

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA
Faculté des Sciences Agro-vétérinaire et biologie
Département d'agronomie

MEMOIRE DE MAGISTER

En Sciences Agronomiques

Spécialité : Biopesticides et gestion phytosanitaire

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE DEUX PATHOGENES CONTRE LA
MINEUSE DE LA TOMATE *TUTA ABSOLUTA*:
(LÉPIDOPTERA, GELECHIIDAE).

Par

Fadhila CHILALI

Devant le Jury composé de:

A.GUENDOZ-BENRIMA	Professeur, U.S.D. Blida	Présidente
F.HALOUANE	MCA, U.M.B. Boumerdes	Promotrice
Z.E. DJAZOULI	MCA, U.S.D. Blida	Examineur
G.TAIL	MCA, U.S.D. Blida	Examinatrice
F.Z.MILAT-BISSAAD	MCA, U.M.B. Boumerdes	Examinatrice

Blida, Décembre 2013

RÉSUMÉ

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE DEUX PATHOGENES CONTRE LA MINEUSE DE LA TOMATE : *TUTA ABSOLUTA* : (LÉPIDOPTERA, GELECHIIDA)

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'activité insecticide de trois types de biopesticides : une préparation à base du champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* var *acridum*, une formulation à base de *Bacillus thuringiensis* et un extrait de feuilles de *Schinus molle* L. Pour cela, trois doses différentes ont été préparées pour chaque préparation (dose, demi-dose, et quart- dose).

Les résultats ont été comparés avec ceux d'un produit chimique à base de Thiamethoxame /lambda-cyhalothrine.

L'activité insecticide a été évaluée sur de jeunes larves de la mineuse de tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) et comparée avec celle d'un produit insecticide formulé. Un élevage en masse a été fait dans une chambre sous des conditions contrôlées. La température de l'enceinte est maintenue entre 24 et 28°C avec une hygrométrie comprise entre 40 et 50%. La chambre a été également équipée d'un système de photopériode. Les différents traitements ont été réalisés sur une variété de tomate appelée la Marmande.

Les résultats obtenus montrent que le produit de synthèse présente une action insecticide sur tous les stades larvaires des populations de *Tuta absoluta* alors que le biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* révèle une toxicité uniquement sur les jeunes larves les L1 et les L2.

Les résultats montrent aussi que le produit à base de *Metarhizium anisopliae* var *acridum* se montre toxique sur tous les stades larvaires de *Tuta absoluta* et ceux avec les différentes doses.

Par ailleurs, nous avons noté que seule la dose pure de l'extrait de feuilles de *Schinus molle* L. exerce une action insecticide sur les larves de *Tuta absoluta*.

Mots clés :

Activité insecticide, *Bacillus thuringiensis*, entomopathogène, extrait aqueux, *Metarhizium anisopliae*, *Schinus molle* L., *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917).

ABSTRACT

EFFECT OF TWO ENTOMOPATHOGENIC GERMS ON *TUTA ABSOLUTA*.

The objective of this study was to evaluate the insecticidal activity of three types of biopesticides; the first is based by *Metarhizium anisopliae*, the entomopathogenic based by *Bacillus thuringiensis*, and aqueous extract of leaves of *Schinus molle* L. For these reason three different doses have been prepared for each biopesticide.

The insecticidal activity was evaluated on young larvae of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick, 1994) and compared with those of a synthetic insecticide based by Thiamethoxame /lambda-cyhalothrine.

A massive rearing of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) has been done in room with controlled conditions; then temperature of this room had been fixed between 24 and 28 °C, and hygrometry comprise between 40 and 50%. The experiment room has been equipped with a photoperiod system.

The treatments have been done on Marmande tomato variety. The results showed that the synthetic insecticide based by Thiamethoxame /lambda-cyhalothrine was the most toxic, and had a significant insecticidal activity increases on all larval stages.

The biopesticide based by *Bacillus thuringiensis var kurstaki* caused a significant insecticidal activity only on young larvae L1 and L2.

The results showed that the biopesticide based by *Metarhizium anisopliae var acridum* had a toxic effect on all larval stages and the most insecticidal activity compared with aqueous extract of leaves of *Schinus molle* L. which remains lower.

Keywords:

Bacillus thuringiensis, entomopathogenic, insecticidal activity, *Schinus molle* L.

ملخص

مقارنة تأثير نوعين من المبيدات الحيوية ومبيد حشرات اصطناعي على *Tuta absoluta*

الهدف من هذا العمل هو تقييم النشاط ضد الحشرات لنوعين من المبيدات الحيوية أو لصياغة مستندة من *Bacillus thuringiensis* وفطر مضاد للحشرات *Metarhizium anisopliae* ومستخلص أوراق شجرة *Schinus molle* L. من أجل هذا ثلاث تركيبات مختلفة حضرت من أجل كل مستخلص (مركز، نصف مركز، ربع مركز) النتائج المتحصل عليها تمت مقارنتها مع نتائج مبيد حشري معتمد النشاط ضد الحشري تم تقييمه على يرقات يافعة لحفارة أوراق الطماطم (*Tuta absoluta* (Meyrick 1917)

النتائج المتحصل عليها أظهرت أن المبيد الحشري المعتمد أعطى نتائج هامة على جميع أطوار اليرقات وأظهرت بأن للمبيد الحيوي من *Bacillus thuringiensis* تأثير سمي فقط على يرقات الطور الأول والطور الثاني وقد كشفت النتائج من *Metarhizium anisopliae* تأثير سمي كبير على جميع أطوار يرقات *tuta absoluta*

كما أظهرت النتائج المتحصل عليها ان الجرعة الخام للمستخلص المائي لأوراق *Schinus molle* L تعتبر الوحيدة التي أظهرت نشاطا ضد حشري هام بينما وتبقى الجرعات الأخرى (نصف المركز، ربع المركز) بدون مفعول على اليرقات.

كلمات المفتاح :

مستخلص مائي (Meyrick 1917), *Tuta absoluta* , النشاط ضد الحشري , الطماطم.

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je remercie Dieu de m'avoir donnée la force nécessaire, et le courage pour réaliser ce travail.

Mes profonds respects, et toute ma gratitude à ma promotrice **Dr HALOUANE .F** pour avoir Accepté de m'encadrer tout au long de cette année pour ses précieux conseils et ses encouragements.

J'adresse toute ma gratitude et mon profond respect au **Pr GUENDOUZ BENRIMA.A**, qui me fait l'honneur de présider le jury.

Je remercie également le **Dr DJAZOULI Z.E**, Maitre de conférences à l'université de Blida, qui me fait L'honneur d'être membre de jury, je le remercie également pour m'avoir consacré de son temps.

Je tiens à remercier **D^r TAIL .G**, Maitre de conférences à l'université de Blida d'avoir accepter d'examiner ce travail.

Je voulais remercier **D^r BISSAAD F.Z**, Maitre de conférences à l'université de Boumerdès qui a bien voulu accepter de juger ce travail.

Que Mlle **DJEMAÏ. A**, technicienne au laboratoire de zoologie de Blida, soit profondément remerciée pour son soutien moral et de m'avoir fourni le matériel du laboratoire pour réaliser mes expérimentations.

Un grand merci également à notre professeur **M^r AROUN M.E.F.** pour ses orientations en spécialité zoophytiatrie et son aide.

Mes remerciements au chef du laboratoire de recherche de biotechnologie et production végétale le **P^r SNOUSSIS. A** .d'avoir accepté de réaliser une partie de mon travail dans la serre expérimentale.

Je tiens à remercier aussi toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

DEDICACES.

Je dédie ce modeste travail à:

Mes chers parents.

Mes beaux parents.

Mon époux KAMEL.

Mes enfants.

Mes frères et sœurs.

Toute ma famille et belle famille.

Tous mes enseignants.

Tous mes amis (es).

Fadhila.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ

ABSTRACT

ملخص

REMERCIEMENTS

DÉDICACES

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES ILLUSTRATIONS ET GRAPHIQUES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION

CHAPITRE 1: GÉNÉRALITÉS SUR LA TOMATE (*LYCOPERSICUM ESCULENTUM*, *SOLANACEAE*) ET PRÉSENTATION DE LA MINEUSE DE LA TOMATE *TUTA ABSOLUTA* (MEYRICK, 1917)

1.1. Généralités sur la tomate <i>Lycopersicum esculentum</i>	22
1.1.1. Importance économique en Algérie	22
1.1.2. Intérêts alimentaires	22
1.1.3. Principaux bioagresseurs de la tomate	23
1.2. Présentation de la mineuse de la tomate <i>Tuta absoluta</i>	24
1.2.1. Biologie	24
1.2.2. Nuisibilité	26
1.2.3. La lutte chimique	27
1.2.4. La lutte biologique	28
1.2.4.1. Les pesticides d'origine végétale utilisés actuellement	28
1.2.4.1.1. Description de <i>Schinus molle</i> L.	29
1.2.4.2. Les mycopesticides	30
1.2.4.2.1. Présentation du <i>Metarhizium anisopliae</i>	31
1.2.4.3. Les bactéries entomopathogènes	32
1.2.4.3.1. Présentation du <i>Bacillus thuringiensis</i>	32

CHAPITRE 2 : MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Matériel biologique	34
2.1.1. La mineuse de la tomate <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917)	34
2.1.2. Les plantules de tomate	35

2.1.3 Préparation de l'extrait de feuilles de <i>Schinus molle</i> L.	36
2.1.3.1 Méthode d'extraction	37
2.1.4. Les entomopathogènes	37
2.1.4. 1. Culture du <i>Metarhizium anisopliae</i>	38
2.1.4.1.1. Préparation de la solution entomopathogène	38
2.1.4.2. Préparation des doses du biopesticide à base de <i>Bacillus thuringiensis</i>	41
2.2. Le produit phytosanitaire	41
2.3. Evaluation de l'activité insecticide des produits phytosanitaires	42
2.4. Analyses statistiques	42
2.4.1. Calcul de la moyenne des abondances	42
2.4.2. Estimation de mortalité de la mineuse	42
2.4.3. Calcul du temps létal 50 (TL50)	43
CHAPITRE 3 :RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION	
3.1. Evaluation de l'efficacité des traitements phytosanitaires sur les différents stades de <i>Tuta absoluta</i>	44
3.1.1. Evaluation de l'efficacité du biopesticide à base de <i>Bacillus thuringiensis</i>	44
3.1.2. Evaluation de l'efficacité du biopesticide à base de <i>Metarhizium anisopliae var acridum</i>	47
3.1.3. Evaluation de l'efficacité du biopesticide à base de <i>Schinus molle</i> L.	50
3.1.4. Evaluation de l'efficacité de la matière active, produit <i>ENGEO</i>	53
3.2. Effet de la dose pure des produits phytosanitaires sur la mortalité des larves de <i>Tuta absoluta</i>	59
3.3. Effet de la demi-dose des produits phytosanitaires sur la mortalité des larves de <i>Tuta absoluta</i>	61
3.4. Effet de la quart-dose des produits phytosanitaires sur la mortalité des larves de <i>Tuta absoluta</i>	62
3.5. Détermination des équations de droites de régression	64
3.5.1. Le produit de synthèse	64
3.5.2. <i>Bacillus thuringiensis</i>	61
3.5.3. <i>Metarhizium anisopliae</i>	71

3.5.4. L'extrait aqueux	74
3.6. Calcul des TL50 des différents stades larvaires	77
3.6.1. TL50 des larves du premier stade L1	77
3.6.2. TL50 des larves du deuxième stade L2 :	79
3.6.3. TL50 des larves du troisième stade L3	80
3.6.4 .TL50 des larves du quatrième stade L4	82

CHAPITRE 4:DISCUSSION GÉNÉRALE

4.1. Evaluation des traitements phytosanitaires sur les différents stades larvaires de <i>Tuta absoluta</i>	85
4.2. Effets des produits phytosanitaires à différentes doses sur la mortalité des larves de <i>Tuta absoluta</i>	87
4.3. Calcul des TL50 des différents stades larvaires	89

CONCLUSION

APPENDICES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

LISTE DES ILLUSTRATIONS GRAPHIQUES

Figure 1.1.	Différents stades de développement de <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917)	26
Figure 1.2.	Symptômes de l'attaque de la mineuse <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917) sur feuilles de tomate	27
Figure 1.3.	Floraison et fructification de <i>Schinus molle</i> L.	30
Figure 1.4.	Mycéliums et spores de <i>Metarhizium anisopliae</i>	32
Figure 1.5.	<i>Bacillus thuringiensis</i> en coupe longitudinale sous microscope électronique	33
Figure 2.1.	Ramassage des adultes de la mineuse <i>Tuta absoluta</i> dans un tube à essai	35
Figure 2.2.	Plants de tomate au stade 3 feuilles	36
Figure 2.3.	Plants de tomate après repiquage	36
Figure 2.4.	Dispositif expérimentale pour les bioessais	36
Figure 2.5.	Feuilles de <i>Schinus molle</i> L. mises à sécher	37
Figure 2.6.	Présentation du matériel utilisé pour la préparation de la solution entomopathogène	40
Figure3.1.	Evolution temporelle de la moyenne des abondances des différents stades larvaires (L1, L2, L3, L4) sous l'effet du biopesticide à base de <i>Bacillus thuringiensis</i> .	45
Figure.3.2.	Evolution temporelle de la moyenne des abondances des différents stades larvaires (L1, L2, L3, L4) sous l'effet du biopesticide à base du champignon entomopathogène <i>Metarhizium anisopliae</i> var <i>acridum</i>).	48
Figure 3.3.	Evolution temporelle de la moyenne des abondances des différents stades larvaires (L1, L2, L3, L4) sous l'effet de l'extrait aqueux <i>Schinus molle</i> L.	51
Figure 3.4.	Evolution temporelle de la moyenne des abondances des différents stades larvaires (L1, L2, L3, L4) sous l'effet du produit chimique (Thiamethoxame/lambda-cyhalothrine).	54

Figure 3.5.	Efficacité comparée par doses des traitements phytosanitaires sur les différents stades larvaires dans le temps.	57
Figure 3.6.	Efficacité comparée entre les traitements insecticides sur les différents stades larvaires des populations de <i>Tuta absoluta</i> .	59
Figure 3.7.	Pourcentages de mortalité corrigée journalière des populations larvaires : L1, L2, L3, L4 de <i>tuta absoluta</i> traité par les différents produits phytosanitaires à la dose pure.	61
Figure 3.8.	Pourcentages de mortalité corrigée journalière des populations larvaires : L1, L2, L3, L4 de <i>tuta absoluta</i> traitées par les différents produits phytosanitaires à la demi-dose.	62
Figure 3.9.	Pourcentages de mortalité corrigée journalière des populations larvaires : L1, L2, L3, L4 de <i>tuta absoluta</i> traitées par les différents produits phytosanitaires à la quart-dose.	64
Figure3.10.	TL50 des larves du premier stade : L1 de <i>Tuta absoluta</i> traitées par les différents produits phytosanitaires.	78
Figure 3.11.	TL50 des larves du deuxième stade : L2 de <i>Tuta absoluta</i> traitées par les différents produits phytosanitaires.	80
Figure3.12.	TL50 des larves du troisième stade : L3 de <i>Tuta absoluta</i> traitées par les différents produits phytosanitaires.	82
Figure3.13.	TL50 des larves du quatrième stade : L4 de <i>Tuta absoluta</i> traitées par les différents produits phytosanitaires.	84

LISTE DES TABLEAUX

Tableau.1.1	Constituants chimiques de la tomate (100 g matière fraîche)	23
Tableau 1.2	Insecticides employés contre les larves et adultes de la mineuse dans la production de tomate.	28
Tableau. 3.1	Le test PAST appliqué au pouvoir insecticide des différentes doses du traitement à base de <i>Bacillus thuringiensis</i> sur les populations de <i>Tuta absoluta</i> .	46
Tableau.3.2	Le test PAST appliqué au pouvoir insecticide des différentes doses du traitement à base de <i>Metarhizium anisopliae</i> sur les populations de <i>Tuta absoluta</i>	49
Tableau .3.3	Le test PAST appliqué au pouvoir insecticide des différentes doses du traitement à base de <i>Schinus molle</i> L. sur les populations de <i>Tuta absoluta</i>	52
Tableau.3.4	Le test PAST appliqué au pouvoir insecticide des différentes doses du traitement chimique <i>ENGEO</i> sur les populations de <i>Tuta absoluta</i> .	55
Tableau .3.5	Modèle (G.L.M) appliqué au pouvoir insecticide des différentes doses des traitements utilisés (N = 700).	56
Tableau .3.6	Test ANOVA appliqué à l'interaction : produits/stades (N= 700).	57
Tableau .3.7	Probits des pourcentages de mortalité et le logarithme décimal du temps des les larves traitées au produit de synthèse <i>ENGEO</i> à la dose pure.	65
Tableau.3.8	Probits des pourcentages de mortalité et le logarithme décimal du temps des larves traitées au produit de synthèse <i>ENGEO</i> à la demi-dose.	65
Tableau .3.9	Probits des pourcentages de mortalité et le logarithme décimal du temps des larves de <i>Tuta absoluta</i> traitées au produit de synthèse <i>ENGEO</i> à la quart-dose.	66
Tableau.3.10	Les équations de droites de régression et les valeurs des coefficients de régression (R) pour les larves de T. absoluta traitées au produit <i>ENGEO</i> .	67
Tableau.3.11	Probits des pourcentages de mortalité et de logarithme décimal du temps pour les quatre stades larvaires de <i>Tuta absoluta</i> traités au produit <i>Bacillus thuringiensis</i> à la dose pure.	68

Tableau.3.12	Probits des pourcentages de mortalité et de logarithme décimal du temps des larves <i>Tuta absoluta</i> traitées au <i>Bacillus thuringiensis</i> à la demi-dose.	68
Tableau.3.13	Probits des pourcentages de mortalité et de logarithme décimal du temps pour les quatre stades larvaires de <i>Tuta absoluta</i> traités au produit <i>Bacillus thuringiensis</i> à la quart dose.	69
Tableau.3.14	Les équations de droites de régression et les valeurs des coefficients de régression (R) pour chaque stade de <i>Tuta absoluta</i> traité au <i>Bacillus thuringiensis</i>	70
Tableau.3.15	Probits des pourcentages de mortalité et le logarithme décimal du temps pour les larves de <i>Tuta absoluta</i> traitées au produit <i>M. anisopliae</i> à la dose pure.	71
Tableau.3.16	Probits des pourcentages de mortalité et le logarithme décimal du temps pour les larves de <i>Tuta absoluta</i> traitées au <i>M.anisopliae</i> à la moyenne-dose.	71
Tableau.3.17	Probits des pourcentages de mortalité et de logarithme décimal du temps pour les larves de <i>Tuta absoluta</i> traitées au produit <i>Metarhizium anisopliae</i> à la quart-dose	72
Tableau.3.18	Les équations de droites de régression et les valeurs des coefficients de régression (R) pour chaque stade de <i>Tuta absoluta</i> traité au <i>M.anisopliae</i> .	73
Tableau.3.19	Probits des pourcentages de mortalité et le logarithme décimal du temps pour les larves de <i>Tuta absoluta</i> traitées à l'extrait aqueux à la dose pure.	74
Tableau.3.20	Probits des pourcentages de mortalité et le logarithme décimal du temps pour les larves de <i>Tuta absoluta</i> traitées à l'extrait aqueux à la demi- dose. :	74
Tableau 3.21	Probits des pourcentages de mortalité et le logarithme décimal du temps pour les larves des différents stades larvaires de <i>Tuta absoluta</i> traités à l'extrait aqueux à la quart- dose.	75
Tableau.3.22	Les équations de droites de régression et les valeurs des coefficients de régression (R) pour chaque stade larvaire de <i>Tuta absoluta</i> traité à l'extrait aqueux :	76
Tableau.3.23	Les valeurs des TL50 pour les larves du premier stade de <i>Tuta absoluta</i> traitées par les différents traitements phytosanitaires.	77

Tableau.3.24	Les valeurs des TL50 pour les larves du deuxième stade de <i>Tuta absoluta</i> traitées par les différents traitements phytosanitaires.	79
Tableau.3.25	Les valeurs des TL ₅₀ pour les larves du troisième stade de <i>Tuta absoluta</i> traitées par les différents traitements phytosanitaires.	81
Tableau.3.26	Les valeurs des TL ₅₀ pour les larves du quatrième stade de <i>Tuta absoluta</i> traitées par les différents traitements phytosanitaires.	83

INTRODUCTION

Les problèmes de protection des cultures qui se posent à l'humanité aujourd'hui sont aussi nombreux et divers qu'ils ont pu l'être tout au long de l'histoire de l'agriculture depuis plus de 10 000 ans [1].

Les plantes sont constamment exposées et menacées par les ravageurs et micro-organismes présents dans leur environnement. Les pertes dues, aux insectes, aux pathogènes et aux mauvaises herbes correspondent à 35% de la production agricole mondiale; si ton y ajoute les pertes après récolte, on estime à 45% les pertes dues à ces ravageurs et micro-organismes [2].

Au cours du XX^{ème} siècle, la lutte contre les ennemis des cultures a fait d'énormes progrès. Ces derniers ont été rendus possibles par des percées scientifiques et techniques notamment en chimie analytique et de synthèse et en biologie comportementale (dynamique des populations, analyse des écosystèmes, théorie et pratique de la lutte biologique, biotechnologie) [3].

L'effet des produits chimiques de synthèse sur l'agriculture a été si spectaculaire que l'agriculture conventionnelle signifie maintenant utiliser des produits chimiques. En conséquence à cet état de fait, la toxicité résiduelle élevée de ces produits pour un large éventail d'organismes, a donné lieu à de graves problèmes environnementaux [4]

Aussi, les phénomènes de résistance des agents phytopathogènes et des ravageurs aux pesticides ont conduit à utiliser des concentrations de plus en plus fortes de substances actives. Cette augmentation s'est révélé source de désordres écologiques qui ont été qualifiées «d'effet 4R» pour résistance, rémanence, résurgence et rupture des chaines trophiques [5].

Un des enjeux essentiels de l'agriculture du XX siècle est donc de répondre à la demande croissante dans le respect de l'environnement. Toutefois, l'industrie réagit en développant de nouveaux produits satisfaisant aux normes de plus en plus sévères visant la protection de la santé et de l'environnement.

Ces critères écotoxicologiques plus exigeants amènent une augmentation importante des coûts de développement de nouveaux produits phytosanitaires.

Dans un contexte d'agriculture durable, la lutte biologique prise dans son sens large peut offrir de nombreuses méthodes de lutte alternatives aux insecticides de synthèse.

Parmi les méthodes de lutte biologique, les molécules bioactives qui sont utilisées comme biopesticides occupent une place de choix car elles se prêtent souvent à la production de masse requise pour l'industrie. Ces bioproduits sont généralement compatibles avec des méthodes de lutte biologiques classiques (ex. lâchers de prédateurs ou de parasites). Les biopesticides peuvent être à base de bactéries, champignons, virus, nématodes ou encore d'extraits de plantes [6,7].

Le biopesticide d'origine microbienne qui a connu le plus grand succès commercial est le *Bacillus thuringiensis*, il occupe cette dernière décennie à lui seul environ 1,5 % du marché mondial des insecticides [8].

Plusieurs études se sont intéressées aux plantes pouvant être utilisées dans la protection des cultures. Ces plantes contiennent naturellement dans leurs tissus des quantités importantes de molécules bioactives qui ne sont pas intrinsèquement biocides. Cependant, lorsqu'elles sont exposées à un stress. Ces plantes libèrent une gamme de produits connus pour leurs propriétés biocides et/ou biostatiques. Ces composés secondaires naturels sont souvent considérés comme étant un moyen de défense de la plante productrice contre les microorganismes pathogènes et ravageurs [9].

Il existe actuellement plusieurs familles de plantes entre autres les Brassicacées, sélectionnées spécialement pour leur production de biomasse et leurs propriétés de phytoprotection. Plusieurs espèces appartenant à la famille des crucifères ont été étudiées pour leurs activités allélochimiques. Cependant, elles contiennent des quantités importantes de composés appelés glucosinolates thioglucoside (GLSS) dans leurs différents tissus intervenant dans le processus de défense de ces plantes contre les bioagresseurs [10].

De nos jours, *Tuta absoluta* est considérée comme l'un des ravageurs les plus importants de la tomate [6,9]. Elle constitue un facteur limitant du développement de la culture puisqu'elle peut causer entre 70 % et 100% de pertes [8,11].

Dans le cadre de la recherche sur les procédés de lutte biologique, nous nous sommes intéressés à l'étude *in vivo* de l'effet comparé de trois biopesticides l'un à base de *Bacillus thuringiensis var kurstaki* et l'autre entomopathogène à base de *Metarhizium anisopliae var acridum* et un extrait de feuilles de *Schinus molle* L. avec un produit insecticide sur *Tuta absoluta*, responsable de la maladie dite Mineuse de la tomate.

La principale approche de cette étude, consiste en à évaluer le pouvoir insecticide des biopesticides se traduisant par la moyenne des abondances en comparaison avec une molécule chimique (Thiamethoxame /lambda-cyhalothrine) à quatre temps différents soit 24 ,48 ,72 et 96 heures après application des traitements à différentes doses. En second lieu nous avons jugé nécessaire d'estimer les pourcentages de mortalité journaliers des laves des populations de *Tuta absoluta* pour déterminer les temps létaux (TL50) afin de pouvoir comparer l'efficacité des différents produits phytosanitaires

Notre question était de savoir si les produits à base *Bacillus thuringiensis var kurstaki* et *Metarhizium anisopliae var acridum* présentaient-ils des propriétés insecticides vis-à-vis des larves de *Tuta absoluta* ?

-Le phytoextrait *Schinus molle* L. a-t-il un effet toxique sur les larves de *Tuta absoluta* ?

-Les biopesticides sont –ils efficaces sur tous les stades larvaires, et quel est le stade le plus sensible ?

-Est-ce que l'effet toxique des produits phytosanitaires augmente avec la dose ?

La première partie de ce mémoire a présenté des données bibliographiques sur la plante hôte ainsi que le ravageur .Nous avons exposé le matériel et les méthodes utilisées dans le deuxième chapitre, le troisième chapitre traite les résultats obtenus .Nous avons terminé par une discussion générale des résultats accompagnée par des perspectives.

CHAPITRE 1

GÉNÉRALITES SUR LA TOMATE (*LYCOPERSICUM ESCULENTUM*, *SOLANACEAE*) ET PRESENTATION DE LAMINEUSE DE LA TOMATE *TUTA* *ABSOLUTA* (MEYRICK, 1917).

1.1. Généralités sur la tomate *Lycopersicum esculentum*

1.1.1. Importance économique en Algérie

En Algérie, la tomate a pu gagner une place importante dans l'économie du pays, c'est un légume de base pour la population Algérienne et elle prend la deuxième place en maraîchère (820137 Tonnes) après la pomme de terre (1 506 859 Tonnes) ; C'est un légume qui est cultivé dans toutes les régions, notamment au littoral dans le secteur maraicher comme il occupe une grande place dans le secteur industriel, dans la Mitidja (Boufarik, Soumâa, Blida) et surtout dans les régions du nord est Algérien (Annaba, Guelma, Skikda et Jijel) [12].

1.1.2. Intérêts alimentaires

La tomate est très appréciée pour son intérêt alimentaire et sa valeur nutritive. Le fruit est très riche en vitamine C, en sucres (glucose et fructose) et en acides organiques (acide malique, acide citrique) qui déterminent le goût de ce légume (Tableau1.1) [13]. Ses teneurs en potassium, en vitamine A (750 UI pour 100g), en β carotènes (10mg pour 100g) et sa richesse en pigment lycopène en font un légume à propriétés anticancéreuses.

Tableau.1.1: Constituants chimiques de la tomate (100 g matière fraîche) [13].

Composition	Teneur	Composition	Teneur
Matière sèche	4 - 7%	Phosphore	93 mg
Sucre	1.9 - 4.9%	Magnésium	80 mg
Protéine	0.55 - 1.65%	Chlore	69 mg
Acide organique	0.35 - 0.85%	Sodium	160 mg
Vitamine C	26 - 50 mg	Calcium	60 mg
Vitamine B 1	0.7 - 0.9 mg	Fer	23 mg
Vitamine B 2	0.4 - 0.8mg	1 Potassium	34 g

1.1.3. Principaux bioagresseurs de la tomate

Les maladies de la tomate sont classées en deux groupes : les maladies parasitaires causées par des champignons, des bactéries, et des virus et les maladies non parasitaires ou physiologiques. [14].

Les plus importantes de ces maladies sont dus à des champignons: le Mildiou causé par *Phytophthora infestans* [15]. [16], les alternarioses provoquées par *Alternaria solani*, *Alternaria tomati*, et *Alternaria Danci* [17]. Les Fusarioses induites par *Fusarium oxysporum*, *Fusarium falcatum*, et *Fusarium sclerotiorum* [15]. [16]. Et la pourriture grise par *Botrytis cinerea* [18]. La verticilliose due à *Verticillium dahliae* [14]. Les maladies virales sont principalement : la mosaïque de la tomate due au virus de la mosaïque de tabac [15]. [16], et l'enroulement chlorotique des feuilles de la tomate provoqué le virus (TYLCV). Les principales maladies bactériennes sont surtout le chancre bactérien causé par (*Clavibacter michiganensis* Subsp. *michiganensis*), et la Moucheture de la tomate provoquée par *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, [18].

1.2. Présentation de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*

La mineuse de la tomate est un Lépidoptère de la famille des Gelechiidae. Cet insecte est extrêmement prolifique, puisqu'en conditions optimales il produit jusqu'à 12 générations par an, avec une fécondité individuelle pouvant dépasser les 250 oeufs [19]. En serre de tomate, *T. absoluta* peut avoir 9 générations par année [20].

Cette nouvelle espèce invasive a pour synonymes *Phthnmaea absoluta* (Meyrick, 1917); *Gnorimoschema absoluta* (Clarke, 1962); *Scrobipalpula absoluta* (Povolny, 1964). Le nom scientifique *Tuta absoluta* fut donné par Povolny, en 1994. [21 ; 22]. Ce Lépidoptère a été signalé la première fois dans la zone Euro-méditerranéenne à la fin 2006 [23]. Il a été mis en évidence au Maroc et l'Algérie au printemps 2008 [24].

1.2.1. Biologie

La mineuse de la tomate traverse quatre stades de développement (œuf, larve, nymphe et adulte) (Fig.1.1). Son cycle biologique dure 26 jours à une température de 24 à 26°C. Les mineuses ne peuvent survivre à l'extérieur en hiver ; cependant elles arrivent à le faire dans les débris des végétaux laissés dans la serre ou dans des aires protégées.

L'insecte peut hiverner aux différents stades : œuf, nymphe ou adulte [25]. Les adultes sont des noctuelles qui vivent dans la végétation pendant le jour. La femelle pond ses œufs dans la partie aérienne de la plante hôte et peut déposer jusqu'à 260 œufs durant sa vie. Après éclosion des œufs, les jeunes larves pénètrent dans les feuilles, tiges ou fruits pour s'alimenter en provoquant des mines. Les larves passent par quatre stades, avant de se nymphoser sur les feuilles dans les galeries ou dans le sol [26].

La biologie de cette espèce a été étudiée dans plusieurs pays d'Amérique du Sud sur tomate et autres solanacées. Les activités de dispersion et d'accouplement sont effectués pendant les deux premières heures de l'aurore, entre le 5 h 30 et le 7 h 30 du matin [27, 28].

La durée de l'accouplement, la pré-oviposition et l'oviposition des adultes est affectée par plusieurs facteurs environnementaux comme la température, l'humidité relative et l'alimentation. Quand la température varie entre 24-25°C et l'humidité entre 70-80%, l'accouplement s'effectue entre 16 et 24 heures après émergence. Les femelles commencent l'oviposition approximativement 1 jour après l'accouplement [29, 30]. La ponte des œufs commence de 2 à 3 jours après l'émergence [31]. En général, chaque femelle peut déposer une moyenne de 40 à 55 œufs [32, 33, 30, 31] ; bien qu'on ait obtenu des valeurs maximales de 100 à 300 œufs par femelle [34, 35]. Bien que la période d'oviposition peut varier en moyenne de 4 à 16 jours [29, 34, 30, 35, 31], le taux de ponte est le plus important le premier jour. Il diminue ensuite considérablement [34, 35]. Pendant les sept jours suivant l'accouplement, la femelle dépose 76% du total des œufs [27]. La longévité des adultes varie selon l'alimentation et le sexe. La longévité des femelles est plus grande que celle des mâles [29, 33, 35].

Les œufs sont déposés isolés, préférentiellement sur les feuilles; bien qu'ils peuvent être déposés sur les tiges et le calice des fleurs et fruits. Ils sont déposés pour la plupart adjacents aux nervures des feuilles [29, 34, 30].

A son émergence de l'œuf, la larve perce un orifice presque circulaire à l'extrémité du chorion [35]. La larve néonate commence à perfore l'épiderme créant ainsi un orifice de pénétration dans l'épiderme des feuilles, des bourgeons, inflorescences et fruits de différents degrés de maturation, selon l'état phénologique de la culture.

Les larves des différents stades confectionnent des mines caractérisées par la présence d'excréments bruns [37, 38]. La période larvaire dure environ de 11,9 à 14 jours [39,40, 41]. En fin de cycle, la larve aura consommé 2,8 cm² de la surface foliaire, dont 2,2 cm² par le 4^{ème} stade [42].

Les chenilles sont actives et se déplacent dans différentes parties de la plante dans les heures les plus chaudes de la journée, principalement pour le troisième et quatrième stade ou les dégâts sont plus importants [43].

Au stade prénymphal, l'insecte cesse de s'alimenter. Avant de se métamorphoser, la chenille quitte la galerie et se laisse transporter par un fil de soie sur le sol où se déroule la nymphose jusqu'à l'émergence. La chrysalide reste dans le sol environ 6 à 10 jours avant l'émergence [44, 38, 41, 45].

Le cycle de vie de cet insecte peut durer de 29 à 38 jours selon les conditions environnementales. Au laboratoire, le cycle complet de *T. absoluta* varie de 26 à 38 jours à une température de 24°C, avec un chevauchement des générations [41].



Figure 1.1. Différents stades de développement de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) **Original, 2011.**

1.2.2. Nuisibilité

Les plantes de tomate peuvent être attaquées à n'importe quel stade de développement [46]. Les femelles pondent préférentiellement ses œufs sur les feuilles (73%). et à moindre mesure, sur les nervures des feuilles et les marges des tiges (21%), des sépales (5%) ou des fruits verts (1%) [47]. D'après MONSERRAT [48]. L'oviposition a été trouvée possible sur les tomates non mûres seulement.

Après l'éclosion, les jeunes larves pénètrent les feuilles, les tiges ou les fruits de tomate sur lesquels elles s'alimentent et se développent, créant les mines et les galeries remarquables (Figure 1.2). Les dommages qui sont causées par la

formation de ces mines au sein du mésophylle par l'alimentation des larves, affectent la capacité photosynthétique de la plante, en abaissant par conséquent le rendement de la tomate. [49].

Des fruits peuvent être attaqués dès qu'ils seront formés, et les galeries ennuyées à l'intérieur d'eux peuvent être envahies par les microbes pathogènes secondaires menant à la pourriture des fruits [49]. Cela pourrait causer une perte rapide de rendement, jusqu'à 100%, si aucune décision d'action n'est prise. Les tactiques de contrôle en Amérique du Sud dans les années 70 et 80 ont conduit à une résistance à un grand nombre d'agents chimiques. Cela signifie que les stratégies biologiques et intégrées sont nécessaires pour avoir le dessus sur cette menace [50].



Figure 1.2. : Symptômes de l'attaque de la mineuse *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) sur feuilles de tomate (**originale, 2011**).

1.2.3. La lutte chimique

Différentes matières actives sont utilisées contre les stades larvaires et adultes de *Tuta* (Tableau1.2.). Le Spinosad est utilisé contre les jeunes larves. En effet le recours à la lutte chimique est indispensable car elle constitue la ressource sûre à laquelle l'agriculteur maraîcher a accès tout le temps.

Tableau 1.2 : Insecticides employés contre les larves et adultes de la mineuse dans la production de tomate [51].

Matières actives	Nom du produit	Stade de l'insecte
Methoxyfenoxide	Runner	Jeunes larves
Indoxacarb	<i>Steward</i>	Toutes les étapes larvaires
Pyrethrine	Piperonylbutoxide <i>Spruzit vib.</i>	Larve / Adulte
Teflubenzuron	<i>Nomolt</i>	Jeunes larves
Spinosad	<i>Tracer</i>	Larve
Deltamethrin	<i>Decis Micro/EC</i>	Larve/Adulte
Methomyl	' Methomex 20LS	Larve

Cependant, l'utilisation des pesticides contre *Tuta absoluta* a montré une efficacité limitée, même après l'augmentation de la fréquence d'application et le changement des types d'insecticides utilisés [52].

La résistance à certains insecticides a été rapportée dans plusieurs pays [53]. Des effets secondaires ont été constatés sur les ennemis et les pollinisateurs des cultures [51].

1.2. 4. La lutte biologique

1.2.4.1. Les pesticides d'origine végétale utilisés actuellement

Actuellement, on rapporte que 2121 espèces de plantes possèdent des propriétés antiparasitaires. Un total de 1005 espèces identifiées présentent des propriétés insecticides. 384 avec des propriétés anti-appétissantes, 297 possédant des propriétés répulsives, 27 avec des propriétés attractives et 31 avec des propriétés de stimulateurs de croissance [54].

D'après BELANGER et MUSABYIMANA [55] et BRICE et al [56], le neem a démontré son efficacité dans le contrôle de plus de 401 espèces d'arthropodes nuisibles et certaines maladies des plantes.

L'utilisation de poudres de certaines plantes comme le *Basilic* et *Gardénia* a prouvé aussi son activité insecticide contre plusieurs espèces de Bruches des denrées stockées [57].

Les travaux de SASHIKALA DEVI et al. [58], ont montré que le fruit d'une plante qui s'appelle *Luffa cylindrica* (Linn) présente une activité biologique non négligeable contre plusieurs souches de bactéries et champignons.

L'utilisation de ces plantes contre les bioagresseurs se fait généralement par le biais des extraits de leurs compartiments (un ou plusieurs), et leur efficacité dépend étroitement de leurs compositions en métabolites secondaires qui sont souvent considérés comme étant un moyen de défense de la plante productrice contre divers organismes comme les pathogènes et les ravageurs [59]. Selon BENAYAD [60], ces molécules appartiennent à des familles chimiques très diverses telles que les alcaloïdes, les phénols, les flavonoïdes, les terpénoïdes et les stéroïdes.

1.2.4.1.1. Description de *Schinus molle* L.

Schinus molle L. appelé communément le faux poivrier est un arbre de la famille des *Anacardiacees*.

Nous avons pris en considération la plante *Schinus molle* L. (Fig.1.3) réputée pour ses propriétés thérapeutiques et son potentiel biopesticide, afin d'étudier son efficacité en tant que biopesticide et envisager son utilisation comme moyen de lutte alternatif préservant l'environnement.



Figure 1.3.: Floraison et fructification de *Schinus molle* L. (Original, 2011)

1.2.4. 2. Les mycopesticides

Deux genres sont particulièrement prometteurs : *Beauveria* et *Metarhizium*. Ces champignons se trouvent communément dans le sol. Grâce à la germination des spores à travers la cuticule externe ou à travers le tube digestif, ils peuvent envahir la cavité générale de l'hôte. La contamination se fait donc par contact ou par ingestion de la plante traitée par le myco-insecticide. Durant cette première étape, diverses interactions pathogène-hôte agissent au niveau de la cuticule (mécanisme de défense de l'hôte, virulence de la souche, hygrométrie ambiante, etc...) décidant ou non de la pénétration du pathogène [61]. Les champignons

peuvent tuer très rapidement en l'espace de quelques heures par l'intermédiaire de toxines, ou plus lentement par épuisement de l'hôte dont ils prélèvent l'eau et les nutriments pour se développer. Dans ce dernier cas, on observe une perte d'appétit et une réduction des capacités de vol de l'insecte. Le taux de mortalité peut atteindre 70 à 90% au bout d'une à deux semaines après le traitement.

1.2.4.2.1. Présentation du *Metarhizium anisopliae*

Metarhizium infecte une large gamme d'insectes et provoque la maladie de la muscardine verte. L'espèce la plus mentionnée dans la littérature est *Metarhizium anisopliae*.

On distingue le *Metarhizium anisopliae* du *Metarhizium flavoviride* par la forme des spores ; celles de *Metarhizium anisopliae* sont allongées avec des côtés parallèles (Fig.1.4), tandis que celles de *Metarhizium flavoviride* sont ovales. Elles mesurent 6 µm de longueur pour 2 à 3 µm de diamètre.

Le *Metarhizium anisopliae* présente la classification suivante [77] :

- Règne : *Fungi*.
- Phylum : *Ascomycota*.
- Classe : *Sordariomyceta*.
- Famille : *Claviceptaceae*
- Genre: *Metarhizium*
- Espèce : *M. anisopliae* (Metch) Sorokin, 1883

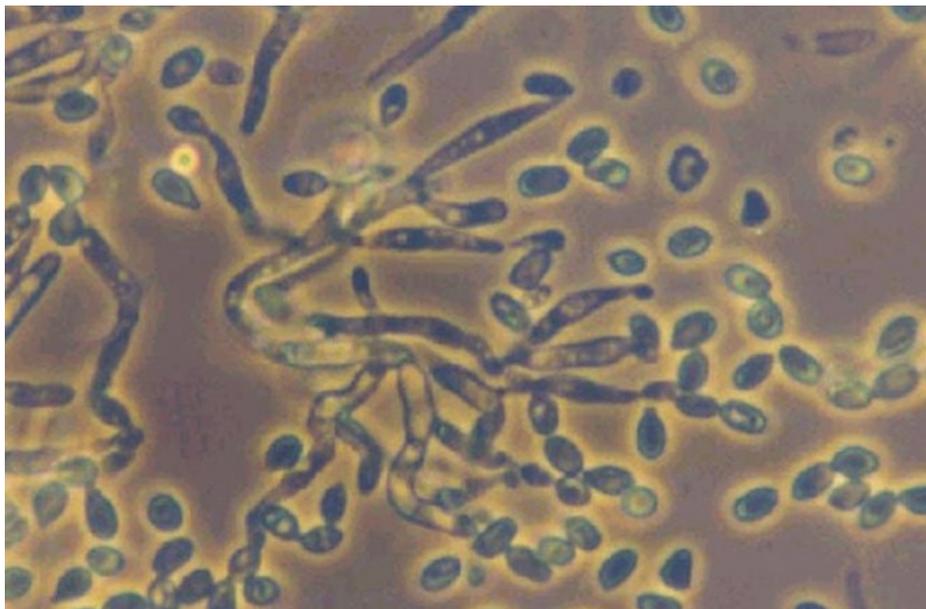


Figure 1.4 : Mycéliums et spores de *Metarhizium anisopliae* [62]

1.2.4.3. Les bactéries entomopathogènes

Parmi plus de 100 espèces de bactéries entomopathogènes seuls les genres *Bacillus* et *Serratia* peuvent être utilisés en lutte biologique [68].

Bacillus thuringiensis ou *Bt* est considérée comme la bactérie la plus importante et la plus largement répandue, elle domine le marché des biopesticides microbiens (70%) [63]. Ces souches produisent un mélange de différentes protéines (δ - endotoxines). Ces produits ont été développés pour contrôler de multiples maladies sur diverses céréales, légumes, fruits et fleurs [64,65].

1.2.4.3.1. Présentation du *Bacillus thuringiensis*

Bacillus thuringiensis est une bactérie Gram positive avec une endospore, qui est sa forme de résistance. Sa protéine toxique (le cristal) peut constituer jusqu'à 30% de la masse totale de la cellule (Fig.1.5) [67].

Selon Larpent, [66] *Bacillus thuringiensis* appartient à :

- Règne : *Protistes*
- Sous règne : *Procaryotes*
- Classe : *Bacillis*
- Ordre : *Bacillales*
- Famille : *Bacillaceae*
- Genre : *Bacillus*
- Espèce : *Bacillus thuringiensis*

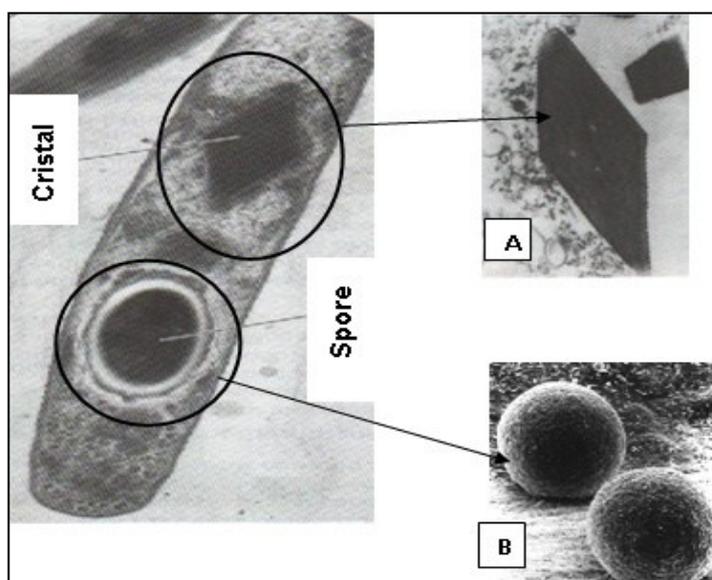


Figure 1.5. : *Bacillus thuringiensis* en coupe longitudinale sous microscope électronique

A: Cristal de *Bacillus thuringiensis* (coupe ultrafine sous microscope électronique) [67]

B: Spores de *Bacillus thuringiensis* sous microscope electronique

CHAPITRE 2

MATÉRIEL ET METHODES

Avec le développement de la chimie, on s'est vite rendu compte qu'il y avait tout un arsenal capable d'éliminer les ennemis de la plante (bactéries, champignons, nématodes, insectes.). Cette approche a conduit à une élimination spectaculaire, du moins à court terme, des organismes nuisibles, et à une détérioration parallèle, mais pas nécessairement visible de la qualité de l'environnement [60]. A cause de leur effet négatif sur l'environnement, l'utilisation des pesticides chimiques est devenue de plus en plus restrictive [69]. En raison de cette conjoncture, les biopesticides sont appelés à un avenir meilleur [70].

Les biopesticides peuvent constituer une solution alternative au «tout chimique » de ces dernières décennies. Leurs propriétés pesticides et leur relative innocuité environnementale en font des composés très intéressants pour les traitements phytosanitaires à venir [71].

Ce présent travail a pour objectif d'évaluer l'activité insecticide (*in vivo*) de trois types de biopesticides, une préparation à base d'un champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* variété *var acridum* et une formulation à base de *Bacillus thuringiensis* et un extrait de feuilles d'un arbre ornemental à savoir le *Schinus molle* L. sur un ravageur redoutable de la tomate *Tuta absoluta* dit mineuse de la tomate.

2.1. Matériel biologique

2.1.1. La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)

Des larves âgées du troisième et quatrième stade larvaire les L3 et les L4 de la mineuse ont été rassemblées à partir des feuilles de tomate infestées qui proviennent de la région de Zéralda. Ensuite, ces larves ont été élevées dans des

conditions contrôlées (25 à 27° C) pour l'obtention rapide des chrysalides et par conséquent des adultes.

Le lâcher et le suivie concernant la mineuse ont été menées au département des Sciences Agronomiques de l'Université SAAD DAHLEB de BLIDA dans une chambre sous des conditions contrôlées. La température de l'enceinte est maintenue entre 24 et 28° C avec une hygrométrie comprise entre 40 et 50 %. La chambre est également équipée d'un système de photopériode alimenté par des lampes à sodium de puissance 300 WAT, permettant d'avoir 16 heures de lumière et 8 heures d'obscurité(Fig.2.4).

Lorsque les plantules de tomate sont transplantées et les adultes de la mineuse sont émergés, ces derniers sont récoltés dans un tube à essai (Fig.2.1) et lâchés dans la chambre d'essai après dix à quinze jours, les premiers symptômes apparaissent et on ne fait les traitements que lorsque les attaques soient bien apparentes.



Figure 2.1. : Ramassage des adultes de la mineuse *Tuta absoluta* dans un tube à essai

2.1.2. Les plantules de tomate

Des semences de tomate, variété Marmande, ont été ramenées de la station expérimentale de l'Institut Agronomique de Blida et semis dans des alvéoles contenant de la tourbe. L'irrigation est faite d'une façon régulière jusqu'à l'obtention des plantules de 4 à 5 feuilles (Fig. 2.2).

. Cette étape s'est déroulée dans une serre expérimentale au niveau du laboratoire de recherche de biotechnologie et production végétale

Les plantules seront transplantées dans des pots contenant 250 g de mélange de terre et de tourbe pour faire l'infestation par la mineuse de La tomate (Fig.2.3).



Figure 2.2. : Plants de tomate au stade
3 feuilles



Figure2.3. : Plants de tomate après
repiquage



Figure 2.4. : Dispositif expérimentale pour les bioessais

2.1.3 Préparation de l'extrait de feuilles de *Schinus molle* L.

Des feuilles de *Schinus molle* L. ont été récoltées en Janvier 2011, autour du campus de l'Université de Sâad Dahlab à Blida. Ensuite, ces feuilles ont été étalées, triées et séchées quatre à cinq jours dans une pièce à la température ambiante (Fig2.5.) Les feuilles ont été récupérées et mises à sécher à l'étuve à

50°C pendant une nuit et réduites en poudre [72]. La poudre est stockée dans des sacs de cellophane à 4°C jusqu'à son utilisation [73].

2.1.3.1 Methode d'extraction

La méthode d'extraction utilisée, est l'extraction par agitation qui consiste à maintenir la plante en contact avec l'eau à température ambiante pendant un temps plus ou moins long dans le but de faire extraire les molécules actives existantes chez la plante à étudier [74] .

Vingt-Cinq grammes de la poudre préparée est mis en solution avec 250 ml d'eau distillée pendant 72hdans des flacons hermétiques sous agitation magnétique à la température ambiante du laboratoire[75].Après filtration à l'aide de deux couches de tissu de tulle, le filtrat est filtré encore une fois à l'aide d'un papier filtre . Le filtrat récupéré représente une solution stock initiale à 25 g par 250ml soit 10 % [76], cette solution a été ensuite diluée en 1/2 et1/4 pour nos essais.



Figure 2.5. : Feuilles de *Schinus molle L.* mises à sécher.

2.1.4. Les entomopathogènes

Les entomopathogènes utilisés dans notre experimentation sont :

-Une souche fongique à base de *Metarhizium anisopliae* fournie par le laboratoire Valcort de l'université de Boumerdès sur gélose en tube incliné.

-Et une souche bactérienne *Bacillus thuringiensis var kurstaki* formulée (IAB-BT) fournie par le laboratoire de Zoophytiatrie de l'université de Blida.

2.1.4. 1. Culture du *Metarhizium anisopliae*

Comme tous les cryptogames, la multiplication du *Metarhizium anisopliae* nécessite des conditions d'aseptie strictes permettant d'obtenir des souches viables et pures.

Afin de purifier et de produire l'entomopathogène en quantité suffisante, un milieu PDA (Potatoes Dextrose Agar) est préparé (Fig. 2.6.A) .une fois le PDA est stérilisé dans une autoclave, il est écoulé dans des boites de pétri en plastique stériles.

Ces boites sont laissées pendant 24h pour que le milieu se refroidisse et se solidifie ensuite, le champignon est ensemencé dans ces boites, on laisse incubé à une température de $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ (Fig.2.6.B).

2.1.4.1.1. Préparation de la solution entomopathogène

Des fragments du milieu de culture âgés de 15 à 20 jours (Fig.2.6.C) sont introduits dans 100ml d'eau distillée stérile. La préparation est agitée pendant 15 jours dans le but de permettre une libération maximale des spores(Fig.2.6.D) [77].Après filtration on récupère la solution fongique (Fig.2.6.E).

Le comptage des spores est réalisé à l'aide d'une cellule de Malassez, sous un microscope optique .Une goutte d'entomopathogène est déposée au centre de cette cellule et on la recouvre d'une lamelle.

Le principe de cette technique consiste à compter le nombre de spores existant dans les 10 carreaux constituant les deux diagonales de la cellule, et on fait la somme afin de déterminer la concentration de la solution mère est déterminée à partir de la relation de Guiraud [78] suivante :

$$X = N.1/V.1/D$$

X : concentration de la solution mère.

N : nombre moyen des spores par petits carrés.

V : volume du petit carré.

D : dilution.

Une fois la concentration de la solution mère est obtenue, les autres concentrations recherchées sont déterminées à partir de la relation de :

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

C₁ : concentration de la solution mère.

V₁ : volume de la solution mère.

C₂ : concentration choisie.

V₂ : volume d'eau distillée pour obtenir C₂.

Les concentrations utilisées sont : C₁=32X10⁶ spores/ml (Dose-pure), C₂=16X10⁶ spores/ml (Demi-dose), C₃=8X10²spores/ml (quart -dose).Les concentrations ont été choisies selon les travaux de BISSAAD [94].



Figure 2.6. : Présentation du matériel utilisé pour la préparation de la solution entomopathogène (original, 2011)

A : Milieu de culture P.DA ,B : *M. anisopliae* en incubation dans l'étuve ,C : *M. anisopliae* D : Agitation des fragments du milieu de culture, E : Solution de spores de *M. anisopliae*, F : Pulvérisateur.

2.1.4.2. Préparation des doses du biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis*

La préparation des différentes doses du traitement à base de ce biopesticide a été effectuée à partir d'une poudre commercialisée, constituée d'une souche bactérienne lyophilisée. Les doses choisies ont été pesées et additionnées avec de l'eau distillée suivant le mode opératoire d'utilisation de ce biopesticide. La dose homologuée du produit est de (50 g/hl). Les doses choisies sont consignées ci-après :

- La dose-pure : $D = 0,50 \text{ g}/0,5\text{l}$.
- La demi-dose : $Dd = 0,25 \text{ g}/0,5\text{l}$.
- La quart-dose : $Qd = 0,12 \text{ g}/0,5\text{l}$.

2.2. Le produit phytosanitaire

Les individus de *T.absoluta* ont été soumis à un pesticide à base de deux matières actives (Thiamethoxam / Lambda- cyhalothrine).

Le Thiamethoxam, de formule brut chimique $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{ClN}_5\text{O}_3$, fait partie de la famille des néonicotinoïdes ; sa solubilité dans l'eau est de 4,1 g.L à 20°C et sa température de fusion est de 139,1°C.

La Lambda-cyhalothrine, de formule brute chimique $\text{C}_{23}\text{H}_{19}\text{ClF}_3\text{NO}_3$, fait partie de la famille des pyréthrinoïdes non solubilité dans l'eau et sa température de fusion est de 49.2°C. Le mélange Thiamethoxam et Lambda –cyhalothrine(est doté de trois modes d'action (contact, ingestion et systémie), en bloquant trois doses d'application ont été arrêtées à savoir la dose homologuée (4 ml/l), la demi-dose (2 ml/l) et le quart-dose (1ml/l).

2.3. Evaluation de l'activité insecticide des produits phytosanitaires

Afin d'estimer l'effet des produits, nous avons utilisé trois doses à savoir la solution mère de chaque produit et leurs dilutions 1/2 et 1/4. Chaque traitement est répété quatre fois.

Pour comparer l'efficacité des produits nous avons préparé les témoins qui sont traités à l'eau distillée.

2.4. Analyses statistiques

Afin de vérifier une éventuelle efficacité des produits phytosanitaires vis-à-vis du ravageur étudié et la comparaison entre les biopesticides et le produit chimique, des analyses ont été faites en utilisant la procédure décrite par le SYSTAT [79].

Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (Type de traitement, Dose, Temps), nous avons fait appel à une analyse de variance (ANOVA pour *Analysis of Variance*) qui permet de vérifier la significativité de la variable d'intérêt entre toutes les combinaisons des modalités, dans les conditions paramétriques si la distribution de la variable quantitative est normale.

2. 4.1.Calcul de la moyenne des abondances

La moyenne des abondances est exprimée par le nombre de larves vivantes de chaque stade sur le nombre de répétitions. Nous avons effectué 4 répétitions.

2. 4.2.Estimation de mortalité de la mineuse

Le comptage des larves mortes s'est effectué au 1^{er}, et 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} jour après le traitement.

Le pourcentage des larves mortes dans chaque traitement est corrigé selon la formule suivante :

- **1er cas: Mortalité nulle dans le témoin**

Les pourcentages retenus sont les valeurs de l'essai ;

- **2ème cas: Mortalité naturelle dans le témoin (formule d'Abbott) [80]:**

$$\% \text{ de mortalité corrigée} = \frac{(\% \text{ observé dans le produit} - \% \text{ du témoin})}{100 - \% \text{ du témoin}} \times 100$$

2.4.3. Calcul du temps létal 50 (TL50)

L'efficacité d'un toxique se mesure par la TL50 qui représente le temps nécessaire pour tuer la moitié d'une population donnée. Elle est déduite à partir du traçage de la droite de régression. Pour cela les pourcentages de mortalité sont transformés en probits [81] (annexe A).

Ces probits sont représentés graphiquement en fonction du logarithme népérien du temps afin d'évaluer la TL50 correspondant à un Probit 5 (50% de mortalité).

CHAPITRE 3

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

3.1. Evaluation de l'efficacité des traitements phytosanitaires sur les différents stades de *Tuta absoluta*

Les moyennes des abondances des larves de *Tuta absoluta* traitées par les différents produits phytosanitaires sont portées sur les tableaux (annexes : B, B1) et illustrées par les figures 3,1 ; 3,2 ; 3,3.

3.1.1.Evaluation de l'efficacité du biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis*

La courbe A montre une baisse graduelle de la moyenne des abondances jusqu'à atteindre le zéro au 3^{ème} jour sous l'effet de la dose pure ; d'autre part, on note une légère augmentation des abondances des populations qui tend à diminuer progressivement jusqu'à s'annuler sous l'action de la demi-dose mais n'atteint pas le zéro au quart –dose (Fig.3.1).

Sur la courbe B, nous remarquons une diminution progressive de la moyenne des abondances à partir du troisième jour pour la dose pure qui s'annule au 4^{ème} jour ; on note aussi une baisse graduelle des abondances des populations jusqu'à atteindre le zéro au 4^{ème} jour sous l'effet de la demi dose alors qu'elle ne s'annule pas pour la quart dose (Fig.3.1).

Les courbes C et D montrent un même schéma d'évolution, les moyennes des abondances sont relativement stables durant les 4 jours d'observation et ceux pour les différentes doses utilisées(Fig.3.1)

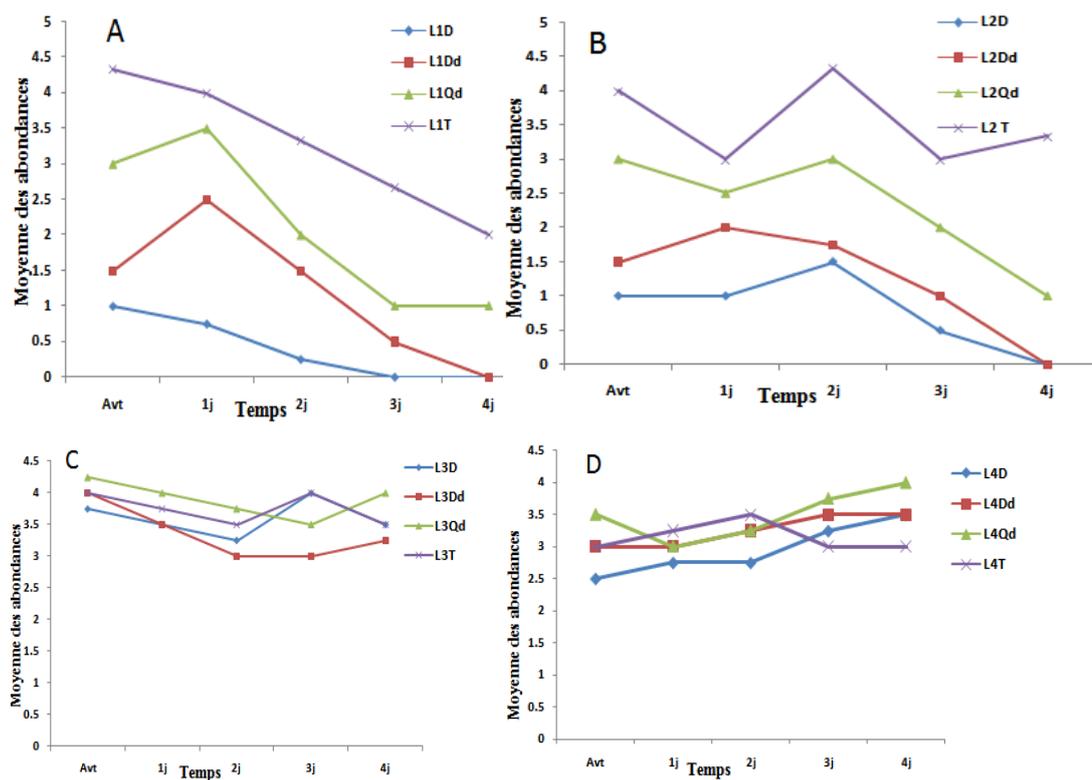


Figure 3.1: Evolution temporelle de la moyenne des abondances des différents stades larvaires (L1, L2, L3, L4) sous l'effet du biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis*.

D : dose pure ; Dd : demi-dose ; Qd : quart- dose.

Afin de bien évaluer l'effet des trois doses des produits phytosanitaires sur l'abondance des différents stades larvaires de *Tuta absoluta*, nous avons eu recours au test PAST.

Le tableau 3.1 montre que les différentes doses du biopesticide de *Bacillus thuringiensis* présentent une action insecticide uniquement sur les jeunes larves L1et L2 de *Tuta absoluta* ($p < 0.05$).

Tableau 3.1: Le test PAST appliqué au pouvoir insecticide des différentes doses du traitement à base de *Bacillus thuringiensis* sur les populations de *Tuta absoluta*.

	L1D	L1T	L1Dd	L1T	L1Qd	L1T
N	5		5		5	
Mean	0.4	3.2667	1.2	3.2667	2.1	3.2667
Median	0.25	3.3333	1.5	3.3333	2	3.3333
TEST WILCOXON p (same)	0.04311S		0.04311S		0.043114S	
	L2D	L2T	L2Dd	L2T	L2Qd	L2T
N	5		5		5	
Mean	0.8	3.5333	1.25	3.5333	2.3	3.3333
Median	1	3.3333	1.5	3.3333	2.5	3.3333
TEST WILCOXON p (same)	0.04311S		0.043114S		0.042168S	
	L3D	L3T	L3Dd	L3T	L3Qd	L3T
N	5		5		5	
Mean	1.45	2.7333	2.2	2.7333	2.3	2.7333
Median	1	3	2.5	3	2	3
TEST WILCOXON p (same)	0.16789NS		0.19747NS		0.2763NS	
	L4D	L4T	L4Dd	L4T	L4Qd	L4T
N	5		5		5	
Mean	2.15	1.6	1.95	1.6	2.25	1.6
Median	2	2	2	2	2	2
TEST WILCOXON p (same)	0.37536NS		0.46521NS		0.56271NS	

3.1.2. Evaluation de l'efficacité du biopesticide à base de *Metarhizium anisopliae* var *acridum*

La courbe A (Fig.3.2) révèle une diminution graduelle de la moyenne des abondances des populations de *Tuta absoluta* jusqu'à s'annuler sous l'action de la dose pure et la demi-dose, cependant, on note une reprise des populations au quatrième jour pour les traités au quart-dose.

La courbe B montre une régression progressive dans le temps des abondances des larves L2, qui atteint le zéro au quatrième jour pour la dose pure mais ne s'annule pas sous l'action de la demi-dose (Fig.3.2).

La courbe C (Fig.3.2) : il apparaît une baisse progressive pour atteindre le zéro au quatrième jour d'observation sous l'effet de la dose pure ; d'autre part les traités à la demi et quart doses montrent un même schéma évolutif, nous observons une augmentation des populations jusqu'au troisième jour on note une diminution progressive des abondances.

Nous observons une diminution progressive des abondances des larves L4 sous l'effet de la dose pure, d'autre part on note une augmentation des abondances qui tend à régresser à partir du troisième jour pour les traités à la demi- dose et au quart –dose (Fig.3.2.D).

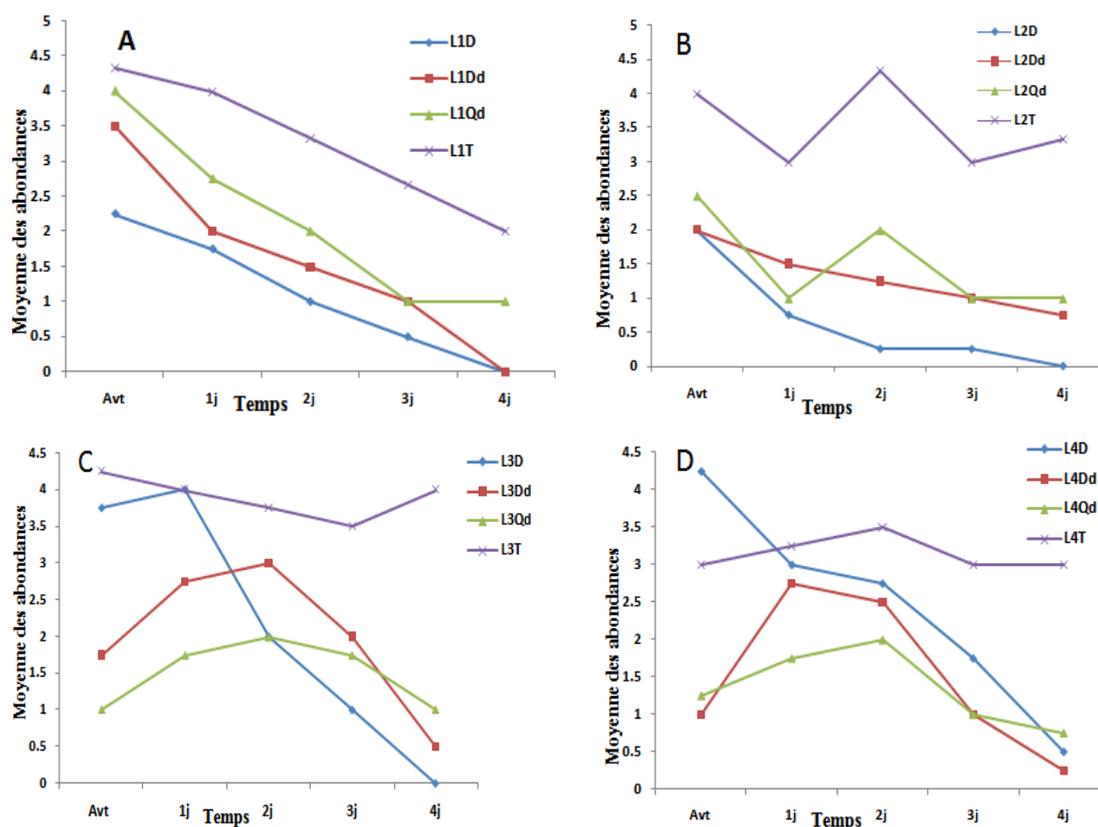


Figure.3.2. Evolution temporelle de la moyenne des abondances des différents stades larvaires (L1, L2, L3, L4) sous l'effet du biopesticide à base du champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae var acridum*.

D : dose pure ; Dd : demi-dose ; Qd : quart-dose.

Le tableau .3.2 montre que les trois doses (la dose pure, la demi-dose et la quart-dose) du traitement à base de *Metarhizium anisopliae* présentent un effet toxique sur tous les stades larvaires des populations de *Tuta Absoluta* puisqu'il existe une différence significative entre les traités et les témoins ($p < 0.05$).

Tableau3.2 : Le test PAST appliqué au pouvoir insecticide des différentes doses du traitement à base de *Metarhizium anisopliae* sur les populations de *Tuta absoluta*.

	L1D	L1T	L1Dd	L1T	L1Qd	L1T
N	5		5		5	
Mean	1.1	3.2661	1.6	3.2667	2.15	2.2667
Median	1	3.3333	1.5	3.3333	2	3.3333
TEST WILCOXON p (same)	0.043114S		0.043168S		0.043178S	
	L2D	L2T	L2Dd	L2T	L2Qd	L2T
N	5		5		5	
Mean	0.65	3.53333	1.3	3.5333	1.5	3.5333
Median	0.25	3.3333	1.25	3.3333	1	3.3333
TEST WILCOXON p (same)	0.043114S		0.042168S		0.042171S	
	L3D	L3T	L3Dd	L3T	L3Qd	L3T
N	5		5		5	
Mean	2.15	3.9	2	3.9	1.5	3.9
Median	2	4	2	4	1.75	4
TEST WILCOXON p (same)	0.037889S		0.043114S		0.042168S	
	L4D	L4T	L4Dd	L4T	L4Qd	L4T
N	5		5		5	
Mean	2.45	3.15	1.5	3.15	1.35	3.15
Median	2.75	3	1	3	1.25	3
TEST WILCOXON p (same)	0.027852S		0.042168S		0.042177S	

3.1.3. Evaluation de l'efficacité du biopesticide à base de *Schinus molle* L.

La courbe A (Fig.3.3) montre une régression graduelle des moyennes des abondances larvaires sous l'effet des différentes doses sans atteindre le zéro.

La courbe B (fig. 3.3) : La courbe révèle que la moyenne des abondances des populations larvaires stade L2 décroît sans atteindre le zéro au 4^{ème} jour sous l'action de la dose pure ; d'autre part on note une légère augmentation des abondances dès le premier jour après traitement qui régresse au deuxième jour d'observation pour se stabiliser au cours du 3^{ème} et 4^{ème} jour (Fig.3.3).

La courbe C (Fig.3.3) : Nous remarquons une légère augmentation de la moyenne des abondances larvaires stade L3 qui régresse dès le deuxième jour d'observation pour reprendre au 4^{ème} jour pour les traitées à la dose pure. D'autre part, on note une fluctuation des abondances larvaires sous l'effet de la demi-dose. La courbe révèle, aussi une régression de l'abondance larvaire au premier jour d'observation qui se stabilise au cours du 2^{ème} et 3^{ème} jour pour rechuter sans s'annuler sous l'action de la quart -dose.

La courbe D : Une baisse graduelle des moyennes des abondances est notée dès le premier jour qui continue sans atteindre le zéro sous l'effet de dose pure. Les traités à la demi-dose et au quart-dose évoluent de la même manière ; l'abondance larvaire augmente au premier jour ; puis diminue progressivement sans s'annuler (Fig.3.3).

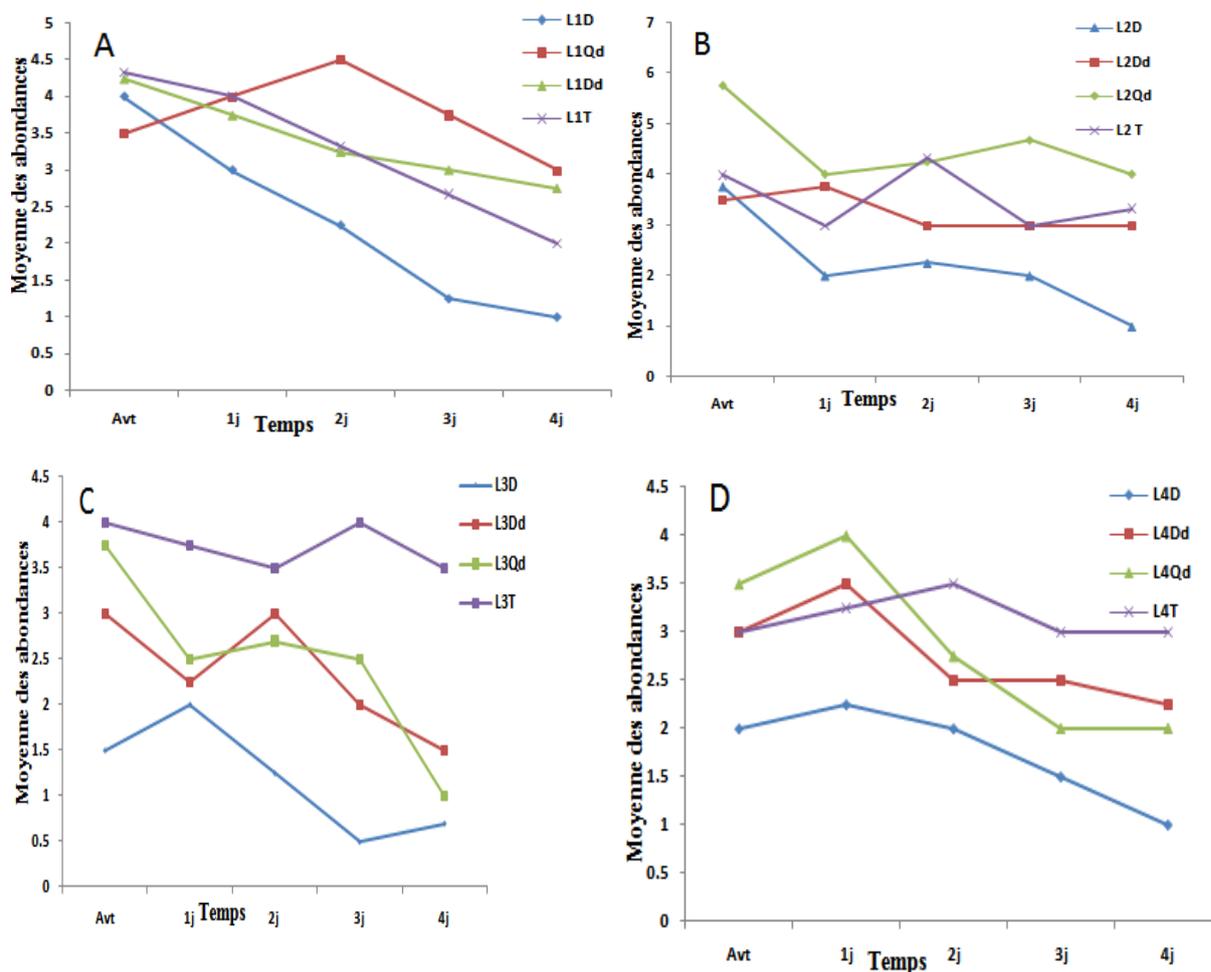


Figure 3.3. Evolution temporelle de la moyenne des abondances des différents stades larvaires (L1, L2, L3, L4) sous l'effet de l'extrait aqueux *Schinus molle L.*

D : dose pure ; Dd : demi-dose ; Qd : quart-dose.

Le tableau 3.3. , montre qu'il existe une différence significative entre les larves traitées à la dose pure et les témoins ($p < 0.05$) on en déduit que seule la dose pure du biopesticide *Schinus molle L.* présente une efficacité vis à vis de tous les stades larvaires des populations de *Tuta absoluta*.

Tableau 3.3: Le test PAST appliqué au pouvoir insecticide des différentes doses du traitement à base de *Schinus molle* L. sur les populations de *Tuta absoluta*.

	L1D	L1T	L1Dd	L1T	L1Qd	L1T
N	5		5		5	
Mean	2.316	3.266	3.734	3.266	3.4	3.266
Median	2.25	3.33	3.67	3.33	3.25	3.33
TEST WILCOXON p (same)	0.04216831S		0.27332NS		0.68447NS	
	L2D	L2T	L2Dd	L2T	L2Qd	L2T
N	5		5		5	
Mean	2.2	3.5333	3.25	3.5333	4.534	3.5333
Median	2	3.3333	3	3.3333	4.25	3.3333
TEST WILCOXON p (same)	0.042168S		0.46521NS		0.27961NS	
	L3D	L3T	L3Dd	L3T	L3Qd	L3T
N	5		5		5	
Mean	1.19	3.75	3.25	3.75	3.49	3.75
Median	1.25	3.75	3	3.75	3.5	3.75
TEST WILCOXON p (same)	0.043114S		0.47521NS		0.2669NS	
	L4D	L4T	L4Dd	L4T	L4Qd	L4T
N	5		5		5	
Mean	1.75	3.15	2.75	3.15	3.5	3.15
Median	2	3	2.5	3	3.5	3
TEST WILCOXON p (same)	0.041227S		0.14413NS		0.2228NS	

3.1.4. Evaluation de l'efficacité de la matière active, produit *ENGEO*

La courbe A ;(Fig.3.4) montre une diminution progressive de la moyenne des abondances , qui atteint le zéro au bout du deuxième jour sous l'effet de la dose pure D, et elle s'annule au troisième jour pour la demi -dose ; tandis que la moyenne des abondances des larves L2 ,sous l'effet de la quart-dose demeure stable durant les trois premiers jours après traitement ,et elle diminue au quatrième jour sans s'annuler .

La courbe B : On note un schéma évolutif similaire pour les deux doses : dose-pure et la demi-dose, nous remarquons une diminution de l'abondance dès le premier jour après traitement, cette baisse continue jusqu'à atteindre le zéro au bout du troisième jour (Fig.3.4).

La courbe C : On observe une diminution des abondances des larves L3 qui s'annule au bout du 3^{ème} pour la dose pure, et au 4^{ème} jour pour la demi- dose ; alors que l'abondance diminue graduellement sans atteindre le zéro pour la quart de dose. ;(Fig.3.4).

La courbe D (Fig.3.4). : La courbe montre que l'abondance des larves sous l'effet de la dose pure diminue au premier jour, puis marque une légère augmentation au deuxième jour après traitement et régresse ensuite jusqu'à s'annuler au 4^{ème} jour.

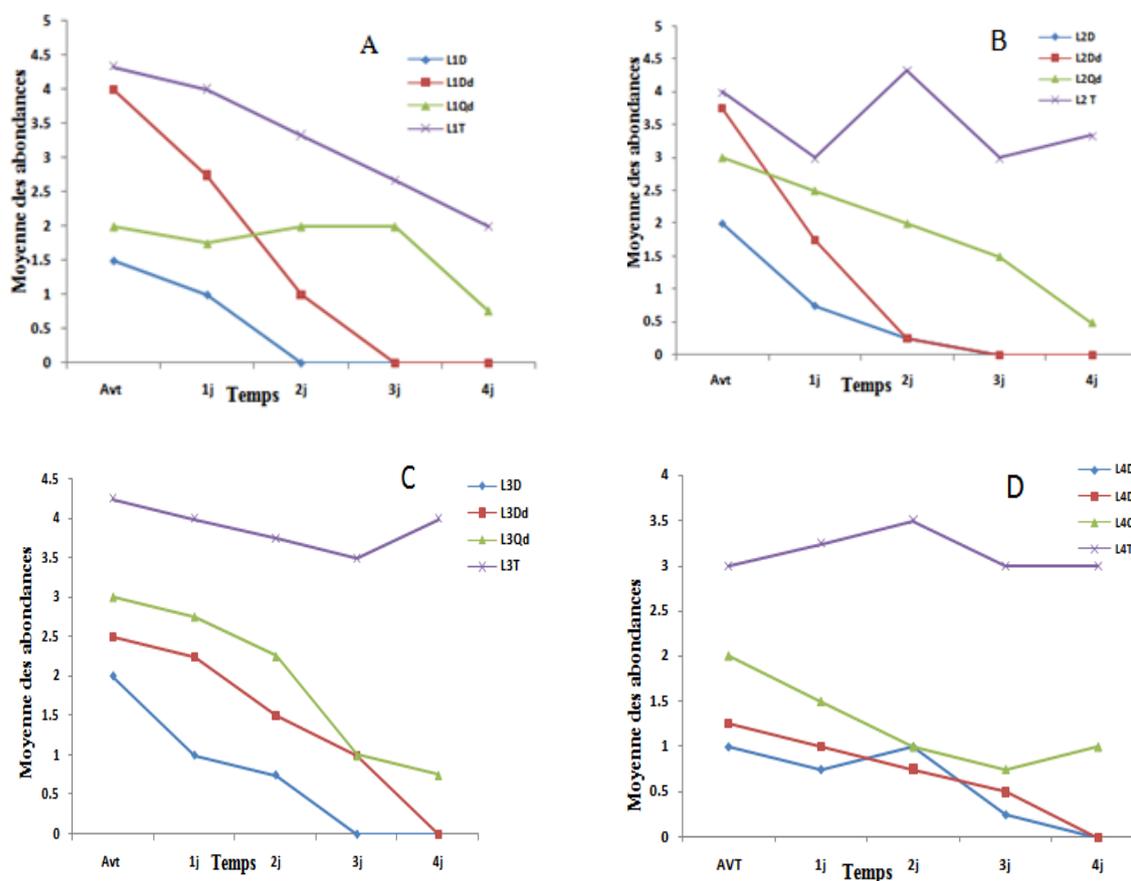


Figure 3.4. Evolution temporelle de la moyenne des abondances des différents stades larvaires (L1, L2, L3, L4) sous l'effet du produit chimique (Thiamethoxame/lambda-cyhalothrine).

D : dose pure ; Dd : demi-dose ; Qd : quart-dose.

Pour le stade larvaire L1, Le test PAST révèle qu'il existe une différence significative ($p=0,043 < 0,05$) entre le témoin et les traités et ceci pour les trois doses, on déduit alors que le produit de synthèse *ENGEO* est efficace contre les larves L1 de *Tuta absoluta* (Tableau3.4).

Les trois doses du produit chimique présentent un effet toxique vis à vis des larves du 2^{ème} stade ($p=0,043 < 0,05$), ainsi qu'une action insecticide contre des larves L3 puisque ($p_1=0,04036 < 0,05$, $p_2=0,04421 < 0,05$ et $p_3=0,04122 < 0,05$) respectivement pour les doses : dose pure, demi- dose, quart – dose (Tableau3.4).

Le tableau 3.4, montre également qu'il existe une différence significative entre les témoins L4 et les traités L4 pour les trois doses, on déduit alors que le produit de synthèse présente une action insecticide sur les larves du 4^{ème} stade de *Tuta absoluta*.

Tableau3.4 : Le test PAST appliqué au pouvoir insecticide des différentes doses du traitement chimique *ENGEO* sur les populations de *Tuta absoluta*.

	L1D	L1T	L1Dd	L1T	L1Qd	L1T
N	5		5		5	
Mean	0,5	2,66	1,55	3,266	1,7	3,266
Median	0	3,33	1	3,33	2	3,33
TEST WILCOXON p (same)	0,043114S		0,043114S		0,043114S	
	L2D	L2T	L2Dd	L2T	L2Qd	L2T
N	5		5		5	
Mean	0.6	3.5333	1.15	3.533	1.9	3.5333
Median	0.25	3.333	0.25	3.333	2	3.333
TEST WILCOXON p (same)	0,043114S		0,043114S		0,043114S	
	L3D	L3T	L3Dd	L3T	L3Qd	L3T
N	5		5		5	
Mean	0.75	2.733	1.45	2.733	1.95	2.733
Median	0.75	3	1.5	3	2.25	3
TEST WILCOXON p (same)	0.04036S		0.0442128S		0.041227S	
	L4D	L4T	L4Dd	L4T	L4Qd	L4T
N	5		5		5	
Mean	0.15	1.4	0.7	1.4	1.25	1.6
Median	0	1	0.75	1	1	2
TEST WILCOXON p (same)	0.042168S		0.043114S		0.04801S	

Afin d'évaluer l'effet des traitements phytosanitaires sur la moyenne des abondances des populations larvaires, nous avons eu recours au test (G.L.M.).

Tableau 3.5 : Modèle(G.L.M) appliqué au pouvoir insecticide des différentes doses des traitements utilisés (N = 700).

Source	Somme des carrés	DDL	Moyenne des écarts	F-ratio	P
Temps	207.623	3	69.208	18.204	0.000
Périodes	91.497	3	30.499	8.022	0.000
Doses	21.471	3	7.157	1.883	0.003
stades	285.885	3	95.295	25.065	0.000

Ce test a permis de déduire qu'il existe une différence significative entre les différentes doses ($p=0.003$) ; et un effet insecticide différent dans le temps ($p=0.000$) ; ce test révèle aussi qu'il existe une différence significative entre les stades larvaires ($p=0.000$) (tableau 3.5).

D'après le premier graphe, on constate que tous les traitements appliqués ont un effet progressif dans le temps sur les larves de *Tuta absoluta* (Fig.3.5.a).Le deuxième graphe (Fig.3.5.b) montre que la dose pure D1 est la plus toxique comparée aux autres doses appliquées soit la demi-dose : D2, et la quart-dose : D3.

Nous remarquons sur le troisième graphe (Fig.3.5.c), que les stades larvaires L1et L2 de *Tuta absoluta* sont les plus sensibles aux différents traitements phytosanitaires par rapport aux stades L3 et L4 qui se montrent plus résistants en affichant un taux d'abondance plus élevé.

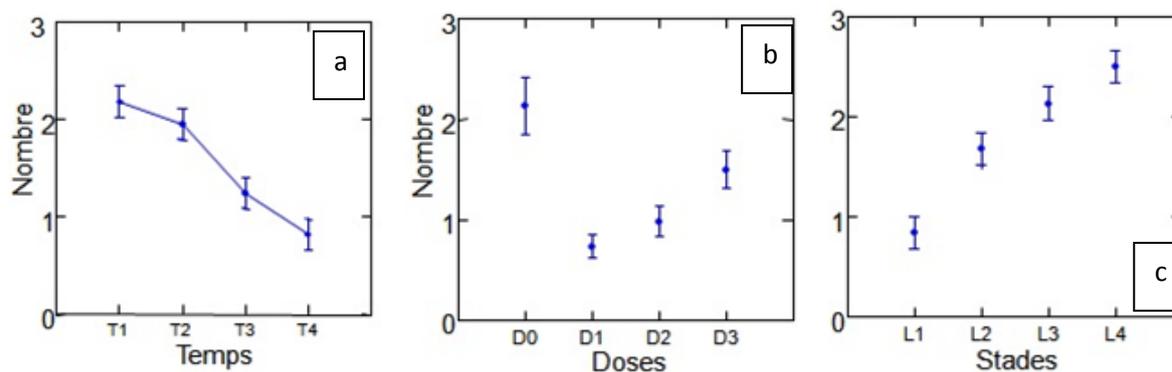


Figure 3.5. Efficacité comparée par doses des traitements phytosanitaires sur les différents stades larvaires dans le temps.

T1 : temps après 24^h de traitement ; T2 : après 48^h ; T3 : après 72^h ; T4 : après 96^h D0 : traitement à l'eau distillée ; D1 : dose pure ; D2 : demi-dose ; D3 : quart-dose.

L1 : premier stade larvaire ; L2 : deuxième stade larvaire ; L3 : troisième stade larvaire ; L4 : quatrième stade larvaire.

Le test ANOVA révèle que l'effet des doses des différents traitements sur la moyenne des abondances varie en fonction du produit utilisé ($p=0.001$) et du facteur stade larvaire ($p=0.001$) tableau 3.6.

L'interaction des facteurs produit et stade présente une différence d'efficacité significative sur les populations larvaires ($p=0.000$).

Tableau 3.6: Test ANOVA appliqué à l'interaction : produits/stades (N= 700).

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Produits	74.893	4	18.723	4.877	0.001
Stades	214.515	3	71.505	18.627	0.000
Produit/stade	229.996	12	19.166	4.993	0.000

D'après le graphe a (Fig.3.6) ; le traitement à base de *Bacillus thuringiensis* se révèle le plus efficace vis-à-vis des populations larvaires L1 car il affiche la plus faible moyenne des abondances suivi du produit de synthèse *ENGEO* ensuite le *Metarhizium anisopliae* et enfin l'extrait aqueux.

Le graphe b (Fig.3.6) affiche une gradation de l'efficacité allant du produit chimique qui présente la meilleure action insecticide contre les larves L2 ; suivi du traitement à base de *Bacillus thuringiensis* ensuite le *Metarhizium anisopliae* et enfin l'extrait aqueux.

Le graphe c révèle que le produit de synthèse est le plus toxique contre les larves L3 ; suivi du traitement à base de *Metarhizium anisopliae* ; le produit à base de *Bacillus thuringiensis* est le moins efficace (Fig.3.6).

Le graphe d montre que le produit chimique est le plus efficace vis à vis des larves L4 en affichant la plus faible moyenne des abondances ; suivi du traitement *Metarhizium anisopliae*. (Fig.3.6).

Les traitements à base de *Bacillus thuringiensis* et l'extrait aqueux s'avèrent les moins efficaces contre les larves du quatrième stade L4.

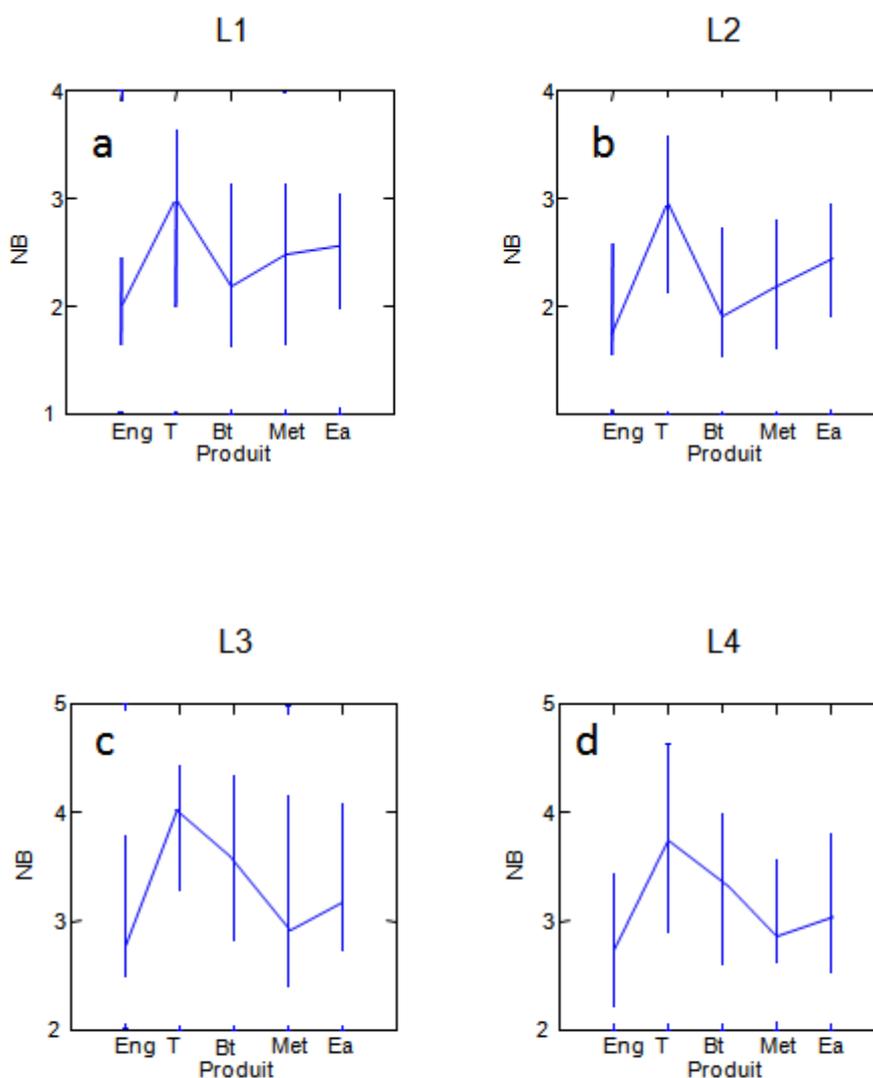


Figure 3.6. Efficacité comparée entre les traitements insecticides sur les différents stades larvaires des populations de *Tuta absoluta*.

Bt : traitement à base de *Bacillus thuringiensis* ; Exa : extrait aqueux ; Met : *Metarhizium anisopliae* Eng : produit chimique ; T : Témoin

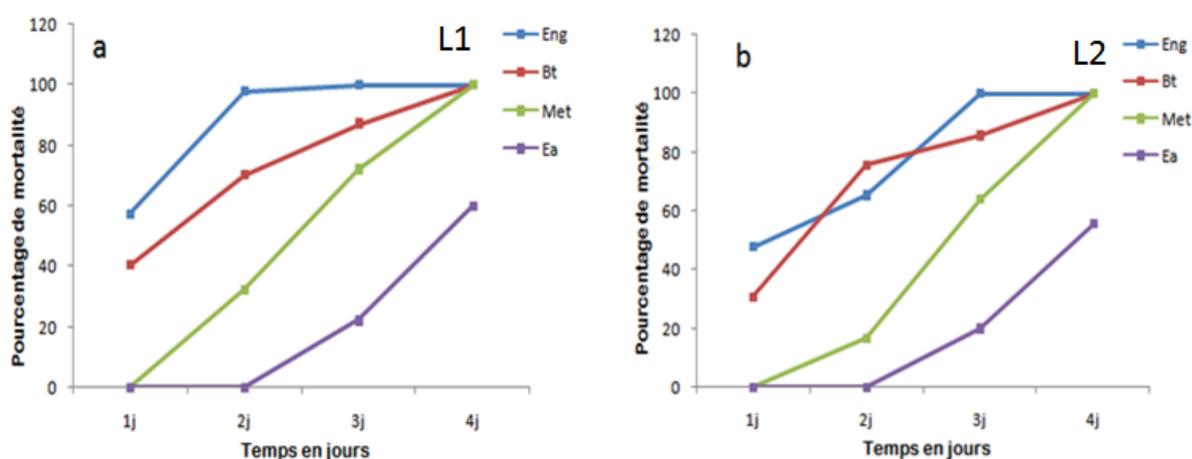
L1 : premier stade larvaire ; L2 : deuxième stade larvaire ; L3 : troisième stade larvaire ; L4 : quatrième stade larvaire.

3.2. Effet de la dose pure des produits phytosanitaires sur la mortalité des larves de *Tuta absoluta*

Les pourcentages de mortalités des larves de *Tuta absoluta* sont portés sur les tableaux (annexes : C, C1, C2, C3) et illustrés par les Figures : 3.7, 3.8 et 3.9.

Les courbes a et b (Fig. 3.7) montrent que sous l'effet de la dose pure les mortalités des larves L1 et L2 débutent dès le premier jour de l'application du traitement chimique, le *Bacillus thuringiensis* et le *Metarhizium anisopliae* pour atteindre 100% au dernier jour de suivi, tandis que pour l'extrait aqueux les mortalités sont notées à partir du 3^{ème} jour et augmentent pour atteindre 40,4% pour les L1 et 37,7% pour les L2 au bout du 4^{ème} jour.

Les courbes c et d (Fig. 3.7) révèlent qu'avec la dose pure les mortalités des larves L3 et L4 sont enregistrées dès le premier jour de l'application du produit de synthèse pour atteindre 100% au bout du 4^{ème} jour. Tandis que pour les biopesticides les mortalités sont retardées au 3^{ème} jour. Il est à noter qu'avec la dose pure les pourcentages de mortalité des larves L3 enregistrés pour le *Metarhizium anisopliae* sont de l'ordre de 60,1% au troisième jour pour atteindre le taux maximum soit 100% de mortalités au 4^{ème} jour d'observation (Fig. 3.7.c) ; alors que pour le *Bacillus thuringiensis* et l'extrait aqueux les mortalités enregistrées des larves L4 restent faibles et ne dépassent pas le taux de 50% au 4^{ème} jour (Fig. 3.7.d).



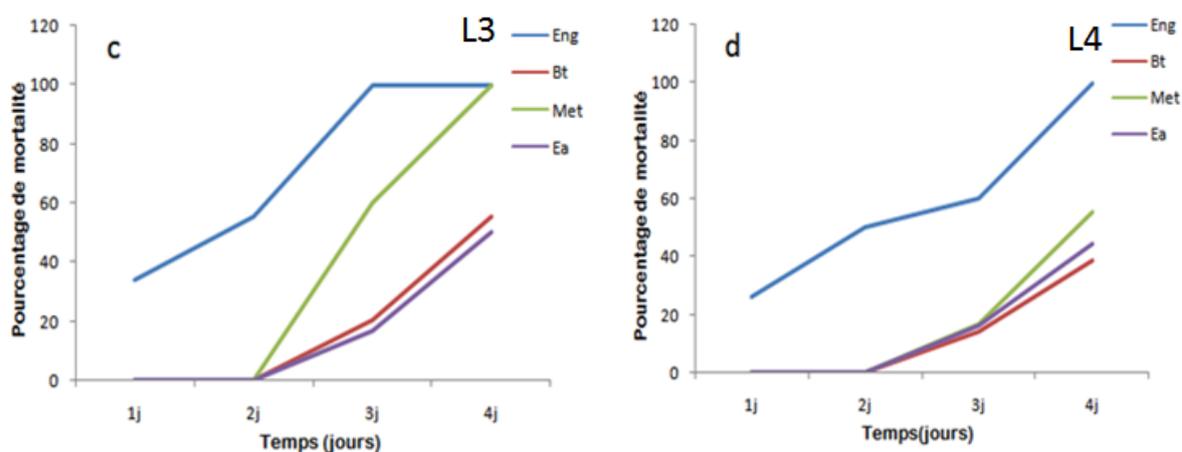


Figure 3.7. Pourcentages de mortalité corrigée journalière des populations larvaires : L1, L2, L3, L4 de *tuta absoluta* traité par les différents produits phytosanitaires à la dose pure.

Eng: produit chimique; Bt: *Bacillus thuringiensis*; Met: *Metarhizium anisopliae*; Ea: Extrait aqueux.

3.3. Effet de la demi-dose des produits phytosanitaires sur la mortalité des larves de *Tuta absoluta*

L'examen de la figure 3.8.A, révèle que sous l'action de la demi-dose, les mortalités des larves L1 et L2 sont observées à partir du premier jour pour atteindre 100% de mortalité au 4^{ème} jour avec le produit de synthèse; ainsi, le taux maximal de 100% est atteint au 4^{ème} jour pour le traitement *Bacillus thuringiensis*. Tandis que pour le *Metarhizium anisopliae*, les mortalités des larves L1 débutent au deuxième jour après traitement et augmentent pour atteindre le 100% de mortalité au 4^{ème} jour. Pour l'extrait aqueux avec la demi-dose les mortalités sont notées au bout du 3^{ème} jour pour les larves L1 et L2; les pourcentages de mortalités enregistrés sont relativement faibles en effet ces derniers restent inférieurs à 50%.

Les courbes C et D (Fig.3.8) montrent que les mortalités enregistrées par le *Bacillus thuringiensis* et le phytoextrait sur les larves L3 et L4 à la demi-dose sont faibles car elles ne dépassent pas le taux de 50% durant toute la période d'observation; alors que pour le *Metarhizium anisopliae* les mortalités des L3 sont

supérieures avec un taux de 14,4% au 3^{ème} jour augmentent pour atteindre 50,5% au bout du 4^{ème} jour .

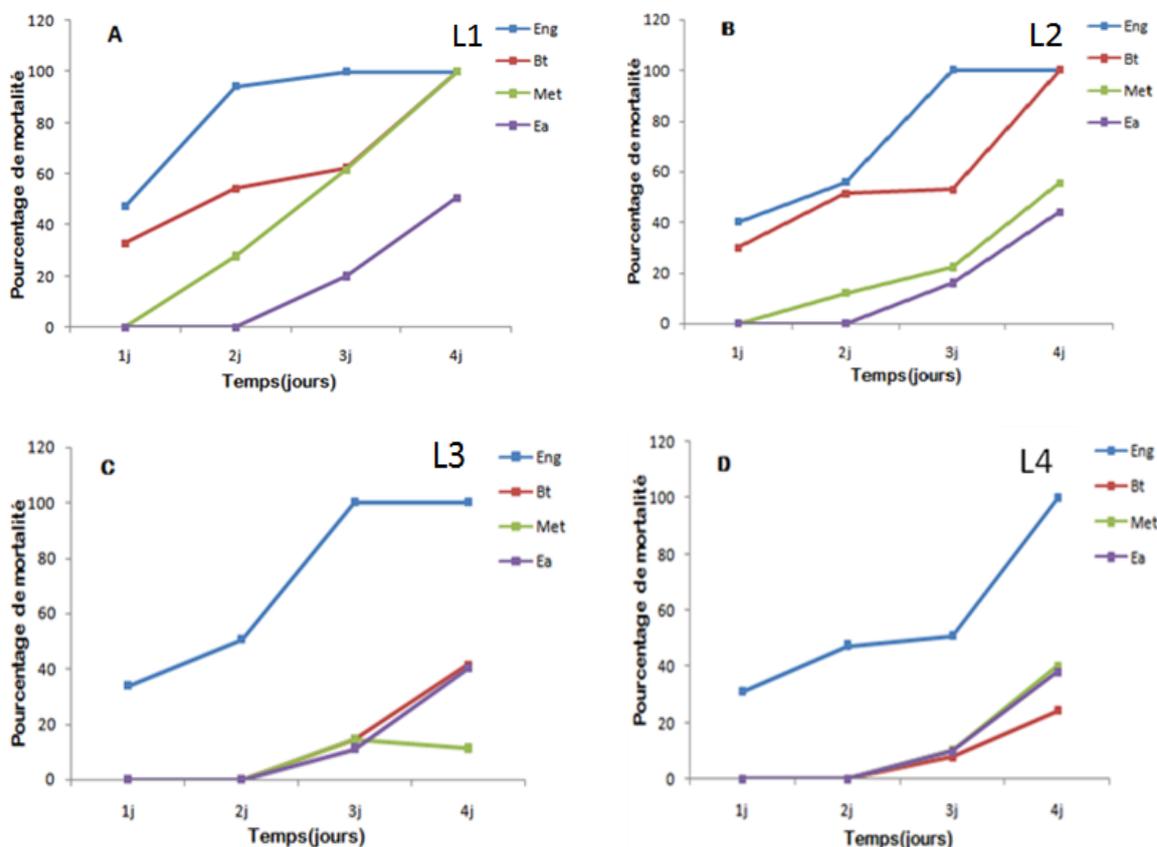


Figure 3.8. Pourcentages de mortalité corrigée journalière des populations larvaires : L1, L2, L3, L4 de *tuta absoluta* traitées par les différents produits phytosanitaires à la demi-dose.

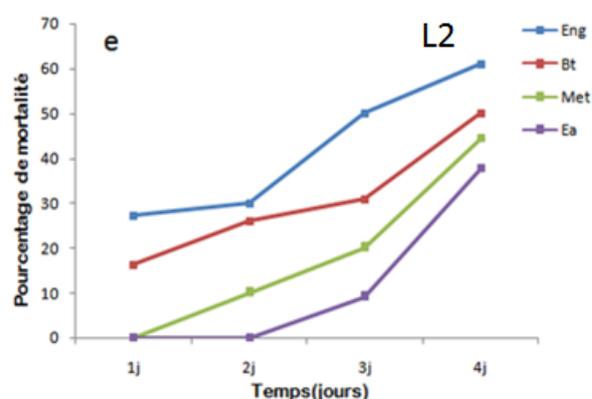
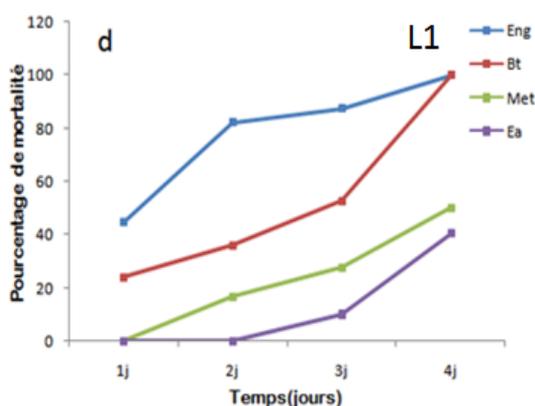
Eng: produit chimique; Bt: *Bacillus thuringiensis*; Met: *Metarhizium anisopliae*; Ea: Extrait aqueux.

3.4. Effet de la quart-dose des produits phytosanitaires sur la mortalité des larves de *Tuta absoluta*

D'après les courbes d,e (Fig.3.9) on constate qu'avec la quart-dose la mortalité des larves L1 a atteint le taux maximal de 100% au bout du 3^{ème} jour sous l'action du produit de synthèse et au 4^{ème} jour pour le *Bacillus thuringiensis*, tandis que les pourcentages de mortalité des larves L2 enregistrés au quatrième jour sont

de l'ordre de 61% avec le produit de synthèse et 50% de mortalité pour le *Bacillus thuringiensis*. Les courbes d et e montrent également que les mortalités enregistrées par le traitement *Metarhizium anisopliae* sur les larves L1 sont de l'ordre de 27,77% au 2^{ème} jour atteindre les 50% au 4^{ème} jour ; les pourcentages de mortalité notés par l'extrait aqueux sur les larves L1 sont de l'ordre de 10,11% au 3^{ème} jour et augmentent légèrement pour atteindre les 40,4% au 4^{ème} jour.

D'après les courbes f et g (Fig.3.9), on constate qu'avec la quart -dose les pourcentages de mortalités des larves enregistrées par le traitement chimique ont atteint le taux de 55,12% au 4^{ème} jour pour les larves L3 et un taux maximal de 100% pour les larves L4 .tandis que les mortalités notées au 4^{ème} jour pour les larves L3 sont de l'ordre de 33,3% avec le *Metarhizium* et de 30,3% avec le traitement de *Bacillus thuringiensis* .Les pourcentages de mortalité des L4 ont atteint les 16,6 % au dernier jour d'observation sous l'effet de *Bacillus thuringiensis* et un taux de 20% pour l'extrait aqueux et 27,7% pour le *Metarhizium anisopliae*.



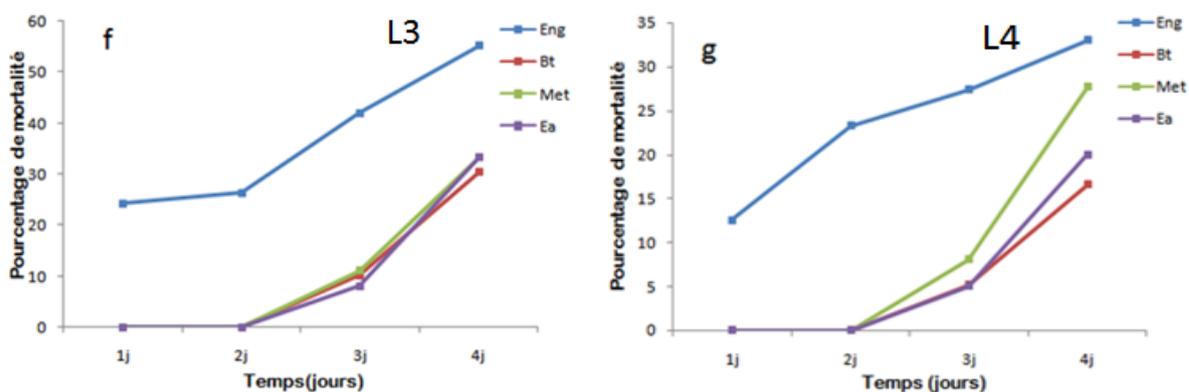


Figure 3.9. Pourcentages de mortalité corrigée journalière des populations larvaires : L1, L2, L3, L4 de *tuta absoluta* traitées par les différents produits phytosanitaires au quart - dose.

Eng: produit chimique; Bt: *Bacillus thuringiensis*; Met: *Metarhizium anisopliae*; Ea: Extrait aqueux.

3.5. Détermination des équations de droites de régression

Nous avons mentionné les valeurs des pourcentages de mortalité corrigées transformées en probits et les jours transformés en logarithmes décimaux et ce pour chaque traitement phytosanitaire et chaque dose ; Les valeurs obtenues vont permettre de tracer les droites de régression (annexe : D, D1, D2, D3) avec leurs équations de droites de régression.

3.5.1. Le produit de synthèse :

Les transformations réalisées sur le temps et les pourcentages de mortalités des larves de *T. absoluta* traitées par le produit *ENGEO* à différentes doses sont portées sur les tableaux .3.7, 3.8, 3.9.

Tableau 3.7: Probits des pourcentages de mortalité et le logarithme décimal du temps pour les larves traitées au produit de synthèse *ENGEO* à la dose pure.

Temps en jours		1j	2j	3j	4j
Logarithme décimal des jours	Stade larvaire	0	0.3	0.48	0.6
Pourcentages des mortalités(%)	L1	57,27	98	100	100
	L2	47,77	65,30	100	100
	L3	34	55,5	100	100
	L4	26,12	50,35	60	100
Probits	L1	5.18	7.05	8.09	8.09
	L2	4.92	5.3	8.09	8.09
	L3	4.59	5.13	8.09	8.09
	L4	4.36	5	5.25	8.09

Tableau3.8: Probits des pourcentages de mortalité et le logarithme décimal du temps des larves traitées au produit de synthèse *ENGEO* à la demi-dose.

Temps en jours		1j	2j	3j	4j
Logarithme décimal des jours	Stade larvaire	0	0.3	0.48	0.6
Pourcentages des mortalités(%)	L1	47,2	94.14	100	100
	L2	40,12	55,56	100	100
	L3	34	50,35	56,60	100
	L4	31,1	47,52	50,9	100
Probits	L1	4.92	6.55	8.09	8.09
	L2	4.75	5.13	8.09	8.09
	L3	4.59	5	5.15	8.09
	L4	4.5	4.92	5.03	8.09

Tableau 3.9: Probits des pourcentages de mortalité et le logarithme décimal du temps des larves de *Tuta absoluta* traitées au produit de synthèse *ENGEO* à la quart-dose.

Temps en jours		1j	2j	3j	4j
Logarithme décimal des jours	Stade larvaire	0	0.3	0.48	0.6
	L1	44,7	82.22	87.7	100
Pourcentage des mortalités(%)	L2	27,22	30	50,07	61
	L3	24,31	26,3	42	55,12
	L4	12,6	23,3	27,38	33
	L1	4.85	5.92	6.13	8.09
Probits	L2	4.39	4.48	5	5.28
	L3	4.29	4.36	4.8	5.13
	L4	3.82	4.26	4.39	4.56

D'après le tableau 3.10, on observe que la relation qui lie la mortalité au temps est bien justifiée par les valeurs du coefficient de corrélation (R) attribué à chaque stade de l'insecte.

Nous remarquons aussi que $0 < R < 1$, donc la corrélation est dite positive ; le taux de mortalité et les temps varient dans le même sens. Les équations de régression obtenues sont portées sur le tableau.3.10.

Tableau 3.10 : Les équations de droites de régression et les valeurs des coefficients de régression (R) pour les larves de *T. absoluta* traitées au produit *ENGEO*.

Doses de traitement	D		Dd		Qd	
	Equation de la droite de régression	R	Equation de la droite de régression	R	Equation de la droite de régression	R
L1	$y=1,283x+6,241$	0,871	$y=5,692x+4,948$	0,963	$y=4,654x+4,641$	0,809
L2	$y=5,967x+4,541$	0,812	$y=6,292x+4,344$	0,809	$y=1,494x+4,272$	0,844
L3	$y=6,562x+4,211$	0,831	$y=4,648x+4,104$	0,570	$y=1,37x+4,172$	0,822
L4	$y=1,233x+4,363$	0,820	$y=4,738x+4,000$	0,560	$y=1,203x+3,842$	0,984

3.5.2. Bacillus thuringiensis

Les transformations réalisées sur le temps et les pourcentages de mortalités des larves de *T. absoluta* sont portées sur les tableaux 3.11, 3.12, 3.13.

Tableau 3.11: Probits des pourcentages de mortalité et de logarithme décimal du temps pour les quatre stades larvaires de *Tuta absoluta* traités au produit *Bacillus thuringiensis* à la dose pure.

Temps en jours		1j	2j	3j	4j
Logarithme décimal des jours	Stade larvaire	0	0.3	0.48	0.6
Pourcentages des mortalités(%)	L1	40.44	70.29	87.17	100
	L2	30.87	75,75	85.7	100
	L3	0	0	20.12	55.2
	L4	0	0	14	38.9
Probits	L1	4.75	5.52	6.13	8.09
	L2	4.5	5.67	6.04	8.09
	L3	0	0	4.05	5
	L4	0	0	3.92	4.72

Tableau 3.12 : Probits des pourcentages de mortalité et de logarithme décimal du temps des larves *Tuta absoluta* traitées au *Bacillus thuringiensis* à la demi-dose.

Temps en jours		1j	2j	3j	4j
Logarithme décimal des jours	Stade larvaire	0	0.3	0.48	0.6
Pourcentages des mortalités(%)	L1	32.8	54.18	62.32	100
	L2	30.2	51.4	53	100
	L3	0	0	14.4	41.4
	L4	0	0	8	24.14
Probits	L1	4.56	5.1	5.31	8.09
	L2	4.48	5.03	5.08	8.09
	L3	0	0	3.92	4.77
	L4	0	0	3.59	4.29

Tableau 3.13: Probits des pourcentages de mortalité et de logarithme décimal du temps pour les quatre stades larvaires de *Tuta absoluta* traités au produit *Bacillus thuringiensis* au quart-dose.

Temps en jours		1j	2j	3j	4j
Logarithme décimal des jours	Stade larvaire	0	0.3	0.48	0.6
Pourcentages des mortalités(%)	L1	24,16	36	52.7	100
	L2	16,2	25,85	30,71	50
	L3	0	0	10.11	30.3
	L4	0	0	5.15	16.6
Probits	L1	4,29	4.64	5.05	8.09
	L2	4.01	4.36	4.5	4.75
	L3	0	0	3.72	4.48
	L4	0	0	3.25	3.36

D'après le tableau 3.14, on observe que la relation qui lie la mortalité au temps est bien justifiée par les valeurs du coefficient de corrélation (R) attribué à chaque stade de l'insecte.

Nous remarquons aussi que $0 < R < 1$, donc la corrélation est dite positive ; le taux de mortalité et les temps varient dans les même sens .Les équations de régression obtenues sont portées sur le tableau 3.14.

Tableau 3.14: Les équations de droites de régression et les valeurs des coefficients de régression (R) pour chaque stade de *Tuta absoluta* traité au *Bacillus thuringiensis* :

Doses de traitement	D		Dd		Qd	
	Equation de la droite de régression	R	Equation de la droite de régression	R	Equation de la droite de régression	R
L1	$y=2,108x+6,213$	0,823	$y=4,782x+4,115$	0,622	$y=5,188x+3,734$	0,598
L2	$y=5,240x+4,266$	0,836	$y=4,781x+4,020$	0,581	$y=1,170x+4,001$	0,978
L3	$y=8,917x-0,817$	0,776	$y=8,544x-0,775$	0,775	$y=8,049x-0,727$	0,774
L4	$y=0,891x+4,236$	0,762	$y=7,726x-0,695$	0,560	$y=6,341x-0,535$	0,751

3.5.3. *Metarhizium anisopliae*

Les transformations réalisées sur le temps et les pourcentages de mortalités des larves de *T. absoluta* sont portées sur les tableaux 3.15, 3.16, 3.17.

Tableau 3.15: Probits des pourcentages de mortalité et le logarithme décimal du temps des larves de *Tuta absoluta* traitées au produit *M. anisopliae* à la dose pure.

Temps en jours		1j	2j	3j	4j
Logarithme décimal des jours	Stade	0	0.3	0.48	0.6
	larvaire				
Pourcentage des mortalités(%)	L1	0	32.33	72.22	100
	L2	0	16.66	64.11	100
	L3	0	0	60.1	100
	L4	0	0	16.6	55.5
Probits	L1	0	4.53	5.58	8.09
	L2	0	4.01	5.36	8.09
	L3	0	0	5.25	8.09
	L4	0	0	4.01	5.13

Tableau 3.16: Probits des pourcentages de mortalité et le logarithme décimal du temps pour les larves de *Tuta absoluta* traitées au *M. anisopliae* à la demi-dose.

Temps en jours		1j	2j	3j	4j
Logarithme décimal des jours	Stade	0	0.3	0.48	0.6
	larvaire				
Pourcentage des mortalités(%)	L1	0	27.77	61.6	100
	L2	0	12.13	22.2	55.5
	L3	0	0	14.4	50.5
	L4	0	0	10.11	40.14
Probits	L1	0	4.39	5.28	8.09
	L2	0	3.82	4.23	5.13
	L3	0	0	3.92	5
	L4	0	0	3.72	4.75

Tableau 3.17: Probits des pourcentages de mortalité et de logarithme décimal du temps pour les larves de *Tuta absoluta* traitées au produit *Metarhizium anisopliae* à la quart-dose.

Temps en jours		1j	2j	3j	4j
Logarithme décimal des jours	Stade	0	0.3	0.48	0.6
	larvaire				
Pourcentage Des mortalités(%)	L1	0	16.66	22.77	50
	L2	0	10.13	20.2	44.4
	L3	0	0	11.11	33.3
	L4	0	0	8.09	27.7
Probits	L1	0	4.01	4.26	5
	L2	0	3.72	4.16	4.85
	L3	0	0	3.77	4.56
	L4	0	0	3.59	4.39

D'après le tableau 3.18, on observe que la relation qui lie la mortalité au temps est bien justifiée par les valeurs du coefficient de corrélation (R) attribué à chaque stade de l'insecte.

Nous remarquons aussi que $0 < R < 1$, donc la corrélation est dite positive ; le taux de mortalité et les temps varient dans les même sens. Les équations de régression obtenues sont portées sur le tableau.3.18.

Tableau 3.18: Les équations de droites de régression et les valeurs des coefficients de régression (R) pour chaque stade de *Tuta absoluta* traité au *M.anisopliae*.

Doses de traitement	D		Dd		Qd	
	Equation de la droite de régression	R	Equation de la droite de régression	R	Equation de la droite de régression	R
L1	$y=10,5x-0,093$	0,978	$y=2,516x-1,85$	0,938	$y=8,172x+0,498$	0,897
L2	$y=12,75x-0,035$	0,976	$y=8,356x+0,411$	0,928	$y=7,983x+0,428$	0,919
L3	$y=13,31x-1,353$	0,767	$y=8,831x-0,816$	0,778	$y=8,182x+0,740$	0,774
L4	$y=15,36x-1,993$	0,994	$y=8,386x-0,776$	0,778	$Y=7,851x+0,713$	0,775

3.5.4. L'extrait aqueux

Les transformations réalisées sur le temps et les pourcentages de mortalités des larves de *T.absoluta* traitées à L'extrait aqueux sont portées sur les tableaux .3.19, 3.20, 3.21.

Tableau 3.19: Probits des pourcentages de mortalité et le logarithme décimal du temps pour les larves de *Tuta absoluta* traitées à l'extrait aqueux à la dose pure.

Temps en jours		1j	2j	3j	4j
Logarithme décimal des jours	Stade larvaire	0	0.3	0.48	0.6
Pourcentages des mortalités(%)	L1	0	0	22.22	60
	L2	0	0	20	55.5
	L3	0	0	16.66	50
	L4	0	0	16	44.4
Probits	L1	0	0	4.23	5.25
	L2	0	0	4.16	5.13
	L3	0	0	5.25	8.09
	L4	0	0	4.01	4.85

Tableau.3.20: Probits des pourcentages de mortalité et le logarithme décimal du temps pour les larves de *Tuta absoluta* traitées à l'extrait aqueux à la demi- dose.

Temps en jours		1j	2j	3j	4j
Logarithme décimal des jours	Stade larvaire	0	0.3	0.48	0.6
Pourcentage des mortalités(%)	L1	0	0	20	50.5
	L2	0	0	16	44
	L3	0	0	11.11	40
	L4	0	0	10	38
Probits	L1	0	0	4.16	5
	L2	0	0	4.01	4.85
	L3	0	0	3.77	4.75
	L4	0	0	3.72	4.69

Tableau 3.21: Probits des pourcentages de mortalité et le logarithme décimal du temps pour les larves des différents stades larvaires de *Tuta absoluta* traités à l'extrait aqueux à la quart- dose.

Temps en jours		1j	2j	3j	4j
Logarithme décimal des jours	Stade	0	0.3	0.48	0.6
	larvaire				
Pourcentage des mortalités(%)	L1	0	0	10.11	40.4
	L2	0	0	9.22	37.7
	L3	0	0	8	33.3
	L4	0	0	5	20
Probits	L1	0	0	3.72	4.75
	L2	0	0	3.66	4.67
	L3	0	0	3.59	4.56
	L4	0	0	3.36	4.16

D'après le tableau 3.22, on observe que la relation qui lie la mortalité au temps est bien justifiée par les valeurs du coefficient de corrélation (R) attribué à chaque stade de l'insecte.

Nous remarquons aussi que $0 < R < 1$, donc la corrélation est dite positive ; le taux de mortalité et les temps varient dans les même sens. Les équations de régression obtenues sont portées sur le tableau 3.22.

Tableau 3.22 : Les équations de droites de régression et les valeurs des coefficients de régression (R) pour chaque stade larvaire de *Tuta absoluta* traité à l'extrait aqueux :

Doses de traitement	D		Dd		Qd	
Stade de l'insecte	Equation de la droite de régression	R	Equation de la droite de régression	R	Equation de la droite de régression	R
L1	$y=3,074x+4,253$	0,921	$y=8,989x-0,811$	0,774	$y=8,386x-0,776$	0,778
L2	$y=5,967x+4,541$	0,812	$y=8,7x-0,787$	0,774	$y=8,247x-0,762$	0,778
L3	$y=13,56x-1,345$	0,775	$y=8,42x-0,774$	0,777	$y=8,063x-0,744$	0,778
L4	$Y=1,369x+4,052$	0,982	$y=8,312x-0,765$	0,777	$y=7,412x-0,677$	0,776

3.6. Calcul des TL50 des différents stades larvaires :

A partir des équations de régression, on a calculé les TL50 pour chaque stade larvaire de l'insecte et pour chaque dose du traitement phytosanitaire.

3.6.1. TL50 des larves du premier stade L1

Les TL50 des larves du premier stade, traitées par les différents traitements phytosanitaires à doses variées sont portées sur le tableau 3.23 et illustrées par la figure : 3.10.

Tableau 3.23 : Les valeurs des TL50 pour les larves du premier stade de *Tuta absoluta* traitées par les différents traitements phytosanitaires.

Produits	Produit de synthèse	<i>Bacillus thuringiensis</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	<i>Schinus molle L.</i>
Stade/doses	L1	L1	L1	L1
D	0,863	1,308	2,39	0,23
Dd	1,02	1,53	2,45	4,43
Qd	1,194	1,75	3,50	4,88

La figure 3.10, montre que pour les différentes doses ; le produit de synthèse se montre le plus toxique vis-à-vis des larves L1 en affichant les TL50 les plus faibles : TL50=0,86 jours à la dose pure (D=4ml/l), TL50=1,02 jours à la demi-dose (Dd=2ml/l) et une TL50=1,20 jours avec la quart-dose (Qd=1ml/l). Il est suivi par le traitement *Bacillus thuringiensis* avec une TL50=1,31 jours pour la dose-pure (D=0,75g/0,5l) et une TL50=1,53 jours à la demi-dose (Dd=0,5g/0,5l) et TL50=1,75 jours avec la quart-dose (Qd=0,25g/0,5l) arrive ensuite le *Metarhizium*

anisopliae qui présente la TL50=2,40jours avec la dose-pure(D =32X10⁶spores/ml) , une TL50=2,45 jours à la demi-dose(1610⁶spores/ml) ,et une TL50=3,50 jours avec la quart-dose (8X10⁶ spores/ml) . Enfin l'extrait-aqueux qui se montre le moins toxique avec les TL50 =4,23 jours pour la dose- pure (D=100g/l) et TL50=4,43jours à la demi-dose (Dd= 50g/l) etTL50=4,88 jours pour la quart-dose (Qd=25g/l).

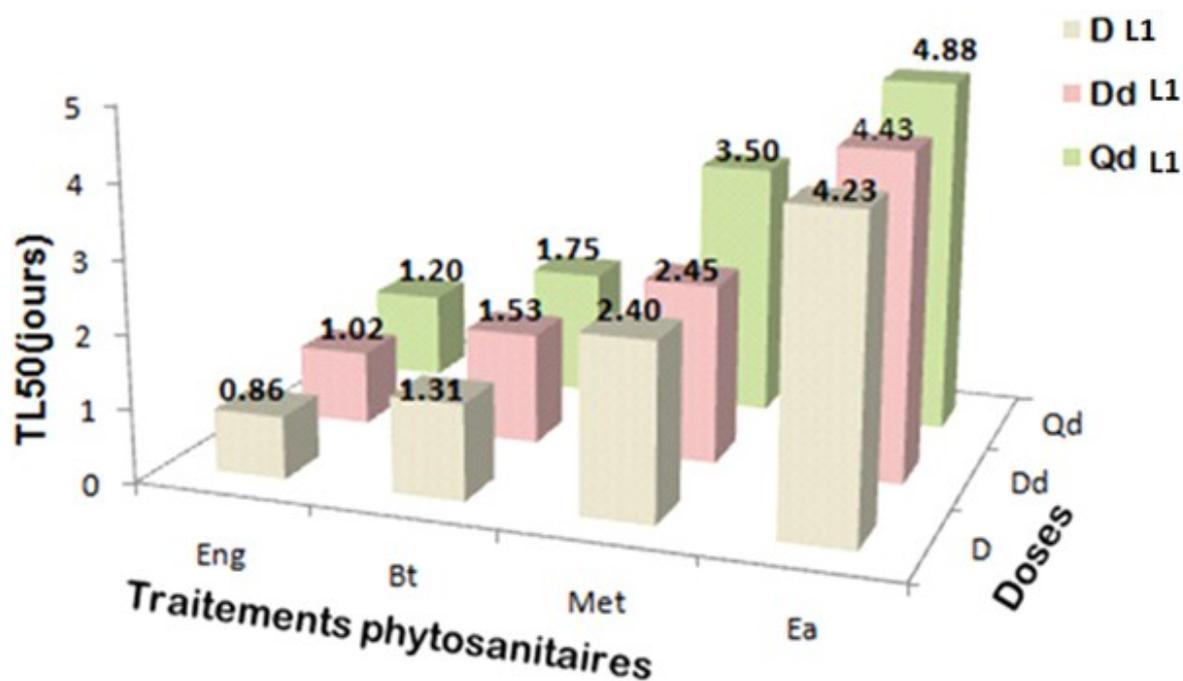


Figure3.10.:TL50 des larves du premier stade : L1 de *Tuta absoluta* traitées par les différents produits phytosanitaires.

D : Dose ; Dd : Demi-dose ; Qd : quart-dose.

3.6.2. TL50 des larves du deuxième stade L2 :

Les TL50 des larves du deuxième stade les L2, traitées par les différents traitements phytosanitaires à doses variées sont portées sur le tableau 3.24 et illustrées par la figure 3.11.

Tableau 3.24 : Les valeurs des TL50 pour les larves du deuxième stade de *Tuta absoluta* traitées par les différents traitements phytosanitaires.

Produits	Produit de synthèse	<i>Bacillus thuringiensis</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	<i>Schinus molle L.</i>
Stade/doses	L2	L2	L2	L2
D	1,236	1,381	3,00	4, 34
Dd	1,271	1,60	4,55	4,62
Qd	3,07	5,14	5,02	4,99

D'après l'examen de la figure .3.11, le produit de synthèse montre une rapidité d'intoxication sur les larves du deuxième stade L2 de *Tuta absoluta* et ce pour les différentes doses : TL50=1,23 jours à la dose pure(D=4ml/l)et une TL50=1,27 jours à la demi-dose (Dd=2ml/l) et une TL50=3,07jours à la quart-dose (Qd=1ml/l)suivi par le traitement *Bacillus thuringiensis* avec des TL50=1,38 jours dose-pure(D= 0,75g/0,5l), et la TL50=1,60jours avec la demi-dose (Dd =0,5g / 0,5l) ,d'autre part avec la quart-dose(Qd=0,25g/0,5l) la toxicité du traitement *Bacillus thuringiensis* a diminué puisqu' il affiche une TL50 supérieure de 5,14 jours. Le traitement *Metarhizium anisopliae* montre une action insecticide moins rapide sur

les larves L2, avec une TL₅₀=2,48 jours à la dose pure (D =32X10⁶spores/ml), et une TL₅₀=3,54jours à la demi-dose (Dd= (16X10⁶spores/ml) (Fig.3.11).

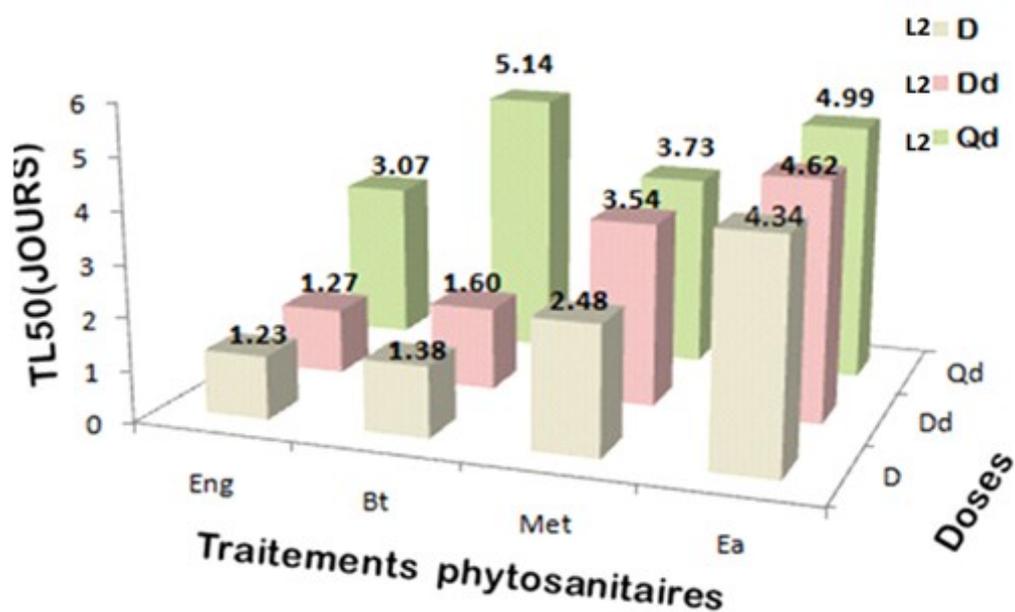


Figure 3.11.: TL₅₀ des larves du deuxième stade : L2 de *Tuta absoluta* traitées par les différents produits phytosanitaires.

D : Dose ; Dd : Demi-dose ; Qd : quart-dose.

3.6.3. TL₅₀ des larves du troisième stade L3

Les TL₅₀ des larves du troisième stade les L3, traitées par les différents traitements phytosanitaires à doses variées sont portées sur le tableau : 3.25 et illustrées par la figures : 3.12.

Tableau 3.25 : Les valeurs des TL₅₀ pour les larves du troisième stade de *Tuta absoluta* traitées par les différents traitements phytosanitaires.

Produit	Produit de synthèse	<i>Bacillus thuringiensis</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	<i>Schinus molle L.</i>
Stade/doses	L3	L3	L3	L3
D	1,319	1,486	3,00	2, 937
Dd	1,559	4,74	4,55	4,85
Qd	4,03	7,14	5,02	5,15

D'après la figure 3.12 ., Le produit de synthèse se présente le plus toxique vis à vis des laves L3 de *Tuta absoluta* sous l'effet des différentes doses en enregistrant les plus faibles TL₅₀. TL₅₀=1,32 jours à la dose-pure (D=4ml/l), une TL₅₀=1,56 jours à la demi-dose (Dd=2ml/l), et une TL₅₀=4,03 jours à la quart-dose (Qd=1ml/l). Le phytoextrait montre une meilleure toxicité avec la dose pure (D=100g/l) sur les larves L3 avec une TL₅₀= 2,93 jours ; alors que le traitement *Metarhizium anisopliae* induit les plus faibles TL₅₀ (TL₅₀ =4,55 jours à la demi-dose (Dd=16X10⁶ spores/ml) et une TL₅₀=5,02 jours à la quart- dose (Qd=8 X 10⁶ spores /ml).

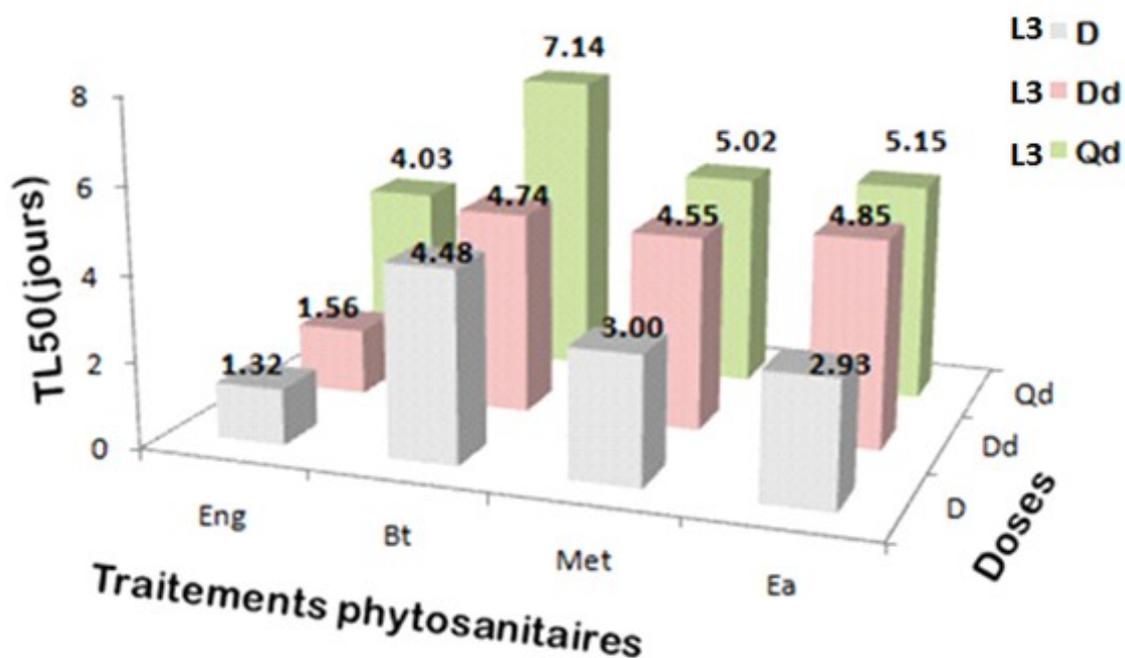


Figure 3.12. TL50 des larves du troisième stade : L3 de *Tuta absoluta* traitées par les différents produits phytosanitaires.

D : Dose ; Dd : Demi-dose ; Qd : quart-dose

3.6.4 .TL50 des larves du quatrième stade L4

Les TL50 des larves du quatrième stade, traitées par les différents traitements phytosanitaires à doses variées sont portées sur le tableau 3.26 et illustrées par la figure : 3.13.

Tableau 3.26: Les valeurs des TL₅₀ pour les larves du quatrième stade de *Tuta absoluta* traitées par les différents traitements phytosanitaires.

Produit	Produit de synthèse	<i>Bacillus thuringiensis</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	<i>Schinus molle L.</i>
Stade/doses	L4	L4	L4	L4
D	1,633	4,785	4,41	4,83
Dd	1,625	5,46	4,88	4,93
Qd	9,17	9,06	5,34	5,83

La Figure .3.13 , révèle que Le produit chimique se montre le plus toxique sur les larves du 4^{ème} stade en enregistrant les TL50 les plus faibles, TL50=1,62 jours avec la dose pure(D =4ml/l) et une TL50=1,63jours à la demi-dose (Dd=2ml/l) et une TL50=4,17jours à la quart –dose(Qd=1ml/l)e ; suivi par le traitement *Metarhizium anisopliae* qui se révèle comme le biopesticide le plus toxique vis à vis des larves du 4^{ème} stade L4 en affichant les TL50=4,41jours avec la dose pure((D = 32X10⁶spores/ml),et une TL50=4,88 jours à la demi- dose (16X10⁶spores/ml) suivi de l'extrait aqueux qui affiche uneTL50=5,83 jours à la dose pure(D=100g/l), une TL50=4,93jours à la demi-dose(Dd=2ml/l) et une TL50=5,83jours avec la quart-dose(Qd=1ml/l).

Tandis que qu'à la dose pure (D=0,75g/0,5l) le traitement *Bacillus thuringiensis* montre une efficacité supérieure puisqu'il induit la plus faible TL50=4,78jours.

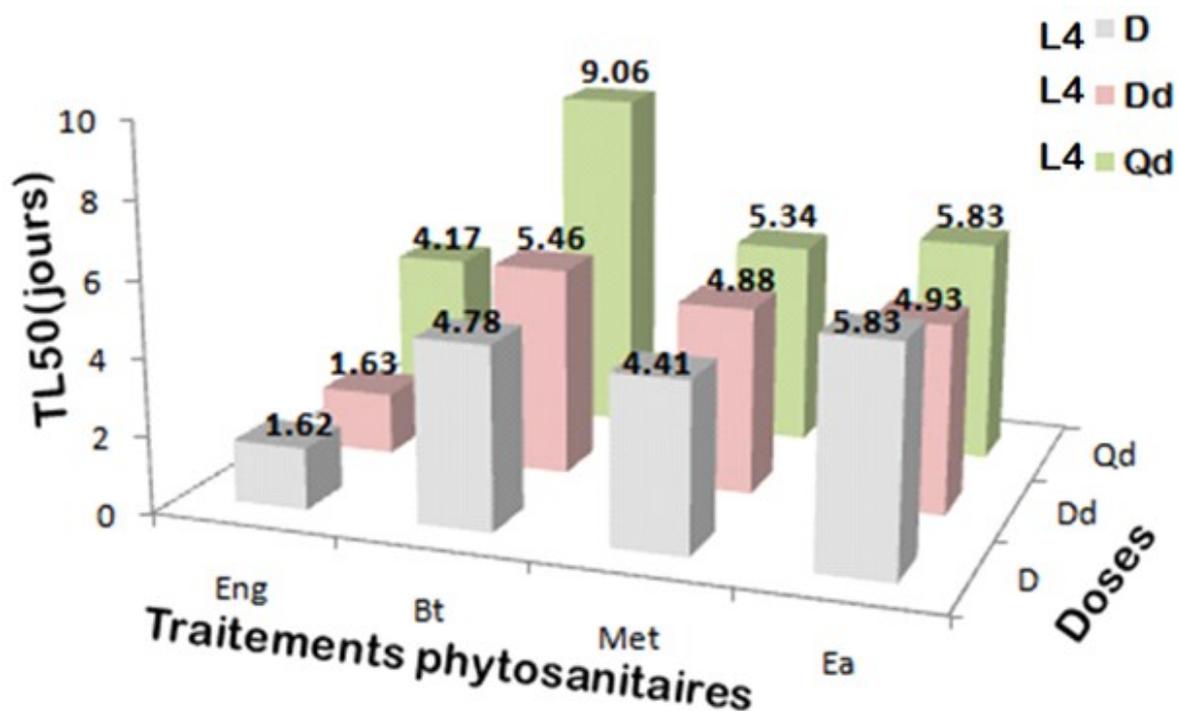


Figure3.13: TL50 des larves du quatrième stade : L4 de *Tuta absoluta* traitées par les différents produits phytosanitaires.

D : Dose ; Dd : Demi-dose ; Qd : quart-dose.

CHAPITRE 4: DISCUSSION GÉNÉRALE

Une invasion biologique , peut être définie par le succès d'une espèce à s'établir ,se développer et se maintenir en dehors de sa zone géographique native[82 ;83] et donc peut être généralement considérée comme néfaste pour l'agriculture .Malheureusement ,les tentatives d'éradication ou de contrôle des populations de ces espèces sont souvent trop tardives et, dans la plupart des cas, vouées à l'échec [84] .Premièrement ,les facteurs écologiques correspondent aux caractéristiques de l'environnement qui sont susceptibles de favoriser l'installation d'une espèce envahissante , notamment l'absence ou le nombre réduit de prédateurs et de compétiteurs spécifiques expliquant en partie l'explosion démographique d'une espèce en dehors de son air d'origine [85] .Deuxièmement , Williamson en 2006 [86], mentionne la libération d'une niche écologique dans le nouvel environnement, induite par exemple par une pression anthropique particulièrement importante .À ce la s'ajoute le potentiel invasif (plasticité écologique, biologique, physiologique) de certaines espèces capables en quelques mois d'envahir massivement un écosystème en y déstabilisant la biodiversité indigène [87] ;Les populations de la mineuse *Tuta absoluta* sont devenues ainsi pérennes dans leur nouvel écosystème maraicher et présentent toujours des risques sérieux de nuisibilité en Algérie .

4.1. Evaluation des traitements phytosanitaires sur les différents stades larvaires de *Tuta absoluta*

D'après les résultats, le biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis var kurstaki* se montre toxique sur les larves du premier stade L1 et deuxième stade L2 ; cependant, le biopesticide reste sans aucun effet répressif sur les larves du troisième et quatrième stade de *Tuta absoluta*.

Les souches de la bactérie produisent des protéines (δ -endotoxines), qui tuent spécifiquement une ou quelques espèces de larves d'insectes. Une fois ingérées par les larves d'insecte appartenant aux espèces cibles, les δ -endotoxines du cristal sont libérées. En raison de l'environnement alcalin de l'intestin moyen de la larve, Les toxines ainsi activées vont ensuite se fixer sur des récepteurs présents à la surface des microvillosités des cellules épithéliales de la paroi intestinale. Par la suite, les cellules affectées se gonflent et éclatent, causant la perforation de la paroi du tube digestif. Bien que certains effets neurotoxiques aient été aussi observés, il semble qu'une perte complète d'intégrité causée par l'éclatement de son tube digestif serait la cause de la mort chez un insecte empoisonné aux cristaux de *Bacillus thuringiensis* [88]. De plus, les spores des souches *Bacillus thuringiensis var kurstaki* peuvent germer dans le corps de l'insecte et produire des cellules végétatives qui peuvent déclencher une septicémie [89].

L'étude a montré que le champignon *Metarhizium anisopliae var acridum* présente une action insecticide vis à vis de tous les stades larvaires des populations de *Tuta absoluta* .

HALOUANE (1997) [90], a noté la destruction totale de l'épicuticule des larves de criquets *Schistostera gregaria* suite au traitement par *Metarhizium anisopliae var acridum*. La dégradation complète de la cuticule implique un nombre d'espèces d'enzymes interactives incluant une famille de protéinases ressemblant à la trypsine à des métalloprotéinases, plusieurs aminopéptidases, et une carboxypeptidase [91].

Les microchampignons enthomopathogènes sont des agents de lutte très intéressants du fait de leur aptitude à infecter l'hôte par ingestion ou par simple contact rendant tous les stades, œufs, larves, ou adultes sensible [62].

Les résultats ont montré que seule la dose pure de l'extrait aqueux de *Schinus molle L* présente un effet toxique et ce sur tous les stades larvaires de *Tuta absoluta*.

Il est rapporté que l'huile essentielle de feuilles de *Schinus molle* L. contient 30,2% de α -phellandrènes ; 9,6% de β -phellandrènes et 9,3% de limonène et aussi de l'élémol (13,3%) et du germacrène D (5,2%). Les α -phellandrènes et les limonènes sont des monoterpènes dont les propriétés insecticides ont été déjà démontrées sur *Tribolium confisum* [93].

CHENG et al [92] ont constaté que le principal effet larvicide des extraits de plantes pourrait venir à partir des constituants mineurs.

Tous les produits phytosanitaires utilisés révèlent un effet progressif dans le temps contre les larves de *Tuta absoluta*, de même que leur toxicité augmente avec la dose. Cependant le traitement à base de *Bacillus thuringiensis var kurstaki* se montre le plus efficace vis-à-vis des populations larvaires L1.

Le produit de synthèse présente une meilleure action insecticide vis-à-vis des larves du deuxième stade L2, suivi par le traitement à base de *Bacillus thuringiensis*, ensuite par le traitement *Metarhizium anisopliae* et enfin l'extrait aqueux.

Le biopesticide à base de *Metarhizium anisopliae* offre une meilleure toxicité sur les larves âgées du troisième et quatrième stade, les L3 et les L4 comparé aux deux biopesticides à savoir le *Bacillus thuringiensis* et l'extrait aqueux de *Schinus molle*.

4.2. Effets des produits phytosanitaires à différentes doses sur la mortalité des larves de *Tuta absoluta*

Nous avons noté que la mortalité des larves augmente avec les doses les plus élevées. Aussi la sensibilité des insectes est plus importante chez les jeunes stades.

Les mortalités des larves L1 et L2 s'observent dès le premier jour de l'application des biopesticides à savoir le *Bacillus thuringiensis* et le *Metarhizium*

anisopliae à dose la dose pure pour atteindre 100% au 4^{ème} jour tandis que pour l'extrait aqueux les mortalités commencent à partir du 3^{ème} jour augmentent pour atteindre les 40,4% pour les L3 et 37,7% pour les larves L2 au 4^{ème} jour.

Pour les larves L3 et les L4, les mortalités provoquées par le *Metarhizium anisopliae* avec la dose pure sont de l'ordre de 60,1% au troisième jour et atteignent le taux maximal soit 100% au 4^{ème} jour d'observation ; alors que pour les larves L4 traitées au *Bacillus thuringiensis* et l'extrait aqueux, leur mortalité ne dépasse pas le taux de 50% au quatrième jour.

Les produits *Bacillus thuringiensis* et L'ENGEO, dilués à la demi dose induisent la mortalité de 100% des larves L1 et L2 au dernier jour d'observation ; tandis que pour le *Metarhizium anisopliae*, le début des mortalités des larves L2 commence au 2^{ème} jour pour atteindre le taux de 100% au quatrième jour.

Pour l'extrait aqueux avec la demi-dose ; les mortalités sont notées au bout du troisième jour pour les jeunes larves L1 et L2 ; les pourcentages enregistrés sont relativement faibles en effet ces dernières restent inférieures à 50%.

Avec la quart-dose la mortalité des larves L1 a atteint le taux maximal de 100% au bout du 3^{ème} jour sous l'action du produit de synthèse et au 4^{ème} jour pour le *Bacillus thuringiensis*, tandis que les pourcentages de mortalité des larves L2 enregistrés au quatrième jour sont de l'ordre de 61% avec le produit de synthèse et 50% de mortalité pour le *Bacillus thuringiensis*. Les résultats montrent également que les mortalités enregistrées par le traitement *Metarhizium anisopliae* sur les larves L1 sont de l'ordre de 27,77% au 2^{ème} jour atteignent les 50% au 4^{ème} jour ; les pourcentages de mortalité notés par l'extrait aqueux sur les larves L1 sont de l'ordre de 10,11% au 3^{ème} jour augmentent légèrement pour atteindre les 40,4% au 4^{ème} jour.

Les mortalités notées au 4^{ème} jour pour les larves L3 sont de l'ordre de 33,3% avec le *Metarhizium* et de 30,3% pour le traitement le *Bacillus thuringiensis* avec la quart-dose ;. Les pourcentages de mortalités des L4 ont atteint les 16,6 % au dernier jour d'observation sous l'effet de *Bacillus. thuringiensis* et un taux de 20% pour l'extrait aqueux et 27,7% pour le *Metarhizium anisopliae*.

4.3. Calcul des TL50 des différents stades larvaires

La lutte chimique semble être le moyen le plus efficace pour juguler les parasites des cultures maraichères. Cependant, elle présente de nombreux inconvénients tels que la pollution de l'environnement, les problèmes d'intoxication des opérateurs et des consommateurs, l'élimination de l'entomofaune utile, le coût élevé des appareils et des produits de traitement, l'accumulation des résidus dans la chaîne alimentaire et notamment l'apparition d'un phénomène de résistance des parasites au fil des temps.

Cette étude a montré que les TL50 augmentent en fonction du stade larvaire de l'insecte ; cependant les larves âgées les L3 et les L4 affichent les TL50 les plus élevées.

Les résultats montrent également, que le produit de synthèse se montre le plus toxique vis-à-vis de tous les stades larvaires en affichant les TL50 les plus faibles.

D'autre part le biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis* révèle une rapidité d'action sur les larves du premier stade L1 : TL50=1,31 jours pour la dose-pure (D=0,75g/0,5l) et une TL50=1,53 jours à la demi-dose (Dd=0,50 g/0,5l) et TL50=1,75 jours avec la quart-dose (Qd=0,25g/0,5l), suivi par le *Metarhizium anisopliae* qui présente la TL50=2,40 jours avec la dose-pure (D=32 X 10⁶ spores/ml), et TL50=2,45 jours demi-dose (16X10⁶ spores/ml), TL50=3,50 jours avec la quart-dose (8X10⁶ spores/ml) ; enfin par l'extrait-aqueux qui se montre le moins toxique avec les TL50 =4,23 jours pour la dose-pure (D=100g/l) et TL50=4,43 jours avec la demi-dose (Dd= 50g/l) et TL50=4,88 jours pour la quart-dose (Qd=25g/l).

Sur les larves du deuxième stade le traitement *Bacillus thuringiensis* induit une TL50 de 1,38journs à la dose-pure (D=0,75g/0,5l), et une TL50=1,60 jours avec la demi-dose (Dd=0,5g/0,5l) ;d'autre part sous l'effet de la quart –dose (Qd = 0,25 g / 0,5l) la toxicité du traitement *Bacillus thuringiensis* a diminué puisqu' il affiche une TL50 supérieure de 5,14journs. Le traitement *Metarhizium anisopliae* montre une action insecticide moins rapide sur les larves L2, avec uneTL50=2,48 jours à la dose pure (D=32X10⁶spores/ml), et une TL50=3,54journs à la demi-dose (Dd=(16X10⁶spores/ml).Le phytoextrait se présente comme traitement le moins efficace vis à vis des larves du deuxième stade en affichant des TL50 les plus importantes.

Le phytoextrait montre une meilleure toxicité avec la dose pure (D=100g/l) sur les larves L3, TL50= 2,93journs. Le traitement *Metarhizium anisopliae* induit les plus faibles TL50 sur les larves du troisième stade les L3 (TL50=4,55 jours à la demi-dose (Dd=16X10⁶spores/ml) et une TL50=5,02 jours à la quart- dose (Qd = 8 X 10⁶ spores/ml).

Le produit *Bacillus thuringiensis* exerce un effet biopesticide relativement long, la TL50 atteint 7,14journs pour les larves L3 et 9,06 jours pour les larves du 4^{ème} stade larvaire à la quart-dose.Le produit chimique a montré une activité insecticide très importante allant jusqu'à 100% au 4^{ème} jour du traitement

Le traitement *Metarhizium anisopliae* se présente comme le biopesticide le plus toxique vis à vis des larves du 4^{ème} stade L4 en affichant les TL50=4,41journs avec la dose pure((D =32X10⁶spores/ml),et une TL50=4,88 jours à la demi-dose(16X10⁶spores/ml) ;suivi par l'extrait aqueux qui affiche uneTL50=5,83 jours à la dose pure(D=100g/l), une TL50=4,93journs à la demi-dose(Dd=2ml/l) et une TL50=5,83journs avec la quart-dose(Qd=1ml/l).

BISSAAD [94] en travaillant sur l'effet du *Metarhizium anisopliae* vis à vis du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*, a trouvé que le temps le plus élevé de15, 64journs est obtenu chez les imagos à la faible dose D =8X10⁶ spores/ml. Alors que

le temps le plus faible de 3,37 jours est noté chez les larves du premier stade traitées par la dose pure $D=32 \times 10^6$ spores/ml.

ZIMMERMANN *et al* [95] ont rapporté que *Metarhizium anisopliae* provoque la mortalité de 100% des larves du troisième stade de *Schistocerca gregaria* au bout de 8 à 10 jours à la dose 1×10^7 spores /ml. Des essais au laboratoire ont montré qu'une dose de $3,75 \times 10^7$ spores/ml entraîne une mortalité de 100% au bout de 4 à 7 jours selon l'espèce acridienne [96].

CONCLUSION

Par le présent travail, nous avons essayé d'analyser les effets biocides de deux entomopathogènes à savoir le *Bacillus thuringiensis var kurstaki*, le *Metarhizium anisopliae var acridum* et un extrait de plante de *Schinus molle L.* pouvant être utilisés comme biopesticides dans la phytoprotection. C'est là un champ de recherche développement qui mériterait tout l'intérêt des scientifiques, des pouvoirs publics et des acteurs économiques d'autant plus qu'un renouveau d'intérêt répond parfaitement à des préoccupations écologiques environnementales du monde d'aujourd'hui.

Ainsi cette étude a montré que le biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis var kurstaki* est très toxique sur les larves du premier stade L1 et deuxième stade L2. Alors que, le produit reste sans aucun effet répressif sur les larves du troisième et quatrième stade de *Tuta absoluta*.

Cependant, le champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae var acridum* présente une action insecticide vis-à-vis de tous les stades larvaires des populations de *Tuta absoluta*.

Les résultats ont montré que seule la dose pure de l'extrait aqueux de *Schinus molle L.* présente un effet toxique et ceux sur tous les stades larvaires de *Tuta absoluta*.

Tous les produits phytosanitaires utilisés révèlent un effet progressif dans le temps contre les larves de *Tuta absoluta*, de même que leur toxicité augmente avec la dose.

Le traitement à base de *Bacillus thuringiensis var kurstaki* se montre le plus efficace vis-à-vis des populations larvaires L1.

Le produit de synthèse présente une meilleure action insecticide vis-à-vis des larves du deuxième stade L2, suivi par le traitement à base de *Bacillus*

thuringiensis, ensuite par le traitement *Metarhizium anisopliae* et enfin l'extrait aqueux.

Le biopesticide à base de *Metarhizium anisopliae* offre une meilleure toxicité sur les larves âgées du troisième et quatrième stade, les L3 et les L4 comparé aux deux biopesticides à savoir le *Bacillus thuringiensis* et l'extrait aqueux de *Schinus molle* L.

D'autre part le biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis* révèle une rapidité d'action sur les larves du premier stade L1 : TL50=1,31 jours pour la dose-pure (D=0,75g/0,5l) et une TL50=1,53 jours à la demi-dose (Dd=0,5g/0,5l) et TL50=1,75 jours avec la quart-dose (Qd=0,25g/0,5l) , suivi par le *Metarhizium anisopliae* qui présente la TL50=2,40 jours avec la dose-pure (D =32X10⁶ spores/ml) , et TL50=2,45 jours demi-dose (16X10⁶ spores/ml) , TL50=3,50 jours avec la quart-dose (8X10⁶ spores/ml) ; enfin par l'extrait-aqueux qui se montre le moins toxique avec les TL50 =4,23 jours pour la dose- pure (D=100g/l) et TL50=4,43 jours demi-dose (Dd= 50g/L) et TL50=4,88 jours pour la quart-dose (Qd=25g/l).

Pour les larves du deuxième stade, le traitement *Bacillus thuringiensis* induit une TL50 de 1,38 jours à la dose-pure (D=0,75g/0,5l), et une TL50=1,60 jours avec la demi-dose (Dd=0,50g/0,5l) ; d'autre part sous l'effet de la quart -dose (Qd=0,25g. Le traitement *Metarhizium anisopliae* montre une action insecticide moins rapide sur les larves L2, avec une TL50=2,48 jours à la dose pure (D =32X10⁶ spores/ml), et une TL50=3,54 jours à la demi-dose (Dd= (16X10⁶ spores /ml) .Le phytoextrait se présente comme traitement le moins efficace France des larves du deuxième stade en affichant des TL50 les plus importantes.

Le phytoextrait montre une meilleure toxicité avec la dose pure (D=100g/l) sur les larves L3, TL50= 2,93 jours. Le traitement *Metarhizium anisopliae* induit les plus faibles TL50 sur les larves du troisième stade les L3 (TL50=4,55 jours à la Dd=16X10⁶ spores/ml et TL50=5,02 jours à la quart dose (Qd=8X10⁶ spores/ml).

Le traitement *Metarhizium anisopliae* se présente comme le biopesticide le plus toxique France des larves du 4^{ème} stade L4 en affichant les TL50= 4,41 jours avec la dose pure ((D =32X10⁶ spores/ml) ;suivi de l'extrait aqueux qui affiche une TL50=5,83 jours à la dose pure(D=100g/l), une TL50=4,93 jours à la demi-dose(Dd=2ml/l) et une TL50=5,83jours avec la quart-dose(Qd=1ml/l).

Le produit *Bacillus thuringiensis* exerce un effet biopesticide long, cependant la TL50 atteint 7,14jours pour les larves L3 et 9,06 jours pour les larves du 4^{ème} stade larvaire à la quart-dose.Le produit chimique a montré une activité insecticide très importante allant jusqu'à 100% au 4^{ème} jour du traitement.

Ces résultats semblent très promoteurs et nous ouvrent la voie sur la possibilité d'utiliser ces biopesticides afin de lutter contre le redoutable ravageur de la tomate notamment *Tuta absoluta*.

Il serait intéressant de tester l'application de ces biopesticides dans le champ, en déterminant les concentrations optimales qui pourront être toxiques pour les bio-agresseurs visés et non pour la plante hôte et les autres auxiliaires utiles [60].

Il serait aussi d'intérêt de rechercher et de caractériser les composantes actives existantes dans l'extrait de *Schinus molle* L. étudié afin de déterminer ceux qui provoquent les activités insecticides ,les formuler et les utiliser comme produits naturels indemne de tout effet nocif pour l'environnement et la santé humaine .

En effet, il serait évident de penser à la mise en place d'un programme de lutte intégrée basé sur la combinaison de ces trois biopesticides *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* , *Metarhizium anisopliae* var *acridum* et *Schinus molle* L.

APPENDICE A

TableauA : Tableau des probits.

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		2.67	2.95	3.12	3.25	3.36	3.45	3.52	3.59	3.66
10	3.72	3.77	3.82	3.87	3.92	3.96	4.01	4.05	4.08	4.12
20	4.16	4.19	4.23	4.26	4.29	4.33	4.36	4.39	4.42	4.45
30	4.18	4.5	4.53	4.56	4.59	4.61	4.64	4.67	4.69	4.72
40	4.75	4.77	4.8	4.82	4.85	4.87	4.9	4.92	4.95	4.97
50	5	5.03	5.05	5.08	5.1	5.13	5.15	5.18	5.2	5.23
60	5.25	5.28	5.31	5.33	5.36	5.39	5.41	5.44	5.47	5.5
70	5.52	5.55	5.58	5.61	5.64	5.67	5.71	5.74	5.77	5.81
80	5.84	5.88	5.92	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.18	6.23
90	6.28	6.34	6.41	6.48	6.55	6.64	6.75	6.88	7.05	7.33
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
99	7.33	7.37	7.41	7.46	7.51	7.58	7.75	7.75	7.88	8.09

APPENDICE B

Moyennes des abondances des larves de *Tuta absoluta* traitées par le produit chimique

Temps	L1D	L1Dd	L1Qd	L2D	L2Dd	L2Qd	L3D	L3Dd	L3Qd	L4D	L4Dd	L4Qd
Avt	1,5	4	2	2	3,75	3	2	2,5	0	0	1,25	2
1j	1	2,75	1,75	0,75	1,75	2,5	1	2,25	0	0	1	0
2j	0	1	2	0,25	0,25	2	0,8	1,5	0	0	0,75	0
3j	0	0	2	0	0	1,5	0	1	0	0	0,5	0
4j	0	0	0,75	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0

Moyennes des abondances des larves de *Tuta absoluta* traitées par le biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis*

Temps	L1D	L1Dd	L1Qd	L2D	L2Dd	L2Qd	L3D	L3Dd	L3Qd	L4D	L4Dd	L4Qd
Avt	1	1,5	3,5	1	1,5	3	3,75	4	4,25	2,5	3	3,5
1j	0,75	2,5	2,75	1	2	2,5	3,5	3,5	4	2,75	3	3
2j	0,25	1,5	1	1,5	1,75	3	3,25	3	3,75	2,75	3,25	3,25
3j	0	0,5	1	0,5	1	2	4	3	3,5	3,25	3,5	3,75
4j	0	0	0,5	0	0	1	3,5	3,25	4	3,5	3,5	4

Moyennes des abondances des larves de *Tuta absoluta* traitées par le biopesticide à base de *Metarhizium anisopliae*.

Temps	L1D	L1Qd	L1Dd	L2D	L2Dd	L2Qd	L3D	L3Dd	L3Qd	L4D	L4Dd	L4Qd
Avt	4	4,25	3,5	3,75	3,5	5,75	1,5	3	3,75	2	3	3,5
1j	3	3,75	4	2	3,75	4	2	2,25	2,5	2,25	3,5	4
2j	2,25	3,25	4,5	2,25	3	4,25	1,25	3	2,7	2	2,5	2,75
3j	1,25	3	3,75	2	3	4,67	0,5	2	2,5	1,5	2,5	2
4j	1	2,75	3	1	3	4	0,7	1,5	1	1	2,25	2

Avt : avant traitement

APPENDICE B1

Moyennes des abondances des larves de *Tuta absoluta* traitées par l'extrait aqueux

Temps	L1D	L1Dd	L1Qd	L2D	L2Dd	L2Qd	L3D	L3Dd	L3Qd	L4D	L4Dd	L4Qd
Avt	2,25	3,5	4	2	2	2,5	3,75	1,75	1	4,25	1	1,25
1j	1,75	2	2,75	0,75	1,5	1	4	2,75	1,75	3	2,75	1,75
2j	1	1,5	2	0,25	1,25	2	2	3	2	2,75	2,5	2
3j	0,5	1	1	0,25	1	1	1	2	1,75	1,75	1	1
4j	0	0	1	0	0,75	1	0	0,5	1	0,5	0,25	0,75

Moyennes des abondances des larves de *Tuta absoluta* traitées à l'eau distillée.

Temps	L1T	L2 T	L3T	L4T
Avt	4,3	4	4,25	3
1j	4	3	4	3,25
2j	3,3	4,3	3,75	3,5
3j	2,7	3	3,5	4
4j	2	3,3	4	4

APPENDICE C

Pourcentage de mortalités journalières des 4stades larvaires traités par le produit de synthèse à la dose pure.

Temps en jours	1j	2j	3j	4j	% mortalité du témoin
L1	57,27	98	100	100	0%
L2	47,77	65,30	100	100	0%
L3	34	55,5	100	100	0%
L4	26,12	50,35	60	100	0%

Pourcentage de mortalités journalières des 4stades larvaires traités par le produit de synthèse à la demi- dose.

Temps en jours	1j	2j	3j	4j	% mortalité du témoin
L1	47,2	94.14	100	100	0%
L2	40,12	55,56	100	100	0%
L3	34	50,35	56,60	100	0%
L4	31,1	47,52	50,9	100	0%

Pourcentage de mortalités journalières des 4 stades larvaires traités par le produit de synthèse à la quart- dose.

Temps en jours	1j	2j	3j	4j	% mortalité du témoin
L1	44,7	82.22	87.7	100	0%
L2	27,22	30	50,07	61	0%
L3	24,31	26,3	42	55,12	0%
L4	12,6	23,3	27,38	33	0%

APPENDICE C1

Pourcentage de mortalités journalières des 4stades larvaires traités par le biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis* la dose pure.

Temps en jours	1j	2j	3j	4j	% mortalité du témoin
L1	40.44	70.29	87.17	100	0%
L2	30.87	75,75	85.7	100	0%
L3	0	0	20.12	55.2	0%
L4	0	0	14	38.9	0%

Pourcentage de mortalités journalières des 4stades larvaires traités par le biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis* la demi-dose.

Temps en jours	1j	2j	3j	4j	% mortalité du témoin
L1	32.8	54.18	62.32	100	0%
L2	30.2	51.4	53	100	0%
L3	0	0	14.4	41.4	0%
L4	0	0	8	24.14	0%

Pourcentage de mortalités journalières des 4stades larvaires traités par le biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis* la quart-dose.

Temps en jours	1j	2j	3j	4j	% mortalité du témoin
L1	24,16	36	52.7	100	0%
L2	16,2	25,85	30,71	50	0%
L3	0	0	10.11	30.3	0%
L4	0	0	5.15	16.6	0%

APPENDICE C2

Pourcentage de mortalités journalières des 4stades larvaires traités par le biopesticide à base de *Metarhizium anisopliae* à la dose pure.

Temps en jours	1j	2j	3j	4j	% mortalité du témoin
L1	0	32.33	72.22	100	0%
L2	0	16.66	64.11	100	0%
L3	0	0	60.1	55.2	0%
L4	0	0	16.6	38.9	0%

Pourcentage de mortalités journalières des 4stades larvaires traités par le biopesticide à base de *Metarhizium anisopliae* la demi-dose.

Temps en jours	1j	2j	3j	4j	% mortalité du témoin
L1	0	27.77	61.6	100	0%
L2	0	12.13	22.2	55.5	0%
L3	0	0	14.4	50.5	0%
L4	0	0	10.11	40.14	0%

Pourcentage de mortalités journalières des 4stades larvaires traités par le biopesticide à base de *Metarhizium anisopliae* la quart-dose.

Temps en jours	1j	2j	3j	4j	% mortalité du témoin
L1	0	16.66	22.77	50	0%
L2	0	10.13	20.2	44.4	0%
L3	0	0	11.11	33.3	0%
L4	0	0	8.09	27.7	0%

APPENDICE C3

Pourcentage de mortalités journalières des 4 stades larvaires traités à l'extrait aqueux à la dose pure.

Temps en jours	1j	2j	3j	4j	% mortalité du témoin
L1	0	0	22.22	60	0%
L2	0	0	20	55.5	0%
L3	0	0	16.66	50	0%
L4	0	0	16	44.4	0%

Pourcentage de mortalités journalières des 4 stades larvaires traités à l'extrait aqueux à la demi-dose.

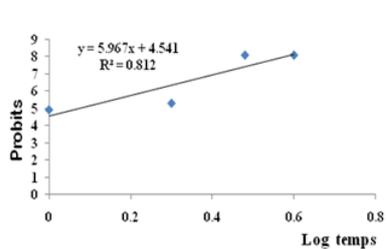
Temps en jours	1j	2j	3j	4j	% mortalité du témoin
L1	0	0	20	50.5	0%
L2	0	0	16	44	0%
L3	0	0	11.11	40	0%
L4	0	0	10	38	0%

Pourcentage de mortalités journalières des 4 stades larvaires traités à l'extrait aqueux à la quart-dose.

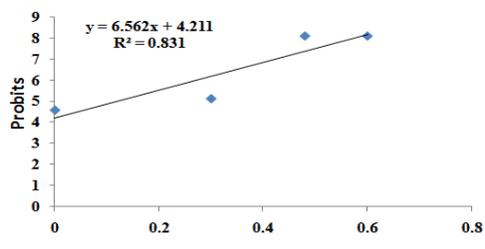
Temps en jours	1j	2j	3j	4j	% mortalité du témoin
L1	0	0	10.11	40.4	0%
L2	0	0	9.22	37.7	0%
L3	0	0	8	33.3	0%
L4	0	0	5	20	0%

APPENDICE D

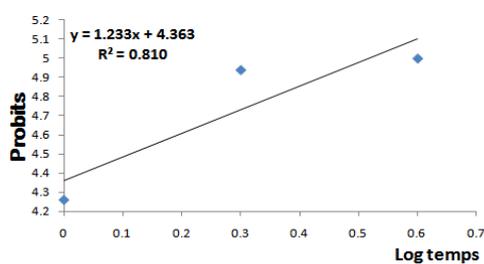
Efficacité du produit de synthèse *ENGEO* dans le temps France des quatre stades larvaires de *Tuta absoluta* traités aux différentes doses.



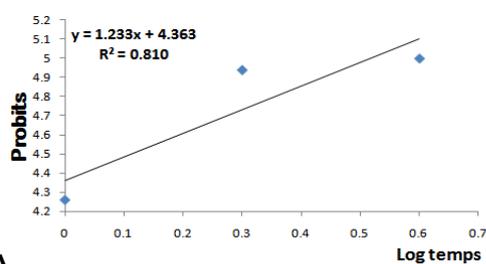
L1D1A



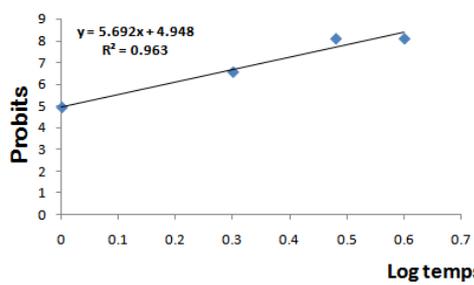
L2D1A



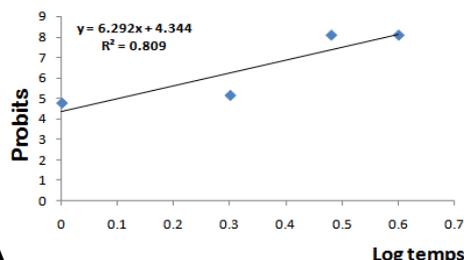
L3D1A



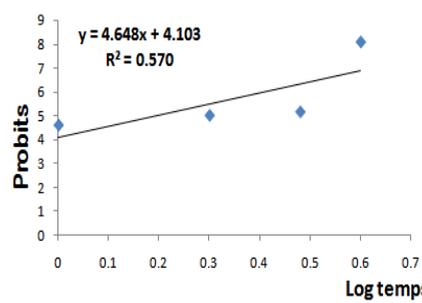
L4D1A



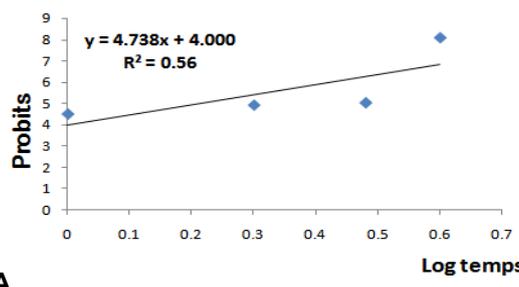
L1D2A



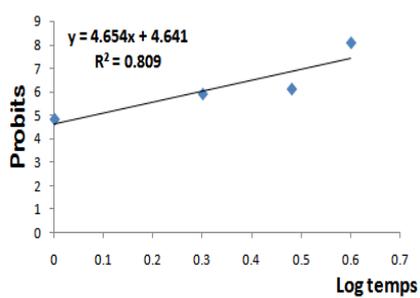
L2D2A



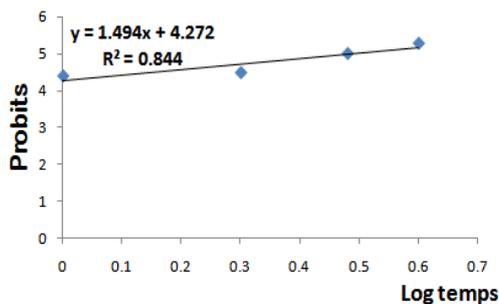
L3D2A



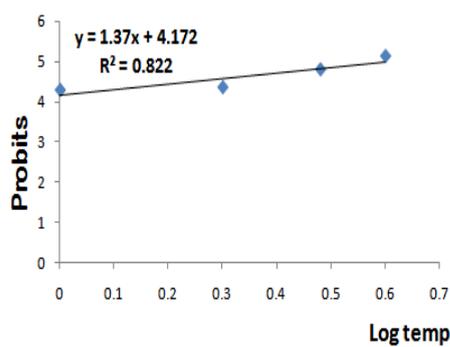
L4D2A



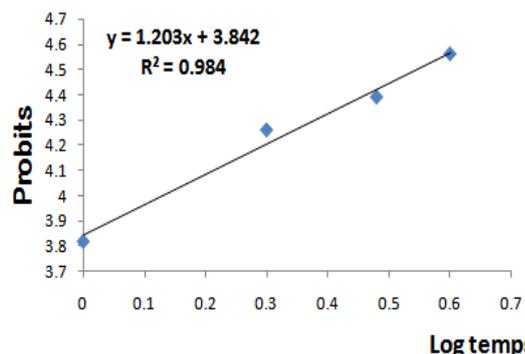
L1D3A



L2D3A



L3D3A



L4D3A

Efficacité du produit de synthèse *ENGEO* dans le temps France des quatre stades larvaires de *Tuta absoluta* traités aux différentes doses.

L1 : Larves du premier stade ;

L2 : Larves du deuxième stade ;

L3 : Larves du troisième stade ;

L4 : Larves du quatrième stade.

D1 : Dose pure ;

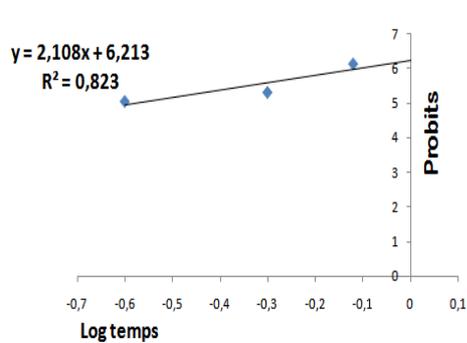
D2 : Demi-dose ;

D3 : Quart-dose.

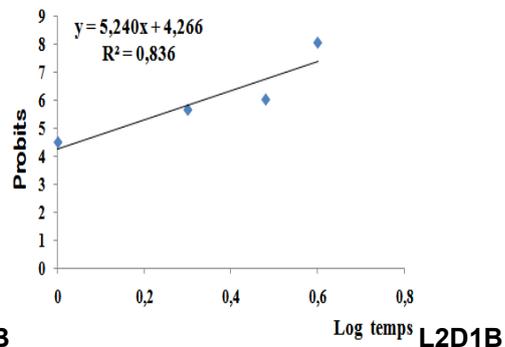
A : Traitement chimique *ENGEO*.

APPENDICE D1

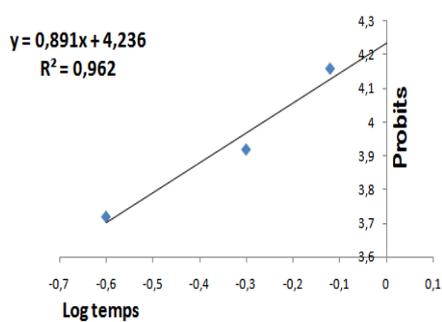
Efficacité de *Bacillus thuringiensis* dans le temps France des quatre stades larvaires de *Tuta absoluta* traités aux différentes doses.



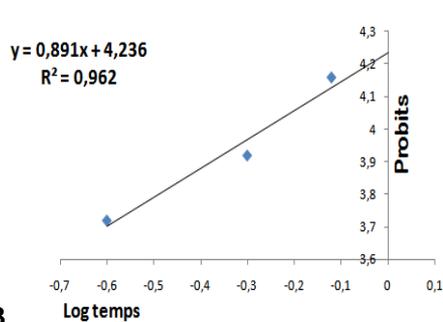
L1D1B



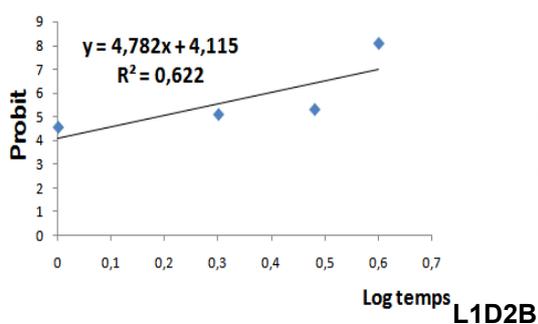
L2D1B



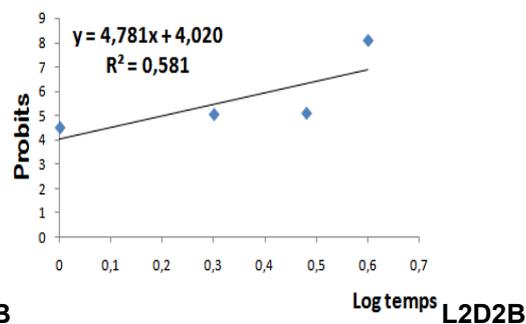
L3D1B



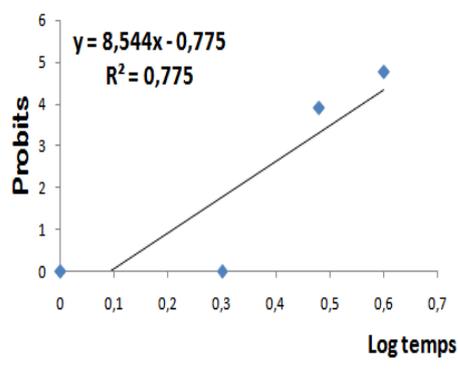
L4D1B



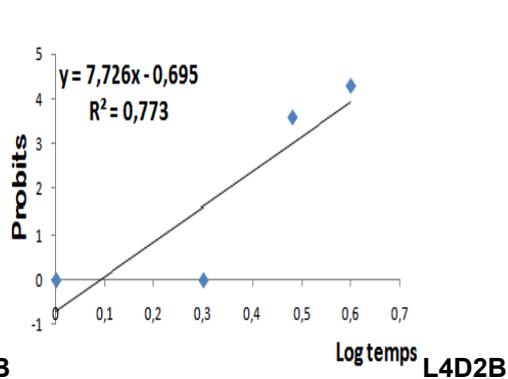
L1D2B



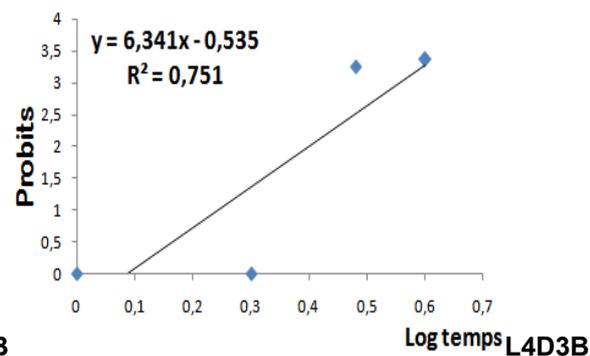
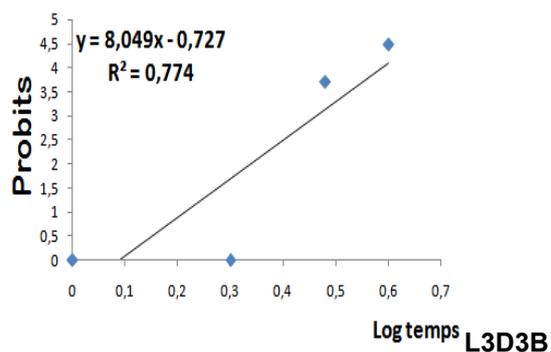
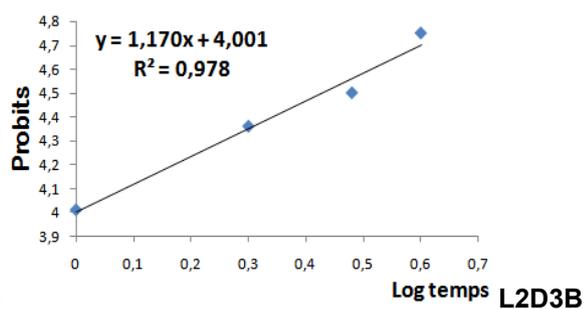
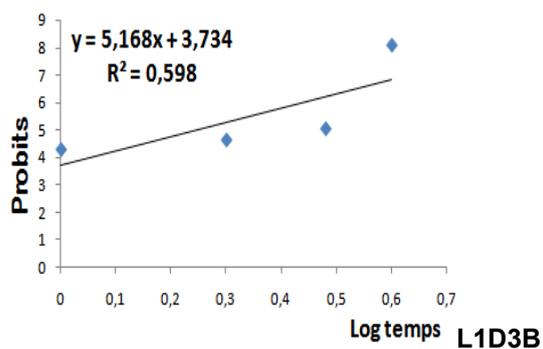
L2D2B



L3D2B



L4D2B



Efficacité de *Bacillus thuringiensis* dans le temps France des quatre stades larvaires de *Tuta absoluta* traités aux différentes doses.

L1 : Larves du premier stade

L2 : Larves du deuxième stade

L3 : Larves du troisième stade

L4 : Larves du quatrième stade.

D1 : Dose pure

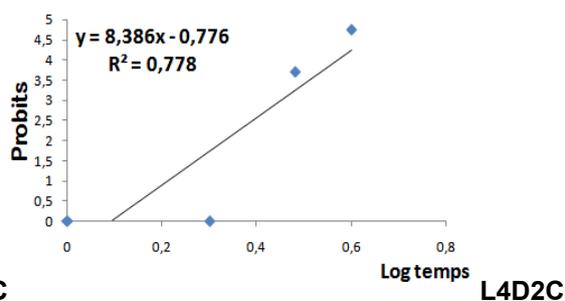
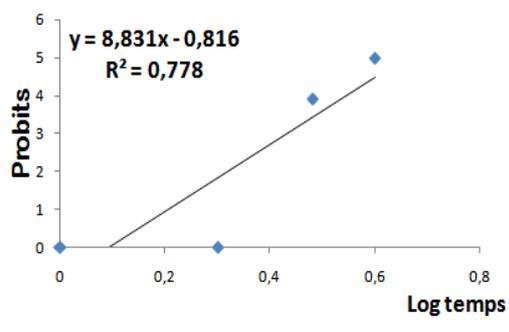
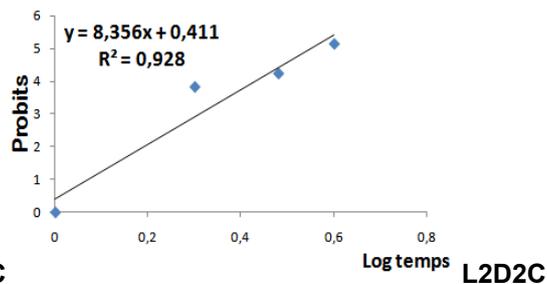
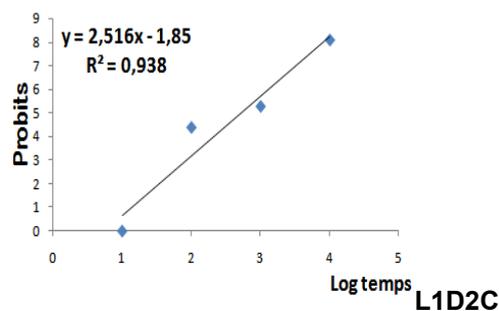
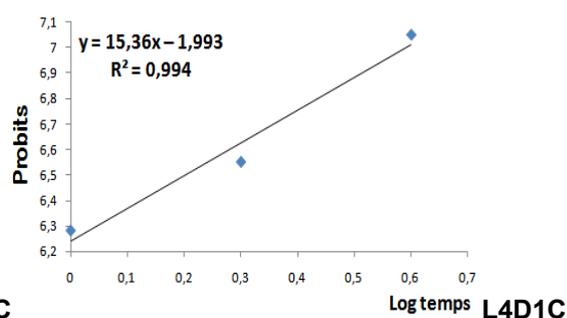
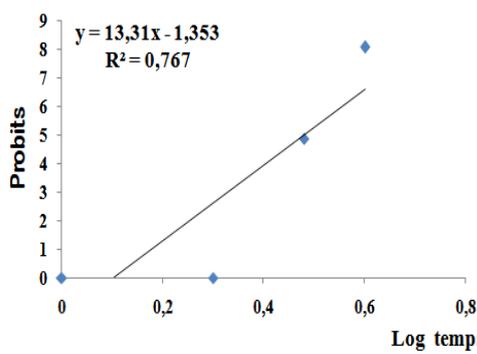
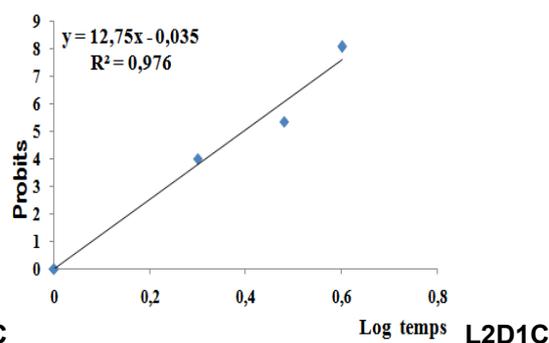
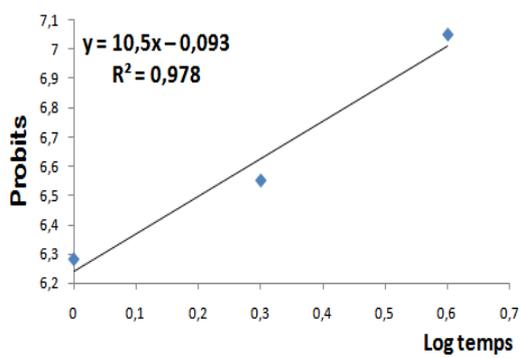
D2 : Demi-dose

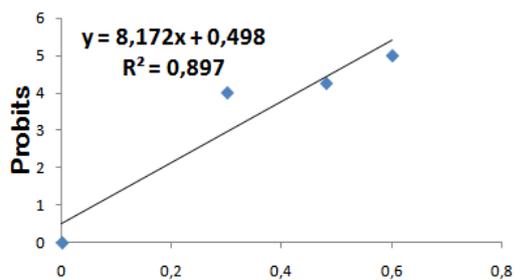
D3 : Quart-dose.

B : Traitement à base de *Bacillus thuringiensis*.

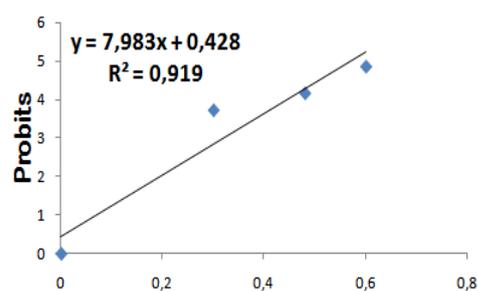
APPENDICE D2

Efficacité de *Metarhizium anisopliae* dans le temps France des quatre stades larvaires de *Tuta absoluta* traités aux différentes doses.

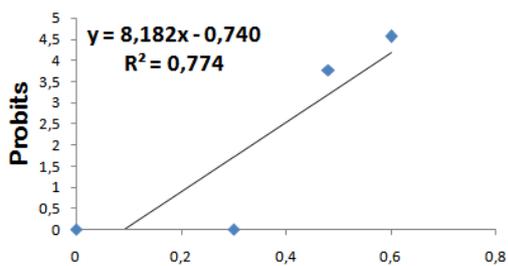




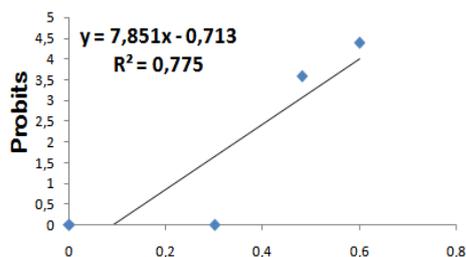
Log temps L1D3C



Log temps L2D3C



Log temps L3D3C



Log temps L4D3C

Efficacité de *Metarhizium anisopliae* dans le temps France des quatre stades larvaires de *Tuta absoluta* traités aux différentes doses.

L1 : Larves du premier stade

L2 : Larves du deuxième stade

L3 : Larves du troisième stade ;

L4 : Larves des quatrièmes stades

D1 : Dose pure

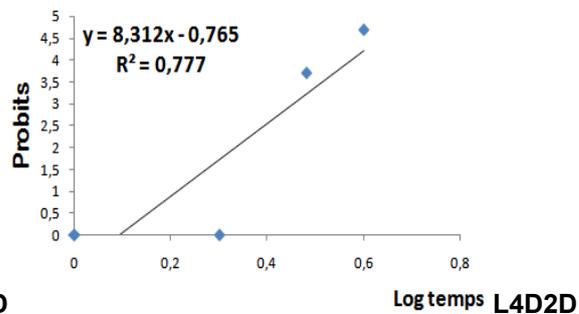
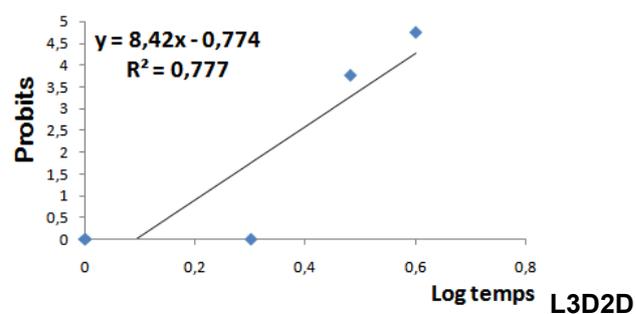
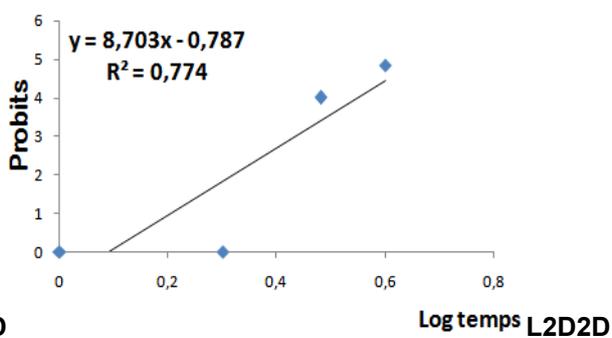
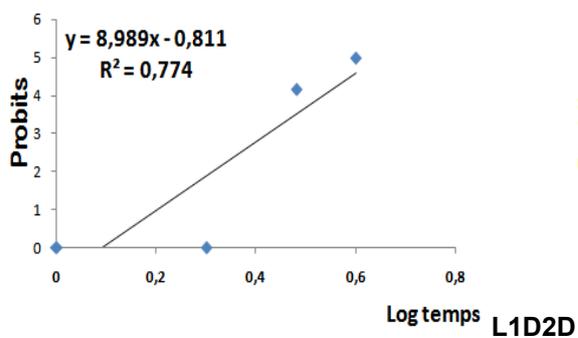
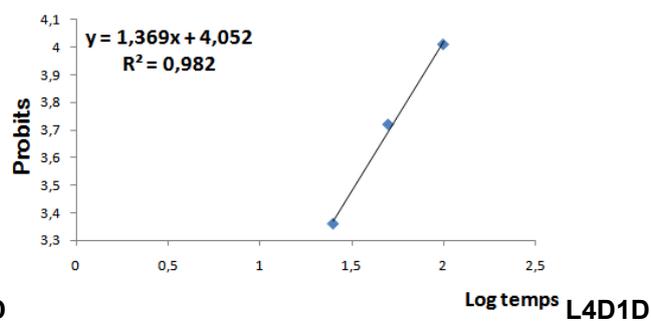
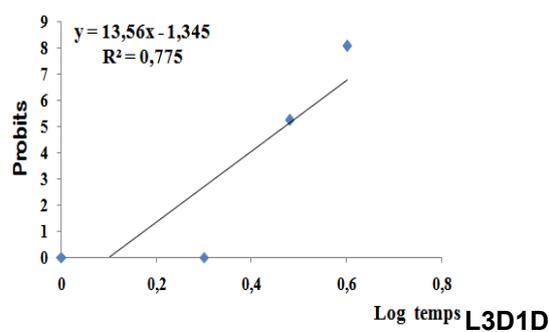
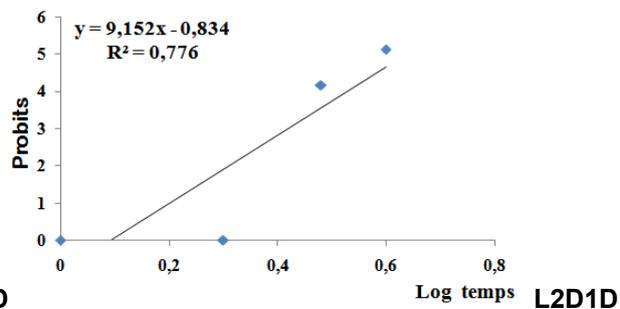
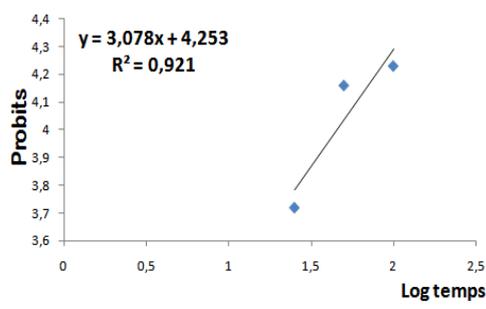
D2 : Demi-dose ;

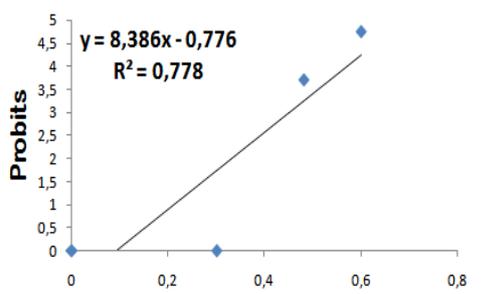
D3 : Quart-dose.

B : Traitement à base de *Metarhizium anisopliae*.

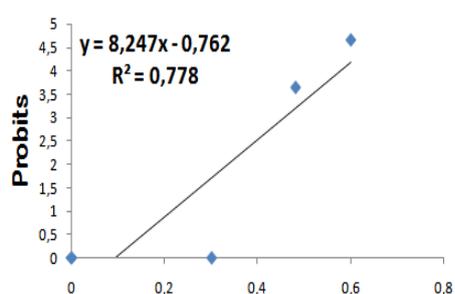
APPENDICE D3

Efficacité de l'extrait aqueux dans le temps France des quatre stades larvaires de *Tuta absoluta* traités aux différentes doses.

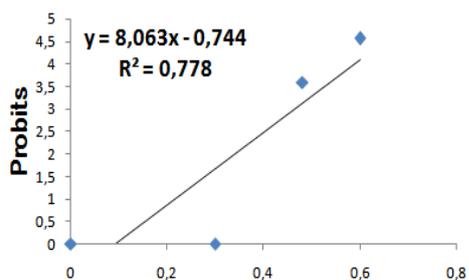




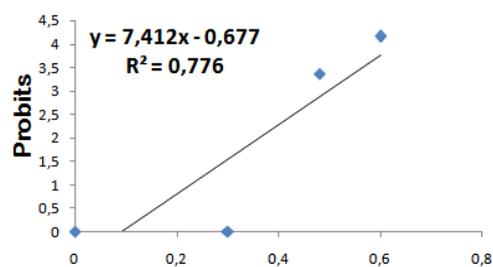
Log temps L1D3D



Log temps L2D3D



Log temps L3D3D



Log temps L4D3D

Efficacité de l'extrait aqueux dans le temps France des quatre stades larvaires de *Tuta absoluta* traités aux différentes doses.

L1 : Larves du premier stade

L2 : Larves du deuxième stade

L3 : Larves du troisième stade

L4 : Larves du quatrième stade

D1 : Dose pure

D2 : Demi-dose ;

D3 : Quart-dose.

B : Traitement à base de L'extrait aqueux.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **REGNAULT-ROGER C., PHILOGENE B.J.R. ET FABRES G., 2005** – Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Lavoisier Tec et Doc. Paris, 1013 p.
2. **VINCENT C. ET CODERRE D., 1992-** La lutte biologique. Tec et Doc Lavoisier. 12 p
3. **RIBA G. ET SILVY C., 1989** – La lute biologique et les biopesticides. *In* : La lutte biologique, dossier de la cellule environnement, n°5, INRA, pp : 49-54.
4. **MOAZAMI N., 2002** – biopesticides production, *in*: encyclopedia of life support systems, eolss publisher's co. 3- encyclopedbas of biological physiological and health sciences.
5. **REGNAULT-ROGER C., 2002** – De nouveaux phytoinsecticides pour le troisième millénaire *In* : Biopesticides d'origine végétales, ed Tec & doc. Londres-Paris-New York. Pp : 19-39.
6. **GIROUX S., CÔTÉ J.C., VINCENT C., MARTEL P. ET CODERRE D., 1994** – bacteriological insecticide m-one effects on the mortality and the predation efficiency of adult spotted lady beetle *coleomegilla 110elerine* (110elerine110a110: coccinellidae). J. econ. Entomol. 87, pp: 39-43.
7. **ROGER C., VINCENT C. ET CODERRE D., 1995** – Mortality and predation efficiency of *coleomegilla 110elerine lengi* timberlake (coccinellidae) following application of neem extracts (*azadirachta indica* a. juss., meliaceae). J. appl.entomol.119, pp: 439-443.
8. **PANNETON B., VINCENT C. ET FLEURAT-LESSARD F., 2000** – Place de la lutte physique en phytoprotection, pp. 1-24 *in* C. Vincent, B. Panneton et Fleurat-Lessard (Eds.) La lutte physique en phytoprotection, INRA Editions, Paris, 347 p.

9. **AUGER J., CADOUX F. ET THIBOUT E., 1999** – *111elerine111a* thiosulfinates as substitute fumigants for methylbromide. Pestic. Sci., pp: 200-202.
10. **INDERJIT K., KEATING K.L, 2002** – Allelopathy: principales, procedures and promises for biological control. Adv Agron 67, pp: 141-231.
11. **NEGI P.S., CHAUHAN A.S., SADIA G.A., ROHINISHREE Y.S. ET RAMETEKE R.S., 2005** – Antioxidant and antimicrobial activity of various seabukthorn (*Hippophae rhamnoides*) seed extracts. Food. Chem., 92, pp: 119-124.
12. **Bogorni P.C., Da Silva A.R. et Carvalho G.S., 2003** – Leaf mesophyll consumption by *Tuta absoluta* (Meyrick, 1971) (Lepidoptera, Gelechiidae) in three cultivars of *Lycopersicon esculentum* Mill. Ciencia rural, Santa Maria, 33 (1): 7-11.
13. **Filho M.M., Vilella E.F., Jham G.N., Attygalle A., Svatos A. et Meinwald J.,. 2000** – Initial studies of mating disruption of the tomato moth, *Tuta absoluta*
14. **Imenes S.D.L., Fernandes M.A.U., campos T.B. et Takematsu A.P., 1990** – Aspectos biológicos e compartamentais de traga de tomateiro *Scrobipalpula absolute* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera, Gelechiidae). Arquivos Institute Biológico, 57 (1-2): 63-68.
15. **Leite G.L.D., 1997** – Efeito da idade, parte do dossel e níveis de adubação NK na resistência de *Lycopersicon hirsutum* f. *Glabratum* a *Tuta absoluta*. These Master, Univ. Federale de Vigosa. 40p

16. **Leite G.L.D., Picango M., Jham G.N. et Marquini F., 2004-** Intensity of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera, Gelechiidae) and *Lyriomyza* spp. (Diptera, Agromyzidae) attacks on *Lycopersicon esculentum* Mill. Leaves. *Clem. Agrotec.*, Lavras. 28, (1): 42-48.
17. **Miranda M., Picango M., Zanuncio J.C. et Guedes R.N.C., 1998-** Ecological life table of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera, Gelechiidae). *Bicontrol .Sci .Techn.*, 8 : 597-606.
18. **Preyra P.C. et Sanchez N., 2006-** Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae). *Neotropical Entomology*, 34(5):67-676.
19. **Urbaneja A., Vercher R., Navarro V., Garcia M. F. et Porcuna J.L., 2007-** La polilla del tomate *Tuta absoluta*. *Phytoma*, 197 :16-23 .
20. **Arno J., Sorribas R., Prat M., Montse M., Pozo C., Rodriguez , D., Garetta A. et Gabarra R., 2009-** *Tuta absoluta* , a new pest in IPM tomatoes in the northeast of Spain . *IOBC/WPRS Bull.*, 49:203-208.
21. **KILIK T., 2010-** First record of *Tuta absoluta* in Turkey. *Phytoparasitica* .38(3):243-244.
22. **Lebdi-Grissa K., Skander M., Mhafdhi R. et Belhadj R., 2010-** Lutte intégrée contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae) . VII eme conférence Intern. Franc .Entomol., Louvain –La Neuve , 5-10 juillet 2010.

23. **Vercher R., Calabuig A. et Felipe C., 2010** –Ecologia .muestreos y umbrales de *Tuta absoluta*(Meyrick) .Phytoma espana,217 :23-26.
24. **BADAoui M.L et BERKANI A 2010**-Morphologie et comparaison des appareils génitaux de deux espèces invasives *Tuta absoluta* (Meyrick) et *Phtorimea perculella* Zeller. VII eme conférence.Intern.Franc .Entomol.,Louvain-La Neuve .5-10juillet 2010.
25. **DEISING H., NICHOLSRO. LN., HAUG M., HOWARR D. ET MENEENK J., 1992** – Adhesion pad formation and the involvement of cutinases and esterases in the attachment of urediniospores to the host cuticule. The Plant Cell 4, pp: 1101 -1111.
26. **WOLFE D., 1987** – Signaling for growth orientation and cell differentiation in *Uromyces*. Science 235, pp: 165-216.
27. **HGCH H.C., STMS R.C., WHITEHEBA D.C. OMEAU J. ET WOLFE D., 1987** Signaling for growth orientation and cell differentiation in *Uromyces*. Science 235, pp: 165-216.
28. **DEACON J.W., 1997**- modern mycology. **Basic microbiology, vol. 7,224p.**
29. **SHARMA O.P., 1989** – textbook of fungi. Tata mcgraw-hill, 24 p.
30. **DEACON J.W., 2006** – fungal biology. Wiley-blackwell, 2 p.
31. **LUCAS J. A. ET DICKINSON C.H., 1998** – plant pathology and plant pathogens. Basic microbiology, VOL. 6, pp: 20-31.

32. **KAVANAGH K., 2005** – Fungi: biology and application. John Wiley and Sons, pp: 219-225.
33. **BOUCHET P., 2005** – Les champignons : mycologie fondamentale et appliquée. Elsevier Masson éd. 2, pp : 1-17.
34. **CORBAZ R., 1990** – Principales de phytopathologie et lutte contre les maladies des plantes. Collection biologie, PPUR presses polytechniques, 11p.
35. **FORDE KOHLER J.L., 1995** – the effects of *ophiostoma piliferum* on the wood pulp: investigations of the impact of *ophiostoma piliferum*. On the strength properties of handsheets. 114elerine114 on paper scie. And techno., 14 p.
36. **MAHESHWARI R., 2005** – fungi: experimental methods in biology.crc press, mycologies series, VOL. 24, pp: 47-65.
37. **PEGG G. F. ET BRADY B.L., 2002** – Verticillium wilts. Cabi Publishing Séries, 142 p.
38. **SHARMA P.D., 2006** –Plant pathology. Alpha Sciences international, pp: 3-5.
39. **BLANCHARD D., 1988.**- Maladies de la tomate : Observer, Identifier, Lutter. INRA, Paris, pp. 174-179.
40. **ZITTER A., 2001**- The long list of diseases affecting tomatoes and peppers in a wet growing season. Cornell University. Fiche technique. 6 p.
41. **JONES J.B., JONES J.P., STALL R.E., ET ZITTER T.A., 1991** – compendium of tomato diseases. Isbn 0-89054-120-5. APS PRESS.100 p.
42. **AGRIOS G.N., 2005** – plant pathology. 5th ed. El sevier academic press, 114eleri.

43. **BECKMAN C.H. ET ROBERTS E.M., 1995** – on the nature genetic basis for resistance tolerance of fungal wilt diseases. *Advances in botanical research*, 21, pp: 35-77.
44. **STOVER R.H., 1970** – banana root diseases caused by *fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense*, *pseudomonas solanacearum*, *radopholus similis*: a comparative study of life cycles in relation to control. In root diseases soil-borne pathogens, (eds. Toussoun, t.a., bega,r.b., nelson, p.e.), university 115elerine115a press, pp: 197-200.
45. **PEGG G.F.,1981**-biochemistry and physiology of pathogenesis .In fungal wilt diseases of plants (eds.mace ,m.e.,l a.a.,Beckman ,c.h.),new York academic press,pp:193-253 .
46. **ARNO J.et GABARRA R., 2011**.Lutte contre *Tuta absoluta*, un nouveau ravageur qui envahit l'Europe ENDURE Formation en protection intégrée – No.5, Cabrils, France ,8p.
47. **PATRICIA ESTAY P., 2000**.Polilla del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick) .La platina Informativo, 9,4p.
48. **MONSERRAT A., 2009** .La polilla del tomate *Tuta absoluta* en la Region de Murcia : base para su control .Série Técnica y de Estudios ,34p.
49. **DESNEUX N., WADJNBERG E., WYCKHUYS K-A.G., BURGIO G., ARPAIA S., NARVAEZ-VASQUEZ C.A. GONZALEZ-CABRERA J., 2010**.Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta* :Ecology ,geographic expansion and prospects for biological control.J Pest Sci.,83:197-215.
50. **VANDOORNE J-M., 2010**.Bio.Bulletin .Biopest France, 8p.
51. **KOLEV., 1976**.Les cultures maraichères en Algérie : Légumes fruits .Ed. Ministère de l'agriculture et de réforme agraire, T.2, 145p.

52. **INPV, 2008.**La mineuse de la tomate, Institut National de Protection des Végétaux.
53. **FRANÇA, F.H.1993.**Por quanto tempo conseguiremos conviver com a tracado-tomateiro,Hortic.Bras.11 :176-178 .
54. **NIRAKAR R, .2007.**Biopesticides: an Economic Approach for Pest Management.Orrissa Review .Plant Protection, KVK, Rayagada, Gunupur .8p.
55. **BELLANGER A.et MUSABYIMANA T., 2005.**Le Neem contre les insectes et les maladies .ASPROPNNP (Association pour la Promotion des Produits Naturels Peu Préoccupants), Journées horticoles, Quebec, 13p.
56. **BRICE M., EMMANUEL R., NICOLAS U.et JOHAH Z., 2008.**Le neem, un insecticide biologique efficace .Projet tutoré du S2, université de Paul Sabatier, France.
57. **AHMED S.and DIN N.,2009** .Leaf powders of basil (*Ocimum basilicum* L.),Lantana(*Lantana camara* L.) and gardenia (*Gardenia jasminoides* Ellis) affect biology of *Callosobruchus chinensis* L.(Coleoptera :Bruchidae).Pak. Entomol.Vol.31,No.1,University of Agriculture,Faisalabad,Pakistan:5-9.
58. **SASHIKALA DEVI G., KOTTAIMUTHU A., SATHEESHKUMAR D., REKHAS.INDHUMATHYand NANDHINI R., 2009.** Studies on the antibacterial antifungal activities of the ethanolic extracts of *Luffa cylindrical* (Linn) fruit. INT.J.DRUG DEV and RES.,Annamalai University,1(1):105-109.
59. **AUGER J.et THIBOUTE E ., 2002** .Substances soufrées des *Allium* et des Crucifères et leurs potentialités phytosanitaires .In Regnault-Roger C, Philogène BJ.R Vincent C.Biopestides d'origine végétale .Tec et Doc, Paris : 77-96.

60. **BENAYAD N., 2008.** Les huiles essentielles extraites des Plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées .Laboratoire des Substances Naturelles et thermolyse Eclairé Département de Chimie Faculté des Sciences de Rabat, Maroc, 61p.
61. **FRGUES J.et GOETTEL M., 1996-** Environmental constraints of mycopesticides ; a challenge, Bull OILsrop, 19(8).
62. **KOUASSI M., 2001-** Les possibilités de lutte biologique : emphase sur le champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* .Sci.Environ . Vol.2, (2).
63. **THAKORE Y., 2006-** The biopesticides market for global agricultural industrial biotechnology.2 (3), pp: 203-294.
64. **FRVEL, D.R., 2005-** Commercialisation and implementation of biocontrol .annual review of phytopathology, 43, pp: 337-359.
65. **PAULITZ T.C. et BELLANGER R.R., 2001-** Biological control in greenhouse systems .annu.Rev.phytopathol.39, pp: 103-133.
66. **LARPENT J.P., 2000-** Introduction à la nouvelle classification bactérienne (Les principaux groupes bactériens).Ed .Tec and Doc .Lavoisier, Paris .280p.
67. **PERRY J.J., STALY J.T., LORY S., 2004-** Microbiologie : Cours et questions de révision .Ed : DUNOD, Paris,891p.
68. **BYE P DESCOINS C., DESHAYES A. 1991-** Un point sur les procédés phytosanitaires, protection des plantes, biopesticides Ed. : INRA, Paris ,178p.
69. **ANONYME, 1996-** Activités pour réduire les risques liés aux pesticides dans les pays de l'OCDE et certains pays de la FAO. Direction de l'Environnement ; Publications de l'hygiène et de la Sécurité de l'Environnement, Série sur les pesticides No.4, 85p.

70. **PHILOGENE B.J-R., FABRES G.et REGNAULT-ROGER C., 2005**-Protection des cultures, environnement et développement durable : Enjeux pour XXI^e siècle .in Regnault –Roger C, Fabres G.Philogène B J.R 84 Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement .Lavoisier Tec et Doc, Paris :1-14.
71. **REGNAULT –ROGER C. PHILOGENE B.J.R.et FABRES G. 2005**-Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement .Lavoisier Tec and Doc Paris ,1013p.
72. **ALI-EMMANUEL N., MOUDACHIROU M.,AKAKPO A.J.et QUETIN LECLERCQJ .2002**-Activités antibactériennes *in vitro* de *Cassiaalata*,*Lantana camara* et *Mitracarpus scaber* sur *Dermatophilus cogolensis* isolé au Bénin.Revue Elev.Méd.Pays trop.55(3) :183-187.
73. **BIMLESH K., SARABJOT K., SHAKTI P., PRASHANT.T and KALYANID.2010**-Comparative study of anthelmintic activity of aqueous and ethanol extract of bark of *holoptelea integrifolia* .Int.J Drug dev .and res.The Netherlands 2(4):758-763.Available online <http://www.ijddr.in> .
74. **TAFIFET L., 2010**-Effet bactéricide fongicide et nématocide *in vitro* de quatre espèces végétales spontanées .Th.Mag.Agro.USDB, Blida (Algérie).
75. **DJELLOUT H., 2009**.Evaluation du pouvoir antibactérien de quatre plantes spontanées .Th.Ing.Agro.Univ.Blida (Algérie) ,60p.
76. **AOUINTYB., OUFARA S., MELLOUKI F et MAHARIS., 2006**-Evaluation Préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis L*) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata (Vahl) Mast.*) sur les larves de quatre moustiques culicidés : *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas),*Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis*(Meigen).Biotechnol.Agron.Soc.Environ.,10(2) :67-71.

77. **KOOYMAN C., 2007**-*Metarhizium anisopliae* var *acridum*, la matière active de 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.32p.
78. **GUIRAUD J.P., 1998**.Microbiologie alimentaire. Ed.Dunod, Paris, 200p.
79. **S.P.S.S.Inc., 2009**.**SYSTAT** 13 for Windows statistics and graphics.
80. **ABBOTT WS.1925**-A method of computing the effectiveness of an insecticide.J Econ Entomol; 18:265-266.
81. **FINNEY D.F., 1971**-Probits Analysis, 3rd ed. Cambridge University Press, 333p.
82. **FACON B., JARNE P., POINTIER J.P., and DAVID P., 2005**-Hybridization and invasiveness in the freshwater snail *Melanoides tuberculata* :hybrid vigour is more important than increase in genetic variance .Journal of Evolutionary Biology 18,524-535.
83. **PERRINGS,C.,WILLIAMSON,M.,BARBIER,B.,DELFINO,D.,DALMAZZONE, S.,SHOGRN,J.,SIMMONS,P.,and WATKINSON,A.(2002)**-Biological invasion risks and the public good an economic perspective .Conservation Ecology 6.
84. **SIMBERLOFF, D.2003**- How much information on population biology is need to managed introduced species? Conservation Biology 17:83-92.
85. **BLUMENTHAL, D.M. 2006**-Interactions between resource availability and enemy release in plant invasion .Ecology letters 9,887-895.
86. **WILLIAMSON, M.2006**-Explaining and predicting the success of invading species at different stages of invasion .Biological Invasion 8, 1561-1568.

87. **SFORZA, R., 2008**-Espèces invasives en viticulture PHYTOMA La défense des Végétaux, N°619 Octobre 2008, pp : 24-29.
88. **LACOURSIÈRE, J.O., BOISVERT, J.2004**-La lutte antivectorielle dans le cadre de l'épidémie de chikungunya sur l'île de la Réunion ; Évaluation des risques et de l'efficacité des produits larvicides .Maison –Alfort Cedex ,115p.
89. **CHEVALIER, P., St-LAURENT, L., SAMUEL O.,2002**-Larvicides pour contrer la transmission du virus du Nil occidental chez les humains .Rapport final de direction des risques biologiques environnementaux et occupationnels .Institut national de santé publique ,Québec .46p.
90. **HALOUANE, F., 1997**-Cycle biologique de *Schistocerca gregaria* (Forskal, 1775) et de *Locusta migratoria* (Linné, 1768) (Orthoptera,Acrididae) . Efficacité de *Metarhizium anisopliae* (Metch) (Hyphomycètes, Deuteromycotina) et effet sur quelques paramètres physiologiques de *Schistocerca gregaria* .Thèse Magister sci.agro. Inst.Nati.Agro.,El Harrach,235p.
91. **RAYMOND, J.STLEGE R., LOKESH-JOSH.,MICHAEL J.,BIDOCHKA M.J., DONALD W.and RET al.,1995o**-Protein synthesis in *Metarhizium anisopliae* Growing on host cuticule .Mycol .Res. 99, (9) pp: 1034-1040.
92. **CHENG S.S., CHUA M.-T., 2009**-Variation in insecticidal activity and chemical compositions of leaf essential oils from *Cryptomeria japonica* at different age's .Bio ressour.Technol.100:465-470.
93. **OJIMELUKWE PC and ADLER C.1999**-Potential of zimtadehyde, 4-allyl-anisol, linalool,terpenoid and other phytochemicals for the control of confused flour beetle(*Tribolium confusum* J.D.V)(Col:Tenebrionidae).J.Pest.Sci.,72:81-86.

94. **BISSAAD F.Z., 2011-**, Etude comparative de l'effet de deux entomopathogènes *Beauveria bassiana* Bals .et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* Metch. (Hyphomycètes, Deuteromycotina) sur le criquet *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (Orthoptera, Acrididae). Thèse Magister sci agro. Inst. Nati. Agro., El Harrach, 187p.
95. **ZIMMERMANN G., ZELAZNY B., KLEESPIES R et WELLING M., 1994-** Biological locusts by entomopathogenic microorganisms , pp.127-138, in Krall S., Wilps H., New trends in locust control ; Ed. TZ-Verlags – Gesellschaft, Rossdorf, Germany.
96. **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, 147p.