, Cotonou, Benin, 73 p.

[15].- Arthur S. and Thomas M. B., 2000.- Behavioural changes in *Schistocerca gregaria* following infection with a fungal pathogen: implications for susceptibility to predation. *Ecological Entomology*, 26: 227-234.

[16].- Sieglaff D. H., Pereira R. M. and Capinera J. L., 1997.- Pathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium flavoviride* (Deuteromycotina) to *Schistocerca americana* (Orthoptera: Acrididae). *J. econ. Entom.*, vol. 90, 6: 1539-1545.

[17].- Seyoum E., Moore D. and Charnley A. K., 1994.- Reduction in flight activity and food consumption by the Desert Locust, *Schistocerca gregaria*, Forskål (Orth., Cyrtacanthacrinae), after infection with *Metarhizium flavoviride*. *J. Appl. Entomol.* 118: 310-315.

[18].- Hernandez-Velazquez V. M., Berlanga-Padilla A. and Toriello C., 2007.- Reduction of feeding by *Schistocerca piceifrons piceifrons* (Orthoptera: Acrididae), following infection by *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*. *Florida Entomologist*, vol. 90, (4): 786-789.

[19].- Abbassi K., Ataya Kadiri Z. et Ghaout S., 2004.- Activité biologique des feuilles de *Calotropis procera* (Ait. R. Br) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*, Forsk. 1775). *Zool. baetica*, vol. 15 : 153-166.

[20].- Mordue A. J. and Hill L., 1970.- The utilization of food by the adult female desert locust, *Schistocerca gregaria*. Ent. Exp. & appl. North-Holland Publishing co., Amsterdam, 13: 352-358.

[21].- Ould Ahmedou M. L., Bouaichi A. et Idrissi Hassani L. M., 2001.- Mise en évidence du pouvoir répulsif et toxique de *Glinus lotoides* (Aizoacées) sur les larves du criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* Forskål (Orthoptera, Acrididae). Zool. baetica, 12: 109-117.