

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE CONSTANTINE 1
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ANIMAL

MEMOIRE PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
DOMAINE : SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE
FILIERE : BIOLOGIE ANIMAL
SPECIALITE : TOXICOLOGIE ET SANTE

Thème

**L'étude de la toxicité du Spinosad (biopesticide)
envers un ravageur de la tomate
Tuta absoluta (Lépidoptera : Gelechidae)**

Présenté et soutenu par :

Le : 23 /06/2014

M^{lle} KERROUT Nadjet

M^{lle} MAOUDJ Linda

Jury d'évaluation:

Présidente : M^{me} Zama Dj Pr Université Constantine 1

Rapporteuse: M^{me} Benchaâbane S M.C Université Constantine 1

Examineurs: M^f Benrebai M M.C Université Constantine 1

M^f Kandouli CH M.A Université Constantine 1

Année universitaire

2013/2014

Remerciements

Notre reconnaissance et nos plus vifs remerciements s'adressent à Mme ZAMAA DJ Maître de conférence au département de biologie animal, pour nous avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Toute notre gratitude et nos sincères remerciements vont à madame BENCHAAABANE SAMIA, pour avoir accepté de diriger le présent travail, sa gentillesse, sa disponibilité, son soutien moral ainsi que ses orientations nous ont permis de mener à bien ce travail.

Que Mrs BENRPBAI M MC et Mrs KHANDOUL CH MC, trouvent ici, nos sincères appréciations pour avoir l'amabilité et la patience pour lire ce mémoire et apporter leurs critiques et fructueuses remarques et conseils pour enrichir ce mémoire.

Merçi



Dédicace

A la lumière de ma vie mes chers parents pour leur amour et pour leur permanents encouragement mon père et ma mère

Je dédie ce travail à vous avec tout l'amour

À ma sœur Boutheina

A tout la famille KERROUF et GHOLEMALLAH,

Ma tante Aicha et ses filles

Rafif, Saoussen, Sabrina, Zouzou et Zikou

Une dédicace spéciale a mon prince

Et a mes amies

Et tous les étudiants de ma promotion 2013 qu'ils sont toujours dans mon cœur

Une dédicace spécial à Linda ma binôme à qui je souhaite tout la réussite dans sa vie

Et en fin a mon adorable encadreur : Mme Benchaabane Samia



Dedicace

Par fois la vie est très dure et comporte des passages sombres et sans issues, reste à croire en soi et l'espoir de réussir qui ne doit pas s'éteindre. L'existence doit briller sans recule malgré la frustrations grâce à l'amour, l'aide et réconfort.

A cette effet j'aimerais dédier ce modeste travail: a mes parents aux quels j'éprouve beaucoup d'amour et de respect.

A ma mère: A la femme qui a sacrifié sa vie pour la notre.

A la bougie qui fond pour nous éclairer la voie j'offre cet humble travail qui n'est qu'un fruit du bien qu'elle a semer.

A ma très chère soeur: Safaâ

A mes frères: Yassine, Chadded, Farouk.

A tout mes Amies, A tout ma famille loin ET proche.

et en fin a mon adorable encadreur : Mme Benchaahane Samia



Sommaire

1. Introduction.....	1
2. Synthèse bibliographique.....	4
2.1. Rappels sur les insecticides.....	4
2.1.1. Insecticides inorganique ou insecticides minéraux.....	4
2.1.1.1. Insecticides arsenicaux.....	4
2.1.1.2. Insecticides fluorés.....	4
2.1.1.3. Insecticides soufrés.....	4
2.1.1.4. L'acide cyanhydrique.....	5
2.1.2. Insecticides végétaux.....	5
2.1.3. Insecticides organiques de synthèse.....	5
2.1.3.1. Insecticides chlorés.....	5
2.1.3.2. Insecticides organophosphorés.....	5
2.1.3.3. Les carbamates.....	6
2.1.3.4. Les pyréthriinoïdes.....	6
2.1.3.5. Les cyclodiènes ou cycloïdes.....	6
2.1.4. Les Biopesticides.....	6
2.1.4.1. Les pesticides microbiens.....	7
2.1.4.2. Les pesticides biochimiques.....	7
2.1.5. Biopesticides utilisés dans la lutte contre les insects.....	7
2.1.5.1. <i>Bacillus thuringiensis</i>	8

2.1.5.2. Azaderachtine (extrait de neem).....	8
2.1.5.2. Néonicotinoïdes.....	9
2.1.5.3. Spinosad.....	9
2.2. Rappels sur l'insecte.....	9
2.2.1. Caractéristique de la mineuse de la tomate.....	10
2.2.2. Origine et répartition géographique de la mineuse de la tomate.....	10
2.2.2.1. Dans le monde.....	12
2.2.2.2. En Algérie.....	13
2.2.3. Plantes hôtes.....	14
2.2.4. Les dégâts de <i>Tuta</i> et son mode d'attaque.....	17
2.2.5. Stratégie de lutte.....	17
2.2.5.1. La lutte biotechnique.....	17
2.2.5.2. La lutte biologique.....	18
2.2.5.3. La lutte chimique.....	18
3. Matériels et Methodes.....	19
3.1. Présentation de <i>T. absoluta</i>.....	19
3.1.1. Cycle biologique de la <i>Tuta absoluta</i>	20
3.1.2. Élevage en laboratoire.....	24
3.2. Présentation de l'insecticide.....	25
3.2.1. Traitement des insectes et tests de toxicité.....	26
3.3. Analyse statistique.....	27
4. Résultats.....	28
5. Discussion.....	34

6. Conclusion et perspectives.....37

7. Résumé

8. Abstract

9. الملخص

10. Références bibliographiques

Liste des figures

Figure	Page
Figure 1. Nomenclature de <i>T.absoluta</i> (OEPP ., 2004)	10
Figure 2. Extention de <i>Tuta absoluta</i> dans le monde (Desneux <i>et al.</i> , 2011)	12
Figure 3. Direction d'avancement de <i>T.absoluta</i> en Algerie (Anonymel .,2008)	13
Figure 4. Dégâts causes par <i>T.absoluta</i> sur les feuilles (Original.,2011)	15
Figure 5. Larve de <i>Tuta absoluta</i> dans un fruit de tomate (source OEPP)	16
Figure 6. Dégâts causés par <i>T.absoluta</i> sur les tiges (Original.,2011)	16
Figure 7. Piège à eau avec capsule à Pheromones (Original.,2011)	17
Figure 8. <i>T. absoluta</i> d'après Povolny (1994) (G x 10).	19
Figure 9. Cycle biologique de <i>T. absoluta</i>	23
Figure 10. Minis serres de tomates. (Benchaâbane.S, communication personnel, 2011)	24
Figure 11. Surface épineuse de la bactérie (Horowitz et Ishaaya, 2003)	25
Figure 12. Coupe longitudinale de la bactérie (Horowitz et Ishaaya, 2003)	25
Figure 13. Structure chimique du spinosad (Horowitz et Ishaaya, 2003) http://www.dowagro.com/fr/success4/nouvelle.htm http://google.com/image	26
Figure 14. Droite de régression ; Probit en fonction de log de la dose pour les larves .	29
Figure 15. . Toxicité du spinosad (ppm/insecte) par application topique des larves du dernier stade de <i>T. absoluta</i> : classement des doses ($m \pm s$; les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes).	30

Figure 16. Droite de régression ; Probit en fonction de log de la dose pour les adultes	32
Figure 17. Toxicité du spinosad (ppm/insecte) par application topique des adultes de <i>T. absoluta</i> : classement des doses ($m \pm s$; les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes.	33

Liste des tableaux

Tableaux	Page
Tableau 1: Les stades de développement de <i>T.absoluta</i> (Syngenta agro services).	23
Tableau 2: Corrélation entre les différents stades de développement de l'insecte et la température. (Source Direction Des Filières de Production: Campagne 2007-2008).	23
Tableau 3: Transformation angulaire des mortalités corrigées et Analyse de la variance critère de classification pour les larves.	29
Tableau 4: Toxicité du spinosad (ppm/insecte) par application topique des larves du stade de <i>T. absoluta</i> : détermination de la CI50 et la CI90 (ppm/insecte) et leur intervalle confiance (IC à 95 %).	30
Tableau 5: Transformation angulaire des mortalités corrigées et Analyse de la variance critère de classification pour les adultes	32
Tableau 6: Toxicité du spinosad (ppm/insecte) par application topique des adultes de <i>T. absoluta</i> : détermination de la CL50 et la CL90 (ng/insecte) et leur intervalle de confiance (IC à 95 %).	33

1. INTRODUCTION

1. Introduction

En agriculture et en l'absence de protection systématique, les pertes dues aux différents ravageurs et maladies des cultures sont estimées à un tiers des récoltes (Nauen et Bretschneider, 2002 ; Vandoorne., 2010). *Tuta,absoluta*(Meyrick), est un microlépidoptèreoligophage de la famille des Gelichiidae, il s'attaque à la famille des Solanaceae, dont fait partie la pomme de terre (*Solanumtuberosum*), l'aubergine (*Solanummelongena*) et en particulier la tomate *Lycopersicumesculuntum* (Mahdi *et al.*, 2011).cet insecte, aussi appelée « mineuse » est une espèce qui cause des dégâts importants essentiellement sur la tomate sous serre et en plein champ. Ces dégâts peuvent toucher les différents organes feuilles, tiges et plus rarement les fruits, en formant des galeries sous forme de mines qui vont rapidement se nécroser (Desneux *et al.*, 2010). Les attaques peuvent être foudroyantes en décimant toute la culture en quelques semaines.

T. absoluta a été le principal ravageur de la tomate en Amérique du sud, lieu de son origine. Les différentes luttés chimiques ont permis à l'insecte d'acquérir une résistance aux insecticides conventionnels comme les organophosphorés et les pyréthriinoïdes qui ont été largement utilisés en Argentine, Brésil, Bolivie et Chili (Reyes *et al.*, 2012). En 2006, le ravageur fait son apparition dans la province de Castellon en Espagne (Urbaneja *et al.*, 2007) avant de se propager tout autour du bassin méditerranéen (Potting., 2009). Son extension est favorisée par les échanges commerciaux, le transport de personnes entre continents mais aussi par le fait que *T.absoluta* peut parcourir des centaines de kilomètres en volant ou en se laissant porter par le vent (Van Deventer., 2009). Depuis, et malgré les multiples facettes de programmes de lutte contre son invasion, cet insecte est considéré comme une malédiction qui s'est abattue sur la production de la tomate en Europe, Afrique du Nord et l'Asie occidentale. Vers la fin de l'année 2011, la mineuse est recensée dans un grand nombre de pays: Albanie, Algérie, Bahreïn, Bosnie-Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Danemark, Egypte, France, Allemagne, Grèce, Hongrie, Irak, Italie, Jordanie, Kosovo, Lybie, Lituanie, Malte, Maroc, Les Pays Bas, Portugal, Roumanie, Russie, Arabie Saoudite, Serbie, Espagne, Suisse, Syrie, Tunisie, Turquie, et Grande Bretagne (Buhl *et al.*,2010; Cîuljak *et al.*,2010; Desneux *et al.*, 2010; Duric and Hrnac, 2010; Erler *et al.*, 2010; Keresi *et al.*,2010; Kilic, 2010; Ostrauskas and Ivinskis, 2010; Seplyarsky *et al.*,2010; Izhevsky *et al.*,2011). En outre, et du fait des proximités géographiques, les agences de protection des plantes comme USDA-ADHIS (U.S.

Department of Agriculture Animal and Plant Health Inspection Service) pensent que les mineuses se trouvent aussi en Autriche, Belgique, République Tchèque, Estonie, Ireland, Luxembourg, Pologne, Slovaquie, Slovénie et la Suède (Bech, 2011; Desneux *et al.*, 2011). Par ailleurs, et en se basant sur la vitesse de propagation de la mineuse, observée en Europe et en Afrique, on estime que d'autres régions peuvent être atteintes dans un proche avenir comme, l'Iran en 2012, l'Inde en 2013-2014, la Chine, en 2015-2016 et la côte pacifique le pourrait en 2017, si un programme de protection des plantes rigoureux ne se développe pas pour lutter contre cet insecte invasif (Desneux *et al.*, 2011). Tous ces pays sont donc contraints de lutter tous ensemble afin de contrôler les pertes de récoltes associées à la présence de ces insectes ravageurs.

Les méthodes de lutte contre les insectes nuisibles dans le secteur agro-alimentaire sont apparues au début du siècle dernier ; avant 1940, les agriculteurs utilisaient surtout des produits d'origine minérale (soufre, dérivés d'arsenic) ou de rares composés organiques de synthèse (thiocyanates d'alkyl) ou alors des produits d'origine naturelle telles les huiles ou la nicotine (Hoffman et Lorenz, 1998). La mise au point après 1945 de pesticides (organochlorés, organophosphorés et carbamates) a permis une meilleur gestion des organismes (Cédric Bertrand, 2007) mais leur utilisation massive a eu des effets nocifs pour l'homme et l'environnement (Hoffman et Lorenz, 1998) ; ces molécules synthétiques ont non seulement entraîné une pollution importante (Ishaaya et Horowitz, 1998 ; Gagné *et al.*, 1999 ; Long, 2000; Comoretto et Chiron, 2005) mais ont aussi induit une résistance chez les organismes visés (Lee *et al.*, 1996 ; Scharf *et al.*, 1997 ; Dong *et al.*, 1998; Wen, 2000; Wen *et Scott*, 2001; Kristensen *et al.*, 2005 ; Karunker *et al.*, 2008; Yang *et al.*, 2009). Aussi, la recherche a permis de mettre au point des composés alternatifs qui sont des molécules non rémanentes et souvent spécifiques comme les régulateurs de croissance ou encore les pesticides d'origine naturelle (biopesticides). Le développement de la biotechnologie a permis à ces molécules non polluantes de constituer incontestablement une alternative à la lutte chimique qui domine encore largement le marché des pesticides (Sophie Rochefort *et al.*, 2006).

Les biopesticides se définissent au sens large comme des pesticides d'origine biologique, ou substances d'origine naturelle provenant d'organismes vivants, animaux, plantes, bactéries et certains minéraux, leur impact au niveau environnemental est nulle du fait

de leur biodégradation. Selon, l'agence américaine pour la protection de l'environnement EPA, on a enregistré plus de 195 biopesticides actifs, et ce grâce au développement de la biotechnologie. Ces molécules regroupent les Néonicotinoïdes, l'Azadirachtine et le Spinosad. Les Néonicotinoïdes (imidaclopride, thimethoxan, et acétamipride) sont neurotoxiques et agissent par contact ou ingestion sur les récepteurs nicotiques de l'acétylcholine au niveau du système nerveux (Urbane et Cook, 1999 ; Elbert *et al.*, 2004). L'azadirachtine, substance naturelle dérivée du Neem ou *Azadirachtaindica* (membre de Miliaceae) agit comme un régulateur de croissance avec une action antagoniste de l'hormone juvénile et des ecdystéroïdes, (Mordue *et al.*, 2005). Le Spinosad, composé d'un mélange de deux métabolites (spinosynes A et D) est synthétisé par la fermentation naturelle de *Saccharopolysporaspinosa*, bactérie du sol du groupe des Actinomycètes (Sparks *et al.*, 1995). Cette molécule neurotoxique présente un nouveau mode d'action unique car elle agit à la fois sur les récepteurs GABA ergiques et nicotiques du système nerveux (Salgado, 1998 ; Krist 2010).

Le Spinosad est employé, dans le domaine de l'agriculture en Algérie, depuis 2010 ; son utilisation, à long terme et de manière raisonnée, implique le fait de savoir quand et comment s'installe le processus de résistance chez *T.absoluta* à l'égard de ce pesticide. L'objectif de notre travail dans un premier temps est de caractériser le pouvoir insecticide (spinosad) à l'égard des larves et des adultes de *T.absoluta* et de déterminer leur CI50 et CI90 pour les doses utilisées. Dans deuxième temps, l'évaluation de la différence de la toxicité de ce biopesticide pour les deux stades et déterminer le stade le plus sensible.

***2. SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE***

2.1. Rappels sur les insecticides

Il existe différentes méthodes de lutte contre les ravageurs .la lutte biologique qui consiste à détruire les insectes nuisibles par l'utilisation rationnelle de leur ennemis naturels appartenant soit au règne animal soit au règne végétal ,et la lutte chimique (Strong *et al* .,2000) qui utilise différents types d'insecticides possédant chacun des caractéristiques physiques et chimiques propres ,car le taux de toxicité ,la dégradation ,la biotransformation ou l'accumulation varient d'un insecticide à un autre(Strong *et al* .,2000) .Cependant, pour des raisons économiques et de facilité de mise en œuvre , la lutte chimique reste la méthode la plus employée en dépit des dangers pour l'homme et son environnement (Cassier *et al* .,1997).

Les insecticides se classent en fonction de leur structure chimique ou de leur origine, en insecticides minéraux ou organiques, insecticides naturels ou de synthèse. Quatre groupes principaux sont distingués : les insecticides non organiques, insecticides organiques d'origine végétale ou de synthèse et les régulateurs de croissance.

2.1.1. Insecticides inorganique ou insecticides minéraux

Sont des insecticides ne contenant pas de carbamate. À l'état naturel ; se présentent sous forme de cristaux blancs ressemblant au sel, chimiquement ils sont stables, ne s'évaporent pas et sont solubles dans l'eau (Ware, 1999)

2.1.1.1. Insecticides arsenicaux

Les propriétés toxiques de l'arsenic sont connues depuis longtemps pour tous les animaux, il fournit les insecticides d'ingestion (Dajoz ., 1986).

2.1.1.2. Insecticides fluorés

Les composés du fluor sont dangereux en raison de leur solubilité dans l'eau qui facilite leur absorption par l'homme et les animaux (Dajoz ., 1986).

2.1.1.3. Insecticides soufrés

Le soufre en poudre est un insecticide d'activité un peu faible mais les bouillies sulfocalciques sont d'emploi délicat et servent sous forme de pulvérisation (Dajoz ., 1986).

2.1.1.4. L'acide cyanhydrique

Ce gaz est très toxique, il doit être appliqué en fumigation ; les applications sont par conséquent très limitées (Dajoz ., 1986).

2.1.2. Insecticides végétaux

Ils ont un grand intérêt du fait que se sont des insecticides ou des toxines naturelles dérivées des plantes tel que : le tabac, le purethrum et le deriss, (Ware.,1999). Les pyréthrinés sont les principaux insecticides végétaux naturels, dégradés par oxydation, la chaleur ou bien la lumière, leur rémanence est faible.

2.1.3. Insecticides organiques de synthèse

C'est à partir de 1939 et pendant la guerre mondiale que ce produits ont été mis au point (Dajoz ., 1986).

2.1.3.1. Insecticides chlorés

Ce sont des molécules organiques de synthèse comportant des atomes de chlore.ils représentent les premières générations d'insecticides dont la découverte en 1939, a permis de concevoir et d'entreprendre à l'échelle mondial des luttes anivectorielles contre certaines maladies transmises par les vecteurs. Ils ont permis également la destruction de nombreux arthropodes ennemis de cultures, sont nommés aussi: les hydrocarbonés chloré, les organochlorés, les organochlorines et les organohalogènes (Ware., 1999).

2.1.3.2. Insecticides organophosphorés

Molécules organiques de synthèses, dérivées de l'acide phosphorique, présentent une certaine liposolubilité (Anonyme ., 1986). Les organophosphorés en général ont une toxicité aiguë plus élevée que les organochlorés, mais ils se dégradent plus rapidement. Ils agissent sur les arthropodes surtout par contact et éventuellement par ingestion. Les organophosphorés sont généralement peu rémanents, car ils subissent une dégradation rapide.

2.1.3.3. Les carbamates

Substances de synthèse dérivées de l'acide carbamique, solubles dans les solvants organiques; d'autres carbamates sont plus aliphatiques dans la nature et de ce fait, présentent une miscibilité suffisante dans l'eau (Jeffrey., 1999). Les carbamates représentent une grande toxicité vis-à-vis des mammifères et des insectes (Jeffrey., 1999), ils agissent par ingestion et par contact. En santé publique, deux molécules sont particulièrement employées : le carbaryl et le propoxur.

2.1.3.4. Les pyréthrinoïdes

Substances présentant l'activité insecticide des pyréthrines. Par ailleurs, elles ont une meilleure stabilité (Miloud *et al.* , 1982). Couramment, cette nomenclature est simplifiée à des pyréthroïdes : ester d'acide chrysanthémique, bien stable dans l'air et plus efficace contre les insectes nuisibles surtout pour l'agriculture (Jeffrey ., 1999).

2.1.3.5. Les cyclodiènes ou cycloïdes

La plupart des cyclodiènes sont des insecticides persistants, stables dans le sol. De ce fait, une grande quantité de ces insecticides sont utilisés, spécialement pour les traitements contre les termites et les insectes terricoles dont les larves se nourrissent des racines des plantes (Jeffrey., 1999). Généralement, on peut considérer les cycloïdes comme une sous-classe des organochlorés mais la mise en évidence de son mode d'action, permet de le considérer dans la classe des insecticides (Ware ., 1999).

2.1.4. Les Biopesticides

Les biopesticides sont des pesticides qui proviennent de matières naturelles telles que les animaux, les végétaux et les bactéries. Ils sont moins toxiques et représentent un risque moins grand que les pesticides classiques. Utilisés dans le cadre des programmes de lutte intégrée, bien qu'ils n'aient peut-être pas le même degré d'efficacité que les pesticides classiques. Les biopesticides s'assortissent souvent d'allégations, non pas de maîtrise des ennemis combattus, mais de maîtrise partielle ou de réduction des dégâts. Les biopesticides ont des modes d'action spécialisés et uniques qui les rendent plus vulnérables à bien des facteurs biologiques et environnementaux. Leur rémanence est limitée, de sorte qu'il faut parfois répéter les traitements pour obtenir l'efficacité recherchée.

On peut les répartir en deux grandes catégories : les pesticides microbiens et les pesticides biochimiques

2.1.4.1. Les pesticides microbiens

Matière active composée à partir de microorganismes utiles tels que bactéries, champignons, virus ou protozoaires. Ils sont relativement spécifiques aux organismes visés. Les diverses sous-espèces et souches de *Bacillus thuringiensis* en sont des exemples.

2.1.4.2. Les pesticides biochimiques

Substances d'origine naturelle ou des molécules synthétiques qui leur ressemblent. Par exemple : Acétamipride, Téboufénozide, Spinétorame et Méthoxyfénozide.

Ils luttent généralement contre les ennemis des cultures par des mécanismes différents des pesticides classiques. Sont des neurotoxiques. Leurs cibles principales : les synapses et neuromédiateurs GABA- et cholinergiques, le récepteur glutamate. L'action des pesticides ne se limite cependant pas aux voies biochimiques visées par leurs concepteurs. Plus ou moins fortuitement en effet, nombre de pesticides ont en plus une activité très dommageable, non pour les "nuisibles" visés, mais pour les vertébrés, les mammifères et l'homme : ce sont des « proliférateurs endocriniens ». Ils miment des hormones, soit en exerçant une activité hormonale, soit en bloquant ou saturant des récepteurs d'hormones et empêchant ainsi leurs activités. (T. Monod *et al.*, 2001).

2.1.5. Biopesticides utilisés dans la lutte contre les insectes

2.1.5.1. *Bacillus thuringiensis*

Présente dans la plupart des sols, dans les cadavres d'insectes, les végétaux, *Bacillus thuringiensis* est une bactérie Gram positif qui a la particularité de synthétiser un cristal protéique lors de la sporulation. Ces cristaux ont selon les souches une activité larvicide surtout sur; les Lépidoptères, Coléoptères et Diptères (Chafaux, 1995).

Lors de l'ingestion par les larves d'insectes, les cristaux de toxines sont solubilisés du fait du pH alcalin de l'appareil gastro-intestinal et libèrent des protoxines. Celles-ci sont par la suite activées par des protéases (trypsines) spécifiques du système digestif.

Cependant, les formes activées interagissent avec des récepteurs localisés au niveau des cellules épithéliales de l'intestin moyen. La fixation sur ces récepteurs induit des changements conformationnels de la protéine conduisant *in fine* à l'insertion de la toxine qui s'oligomérisse (tétramère) dans la membrane au niveau des microvilli de ces cellules (partie apicale). Le tétramère forme un pore qui entraîne ainsi un déséquilibre de la balance osmotique, des désordres intracellulaires et par la suite la lyse des cellules.

2.1.5.2. Azadirachtine (extrait de neem)

L'azadirachtine ou *Azadirachta indica*, substance naturelle dérivée du Neem (membre de Miliaceae) est un tetranortritéropénoïdes, structurellement semblable aux ecdysones d'insectes (Mordue et Blackwell, 1993). Cette molécule inhibe l'hormone prothoracicotropique et l'hormone allatotropique (Banken et Stark, 1997), stimulant les ecdystéroïdes et l'HJ respectivement, affectant ainsi le développement et la reproduction, L'azadirachtine peut également agir en paralysant le mouvement naturel de l'intestin, provoquant le dépérissement des insectes. Le mode d'action de l'azadirachtine reste encore méconnu, une étude récente montre une association à l'épuisement cytosquelettique de l'actine. Différents travaux ont noté les impacts négatifs de l'azadirachtine sur les organismes visés (Mordue et Blackwell, 1993).

2.1.5.3. Néonicotinoïdes

Les néonicotinoïdes correspondent à une classe d'insecticides neurotoxiques. De part leur activité systémique, les néonicotinoïdes offrent une protection prolongée et efficace contre les ravageurs, du stade de semence au stade adulte de la plante (Elbert *et al.*, 2008 ; Jeschke *et al.*, 2011).

Les néonicotinoïdes sont les seuls insecticides possédant les 3 modes d'applications efficaces pouvant en partie expliquer leur succès. Ces 3 modes sont les suivants :

- traitements des parties aériennes des plantes : IMI, ACT, thiaclopride
thiaméthoxame, dinotefuran
- traitements du sol : IMI, clothianidine
- enrobage des semences : IMI, thiaméthoxame, clothianidine

Les néonicotinoïdes présentent la particularité d'être parmi les insecticides les moins persistants dans le sol. Cette rémanence dans l'environnement peut-être évaluée via le temps de demi-vie des produits phytosanitaires.

2.1.5.4. Spinosad

Le spinosad, insecticide d'origine naturelle, fait partie de la famille des spinosoïdes, semble représenter une solution plus appropriée par rapport aux molécules classiques. En effet, il montre une faible toxicité pour l'Homme, les mammifères, les invertébrés aquatiques et les organismes non visés (Kirst, 2010) par ailleurs, il préserve l'environnement du fait sa rapide biodégradation et sa forte sélectivité. Le spinosad présente un mode d'action de type neurotoxique nouveau et unique car il agit à la fois sur les nAChRs (Kirst, 2010 ; Rinkevich et Scott, 2012) et sur les récepteurs GABA ergiques (Ishaaya., 2001); il agit par contact ou par ingestion, et est très efficace contre les Lépidoptères et les Diptères.

2.2. Rappels sur l'insecte

2.2.1. Caractéristique de la mineuse de la tomate

T.absoluta Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) ravageur de tomate et d'autres Solanacées ,est un microlépidoptère. Le mâle est plus petit et moins volumineux que la femelle, l'essentiel des activités est crépusculaire à nocturne et même matinale. Entre les 4 stades larvaire ; la chenille sort des galeries des feuillages ou des fruits pour en creuser des nouvelles. La transformation en pupes se fait soit dans le sol soit à la surface d'une feuille. Parfois recroquevillée ou dans une galerie. Au cours de la journée l'insecte est au repos et se dissimule parmi les feuilles (Uchoa *et al.* , 1995). S'attaque aux solanacées, en particulier à la tomate *Lycopersicon esculentum* (Mahdi *et al.*, 2011) majeur infestant les cultures de tomates (Desneux *et al.*, 2010).

L'hivernation se fait au stade œuf, pupes ou adulte. Au stade larvaire *T.absoluta* n'entre pas en diapause. Leur longévité moyenne est de 10 à 15 jours pour les femelles et de 6 à 7 jours pour les mâles (Anonyme 3., 2011).

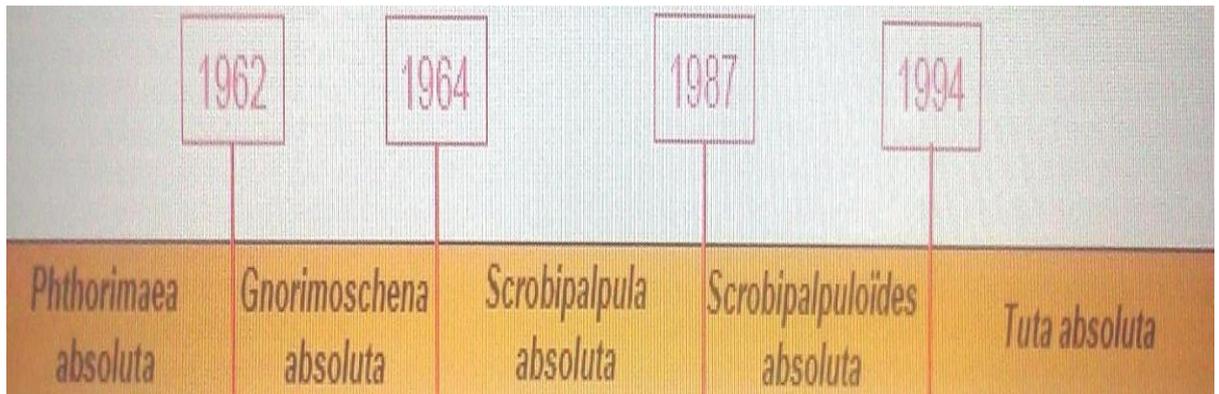


Figure 1. Nomenclature de *T. absoluta* (Marie-Laure R., 2010)

2.2.2. Origine et répartition géographique de la mineuse de la tomate

2.2.2.1. Dans le monde

Selon (Urbange *et al.*, 2007) *T. absoluta* est un ravageur originaire d'Amérique de Sud. Elle est signalée pour la première fois en Argentine en 1964 suite à une importation de tomate depuis le Chili, par la suite continue sa propagation vers d'autres pays d'Amérique latine (Brésil, Colombie, Equateur, Paraguay, Uruguay et Venezuela). En 2006, elle a été détectée en Espagne dans la province de castello.

En 2008, a été identifiée dans plusieurs autres pays Européens (Sud de la France et l'Italie) et méditerranéens (Maroc, Algérie et Tunisie). En 2009 elle a été observée en Grande Bretagne, Pays Bas, Albanie, Suisse, Portugal, Malta et Nord de la France. Cet insecte se propage très rapidement (Anonymel., 2008). Plus récemment, il a été identifié par Kilic, (2010) qui a fait la première reconnaissance de l'espèce dans la province d'Azmir en Turquie.

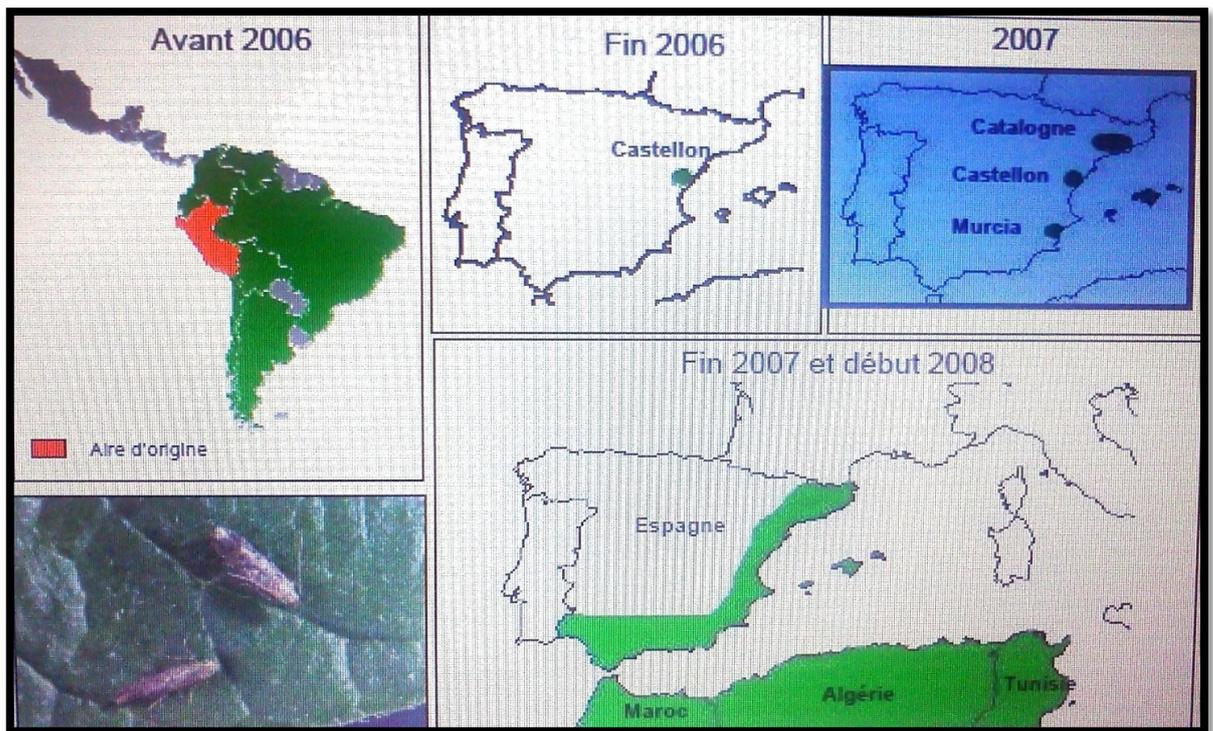
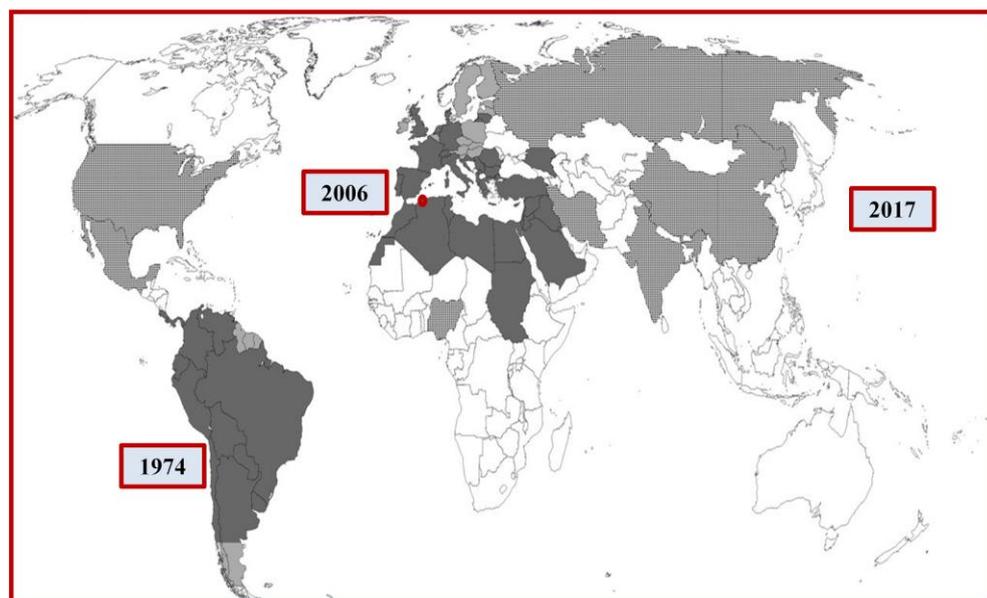


Figure 2. Répartition mondiale de *T. absoluta* (Marie-Laure R., 2010)



Extension de *Tuta absoluta* dans le monde (Nicolas Desneux *et al.*, 2011).

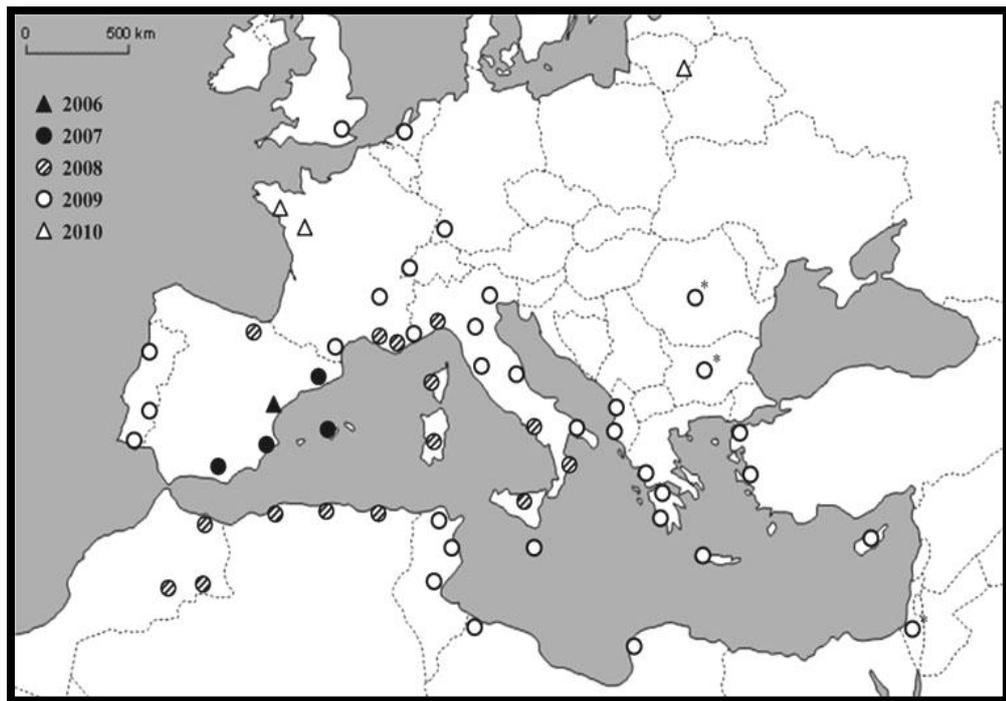


Figure 2. Extension de *Tuta absoluta* dans le monde (Desneux *et al.*, 2011)

2.2.2.2. En Algérie

Ce ravageur a été observé pour la première fois en Algérie durant l'été 2008 (Guenauoui, 2008). Les producteurs de tomate observant une recrudescence d'attaques de cultures de tomates en plein champ et sous abris par des larves de *T. absoluta* cependant, la plupart algériens ne connaissent pas ce ravageur (Houhou, 2010).

A la fin de l'hiver 2008, *T. absoluta* a été trouvée au niveau des cultures de tomate sous serre dans la zone côtière de l'Ouest, du centre est une partie de cote Est ., on l'a observe pour la première dans la région de Mostaganem (Mahdi *et al.*,2011).

Au printemps 2008, les premiers foyers ont été observées dans les serre de tomate dans la commune de Mazagran (prés de Mostaganem) et rapidement étendus, aux communes mitoyennes. Les dégâts sur les feuilles ont été signalés en Mars et sont apparus sur les fruits en Mai.

Son potentiel de reproduction élevé, son pouvoir de dissémination et les dégâts sévères produits sur tomate classe cette mineuse dans la liste A 1 des organismes de quarantaine. Dès lors, plusieurs méthodes sont adoptées pour combattre ce ravageur et minimiser les dégâts. Dans son aire d'origine, l'espèce a montré une résistance à de nombreux produits phytosanitaires. En Algérie d'autres techniques de lutte alternatives sont rentrées en vigueur tel que les pièges à phéromones et l'utilisation des auxiliaires (Mahdi *et al.*, 2011).

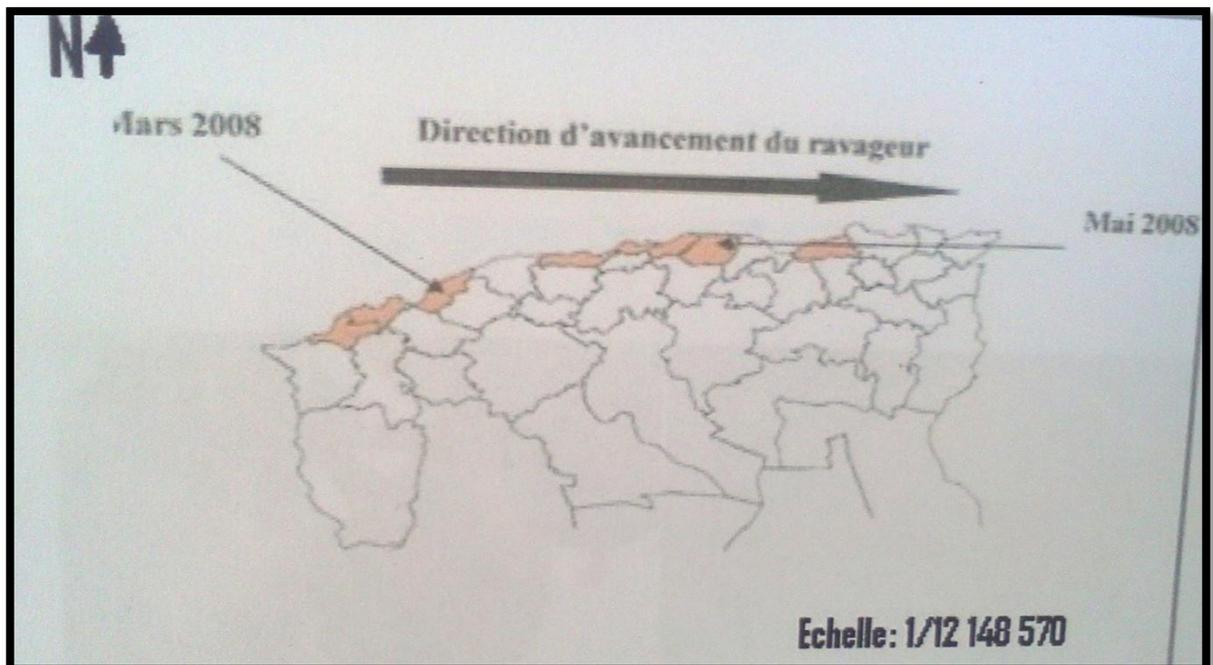


Figure 3. Direction d'avancement de *T.absoluta* en Algérie (Anonymel., 2008)

2.2.3. Plantes hôtes

Peyrera et Sanchez., 2006 rappellent que les cultures de la famille des solanacées, comme la tomate, la pomme de terre et l'aubergine sont les plantes hôte de prédilection de la mineuse de tomate.

En revanche pour Wang *et al.*, 1998, d'autres espèces de la même famille comme le poivron et le tabac ne sont pas favorables au développement de ce ravageur, comme la morelle de la carolène (*Solanum carolinense* L) peut servir d'hôte secondaire.

2.2.4. Les dégâts de *Tuta* et son mode d'attaque

Les dégâts peuvent représenter de 80 à 100 % de la production des plants de tomates (França, 1993; Torres *et al.*, 2002) et sont la conséquence des mines produites par les larves lors de son alimentation ; tous les organes de la plante peuvent être attaqués : feuilles, tiges, bourgeons, fleurs, fruits (Lopes-Filho, 1990; Castelo-Branco, 1992).

Les jeunes larves pénètrent dans les fruits de tomate, les feuilles ou les tiges sur lesquelles elles se nourrissent et se développent en créant des mines et des galeries. Les fruits peuvent être attaqués dès qu'ils sont transformés et les galeries creusées peuvent être envahies par des agents pathogènes secondaires conduisant à leur pourriture sur les feuilles. Les larves se nourrissent uniquement du mésophile laissant l'épiderme intact. Les mines au niveau des feuilles sont irrégulières et se nécrosent (Fig 4). Les galeries au niveau des tiges perturbent le développement général des plants (Fig 6). Les plants de tomate peuvent être attaqués à tout stade du développement, depuis les jeunes plantules jusqu'à maturité. Le ravageur est généralement facile à trouver, car il préfère les bourgeons apicaux, les fleurs ou les nouveaux fruits sur lesquels le noir des excréments est visible. Selon le même auteur, le potentiel d'impact de *T. absoluta* est très élevé en cas d'introduction de ravageurs dans les serres.



Figure 4. Dégâts causes par *T.absoluta* sur les feuilles (Original., 2011)

ATTENTION: les dégâts sur feuilles peuvent être confondus avec ceux causés par d'autres lépidoptères proches de *Tuta* (non signalés en France) mais surtout avec ceux des mouches mineuses *Liriomyza* spp. Le terme « Mineuse de la tomate » est d'ailleurs souvent utilisé pour *T.absoluta*.



Figure 5. Larve de *Tuta absoluta* dans un fruit de tomate (source OEPP., 2010)



Figure 6. Dégâts causés par *T.absoluta* sur les tiges (OEPP., 2011)

2.2.5. Stratégies de lutte

T. absoluta est considéré comme une espèce invasive typique en raison de sa capacité à développer très rapidement sur cultures de la tomate et de se propager rapidement dans de nouveaux domaines faisant dommages économiquement pertinente (Desneux *et al.*, 2010. Caparros GTB *et al.*, 2012).

Le meilleur moyen de se prémunir contre la mineuse de la tomate consiste à conjuguer plusieurs stratégies:

2.2.5.1. La lutte biotechnique

Selon Wang *et al.*, (1998) la surveillance est indispensable à la détection des adultes, si l'on veut en éviter la multiplication , la surveillance la plus efficace consiste en une inspection hebdomadaire des pièges à phéromone .



Figure 7. Piège à eau avec capsule à Pheromones (Original., 2011)

Le piégeage de masse est capital pour la réduction des populations des males *T. absoluta*, c'est un moyen de contrôle direct de ce ravageur par la réduction d'accouplements.

Il est complémentaire aux autres techniques de lutte. Cette technique est d'autant plus efficace qu'elle est adoptée précocement lorsque le niveau de population est encore faible, 15 jours avant plantation. Les pièges à eau semblent être plus pratiques pour le piégeage massif.

2.2.5.2. La lutte biologique

Certaines espèces de *Trichogramma* peuvent être de bons auxiliaires de lutte biologique contre la mineuse de la tomate à condition d'appuyer leur action Par d'autre mesure de lutte (Wang *et al.*., 1998) .l'activité prédateur de 03 espèces de punaise minides autochtones laissent entrevoir une possibilité de lutte biologique par une multiplication de leur effectif, en vue d'assure des lâchers à des périodes propices en fonction de la situation dans chaque exploitation (Guenauoui *et al.*.,2011) .

Selon Torre *et al.*.,(2002).des lâchers d'un autre prédateur naturel *Podisusnigrispinus* auraient des résultats positif sur la maitrise de *T.absoluta* . En Espagne et en France pour faire face à l'attaque de *Tuta absoluta* on a déployé des prédateurs de la mineuse de la tomate qui sont du genre *Machrolophus* une punaise qui se nourrit abondamment des œufs du papillon (Fischer., 2003).

Alors pour compléter la diapositive les professionnels ont utilisé un parasitoïde une mini guêpe dont la particularité est de pondre ses œufs à l'intérieur de l'œuf de *T.absoluta*.

2.2.5.3. La lutte chimique

Les ravageurs similaires à *T.absoluta* avec une capacité élevé et des générations plus courtes, représentent un risque majeur de développent de la résistance, il serait facile de générer une population résistante à partir de qlq individus résistants .En plus les insecticides efficaces sont peu nombreux ce qui amplifie la fréquence de leur utilisation et donc, l'augmentation de la pression de sélection et le risqué d'apparition de la résistance.

C'est ainsi que les populations de *T.absoluta* résistantes à divers insecticides se sont développées dans les autres régions du monde.

Pour prévenir l'apparition de la résistance à la mineuse, il est nécessaire d'utiliser des insecticides disponibles d'une manière raisonnable. En plus, il est nécessaire d'intégrer à l'usage des insecticides toutes les méthodes de lutte de *T.absoluta* disponibles tout en les combinant en une stratégie de lutte intégrée. On doit utiliser donc tous les moyens disponibles pour qu'ils soient efficacités pendant plusieurs années (Guenauoui., 2008).

3.MATERIEL ET METHODES

3.1. Présentation de *T. absoluta*.

Tuta absoluta est un microlépidoptère de 6 à 7 mm de long et de 8 à 10 mm d'envergure, de couleur gris argenté avec des taches brunes sur les ailes. Les adultes se cachent dans la végétation le jour et sortent la nuit. Son dimorphisme sexuel s'exprime par une couleur plus foncée chez le mâle que chez la femelle. La ponte des œufs se fait dans la partie aérienne de la plante hôte. Al'éclosion, les larves s'alimentent essentiellement des feuilles et des tiges en creusant des galeries caractéristiques ; elles peuvent également s'attaquer aux fruits verts (Badaoui&Berkani, 2011). Les chenilles sont petites (0,5 mm) et jaunâtres. Au cours de leur développement, les larves deviennent jaunes et vertes et une bande noire se développe derrière la tête. Au terme du 4ème stade larvaire, les chenilles mesurent environ 9 mm et présentent des bandes dorsales longitudinales roses. Ces antennes sont filiformes faisant le 5/6 des ailes. Les ailes antérieures, postérieures et le corps sont recouverts d'écailles. *T. absoluta* est une espèce multivoltine, il peut y avoir 10 à 12 générations par an (Vercher *et al.*, 2010). L'identification de l'espèce se fait par l'observation, après dissection et préparation microscopique, des génitalia mâle.



Figure 8. *T. absoluta* d'après Povolny (1994) (G x 10).

Sa position systématique est la suivante :

Règne :	Animal
Embranchement :	Arthropoda
Sous embranchement :	Hexapoda
Class :	Insecta
Ordre :	Lepidoptera
Sous ordre :	Marolepidoptera
Super famille :	Gelechioidea.
Famille :	Gelechiidae.
Sous famille :	Gelechiinae.
Genre :	<i>Tuta</i>
Espèce :	<i>absoluta</i>

3.1.1. Cycle biologique de la *Tuta absoluta*.

T.absoluta, espèce dite multivoltine peut aller jusqu'à 12 générations par an, une seule femelle peut pondre jusqu'à 260 œufs durant son cycle de vie (Hernandez-Fernandez *et al.*, 2011). Le cycle biologique varie, entre 29 et 38 jours, selon les conditions environnementales (température, photopériode et humidité) et il est caractérisé par quatre stades de développement, œufs, larves, nymphe et adulte.

Les œufs, sont de petite taille 0,36 mm de long 0,22 mm de large forme ovales ou cylindrique (Guenauoui et Ghelamallah., 2008) , sont de couleur blanc crème juste après la ponte puis orange marron juste avant éclosion (Fig. 2 A); ils sont déposés de façon isolée sur la face supérieure ou inférieure des feuilles au niveau du tiers supérieur des plantes. La femelle pond 40 à 50 œufs ; en générale au niveau des jeunes bourgeons et jeunes feuilles (Anonyme., 2010).

Les larves sont des chenilles, qui possèdent une capsule céphalique nettement différenciée, ainsi que des paires de pattes dès l'éclosion. Elles passent par quatre stades larvaires, reconnaissables à la couleur qui est blanchâtre au premier stade mesure 0,9 mm (Fig.

2 C) ; celle-ci devient verte au deuxième et troisième stade mesurent 4,5 à 5,6 mm (Fig. 2 D, E). Au dernier stade, la face dorsale se colore en rouge et la taille peut atteindre 7,5 mm de longueur (Fig. 2 F). Les larves pénètrent dans la plante tout de suite après leurs éclosions soit dans les feuilles ou dans toutes les autres parties de la plante (Collet *et al.* 2010). Toutefois, Decoin (2011) rapporte que les larves préfèrent les feuilles aux fruits, et les fruits verts aux fruits mûrs.

La durée des stades larvaires est de 10 à 15 jours pour les femelles et de 6 à 7 pour les mâles (Anonyme., 2011). Au terme du dernier stade, les larves cessent de s'alimenter avant la nymphose.

La nymphe ou Chrysalide C'est le stade pendant lequel la larve cesse de s'alimenter. Elle est de forme cylindrique de 4,3 mm de large et 1,1 mm de diamètre. La nymphose peut avoir lieu au sol, sur les feuilles ou à l'intérieur des mines (Fig. 2 G). Elle est couverte généralement par un cocon blanc et soyeux. Selon Margarida (2008), les chrysalides sont de couleur marron et la métamorphose dure 9 à 11 jours. La température affecte considérablement le cycle biologique de l'insecte (Guenoui., 2008).

L'adulte est un petit papillon de couleur gris argenté avec des taches noires sur les ailes antérieures (Fig. 2 H). Il s'active tôt le matin et au crépuscule. La ponte se fait généralement au niveau des jeunes bourgeons et des jeunes feuilles. Ils vivent de 7 à 9 jours à une température de 13°C (Wang *et al.*, 1998).

Tableau1: Les stades de développement de *T.absoluta* (Syngenta agro services).

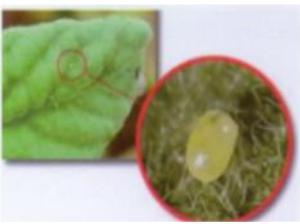
			
A : oeuf.	B : larve récemment éclos	C : premier stade larvaire.	D : deuxième stade larvaire.
			
E : troisième stade larvaire.	F : quatrième stade larvaire.	G : nymphe	H : Adulte.

Tableau2: Corrélation entre les différents stades de développement de l'insecte et la température. (Source Direction Des Filières de Production: Campagne 2007-2008).

Stade biologique	GX25	GX5.5	GX7	GX3	
T (°C)					
30°C	4 j	11j	5j	9j	29j
15°C	10j	36j	20j	23j	89j

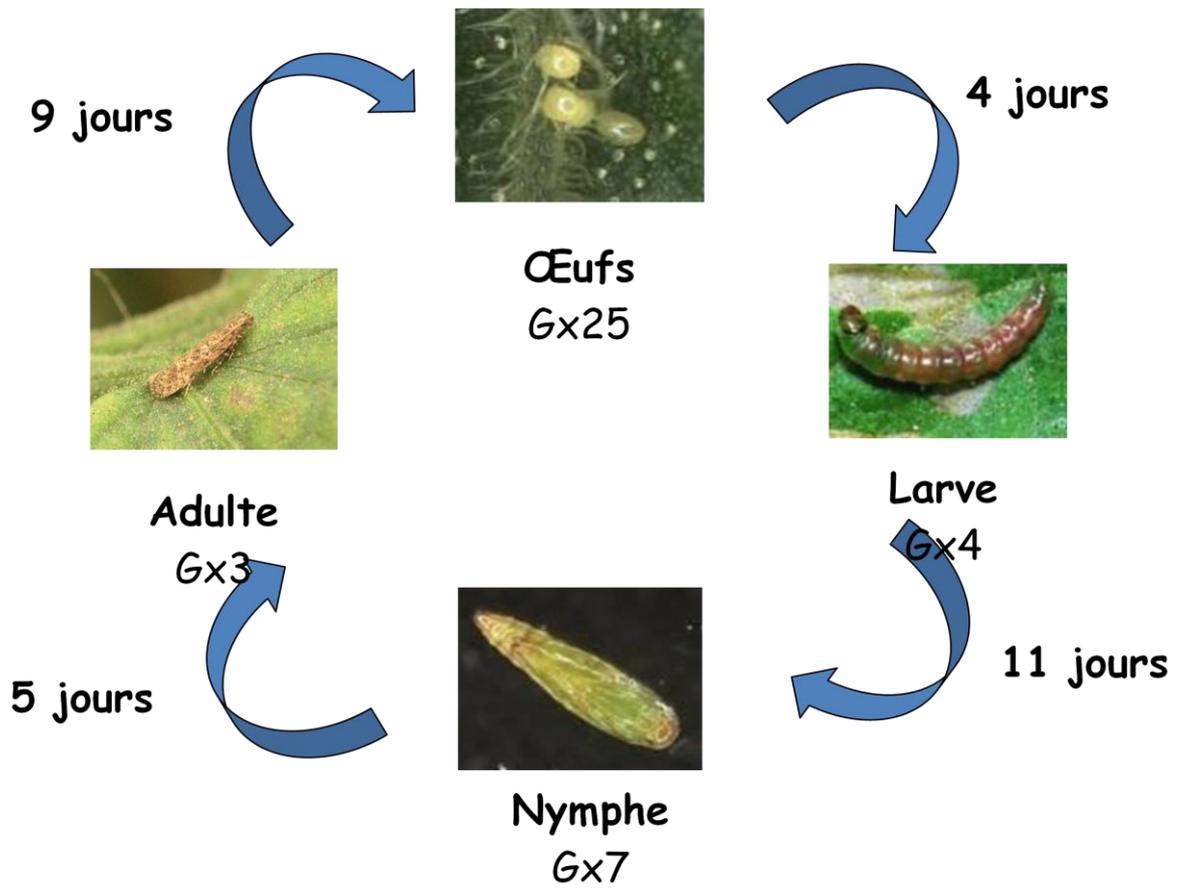


Figure9. Cycle biologique de *T. absoluta*

3.1.2. Élevage en laboratoire

Les échantillons biologiques *Tuta absoluta* (Lepidoptera) ; ont été collectés dans une serre de tomate infestée, puis transportés au laboratoire. L'élevage à été fait dans des minis serres de tomates, (Vercher *et al.*, 2010) chaque mini-serre correspond à un pot de 25 cm de diamètre environ contenant un plant de tomate le tout est recouvert par un socle plastifié. Les insectes sont maintenus dans des conditions contrôlées, une température comprise entre 25 et 28°C, une photopériode de 12 heures et une humidité à 70% environ. Dans le cadre de notre étude, deux lots d'insectes ont été sélectionnés, un lot pour la série témoin, et un deuxième lot traité par le spinosad.



Figure10.Mini serres de tomates. (Benchaâbae.S, communication personnel, 2011)

3.2. Présentation de l'insecticide

Le spinosad est une substance active de produit phytosanitaire (ou produit phytopharmaceutique, ou pesticide), qui présente un effet insecticide. Le spinosad, matière (active de Success 4), insecticide naturel, a été découvert dans la nature: il est issu d'une bactérie, *Saccharopolyspora spinosa*. (Figures 11,12)

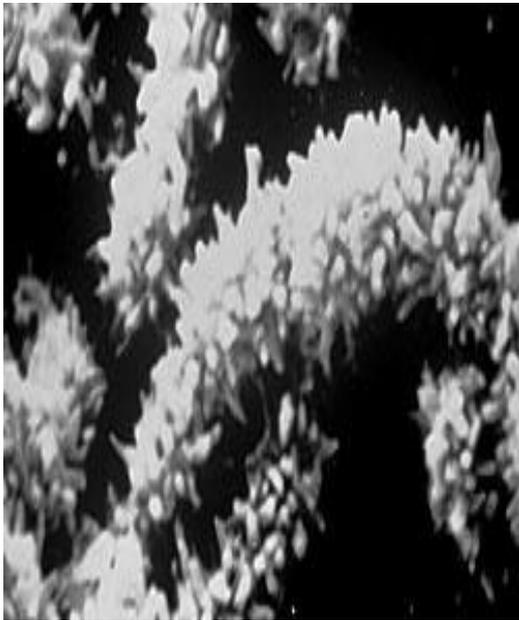


Figure 11. Surface épineuse de la bactérie (Horowitz et Ishaaya, 2003)

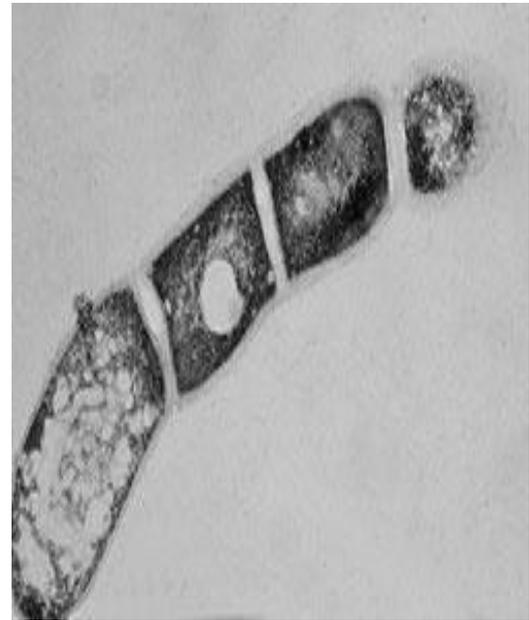
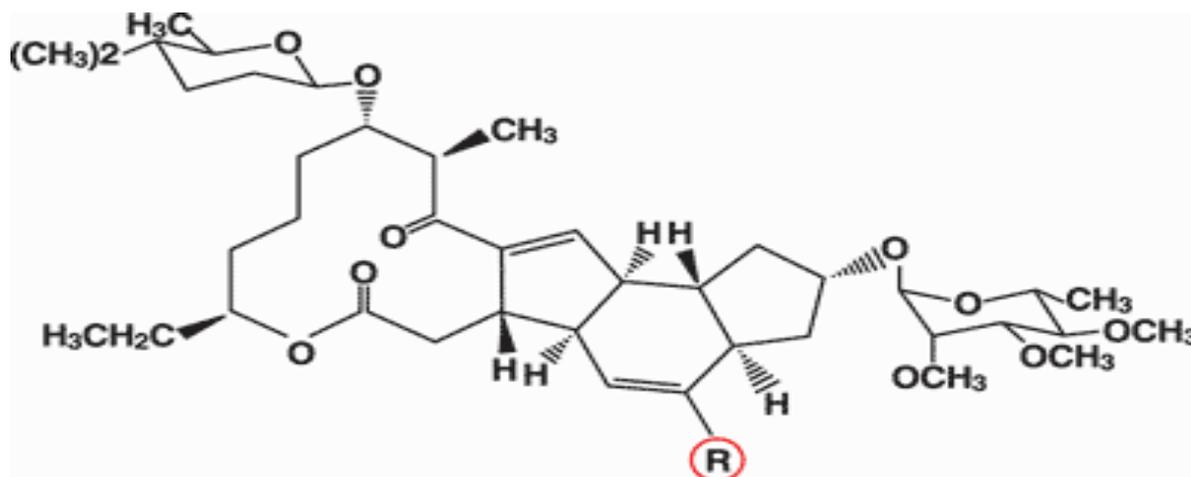


Figure 12. Coupe longitudinale de la bactérie (Horowitz et Ishaaya, 2003)

Le spinosad (Fig. 14) est un biopesticide composé de deux spinosynes, spinosyne A : $C_{41}H_{65}NO_{10}$ avec un poids moléculaire de 731,98g et un point de fusion de $84-99,5^{\circ} C$ et spinosyne D : $C_{42}H_{67}NO_{10}$ avec un poids moléculaire de 746,0 g et de point de fusion de $161,5-170^{\circ} C$. Son extraction s'effectue par un procédé original, la fermentation; Le Spinosad est commercialisé par le laboratoire de Dow Agro Science sous forme de liquide (Spinosad 480 SC, 480g/l « Tracer »), poudre (gris clair) ou solide (cristallin blanc).



Spinosyne A: R = H

Spinosyne D: R = CH₃

Figure 13. Structure chimique du spinosad (Horowitz et Ishaaya, 2003)

<http://www.dowagro.com/fr/success4/nouvelle.htm> <http://google.com/image>

3.2.1. Traitement des insectes et tests de toxicité

Une formulation commerciale du spinosad (Tracer Suspension Concentrée 480 g/L ; Dow Agrosiences, Indianapolis, IN, USA) a été utilisée, par application topique (1 µl par insecte) les larves du dernier stade et les adultes de *T. absoluta*. Après un screening, différentes concentrations 30, 40, 80, 120, 240, 2400, 6000 ppm, ainsi que 30, 60, 120, 240 ppm ont été testées respectivement chez les larves et les adultes. Les insectes témoins reçoivent le solvant qui est l'acétone.

L'essai pour chaque dose est conduit en utilisant 3 réplifications qui comporte chacune 10 insectes ; une série témoin est conduite en parallèle et les individus reçoivent uniquement le solvant (1 µl), cette série d'expérience a été menée afin de caractériser le pouvoir insecticide (spinosad) à l'égard des larves et des adultes de *T. absoluta* et de déterminer leur CI50 et CI90, pour les doses utilisées. Les pourcentages de mortalités chez les adultes ainsi que l'inhibition de la mue nymphale observées des différentes séries ont été déterminés puis corrigés selon

Abott (1925) pour éliminer la mortalité naturelle. Les pourcentages de mortalités corrigées subissent une transformation angulaire selon les tables de Bliss (1938), cités par Fisher et Yates (1957) et font l'objet d'une analyse de la variance à un critère de classification qui permet le classement des doses par le test de Tukey, afin d'évaluer l'effet du pesticide. Les données sont ensuite transformées en probits (Fisher et Yates, 1957). Le logarithme décimal des doses en fonction des probits nous permet de déterminer les droites de régression à partir desquelles, les CI50 et CI90, sont précisés (Finney, 1971); leur intervalles de confiance (IC) ont aussi été estimés, avec une probabilité de 95%, en utilisant la méthode de Swaroop *et al.*, (1966).

3.3. Analyse statistique

Les résultats obtenus sont représentés par la moyenne suivie de l'écart type pour chaque groupe d'expérience ($m \pm s$). Différents tests statistiques sont réalisés à l'aide du logiciel MINITAB d'analyse et de traitement statistique des données version fr15 pour Windows (X, 2000).

- Pour toutes les séries de données l'égalité des variances a été confirmée grâce au test de Bartlett et Levene avant l'utilisation de l'analyse de la variance.
- L'analyse de la variance à un critère de classification du modèle linéaire généralisé (GLM) permis de mettre en évidence les différences entre les groupes étudiés.

4. RESULTATS

4.1. Toxicité du spinosad à l'égard des larves de *T.absoluta* et détermination des CI50 et CI90

Après traitement au spinosad à différentes doses (6000, 2400, 240, 120, 60, 30 ng/insect), l'activité insecticide a été déterminée sur le taux d'inhibition de la mue nymphale observée correspondant aux nymphes mortes à l'exuviation mais aussi aux nymphes bloquées, nymphes incomplètes et nymphes malformées. Le taux d'inhibition naturelle est de 7.5 ± 1.4 % et augmente chez les séries traitées jusqu'à 93.00 ± 0.66 % pour la dose la plus élevée 6000 ng/insecte. Les mortalités corrigées par la formule d'Abbott (1925) montrent l'effet réel des différentes doses, de 13.70 ± 3.6 % pour la dose 30 ppm à 93.00 ± 0.66 % pour la dose de 6000 ppm (Tableau : 03)

Les taux des mortalités corrigées subissent une transformation angulaire et font l'objet d'une analyse de la variance à un seul critère de classification. Les résultats, indiquent qu'il existe un effet dose très hautement significatif ($p < 0,001$) (Tableau3). Le classement des doses a été effectué par le test de Tukey.(Fig.15)

L'analyse statistique révèle des différences significatives entre les doses testées. Les valeurs des différentes doses d'inhibition dont la CI 50 (245.30ng/insect. Intervalle 95%) et leurs intervalles de confiance respectives sont présentées dans le tableau 4

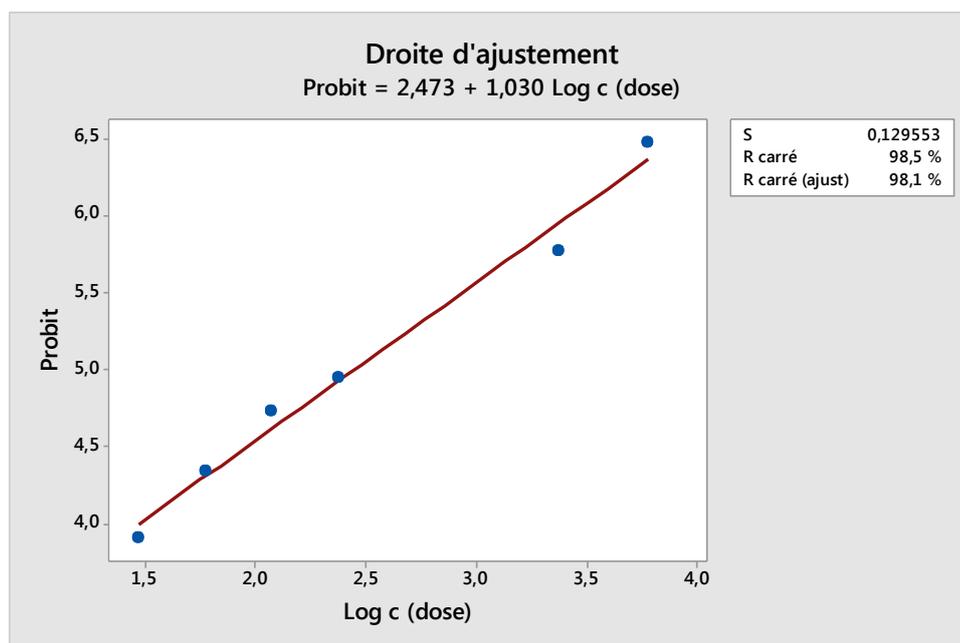


Figure 14. Droite de régression ; Probit en fonction de log de la dose

Tableau 3. Transformation angulaire des mortalités corrigées et Analyse de la variance à un critère de classification

Rép Dose Ppm	R1	R2	R3	m ± s	ANOVA
30	26,57	18,43	19,37	21,46±2,6	P = 0. 000
60	20,27	35,06	33,21	29,51 ± 4.7	
120	39,23	37,46	39,23	38,64±0.59	
240	47,87	41,55	41,55	43,66 ± 2.1	
2400	62,73	61 ,34	62,03	62,06 ± 1.2	
6000	80,03	70,63	75,82	75,49± 2.7	

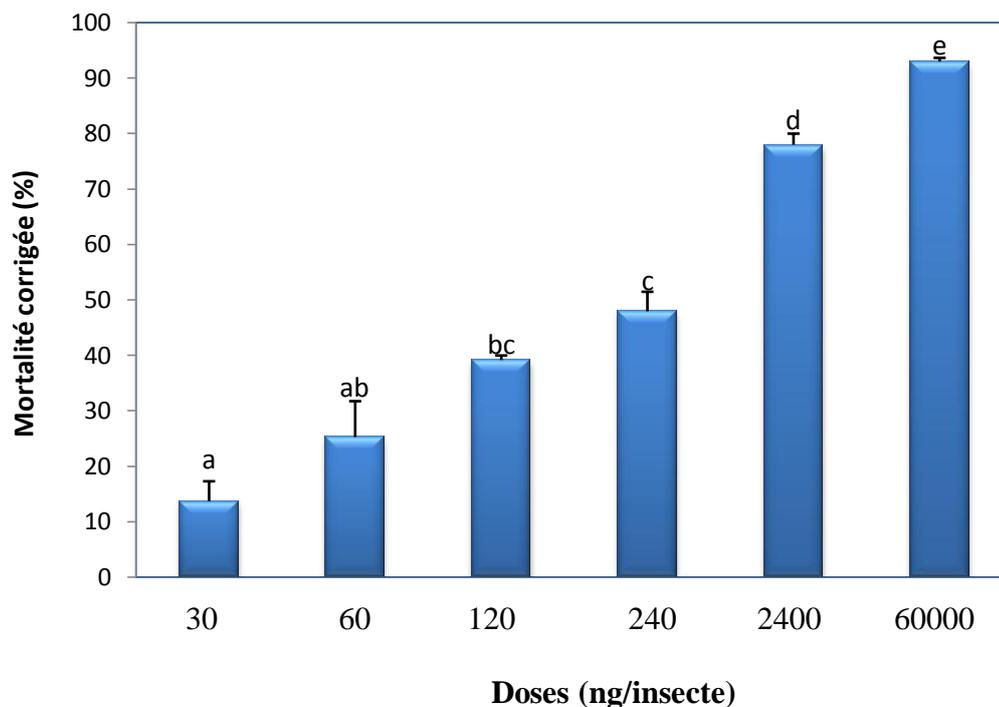


Figure 15. Toxicité du spinosad (ppm/insecte) par application topique des larves du dernier stade de *T. absoluta* : classement des doses ($m \pm s$; les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes).

Tableau 4. Toxicité du spinosad (ppm/insecte) par application topique des larves du dernier stade de *T. absoluta* : détermination de la CI50 et la CI90 (ppm/insecte) et leur intervalle de confiance (IC à 95 %).

Traitement	Droite de régression	Slope	CI50 (IC)	CI90 (IC)
Spinosad	$Y = 1.030X + 2.473$	0.79	245.30 (205.70- 292.70)	3881 (2400-6275)

4.2. Toxicité du spinosad à l'égard des adultes de *T.absoluta* et détermination des CL50 et CL90

Après traitement au spinosad à différentes doses (240, 120, 60, 30 ng/insect), l'activité insecticide a été déterminée sur la mortalité observée chez les adultes. Le taux de mortalité naturelle est de 3.33 ± 1.44 % et augmente chez les séries traitées jusqu'à 96.66 ± 5.77 % pour la dose la plus élevée 240ppm.

Les mortalités corrigées par la formule d'Abbott (1925) montrent l'effet réel des différentes doses, de 41.11 ± 8.39 pour la dose 30 ppm à 96.66 ± 5.77 pour la dose de 240 ppm (Tableau : 05).

Les taux des mortalités corrigés subissent une transformation angulaire et font l'objet d'une analyse de la variance à un seul critère de classification. Les résultats, indiquent qu'il existe un effet très hautement significatif ($p < 0,001$). Le classement des doses a été effectué par le test de Tukey.(Fig.17).

L'analyse statistique révèle des différences significatives entre les doses testées. Les valeurs des différentes doses de mortalité dont la CL 50 (29.92 ng/insect. Intervalle 95%) et leurs intervalles de confiance respectives sont présentées dans le tableau 6.

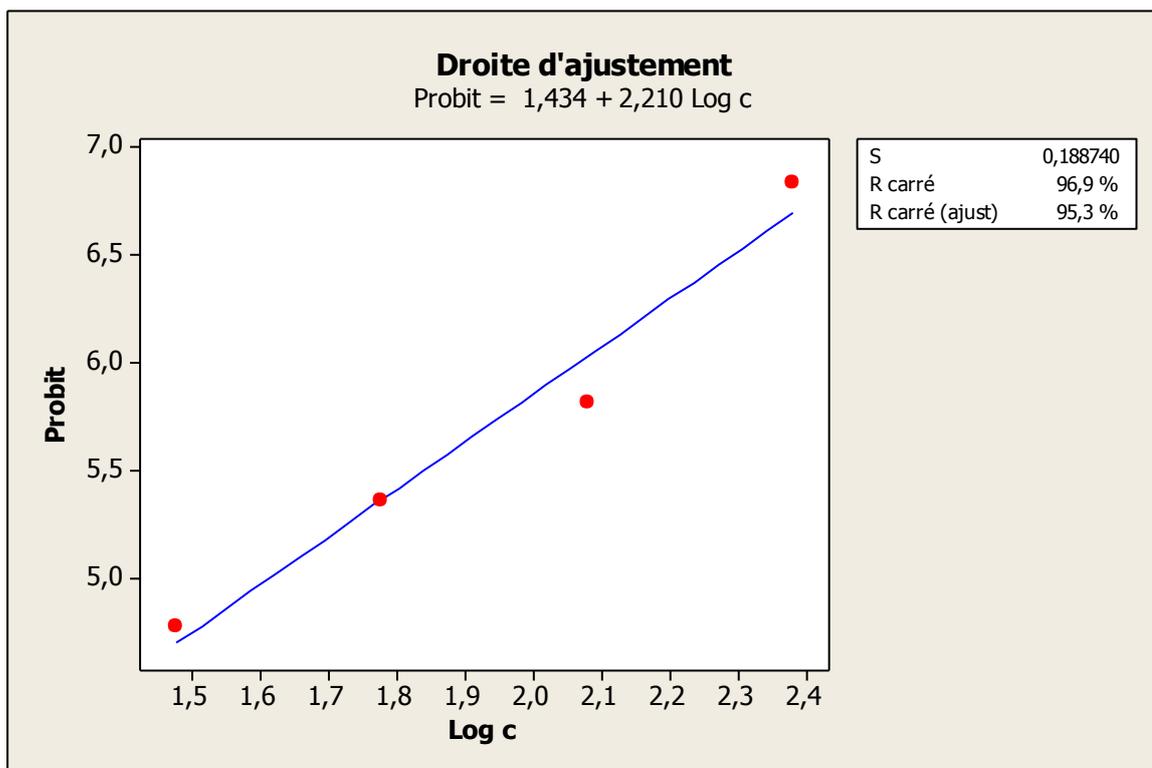


Figure 16. Droite de régression ; Probit en fonction de log de la dose

Tableau 5: Transformation angulaire des mortalités corrigées et Analyse de la variance à un critère de classification.

Dose Ppm \ Rép	R1	R2	R3	m ± s	ANOVA
30	45	35.06	39.23	39.76 ±4.99	P = 0. 000
60	48.45	56.79	54.94	53.39±4.37	
120	62.03	63.43	63.43	62.96±0.80	
240	84.26	84.26	71.57	80.03±7.32	

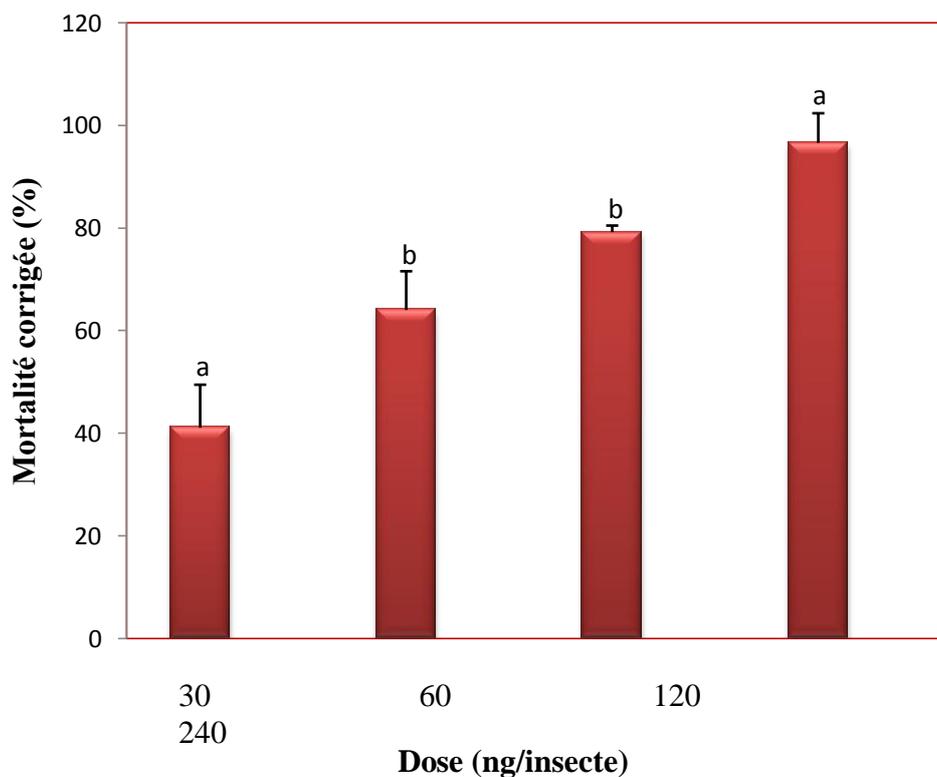


Figure17 Toxicité du spinosad (ppm/insecte) par application topique des adultes de *T. absoluta* : classement des doses ($m \pm s$; les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes).

Tableau6: Toxicité du spinosad (ppm/insecte) par application topique des adultes de *T. absoluta* : détermination de la CL50 et la CL90 (ng/insecte) et leur intervalle de confiance (IC à 95 %).

Traitement	Droite de régression	Slope	CI50 (IC)	CI90 (IC)
spinosad	$Y = 3.196 X + 0.281$	2.8	40.73 [30.39 -54.57]	154.88 [115.58- 207.53]

5.DISCUSSION

Discussion

Dans le programme de lutte contre des espèces nuisibles (Rao.,2006), la compréhension des altérations, induites par l'exposition aux pesticides pourrait contribuer à prédire l'effet toxique se produisant au niveau de l'organisme biologique (Fransco&Guilhermino, 2002) et orienter ainsi les organismes décideurs vers un choix raisonné dans les molécules par rapport à l'agent nuisible à contrôler. Le développement de la résistance aux insecticides suscite de plus en plus l'intérêt des scientifiques en vue du contrôle des divers insectes nuisibles, dont les ravageurs de cultures. Le choix des pesticides doit donc se faire impérativement en tenant compte de l'absence de toxicité pour l'environnement mais aussi en fonction du phénomène de résistance (Jiang & Mulla, 2009). Cependant, l'utilisation des biopesticides comme toute substance introduite dans l'organisme n'empêche pas l'apparition et le développement d'une résistance.

Dans notre travail, le spinosad testé à la CL50, chez les larves du dernier stade, et chez les adultes le jour de l'exuviation chez *T.absoluta*, entraîne une inhibition de la mue nymphale qui est observée soit par une malformation de la mue ou par des mues incomplètes ou bien des nymphes emprisonnés dans leurs exuvies entraînant ainsi des malformations morphologiques chez les nymphes, qui empêche l'émergence adulte. D'autres part, chez les adultes le spinosad, révèle des symptômes classiques macroscopiques de neurotoxicité tels qu'un manque de coordination, une prostration, des tremblements et d'autres contractions involontaires des muscles menant à la paralysie puis la mort de l'insecte. Ces effets peuvent être expliqués par l'action neurotoxique de ce composé observé par (Salgado *et al.*, 1998).

Chez les larves, des effets similaires ont été signalés chez les larves *S. littoralis* traitées par de l'azadirachtine (Martinez & Ender, 2001), et chez *Anticarsia gemmatilis* (GD de Almeida *et al.*, 2014). Ces anomalies et l'inhibition de la métamorphose peuvent être attribuées à des perturbations de la synthèse et de la libération de l'hormone de mue sous l'action du spinosad. Cet effet peut expliquer la mortalité des larves et des pupes, parce que l'augmentation de la mortalité coïncide avec la période de métamorphose (GD de Almeida *et al.*, 2014), puisque les modifications métaboliques intenses sont liées aux différents systèmes hormonaux et sous le contrôle neuroendocriné (Gade *et al.*, 1997) ou sont transportés à partir

du site de stockage (corps gras) de l'hémolymphe vers l'utilisateur organes, en particulier la synthèse de la cuticule (Dapporto *et al.*, 2008) et la vitellogenèse (Zhou & Miesfeld, 2009).

Chez les adultes, ces observations sont en accord avec des observations antérieures décrites par Kirst (2010) et Besard *et al.*, (2011). Pour le spinosad, ces symptômes s'expliquent par son action *via* la liaison aux nAChRs des insectes (Wing *et al.*, 1998)

Le spinosad, présente une toxicité relativement basse contre *T. absoluta*. A l'opposé d'autres travaux ont montré une CL50 de 0.08 à 0.26 ppm chez des larves L2 *T. absoluta* par la méthode IRAC (trempage des feuilles) pour le spinosad (Roditakis *et al.*, 2013). Cependant, nos résultats sont en accord avec ceux de (Sabbour & Abdel-Rahman, 2013), qui ont montrés des CL 50 avoisinantes chez d'autres lépidoptères ravageurs du maïs *Ostrinianaubilalis*, *Chilo Agamemnon* et *Sesamiacretica* avec des CL50 respectives de 166 , 179 et 185 ppm. Chez d'autres lépidoptères, les études ont montrés que le spinosad provoque une importante mortalité chez *Lymantriadispar* avec une CL50 de 8,7 ppm (Wanner *et al.* , 2002), très toxique chez *Spodopteraexigua* avec une CL50 de 0,293 ppm (Wang *et al.*, 2013) ; est hautement toxique contre *Helicoverpaarmigera* (Hübner) avec une CL50 de 0,41 ppm (Wang *et al.*, 2009). Chez les diptères, la mouche *Glossinapalpalis gambiensis Vanderplanka* été trouvée très sensibles pour le spinosad (CL50 = 2,2 ppm) par rapport à la deltaméthrine (4,2 ppm) (De Deken *et al.*, 2004). Le spinosad était également efficace contre *Aedesalbopictus* avec une CL50 de 0,3 ppm (Bond *et al.*, 2004).

En comparaison avec nos résultats le spinosad est moins efficace que les autres insecticides en flubendiamide (CL50 entre 0.31 et 1.31 ppm), le chlorantraniliprole (0.12 à 0.53 ppm), le benzoate d'émamectine (0.03 à 0.12 ppm), l'indoxacarbe (1.73 à 17.5 ppm) (Roditakis *et al.*, 2013) : il faut noter, cependant, que l'activité insecticide du spinosad est dépendante majoritairement des sous-unités des nAChRs des espèces d'insectes (Rinkevich et Scott, 2012).

Dans nos résultats, il faut tout de même signaler que le stade adulte s'est avéré plus sensible au spinosad (CL 50 40.73) que le stade larvaire avec une CI 50 de 245.30 ppm. Il est important de noter que la cinétique comme le taux de pénétration à travers la cuticule, l'absorption des insectes, le transport dans les tissus de l'organisme, le métabolisme (Besard *et al.*, 2011), la régulation intracellulaire de la membrane plasmique des récepteurs et les canaux ioniques ciblés par les insecticides peuvent jouer un rôle crucial pour expliquer les

différences de sensibilité aux pesticides entre les espèces d'insectes, et entre les stades de développement au sein de la même espèce ainsi que, la manipulation des voies de signalisation intracellulaires spécifiques impliquées dans la régulation des canaux sodiques pourrait avoir des conséquences fondamentales pour la différence de sensibilité des insectes aux pesticides (Lavialle-Defaix *et al.*,2010).

***6. CONCLUSION
ET PRESPECTIVES***

Conclusion et perspectives

La prise de conscience du problème de résistance des espèces visées aux insecticides conventionnels, et dans le cadre d'un développement durable, privilégie l'application de molécules alternatives, à faible risque écotoxicologique. Le spinosad, molécule neurotoxique, de la fermentation d'une bactérie (*Saccharopolyspora spinosa*), présente une action unique car il agit à la fois par contact et par ingestion, d'où l'intérêt de notre étude.

L'objectif de cette étude est de déterminer l'efficacité du spinosad après application topique contre les larves du dernier stade et les adultes de *T.absoluta*, par estimation des concentrations d'inhibition de la mue nymphale chez les larves (CI50 et CI90) et des concentrations létales chez les adultes (CL50 et CL90) et l'évaluation de la différence de sensibilité de ces deux stades pour cette espèce. La sensibilité de *T.absoluta* à l'égard du spinosad dépend donc en partie des stades de développement.

A l'avenir, il serait intéressant d'évaluer ces différentes doses chez *T. absoluta*, est de voir leur effet sur :

- Les biomarqueurs enzymatique (AChE, GSTs, et la catalase)
- Les vitellines et les vitélogénines
- Le potentiel reproducteur
- D'autres générations (l'effet différé)

7. RESUME

Résumé

La lutte chimique reste pour des raisons économiques et de facilité de mise en œuvre, la méthode la plus utilisée, mais l'application abusive et non raisonnée des produits conventionnels a fait apparaître non seulement une pollution de l'environnement, mais aussi un phénomène de résistance qui se traduit par les modifications physiologiques, biochimiques comportementales et génétiques. La recherche a permis de développer des insecticides moins toxiques et/ou plus spécifiques, comme les phéromones, les régulateurs de croissance ou encore, les pesticides d'origine naturelle. Le spinosad, issu de la fermentation de la bactérie *Saccharopolyspora spinosa* semble constituer une alternative aux molécules classiques.

L'objectif de ce travail vise à évaluer la sensibilité de *T. absoluta* envers le spinosad. Le pesticide a été utilisé par application topique, à différentes doses sur les larves du dernier stade et sur les adultes. Les tests de toxicité classique ont permis d'évaluer différentes concentrations d'inhibition de la mue nymphale (CI50 et CI 90), ainsi que les concentrations létale (CL50, CL90) du biopesticide.

Mots clés: Biopesticide, spinosad, *Tuta. absoluta*, toxicité.

8. *ABSTRAT*

Abstract

Chemical control remains for economic reasons and ease of implementation, the most method commonly used, but not the abused and reasoned application of conventional products did appear not only in the environmental pollution but also in phenomenon of resistance which results in the physiological changes, genetic and biochemical behavior. The research has arrived to develop less toxic insecticides and / or more specific, such as pheromones, growth regulators or pesticides of natural origin. Spinosad, derived from the fermentation of *Saccharopolyspora spinosa* bacteria appears to be an alternative to conventional molecules.

The objective of this work is to evaluate the sensitivity of *T.absoluta* to spinosad. The pesticide has been used as a topical application, at various doses on the mature larve and adults. Conventional toxicity tests have evaluated different concentrations of inhibiting pupal molt (IC 50 and IC 90) and the lethal concentrations (LC50, LC90) of this biopesticide.

Key words: Biopesticide, spinosad, *tuta*, *absoluta*, toxicity.

المخلص, 9

المخلص

يتقى المكافحة الكيميائية لأسباب اقتصادية وسهولة التنفيذ، الطريقة الأكثر شيوعاً، ولكن سلبية تطبيق المنتجات التقليدية لم تظهر فقط فى تلوث البيئة ولكن أيضاً ظاهرة المقاومة المتمثل فى التغيرات الفسيولوجية والجينية والسلوك البيوكيميائي. عملت البحوث لتطوير مبيدات حشرية أقل سمية و / أو أكثر نوعية، مثل الفيرومونات، منظمات النمو أو والمبيدات ذات الأصل الطبيعي. Spinosad، والمستمدة من تخمر بكتيريا سبينوزا Saccharopolyspora الذى قد يكون بديلاً للمركبات التقليدية.

الهدف من هذا العمل هو تقييم حساسية *T.absoluta* spinosad. وقد استخدم المبيد كتطبيق موضعي، بجرعات مختلفة على يرقات ناضجة و الحشرات البالغة. وقد قيمت اختبارات السمية التقليدية تر اكيز مختلفة من تثبيط مرحلة الانسلاخ الشرنقى (IC50 IC 90) والتراكيز المميتة (CL50 CL90) للمبيد الحيوي.

الكلمات المفتاحية: المبيدات الحيوية، Spinosad، *tuta*، *absoluta*، السمية.

10. REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

A

- **Abott W.S., (1925).** A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journal of economic entomology 18:265-267.
- **Anonyme., (1996).** Spinosad guide. Dow Agro science, 25p.
- **Anonyme3., (2011).** <http://www.inra.fr>. 5p.
- **Anonymel., (2008).** Nouveau ravageur de tomate. Fredon corse –France. PDF. 4p.

B

- **Badaoui M I. & Berkani A., (2011).** Morphologie et comparaison des appareils génitaux de deux espèces invasives *Tuta absoluta* Meyrick 1917 et *Phthorimaea operculella* Zeller 1873 (Lepidoptera: Gelechiidae). Faunistic Entomology 63 (3) : 191-194.
- **Bankken, Jao., & Stark, J.D., (1997).** Stage and age influence on the susceptibility of *Coccinel Zaseptempunctata* (Coleoptera : Coccinellidae) after direct exposure to Neemix, a Neem insecticide. Journal of Economic Entomology, 90: 102- 105. Buhl O, Falck P, Karsholt O, Larsen K, Vilhelmsen F., 2010. Records of microlepidoptera from Denmark 2009 (Lepidoptera). Entomol Medd 78:101–116.
- **Bech RA., (2011).** Federal import quarantine order for host materials of tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick). Plant Protection and Quarantine, USDA-APHIS.
- **Besadl, Mommaerts V, Abdv, Allag., Smggheg., (2011).** Lethal Side effect assessment supports a more benign profile of spinetoram compared with spinosad in the bumblebee *Bombus terrestris*, Pest Management science, 67:541-547.
- **Bond J.G., Marina C.F., Williams T., (2004).** The naturally derived insecticide spinosad is highly toxic to *Aedes* and *Anopheles* mosquito larvae - Medical and Veterinary Entomology, 18:50-56.

C

- **Cassier P., Lafont R., Descamps M., Porchet M., & Soyez D., (1997).** La reproduction des invertébrés: stratégies, modalités et régulation. Edition Masson., 354 P.
 - **Castelo-Branco M., (1992).** Flutuação populacional da traça do tomateiro no Distrito Federal. Horticultura Brasileira 10, p. 33-34.
-

- **Čuljak TG, Razov J, Gomboc S, Grubisic D, Juran I, Zianic K., (2010).** The first record of tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Povolny), 1994 (Lepidoptera: Gelechiidae) in Croatia. Glas Biljn Zastite 10:273–281.
- **Comoretto L, Chiron S., (2005).** Comparing pharmaceutical and pesticide loads into a small Mediterranean river. Sci Total Environ. 15;349 (1-3):201-10.

D

- **Dajoz R., (1986).** Les insecticides. Ed. Dunod. Paris, 147p.
- **DE Dekenr., Speybroeck N., Gillaing., Sigve h., Batawi K., Bossche P.V.D., (2004).** The macrocyclic lacton, ``spinosad``, a promising insecticide for tsetse fly control - journal of Medical entomology, 41:814-818.
- **Desneux N, Luna M, G, Guillemaud T and Urbaneja A., (2011).** The invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*, continues to spread in Afro-Eurasia and beyond: the new threat to tomato world production. J Pest Sci 84:403–408.
- **Desneux N, Wajnberg E, Wyckhuys K, A, G., Burgio G, Arpaia S, Consuelo A, Vasquez N, Gonzalez-Cabrera J, Catalan Ruescas D, Tabone E, Frandon J, Pizzol J, Poncet C, Cabello T et Urbaneja A., (2010).** Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. J Pest Sci 83:197–215.
- **Dong K., Valles S. M., Schart M, E., Zeichner B, & Bennett G.W., (1998).** Knockdown resistance (Kdr) mutation in pyrethroid-resistant German cockroaches. Pestic. BiochemPhysiol., 60: 195-200.
- **Duric Z, Hrnica S., (2010).** Tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) in the Republic of Srpska. Agroznanje Agro-knowl J 11:17–23.

E

- **Elbert A., Ebbinghans-Kinstcher U., Erdelen C., Nauen R, & Schnorbach H, J., (2004).** The biological profile of a new chloronicotinyl insecticide. Pest Manag. Sci. 26: 45-56.
 - **Elbert, A., Haas, M., Springer, B., Thielert, W., et Nauen, R., (2008).** Applied aspects of neonicotinoid uses in crop protection. Pest Management Science 64, 1099-1105.
 - **Erler F, Can M, Erdogan M, Ates AO, Pradier T., (2010).** New record of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) on greenhouse-grown tomato in southwestern Turkey (Antalya). J EntomolSci 45:392–393.
-

- **European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) (2010)** Archives of the EPPO Reporting Service. Available online at: http://archives.eppo.org/EPPO/Reporting/Reporting_Archives.htm. Accessed 11 February 2010

F

- **Finney D.J., (1971)**. Probit analysis (3rd ed). Cambridge university press, London.
- **Fisher et Yates., (1957)**. Statistical tables for biological agricultural and medical research. Ed., Oliniret Boyd .London, 6466.
- **França F.H., (1993)**. Porquanto tempo conseguiremos conviver com a traça do tomateiro. Horticultura Brasileira 11, p. 176-178.
- **Fransco M.F & Guillhermino L., (2002)**. Effects of dimithoate and beta-naphto flavone on selected biomarkers of *Poecilia reticulata*. Fish. Physiol. Biochem., 26, 149-156.

G

- **Gäde G., Hoffmann R. H. & Spring J. H., (1997)**. Hormonal regulation in insects: Facts, Graps and *Physiological revuews.*, **77(4)**: 963-1032.
- **GD de Almeida, Pereira Trídico C, Ferreira Rodrigues AC, Nogueira L, da Silva DC, Benedito Moreira A., (2014)**. Biochemical biomarkers in *Oreochromis niloticus* exposed to mixtures of benzo[a]pyrene and diazinon. *Biochim Biophys Acta*. 2005 Aug 30;1725(1):81-92.
- **Guenaoui Y., (2008)** Nouveau ravageur de la tomate en Algérie Première observation de *Tuta absoluta*, mineuse de la tomate invasive, dans la région de Mostaganem, au printemps. *Phytoma-La Défense des Végétaux* 617:18–19
- **Guenaoui Y., Bensaad D., Ouezzani K. Et vercher R., (2011)**. Perspectives D`utilisation des entomophages autochtones pour lutter contre *tuta absoluta* meyrick (lepidoptera: gelechiidae) sur tomate sous abri non chauffé dans la région nord-ouest D`algérie. Atouts et contraintes. Afpp. Neuvième conférence internationale sur les ravageur En. Montpellier 26 et 27 octobre 2011.

H

- **Houhou M.A., (2010)**. Contribution à l'étude des fluctuations de la population de *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae) dans la région de Biskra. Mémoire Ingénieur Agronome, Département des Sciences Agronomiques de Biskra, Algérie, 50 p.
-

I

- **Ishaaya I, Horowitz AR., (1998).** Insecticides with novel modes of action: an overview. In: Ishaaya I, Degheele D, editors. Insecticides with novel modes of action: mechanism and application. New York: Springer. p 1–24.
- **Ishaaya I.& Horowitz A,R,etTirryL., (2003).** Nova(rimo), a novel IGR-mecanism, selectivity and importance in IPM programs. Med. Fac. land. Univ. Gent, 67(3):617-626
Claiborne A. (1985) Catalase activity. In: Greenwald R. A. Es. Handbook of Methods for Oxygen Radical Research, C.R.C. press, Boca Raton, Florida. P. 283-284.
- **Ishaaya L., (2001).** Biochemical sites of insecticide action and resistance. Springer-Verlag Berlin Heidelberg., pp. 293-321.
- **Izhevsky SS, Akhatov AK, Sinyov SY., (2011).** Tuta absoluta has been detected in Russia. Zashchita Karantin Rast 3:40–44.

J

- **Jeffrey., (1999).** Insecticides. Chemistries and characteristics. Blacksburg, Virginia. 18p.
- **Jeschke, P., Nauen, R., Schindler, M., et Elbert, A., (2011).** Overview of the Status and Global Strategy for Neonicotinoids (dagger). Journal of Agricultural and Food Chemistry 59 (7), 2897-2908.
- **Jiang Y& Mullao S., (2009).** Laboratory and field evaluation of spinosad, biorational natural product, against larvae of Culex mosquitoes. J. Am Mosq Control Assoc., 25(4), 456-66.

K

- **Karunker I, Benting J, Lueke B, Ponge T, Nauen R, Roditakis E, Vontas J, Gorman K, Denholm I, Morin S., (2008).** Over-expression of cytochrome P450 CYP6CM1 is associated with high resistance to imidacloprid in the B and Q biotypes of Bemisia tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae). Insect Biochem Mol Biol., 38(6):634-44.
 - **Keresi T, Ivanovic M, Tolic D., (2010).** Tomato moth (*Tuta absoluta* Povolny) new potential threat to tomato production in Serbia. Biljn Lek 38:474–484.
 - **Kilic T., (2010).** First record of *Tuta absoluta* in Turkey. Phytoparasitica, 38(3), 243-244.
 - **Kirst HA., (2010).** The spinosyn family of insecticides: realizing the potential of natural products research. J Antibiot (Tokyo).
-

- **Kristensen M., Hansen K., Klingenberg J. & Karl-Martin V., (2005).** Cross-resistance between Dieldrin and Fipronil in German Cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *J. Econ. Entom.*, 98(4): 1305-1310.

L

- **Lee K, Y, &Denlinger D, L., (1996).** Diapause regulated proteins in the gut of pharate first instar larvae of the gypsy moth, *Lymantria dispar* and the effect of KK-42 and the neck ligation on expression. *J. Insect physiol.*, 42: 423-431.
- **Long E, R., (2000).** Degraded sediment quality in US estuaries: A review of magnitude and ecological implications. *Ecol. Appl.*, 10 (2). 388-350.
- **Lopes-Filho F., (1990).** Tomate industrial no submédio São Francisco e as pragas que limitam sua produção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 25(2), p. 283-288.

M

- **Mahdi K., Doumandji-Mitiche B., Ababsia A, & Doumandji S., (2011).** Les ennemis naturels de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) en Algérie : perspectives de lutte biologique. AFPP- Quatrième conférence internationale sur les méthodes alternatives en protection des cultures, Lille- 8, 9 et 10 mars 2011.
 - **Marie-Laure Ravidat., (2010).** INFORMATION *Tuta absoluta*. Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt d'Aquitaine 22/04 –Ste Livrade.
 - **Martinez-Lara E., George S.G., Lopez-Barea J. & Barcena J.A., (1997).** Purification and characterization of multiple glutathione transferase isoenzymes from grey mullet liver. *Cell. Mol. Life. Sci.*, 53(9):759-68.
 - **Milhoud et al ., (1982).** Intérêt des pyréthrinés et pyréthrinoides de synthèse en médecine vétérinaire. *Rec.ned.*, 1585(u):397-405.
 - **Mordue, AL & Blackwell, A., (1993).** Azadirachtin: an update. *Journal of Insect Physiology*, 39: 903-924.
-

O

- **OEPP., (2008).** Fiches informatives sur les organismes de quarantaine. Bulletin OEPP 35, p. 434-449.
- **Ostrauskas H, Ivinskis P., (2010).** Records of the tomato pinworm (*Tuta absoluta*, Meyrick 1917)—Lepidoptera: Gelechiidae—in Lithuania. *Acta ZoolLitu* 20:151–155.

P

- **Perera P,C et Sanchez N ., (2006).**Effect of tow plants on developmental and population parameters of the tomato leaf mine ,*Tuta absoluta* .Neoptical entomology ,vol.35(5);671-676.
- **PovollnyD., (1994).**On three neotropical species of Gnorimos chemini (Lepidoptera,Gelechiidae) mining Solanaceae.*ActaUnivAgric*23:379-393.

R

- **Reyes M, Rocha K, Alarcón L, Siegwart M &Sauphanor B., (2012).** Metabolic mechanisms involved in the resistance of field populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) to spinosad. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 102 : 45–50.
- **RoditHyperlink E ,Mahmoud M.Hyperlink,Solimana, A,S,H, Abdel-Moniemb & M,A, Abdel-Raheem., (2013)** .Impact of some insecticides and their mixtures on the population of tomato borers, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) and *Helicoverpa armigera*(Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in tomato crop at Upper Egypt.

S

- **Sabbour, M, M., Abdel-Rahman, A,October., (2013).**Efficacy of Isolated *Nomuraearileyi* and Spinosad against Corn Pests under Laboratory and Field Conditions in Egypt.
 - **Salgado, V,L., (1998).** Studies on the mode of action of spinosad: Insect symptoms and physiology correlates. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 60(2):91-102.
 - **SalgadoV,L., Sheetsj.j.,watson G,B et SchmidtA,L., (1998).**Studies on the mode of action of spinosad: the internal effective concentration and the concentration dependence of neural excitation pestic.*Biochem.physiol.*,60,103-110.
 - **Scharf M,E.,Kaakeh W, & Bennett G, W., (1997).** Changes in an insecticide-resistant field population of German cockroach (DICTYOPTERA/ Blattellidae^o after exposure to an insecticide mixture. *Econ. Entomol.*, 90: 38-48.
-

- **Seplyarsky V, Weiss M, Haberman A., (2010).** *Tuta absoluta* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae), a new invasive species in Israel. *Phytoparasitica* 38:445–446.
- **Sophie Rochfort., Renée Llaucette., Roselyne Labbe., Jaque Brodeur., (2006).** Recherche et développement de biopesticide naturels à faible toxicité pour l'organisme non ciblés et respectueux de l'environnement, Projet PARDE # 3333.52.02.01, p14.
- **Speaks T,C ., Thompson G,D., Larson L,L.,Kirst H,A.,Jantzo K., Warden T.V.,Hertlen M,B.,Busacca J,D.,(1995).** Biological characteristics of the spinosyns :a new and naturally derived insect control agent ,pp.903-907.In: Proceedings of the Beltwide Cotton Conference . National Cotton Council ,San Antonio , Texas;USA.
- **StrongC,A.,koehlerP,G,Patterson R,S., (2000).** Oral toxicity and repellency of borates to German cockroach(Dictyoptera:Blattellidae).*J.Econ.Entomol*,86(5):1458-1463
- **SwaroopS etUemura K., (1966).** Probit analysis (World health organization).Geneva .Switzerland.

T

- **Torres J,B.,Evangelista W,S., Barras J,R, &Guedes R,N,C., (2002).** Dispersal of *Podisusnigrispinus* nymphs preying on tomato leaf miner. Effect of predator release time, density and satiation level. *Entomologia applicata* 126, p. 326-332.
- **Torres J,B.,Evangelistaj,R., Barrasr,Etguedesr,N,C., (2002).** Dispersal of *Podiusnigrispinus*. (het.,pentatomidae) nymphs preying satiation level.*Journal appl.Ent*,126,326-332.

U

- **Uchoa-Fernandes M,Della Lucia T,M,C,Vilela T,F et Matain G., (1995).** *Tuta absoluta* (meyrick, 1917) (lepidoptera:gelechiidae).anaïssociedade .entomologica do Brasil 24(1),159-164.
 - **Urban D, J, & Cook N, J., (1999).** Aazan devaluation division, standard evaluation procedure. Ecologicalriskassessment. EPA 540/9-85-001. U. S. EPA. Washington (D.C.)
 - **Urbaneja A, VercherR, NavarroV, Garcia MF, et Pocunna J.L., (2007).** La polliladeltomate,*Tuta absoluta* .*Phytomaespana* no.1194,16-23.
-

V

- **VanKateswararao J., (2006).**Sublethal effects of an organophosphorus insecticide (RPR-II) on biochemical parameters of tilapia, *Oreochromis. massambicus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 143C,492-498.

W

- **Wang YM, Liu HY, Xin Z, Xue M., (2013).**Lethal and sublethal effects of spinosad on *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *J Econ Entomol.* 2013 Aug;106(4):1825-31.
- **Wanner K,W., Helsonb,V.,Hakrisb,J., (2002)-**Laboratory evaluation of two novel strategies to control First-instar gypsy moth larvae with spinosad applied to tree trunks-Pest Management science,58:817-24.
- **Ware,G,W., (1999).**Introduction to insecticides;p.7274.
- **Wen Z,& Scott., (2001).** Cloning of two novel P450 cDNAs from German cockroaches, *Blattella germanica* (L.): CYP6K1 and CYP6J1. *Insect Molecular. Biology.*, 10(2): 131-137.
- **Wen Z., (2000).** Cloning of five novel cytochrome P450 and related pseudogenes from German cockroaches, *Blattella germanica*: implication for function, nomenclature, expression studies and molecular evolution. PhD. Dissertation. Cornell University. Ithaca, NY.
- **Wing k,D., Schneem ,E.,Sacherm., (1998)-**A novel oxadiazine insecticide is bioactivated in *Lepidoptera* larvae.-*Archives of insect Biochemistry and physiology*,37:91-103.

Y

- **Yang ML, Zhang JZ, Zhu KY, Xuan T, Liu XJ, Guo YP & Ma EB., (2009).**Mechanisms of organophosphate resistance in a field population of oriental migratory locust, *Locus tamigratoria manilensis* (Meyen). *ArchInsect Biochem Physiol.*, 71(1):3-15

Z

- **Zhou K. Y., Gao J. R. & Starkey S. R., (2000).** Organophosphate resistance mediated by alteration of acetylcholinesterase in a resistant clone of the Greenbug, *Schizaphis graminum* (Homoptera: Aphididae). *Pestic. Biochem. Physiol.*, **68**: 138-147.
-

Soutenu par : **KERROUT NADJET**
MAOUDJ LINDA

Thème

**L'étude de la toxicité du Spinosad (biopesticide) envers
un ravageur de la tomate *Tuta absoluta*
(Lépidoptera : Gelechidae)**

Résumé

La lutte chimique reste pour des raisons économiques et de facilité de mise en œuvre, la méthode la plus utilisée, mais l'application abusive et non raisonnée des produits conventionnels a fait apparaître non seulement une pollution de l'environnement, mais aussi un phénomène de résistance qui se traduit par les modifications physiologiques, biochimique comportementales et génétiques. La recherche a permis de développer des insecticides moins toxiques et/ou plus spécifique, comme les phéromones, les régulateurs de croissance ou encore, les pesticides d'origine naturelle. Le spinosad, issu de la fermentation de la bactérie *Saccharopolyspora spinosa* semble constituer une alternative aux molécules classiques.

L'objectif de ce travail vise à évalué la sensibilité de *T.absoluta* envers le spinosad. Le pesticide a été utilisé par application topique, à différentes doses sur les larves du dernier stade et sur les adultes. Les tests de toxicité classique ont permis d'évaluées différentes concentrations d'inhibition de la mue nymphale (CI50 et CI 90), ainsi que les concentrations létale (CL50, CL90) du biopesticide.

Mots clés

Biopesticide, spinosad, *Tuta,absoluta*, toxicité.

Laboratoire de recherche

Laboratoire de L'immunologie de la faculté SNV. Faculté de la Nature et de la Vie.
UNIVERSITE CONSTANTINE 1.

Encadreur:

Mme BENCHAABANE Samia

Jury d'évaluation:

Présidente :	Mme ZAMA Dj	Pr.	Université Constantine 1
Examineurs:	Mrs BENRPBAI M	M.C	Université Constantine 1
	Mrs KANDOULI CH	M.A	Université Constantine 1