

Control trials against *Ectomyelois ceratoniae* Zeller 1881 (Lepidoptera: Pyralidae) under controlled conditions and in citrus orchard.

Essais de lutte contre *Ectomyelois ceratoniae* Zeller 1881 (Lepidoptera : Pyralidae) sous conditions contrôlées et en verger d'agrumes.

W. HACHED^{1*}, S. BEN ROMDHANE², H. SAHRAOUI², K. GRISSA-LEBDI¹

¹ Laboratory of Research/ Bioaggressors and Integrated Pest Management in Agriculture, University of Carthage, National Agronomic Institute of Tunisia, 43 Charles Nicolle avenue, Mahrajène City, 1082 Tunis, Tunisia.

² Citrus Technical Center (CTA). 8099 Zaouiet Jedidi- Beni Khaled- BP 318- Nabeul- Tunisia

*Corresponding author: hached_wiem@yahoo.fr

Abstract – Citrus crops are attacked by various lepidopteran pests which cause considerable losses. Recently, damages caused by the date moth *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae) have been reported in tunisian orange groves. However, in the absence of a strategy to control this pest in citrus orchards, this work aims to test two chemical molecules (abamectin and emamectin benzoate) and two biological molecules (spinosad and azadirachtin) in different doses against the stages L1 and L5 of the pest under controlled conditions and to verify their efficacy on *E. ceratoniae* in the citrus field. The results of this study showed that, under controlled conditions, all the tested products caused a corrected mortality of 100% of the target stages L1 and L5 after 24 to 72 hours of their applications. Nevertheless, in the citrus field, only the spinosad at the dose of 60 cc / hl caused a significant difference in the reduction of the infestation rate of the date moth for the treated plants.

Keywords: biological control, chemical control, citrus, date moth, *Ectomyelois ceratoniae*.

Résumé – Les cultures agrumicoles sont attaquées par de nombreux lépidoptères ravageurs qui causent des dégâts considérables. Ces dernières années, des dégâts occasionnés par la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera : Pyralidae) ont été signalés au niveau des orangeries tunisiennes. En absence de substances actives homologuées contre ce ravageur dans les vergers agrumicoles, ce présent travail a pour but de tester deux molécules chimiques (abamectine et emamectine benzoate) et deux molécules biologiques (spinosade et azadirachtine) sous différentes doses contre les stades L1 et L5 du ravageur sous conditions contrôlées et de vérifier leurs efficacités dans le contrôle d'*E. ceratoniae* au niveau du verger. Les résultats de cette étude ont montré que sous conditions contrôlées, toutes les substances actives testées ont provoqué une mortalité corrigée de 100% des stades cibles L1 et L5 après 24 à 72 heures de leurs applications. Cependant, au niveau du verger d'agrumes, seul le spinosade à la dose de 60 cc/hl a permis une réduction significative du taux d'infestation de la pyrale des dattes au niveau des arbres traités.

Mots clés : agrumes, *Ectomyelois ceratoniae*, pyrale des dattes, traitement biologique, traitement chimique.

1. Introduction

Les lépidoptères représentent l'ordre d'insectes le plus diversifié sur le plan taxonomique. Au niveau des vergers et des plantations agricoles, les dégâts provoqués par les lépidoptères ravageurs sont occasionnés par les stades larvaires dotés de mandibules assez développées (Krenn Harald 2010). En Tunisie, ces lépidoptères ravageurs s'attaquent aussi bien aux arbres fruitiers tels que : la teigne de



l'olivier (*Prays oleae*), le carpocapse du pommier (*Cydia pomonella*) et l'eudémis de la vigne (*Lobesia botrana*) (Jardak 1985 ; Gabtini 1995 ; Jerraya 2003) qu'aux cultures maraichères tel que la mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*) (Lebdi-Grissa et al. 2010).

L'agrumiculture en Tunisie est un secteur stratégique. Cependant, il fait face à plusieurs contraintes notamment la réduction des récoltes dues entre autres à l'attaque de nombreux insectes ravageurs. Plusieurs lépidoptères sont inféodés aux agrumes, principalement la teigne du citronnier (*Prays citri*) (Lebdi-Grissa et al. 2006) et la mineuse des agrumes (*Phyllocnistis citrella*) (Jerraya et al. 1997). Récemment, des dégâts provoqués par la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae*) ont été signalés au niveau des orangeries tunisiennes (Hached 2012 ; Chakroun 2013 ; Dhouibi et al. 2016).

E. ceratoniae, communément connue sous le nom de la pyrale des dattes ou la pyrale des caroubes, est un micro-lépidoptère appartenant à la famille des Pyralidae, dont le développement larvaire se déroule en cinq stades. Particulièrement vorace et polyphage, cet insecte s'attaque aussi bien aux cultures au niveau des champs qu'aux denrées stockées (Gothilf 1969). En Tunisie, le danger de cet insecte, s'amplifie par son attaque aux cultures d'importances agronomique et économique en particulier le palmier dattier (*Phoenix dactylifera*) et le grenadier (*Punica granatum*) dont les dégâts peuvent atteindre 20 et 90% respectivement (Dhouibi et al. 2016). Afin de lutter contre ce ravageur, plusieurs techniques ont été élaborées principalement au niveau des entrepôts de stockage. En effet, les traitements par modification de température, l'utilisation des huiles essentielles, le conditionnement sous atmosphère modifiée et l'utilisation des désinfectants ont prouvé leurs pouvoirs insecticides contre la pyrale des dattes (Zouba et al. 2009 ; Amri et al. 2014 ; Jemni et al. 2014). Au niveau des palmeraies et grenadrais tunisiennes, le meilleur moyen de lutte jusqu'à présent repose sur les lâchers de parasitoïdes reconnus comme ennemis naturels d'*E. ceratoniae* appartenant aux familles des Braconidae et des Trichogrammatidae (Dhouibi et Jammazi 1993 ; Khoualdia et al. 1996(a,b) ; Lebdi-Grissa et Ben Ayed 2005). Ces derniers permettent de réduire la population du ravageur mais leur efficacité n'est confirmée que par des lâchers inondatifs et précoces, effectués dès l'apparition du ravageur dans la parcelle. Au niveau des orangeries peu d'informations sont valables sur la lutte contre *Ectomyelois ceratoniae*. Dans ce contexte, et en absence de substances actives homologuées contre la pyrale des dattes sur agrumes, ce présent travail a pour but de tester la toxicité de quelques molécules chimiques et biologiques sous conditions contrôlées et de vérifier, par la suite, leurs efficacités dans la lutte contre la pyrale des dattes au niveau du verger d'agrumes.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Substances actives testées

Au niveau du laboratoire et du verger agrumicole, 4 substances actives (2 biologiques et 2 chimiques) ont été testées sur la pyrale des dattes comme indiqué dans le tableau 1.

Les substances actives choisies sont homologuées sur d'autres lépidoptères ou autres ravageurs cibles des agrumes.

Tableau 1. Substances actives, doses homologuées sur les ravageurs cibles et, doses testées sur la pyrale des dattes aux niveaux du laboratoire et du verger agrumicole.

Substance active (concentration)	Ravageur cible et dose homologuée	Doses testées
Spinosade (240g/l)	Vers de la grappe (vigne)	60cc/hl
	et Mineuse des agrumes 60 cc/hl	90 cc/hl
Azadirachtine (32g/l)	Mineuse des agrumes 60 cc/hl	60 cc/hl
	Cératite des agrumes 80 cc/ hl	90 cc/hl
Abamectine (18g/l)	Mineuse des agrumes 40 cc/hl	40 cc/hl
		60 cc/hl
Emamectine-benzoate (5%)	Carpocapse du pommier, Mineuse de la tomate et Pyrale du maïs 30cc/hl	30 cc/hl
		60 cc/hl

EC : concentré émulsionnable ; SC : suspension concentrée ; SG : granulés solubles dans l'eau

2.2. Essais de lutte contre *E. ceratoniae* au niveau du laboratoire

Un élevage de masse de la pyrale des dattes est conduit sur un milieu d'élevage artificiel composé de son de blé (60%), saccharose (12%), glycérine (12 %), eau distillée (10%), levure de boulanger (2.3%), mixture de sels (2%), vitamine C (0.67%), auréomycine (0.67%), lysine (0.3%) et méthyle parabène

(0.13%), sous les conditions d'élevage optimales de: température de 28 ± 1 °C, photopériode de 16:8 (L: O) et humidité relative de $65 \pm 5\%$ (HR) (Mediouni et Dhoubi 2007).

Le premier et le dernier stades larvaires, L1 et L5, étaient choisis comme cibles des traitements testés. Le protocole expérimental consiste à appliquer deux concentrations différentes sur chaque stade larvaire afin de déterminer la dose optimale de chaque traitement.

Pour chaque stade larvaire (L1 ou L5) et chaque dose testée, les individus étaient placés dans des boîtes contenant chacune 10 gr du milieu d'élevage. Pour chaque essai, 3 répétitions ont été effectuées. Après l'injection d'un ml de la bouillie de chaque traitement dans le milieu d'élevage artificiel, son efficacité sur les stades larvaires était suivie après 15 min, 30 min, 1h, 2h, 24h, 48h et 72 heures. Cette efficacité était évaluée selon le taux de mortalité corrigée obtenue par la formule d'Abbott (1925) exprimée par la formule suivante :

$TR = [(C-T)/C] \times 100$, avec TR : taux de mortalité corrigée, C : nombre d'individus vivants chez le témoin, T : nombre d'individus vivants chez les traités.

2.3. Essais de lutte contre *E. ceratoniae* au niveau du verger agrumicole

Le verger agrumicole se situe dans la région de Mornag (gouvernorat de Ben Arous). Les traitements étaient appliqués sur la variété d'agrumes Thomson Navel le 05 Septembre 2014.

Chaque traitement et chaque dose choisis étaient appliqués sur 5 pieds de Thomson Navel en pulvérisation foliaire. 5 pieds non traités étaient considérés comme témoin.

Afin d'évaluer l'efficacité de chaque traitement et de chaque dose appliquée, 10 fruits sur pieds étaient récupérés au hasard de chaque pied traité et de chaque pied du témoin le jour du traitement (J0) puis après 3, 7, 14 et 21 jours de l'application des différents traitements. Les fruits récupérés étaient examinés sous loupe binoculaire au niveau du laboratoire afin de déterminer les dégâts occasionnés par la pyrale des dattes, particulièrement la présence des jeunes stades larvaires. L'efficacité de chaque traitement était évaluée par la formule d'Abbott.

2.4. Analyses Statistiques

L'analyse statistique était effectuée moyennant le programme d'analyse statistique SPSS 16.0 (Inc.2007). Afin d'évaluer l'efficacité des traitements appliqués, des analyses de la variance étaient réalisées et la comparaison des moyennes était effectuée avec le test Duncan avec $P = 0.05$.

3. Résultats et Discussion

3.1. Essais de lutte contre *E. ceratoniae* au niveau du laboratoire

3.1.1. Détermination de la dose optimale pour chaque traitement testé

Pour chaque stade larvaire L1 et L5 d'*Ectomyelois ceratoniae*, deux concentrations de chaque substance active étaient testées afin de déterminer la dose optimale du traitement choisi.

3.1.1.1. Spinosade

Le bio-insecticide spinosade a engendré la mortalité du premier stade larvaire L1 dès les premières minutes de son application indépendamment de la dose appliquée. Cependant, la mortalité totale des larves de ce premier stade n'était enregistrée qu'au bout de 24 heures de l'application du traitement pour la dose de 90cc/hl et au bout de 48 heures pour la dose de 60 cc/hl (Figure 1.a). L'analyse de la variance n'a pas donné de différence significative entre les deux doses testées sur la mortalité du stade L1 ($P=0.001$, $F= 11.102$, $ddl=23$). Concernant le dernier stade larvaire L5, les deux concentrations appliquées ont engendré une mortalité de 100% après 48 et 72 heures respectivement pour 90 et 60 cc/hl (Figure 1.b). On peut donc déduire, que le premier stade larvaire est plus sensible que le dernier envers le spinosade. L'analyse statistique n'a pas montré de différence significative entre les concentrations de 60 et 90 cc/hl sur la mortalité du stade L5 ($P=0.002$, $F=8.789$, $ddl =23$).

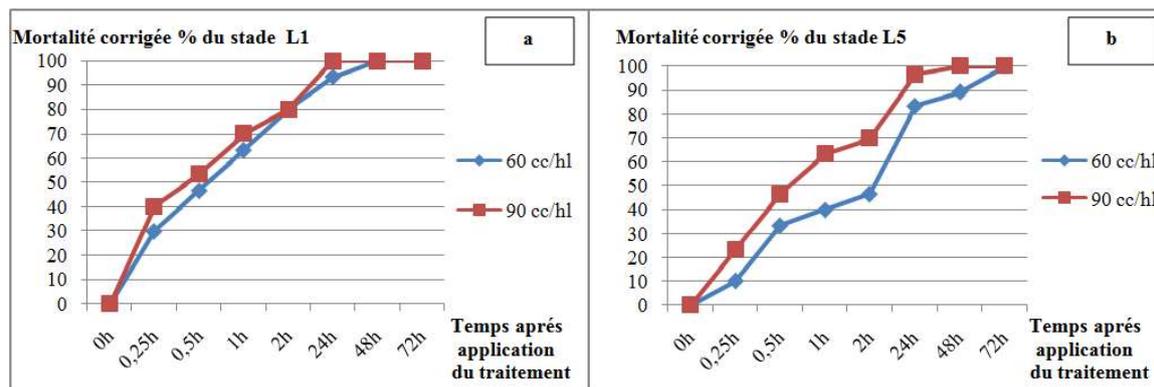


Figure 1. Evolution de la mortalité corrigée chez les stades larvaires L1 (a) et L5 (b) sous l'effet des deux concentrations du spinosade 60 et 90 cc/hl appliquées sous les conditions contrôlées du laboratoire à $T^{\circ}= 28 \pm 1^{\circ}C$, 16:8 (L: O) et $65 \pm 5\%$ (HR).

3.1.1.2. Azadirachtine

Les concentrations de 60 et 90 cc/hl du bio-insecticide azadirachtine ont exercé un effet similaire sur les mortalités du premier stade larvaire L1 ($P=0.002$, $F= 8.984$, $ddl=23$) et du dernier stade larvaire L5 ($P=0.002$, $F=8.310$, $ddl =23$) d'*E. ceratoniae*. La Figure (2.a) montre qu'un taux de mortalité corrigée de 100% du stade L1 n'était obtenu qu'après 24 heures de l'application de la dose de 90 cc/hl et 48 heures pour la dose de 60 cc/hl. Alors que, pour le dernier stade larvaire L5, la concentration de 90 cc/hl a engendré une mortalité totale des individus plus rapide en comparaison avec la dose de 60 cc/hl (Figure 2.b).

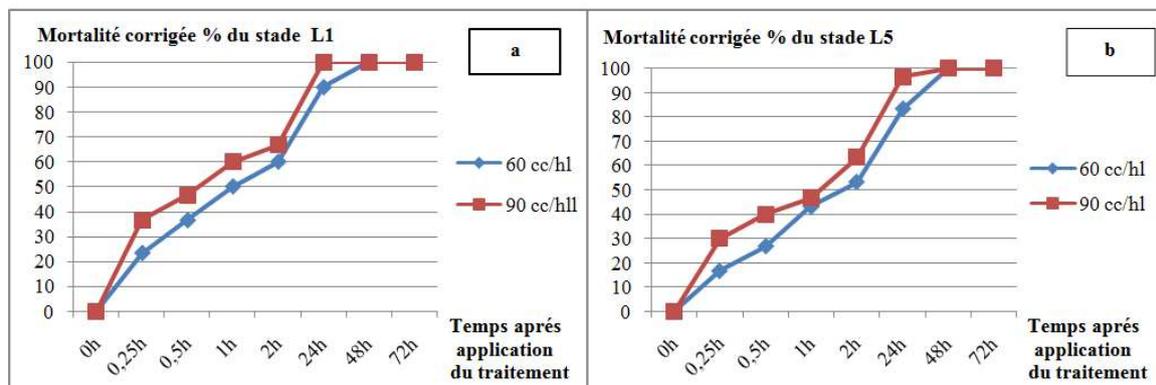


Figure 2. Evolution de la mortalité corrigée chez les stades larvaires L1 (a) et L5 (b) sous l'effet des 2 concentrations de l'azadirachtine 60 et 90 cc/hl appliquées sous les conditions contrôlées du laboratoire à $T^{\circ}= 28 \pm 1^{\circ}C$, 16:8 (L: O) et $65 \pm 5\%$ (HR).

3.1.1.3. Abamectine

L'insecticide chimique, abamectine, appliqué à la dose de 40 cc/hl a agit faiblement sur la mortalité du premier stade larvaire L1 en comparaison avec la dose de 60 cc/hl durant les premières 15 minutes de l'application du traitement (Figure 3.a). Cependant, ces deux doses ont exercé un effet similaire durant tout le temps qui a suivi jusqu'à 48 heures de l'application du traitement où 100% de mortalité corrigée était enregistrée ($P=0.016$, $F=5.025$, $ddl=23$).

Pour le stade larvaire L5, la mortalité totale des individus était obtenue 72 heures après l'application des doses de 40 et 60 cc/hl (Figure 3.b). Ces doses n'ont pas montré de différence significative sur la mortalité de ce stade larvaire L5 d'*E. ceratoniae* ($P=0.037$, $F=3.862$, $ddl =23$).

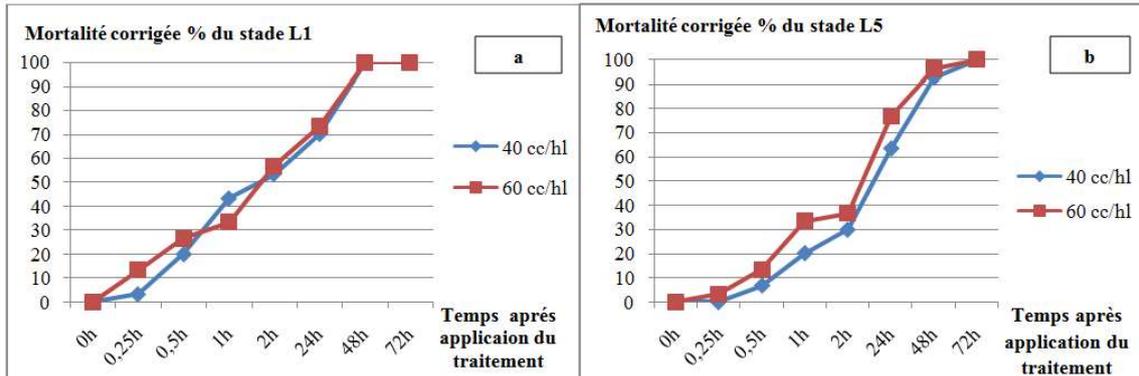


Figure 3. Evolution de la mortalité corrigée chez les stades larvaires L1 (a) et L5 (b) sous l'effet des 2 concentrations de l'abamectine 40 et 60 cc/hl appliquées sous les conditions contrôlées du laboratoire à T°= 28 ± 1 °C, 16:8 (L: O) et 65 ± 5% (HR).

3.1.1.4. Emamectine-benzoate

La concentration de 30cc/hl de l'emamectine-benzoate n'a commencé à agir sur la mortalité du premier stade larvaire L1 et du dernier stade larvaire L5 d'*E. ceratoniae* qu'après 15 min de son application (Figure 4a.b) ; alors que l'application de la concentration de 60 cc/hl a causé des mortalités sur le premier stade larvaire L1 dès les premières minutes de son injection dans le milieu d'élevage artificiel. L'analyse statistique n'a pas montré de différence significative entre ces deux doses ni sur la mortalité des L1 (P=0.042, F=3.703, ddl=23) ni sur la mortalité des L5 (P=0.030, F=4.185, ddl =23).

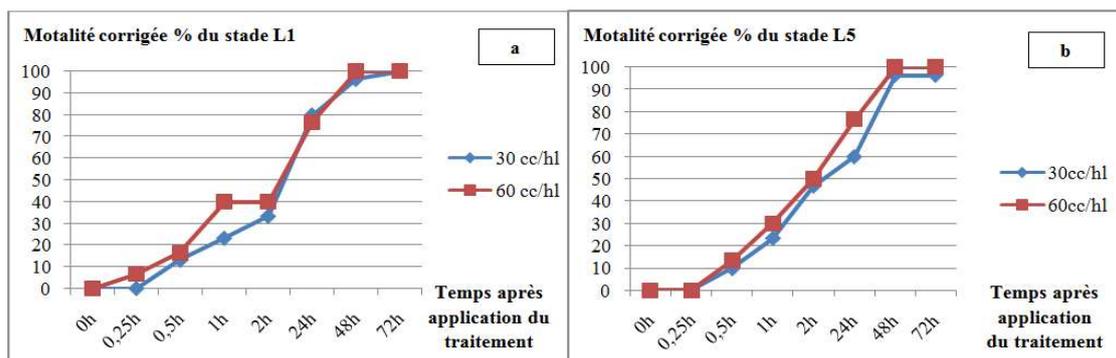


Figure 4. Evolution de la mortalité corrigée chez les stades larvaires L1 (a) et L5 (b) sous l'effet des 2 concentrations de l'emamectine-benzoate 30 et 60 cc/hl appliquées sous les conditions contrôlées du laboratoire à T°= 28 ± 1 °C, 16:8 (L: O) et 65 ± 5% (HR).

3.1.2. Effets des doses optimales des quatre substances actives testées sur les stades larvaires L1 et L5 d'*Ectomyelois ceratoniae*

Les doses optimales des substances actives choisies pour contrôler les stades larvaires L1 et L5 d'*Ectomyelois ceratoniae* sont les doses les plus faibles puisqu'il n'y a pas eu de différence significative entre les deux doses testées pour chaque substance active. De ce fait le choix de la dose optimale était basé sur la plus faible concentration qui peut d'une part contrôler le ravageur et d'autre part présenter un moindre risque pour l'environnement et la faune utile. Ces doses optimales sont respectivement 60 cc/hl pour le spinosade, 60 cc/hl pour l'azadirachtine, 40 cc/hl pour l'abamectine et 30 cc/hl pour l'emamectine benzoate. L'application de ces doses sur le premier stade larvaire L1, n'a pas montré de différence significative sur sa mortalité (P=0.018, F=3.444, ddl=39). Cependant le spinosade a agit plus rapidement que les autres traitements sur la mortalité des L1 où 100 % de la mortalité était enregistrée 24 heures après son application, alors que pour les autres traitements, la mortalité totale des larves n'était enregistrée qu'au bout de 48 heures de leurs applications (Figure 5.a). Pour le dernier stade larvaire L5, 100% de la mortalité corrigée n'était enregistrée qu'après 48 heures de l'application de tous les traitements (Figure 5.b). L'analyse statistique n'a pas montré de différence significative entre ces doses sur la mortalité des L5 (P=0.045, F=2.728, ddl=39).

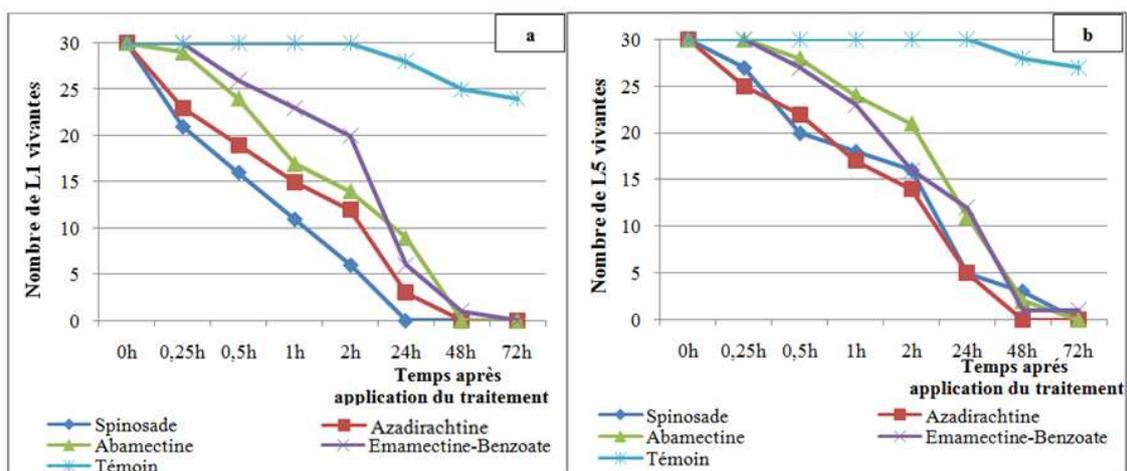


Figure 5. Evolution de la mortalité corrigée des stades larvaires L1 (a) et L5 (b) sous l'effet des concentrations optimales des substances actives appliquées sous les conditions contrôlées du laboratoire à $T^{\circ} = 28 \pm 1^{\circ}C$, 16 :8 (L : O) et $65 \pm 5\%$ (HR).

3.2. Essais de lutte contre *E. ceratoniae* au niveau du verger agrumicole

Au niveau du verger agrumicole, les mêmes substances actives étaient testées afin d'évaluer leurs efficacités dans le contrôle de la pyrale des dattes. Vu le développement endophyte de ce ravageur, tous les traitements appliqués visaient les stades baladeurs, particulièrement L1. Les résultats de cet essai sont illustrés dans les Tableaux 2 et 3 qui montrent qu'après 3 jours de leurs applications, une faible réduction des populations larvaires d'*E. ceratoniae* était enregistrée pour tous les traitements. Le taux le plus élevé de mortalité corrigée 15,4% était enregistré pour le spinosade à la dose de 60 cc/hl alors que les autres produits exerçaient un effet similaire avec une mortalité corrigée faible de 7,7%. L'emamectine-benzoate à la dose de 30 cc/hl, n'a eu aucun effet sur la mortalité des larves d'*E. ceratoniae*. Après sept jours de l'application des traitements, l'efficacité la plus élevée était enregistrée pour le spinosade avec 61,5% de réduction de la population larvaire pour la dose de 60 cc/hl et 46,2% pour la dose de 90 cc/hl. Aucune efficacité de l'emamectine-benzoate à la dose de 30 cc/hl n'était enregistrée. A cette date, une baisse d'infestation de 18% était enregistrée pour le spinosade à 60 cc/hl. Après 14 jours de l'application des traitements, tous les produits ont permis de réduire la population immature du ravageur, cependant le taux de mortalité corrigée le plus élevé était enregistré par le spinosade avec 57% et 50% respectivement pour les doses de 60 et 90 cc/hl. L'azadirachtine aux doses de 60 et 90 cc/hl, ainsi que l'emamectine-benzoate à 60cc/hl ont montré une efficacité moyenne de l'ordre de 35,7%, alors que l'abamectine sous les deux doses a eu un faible effet sur le contrôle de la pyrale des dattes. Après 21 jours de l'application des traitements, des faibles taux de mortalité corrigée étaient enregistrés pour tous les produits testés avec un maximum de 17,6% pour le spinosade à la dose de 60 cc/hl et l'azadirachtine aux doses de 60 et 90cc/hl. L'analyse statistique a montré une différence significative entre les traitements testés sur la réduction de la population du ravageur ($P=0.350$, $F=1.158$, $ddl=44$). En effet, le tableau 3 montre que tous les produits testés ont pu réduire la population du ravageur avec une différence significative pour le spinosade à la dose de 60 cc/hl qui était le plus efficace pour le contrôle d'*Ectomyelois ceratoniae*. Tous les autres produits testés ont montré une efficacité moyenne intermédiaire entre le témoin et le spinosade à 60cc/hl dans la lutte contre *E. ceratoniae* au niveau du verger agrumicole.

Tableau 2. Efficacité des produits testés (pourcentage de mortalité corrigée) sur le contrôle d'*Ectomyelois ceratoniae* après 3, 7,14 et 21 jours de leurs applications par pulvérisation foliaire au niveau du verger agrumicole de Mornag.

	Efficacité (%)			
	J+3	J+7	J+14	J+21
Témoin	*	*	*	*
Spinosade 60 cc/hl	15,4	61,5	57,1	17,6
Spinosade 90 cc/hl	7,7	46,2	50,0	11,8
Azadirachtine 60 cc/hl	7,7	23,1	35,7	17,6
Azadirachtine 90 cc/hl	7,7	38,5	35,7	17,6
Abamectine 40 cc/hl	7,7	7,7	14,3	5,9
Abamectine 60 cc/hl	7,7	23,1	28,6	11,8
Emamectine-benzoate 30 cc/hl	0	0	14,3	11,8
Emamectine-benzoate 60 cc/hl	7,7	30,8	35,7	11,8

Tableau 3. Efficacité des produits testés sur *Ectomyelois ceratoniae* au niveau du verger agrumicole.

Traitements	a	b
Spinosade (60 cc/hl)	10.0	
Spinosade (90 cc/hl)	11.0	11.0
Azadirachtine (90 cc/hl)	11.4	11.4
Azadirachtine (60 cc/hl)	11.8	11.8
Emamectine-benzoate (60cc/hl)	11.8	11.8
Abamectine (60 cc/hl)	12.2	12.2
Abamectine (40 cc/hl)	13.2	13.2
Emamectine-benzoate (30cc/hl)	13.4	13.4
Témoin		14.2

Le spinosade, est un produit fermenté dérivé du mélange de deux toxines (spinosyne A et D) sécrétées par une bactérie vivant dans le sol *Saccharopolyspora spinosa*. Il agit par contact à tous les stades de la vie des insectes, y compris les œufs, les larves et les adultes. Les œufs doivent être pulvérisés directement, mais les larves et les adultes peuvent être efficacement affectés par contact avec les surfaces traitées. Ce bio-pesticide est plus efficace lorsqu'il est ingéré, montrant, généralement, une plus grande sélectivité vis-à-vis des insectes cibles (Bacci et al. 2016). Son efficacité était démontrée contre divers ordre d'insectes principalement les lépidoptères comme *Spodoptera littoralis* (Noctuidae), *Prays citri* (Hyponomeutidae) et *Glyphodes pyloalis* (Pyrilidae) (Pineda et al. 2004 ; Jendoubi 2007 ; Piri et al. 2014). Les résultats de cette étude ont montré l'efficacité de la biomolécule contre *E. ceratoniae* au niveau du laboratoire, où 100 % de mortalité corrigée était enregistrée 24 et 48heures après application de la dose de 90 cc/hl respectivement pour L1 et L5. Au niveau du verger agrumicole, une efficacité de l'ordre de 61,5% était obtenue pour la dose de 60 cc/hl. Nos résultats sont en accord avec les travaux de Hadjeb et al. (2017) qui ont montré que, sous conditions contrôlées, l'efficacité du spinosade contre le premier stade larvaire L1 d'*E. ceratoniae* augmente en fonction du temps d'exposition au bio-pesticide. Egalement les travaux de Khoualdia et al. (2002) ont confirmé que les traitements au spinosade à de faibles doses sont capables de réduire l'infestation de la pyrale au niveau des palmeraies tunisiennes où le taux d'infestation est passé de 7% pour le témoin à 2 % pour les traités. Au niveau du verger agrumicole, Chakroun (2013) a également confirmé, la capacité du spinosade à réduire le taux d'infestation de la pyrale.

L'azadirachtine, est un insecticide naturel d'origine végétale (*Melia azedarach*) qui agit par contact et ingestion. Il affecte le processus de mue chez les insectes, mais aussi, possède un effet anti-alimentaire, répulsif, de confusion sexuelle et d'inhibition de la ponte chez les femelles. Des travaux antérieurs sur la lutte contre la teigne du citronnier *Prays citri* au niveau du verger, ont montré que la dose de 5kg/hl d'une suspension de *Melia azedarach* a engendré une mortalité corrigée de 76,9% après deux semaines de son application (Jendoubi 2007). Appliqué sur *Ectomyelois ceratoniae*, les résultats de notre essai

ont montré que ce bio-pesticide peut causer la mortalité de la totalité des premiers et derniers stades larvaires après 48 heures d'application sous conditions contrôlées. Mais au niveau du champ, le taux de mortalité corrigée n'a pas dépassé les 38,4%. Ces résultats sont en accord avec les travaux de Mehaoua et al. (2013) qui ont confirmé que la mortalité du stade L1 d'*E. ceratoniae* est significativement et positivement corrélée avec le temps d'exposition à l'azadirachtine au niveau du laboratoire. Dans les palmeraies tunisiennes, un essai conduit par Khoualdia et al. (2002) a montré que ce bio-pesticide a engendré une diminution maximale de l'infestation de 16% au niveau du témoin à 2,4% chez les traités. L'abamectine, a une action translaminaire et de contact. Il agit lentement bien que les ravageurs soient paralysés juste après qu'ils soient exposés au produit et la mortalité maximale était observée après 3 à 5 jours. Une remarquable efficacité de ce produit était démontrée contre un autre lépidoptère ravageur des agrumes *Phyllocnistis citrella* (Rae et al. 1996). Notre étude a montré qu'au niveau du laboratoire, cet insecticide peut engendrer une mortalité corrigée de 100%, entre 48 et 72 heures après exposition au traitement respectivement pour L1 et L5. Mais au niveau du verger agrumicole, le taux de mortalité corrigé n'a pas dépassé les 28,6% pour la dose de 60 cc/hl. Ces résultats sont en accord avec les travaux de Chakroun (2013) qui a démontré que le pourcentage d'infestation par *E. ceratoniae* est passé de 40% chez le témoin à 10 % chez les traités suite à l'application de l'abamectine à 50 cc/hl au niveau du verger agrumicole.

L'emamectine-benzoate présente une bonne activité ovo-larvicide et agit principalement par ingestion. Cet insecticide, appliqué par injection au niveau du tronc, permet de lutter contre d'autres ravageurs, notamment le charançon rouge du palmier *Rhynchophorus ferrugineuse* et la pyrale du buis *Cydalima perspectalis* (Bras et al. 2017). Les résultats de cette étude ont montré qu'au niveau du laboratoire, la mortalité corrigée de 100% n'était obtenue qu'après 72 heures d'application du traitement. Cependant, au niveau du verger agrumicole, cet insecticide a engendré une efficacité moyenne sur la pyrale des dattes avec un taux de mortalité corrigée de 35,7%.

4. Conclusion

Les essais de contrôle de la pyrale des dattes par différents traitements chimiques et biologiques ont montré une différence significative pour le spinosade dans la baisse du niveau d'infestation au niveau du verger agrumicole ce qui rend son intégration, dans un programme de lutte intégrée contre ce pyralide, prometteuse. Cependant, il est nécessaire de prévoir un intervalle de temps de 14 jours entre deux traitements pour maximiser l'efficacité de ce produit biologique. D'autre part, des essais sur la présence de résidus du produit en plus de sa toxicité sur les parasitoïdes d'*E. ceratoniae* doivent être conduits dans le but de préserver l'environnement, la faune utile et la santé humaine.

5. Références

- Abbott WS (1925)** A method of computing the effectiveness of an insecticide. J Econ Entomol: 265-267
- Amri I, Hamrouni L, Hanana M, Jamoussi B, Lebdi K (2014)** Essential oils as biological alternatives to protect date palm (*Phoenix dactylifera* L.) against *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). Chilean JAR 74(3):273-279
- Bacci L, Lupi D, Savoldelli S, Rossaro B (2016)** A Review of Spinosyns, a Derivative of Biological Acting Substances as a Class of Insecticides with a Broad Range of Action Against many Insect Pests. JEAP 48(1) :40-52 DOI : 10.4081/jeap.2016.5653
- Bras A, Auger-Rozenberg MA, Pineau P, Lorme P, Roques A, Laparie M, Rousselet J (2017)** Effet de micro-injections d'emamectine benzoate dans l'arbre hôte sur la survie des premiers stades larvaires de la pyrale du buis. AFPP 6^{ème} conférence sur les moyens alternatifs de protection pour une production intégrée Lille, 21,22 et 23 Mars
- Chakroun S (2013)** La bio-écologie de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (1881) (Lepidoptera : Pyralidae) en vergers d'agrumes et les moyens alternatifs de lutte. Mémoire de mastère de recherche en sciences agronomiques, INAT, Université de Carthage
- Dhouibi MH, Jammazi A (1993)** Lutte biologique contre la pyrale des caroubes par *Habrobracon hebetor* en verger de grenadier. Med Fac LandbouwwUnivGent 57(2b) : 427-436
- Dhouibi MH, Hermi H, Soudani D, Thlibi H (2016)** Biocontrol of the carob moth *Ectomyelois ceratoniae* in pomegranate and citrus orchards in Tunisia. Int J Agri Inno Res 4(5): 849-856.
- Gabtini A (1995)** Vols et dégâts du carpocapse (*Cydia pomonella* L.) (Lepidoptera : Tortricidea) dans certains vergers de Tunisie. Annales de l'INRAT : 296-309

- Gothlif S (1969)** The biology of the carob moth *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) in Israel, II. Effect of food, temperature and humidity on development Israel. J Entomol15: 107-116
- Hached W (2012)** Lutte Biologique contre la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller, 1881), en vergers d'agrumes. Mémoire de mastère de recherche en sciences agronomiques, INAT, Université de Carthage
- Hadjeb A, Saidane H, Mehaoua MS, Ben Salah K (2017)** Utilisation d'un biopesticide dans la lutte contre la pyrale des dattes. AFPP 6^{ème} conférence sur les moyens alternatifs de protection pour une production intégrée Lille, 21,22 et 23 Mars 2017
- Jardak T, Moalla M, Khafallah H, Laboudi M (1985)** Sexual traps for *Prays oleae* (Lepidoptera, Hyponomeutidae) as prediction and forecasting method. In: Cavalloro R, Crovetti A (eds) Proceedings of the CEC/FAO/IOBC International Joint Meeting, 3– 6 April 1984, Pisa, Italy, Balkema, Rotterdam, pp 204–229
- Jemni M, Oton M, Ramirez JG, Artés-Hernández F, Chaira N, Ferchichi A, Artés F (2014)** Conventional and emergent sanitizers decreased *Ectomyelois ceratoniae* infestation and maintained quality of date palm after shelf-life. Postharvest Biol Technol 87:33–41 DOI: 10.1016/j.postharvbio.2013.08.002
- Jendoubi H (2007)** La teigne du citronnier *Prays citri* Millière (Lépidopères : Hyponomeutidae) : Bio-écologie et lutte biologique. Mémoire de mastère de recherche en sciences agronomiques, INAT, Université de Carthage
- Jerraya A, Khedher Boulahia S, Jrad F, Fezzani M (1997)** Lutte contre la mineuse des agrumes : Effet de l'acétamipride, nouvel insecticide. Phytoma-La Défense des végétaux. 499 : 46-50
- Jerraya A (2003)** Principaux nuisibles des plantes cultivées et des denrées stockées en Afrique du Nord. Ed Climat Pub, 398 pp
- Khoualdia O, R'houma A, Marro JP, Brun J (1996 a)** Release of *Phanerotoma ocuralis* Kohl to combat the carob moth *Ectomyelois ceratoniae* Zeller on dates in an experimental plot at Tozeur in Tunisia. Fruits (Paris) 51: 129–132
- Khoualdia O, R'houma A, Marro JP (1996 b)** Utilisation de *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera, Trichogrammatidae) contre la pyrale des dattes. Annales de l'INRAT 69 :197-205
- Khoualdia O, Takrouni ML, Ben Mahmoud O, Rhouma A, Alimi E, Bel Hadj R, Abid M, Brun J (2002)** Lutte contre la pyrale des dattes dans le Sud Tunisien. Essai de deux produits naturels, le spinosad et l'azadiractine. Phytoma. La Défense des Végétaux (France) 551 : 15-17
- Krenn Harald W (2010)** Feeding Mechanisms of Adult Lepidoptera: Structure, Function, and Evolution of the Mouthparts. Annu Rev Entomol 55: 307–327
- Lebdi-Grissa K, Ben Ayed N (2005)** Lutte biologique contre *Ectomyelois ceratoniae* sur grenadier par des lâchers de *Trichogramma cacoeciae*. AFPP 7^{ème} Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture, Montpellier, 7p
- Lebdi-Grissa K, Harrabi H, Loussaif F (2006)** Sensibilité variétale du citronnier vis à vis de la teigne, *Prays citri* (Lépidoptères : Hyponomeutidae) et lutte biologique. VI^{ème} conférence Internationale Francophone d'entomologie-Rabat (Maroc), thème entomologie et développement durable. Institut scientifique, Université Mohamed V-Agdal. Maroc, 10p
- Lebdi-Grissa K, Skander M, Mhafidhi M, Belhadj R (2010)** Lutte intégrée contre la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera : Gelechiidae) en Tunisie. Entomol Faun- Faun Entomol 63(3):125-132
- Mediouni J, Dhoubi MH (2007)** Mass rearing and field performance of irradiated carob moth *Ectomyelois ceratoniae* in Tunisia pp 265-273. In Vreysen, M.J.B., A.S. Robinson, and J. Hendrichs (eds.) Area-wide control of insect pests. From research to field implementation. Springer Netherlands, Houten, Netherlands
- Mehaoua MS, Hadjeb A, Lagha M, Bensalah MK, Ouakid ML (2013)** Study of the Toxicity of Azadirachtin on Larval Mortality and Fertility of Carob Moth's Female *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera, Pyralidae) Under Controlled Conditions. Am-Eurasian J Sustain Agric7(1): 1-9
- Pineda S, Budia F, Schneider MI, Gobbi A, Viñuela E, Valle J, Del Estal P (2004)** Effects of two biorational insecticides, spinosad and methoxyfenozide, on *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory conditions. J Econ Entomol 97(6):1906-11

- Piri F, Sahragard A, Ghadamyari M (2014)** Sublethal Effects of Spinosad on Some Biochemical and Biological Parameters of *Glyphodes pyloalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). Plant Protect Sci 50 (3): 135–144
- Rae DJ, Watson DM, Liang WG, Tan BL, Li M, Huang MD, Ding Y, Xiong JJ, Du DP, Tang J, Beattie GAC (1996)** Comparison of petroleum spray oils, abamectin, cartap, and methomyl for control of citrus leafminer (Lepidoptera: Gracillariidae) in Southern China. J Econ Entomol 89(2): 493-500
- Zouba A, Khoualdia O, Antoneo Diaferia A, Valerio Rosito V, Bouabidi H, Chermiti B (2009)** Microwave Treatment for Postharvest Control of the Date Moth *Ectomyelois ceratoniae*. TJPP4:173–184