



Online ISSN: 2353-0391

Algerian Journal of Natural Products

www.univ-bejaia.dz/ajnp

Type of the Paper (Article)

Effets des traitements avec le Green muscle® en milieu naturel (Nord-Ouest de l'Algérie) sur les larves de *Doclostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) et sur l'histologie du tégument

Arkam Fatima^{1,*}, Kara - Toumi Fatma Zohra², Tail - Halil Ghania³, Saidi Fairouz⁴

^{1,4} Laboratoire de Biotechnologie, Environnement et Santé, Université Saad Dahleb - Blida1, Algérie
^{2,3} Département de Biologie des Populations et des Organismes, Université Saad Dahleb - Blida1, Algérie.

* E-mail: fatima.arkam@yahoo.fr Tel: +213551738648

Received: 23/09/2017

/Accepted: 23/12/2017

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1129350>

Résumé : Notre étude vise l'évaluation de l'efficacité de Green muscle®, *Metarhizium anisopliae* var. *acidum*, et l'identification d'éventuels altérations cyto-architecturales de la cuticule des larves de criquet marocain. Les traitements sont réalisés par pulvérisation en Ultra-Bas-Volume avec trois concentrations, 50 g/ha, 25 g/ha et 12,5 g/ha. A différents temps après traitement (3, 5 et 7e jours), nous avons collecté des larves à partir des enclos de terrain témoins et traités. Au 9e jour après traitements, les efficacités moyennes sont 53.2%, 41,8% et 25,2% respectivement pour les trois doses appliquées. Des altérations histopathologiques sont apparues dès le 3e jour après infection, nous avons observé une disparition complète de l'épicuticule et une nette diminution dans l'épaisseur de l'exocuticule et de l'endocuticule. L'unité infectieuse du champignon entomopathogène, la spore, a été repérée dans les parties de la cuticule digérée.

Mots clés : *Metarhizium anisopliae* var. *acidum*, criquet Marocain, cuticule, altérations histopathologiques, spore.

Effect of the treatments with the Green muscle® in natural environment (North-western of Algeria) on the nymphs of *Doclostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) and on the histology of the tegument

Abstract: This study was undertaken in order to evaluate the effectiveness of the Green muscle®, *Metarhizium anisopliae* var. *acidum*, on the nymphs of the moroccan locust and to identify possible cyto-architectural deteriorations in the cuticle. The treatments were realized by spraying in Ultra-Low-Volume with three amounts, 50 g/ha, 25 g/ha and 12, 5 g/ha. At various times after treatment (3, 5 and 7th days), Nymphs were collected from the control and the treated enclosures of ground. At the 9th day after treatments, the average effectiveness are 53.2%, 41,8% and 25,2% respectively for the three amounts applied. Histopathologic disturbances were appeared since the third day of infection, we have observed a complete disappearance of the epicuticle and a sharp decline in the thickness of the exocuticle and endocuticle and that compared to the control nymphs cuticle. The infectious unit of the entomopathogenic fungi, the conidia, was spotted in parts of the cuticle digested.

Key words: *Metarhizium anisopliae* var. *acidum*, Moroccan locust, cuticle, Histopathologic alterations, conidia

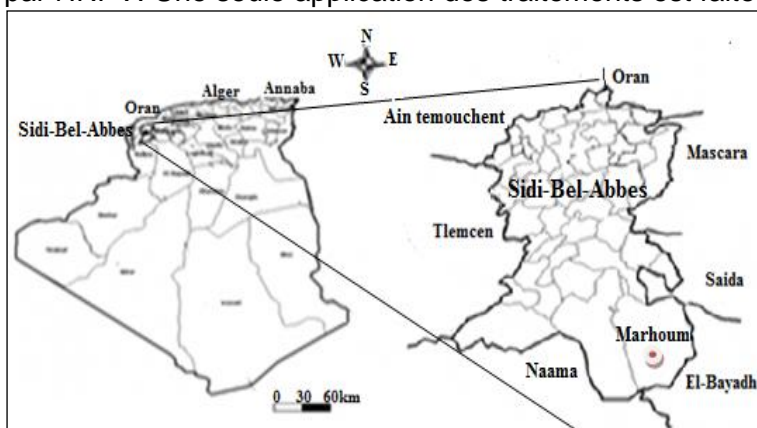
I. Introduction

Au niveau des hauts plateaux algériens, des pertes importantes en céréaliculture inquiètent tous les acteurs de la filière agricole; parmi les causes la pression du criquet marocain. Ces dernières années, les invasions de cet acridien se font plus rares. Cette situation résulte largement d'une meilleure connaissance du problème associée à l'apparition de nouveaux moyens de surveillance et de lutte [1]. L'arrêt de toute invasion acridienne nécessite, généralement, l'épandage d'énormes quantités d'insecticides sur de grandes surfaces. Cette pratique ne peut rester sans effets très néfastes sur les écosystèmes naturels sans pour autant affecter la fréquence des invasions [2]. Dans le but de la recherche des méthodes alternatives à la lutte chimique, le projet LUBILOSA (Lutte Biologique contre les Locustes et les Sautériaux) a mis sur le marché un produit à base de champignon appelé "Green Muscle". Ce biopesticide consiste en des spores du champignon entomopathogène *Metarhizium anisoplae* var. *acridum* (Deuteromycotina : Hyphomycetes) [3]. Le Green muscle agit principalement par contact et peut aussi affecter l'insecte par ingestion en se nourrissant sur la végétation traitée [2] et [4]. Le pathogène se multiplie dans l'hôte en lui causant des dommages par destruction des tissus, entraînant sa mort par septicémie ou toxémie [5]. Les champignons entomopathogènes peuvent causer par la suite une épidémie parmi les criquets [6]. Green muscle a fait l'objet de très nombreux tests sur des locustes et les criquets aussi bien dans les conditions de laboratoire [7] et [5] qu'en plein champ [2], [8], [9], [10], [11] et [4]. En Algérie, le produit a révélé des résultats encourageants comme a montré le test réalisé dans la région d'El-Oued conjointement par l'Institut National de la Protection des Végétaux (INPV) et l'Organisation Mondiale de l'Alimentation et de l'Agriculture (FAO) sur plus de 1400 hectares infestés de larves de criquet pèlerin [12]. La plupart des études de terrain avec Green muscle[®] ont principalement focalisé sur les taux de mortalité, de sporulation et les taux d'efficacité des traitements. Notre travail constitue une première dans l'étude de l'effet de green muscle sur la structure de la cuticule des criquets marocains traitées en milieu naturel. C'est dans ce cadre que ce travail s'inscrit. Son objectif principal est de contribuer aux efforts menés par la FAO afin de promouvoir l'utilisation précoce de green muscle[®] contre les premiers stades larvaires des criquets.

II. MATÉRIAUX ET MÉTHODES

II.1. Le lieu et la cible de l'expérimentation

Les traitements sont conduits en milieu naturel de la région Marhoum, située au Sud-Est de la Wilaya de Sidi-Bel-Abbes (Nord-Ouest de l'Algérie) aux points, latitude 34°26'45.61" Nord et longitude 00°11'42.08" Ouest (Figure1). La zone d'étude est steppique, connue comme un des foyers grégarigènes de *D. maroccanus* définis par Pasquier [13]-[14], Doumandji-Mitiche [15] et répertoriée par l'INPV. Une seule application des traitements est faite le 30 Avril 2016 entre 8h05 et 9h15 sur des



populations larvaires de troisième et de quatrième stade (L3 et L4) naturellement présentes dans leur biotope. Entre début et fin des traitements, la température et l'humidité, mesurées à l'aide d'un capteur psychromètre digital EP8707, ont varié de 15,7° à 18°C et de 44,4% à 51,8% respectivement, La vitesse du vent enregistrée par un ventilo-mètre, KESTREL 2000, varie entre 5 et 5,3 m/s.

Figure1: Localisation du site expérimentale

● Site d'étude

II.2. Préparation des inoculum

A fin d'évaluer la qualité de green muscle® avant application sur terrain, un test de germination est réalisé au laboratoire. Le test est décrit et utilisé par [3] et [4]. La viabilité des conidies est obtenue à 78,33%. D'après le manuel de Green muscle, si le taux de germination (le pourcentage de spores viables) est supérieur à 70%, maintenir la dose recommandée à 50 g/ha contenant environ $2,5 \times 10^{12}$ conidies. Nous avons choisi cette dernière comme la forte concentration. Nous avons testé également deux doses plus faibles à 25 g/ha ($1,25 \times 10^{12}$ conidies) et à 12,5 g/ha ($6,25 \times 10^{11}$ conidies). Les inoculum sont préparés le jour même du traitement. Pour chaque test, nous avons mélangé le poids en g de la poudre sèche de spores avec 200 ml d'huile végétale de tournesol. Après agitation pendant une demi-heure, nous avons complété le volume d'huile jusqu'à 2l dans le réservoir de pulvérisateur.

II.3. Dispositifs expérimentales et méthode de traitement

Nous avons délimité quatre parcelles de 2500 m² avec des balises. Dans chacune des parcelles, trois enclos de terrain de 9 m² chacun sont installés selon la présence des taches larvaires. Les enclos sont délimités par un film en plastique transparent, entouré sur des piquets en fer de 0,5 m de hauteur et bien enfoncés dans le sol (Figure 2-a). Les trois parcelles traitées au doses mentionnées sont séparées l'une de l'autre d'au moins 500 m et espacées de la parcelle témoin de plus de 800 m. Aucune pulvérisation n'a été effectuée dans la parcelle témoin. La méthode d'application de Green muscle® est conforme aux normes décrites par l'Organisation Européenne et méditerranéenne pour la Protection des Plantes (OEPP). La pulvérisation est faite en Ultra-Bas-Volume (UBV) par un Micronaire AU 8115 (Micron Sprayers Ltd.) monté sur un véhicule léger (Pick-up 4x4). (Figure 2-b). Seulement 0,5 l de chaque inoculum préparé est pulvérisé pour le traitement de parcelle de 2500 m². Le réservoir et les conduits de pulvérisation sont bien rincés entre les traitements. L'appareil est calibré pour un écoulement de produit de 0,7 l/min. L'espacement entre les passes de pulvérisation (**E**) est choisi à 30 m. Le volume totale dans le pulvérisateur (**V.T**) est 2l. La vitesse d'avancement du véhicule (**V**) est calculée à 7 km/h avec la formule suivante [16]. [17] :

$$\text{Débit (l /min)} = \frac{\text{V (km /h)} \times \text{E (m)} \times \text{VT (l)}}{600}$$

Des piquets sont implantés dans les parcelles traitées, distancés de 5m et disposés perpendiculairement au passage du véhicule de traitement. Une rangée de papiers oléosensibles est placée sur les piquets à une hauteur de 50 cm du sol (Figure 2-c). Les papiers sont retirés une heure après traitement. Sous une loupe graduée, la qualité de la pulvérisation a été estimée par le dénombrement et la mesure des diamètres des gouttelettes déposées sur les papiers et comparés aux normes [18] et [17]. Il n'est pas à exclure l'effet du faible nombre de gouttelettes obtenu lors de la pulvérisation dans ces conditions de traitement.

Vue leur impact sur le développement du champignon, la température et l'humidité sont mesurées régulièrement tout au long de la période de suivie (10 jours). Les conditions météorologiques enregistrées peuvent être considérées comme peu favorables pour le bon développement de *M. anisopliae*, avec des températures faibles atteignant 5°C et ne dépassant pas les 27°C et une humidité relative faible oscillant entre 10% et 60%.



Figure 2: Matériels et dispositifs de traitement au *M. anisopliae* dans de la région Marhoum. (a): enclos de terrain. (b) : appareil de pulvérisation (Micronaire, AU 8115). (c) : papiers oléo-sensibles implantés dans la parcelle traitée.

II.4. Les observations de terrain et suivis des fluctuations des larves de *D. maroccanus*

Au cours de l'essai, nous avons remarqué que les larves traitées sont progressivement frappés d'incapacité, elles sont devenues moins actives et moins voraces et prostrées dans les endroits ensoleillés pour augmenter la température corporelle et ralentir ainsi l'infection. Ces comportements augmentent la susceptibilité de la population acridienne à la prédation. Les larves mortes prennent une coloration rougeâtre et se momifient. Nous avons observé également des criquets morts ayant des déformations morphologiques suite à des mues larvaires bloquée ou mal réussie révélant un aspect froissé, onduleux et desséché. Quelques larves ont réussies leurs mues, cela est constaté en trouvant des larves de 5^e stade dans les enclos traités à 12,5 g/ha. Les larves mortes sont séchées à l'air libre pendant 24 h puis mises dans des boîtes de pétri contenant du papier imbibé d'eau pour le maintien d'une humidité optimale. En quelques jours, une couche poudreuse verdâtre de spores recouvre progressivement tout le corps des insectes effectivement mortes de mycose, ce phénomène est appelé la muscardine verte provoquant ainsi la détérioration totale du cadavre.

Les densités moyennes des larves de *D. maroccanus* dans chacun des enclos de terrain sont évalués en faisant le comptage du nombre des individus /m². Les dénombrements sont effectués juste avant traitement et puis chaque jour, aux premières heures de la matinée (les larves sont moins mobiles).

Dans les zones voisines des parcelles de traitement, les criquets marocains sont devenus des Larves de 5^e stade (L5) d'où le risque du stade aillé (invasion généralisée) après la mue imaginale. C'est pour cette raison que le suivi des essais est achevé au 10^e jour malgré que la population acridienne traitée ne fût pas totalement épuisée. Un balayage aux insecticides chimiques a été fait le 11^e jour après traitement au Green muscle dans toute la région, y compris les parcelles où nous avons installé les enclos de terrain.

II.5. étude histologique de la cuticule des larves de *D. maroccanus*

A l'aide d'un filet de capture, l'échantillonnage des larves vivantes (L4) est fait le troisième, cinquième et le septième jour après traitement à partir des enclos de terrain témoins et traités. Après sacrifices par décapitation de la tête et dissection par ouverture de l'abdomen, les fragments de cuticules sont prélevés puis plongés dans le fixateur, le formol à 10%. Pour l'étude histologique, nous nous sommes basés sur la technique de Martoja et Martoja-Pierson [19]. Les coupes histologiques de 5µm sont colorées par Trichrome de Masson. Les observations microscopiques sont réalisées avec un dispositif de prise de photos au grossissement x 40, x 100 et x 400.

II.6. Analyse statistique

L'analyse des résultats de comptage des criquets a consisté au calcul d'abord des taux de mortalité.

$$\text{Mortalité approximative (\%)} = 100 - \frac{(\text{Effectifs vivants après traitement} \times 100 \%)}{\text{Effectifs vivants avant traitement}}$$

L'efficacité des traitements est calculée selon la formule de Henderson et Tilton [20] décrite et utilisée par d'autres auteurs [21], [22] et [8].

$$\text{Efficacité(\%)} = \left[1 - \left(\frac{T_a}{T_b} \right) \times \left(\frac{C_b}{C_a} \right) \right] \times 100$$

Où **Tb** et **Cb** : Effectif ou densité de larves /m² avant traitement dans respectivement les enclos de terrain traités et témoins.

Ta et **Ca** : densité larvaire après traitement dans respectivement les enclos traités et témoins.

Les résultats sont rapportés sous forme de moyennes ± écarts types et comparées par le test de l'analyse de variance (ANOVA) via le logiciel statistique SPSS (Statistic Package for the Social Science) au seuil de signification 5%. suivis par le test de comparaisons multiples a posteriori (ou post hoc test) de Tukey et de Benferoni (test de la différence franchement significative) qui permet de vérifier la significativité de la variable d'intérêt entre toutes les combinaisons des modalités qui sont considérées significatives à p < 0,05 Nous avons appliqué également le test de Student Newman et Keuls (SNK) pour définir les populations homogènes à α=0,05.

III. Résultats

III.1. Effet des traitements sur les fluctuations des populations de criquet marocain

Les densités larvaires moyennes ne variaient qu'au 5^e jour après traitement avec la dose 12,5 g/ ha et au 4^e jour pour les doses 25 g /ha et 50 g /ha. Chez les témoins, la densité larvaire a montré une petite réduction à partir du 6 e jour (tableau1, figure3). Au 9^e jour après application de green muscle, (10 jours d'infection) les taux de mortalité ont atteint 56, 67%, 46,16% et 30,77% dans respectivement les parcelles traitées avec 50 g /ha, 25 g /ha et 12,5 g /ha contre 7,5 % enregistré dans la parcelle témoin (Tableau1, figure 4). Il résulte que la durée de survie du *D. maroccanus* en plein champs dépend de la dose appliquée de *M. anisopliae*. En terme d'efficacité, la dose de 2,5.10¹² spores /ha est la plus performante avec un taux d'efficacité de 53.20% enregistré au 9 e jour après traitement contre 41,80 % et 25,20 % pour les doses 1,25.10¹² et 6,25 10¹¹ conidies respectivement (Tableau1, figure 5).

L'analyse de variance des densités larvaires moyennes réduites à la fin de l'expérimentation (J+9) indique une différence hautement significative (0,01 > p) pour le facteur dose appliquée et pour le facteur temps après application. Le test de Tukey et de Benferoni ont montré des différences significatives (p < 0,05) pour les combinaisons des doses par paires suivantes : (Témoin, 50 g /ha) et (12,5 g /ha, 50 g /ha) et entre Le 10^e jr de l'infection et les quatre premiers jours du test (J+9, J) (J+9, J+1) (J+9, J+2) (J+9, J+3). Cependant le test ne révèle aucune différence significative pour toutes les autres combinaisons possibles. De même, le test de Student Newman et Keuls révèle les sous-ensembles homogènes suivantes (témoin, 12,5 g/ha) et (25 g /ha, 50 g /ha).

Tableau 1: Evolution des densités larvaires (moyenne ± écart type) et des taux moyens de mortalité et d'efficacité des traitements avec le Green muscle chez les larves de *D. maroccanus*.
J : le jour de l'application des traitements.

Temps après traitement		J	J+1	J+2	J+3	J+4	J+5	J+6	J+7	J+8	J+9
Témoin	Densité larvaire (individus /m ²)	20 ± 7,071	20 ± 7,071	20 ± 7,071	20 ± 7,071	20 ± 7,071	20 ± 7,071	19,5 ± 7,778	19 ± 8,485	18,5 ± 9,192	18,5 ± 9,192
	Mortalité (%)	0	0	0	0	0	0	2,50	5,00	7,50	7,50
12,5 g /ha (6,25 x 10 ¹¹ conidies)	Densité larvaire (individus /m ²)	13 ± 2,828	13 ± 2,828	13 ± 2,828	13 ± 2,828	13 ± 2,828	11 ± 2,828	10,5 ± 3,535	10 ± 2,828	9,5 ± 2,121	9 ± 1,414
	Mortalité (%)	0	0	0	0	0	15,38	19,23	23,08	26,92	30,77
	Efficacité (%)	0	0	0	0	0	15,38	17,20	19,10	21,01	25,20
25 g/ha (2,5 x 10 ¹² conidies)	Densité larvaire (individus /m ²)	26 ± 1,414	26 ± 1,414	26 ± 1,414	26 ± 1,414	25 ± 2,828	22,5 ± 3,535	19 ± 1,414	17,5 ± 0,707	16 ± 0	14 ± 1,414
	Mortalité (%)	0	0	0	0	3,85	13,46	26,92	32,69	38,46	46,16
	Efficacité (%)	0	0	0	0	3,85	13,46	25,10	29,20	33,50	41,80
50 g/ha (1,25 x 10 ¹² conidies)	Densité larvaire (individus /m ²)	30 ± 14,142	30 ± 14,142	30 ± 14,142	30 ± 14,142	26,5 ± 12,020	22,5 ± 10,606	21 ± 12,727	17,5 ± 10,606	14,5 ± 7,778	13 ± 7,071
	Mortalité (%)	0	0	0	0	11,67	25,00	30,00	41,67	51,67	56,67
	Efficacité (%)	0	0	0	0	11,67	25,00	28,21	38,60	47,80	53,20

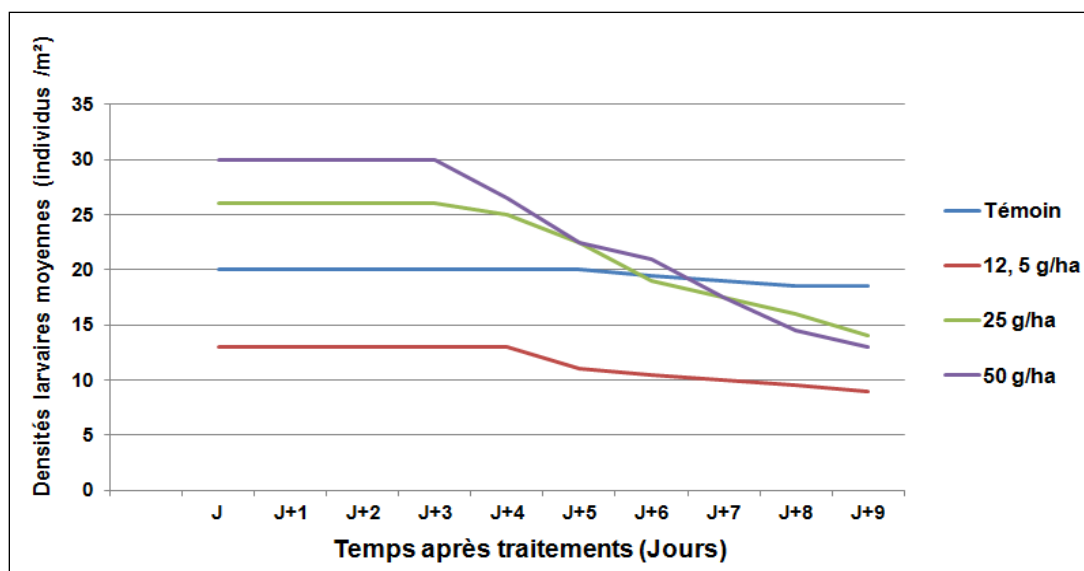


Figure 3: Fluctuation moyennes des densités larvaires (individus /m²) au niveau des enclos de terrain témoins et traités avec le Green muscle

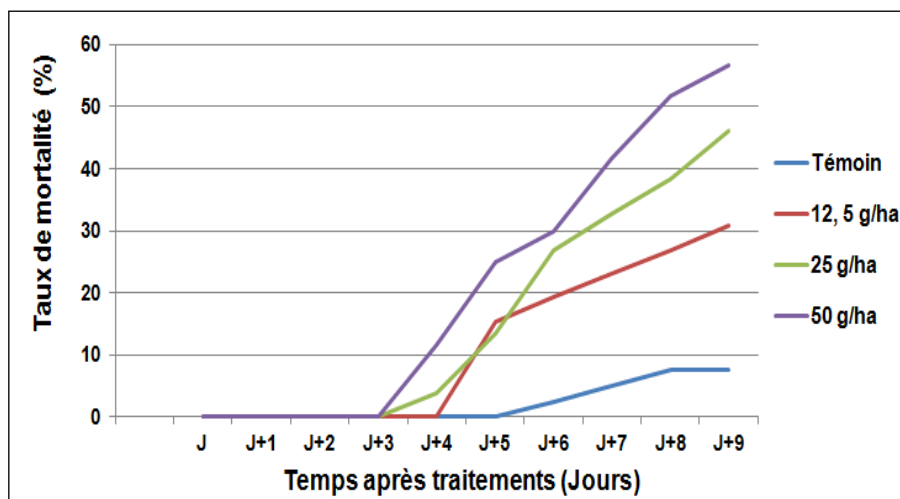


Figure 4: Variation des taux moyens de mortalité chez les larves de *D.maroccanus* témoins et traitées avec le *Green muscle*

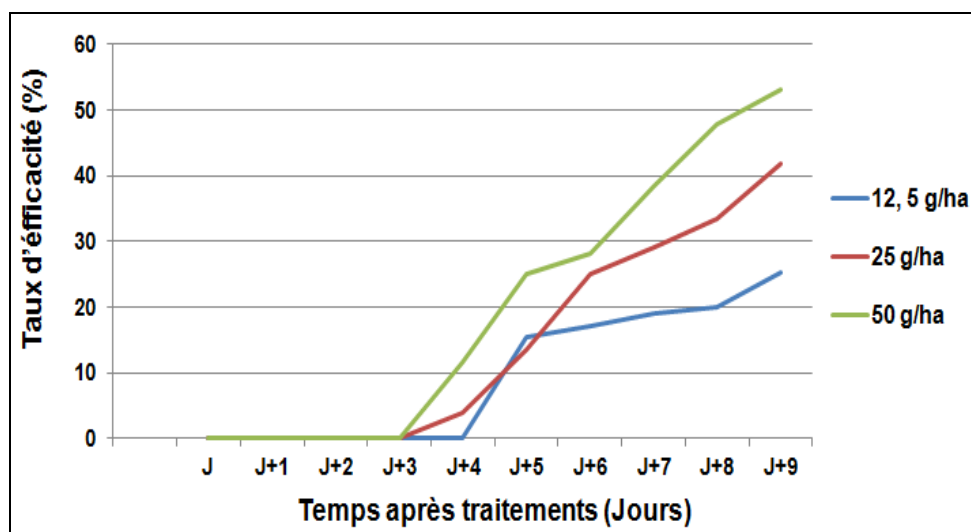


Figure 5: Variation des taux moyens d'efficacité des traitements avec le *Green muscle*

III.2. Effet de *M. anisopliae* sur l'histologie du tégument de *D. maroccanus*

Chez les larves témoins, la structure de la cuticule montre sa composition en 3 couches stratifiées: l'épicuticule, l'exocuticule et l'endocuticule. L'épicuticule est la couche la plus externe et est très mince, colorée en jaune. L'exocuticule est la couche intermédiaire, colorée en rose. La troisième couche est l'endocuticule, c'est la couche la plus épaisse, elle présente une structure lamellaire et est colorée en bleu. L'épiderme, sous la cuticule, présente une coloration violacée (Planche1- figures A, B et C). Les observations microscopiques montrent que la cuticule des larves traitées au *Metarhizium anisopliae* est visiblement plus mince par rapport à celle des larves témoins. On observe une disparition complète de l'épicuticule et une nette régression dans l'épaisseur de l'exocuticule et de l'endocuticule. Le champignon a affecté la structure de la partie la plus interne ou post exuviale, l'endocuticule, qui a l'aspect amorphe plutôt que lamellaire. Ces perturbations histopathologiques sont apparentes dès le 3e jour après traitement à 50 g/ha (Planche1- figures D, E et F) et le 5e jour après traitement à 25 g/ha et à 12,5 g/ha (Planche1- figures G, H et I), Les spores tombées sur la cuticule de l'insecte ou ramassées de la végétation germent au cours des trois premiers jours de l'infection, les hyphes sortants pénètrent dans la cuticule à l'aide des enzymes et se désintègrent ensuite en corpuscules hyphales qui se réponde à travers le corps de l'insecte, du mycélium pousse ensuite dans les tissus (Planche1- figure G). L'unité infectieuse de notre souche fongique, la spore, a été repérée dans les parties de la cuticule digérée (Figure 6).

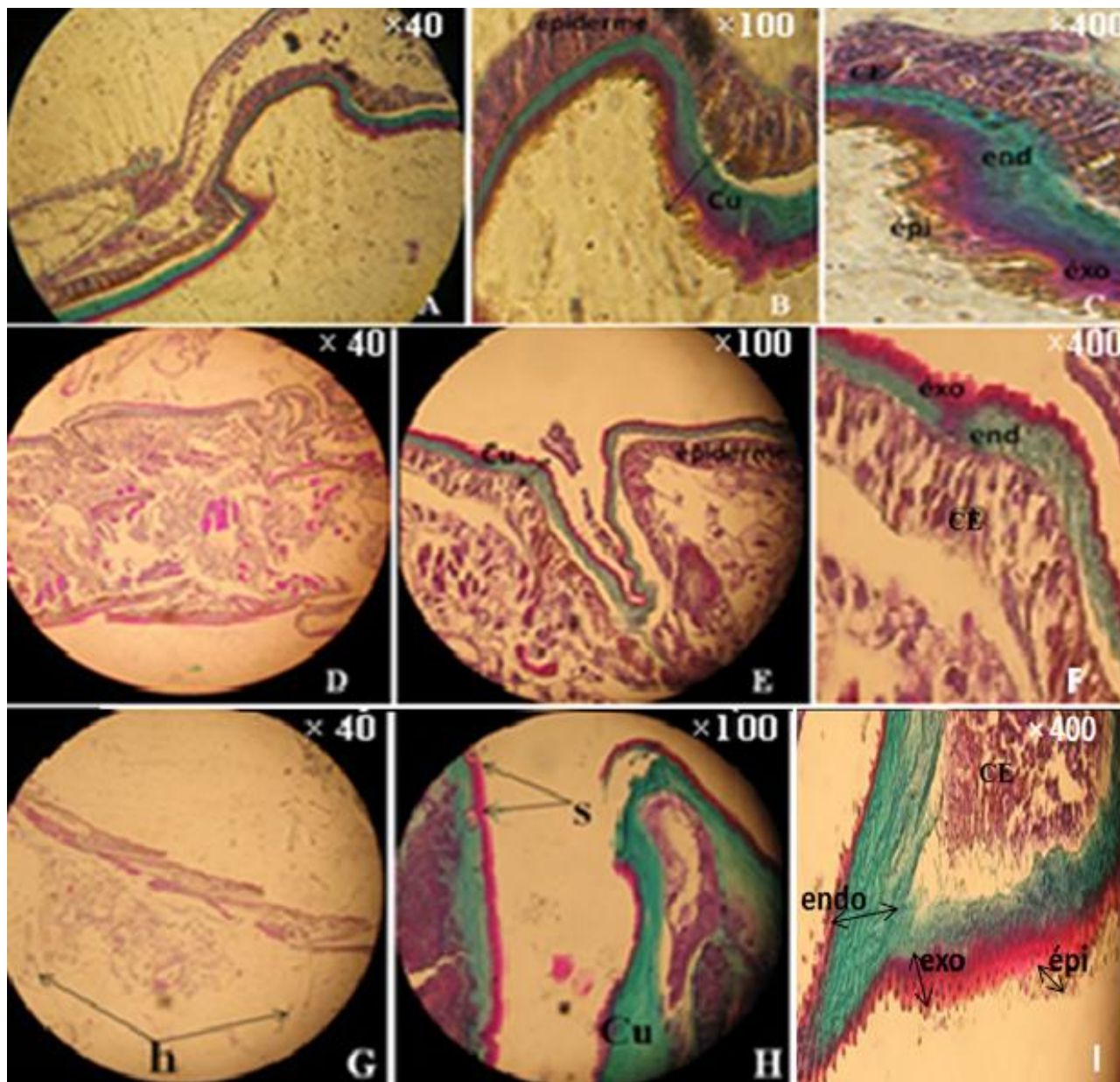


Figure 5: Coupes longitudinales au niveau du tégument des larves de *D. maroccanus*. (A), (B), (C) : chez les larves témoins. (D), (E), (F) : chez les larves traitées à 50 g/ha le 3e jour après traitement. (G), (H), (I) : chez les larves traitées à 25 g/ha le 5e jour après traitement. **Epi** : Epicuticule, **Exo** : exocuticule, **End** : endocuticule; **CE** : cellules épithéliales, **Cu** : cuticule **s** : spores, **h** : hyphes.

IV. Discussion

Les chutes journalières moyennes des populations larvaires traitées sont plus impotentes après le 7^e jour de l'infection. La mortalité chez les différents stades (L3-L4) du criquet marocain est bien incriminée à l'action du *Metarhizium anisopliae* qui a sporulé sur les cadavres. La faible mortalité observée chez les témoins n'est pas due à l'effet du champignon mais probablement à d'autres facteurs comme le stress. Cela est confirmé par l'absence de sporulation sur les cadavres retirés des enclos de terrain témoins. Nos résultats reflètent également l'influence de la concentration en spores pulvérisée (dose de traitement) sur les taux de mortalité enregistrés. Cet effet dépend étroitement de la durée d'exposition des larves à la végétation contaminée et donc de la quantité en spores ingérée et accumulée sur l'hôte. Ces résultats corroborent ceux obtenus par plusieurs auteurs lors de traitement de terrain avec le Green muscle [9], [12], [2] et [8]. Dans les conditions semi-naturelles, l'exposition des larves de criquet pèlerin à la végétation traitée avec $2,5 \times 10^{13}$ conidies de *M.*

anisopliae pendant 6 h et 24 h, les taux de mortalité ont atteint 53 % et 70 % après deux semaines de suivi [4]. D'après Niassy et al. [23], les mortalités les plus élevées de *Zonocerus variegatus* et de *Locusta migratoria* traités par plusieurs variétés de *M. anisopliae* ont été enregistrées dans 14 à 20 jours. De nombreuses études ont démontré que le potentiel infectieux des champignons entomopathogènes comme agents de lutte biologique est fortement lié à la température et à l'humidité relative [24]. Le problème majeur d'utilisation des champignons entomopathogènes est leur durée de développement dans l'hôte infecté et leur faible persistance sur le feuillage [4], en plus des difficultés d'adaptation des souches fongiques non locales.

Chez les champignons entomopathogènes, quatre étapes sont à distinguer une fois en contact du tégument des insectes: l'adhésion, la germination, la différenciation et la pénétration. L'adhésion est caractérisée par un mécanisme de reconnaissance et de compatibilité des conidies avec des cellules tégumentaires de l'insecte. Cette phase se scinde en deux étapes, la première passive où l'attachement à la cuticule est réalisé grâce à des forces hydrophobes et électrostatiques et la seconde active caractérisée par la production d'un mucilage qui va engendrer une modification épicuticulaire aboutissant à la germination. La germination va être dépendante des conditions environnantes et aussi de la physiologie de l'hôte (composition biochimique de la cuticule). La différenciation est caractérisée par la production d'appressorium, structures terminales qui vont servir de point d'encrage, de ramollissement de la cuticule et favoriser la pénétration. La production des appressorium est très dépendante de la valeur nutritive de la cuticule de l'hôte. Une cuticule nutritive va stimuler la croissance du mycélium plutôt que la pénétration. La dernière phase est la pénétration dans l'hôte qui se fait par la combinaison de pression mécanique et enzymatique telles que les lipases, les protéases et les chitinases [5].

L'importance des altérations tissulaires observées au niveau de la cuticule des larves traitées avec le Green muscle dépendent d'une part de la concentration en spores accumulés chez les criquets et d'autre part du temps après infection. Les conditions éco-météorologiques influencent également la vitesse de développement de l'entomopathogène sur l'hôte infectée. Des perturbations histologiques similaires sont notées par plusieurs auteurs au niveau du tégument de *Schistocerca gregaria*, on cite l'exemple de Bissaad et al. [5] dans l'étude de l'activité biologique de Green muscle et Halouane et al. [25] dans l'étude de l'effet du champignon entomopathogène *Beauveria bassiana*. Ces auteurs ont noté également une diminution du poids sec de la cuticule sternale abdominale, et une réduction de sa teneur en protéines et en chitine, en effet, La déstructuration des couches cuticulaires est due à leur dégradation par les enzymes protéolytiques et chitinolytiques de l'unité infectieuse de notre souche fongique telles que les protéases et les chitinases; ces dernières peuvent inhiber la formation de la cuticule en induisant une exuviation anormale et mortelle de l'acridien [5]. Cependant, c'est le manque de chitine dû à l'inhibition de sa biosynthèse qui est la cause de la forme amorphe observée dans l'endocuticule des larves traitées. Les microfibrilles rencontrées communément dans cette région se composent de protéines et de chitine. L'absence de lamelles dans cette couche est due à la composition chimique de celle-ci [5] et [26]. La présence de spores dans les parties de la cuticule digérée a été également observé par Halouane et al. [25]. Ces altérations tissulaires sont, probablement, à l'origine de la réduction de l'alimentation et de la locomotion et ont engendré comme signe externe une mue perturbée ou bloquée remarqué chez les criquets avant de mourir.

V. Conclusion

À la lumière de ces résultats, il s'avère que l'activité fongique de Green muscle[®] a montré son efficacité en plein champs et a confirmé ses potentialités acridicides sur le plan cyto-architecturale au niveau du tégument des larves de *D. maroccanus* traitées en milieu naturel. La dose la plus élevée par rapport à la faible dose s'est montré plus efficace. La mortalité est plus importante au jour où l'insecte ramasse une dose létale en spores. *Metarhizium anisopliae* est un agent très prometteur dans la lutte biologique s'il est employé contre les premiers stades larvaires des criquets. Plusieurs études en milieu naturel sont nécessaires, d'une part, pour adapter les doses et les stratégies de pulvérisation aux différentes conditions météo-écologiques et d'autre part pour mieux comprendre la physiologie de l'hôte infectée.

Remerciements

Cette étude a été faite en collaboration de l'INPV d'El-Harrach- Alger. Nos remerciements vont à Monsieur Lazar M., le directeur du département de lutte antiacridienne et à toute l'équipe de prospection et de lutte pour leurs disponibilité et pour nous avoir gracieusement fourni le Green muscle et tout le matériel de traitement et de nous avoir aidé à l'installation des dispositifs expérimentaux et au suivi des essais.

V. References

- [1] Bilans des campagnes nationales de lutte contre le criquet marocain, Int. Nat. Prot. Végé, d'El-Harrach – Alger, 2013; 25p.
- [2] Douro Kpindou, O.K. ; Gbongboui, C. ; Badou, R. ; Paa-Kwessi, E. ; Ackonor, J.B. et Langewald, J. Optimisation de l'application du *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* sur le criquet puant, *Zonocerus variegatus* (Orthoptera: Pyrgomorphidae). *International Journal of Tropical Insect Science* 25: 4 (2005) 251–258.
- [3] Langewald, J. ; Kpindou, D. et Zakaria, O. Green Muscle Manuel, Lutte Biologique contre les Locustes et les Sautériaux (LUBILOSA), 2000; 12p.
- [4] Atheimine, M. ; Ely, S.; Mohamed, S.; Barry, A. et Mounsif, B. Simulation de traitement en barrière avec *Metarhizium acridum* (Green muscle®) contre des larves grégaires du criquet pèlerin, *schistocerca gregaria*. afpp 2 e conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Montpellier, 22 et 23 Octobre 2014.
- [5] Bissaad, F.Z. ; Youcef, M. ; Bounacerur, F. et Doumandji-Mitiche, B. Activité biologique d'un biopesticide le Green Muscle sur le tégument du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae). *Nature & Technologie* 6 (2012) 51-58.
- [6] Ferron, P. ; Fargues, J. ; Riba, G. ; *Dost. Cell. Env.*, n°5, 1991 pp. 55-76.
- [7] Milat-Bissaad, F.Z. ; Bounaceur, F.; Halouane, F.; Behidj, N.; Chebouti, N. and Doumandji-Mitiche, B. Effect of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* on the haemolymph of the desert locust *Schistocerca gregaria*. *Tunisian Journal of Plant Protection* 6 (2011) 127-132.
- [8] Paraiso, A.; Sossou, A. ; Thomas-Odjo, A. et Ogouchi G. Évaluation de l'efficacité des spores de *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* dans une formulation aqueuse contre les sautériaux au Nord-Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* 62 (2008) 14-23.
- [9] Kooyman, C. Report of the Workshop on the use of Green Muscle ® (*Metarhizium anisopliae* var. *acidum*) and desert locust adult pheromone (Phenylacetone nitrile: PAN) to control desert locust hopper bands, Port Sudan, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, 10-20 January 2013.
- [10] Kooyman, C. *Metarhizium anisopliae* var *acidum*, la matière active du Green muscle®, pp : 11-13 cité par WADE V. : Atelier international sur l'avenir des biopesticides dans l'avenir contre le criquet pèlerin, Sénégal, 12-15 février 2007. *Ed. The orthopterist's society*, 32 p.
- [11] Van der Valk, H. Review of the efficacy of *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* against the Desert Locust. Rome, FAO, 2007. *Desert Locust Technical Series*, No. AGP/DL/TS/34
- [12] Kooyman C. ; Ammati M. ; Moumene K. ; Chaouch A. et Ahmed Zaid A. Essai de GREEN MUSCLE® sur les larves du criquet pèlerin dans la wilaya d'El-Oued, Nord-Est Algérie. Rapport FAO- TAC 715, 2005, 23p
- [13] Pasquier R. Contribution à l'étude du criquet marocain, *Dociostaurus maroccanus* (Thumb. 1815) en Afrique mineure. Ext. Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord, 1934 ; pp 167-200
- [14] Pasquier R. Le criquet marocain en Algérie. Les recherches scientifiques récentes et leur répercussion sur la lutte rationnelle. *Agrid.*, n°53, 1937 ; pp.1-14.
- [15] Doumandi-Mitiche, B., Doumandji, S. et Benfkih, L., 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, 1992; pp 659-665.
- [16] FAO. Workshop on spray equipment used in desert locust control. Food and Agriculture Organization of the United Nations commission for controlling the Desert Locust in the Near East, Cairo, Egypt, August 21-23, 1994.
- [17] FAO, Directive sur le criquet pèlerin, fascicule 4 : Lutte antiacridienne. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2001; 85p.
- [18] Bateman, R.P. Simple standardized methods for recording droplet measurements and estimation of deposits from controlled droplet application. *Crop Prot.* 12 (1993) 201-206
- [19] MARTOJA R. et MARTOJA-PIERSON M. *Initiation aux techniques de l'histologie animale*. Ed. Masson et Cie, Paris VIe, 1967; 345p.
- [20] Henderson, C.F. et Tilton, E.W. Tests with acaricides against the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology* 48 (1955) 157-161.

- [21] Bateman, R.P. Methods of application of microbial pesticide formulations for the control of grasshoppers and locusts. *Memoirs of the Entomological Society of Canada* 171, 1997; pp 69-80.
- [22] Lomer, C.J.; Bateman, R.P.; Johnson, D.L.; Langewald, J. et Thomas, M. Biological control of locusts and grasshoppers. *Annu. Rev. Entomol.* 46 (2001) 667–702
- [23] Niassy, S.; Diarra, K.; Ndiaye, S. et Niassy, A., 2011. Pathogenicity of local *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* strains on *Locusta migratoria migratorioides* Reiche and Farmaire and *Zonocerus variegates* Linnaeus in Senegal. *African Journal of Biotechnology* 10 (1) 28-33.
- [24] Blanford S. and Klass J. Review of environment effects on the performance of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* against locusts under field conditions. Report for the Emergency Prevention System for Transboundary Animal and Plant Pests and Diseases (EMPRES). Food and Agriculture Organisation of the United Nation, Rome, 2004.
- [25] Halouane, F.; Bissaad, F.Z.; Doumandji-Mitiche, B.; Benzina, F.; Chahbar, N. et Hamid, S., Study of the effect of *Beauveria bassiana* (Vuil.) on the biochemistry and structure of the cuticle of *Schistocerca gregaria* (Forsk.). *Annals of Biological Research* 12 (2013) 68-74.
- [26] Kouassi, M. Les possibilités de la lutte microbiologique emphase sur le champignon entomopathogène *Bauverea bassina* Vertigo. *La revue électronique en science de l'environnement* 2 : 2 (2001) 2-6.

Please cite this Article as:

Arkam Fatima, Kara-Toumi Fatma Zohra, Tail - Halil Ghania, Saidi Fairouz, Effets des traitements avec le Green muscle® en milieu naturel (Nord-Ouest de l'Algérie) sur les larves de *Doclostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) et sur l'histologie du tegument, **Algerian J. Nat. Products**, 5:3 (2017) 530-540

www.univ-bejaia.dz/ajnp

Online ISSN: 2353-0391

Editor in chief: Prof. Kamel BELHAMEL

Access this article online	
Website: www.univ-bejaia.dz/ajnp	Quick Response Code
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.1129350	