

REPUBLICQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Université Mohammed Seddik Benyahia - Jijel

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

Faculté des Sciences de la Nature et
de la Vie

Département des Sciences de
l'Environnement et Sciences
Agronomiques



كلية علوم الطبيعة و الحياة
قسم علوم المحيط و العلوم
الفلاحية

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : Master académique

Domaine : Science de la nature et de la vie

Filière : Sciences Agronomiques

Option : Phytopharmacie Appliquée

THEME

Gestion phytosanitaire de la mineuse de la tomate
***Tuta absoluta* (Lepidoptera:Gelechiidae)**
(Meyrick, 1917)

Jury :

Présenté par :

Président : Mr AZIL A.

Mlle. TALEB Nour el houda

Examineur : Dr DERDOUKH W.

Encadreur : Dr ROUIBAH M.

Numéro d'ordre (bibliothèque) :

Session 1 : 2021



Remerciements


Avant toute chose, je tiens à remercier « ALLAH » qui m'a éclairé le bon chemin à suivre et de m'avoir donné le courage et la volonté pour terminer ce modeste travail.

J'adresse mes remerciements spéciaux à mon encadreur Mr ROUIBAH M., d'avoir proposé le thème et accepté la responsabilité de m'encadrer, et d'être disposé à mon écoute à chaque fois que je l'avais sollicité, et qui n'a cessé de me guider durant tout mon parcours pédagogique, que Dieu puisse le récompenser et de le garder en bonne santé.

Mes remerciements les plus sincères s'adressent également à monsieur AZIL A. qui a été aimable durant les deux années pendant lesquels il était notre enseignant et au cours desquelles il nous a transmis son savoir et ses connaissances, ne cesse jamais de nous fournir des informations même en dehors de notre étude. Qu'il trouve ici ma gratitude pour m'avoir fait l'honneur d'assurer la présidence du jury.

Mes remerciements les plus sincères vont également à Mme DERDOUKH W. qui a accepté d'examiner mon modeste travail.

Il me paraît juste, d'exprimer ma profonde gratitude à tous ceux qui de près ou de loin ont participé à la réussite de mon travail de fin d'étude.



Dédicace

Je dédie le fruit de mon effort à mon défunt père, que Dieu ait pitié de son âme. Il a sacrifié sa vie pour notre réussite et notre bonheur. L'espère, du haut où il est, qu'il soit fier de moi, pour avoir atteint mon rêve de me voir diplômée, merci d'être mon père, merci d'être toujours à mes écoutes. J'aurais souhaité que tu sois parmi nous en compagnie de notre mère pour partager avec nous ce moment si particulier.

Je t'aime et je n'oublierais jamais papa.

Je dédie chaleureusement mon travail à ma famille, et surtout à ma chère mère, qui a assuré en même temps le rôle de la mère et du père, le motivateur et le leader de la famille.

A ma seule sœur, "Soumia" et ses petits poussins "Sawsen", "Sirin", mes chères frères "Abdelmalek", "Abdennor", "Fayçal", "Chakib", "Haytem", "Mouhcine", et mon petit bourgeon "Chihabeddin".

A mon grand-père, grand-mère bien-aimée que Dieu les garde pour moi. Ainsi qu'à ma grande famille entière, oncles et tantes, cousin et cousines plus particulièrement à ma deuxième mère "Rbiha".

Enfin, je dédie ce travail également mes amis de promotion "phytopharmacie appliquée" avec qui j'ai eu les plus beaux souvenirs, particulièrement mes amis intimes : Samiha, Zineb, Ahlem, Nourelimen, Soulef qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont donné l'amour et le soutien, je vous aime.

Liste des abréviations

%: pourcentage

♀ : femelle

♂ : mâle

OILB: Organisation Internationale de Lutte Biologique

C° : Celsius

CMV: virus de la mosaïque du concombre

FAO: food and agriculture organisation

Fig: figure

GVs : virus de la granulose

Ha: hectare

Ind: individus

INPV: Institut National de la Protection des Végétaux

INRA: Institut National de la Recherche Agronomique

J: jour

L: larve

L1: larve de premier stade

L2: larve de deuxième stade

L3: larve de troisième stade

L4: larve de quatrième stade

NPVs: Nucleopoly-hedrovirus

OB: corps d'inclusions

pH: power of Hydrogène

Qx: Quintaux

SDN: stimulateurs de défense naturelles

T: température

T. absoluta: *Tuta absoluta*

Tab: tableau

TIS: technique de l'insecte stérile

ToCV: virus de la chlorose de la tomate

ToMV: virus de la mosaïque de la tomate

TSWV: virus de la flétrissure tachetée de la tomate

UV: ultraviolet

XVIe: seizième siècle

XXe: vingtième siècle

XIXe : dix-neuvième siècle

Liste des figures

Figure 01 : Diffusion de la tomate dans le monde	06
Figure 02 : appareil végétative et reproducteur de la tomate.....	08
Figure 03 : les stades phrénologiques de la tomate.....	09
Figure 04 : Les principaux pays producteurs de tomate dans le monde (1997-2007)...	12
Figure 05 : Les maladies bactériennes de la tomate.....	13
Figure 06 : les maladies cryptogamiques de la tomate.....	14
Figure 07 : les maladies virales de la tomate.....	15
Figure 08 : les principales adventices de la tomate.....	15
Figure 09 : les principales ravageurs de la tomate.....	16
Figure 10 : Ordre des lépidoptères.....	17
Figure 11 : Mineuse de la tomate <i>Tuta absoluta</i>	19
Figure 12 : Aire de répartition de <i>Tuta absoluta</i> dans le monde de l'année 2006 à 2016...	20
Figure 13 : Direction d'avancement de <i>T.absoluta</i> en Algérie.....	21
Figure 14 : œuf de <i>tuta absoluta</i>	22
Figure 15 :Larve L1 de <i>Tuta absoluta</i>	23
Figure 16 : Stades larvaires de <i>Tuta absoluta</i>	23
Figure 17 : Nymphe de <i>Tuta absoluta</i>	23
Figure 18 : Imago de <i>Tuta absoluta</i>	24
Figure 19 : Cycle de développement de <i>Tuta absoluta</i> à une T° moyenne de 19°C-20°C	25
Figure 20 : Dégâts causées par la mineuse <i>tuta absoluta</i> sur les plantes de tomate.....	27

Figure 21 : Dégâts de <i>T. absoluta</i> sur les feuilles de tomate.....	27
Figure 22 : Dégâts de la mineuse <i>Tuta absoluta</i> sur les tiges de tomate.....	28
Figure 23 : Dégâts de la mineuse <i>Tuta absoluta</i> sur les fruits vert et rouge de la tomate	28
Figure 24 :différentes méthodes de prophylaxie contre la mineuse de la tomate.....	31
Figure 25 : synthèse de la répartition des différentes alternatives à la lutte chimique traitées par les différents articles publiés.....	32
Figure 26 : Adulte de <i>Macrolophus</i>	35
Figure 27 : adulte de <i>N. tenuis</i>	36
Figure 28 : adulte de <i>T. achaeae</i> avoir parasitant les œufs de <i>T.absoluta</i>	38
Figure 29 : La larve du Trichogramme (a), après dévoré le vitellus et l'embryon du <i>Tuta absoluta</i> , se transforme en nymphe (b), qui occupe l'œuf vide.....	38
Figure 30 : Spore infectieuse de <i>Beauveria bassiana</i>	40
Figure 31 : ultrastructure d'un œuf de <i>T.absoluta</i> colonisée par le mycélium <i>Metarhiziu</i> <i>m Anisopliae</i>	40
Figure 32 : coupe longitudinale de <i>Bacillus thuringiensis</i> . Observation par microscopie électronique.	41
Figure 33 : mode d'action des baculovirus dans l'organisme de <i>Tuta absoluta</i>	43
Figure 34 : larve (A) et adulte (B) de <i>tuta absoluta</i> attaquée par <i>Pyemotes sp</i>	44
Figure 35 : Types des pièges utilisés contre <i>Tuta absoluta</i>	46
Figure 36 :Les pesticides les plus utilisés en lutte contre <i>T.absoluta</i> en Algérie.....	48

Figure 37 :Les huiles des végétaux les plus utilisés dans la lutte contre <i>T.absoluta</i>	51
Figure 38 : Utilisation d'extrait aqueux de poudre de graines de neem contre <i>Tuta absoluta</i> en Niger.....	51
Figure 39 : Formulation commerciale à base de <i>Bacillus thuringiensis</i>	52
Figure 40 : Mode d'action des produits contenant Bt sur les larves L1 L2 de <i>T.absoluta</i> . ingestion, pénétration des toxines dans les cellules de l'épithélium intestinal, intoxication, et mort de la larve.....	52
Figure 41 : Lutte contre les insectes nuisibles par la technique de l'insecte stérile.....	54

Liste des tableaux

Tableau 01 : Classification de la tomate <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.....	07
Tableau 02 : les températures moyennes aux différents stades végétatifs de la tomate.....	10
Tableau 03 : principales zones de production de tomates (milliers de tonnes)	11
Tableau 04 : évolution de la production de la tomate en Algérie entre 2005.2009.....	12
Tableau 05 : Caractéristiques des différents stades larvaires de <i>T. absoluta</i>	22
Tableau 06 : La durée moyenne des différents stades (en jours) en fonction de la température.....	25
Tableau 07 : Différentes espèces d'insectes ennemis naturels de <i>T. absoluta</i> dans le monde.....	33



Sommaire

Remerciement

Dédicace

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....01

Chapitre I : données bibliographiques sur la tomate

1. Généralité sur la tomate	05
2. Origine et historique.....	05
3. Classification botanique (systémique).....	06
4. Description botanique.....	07
5. Caractéristiques morphologiques.....	07
5.1- L'appareil végétatif.....	07
5.2- L'appareil reproducteur.....	08
6. Cycle biologique.....	08
7. Les exigences de la tomate.....	09
7.1- Les exigences climatiques.....	09
7.2- Les exigences édaphiques.....	10
8. Importance économique de la culture de la tomate.....	10
8.1- Dans le monde	11
8.2- En Algérie.....	12
9. Maladies de la culture de tomate.....	13
9.1- Maladies bactériennes.....	13
9.2- Maladies cryptogamiques.....	14

9.3- Maladies virales.....	14
10. Les principales adventices de la culture de tomate.....	15
11. Les principaux ravageurs de tomate.....	15

Chapitre II : données bibliographiques sur la mineuse de tomate *Tuta absoluta*

1. Généralités sur l'ordre des lépidoptères.....	17
2. Généralité sur la mineuse de tomate.....	18
3. Origine et historique.....	19
4. Systématique.....	19
5. Répartition géographique.....	2
	0
4.1-Dans le monde	20
4.2-En Algérie.....	21
6. Morphologie de <i>Tuta absoluta</i>	21
6.1-Œuf.....	22
6.2-Larve.....	22
6.3-Nymphe.....	23
6.4-Imago.....	23
7. Biologie de <i>Tuta absoluta</i>	24
8. Plantes hôtes.....	25
9. Moyens de dissémination.....	26
10. Symptômes et dégâts.....	26
10.1-Sur feuilles	27
10.2-Sur tiges ou pédoncules.....	28
10.3-Sur fruits.....	28

Chapitre III : gestion phytosanitaire de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*

1. La lutte préventive.....	29
1.1. Lutte par méthodes prophylactiques.....	29
1.1.1. En culture sous abri.....	29
1.1.2. En plein champs.....	30

1.1.3. Au cours de la production.....	30
1.2. La lutte culturale.....	30
2. La lutte curative.....	32
2.1. La lutte biologique.....	32
2.1.1. L'utilisation des auxiliaires	32
2.1.1.1. <i>Machrolophus pygmaeus</i>	34
2.1.1.2. <i>Nesidiocoris tenuis</i>	35
2.1.2. L'utilisation d'organismes parasitoïdes.....	36
2.1.3. L'utilisation d'organismes entomopathogènes.....	38
2.1.3.1. Les champignons entomopathogènes.....	39
2.1.3.2. Les bactéries entomopathogènes.....	40
2.1.3.3. Les Baculovirus.....	41
2.1.4. Les nématodes entomopathogènes.....	43
2.1.5. Les acariens parasites.....	43
2.2. Lutte biotechniques.....	44
2.3. Lutte sémio-chimique.....	46
2.4. La lutte chimique.....	47
2.4.1. Les produits phytopharmaceutiques.....	47
2.4.2. Les bio-insecticides.....	49
2.4.3. Les stimulateurs de défense.....	52
2.5. La lutte radio biologique.....	53
2.6. La lutte génétique.....	55
3. Stratégies de lutte intégrée.....	55
Conclusion.....	57

Références bibliographiques.....59

Résumé



Introduction

La tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. de la famille des solanacées est une plante herbacée annuelle originaire des Andes et d'Amérique (**Chaux et Fouri, 1994**), c'est l'une des plantes herbacées les plus répandues à travers le monde et les plus essentielles qui ont été étudiées pour lutter contre divers troubles liés à la vie, grâce à un large éventail de substances phytochimiques. Elle est une source importante de vitamine C, de potassium, d'acide folique et de caroténoïdes, comme le lycopène (**Perveen et al., 2015**), comme c'est une culture à cycle assez court qui donne un haut rendement, elle a de bonnes perspectives économiques et la superficie cultivée s'agrandit de jour en jour (**Khellaf, 2011**).

Avec une production mondiale estimée à 182 256 458 tonnes en 2018, la tomate (*Solanum lycopersicum* L.), la tomate occupe la deuxième place après la pomme de terre (368 168 914 tonnes) (**FAOSTAT, 2018**). Selon **Ligia Mayela López (2016)**, les trois grands pays producteurs (Chine, Inde et Etats-Unis) contribuent pour 51,4 % à la production mondiale avec respectivement 33,82 %, 10,63 % et 6,90 %. En Afrique, l'Égypte (3,63%), le Maroc (0,77%), la Tunisie (0,74 %) et l'Algérie (0,72 %) sont les grands pays producteurs. Ces quatre pays ont participé pour 5,82 % à la production mondiale de tomate en 2018.

En Algérie, la filière de la tomate est en plein expansion, à la faveur des nombreux programmes mis en place par le ministère de l'agriculture et du développement rural, de nouvelles techniques de production sont introduites ses dernières années permettant plus de rendement à l'hectare, en plus de l'organisation de cette filière pour mieux prendre en charge les préoccupations des agriculteurs (**Ziri, 2011**).

La tomate occupe dans notre pays une place privilégiée dans le secteur maraîcher. Elle est considérée à juste titre comme une espèce prioritaire dans notre alimentation quotidienne, comme la pomme de terre. Elle est cultivée selon deux modes de production à savoir en culture maraîchère et en culture industrielle. La superficie de la tomate maraîchère représente 63,06% (environ 40 000 ha) de la superficie totale plantée, donnant une production moyenne de 9 millions de quintaux avec un rendement moyen de 200qx/ha (**FAO, 2008**). Cette production reste en dessous de ceux enregistrés dans d'autres pays du bassin méditerranéen producteurs de tomate, où les rendements varient de 350qx/ha à 1500qx/ha (**FAO, 2008**).

La culture de tomate est sujette à diverses attaques de bio agresseurs, dont les plus récurrents sont les aleurodes, les pucerons, les mineuses, les acariens, les thrips, les noctuelles et les Punaises (**Ababsia, 2012**).

Néanmoins, parmi ces ravageurs de la tomate, un nouveau ravageur est observé ces dernières années, il cause des pertes considérables aussi bien sous serre qu'en plein champ ; c'est la mineuse sud-américain de la tomate *Tuta absoluta* (**Chogar, 2011**). C'est un micro lépidoptère de la famille des Gelechiidae cité la première fois en Amérique du Sud en 1935 (**Siqueira et al., 2000**). Il a été observé pour la première fois en Espagne en 2006 et delà s'est propagé vers la plupart des pays méditerranéens (Maroc, Algérie, France, Portugal, Italie, Grèce, Turquie, Egypte,...) (**Lebdi Grissa et al., 2010**).

En Algérie sa première apparition fut à Mostaganem au mois de mars 2008, ensuite elle s'est propagée dans le reste du pays (**Guenaoui, 2008**).

Ce ravageur se caractérise par un potentiel de reproduction élevé et son hôte principal est la tomate. Les plantes de tomates peuvent être attaquées à n'importe quel stade de développement en serre ou en plein champ et l'infection peut se propager sur différentes espèces de Solanaceae (**Zhang et al., 2020**). Ce ravageur a été responsable de pertes de 80 à 100 % dans les plantations de tomates tant dans les cultures protégées que dans les champs ouverts. *T. absoluta* attaque les parties supérieures du sol des plants de tomates et de plusieurs espèces de Solanaceae. Les larves qui vivent en mineuse dans la feuille, le fruit ou la tige creusent des galeries et attaquent la plante se nourrissant préférentiellement sur les nouvelles pousses, ce qui affecte la croissance et le rendement de la plante. Des pertes allant jusqu'à 100 % ont été signalées dans les cultures de tomates (**El-Aassar et al., 2015**).

Malgré son difficile contrôle à cause du mode de vie latent de la larve dans les mines, haute possibilité reproductrice, développement du polyvoltisme et la manifestation de la résistance en grande partie à cause des insecticides appliqués (**Valchev et al, 2013**), plusieurs méthodes de lutte ont démontré leur grande efficacité dans la réglementation de la population de ce ravageur.

La lutte contre *Tuta Absoluta* est fondée essentiellement sur la prévention reposant sur un soin apporté à protéger la culture avant toute infestation par le ravageur, les méthodes prophylactiques par l'utilisation des insect proofs et des filets, le désherbage, la préparation du sol, et les méthodes culturales incluses dans la protection précoce et au moins la réduction des dégâts occasionnés.

Sous le cadre d'une lutte curative, la détection précoce, par les différents types de pièges (sexuelles, Delta, à eau...) permet une intervention précoce conduit à la minimisation du nombre de mâles adultes chez ce ravageur capturés, ou par l'avertissement d'invasion.

De nombreuses recherches en cours se sont orientées vers la lutte biologique par l'utilisation des auxiliaires prédateurs, parasitoïdes, et entomopathogènes des larves, ce fut un énorme succès, et qui en fait une alternative très prometteuse pour assurer une protection phytosanitaire performante.

L'application systématique des pesticides de synthèse contre la mineuse utilisé des substances actives telles que l'abamectine, les régulateurs de croissance des insectes est la pratique couramment utilisée par les producteurs. Malheureusement, le caractère endophyte des larves du ravageur réduit les effets des pesticides, conduisant certains producteurs à augmenter le nombre de traitements et à appliquer des doses de plus en plus fortes. De plus, *T. absoluta* a développé une résistance à une large gamme de pesticides (**Ouedraogo, 2020**).

Par ailleurs, en raison de son efficacité et de son application facile et pratique, l'utilisation d'insecticides chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée pour lutter contre les insectes nuisibles. Cependant, l'emploi intensif et inconsidéré de ces insecticides a provoqué une contamination de la biosphère et de la chaîne alimentaire, une éradication des espèces non cible telles que la faune auxiliaire et l'apparition d'insectes résistants. Les populations envahissantes ont une étroite base génétique qui exprime une haute capacité de résistance pour les insecticides (**Ponti et al., 2012**). En plus de cette caractéristique, la mineuse de la tomate, peut se propager très facilement avec les plantations et le matériel contaminé (**Ayachine, 2015**).

Un programme de lutte intégrée peut comprendre des efforts de sensibilisation et de formation des producteurs, la gestion adéquate des déchets, l'adaptation des structures, l'entretien des cultures, le recours à des techniques de lutte biologique, génétique, physique et mécanique, et enfin l'application de pesticides (**Schiifers et Wainwright, 2011**).

Ce travail s'inscrit dans le cadre de l'étude de la manière dont cet insecte affecte la culture de la tomate, et des dommages qui en résultent, et de la tentative de trouver des solutions pour la combattre et la réduire.

Notre travail est organisé comme suit:

Une introduction, qui contient un bref rappel de l'histoire du ravageur qui s'est établi, suivi du problème posé à l'échelle nationale et internationale.

Deux chapitres séparés seront abordés, dont le premier est un aperçu sur la plante hôte et le second est proposé sous forme de généralités sur le ravageur et les dégâts ainsi que leur distribution à l'échelle mondiale.

Le troisième et dernier chapitre explique les différentes méthodes de lutte contre ce ravageur, ces méthodes d'application soit sous serre, ou en plain champs, et ces résultats dans la réglementation et la gestion phytosanitaire de *Tuta absoluta*.

Chapitre I

Données bibliographiques sur la tomate
Lycopersicon esculentum Mill.

1. Généralités sur la tomate :

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), plante annuelle, herbacée, de la famille des solanacées (Polese, 2007), considérée comme l'une des principales cultures dans le monde, en raison de son potentiel nutritionnel élevé (Luna Guevara, 2014). Cette famille regroupe d'autres espèces qui sont également bien connues, telles que la pomme de terre, le tabac, le poivron et l'aubergine (Shankara et al., 2005).

La tomate est une des cultures les plus répandues à travers le monde, comme c'est une culture à cycle assez court qui donne un haut rendement, elle a de bonnes perspectives économiques et la superficie cultivée s'agrandit de jour en jour (Shankara et al., 2005).

Selon le fond des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, 2008), elle occupe la première place dans la production maraîchère après la pomme de terre et elle est cultivée dans plus de 170 pays.

90 millions de tonnes sont produites chaque année dans le monde pour l'industrie et pour le frais. Première espèce cultivée, la tomate représente 1/6 de la production mondiale de légumes, elle est le principal légume frais consommé (Graselly et al., 2000).

2. Origine et historique

La tomate, inconnue dans le vieux monde jusqu'au XVI^{ème}, est devenue le légume vedette du XX^{ème} siècle, aussi bien en culture commerciale que dans les jardins familiaux. Son utilisation en sauces est ancienne, en particulier en Italie (Polese, 2007).

L'arrivée de la tomate dans le vieux monde est originaire des Andes d'Amérique du sud (fig. 1), elle fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe en 1544. Son introduction en Espagne et en Italie, puis, de là, dans les autres pays européens, remonte à la première moitié du XVI^{ème} siècle (Blancard et al., 2009).

A l'origine, elle était cultivée par les Aztèques ; son nom provient de « *tomatl* » qui, dans la langue nahtuatl parlée dans la région de Mexico, correspond à *Physalis philadelphica* ; la tomate à proprement parler, *Lycopersicon esculentum*, était appelée « *jitomalt* » (Chaux et Foury, 1994).

Les Italiens ont commencé à consommer ses fruits vers 1550, mais seulement à petites doses, comme condiment, et la baptisèrent *pomo d'oro*, pomme d'or, probablement en raison de sa couleur, qui devait être jaune (Polese, 2007).

La première évocation de la tomate dans le vieux monde est celle du botaniste italien Pietro Andreas Matthioli en 1544. Ce dernier la présente comme une espèce portant « des fruits aplatis et

Chapitre I Données bibliographiques sur la tomate *Lycopersicum esculentum* Mill

côtelé qui de vert deviennent jaune d'or et que certains consomment frits dans de l'huile avec du sel et de poivre, comme les aubergines et les champignons ».

A partir du XIX^{ème} siècle, la culture de la tomate sort d'Italie pour s'implanter en Europe du Nord (Pays-Bas, Belgique), dans les pays du Maghreb, en Egypte (qui assurera dès 1880 l'exportation des tomates hors saisons en Europe) et en Amérique du Nord par les colons anglais ((**Polese, 2007**)).

En Algérie, ce sont les cultivateurs du Sud de l'Espagne (Tomateros), qui l'ont introduite étant donné les conditions qui lui sont propices. Sa consommation a commencé dans la région d'Oran en 1905 puis, elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral Algérois (**Chougar, 2011**).

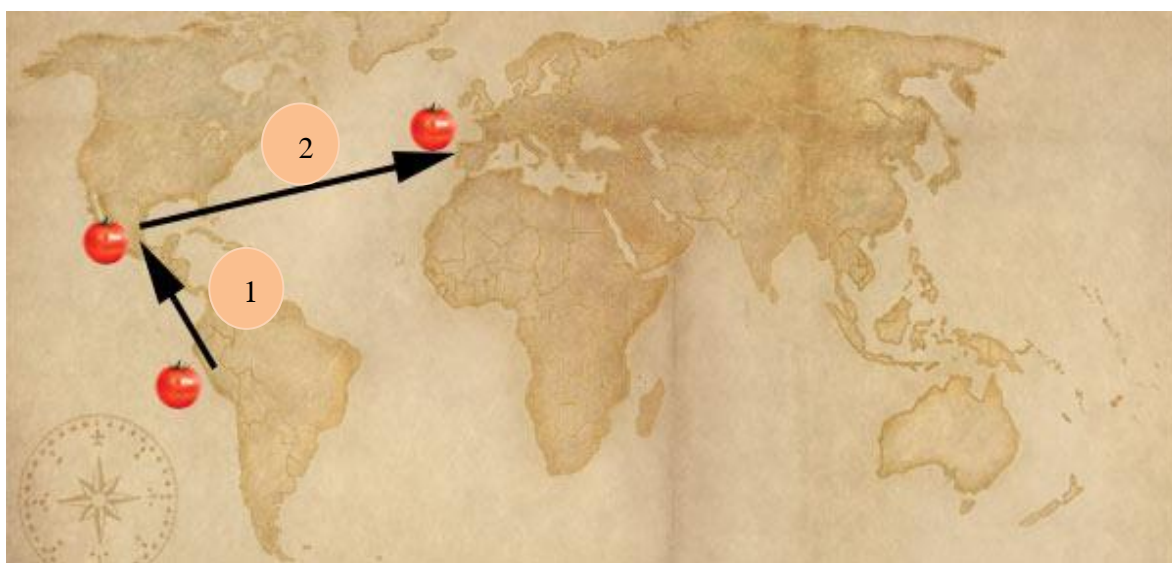


Figure 01 : Diffusion de la tomate dans le monde (**Polese, 2007**).

1 : Pérou (centre de diversification) vers Mexique (premier centre de domestication).

2 : Mexique vers l'Europe (deuxième centre de domestication).

3. Classification botanique

La tomate est scientifiquement nommée *Lycopersicum esculentum* ; *Lycopersicum* est un composite greco latin de « peche de loup » et le nom de l'espèce *esculentum* signifie comestible en latin (**Ziri, 2011**).

La tomate dont l'appartenance à la famille des Solanacées avait été reconnue par les botanistes a été classée par Linné en 1753, comme *Solanum lycopersicon*. D'autres botanistes lui ont attribué différents noms : *Solanum lycopersicum*, *Solanum esculentum*,

Chapitre I Données bibliographiques sur la tomate *Lycopersicon esculentum* Mill

Lycopersicon lycopersicum ; c'est finalement *Lycopersicon esculentum* attribué par Philip Miller en 1754, qui a été retenue (**Chougar, 2011**).

Selon **Dupont et Guignard (2012)**, la tomate est classée comme suit (**Tab. 1**) :

Tableau 01 : Classification de la tomate *Lycopersicon esculentum* Mill.:

Règne	Plantae
Sous règne	Trachenobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Asteridae
Ordre	Solanales
Famille	Solanaceae
Genre	<i>Solanum</i> ou <i>Lycopersicon</i>
Espèce	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.

4. Description botanique

La tomate est une plante dicotylédone, herbacée, vivace, Linné nommait les plantes de cette famille les «blêmes», les «tristes» car les feuilles ont plutôt un aspect tombant avec des couleurs assez ternes (**Goullé et al., 2004**).

Cette plante herbacée, poilue et érigée atteint jusqu'à 1 m de hauteur. Les tiges ramifiées contiennent des feuilles alternes, pétiolées, de forme ovale-elliptique. Les fleurs ont un calice lobé et une corolle tubulaire violette. Le fruit est une grosse baie ellipsoïde qui contient de nombreuses graines brunes et qui devient violette à maturité (**Donald et Barce loux, 2009**).

5. Caractéristiques morphologiques

5.1. L'appareil végétatif :

Comprend une tige épaisse, pubescente, anguleuse et verte. Elle a une largeur de 2 à 4 cm (**fig. 2 A**) (**Caron, 2018**), les tiges secondaires se forment sur la tige principale (**Ligia lopez, 2017**).

Une feuille pennée et composée, possède 5 à 7 folioles pétiolées lobées et à bord denté, alternes, opposées et généralement vertes (**fig. 2 B**) (**Ligia lopez, 2017**).

Chapitre I Données bibliographiques sur la tomate *Lycopersicon esculentum* Mill

Un système racinaire aide la plante à s'ancrer dans le sol ou le substrat, absorbe et transporte les nutriments et l'eau jusqu'au sommet de la plante. Elle est constituée de la racine principale et des racines secondaires (**fig. 2 C**) (**Ligia lopez, 2017**).

5.2. Appareil reproducteur :

Constitue une fleur parfait et régulier, composés de cinq sépales ou plus et de cinq pétales jaunes (**fig. 2 D**), et cinq ou six étamines alternant avec les pétales (**Ligia lopez, 2017**).

Un fruit (**fig.2 E**) pluriloculaire, subsphérique, globuleux ou allongé, contient des graines ovoïdes, comprimées, lisses ou très velues, brunâtres (**Caron, 2018**).

Des graines nombreuses, en forme de rein ou de poire. Elles sont poilues, beiges, 3 à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large (**Ligia lopez, 2017**).

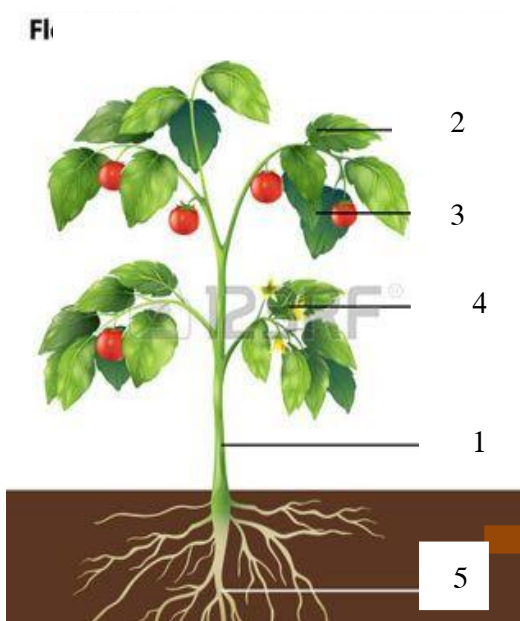


Figure 02: appareil végétative et reproducteur de la tomate (**Ligia lopez, 2017**). 1 : la tige, 2 : la feuille, 3 : le fruit, 4 : la fleur, 5 : la racine.

6. Cycle biologique

Le cycle végétatif complet (**fig. 3**), du semis de la graine à l'obtention du fruit, varie selon les variétés, l'époque et les conditions de culture, il s'étend généralement en moyenne de 3,5 à 4 mois du semis, jusqu'à la dernière récolte (7 à 8 semaines de la graine à la fleur et 7 à 9 semaines de la fleur au fruit) (**Gallais, 1992**). Ce cycle comprend six phases qui sont les suivantes:

- Phase de germination (fig. 3 A).
- Phase de croissance (fig.3 B C D).
- Phase floraison (fig.3 E).
- Phase de pollinisation (fig.3 E).
- Phase de fructification (fig.3 F).
- Phase de maturation (fig.3 G).

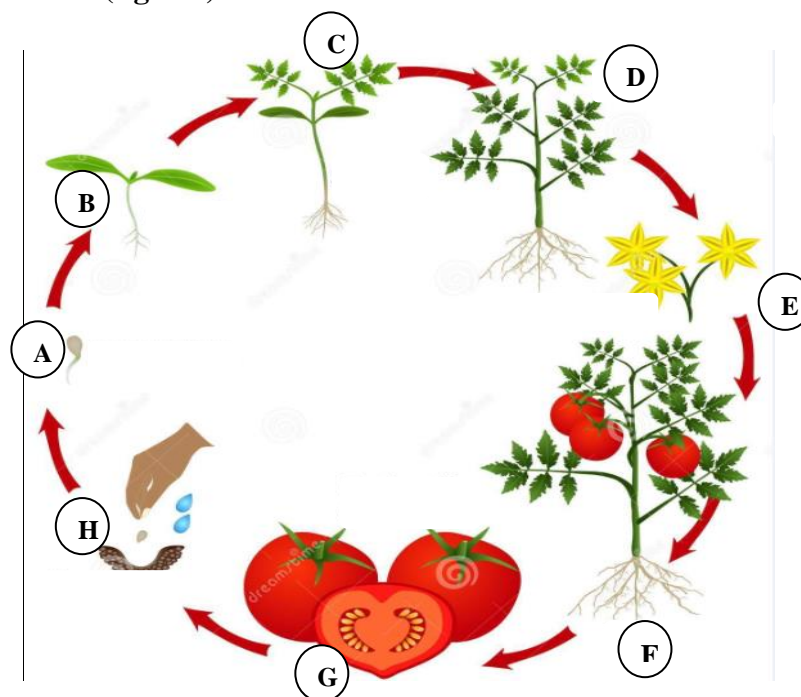


Figure 03 : les stades phénologiques de la tomate (Cirad et Gret, 2003). A- Stade de germination. B-C-D-Stade de croissance. E-Stade de floraison et de pollinisation. F- Stade de fructification. G-Stade de maturation.

7. Les exigences de la tomate

7.1-Exigences climatiques :

L'apparition des différents organes de la plante (feuilles, tiges, rameaux, fleurs,...), leur forme et leur croissance sont influencées par l'environnement et en particulier par le climat. Les conditions climatiques favorables à la production dépendent à la fois des variétés considérées et du stade de développement (Heuvelink, 2005).

- **Température et humidité :** La tomate demande un climat relativement frais et sec pour fournir une récolte abondante et de qualité. Cependant, la plante s'est adaptée à une grande diversité de conditions climatiques, allant du climat

Chapitre I Données bibliographiques sur la tomate *Lycopersicum esculentum* Mill

tempéré vers le climat tropical chaud et humide. La température optimale pour la plupart des variétés se situe entre 21°C et 24°C (**Tab. 2**) (**Shankara et al., 2005**).

- **Lumière** : La tomate est une plante à jour long, elle peut fleurir avec des jours de durée inférieur à 12 heures mais la floraison est moins importante et la production du pollen est difficile où la lumière dépassée 12 heures (**Rey et Costes, 1965**).

Tableau 2 : les températures moyennes aux différents stades végétatifs de la tomate (**Chaux, 1971**).

Stade de développement	Température (°C)	
	°C du sol	°C de l'air
germination	25°C	18-20 °C
Croissance	15 à 20 °C	jour 18-20 °C
		nuit 15 °C
floraison	15 à 18 °C	jour 22-25°C
		nuit 13-17°C
fructification	20 à 25 °C	jour 25 °C
		nuit 18 C

7.2-Exigences édaphiques

D'après **Shankara et al. (2005)**, La tomate pousse bien sur la plupart des sols minéraux qui ont une bonne capacité de rétention de l'eau, une bonne aération et qui sont libres de sels, elle préfère les terres limoneuses profondes et bien drainées.

- La couche superficielle du terrain doit être perméable, une profondeur de sol de 15 à 20 cm est favorable à la bonne croissance d'une culture saine. Dans les sols d'argile lourde, un labourage profond permettra une meilleure pénétration des racines (**Shankara et al., 2005**).

- La culture de la tomate tolère une large gamme de pH. Néanmoins sur des sols à pH basique, certains micro éléments (Fe, Mn, Zn, Cu) restent peu disponibles pour la plante (**Chaux et foury, 1994**).

8. Importance économique de la culture de la tomate

Selon la **FAO (2012)**, la tomate est cultivée dans presque tous les pays du monde, sa production est répartie dans toutes les zones climatique (**Tab. 3 et Fig. 4**), y compris dans des

Chapitre I Données bibliographiques sur la tomate *Lycopersicum esculentum* Mill

régions relativement froides grâce au développement des cultures sous abri .A l'échelle mondiale la tomate est classée deuxième culture légumière après la pomme de terre de par son volume de production .En effet, près de cinq millions d'hectares sont réservés annuellement à cette culture avec une production supérieure à 140 millions de tonnes et un rendement moyen de 28,3 tonne à l'hectare.

8.1-Dans le monde

Près de la moitié de la production mondiale provient de l'Asie (44% de la production totale), en particulier de la Chine (16 millions de tonnes) et de l'Inde (5,3 millions de tonnes) (Grassely et al., 2000).

Les Etats Unis, près la chine, sont le deuxième pays producteur mondial de tomates (11,2 millions de tonnes).Une large proportion de cette production est destinée à la transformation. Ce pays produit près de la moitié des tomates d'industrie (10 millions de tonnes). Il se détache nettement des deux autres grands pays producteurs mondiaux que sont l'Italie (4 millions de tonnes) et la Turquie (2 millions de tonnes) (fig. 4) (Grassely et al., 2000).

L'Europe géographique constitue la troisième zone de la production, soit 19,1 millions de tonnes. Plus des 2/3 se concentrent sur la partie Ouest de l'Europe. Aujourd'hui, la Russie et l'Ukraine produisent plus d'1 million de tonnes chacun (Grassely et al., 2000).

Plus de la moitié des tomates du continent africain est produite en Egypte (soit 5,9 millions de tonnes). En ajoutant les productions marocaines (1 million de tonnes), algérienne (0,7 million de tonnes) et tunisienne (0,6 million de tonnes), le pourtour méditerranéen apparaît bien comme la principale zone de production du continent (tab. 3) (Grassely et al., 2000).

Tableau 03 : principales zones de production de tomates (milliers de tonnes) (Grassely et al., 2000).

pays	Tonnage	% de la production mondiale
Union Européenne	13335	14,9 %
Europe central et orientale	5769	5,4 %
Amérique	19888	22,2 %
Asie	39489	44,1 %
Afrique	10724	12,0 %

Océanie	504	0,6 %
Monde	89709	100 %

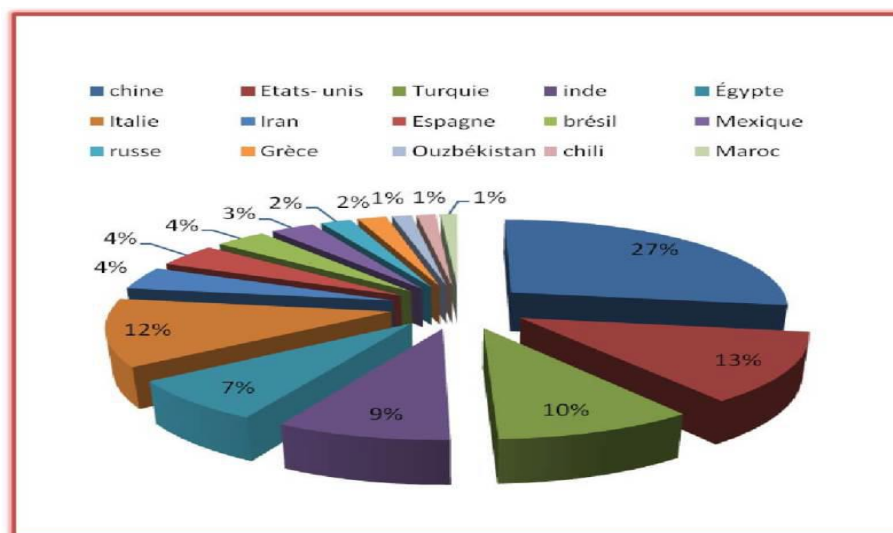


Figure 04 : Les principaux pays producteurs de tomate dans le monde (1997-2007) (FAO, 2009).

8.2-En Algérie :

Les solanacées représentent dans l'ensemble 70% de la surface mise en culture en Algérie, avec une prédominance de la tomate (2444 ha en 2004), soit 40% du potentiel en serre (Belaïb, 2016).

La culture de la tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole algérienne. Sur une superficie globale de primeurs évaluée à plus de 292 000 ha (Tab. 4), la culture de tomate représente 51% de la production totale en produits maraîchers (Nechadi et al., 2002).

D'après l'INRA (2008), la production de la tomate est classée à la deuxième place après la pomme de terre et elle représente plus que 5% de la production maraîchères. Les superficies sont passées de 18 020 ha en 1990 à 20 789 ha en 2012 ce qui présente un accroissement de 2 769 ha.

Tableau 04: évolution de la production de la tomate en Algérie entre 2005-2009 (MADR, 2009).

Chapitre I Données bibliographiques sur la tomate *Lycopersicum esculentum* Mill

Année	2005	2006	2007	2008	2009
Superficies (Ha)	21089	20436	20079	19655	20789
Production (Qx)	5137280,4	5489336	5673134	5592491	5410341
Rendement (Qx/Ha)	243,60	268,60	282,50	284,50	308,40

Selon le ministère de l'agriculture, l'Algérie peut atteindre l'autosuffisance en tomate industrielle dans 5 ans et même envisager l'exportation. Il est à noter qu'elle produit que 50 % seulement de ses besoins en tomate et importe le reste (Belaib, 2016).

9. Les maladies de la culture de la tomate

Les cultures de tomate peuvent être affectées par des diverses attaques des ravageurs (insectes, acariens et nématodes) et de maladies cryptogamiques, bactériennes ou virales, par la concurrence de mauvaises herbes et des accidents de végétation ou des agressions abiotiques, dont l'importance varie le type de culture et les conditions climatiques (Shankar et al., 2007).

9.1-Maladies bactériennes

Les bactéries ne peuvent infecter une plante qu'exclusivement par le biais de zones affaiblies, comme les cicatrices, les stomates et les lenticelles (de petits pores qui se trouvent à la surface des tiges et des racines), les blessures (par ex. causés par la taille) ou d'autres blessures physiques (Shankara et al., 2005). La plupart des maladies bactériennes sont transmises dans des conditions d'humidité et de température élevées (Lacroix, 1999).

D'après Snoussi (2010), les maladies bactériennes qui sont fréquentes dans la culture de la tomate sont :

Chancre bactérien (fig.5 A) (*Clavibacter michiganensis*). Moucheture de la tomate (fig.5 B) (*Pseudomonas syringae* pv .tomato). Galle bactérienne (fig.5 C D) (*Xanthomonas compestis* pv.vesicatoria). Flétrissement bactérienne des solanacées (*Pseudomonas solanacearum*).



Figure 05 : Les maladies bactériennes de la tomate (Source : http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/05_070.htm). A : maladie de chancre bactérienne, B : maladie de mocheture bactérienne, C.D: maladie de galle bactérienne.

9.2-Maladies cryptogamiques

Une infection fongique est souvent causée par des spores fongiques qui se sont posées sur les feuilles, y ont germé puis ont pénétré le tissu de la plante par le biais des stomates, des blessures ou parfois même directement au travers de la peau de la plante (Blancard et al., 2009).

Les symptômes les plus évidents des maladies fongiques sont les taches sur les feuilles. Normalement ces taches sont rondes ou ovales, mais elles peuvent également avoir une forme polygonale ou en fuseau (avec des extrémités pointus (Shankara et al., 2005).

Selon Bennasseur (2005), les maladies cryptogamiques les plus remarquées de la tomate sont

Le mildiou (*Phytophthora infestans*) (fig.6 A). La brûlure alternarienne (Alternariose) (*Alternaria solani*) (fig.6 B). Le botrytis (Moisissure grise) (*Botrytis cinerea*) (fig.6 C). Anthracnose (*Colletotrichum coccodes*). Verticilliose (*Verticillium albo-atru*).



Figure 06 : Les maladies cryptogamiques de la tomate (source : <http://ephytia.inra.fr/fr/C/4995/Tomate>). A:maladie de mildiou chez la tomate, B : maladie d'alternariose chez la tomate, C : maladie de boutrytis chez la tomate.

9.3-Maladies virales

De nombreuses maladies d'origine virale affectant la Tomate ont été décrites à travers le monde (Walter, 1980). Plusieurs virus causent des marbrures ou des symptômes semblables à une mosaïque sur les feuilles, ils peuvent être transmis mécaniquement, alors que d'autres virus comme le virus de la mosaïque du concombre (CMV) sont transmis par les insectes (Bennasseur, 2005).

D'après (Messiaen *et al.*, 1991), Les virus qui ont été signalés dans la culture de la tomate comprennent les suivants :

CMV (Cucumber Mosaic Virus) (fig.7 A). ToCV (Tomato Chlorosis Virus). ToMV (Tomato mosaic virus) (fig.7 B). TSWV (Tomato Spotted Wilt Virus).



Figure 7: Les maladies virales de la tomate (source: <http://ephytia.inra.fr/fr/C/5064/Tomate>). A: maladie de CMV chez la tomate, B : maladie de ToMV chez la tomate.

10. Les principales adventices de la tomate

Les mauvaises herbes font la concurrence aux pieds de tomate à l'égard de la lumière, de l'eau et des éléments nutritifs. Parfois elles abritent des organismes qui provoquent des maladies de la tomate, tels que le virus (Shankara *et al.*, 2005).

Selon (Bennasseur, 2005), les adventices dominants en plein champs chez la tomate sont :

Solanum nigrum (fig. 8 A). *Chenopodium album* (fig. 8 B). *Chenopodium murale*. *Amaranthus retroflexus* (fig. 8 C). *Setaria spp*, *Echinochloa crus galli*. *Sonchus oleraceus*. *Sonchus asper*. *Orobanche ramosa*.



Figure 8: les principales adventices de la tomate (source: <http://ephytia.inra.fr/fr/C/5064/Tomate>). A: *Solanum nigrum*, B: *Chenopodium album*, C: *Amaranthus retroflexus*.

11. Les principaux ravageurs de tomate

Nous désignons par ravageurs des cultures, tous les organismes animaux qui menacent la qualité et le rendement des cultures. Il peut s'agir des vertébrés, tels que les oiseaux, mais ce sont généralement des espèces animales invertébrées telles que les nématodes, et les insectes (Shankara *et al.*, 2005).

D'après Ziri (2011), les ravageurs les plus dangereux à la culture de tomate sont :

Les nématodes à galles (*Meloidogyne incognita* et *M. arenaria* Neal) (fig. 9 A). Les acariens (*Tetranychus* et *T. cinnabarinus*). Les noctuelles terricoles, noctuelles des fruits (*Agrostis segetum*, *Chloridea armigera*). Les aleurodes (*Trialeurodes vaporariorum* et *Bemisia tabaci*) (fig. 9 B). Les cicadelles (*Hialesther obsoletus*). Les pucerons (*Macrosiphone euphorbiae* et *Myzuspersicae*). La mouche blanche (*Bemisia tabaci* et *Trialeurodes vaporariorum*). Les mineuses (*Liriomyza trifolii* L. *strigata* et *Tuta absoluta* Meyrick) (fig. 9 C et D).





C



D

Figure 09 : Les principales ravageurs de la tomate (source : **Ephytia-INRA**). A : nématodes des galles de tomate, B : aleurode de tomate, C, D : mineuse de tomate.

Chapitre II

**Données bibliographiques sur la mineuse
de la tomate *Tuta absoluta***

Chapitre II Données bibliographiques sur la mineuse Tuta absoluta

EmbranchementArthropoda.
Sous- embranchementHexapoda.
ClasseInsecta.
Sous-classePterygota.
Infra-classeNeoptera.
Super-ordre.....Endopterygota.
OrdreLepidoptera.

2. Généralités sur la mineuse *Tuta absoluta*

Depuis 2008, un ravageur originaire d'Amérique du sud a fait son entrée sur le territoire algérien. Il s'agit de *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera : Gelechiidae) un micro-lépidoptère phytophage (**fig. 11**) dont les larves causent d'importants dégâts sur tomate et autres Solanacées (**Pires et al., 2008**). Cette mineuse constitue un facteur limitant du développement de la culture puisqu'elle peut causer entre 70 % et 100% de pertes (**Oliviera et al., 2007**). Il est estimé qu'un total de 84,9 % (3,7 M ha) et 87,4 % (133,7 M tonnes) de la surface mondiale cultivée en tomates et de la production mondiale de tomates, respectivement, sont maintenant directement menacées par *T. absoluta* et pourraient être infestés dans un futur proche (**Caparros et al., 2012**).

T. absoluta est un ravageur sténophage qui infeste une large gamme de cultures Solanaceae, y compris le poivron (*Capsicum annuum L.*), l'aubergine (*Solanum melongena L.*) et la pomme de terre (*Solanum tuberosum L.*). Malgré sa nature sténophage, il a été signalé que ce ravageur peut étendre sa gamme d'hôte. En effet, *T. absoluta* a été signalée sur d'autres cultures non-Solanacées comme la pastèque (*Citrullus lanatus L.*) de la famille des Cucurbitacées et la fève (*Vicia faba L.*) de la famille des Fabaceae (**Mssissi et al., 2020**). *T. absoluta* est très invasive et peut produire jusqu'à 12 générations par an et on estime que la femelle peut pondre jusqu'à 300 œufs au cours de sa vie. Le ravageur est devenu le principal goulot d'étranglement dans la production de tomates dans le monde entier en raison de son caractère invasif. Diverses études ont indiqué que s'il n'est pas contrôlé, il peut causer jusqu'à 100% de perte (**Aigbedion- Atalor et al., 2011**).



Figure 11 : Mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (INRA, 2019).

3. Origine et historique

Mssisi, (2020) nous rappelle que *T. absoluta* est rapporté comme étant originaire d'Amérique du Sud, notamment des hauts plateaux du Pérou dans les années 1980. Elle est devenue préminente en 2006 après son invasion en Espagne. Elle s'est ensuite répandue dans les pays méditerranéens, Afrique, Moyen-Orient et Asie. Le ravageur a été signalé pour la première fois première fois en Afrique en Tunisie en 2008, et est actuellement signalé dans 41 des 54 pays africains.

Nommée en 1917 comme *Phthorimaea absoluta* par Edward Meyrick, maître d'école et l'épidéoptériste amateur britannique, l'espèce a appartenu successivement aux genres *Gnorimoschema* (en 1962), *Scrobipalpula* (en 1964), et *Scrobipalpuloides* (en 1987). Inscrit depuis 2004 sur la liste (A1) de quarantaine de l'organisation européenne de protection des plantes (Guimapi, 2016).

4. Systématique

La mineuse a été décrite pour la première fois en 1917 par l'entomologiste Meyrick au Pérou. Cette espèce a connu plusieurs appellations avant d'être nommée définitivement *Tuta absoluta* par Povolny en 1994 (Siqueira et al., 2001).

Selon Povolny (1994), cité par Badaoui (2018), la position systématique de *T. absoluta* se présente comme suit :

Chapitre II Données bibliographiques sur la mineuse *Tuta absoluta*

Règne Animal.
Embranchement Arthropodes.
Classe Insectes.
Ordre Lépidoptères
Sous ordre.....Microlepidoptères.
Famille Gelechiidae.
GenreTuta.
Espèce*T.absoluta*

(Meyrick, 1917).

5. Répartition géographique

5.1. Dans le monde :

Décrit initialement au Pérou, *T. absoluta* s'est répandu dans toute l'Amérique du Sud : Chili (1935), Argentine (1964), Bolivie et Brésil (1980) (**Siqueira et al., 2001**). En Europe, cet insecte a marqué sa présence pour la première fois en Espagne, dans le sud-est en Valence (**Urbaneja et al., 2009**).

Selon (**Elhadji ,2018**) *T.absoluta* est Signalée en Espagne en 2006 elle s'est rapidement étendue vers l'est de l'Europe, en Asie et dans le bassin méditerranéen en 2011.

Signalée au Maroc en 2008 l'espèce a envahi des pays d'Afrique subsaharienne comme le Sénégal (2013), le Niger (2013), l'Erythrée et le Soudan (2012), et s'est propagée rapidement dans d'autres pays comme l'Ethiopie (2013), le Kenya (2015), et la Tanzanie (2015). Le ravageur a également été signalé au Tchad et en Ouganda (2015) et plus récemment au Comores en Inde (2015), en Afrique du sud (2017), et au Burkina Faso (2017) (**Fig. 12**) (**Guimapi, 2016**).

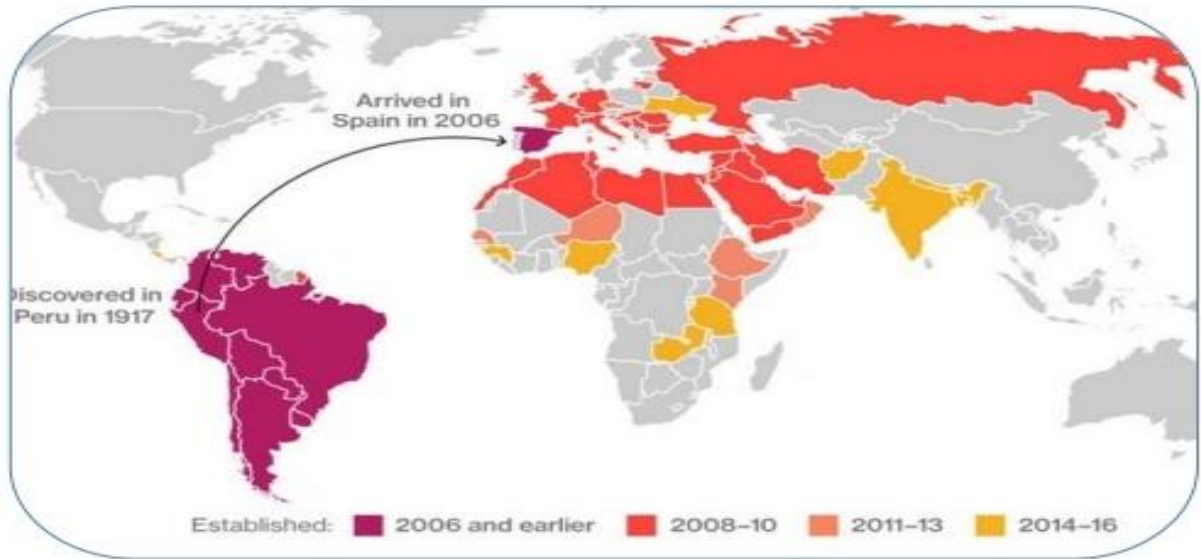


Figure 12 : Aire de répartition de *Tuta absoluta* dans le monde de l'année 2006 à 2016 (EPPO, 2016).

5.2. En Algérie :

Le ravageur a été signalé pour la première fois à la fin de l'hiver 2008 à Mostaganem (côte Ouest de la zone côtière), dans les cultures de tomate sous serre, puis s'est étendu dans les régions littorale et sublittoral vers l'Est (Berkani et Badaoui, 2008 ; Guenaoui, 2012 ; INPV, 2008).

Au printemps 2008, les premiers foyers ont été observés dans les serres de tomates 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 fruits en Mai. D'autres foyers ont également été signalés dans la commune de Hassi Bounif (prés d'Oran). La direction d'avancement du ravageur à travers le territoire national est illustrée dans la carte ci-dessous (Fig. 13) (INPV, 2008).

En 2009, 16 wilayas productrices de tomate ont été touchées par ce ravageur (Mostaganem, Chlef, El Taref, Oran, Ain Defla, Boumerdès, Alger, Bouira, Tizi-Ouzou, Bejaia, Jijel, Skikda, Mila, Tlemcen, M'Sila et Biskra) (Shogar, 2011).

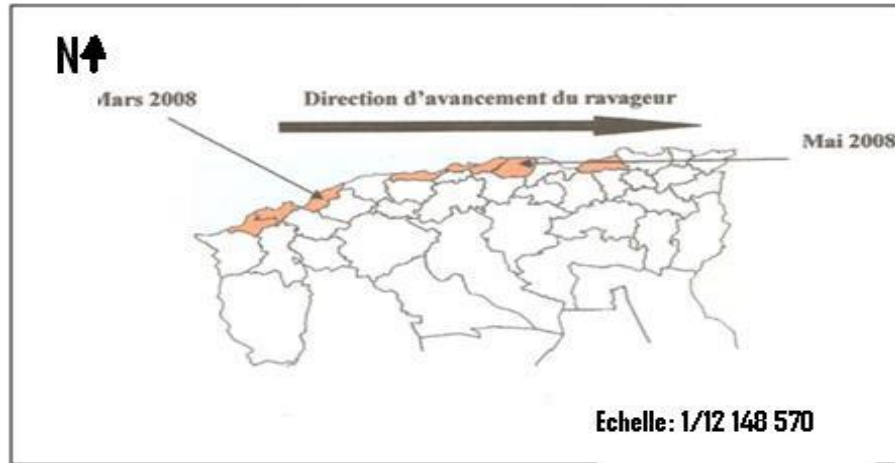


Figure 13 : Direction d'avancement de *T.absoluta* en Algérie (Shogar, 2011).

6. Morphologie de *Tuta absoluta*

D'après Meyrick, (1917), *Tuta absoluta* est un Lépidoptère ; les ailes antérieures, postérieures et le corps sont recouverts d'écailles (Mssisi, 2020).

Tuta absoluta est un microlépidoptère de 6 à 7 mm de long et de 8 à 10 mm d'envergure. Sa couleur est gris argenté avec des taches brunes sur les ailes. Les antennes sont filiformes. Les adultes sont à activité crépusculaire et se cachent durant le jour entre les feuilles (Ramel, 2010).

6.1. Œuf :

Les œufs ont une forme ovale de couleur blanche crème à jaune, mesurant environ 0,36 mm de long et 0,22 mm de large (Fig. 14). La couleur devient plus foncée à l'approche de l'éclosion des larves (Molla et al., 2009).



Figure 14 : œuf de *tuta absoluta* (INRA, 2009).

Chapitre II Données bibliographiques sur la mineuse *Tuta absoluta*

6.2. Larve :

L'insecte se caractérise par la présence de quatre stades larvaires (**Fig. 15**) bien définis et différenciés en taille et en couleur (**Tab.5**) (**Molla et al., 2009**).

Les larves plus âgées consomment plus. Leur couleur change du vert clair au deuxième stade larvaire (L2) au vert foncé au troisième stade larvaire (L3), leur taille atteint 2,8 mm au stade L2 et 4,7 mm au stade L3 (**Molla et al., 2009 ;Silva, 2008**). Au dernier stade larvaire L4, la larve atteint entre 7,3 et 8 mm ; la face dorsale prend une couleur rose clair à rouge carmin (**Molla et al., 2009**), c'est la fin du développement larvaire et le début de la phase prénymphe (**fig.16**).

Tableau 05 : Caractéristiques des différents stades larvaires de *T. absoluta* (**Silva, 2008**).

Stade larvaire	Mensurations	couleur	Forme des galeries
L1	1.6mm	claire	Rectiligne
L2	2.8 à 3mm	verte	Sinueuse développée
L3	4.5 à 4.7mm	Verdâtre (plus foncé)	Sinueuse bien développée
L4	7.8 à 8mm	Rouge carmin	Sinueuse très développée



Figure 15 :Larve L1 de *Tuta absoluta* (**INRA, 2008**).



Figure 16 : Stades larvaires de *Tuta absoluta*
L1 : larve du 1^{er} stade, L2 : larve du 2^{ème} stade, L3 : larve du 3^{ème} stade, L4: larve du 4^{ème} stade (**INRA, 2009**).

6.3. Nympe :

La nympe est de forme cylindrique mesurant 4,3 mm de large et 1,1 mm de diamètre (Fig. 17).

Elle est de couleur vers-brun, se recouvre généralement d'un cocon blanc soyeux (Molla *et al.*, 2009; Silva, 2008).



Figure 17 : Nympe de *Tuta absoluta*. A : section dorsale, B : section ventrale, C : section latérale (INRA, 2009).

6.4. Imago :

Petit papillon de nuit mesurant entre 6 et 7mm de long avec environ 10 mm d'envergure, il est de couleur grise et ses ailes sont couvertes de taches brunes (Fig. 18). Les mâles sont un peu plus foncés que les femelles. Ils sont de couleur grise et leurs ailes sont couvertes de taches brunes. Ils possèdent des antennes filiformes presque aussi longues que son corps. La femelle est légèrement plus grande que le mâle (Guenauoui, 2008).



Figure 18 : Imago de *Tuta absoluta* (INRA, 2009).

7. Biologie de *Tuta absoluta*

T. absoluta est un insecte avec de grande potentialité de reproduction. Une femelle peut en effet pondre sur la partie aérienne de la plante hôte jusqu'à 260 œufs pendant sa durée de vie (Berkani et Badaoui, 2008).

Son cycle de développement se présente en quatre stades larvaires œuf, larve, nymphe, et adulte et un état nymphal (Fig. 19) qui se fait généralement dans le sol. La durée du cycle biologique dépend des conditions climatiques et peut durer de 29 à 38 jours, où la température minimale d'activités est de 9°C (Tab. 6) (Silva, 2008).

Les œufs sont déposés sur la partie aérienne des plantes, les œufs se transforment ensuite en chenilles qui creusent des galeries dans les feuilles, tiges et fruits. Entre les quatre stades larvaires, les chenilles sortent des galeries du feuillage ou des fruits pour en creuser de nouvelles. La transformation en pupa se fait soit dans le sol, soit à la surface d'une feuille, parfois recroquevillée ou dans une galerie. Les papillons sont actifs tôt le matin et au crépuscule et se cachent entre les feuilles pendant la journée. L'hivernation se fait au stade œuf, pupa ou adulte. Au stade larvaire, *Tuta absoluta* n'entre pas en diapause tant que la nourriture est disponible (Koppert, 2009).

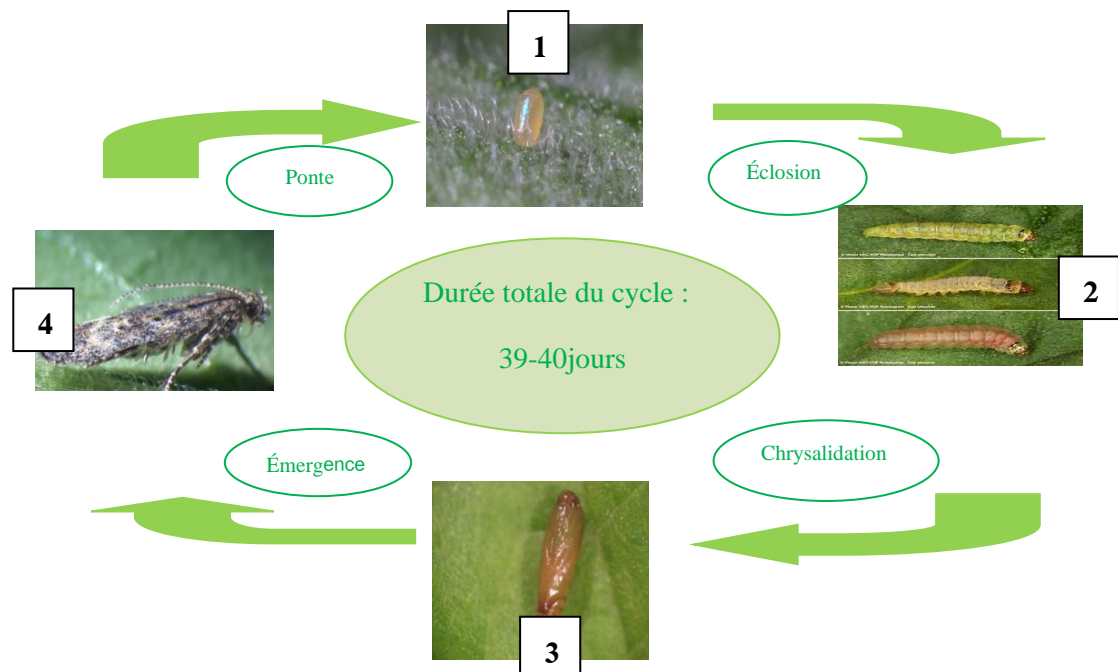


Figure 19 : Cycle de développement de *Tuta absoluta* à une T° moyenne de 19°C-20°C. 1 : incubation ; 46 jours, 2 : développement larvaire ; 12 semaines, 3: métamorphose ; 10-12 jours, 4 : vie (adulte) ; 6-7 jours (♀ : 10-15jrs, ♂ (6-7jrs)). (CSAN, 2017).

Chapitre II Données bibliographiques sur la mineuse *Tuta absoluta*

Le tableau 6 représente la durée moyenne des différents stades en fonction de la température.

Tableau 6 : La durée moyenne des différents stades (en jours) en fonction de la température (Ziri, 2011).

Stade (j) T (°C)	Oeuf	Larve	Chrysalide	De l'oeuf à l'émergence D'adulte	Adulte
15	10	36	21	67	23
20	7	23	12	42	17
25	4	15	7	26	13
30	3	11	5	20	9

8. Plantes hôtes :

Il est évident que dans la nature, les insectes phytophages ne pondent pas leurs œufs de façon aléatoire sur toutes les plantes qu'ils rencontrent dans l'habitat. Certaines femelles Lépidoptères sont effectivement capables de détecter à distance les arômes émanant des plantes hôtes (Fraival, 2009).

Peyrera et Sanchez (2006) rappellent que *Tuta absoluta* se développe principalement sur la tomate mais aussi sur diverses autres espèces de Solanacées cultivées telles que la pomme de terre (*Solanum tuberosum*), et l'aubergine (*Solanum melongena*), ainsi que plusieurs autres espèces sauvages ou ornementales comme les morelles noires et jaunes (*Solanum elaeagnifolium* et *Solanum nigrum*), la stramoine épineuse (*Datura ferox*), le datura (*Datura stramonium*), et le tabac (*Nicotina glauca*).

En effet, des espèces appartenant aux familles des Solanacées, Amarantacées, Euphorbiacées, Cucurbitacées, Géraniacées, Fabacées, Astéracées, Malvacées, et aux Chenopodiacees peuvent permettre un développement partiel ou complet du ravageur (Ouedraogo, 2020).

9. Moyens de dissémination

La mineuse de la tomate voyage sur de grandes distances grâce aux organes contaminés des plantes attaquées, surtout les fruits et les jeunes plantes (plants).

Chapitre II Données bibliographiques sur la mineuse *Tuta absoluta*

L'éventualité que cet insecte se répande à partir d'une entreprise de conditionnement qui importe des tomates d'Espagne ou du Maroc augmente en même temps que la température ambiante. On suppose en outre que ces petits papillons peuvent franchir un grand nombre de kilomètres en volant activement ou en se laissant porter par le vent (Ayachine, 2015).

10. Symptômes et dégâts

Tuta absoluta est le principal ravageur de la tomate en Afrique du Nord après son introduction au Maroc en 2008. Ce microlépidoptère est une espèce multivoltine qui se nourrit des feuilles, tiges, bourgeons, fleurs fruits. Les dommages sont produits quand les larves s'alimentent en créant des mines d'extension mésophylliennes (s'alimentent des mésophylles) sans endommager l'épiderme de feuille de ce fait, affectent la capacité photosynthétique de ces dernières et par conséquent réduisent le rendement de 50 à 100% si aucune mesure de contrôle n'est prise (Fig. 20) (Ziri, 2011).



Figure 20 : Dégâts causés par la mineuse *tuta absoluta* sur les plantes de tomate (CSAN, 2017).

Les plants de tomate peuvent être attaqués à tout stades 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 (Shogar, 2011).

Les femelles préfèrent pondre leurs œufs sur les feuilles (73%), puis sur les tiges (21%), les sépales (5%), ou les fruits verts (1%). Les premiers dégâts de *T. absoluta* sont localisés préférentiellement sur les parties jeunes des plantes : apex des feuilles, jeune fruit et fleur (Han et al., 2019).

10.1.1 Sur feuilles :

Chapitre II Données bibliographiques sur la mineuse *Tuta absoluta*

Après l'éclosion, les jeunes larves pénètrent, se nourrissent et se développent, en créant les mines et les galeries. Cette larve consomme le parenchyme en laissant les cuticules de la feuille. Les feuilles attaquées finissent par se nécroser (fig.21) (Ramel, 2010).



Figure 21 : Dégâts de *T. absoluta* sur les feuilles de tomate (Madougou, 2017).

10.2. Sur tiges :

Sur tige ou pédoncule, la nutrition et l'activité de la larve perturbe le développement des plantes elle pénètre dans les tiges et forme des galeries et laisse des déjections (fig. 22) (Ramel, 2010).



Figure 22 : Dégâts de la mineuse *Tuta absoluta* sur les tiges de tomate (Ramel, 2008).

✓ Sur les fruits :

Les tomates présentent des nécroses sur le calice et des trous de sortie à la surface. Les fruits sont susceptibles d'être attaqués dès leur formation jusqu'à la maturité. Une larve peut

Chapitre II Données bibliographiques sur la mineuse *Tuta absoluta*

provoquer des dégâts sur plusieurs fruits d'un même bouquet (**Ramel, 2010**). Les fruits sont alors invendables et impropres à consommation (**fig. 23**).



Figure 23 : Dégâts de la mineuse *Tuta absoluta* sur les fruits vert et rouge de la tomate (**CSAN, 2017**).

Chapitre III

**Gestion phytosanitaire de la mineuse
de la tomate *Tuta absoluta***

Depuis la découverte de *T. absoluta* dans sa zone d'origine et le début de son expansion mondiale en 2006 à partir de l'Europe, plusieurs méthodes de lutte ont été développées pour réduire son impact sur la production de tomate, et plusieurs études ont montré que certaines méthodes de lutte utilisées seules ou en combinaison permettraient de lutter efficacement contre le ravageur.

Un aperçu sur ces techniques permet de constater qu'il n'y a pas de méthode miracle, car chacune présente des avantages et des inconvénients sans pour autant permettre l'éradication complète du ravageur (Boumaraf, 2020).

1. Lutte préventive

La prévention correspond à la mise en place d'un ensemble de mesures pour empêcher la propagation du phytophage en réduisant les sources de l'infestation. D'abord avant le repiquage, les plants utilisés doivent être sains, sans signe de présence de *T. absoluta* et tous les plants atteints doivent être éliminés au niveau de la pépinière (Badaui, 2018).

1.1. Lutte par méthodes prophylactiques

Elles regroupent toutes les pratiques qui contribueraient à réduire le taux d'infestation au démarrage de la culture ainsi que la prolifération de l'insecte au cours de la culture.

D'abord l'enlèvement complet d'une culture infestée par la mineuse de tomate est la condition essentielle pour éviter ou du moins réduire au minimum les risques de réinfestation d'une récolte et planter des plantes saines (Mimiche et al., 2021).

Selon Ouardi et al. (2012), les mesures prophylactiques consistent en :

1-1-1- En culture sous abris :

Sous serre, il importe une bonne préparation du sol (travaux du sol et désinfection) pour éliminer les chrysalides, un aménagement d'un système de double porte (sas) pour que les serres soient bien isolées avec une protection des ouvertures des serres avec des filets insect-proof (fig. 24 A), l'entretien de l'étanchéité des serres, le maintien des serres bien propres, l'emploi d'un vide sanitaire de la serre pendant six semaines et l'emploi d'un paillage intégral du sol. Aux Canaries, des études récentes ont montré que le chauffage des serres en période hivernale à l'aide d'un système solaire passif induit une augmentation de la température nocturne de 2 à 3,1°C et une diminution de l'humidité relative de l'air de 10% avec pour conséquence une réduction de la population de *T. absoluta* (Ouedraogo, 2020).

1-1-2- En plein champ:

La mise en œuvre de cette stratégie en plein champ a consisté en la destruction des résidus de culture, en l'élimination des mauvaises herbes hôtes de *T. absoluta*, en un labour profond,

en l'élimination et en la destruction des organes atteints et des débris végétaux ainsi qu'au brûlage des restes de tomate en fin de culture. Le piégeage de masse à raison de 40 à 50 pièges/ha en plein champ est l'un des techniques principales dans cette stratégie. Et avant tout, les plantes de tomate orientés vers la plantation doit être sains indemnes de tout symptôme de présence de la mineuse (**Ouedraogo, 2020**).

1-1-3-Au cours de la production

Une surveillance du ravageur par les pièges delta à raison de 4 pièges par ha permet d'une intervention précoce avant le ravageur va propager (**fig. 35**), le désherbage des abords des serres, ou des parcelles pour éliminer les plantes hôtes adventices (**fig. 24 D et C**), avec élimination et destruction des organes atteints et des débris végétaux, juste en fin de culture, sortir et brûler les restes de plants de tomates, et bien sur respecter les règles d'hygiène fondamentales: Nettoyage des caisses et des camions de transport, etc (**Mimiche et al., 2021**).

1.2. Lutte culturale

L'efficacité de la lutte culturale comme alternative aux pesticides chimiques dépend des pratiques agronomiques (**Han et al., 2019**).

D'après **Mimeche et al.(2021)**, Les pratiques culturales permettent d'éliminer les refuges naturels du nuisible et de rompre son cycle de développement.

On note le désherbage à l'intérieur et aux alentours des serres cultivées (**fig. 24 C et D**), l'utilisation d'insectes-proof (**fig. 24 A**) au niveau des ouvertures et des portes d'entrée et l'installation de doubles-portes ou SAS, un labour profond du sol suivi par une solarisation (**fig. 24 B**) ou une désinfection par la vapeur (**fig. 24 E**) permet de détruire les chrysalides enterrées en profondeur et entraîne par conséquent l'interruption du cycle, l'élimination des feuilles basales sénescentes au niveau des cultures sous serre (pratique assez courante chez les agriculteurs) puisqu'elles présentent un niveau élevé d'infestation par les larves de *T. absoluta* (**Ayachine, 2015**). Ces feuilles doivent être éloignées de la parcelle cultivée, la rotation des cultures est possible avec d'autres plants non hôtes de ce ravageur, une période de vide sanitaire de l'ordre de 4 à 6 semaines est recommandée entre deux cultures hôtes de *T. absoluta*, la lutte par des variétés de tomate résistantes aux attaques de *T. absoluta* permet aussi de réduire les dégâts occasionnés, la culture associée de la tomate avec de la coriandre et intercalaire avec du sain foin a produit des résultats satisfaisants. En effet, les proportions une ligne de tomate sur deux lignes de sain foin et deux lignes de tomate sur deux lignes de sain foin (1T:2S et 2T:2S) ont été efficaces contre la mineuse de la tomate (**Ayachine, 2015**).

D'après **Han et al.(2019)**, les variations des apports d'eau et le niveau de fertilisation peuvent influencer le niveau de développement de *Tuta absoluta*. La réduction des apports d'eau d'irrigation réduit significativement la survie, et ralentit le développement larvaire du ravageur.

De même, un apport raisonné de la fertilisation azotée réduit la survie des larves et retarde leur développement. L'effet négatif des pratiques est attribué à la faible teneur en protéines (rapport C/N foliaire plus élevé) et à l'accumulation accrue des composés phénoliques constitutifs et des glyco-alcaloïdes dans les feuilles (**Ouedraogo, 2020**).

La désinfection des caisses et veiller à ce que les caisses ou les boîtes qui ont servi à une opération soient soigneusement désinfectées, avant d'être réutiliser pour l'opération suivante.



Figure 24 :différentes méthodes culturales et prophylactiques contre la mineuse de la tomate.

A :technique de l'insect proof, **B** :solarisation du sol, **C** :desherbage manuel, **D** :desherbage thermique, **E** :désinfection par vapeur (**Schiffers et Wainwright, 2011**).

2. Lutte curative

C'est l'ensemble des méthodes de lutte visant à soigner une plante déjà malade ou attaquée par un ravageur.

Ouedraogo (2020) a indiqué (**fig. 25 ci-dessous**) la représentation la répartition des différentes méthodes de lutte contre *Tuta absoluta* traités par les différents articles publiés. Il ressort de cette figure que la lutte biologique avec 55% est celle qui a attiré le plus l'attention des chercheurs. Elle est

suivie de la lutte sémiochimique (18%), l'utilisation des pesticides alternatifs (12%) et la lutte génétique (8%). En revanche, peu de publications ont été faites sur la lutte culturale (5%) et la lutte physique (2%).

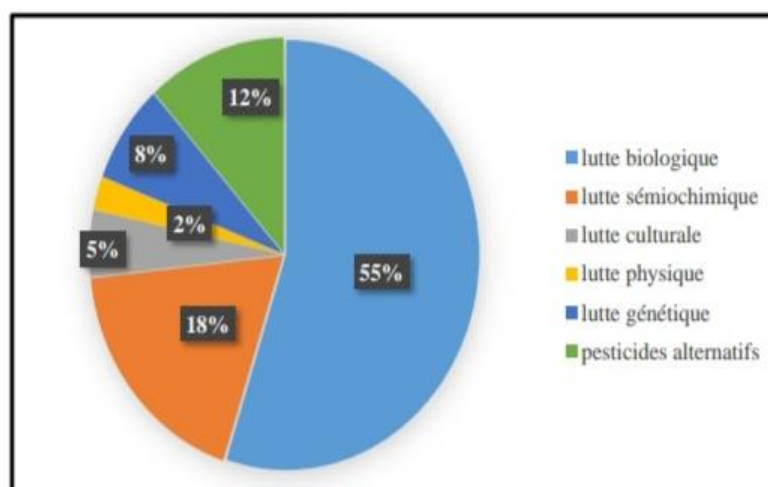


Figure 25 : synthèse de la répartition des différentes alternatives à la lutte chimique traitées par les différents articles publiés (Ouedraogo, 2020).

2.1. La lutte biologique

La lutte biologique consiste à utiliser rationnellement des organismes vivants pour contrôler, réduire, ou maintenir des espèces introduites devenues envahissantes dans les écosystèmes naturels ou devenues des « ravageurs des cultures » dans les agro-systèmes, afin d'en réduire les impacts écologiques et/ou les dommages économiques.

Cette lutte consiste à la réalisation des lâchers de prédateurs ou parasitoïdes de *Tuta absoluta* dans la culture de tomate (Ziri, 2015).

2.1.1. Utilisation des auxiliaires

La lutte biologique par l'utilisation d'auxiliaires naturels est considérée comme l'une des options de lutte les plus prometteuses contre *T. absoluta*. À l'échelle mondiale, plus de 160 espèces d'ennemis naturels sont associées à ce ravageur (Ouedraogo, 2020).

La lutte biologique à l'aide d'auxiliaires utilise une relation naturelle entre deux organismes vivants dont l'un, la cible, est considérée comme un organisme nuisible à contrôler et l'autre, l'auxiliaire ou agent de lutte, est un antagoniste de cette cible (Shiffers et Wainwright, 2004).

Badaoui (2018), a indiqué que ces auxiliaires sont soit indigènes dans le milieu et dans ce cas-là, des mesures sont mises en œuvre afin de maintenir et développer ces populations. Ou bien ils sont introduits artificiellement par des lâchers dans la zone de culture.

T. absoluta est soumise aux attaques de plusieurs ennemis naturels (Tab. 7), en effet, de nombreux prédateurs peuvent se nourrir des œufs et des larves de *T. absoluta*. Cette catégorie est montrée dans le tableau 7 suivant :

Tableau 7 : Différentes espèces d'insectes ennemis naturels de *T. absoluta* dans le monde (Badaoui, 2018).

Ordre	Famille	Espèce
Hymenoptera	Vespidae	<i>Vespa sp</i>
	Eulophidae	<i>Dineulophus phthorimaeae</i> <i>Galeopsomy sp</i> <i>Retisympiesis phthorimaea</i> <i>Necremnus artynes</i> <i>Hemiptarsenus zilahisebessi</i>
	Braconidae	<i>Apanteles gelechiidivoris</i> Marsh <i>Pseudapanteles dignus</i> Muesebeck <i>Bracon sp</i> et <i>Earinus sp.</i>
	Chalcididae	<i>Conura sp.</i>
	Trichogrammatidae	<i>Trichogramma pretiosum</i> Riley <i>Trichogrammatoidea bactrae</i> <i>Trichogramma achaeae</i> <i>Trichogramma nerudai</i>
	Bethylidae	<i>Goniozus nigrifemur</i> Ashmead
Hemiptera	Miridae	<i>Nesidiocoris tenuis</i> Reuter <i>Macrolophus pygmaeus</i> Rambur
	Nabidae	<i>Nabis pseudoferusibericus</i> Reman
	Berytidae	<i>Metacanthus tunellus</i>
	Lygaeidae	<i>Geororis sp</i>
	Pentatomidae	<i>Podisus nigrispinus</i>
	Anthocoridae	<i>Xylocoris sp</i>
Coleoptéra	Coccinellidae	<i>Cycloneda sanguinea</i> (L.)

Les prédateurs naturels sont importants pour la régulation des populations de la mineuse, avec des mortalités larvaires apparentes, atteignant des valeurs proches de 80%.

En tant que prédateurs généralistes, les mirides, ont un cycle de vie composé de plusieurs stades de tailles différentes, et donc avec des degrés différents de vulnérabilité à la prédation (Sanchez et al., 2014).

Selon **Boualem et al. (2011)** les prédateurs naturels les plus utilisées contre *T. absoluta* sont les punaises prédatrices des œufs et des larves dont *Nesidiocoris tenuis* et *Macrolophus caliginosus*.

2.1.1.1. *Macrolophus caliginosus*

Cette espèce est appelée aussi *Macrolophus pygmaeus* (**fig. 26**). C'est une punaise miride oophage (famille des Miridae) qui est largement utilisée pour lutter contre différents insectes phytophages dans le cadre de stratégies de lutte intégrée (**Urbaneja et al., 2009**).

Plusieurs études ont confirmé le fort potentiel de prédation de *M. pygmaeus* sur *Tuta absoluta*.

Ce prédateur colonise spontanément les serres de tomates dans les pays du sud de la Méditerranée (**Mollà et al., 2009**).

D'après **Ziri (2015)**, en 2011, les punaises mirides collectées au niveau de l'unité d'élevage de l'INPV ont été acheminées et lâchées (400 individus) à raison de 1 ind. /m², dans une serre protégée par le filet insect- proof et le piège à phéromone. Pour la deuxième année consécutive, l'opération de lâcher a concerné le site de l'école aux champs dans le but de vulgariser cette méthode de lutte auprès des agriculteurs avoisinants.

Mollà et al. (2009) ont indiqué que l'inoculation de *M. pygmaeus* en plein champ a entraîné une réduction des dégâts sur feuilles et fruits de tomate de l'ordre de 76 et 56% respectivement.

L'utilisation de plantes banques (c'est-à-dire des plantes qui fournissent un habitat au prédateur) améliore la capacité de colonisation de cet ennemi naturel. Ainsi, si la taille de la population locale est faible, une stratégie d'augmentation peut être adoptée. Le prédateur *M. pygmaeus* peut être lâché avant ou après le début de l'infestation du ravageur (**Urbaneja et al., 2009**).

L'efficacité de *M. pygmaeus* a également été évaluée lorsqu'il est utilisé en combinaison avec d'autres agents de biocontrôle ou avec des produits chimiques (**Backer et al., 2014**).



Figure 26 : Adulte de *Macrolophus* (ITAB ; INRA, 2014).

2.1.1.2. *Nesidiocoris tenuis* :

Est une punaise « utile », prédatrice indigène qui appartient à l'ordre des hémiptères et la famille des Miridae (**fig. 27**), elle ressemble morphologiquement à *M. caliginosus* mais en diffère par sa coloration plus foncée. La taille des adultes varie entre 3-4 mm. Son cycle biologique comprend sept stades dont l'adulte, l'œuf et les 5 stades larvaires (**Urbaneja et al., 2009**).

Une introduction de *N. tenuis* en pépinière à, Almeria, en Espagne, durant la campagne 2010-2011 a permis une protection efficace de 300 ha de tomate sous serre et de 3500 ha durant la campagne 2011-2012 (**Urbaneja et al., 2012**). La dose efficace en stratégie inondative sous serre est de 2 adultes par mètre carré. En plein champ, un lâcher augmentatif à la dose de 8000 individus par ha soit 0,8 individus par mètre carré, permet d'obtenir les mêmes résultats (**Abbes et al., 2012**).

Mollà et al. (2009) ont, également, indiqué que *N. tenuis* introduite sous serre a entraîné une réduction du taux d'infestation des feuilles et des fruits de 97 et 100% respectivement.

La combinaison de deux punaises prédatrices, *M. pygmaeus* et *N. tenuis*, lors de lâchers inoculatifs à raison de 1 à 2 prédateurs/m², montre leur efficacité sous serre et en plein champ avec des réductions des taux d'infestation de 80 et 95% respectivement (**Mimiche et al., 2021**).

Des traitements à base de *B. thuringiensis* avec des lâchers inoculatifs de *N. tenuis* sous serre a réduit les dégâts foliaires de 97% et n'a pas entraîné de dégâts sur fruits (**Mimiche et al., 2021**).

Des formulations commerciales existent et sont vendues sous le nom commercial de Nesibug dans des bouteilles de 500 unités.



Figure 27: adulte de *N. tenuis* (ITAB ; INRA, 2014).

2.1.2. Utilisation d'organismes parasitoïdes

Les parasitoïdes sont les entomophages qui pour compléter leur cycle de vie tuent leur hôte. Ils ont de grandes capacités d'orientation, de repérage, de recherche active et sont très spécifiques à leurs hôtes. En lutte biologique, les trois ordres les plus utilisés sont les Hyménoptères (87,3 %), les Diptères (12.5 %) et les Coléoptères (0.2 %) (**Boivin, 2001**).

Dans la lutte biologique par les parasitoïdes, le genre *Trichogramma* est le plus expérimenté et le plus utilisé. En serre, le parasitoïde des œufs *Trichogramma achaeae* (**fig. 28**) est le plus utilisé (**Mimiche et al., 2021**).

Les Trichogrammes sont des micro-Hyménoptères Chalcidiens de la famille des *Trichogrammatidae*. Ce sont des guêpes minuscules (< 1 mm) endoparasites obligatoires des œufs de lépidoptères (**Hawlitzky, 2015**).

Plusieurs espèces de trichogrammes ont été étudiées pour lutter contre la mineuse de la tomate, *Trichogramma pretiosum*, *T. achaeae*, *T. bactrae*, *T. nerudai* et *T. cacoeciae* (**Virgula et al., 2006; Faria et al., 2008 ; Cabello et al., 2009**)

La femelle des Trichogrammes pond ses œufs dans les œufs des parasites (**fig. 29**), les détruisant et empêchant l'émergence des chenilles. Les Trichogrammes, quant à eux, sont des parasitoïdes oophages. La larve des parasites de ce type se développe à l'intérieur de l'œuf de l'Insecte-hôte, dont l'embryon est tué à un moment plus ou moins précoce de la vie larvaire du parasitoïde. Avec les Trichogrammes, l'hôte est tué très tôt et ce sont ses tissus désintégrés et son vitellus qui servent de nourriture à la larve du Trichogramme et assurent son développement jusqu'à sa métamorphose, transformation en nymphe puis en « imago » (insecte parfait, adulte (**Hawlitzky, 2015**).

D'après **Zouba et al.(2013)**, les taux de parasitisme étaient de 63,9% et 57,1% ; avec une réduction du nombre de galeries sur feuilles de l'ordre de 87,6% et de 78,9% respectivement pour *T. bourarachae* et *T. cacoeciae* .

Selon **Mimiche et al.(2021)**, au cours d'une prospection entreprise pour déterminer la présence de parasitisme naturel, 2,5% des œufs de *T. absoluta* ont été trouvés parasités par *Tr. achaeae*, et aucun autre parasitoïde d'œufs n'a été observé. Une autre espèce de *Trichogramma* en l'occurrence *T. cordubensis*, a également été sélectionnée pour être testée, avec *Tr. achaeae*, contre *T. absoluta* sur des plants de tomates en cage (microhabitats), et l'efficacité de ces parasitoïdes pour limiter les populations de *T. absoluta* a été évaluée. Les résultats ont révélé que *T. achaeae* avait un taux de parasitisme et d'émergence élevé (29,6% et 65,9%, respectivement), par rapport à ceux observés pour *T. cordubensis* (6,1% et 39,3%, respectivement). Des essais en serre ont également été réalisés entre mai et juillet en 2013 et 2014 sur des tomates produites commercialement dans le but

d'évaluer le potentiel des lâchers massifs de *T. achaeae* pour le contrôle de *T. absoluta* dans ces conditions. La deuxième année a marqué une réduction du nombre moyen de mines foliaires et d'œufs, de larves et de pupes de la mineuse par foliole, ainsi qu'une augmentation du taux de parasitisme de *T. achaeae*.

- En Espagne, les études de **Cabello et al.(2009)** ont montré que *T. achaeae* sous serres a entraîné un taux de parasitisme allant jusqu'à 83,3% ; avec une réduction des dégâts allant jusqu'à 91,7% lorsque les plants de tomate sont infestés en moyenne par 75 adultes/m² avec des lâchers tous les 3-4 jours, durant les mois d'août septembre.

- Au Pérou, *T. bactrae* a été utilisé pour lutter contre *T. absoluta*. Au Chili, *T. nerudai* a permis d'obtenir un taux de parasitisme allant jusqu'à 79,3%. En Turquie, sept lâchers de *T. evanescens* sous serres à raison de 75 adultes/m² tous les 3-4 jours ont montré un taux de parasitisme des œufs de *T. absoluta* de l'ordre de 60,3% ; avec une réduction du nombre d'œufs, de larves et de fruits infestés de l'ordre de 63,3, 54,6 et 85,3% respectivement (**Virgula et al., 2006**).

- D'après **Cherif et Lebdi-Grissa (2013)** et **Zouba et al.(2013)**, en Tunisie, 3 lâchers de *T. cacoeciae* à raison de 30 adultes/plant/lâcher en plein champ ont montré un taux de parasitisme des œufs de la mineuse de l'ordre de 54,7%. Ainsi, le nombre moyen de larves dans la parcelle traitée a diminué et n'a pas dépassé 2,5 larves/100 feuilles en le comparant à celui du bloc témoin (7 larves/100 feuilles). Plus récemment, des lâchers de 20 trichogrammes/plant a été suffisant pour générer des réductions significatives aussi bien des populations de *T. absoluta* que des niveaux d'infestation dans les cultures de tomates en serre et en plein champ. Les taux de parasitisme étaient de 63,9% et 57,1% ; avec une réduction du nombre de galeries sur feuilles de l'ordre de 87,6% et de 78,9% respectivement pour *T. bourarachae* et *T. cacoeciae* (**Mimiche et al., 2021**).

Necremnus artynes, parasitant préférentiellement le troisième stade larvaire de *T. absoluta* et testé en plein champ, a présenté un taux de parasitisme moyen de l'ordre de 20,4%. *Bracon nigricans* est, également, signalé comme parasitant *T. absoluta* dans divers pays comme l'Italie, l'Espagne et la Tunisie (**Mimiche et al., 2021**).



Figure 28 : adulte de *T. achaeae* parasitant les œufs de *T. absoluta* (ITAB ; INRA, 2014)

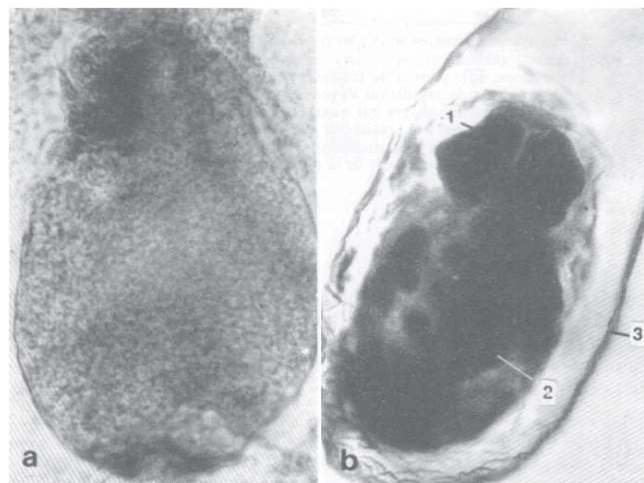


Figure 29 : La larve du Trichogramme (a), après avoir dévoré le vitellus et l'embryon du *Tuta absoluta*, se transforme en nymphe (b), qui occupe l'œuf vide. a : larve de 3e stade - la région céphalique est en haut, le reste du corps est occupé par un énorme tube digestif, rempli de l'hôte ; b : nymphe - les lobes céphaliques (1) et les ébauches d'appendices (2) sont visibles au travers du chorion de l'œuf de l'hôte (3) (Hawlitzky, 2015).

2.1.3. Utilisation d'organismes entomopathogènes

L'utilisation de micro-organismes entomopathogènes est une alternative très prometteuse pour assurer une protection phytosanitaire performante de par l'ubiquité naturelle des agents microbiologiques dans les écosystèmes, leur grande variété, leur dissémination facile, leur spécificité d'action et aussi leur persistance dans l'environnement (Jourdheuil et al., 1992). Les micro-organismes utilisés en lutte microbiologique appartiennent à plusieurs taxons à savoir les virus, les bactéries, les micro-champignons, les nématodes et les protozoaires (Ignoffo, 1973).

La lutte biologique par utilisation de micro-organismes élargit le choix d'intervention. Ces micro-organismes sont présents dans l'environnement (sol, air, eau) et infectent leur hôte soit par ingestion, par la cuticule ou par les orifices. Le pathogène se multiplie dans l'hôte en lui causant des dégâts par destruction des tissus, par septicémie ou toxémie entraînant sa mort plus ou moins immédiate (Rampelotti et al. 2007).

2.1.3.1. Les champignons entomopathogènes

Parmi les micro-organismes utilisés en lutte biologique, plus de 700 espèces de microchampignons sont entomopathogènes. Les microchampignons entomopathogènes jouent un rôle important dans la régulation naturelle des populations d'insectes, 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, œuf, larve et adulte sensibles ainsi que les piqueurs-suceurs (Schifers et Wainwright, 2011).

Parmi les champignons, les espèces des genres *Beauveria bassiana* (fig. 30), de *Metarhizium anisopliae* et d'*Aspergillus oryzae* sont les plus utilisées en lutte biologique (Mimiche et al., 2021).

Mimiche et al. (2021), ont montré que *M. anisopliae* affecte significativement les œufs (fig.31) et le premier stade larvaire de la mineuse tandis que *B. bassiana* est efficace principalement sur les œufs. Tandis que l'efficacité de *M. anisopliae* appliqué à la dose de $5,58 \cdot 10^9$ conidies/litre sur les chrysalides de *T. absoluta*.

D'après Al Eisa et al. (2017), en plein champ, des isolats de souches locales syriennes ont permis de réduire le taux d'infestation de 30% et les pertes de 44 %. Par ailleurs, une souche indigène tanzanienne de l'espèce *Aspergillus. Oryzae* à la concentration de 10^8 conidies.ml⁻¹ a induit une mortalité larvaire de 70% 3 jours après inoculation, inhibé la nymphose de 84,5% et l'émergence des adultes de 74,4% (Never et al., 2019).

Des isolats de *M. anisopliae* de 10^6 ou 10^8 spores.ml⁻¹ en application foliaire ont montré leur virulence sur les œufs, les larves de premier et de deuxième stade avec des taux de mortalité atteignant 60 à 80% (Piras et al., 2009). Une formulation commerciale appliquée avec l'eau d'irrigation à $5,58 \cdot 10^9$ conidies viables par litre a été toxique pour les chrysalides (Contreras et al., 2014). Outre *M. anisopliae*, une application foliaire de la formulation commerciale de *B. bassiana* a provoqué la mortalité de 90 à 100% des larves au laboratoire et de 46 à 75% en serre (Abd El-Ghany et al., 2018).

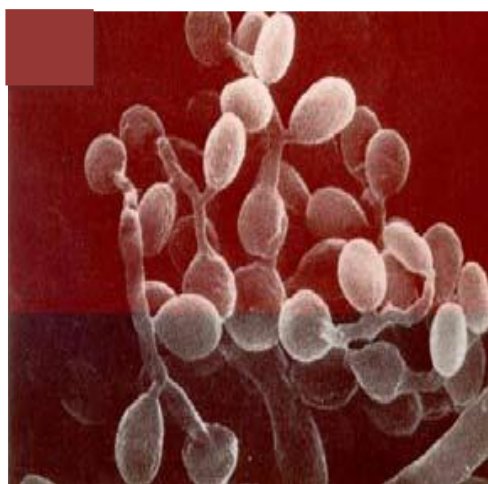


Figure 30 : Spore infectieuse de *Beauveria bassiana* (Schifers et Wainwright, 2011).

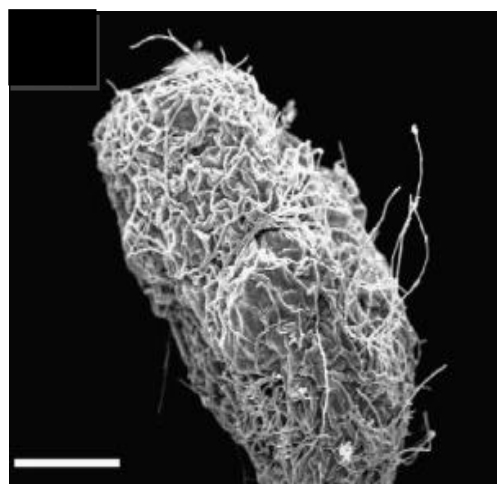


Figure 31: ultrastructure d'un œuf de *T.absoluta* colonisée par le mycélium *Metarhizium Anisopliae* (Piras et al., 2009).

2.1.3.2. Les bactéries entomopathogènes

Selon **Starnes et al., 1993**, plus d'une centaine de bactéries ont été identifiées comme ayant un potentiel d'utilisation en lutte biologique. Selon **Greathead et al., 1992**, les bactéries entomopathogènes appartiennent surtout à trois grandes familles qui sont les Bacillaceae, Enterobacteriaceae et Pseudomonaceae.

À l'heure actuelle, *Bacillus thuringiensis* Berliner et *B. sphaericus* sont les espèces les plus utilisées en lutte contre les ravageurs. La toxine (**fig. 32**) est localisée dans la paroi sporulée et va être libérée par une digestion partielle de la bactérie dans le tube digestif de la larve de l'insecte. La toxine pénètre dans la membrane péritrophique du tube digestif et empoisonne la larve (**Singer, 1981**).

D'après **Schifers et Wainwright (2011)**, certaines souches de cette bactérie possèdent une spore et une inclusion parasporale composée d'une ou de plusieurs toxines protéiques. Quatre types de toxine peuvent être isolées du *B. thuringiensis*, les α -exotoxines; β -exotoxines; δ -endotoxines et γ -exotoxines. Dans le mésenteron de l'insecte, en présence d'un pH stomacal basique (8,9), le cristal (**fig.32**) va se désintégrer pour libérer une endotoxine, un polypeptide toxique qui va provoquer une rapide baisse de l'ATP au niveau des cellules stomacales, un gonflement de cellules épithéliales, une paralysie du tube digestif et un déséquilibre ionique dans l'hémolymphe. L'insecte meurt par inanition ou par une septicémie provoquée par la multiplication de la bactérie dans l'hémolymphe et les tissus.

Les larves du premier stade sont les plus sensibles et l'application de *B. thuringiensis* qui, seule peut remplacer l'utilisation des pesticides, Des tests au laboratoire, en serre et en plein champ ont montré la capacité du *B. thuringiensis* à réduire la pression du ravageur (**González-Cabrera et al., 2011**).

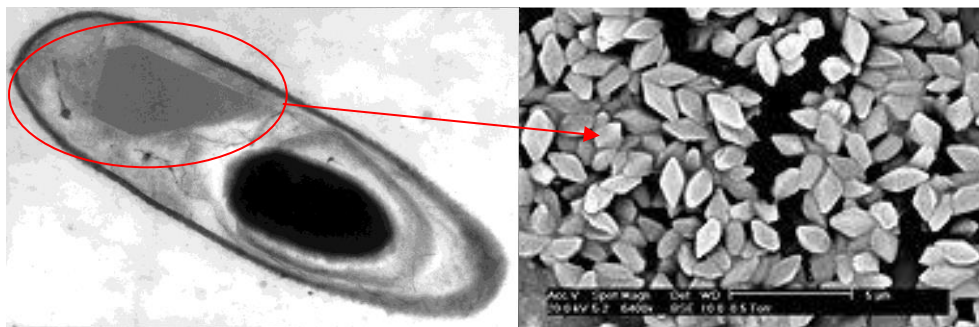


Figure 32 : coupe longitudinale de *Bacillus thuringiensis*. Observation par microscopie électronique. On distingue le cristal protéique à propriétés insecticides (inclusion parasporale de forme bipyramidale) et la spore (forme ovoïde noire) (**Schifers et Wainwright, 2011**).

2.1.3.3. Les baculovirus

Les virus sont des organismes pathogènes obligatoires, ultramicroscopiques et intracellulaires. D'après **SChifers et Wainwright (2011)**, les virus entomopathogènes sont classés selon différents critères tels que le matériel génétique, la morphologie, la taille, la présence ou non d'un corps d'inclusion ou encore l'hôte concerné. Treize familles contiennent les 650 virus entomopathogènes isolés à partir d'insectes (**Kergunteuil et al. 2016**):

Les Baculoviridae - Les Iridoviridae - Les Reoviridae - Les Entomopoxvirinae - Les Parvoviridae - Les Ascoviridae - Les Birnaviridae - Les Caliciviridae - Les Nodaviridae - Les Picornaviridae - Les Rhabdoviridae - Les Tetraviridae - Les Polydnviridae.

Une minorité de ces virus sont fréquemment retrouvées dans les populations d'insectes et ont montré un potentiel d'utilisation contre les lépidoptères (**Chifers et Wainwright, 2011**). Ces virus infectent uniquement les insectes et ne présentent donc pas de risques pour les vertébrés (**Payne,1982**).

La famille des **baculovirus (fig. 33)** (virus spécifiques des insectes et inoffensifs pour l'homme) est considérée comme la plus prometteuse pour des opérations de lutte microbiologique, en particulier en raison de son innocuité à l'égard de l'homme et des vertébrés. Les Baculoviridae désignent deux groupes de virus: les Nucleopoly-hedrovirus ou NPVs; et les Granulo virus ou GVs (**Castro et Ibarra, 2011**). Ce sont des virus en bâtonnet sans enveloppe dont le génome est constitué d'une molécule d'ADN bicaténaire (**Kouassi 2001; Castro et Ibarra 2011**). Il existe plus de 600 isolats appartenant à cette famille, dont environ 90% possèdent un hôte de l'ordre des Lépidoptères (**Castro et Ibarra, 2011**).

D'après **Mimiche et al. (2021)**, un certain nombre de chenilles sont sensibles aux virus de la granulose (type de Baculovirus que l'on rencontre chez les Lépidoptères).

La contamination des hôtes par les Baculovirus peut se faire de différentes façons: l'ingestion, les voies ovariennes et par contact direct. L'infection des chenilles par les virus (**fig. 33 A**) a lieu par ingestion des particules virales lors du broyage. La transmission virale débute par l'absorption des corps d'inclusions (OB) par les cellules épithéliales de l'intestin moyen des insectes hôtes qui sont sensibles à ces germes. Ces virus produisent dans le noyau des cellules infectées des corps d'inclusion constitués essentiellement de polyédrique. Ces polyèdres sont décomposés dans l'intestin basique des larves. La libération des virions dans les cellules intestinales se fait par endocytose (fusion membranaire). Ils infectent et se reproduisent dans les hémocytes et les tissus adipeux de l'hôte. La contamination est limitée à l'intestin moyen des insectes qui sont sensibles à ces germes

et se termine par la mort de l'insecte chez les Lépidoptères. Les virus produisent des enzymes spécifiques, appelées fécales infectées (Chifers et Wainwright, 2011).

Selon Kaoud (2014), les applications doivent coïncider avec l'éclosion des jeunes larves qui sont en effet sensibles aux viroses. Il est donc conseillé de contrôler les vols à l'aide de pièges sexuels et de suivre les avertissements phytosanitaires. Les adultes peuvent par contre être des vecteurs passifs ou transmettre la maladie à leur descendance.

Les caractéristiques principales des bioinsecticides viraux sont la spécificité, la haute virulence, la rapidité d'action et le niveau raisonnable de persistance dans l'environnement (Dent, 1991).

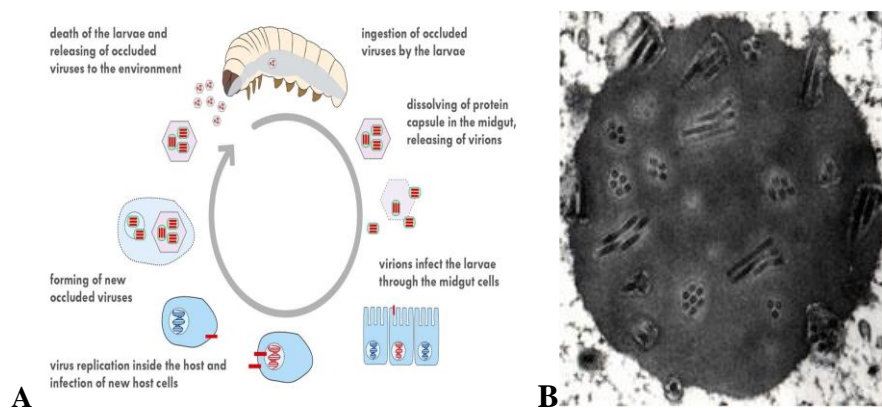


Figure 33 : mode d'action des baculovirus dans l'organisme de *Tuta absoluta*. **A** : étapes de la contamination par les baculovirus ; 1 : ingestion du corps d'inclusions (OB) virales par la larve, 2 : libération des protéines virales dans les cellules intestinales de la larve, 3 : replication à l'intérieur des cellules hôtes et infecté les cellules voisines, 4 : reformation des nouveau corps d'inclusions, 5 : explosion et mort de la larve. **B** : replication des baculovirus dans une cellule intestinale (Schifers et Wainwright, 2011).

2.1.3.4. Les nématodes entomopathogènes

Ces dernières années, la recherche s'est orientée vers les nématodes avec l'identification de deux genres (*Heterorhabditis* et *Steinernema*) comme meilleurs candidats à la lutte biologique. Au laboratoire, des souches locales de *H. amazonensis* JPM4, *S. yirgalemense*, *S. feltiae* et *S. feltiae* ont montré leur efficacité vis-à-vis des larves et des chrysalides (Van Damme et al., 2016 ; Guevara et al., 2020). Des essais au laboratoire de formulation commerciale et d'isolats de souches locales ont induit des mortalités larvaires de 89 à 100% et 12,9 à 50%, respectivement au laboratoire et en serre (Batalla-Carrera et al., 2010; Kamali et al., 2017).

2.1.3.5. Les acariens parasites

Les acariens pyemotidae ont été signalés comme ectoparasites d'un grand nombre d'arthropodes, en particulier la classe des insectes. Ils sont souvent observés en association des insectes dans différents habitats, y compris les élevages (khellaf, 2017).

Au cours d'un élevage de *Tuta absoluta*, une mortalité élevée des larves a été observée, des analyses minutieuses ont permis de confirmer le parasitisme de ces larves par un certain nombre d'acariens visibles à l'œil nu. Les acariens ont la forme de petites sphères blanchâtres, correspondant à des femelles physogastriques. Selon les travaux de (Ayachine, 2015), il s'agit de *Pyemotes sp.* Dans ce genre, il y a au moins dix espèces connues, quelques une produisent des toxines et sont capables de parasiter un grand nombre d'espèces. Il s'agit de la première observation du parasitisme des *Pyemotes sp* sur les larves de la mineuse (fig. 34 A). Ces acariens peuvent parasiter également le stade nymphal et les adultes (fig. 34 B). Il a été observé qu'en peu de temps après la fixation de ce parasite sur son hôte, les toxines émises paralysent immédiatement les larves et les adultes. L'acarien *Pyemotes sp* peut être une nouvelle alternative pour le contrôle biologique de *T.absoluta*. toutefois, cette possibilité doit être mieux comprise avant qu'elle ne puisse être recommandée, car il peut également provoquer une dermatite chez les être humains (oliveira et al., 2007).

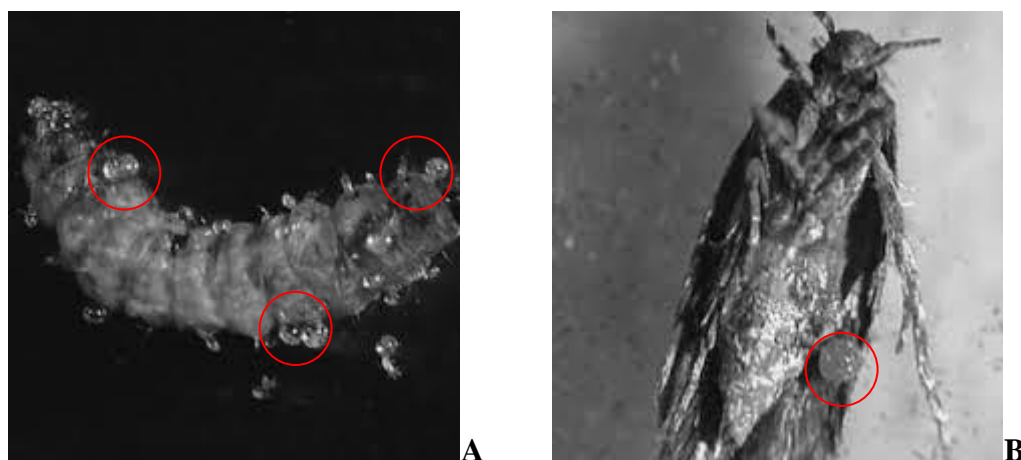


Figure 34 : larve (A) et adulte (B) de *tuta absoluta* attaquée par *Pyemotes sp* (Oliveira et al., 2007).

2.2. Lutte biotechniques


La lutte biotechnique se base sur le piégeage massif des adultes mâles de *Tuta absoluta* à l'aide des pièges : à phéromones sexuelles, à glu, à eau et des pièges lumineux.


La méthode de piégeage de masse est une technique qui consiste à utiliser une forte densité de pièges appâtés aux phéromones et placés à des endroits stratégiques dans une culture (Caparros et al., 2013).

En serre comme en plein champ, différents types de pièges sont utilisés et l'efficacité de la technique dépend du piège, de la capsule et de la densité par unité de surface. d'après **Lobos et al., (2013)**, La densité des pièges varie de 20 à 25 pièges par ha en culture sous serre et de 40 à 50 pièges par ha en plein champ lorsque la technologie est utilisée seule. En combinaison avec d'autres technologies comme les parasitoïdes ou les bio pesticides, le nombre de pièges à l'ha varie de 10 à 12.

Les pièges à eau (**fig. 35 A**) équipés d'une phéromone sexuelle commerciale TUA-OPTIMA (0.8 mg) à une densité de 32 pièges par ha permettent de réduire significativement le taux d'infestation en plein champ. Leur efficacité est améliorée lorsque le nombre de pièges atteint 48 à l'ha et l'eau associée à l'huile de vidange ou végétale (**Abbes et al., 2012 ; Lobos et al., 2013**). Dans ce cas, les pièges sont chargés de 0,5 mg de phéromone par piège et placés dans la direction du vent aux abords du champ. Même lorsque les captures initiales dans les pièges de surveillance étaient élevées, le piégeage de masse à 48 pièges ha a permis de réduire les dégâts et est économiquement viable (**Lobos et al., 2013**). Les pièges à eau équipés de phéromones sexuelles et du LED de 470 nm permettent de capturer aussi bien les mâles que les femelles de *T. absoluta* avec des résultats comparables aux traitements insecticides. Actuellement, les pièges à ferrolite de couleur noire ou blanche semblent encore plus efficaces que ceux à eau (**Polat, 2019**).

Selon **Benzara et al. (2011)**, plusieurs types de pièges peuvent être utilisés :

 Piège Delta se compose d'un fond englué qui doit être changé après sa saturation, et d'un toit en matériel durable résistant à l'eau. Il porte en son milieu un crochet pour suspendre celui-ci à 1,20m du sol. La capsule contenant la phéromone est située entre le toit et le fond englué. Elle doit être renouvelée toutes les quatre semaines (**fig. 35 B**).

 Piège Tutaroll qui est un film jaune ou transparent de 1,20m de long sur 60cm de large, dans lequel sont incorporées la phéromone femelle de *Tuta absoluta* et de la colle gluante. Le film est entouré d'un cadre en bois pour son maintien et son accrochage à l'intérieur de la serre, à 60cm environ du sol (**fig. 35 C**).


 Piège lumineux qui par le fait de son activité plutôt nocturne, des pièges lumineux avec des lampes UV capturent les mâles et les femelles de *Tuta absoluta*. Ils peuvent contribuer à limiter les populations du ravageur, à condition que celles-ci ne soient pas trop élevées (**fig.35 D**).



Figure 35 : Types des pièges utilisés contre *Tuta absoluta*. **A** : piège z eau, **B** : piège Delta, **C** : piège Tutaroll, **D** : piège lumineux (ITAB. INRA, 2014 ; Guidoum, 2020).

Certaines études ont montré que l'utilisation du piégeage de masse seul n'est pas efficace pour lutter contre *T. absoluta* vu qu'ils sont incapables de réduire les dégâts causés par ce ravageur sur feuilles et fruits. Des études réalisées sous serres ont montré que l'utilisation combinée du piégeage de masse avec les filets insectes-proof peut limiter les dégâts causés par *T. absoluta* en limitant le nombre de mines foliaires (Cherif *et al.*, 2014).

2.3. Lutte sémio-chimique

La lutte sémiochimique est une méthode alternative aux pesticides respectueuse de l'environnement. Elle est basée sur l'utilisation de phéromones sexuelles naturelles ou synthétiques qui sont des signaux émis par la femelle en vue de l'accouplement. Elles ont l'avantage d'être spécifiques, actives en de petites quantités et en majorité ne sont pas connues pour être toxiques pour les animaux (Witzgall *et al.*, 2010). Chez *T. absoluta*, la phéromone sexuelle généralement utilisée est l'acétate 3E, 8Z, 11Z (3, 8,11-tétradécatriène-1-yle ou TDTA), composé majeur à 90% et l'acétate de 3E, 8Z (3,8-tétradécadiène-1-yle ou TDDA), composé mineur à 10% (Cocco *et al.*, 2013 ; Jallow *et al.*, 2020).

La perturbation de l'accouplement est une technique qui vise à créer une confusion sexuelle chez les mâles en saturant l'atmosphère d'une phéromone femelle synthétique afin d'empêcher

l'accouplement du ravageur et, par conséquent, de réduire la population du ravageur. Ce moyen de lutte permet de réduire l'infestation et par conséquent les dégâts causés par *T. absoluta*. La confusion sexuelle sous serre est appliquée dès la détection des premiers vols et permet la protection de la culture pendant 4 mois (Cocco et al., 2013). Plusieurs études sur l'utilisation de la confusion sexuelle comme méthode de lutte ont produit des résultats peu satisfaisants (Coco et al., 2013 ; Abbes et Chermiti 2014). En serre, les résultats dépendent du niveau de confinement de la serre, de la dose de phéromone sexuelle, du nombre de diffuseurs utilisés et du niveau d'infestation (Vacas et al., 2011 ; Cocco et al., 2013 ; Jallow et al., 2020).

Une étude conduite par Vacas et al. (2011) en serre à différents niveaux de confinement avec des diffuseurs d'une densité de 500 à l'ha a montré que les serres à haut niveau de confinement avec une diffusion constante de 30g. ha-1 pendant 4 mois contrôlaient efficacement *T. absoluta*. L'utilisation d'une telle dose permet de réduire les captures de mâles de 90%, le niveau d'infestation de 57 à 85%, les dégâts de 62 à 89% (Cocco et al., 2013 ; Jallow et al., 2020). Ces résultats sont comparables à ceux obtenus avec des pesticides chimiques de synthèse (Jallow et al., 2020).

2.4. La lutte chimique

La lutte chimique est un élément incontournable pour le programme de lutte contre la mineuse de la tomate. il rentre dans le concept global de la lutte intégrée. C'est la principale mesure de contrôle utilisée par les agriculteurs afin de maintenir le nombre de ravageurs en dessous du seuil de nuisibilité (khellaf, 2017).

Elle a donné des résultats très variables selon les matières actives, tout en restant inefficace pour l'éradication complète du ravageur (Chogar, 2011).

2.4.1. Les produits phytopharmaceutiques

Le contrôle chimique basé sur l'utilisation des insecticides organiques de synthétique. Cette méthode a l'inconvénient en plus des couts élevés des insecticides de détruire les populations des ennemis naturels (Boumaref, 2017).

Lietti et al. (2005), rapportent que Les organophosphorés ont été initialement utilisés pour le contrôle de *T. absoluta*, ils ont été progressivement remplacés par des Pyréthrinoïdes pendant les années 1970. Au début des années 1980, l'utilisation du Cartap en alternance avec les Pyréthrinoïdes et le Thiocyclam a donné des résultats positifs en cette période.

Durant les années 1990, plusieurs insecticides ont été introduits, tels que l'Abamectine, l'Acylurée, le Spinosad, le Tebufonozide. Ces molécules qui ont donné satisfaction au début de leur utilisation ont commencé à perdre leur efficacité sur le terrain suite à la résistance développée progressivement par les populations de l'insecte à travers les pays d'Amérique du Sud (Suinaga et al., 2004).

Le niveau de risque évalué par les captures journalières des adultes et par l'infestation permet de raisonner la lutte chimique contre ce ravageur (Michel, 2010). En effet une capture supérieure à 30 males par semaine demande trois traitements tous les 15 jours avec des insecticides organiques de synthèse à effet de choc tout en respectant le management de la résistance au insecticides.

D'après Ziri (2011), En Algérie plusieurs matières actives répondent à cette condition tel que la Cyromazine (fig. 36A), l'association Lambda-cyhalorine et Thiamethoxam, association Chlorantraniliprole et Thiametoxam (fig.36 B), association Abamectine et Chlorantraniliprole (fig.36 C) ; et la matière active Spinetoram.



Figure 36 : Les pesticides les plus utilisés en lutte contre *T. absoluta* en Algérie. **A** : Cyromazine, **B** : Lambda-cyhalorine et Thiamethoxam, **C** : Abamectine et Chlorantraniliprole (<http://Fr.wikipedia.org>).

Malgré leurs effets néfastes sur la santé humaine et sur l'environnement, plusieurs insecticides appartenant à différents groupes chimiques ont été appliqués (Luna et al., 2014).

Selon CSAN, (2017), L'utilisation routinière et excessive des pesticides chimiques a engendré des problèmes de résistance vis-à-vis de la larve. Pour réduire cela il doivent respecter la dose recommandée sur l'étiquette, utiliser des matériels adéquats au moment de la pulvérisation des pesticides, réaliser une rotation ou une association des pesticides de mode d'action différents mais

complémentaires, utiliser les produits homologués et respecter le seuil d'intervention localement admis afin d'optimiser l'utilisation la lutte.

2.4.2. Les bio-insecticides

Les pesticides naturels d'origine végétale, constituent une alternative intéressante face aux insecticides conventionnels pour contrôler les nuisibles. Ils sont considérés comme écologiques et facilement dégradables (Soares *et al.*, 2019).

Gonzalez *et al.* (2011) rappellent que Le choix de ces molécules, relativement récent, permet de répondre non seulement aux problèmes liés à la résistance vis-à-vis des insecticides classiques, mais s'accorde aussi aux principes de développement durable, du fait de leur faible impact écotoxicologique. Ils sont utilisés sous la forme d'huile essentielle, d'huile végétale, d'extraits aqueux (fig.38), d'extraits méthanoliques et de formulations émulsifiables (EC). Ces pesticides appliqués en pulvérisation directe ou par fumigation ont des propriétés ovocides et larvicides. Ils agissent par contact, par ingestion et par inhalation.

Pour lutter contre *T. absoluta*, la capacité insecticide des huiles essentielles d'extrait des plantes locales ou en formulation commerciale a été évaluée au laboratoire et en serre avec des résultats mitigés. L'efficacité dépend de la famille de la plante et du type d'extrait utilisé (Mimiche *et al.*, 2021).

Des expériences menées au laboratoire en utilisant l'huile essentielle d'un Zingiberaceae (*Elettaria cardamomum*) (fig.37 A) montrés son efficacité sur la mineuse respectivement sur les œufs, les larves libres et dans les galeries et les adultes (Chegini *et al.*, 2017). Par ailleurs, il s'est révélé que l'huile essentielle de *Thymus capitatus* (Lamiaceae) et de *Tetraclinis articulata* (Cupressaceae) ont induit une mortalité de 80% des larves de tous les stades et de 100% de celles du premier stade après une heure d'exposition (Bouayad Alam *et al.*, 2017).

Selon Campolo *et al.* (2017), l'huile essentielle des peaux d'agrumes en application foliaire a donné des résultats similaires après 72 heures avec une concentration de 40 mg.ml⁻¹. En serre, l'huile essentielle d'orange Prev-am (ORO AGRI International Ltd) (fig.37 B), en traitement foliaire, a donné des résultats comparables à celui du lambda-cyhalothrin pour la réduction de la population de la mineuse. Cette réduction est beaucoup plus élevée lorsqu'elle est appliquée à la demi-dose recommandée associé au prédateur généraliste *Nesidiocoris tenuis* (Ndereyimana *et al.*, 2019).

En outre, in vitro, des extraits méthanoliques de plantes marocaines comme *Thymus vulgaris* (Lamiaceae), *Ricinus communis* (Euphorbiaceae), *Peganum harmala* (Nitrariaceae) et *Urtica dioica* (Urticaceae) ont provoqué un taux de mortalité de 97 %, 80 %, 65 % et 59 % respectivement des larves de deuxième stade de *T. absoluta* après 72 h d'exposition (Campolo et al., 2017) avec des huiles végétales. Des formulations émulsifiables d'Azadirachtine (Meliaceae) et d'orange (agrume) induisent des mortalités larvaires de 70 à 80 % (Abd El-Ghany et al., 2018 ; Campolo et al., 2017). En conditions naturelles (plein champ), les extraits aqueux de Caesalpinaceae, de Lamiaceae, d'Apiaceae, de Meliaceae et de Caesalpinaceae ont produit des résultats probants.

Les résultats obtenues par Silva et al. (2007) ont montré que l'utilisation d'extraits méthanoliques tirés des grains d'*Annona coriacea* (Annonaceae) sur des larves néonates de *T. absoluta* placées sur des feuilles de tomate, a montré des mortalités larvaires respectives de 86,4% pour une concentration de 0,5% et de 100% pour une concentration de 1% . L'utilisation d'extraits aqueux de feuilles et de branches de *Trichilia pallida* (Meliaceae) sur les larves de *T. absoluta*, a causé une mortalité de 86,8% à une concentration de 50% après 72h (Folcia et al., 2003). Goudarzvand Chegini et Abbasipour, (2017) ont indiqué que l'huile essentielle extraite à partir de cardamom (*Elettaria cardamomum*) (fig.37 C) est toxique à *T. absoluta* ayant un fort potentiel dans le contrôle de ce ravageur surtout dans les zones protégées.



Figure 37 : Les huiles des végétaux les plus utilisés dans la lutte contre *T. absoluta*. **A** : l'huile essentielle de Zingiberaceae (*Elettaria cardamomum*), **B** : l'huile essentielle d'orange, **C** : l'huile essentielle de cardamom (*Elettaria cardamomum*) (fr.wikipedia.org).



Figure 38 : Utilisation d'extrait aqueux de poudre de graines de neem contre *Tuta absoluta* en Niger (Madougou et al., 2017).

Les bio-insecticides à base de micro-organismes ont, également, montré leur efficacité contre *T. absoluta*. Le spinosad agit par ingestion et par contact et constitue une alternative intéressante pour la lutte contre *T. absoluta* (Mimeche et al., 2021).

Les produits contenant du *Bacillus Thuringiensis* (fig.39) sont formulés à partir des spores et des cristaux que la bactérie synthétise : les cristaux sont constitués de protoxines (ou delta-endotoxines) qui sont pathogènes, selon les souches, des larves de lépidoptères, coléoptères et diptères. Ces protoxines sont transformées en toxines actives après ingestion par les larves. Ces toxines pénètrent dans les cellules de l'épithélium intestinal, provoquant une intoxication puis un arrêt de l'alimentation. La mort des insectes intervient en 24 à 48 heures en fonction de la dose ingérée. Les traitements sont surtout efficaces sur les 1ers stades larvaires (L1 et L2) (fig.40), peu efficaces sur larves âgées et inefficaces sur les stades « œuf » et « adulte ». Les produits à base de *Bacillus thuringiensis* n'ont aucune action de contact ; ils sont non systémiques (pas de transport dans la plante par la sève) ; ils sont totalement sélectifs et ne présentent aucune toxicité pour les auxiliaires, les pollinisateurs et les vertébrés (Mimeche et al., 2021).

Ces formulations sont utilisées parce qu'elles sont respectueuses de l'environnement, inoffensives pour l'homme et l'homme et les autres vertébrés, et très compatibles avec l'utilisation des ennemis naturels. En outre, ils sont recommandés pour les traitements avant récolte et dans les cas où les populations d'insectes ont développé une résistance à d'autres produits (Mollà et González, 2011).

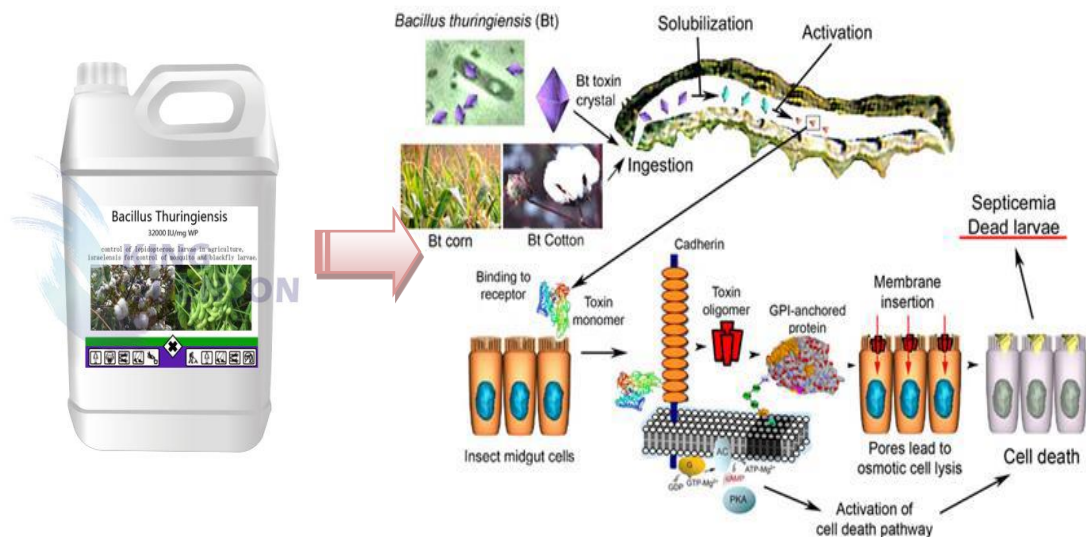


Figure 39 : Formulation commerciale à base de *Bacillus thuringiensis* (fr.wikipedia.org).

Figure 40 : Mode d'action des produits contenant Bt sur les larves L1 L2 de *T. absoluta*. ingestion, nétration, des toxines dans les cellules de l'épithélium intestinal, intoxication, et mort de la larve (Kaoud, 2014).

2.4.3. Les stimulateurs de défense

Les stimulateurs des défenses naturelles des plantes (SDN) sont une famille particulière de pesticides (Blancard, 2019), ce sont des molécules biologiques d'origine naturelle ou de synthèse capables de déclencher les événements moléculaires, biochimiques et cytologiques menant à l'expression de la résistance chez une plante. Il s'agit donc d'une sorte de « vaccin » susceptible d'activer le « système immunitaire » de la plante de telle sorte qu'une plante initialement sensible à un agent pathogène ou un bioagresseur devienne résistante.

D'après Benhamou et rey (2012), si le chitosane est connu depuis plusieurs années, d'autres SDN d'origines variées ont récemment été découvertes et certains d'entre eux ont été commercialisés. Tels sont les cas, par exemple, du Iodus40®, un polymère de β -1,3-glucanes isolé d'une algue brune, du Messenger®, dont la matière active est un peptide bactérien, ou du Stifénia® qui contient des extraits de fenugrec, une légumineuse africaine.

L'exploitation de la résistance induite en agriculture biologique ou en agriculture raisonnée (alternance entre la lutte biologique et la lutte chimique) est une stratégie qui offre de grandes promesses d'avenir, car elle est essentiellement fondée sur la stimulation des mécanismes naturels de défense des plantes. Il est cependant évident que des recherches sont encore nécessaires pour démontrer que cette approche : n'engendre aucun risque pour le consommateur (allergies ou autres

désordres), ne cause pas de baisses de rendement, ne présente pas une trop grande variabilité en termes de performance, et n'est pas trop onéreuse en comparaison avec une approche de lutte chimique (Benhamou et rey, 2012).

2.5. La lutte radiobiologique

La lutte radio-biologique est l'une des méthodes pouvant se substituer à l'utilisation des insecticides. Elle consiste en l'élevage de masse d'insectes modifiés génétiquement ou non, dont les mâles sont ensuite relâchés afin, soit qu'ils stérilisent les femelles, soit qu'ils leur transfèrent des mutations létales ou qui altéreront leur capacité à transmettre une maladie. Une variante consiste à contaminer les femelles avec des symbiotes modifiés ou non qui stérilisent les femelles ou bloquent la transmission de la maladie (le Goff et al., 2014).

Technique de l'insecte stérile

La technique de l'insecte stérile, ou TIS (fig. 41), fait partie des méthodes de lutte contre les insectes ravageurs les plus respectueuses de l'environnement, qui permettent la régulation de certains insectes tout en réduisant l'usage de pesticides (Oliva, 2020). L'irradiation, par exemple aux rayons gamma ou aux rayons X, est utilisée pour stériliser les insectes élevés en masse, ce qui les empêche de se reproduire sans toutefois les priver de leur compétitivité sexuelle. La TIS ne met en jeu aucun processus transgénique (manipulation génétique) (IAEA, 1998).

Elle consiste à lâcher, de façon répétée et massive, des individus stérilisés d'un insecte cible. Ces mâles stériles vont féconder les femelles sauvages. Les femelles sauvages vont pondre des œufs non viables. La population de la mineuse va alors diminuer. Et le fait de maintenir des lâchers de mâles stériles fréquents va augmenter la proportion mâles stériles / mâles sauvages en faveur des mâles stériles, augmentant ainsi la probabilité de rencontres entre femelles sauvages et mâles stériles (Oliva, 2020).

Selon Oliva (2020), en France, plusieurs projets sont en cours afin d'étudier sa faisabilité technique, ou de valider son efficacité dans une démarche de protection intégrée, mais aussi d'étudier son adéquation avec les enjeux et les attentes des différents acteurs. Le collectif TIS fédère les parties prenantes autour de questions transversales de la TIS, notamment ses modalités d'intégration dans le schéma organisationnel français.

La population de *Tuta absoluta* va diminuer d'autant plus. Ainsi, cette lutte n'impacte dans l'environnement que seulement sur l'espèce cible et peut permettre, à terme, son éradication si un grand nombre d'individus stérilisés est lâché sur un grand territoire sur une longue période. La

technique repose sur la capacité d'élever un grand nombre d'individus de l'espèce ciblée, les exposer à des radiations gamma qui induira une stérilité maximale, et ensuite les relâcher dans le milieu (Mimiche *et al.*, 2021).

le Goff *et al.* (2014) appelant que la TIS présente de nombreux avantages dont notamment le fait qu'elle est écologique et ne cible que l'espèce qu'on veut combattre (pas d'effets collatéraux sur les autres espèces ou organismes non cibles); elle permet de s'affranchir à terme de l'utilisation d'insecticides et peut conduire à la suppression de certaines populations de mineuse.

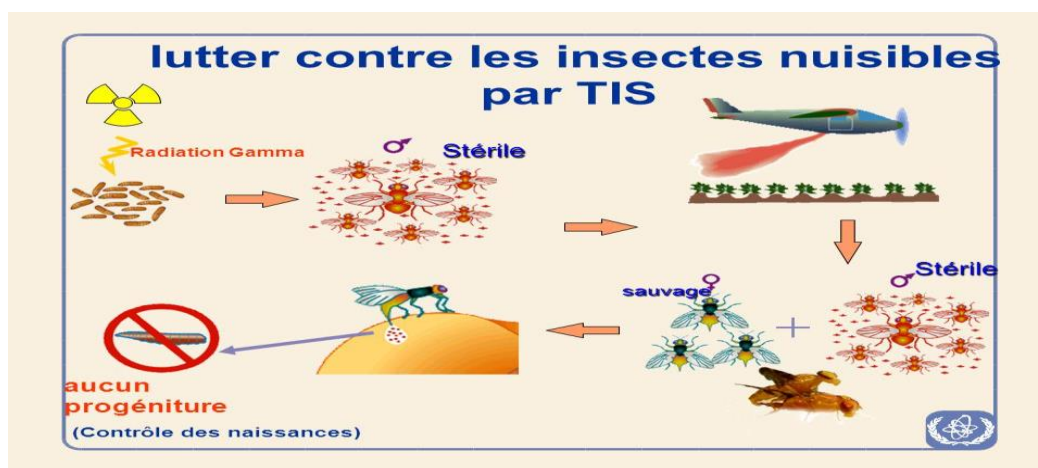


Figure 41 : Lutte contre les insectes nuisibles par la technique de l'insecte stérile. 1 : exposition au rayon Gama, 2 : stérilisation, 3 : insectes stériles, 4 : lâcher dans les champs, 5 : accouplement avec les insectes sauvages, 6 : œufs non viable (Blancard, 2012).

2.6. La lutte génétique

D'après Peixoto *et al.* (2019), la lutte génétique contre *T. absoluta* est orientée vers le développement de cultivars résistants. Les cultivars, s'ils étaient disponibles, offriraient aux agriculteurs une mesure de contrôle supplémentaire qui pourrait être utilisée avec la lutte biologique et d'autres méthodes de lutte (Ouedraogo, 2020).

Les cultivars résistants à la mineuse sont au stade de recherche/développement. Cette recherche exploite des espèces sauvages dont la résistance est basée sur des gènes producteurs de composés de défense tels que les alcaloïdes, les composés phénoliques et les terpènes et qui ont disparu avec la tomate cultivée (Boualem *et al.*, 2012). Le premier centre d'intérêt de la recherche était la densité des trichomes glandulaires, surtout les trichomes de type VI. Ces trichomes produisent des composés insecticides et répulsifs efficaces contre la mineuse. En serre et en plein champ, certains cultivars commerciaux ont montré leur résistance à *T. absoluta* (Gharekhani *et Salek-ebrahimi*, 2014). Cependant, les essais d'amélioration variétale ont conduit à une diminution des rendements.

Des essais allélochimiques sont actuellement en cours avec les acylsucres comme centre d'intérêt (Guedes et Picanco, 2012).

3. Stratégies de lutte intégrée

Selon l'Organisation Internationale de Lutte Biologique (OILB): «c'est la lutte contre les organismes nuisibles qui utilise un ensemble de méthodes satisfaisant les exigences à la fois économiques, écologiques et toxicologiques, en réservant la priorité à la mise en œuvre délibérée des éléments naturels de limitation et en respectant les seuils de tolérance (Schiffers et Wainwright, 2011).

Actuellement, la gestion de *Tuta absoluta* est fondée principalement sur l'utilisation des produits chimiques avec une grande gamme de matières actives (Mezquiriz, 2001). Les densités élevées de populations de cet insecte et leur effet sur la culture, ont incité les producteurs à réaliser jusqu'à deux applications d'insecticides par semaine, sans résultats satisfaisants, et vu les conséquences engendrées par ces produits tel que le développement du phénomène de résistance à certaines matières actives, les effets néfastes sur l'homme, les animaux, l'environnement et sur la faune auxiliaire (Sequeira et al., 2000 ; Lietti et al., 2005).

Selon Schiffers et Wainwright (2011), la lutte par pesticides seuls est peu difficile car le cycle de vie de la mineuse est relativement court et le taux de reproduction est très élevé, avec des adultes très mobiles et difficiles à atteindre avec un pesticide et larves protégées à l'intérieur de la feuille par le mésophylle de la feuille. De plus, pour être efficace, le pesticide doit être translaminaire ou systémique.

Pour ces raisons, il est nécessaire de trouver des alternatives pour le contrôle raisonnable de ce ravageur, et efficace de point de vue économique et environnemental. La gestion intégrée des ravageurs, a émergé dans la fin des années 60 comme une alternative au contrôle, c'est l'intégration d'une série de mesures de lutte, tant culturales que physiques, biologiques et chimiques, qui permet de lutter contre le ravageur de manière sûre et efficace (Schiffers et Wainwright, 2011), et la combinaison harmonieuse de deux ou plusieurs tactiques choisies selon des critères écologiques et socio économiques (Walter, 2003), qui répond aux critères de durabilité et de protection de l'environnement.

La gestion intégrée de *T. absoluta* devrait inclure une sélection de produits phytosanitaires efficaces et en même temps, sélectif sur ses ennemis naturels. En revanche, l'expérience des pays de l'Amérique latine montre que des moyens de lutte existent et sont encore efficaces. Trois traitements à base de *Bacillus thuringiensis* précédés d'un traitement à base d'Indoxacarbe, complétés par un piège

massif à l'aide de phéromones, suffisent à juguler le ravageur tout en respectant la lutte biologique (**Riquelma et al., 2006**).

Les différentes études menées en Algérie portent sur un réajustement de la stratégie de lutte, tendant vers une lutte intégrée basée essentiellement sur les mesures prophylactiques et le développement de méthodes alternatives à la lutte chimique (**Boualem et al., 2012**).



Conclusion

La tomate est le légume le plus cultivé et le plus consommé après la pomme de terre dans le monde. Elle se présente comme une culture intensive, cultivée toute l'année et par son cycle assez court avec un haut rendement.

La tomate comme toutes les cultures est gravement restée vulnérable aux différentes attaques de maladies et ravageurs, qui causent parfois des dégâts très graves, ce qui peut réduire considérablement le rendement et réduire la qualité, et donc forcément régresser la production mondiale et l'économie des pays.

Tuta absoluta est considéré comme l'insecte le plus dangereux qui attaque la tomate et qui se propage rapidement de génération en génération, ce ravageur sud américain est une source de graves dommages atteignant jusqu'à 100% sur les cultures de tomate, ses signes d'infection manifeste sous forme des galeries sur les feuilles, des nécroses sur les tiges, et des pourritures sur les fruits. *Tuta absoluta* est une menace sérieuse pour la production et l'exportation de la tomate

L'utilisation de la lutte contre ce ravageur dans diverses stratégies de protection phytosanitaire est essentielle. La stratégie de lutte doit s'inscrire dans le cadre d'un programme de protection intégrée, rassemblant toutes les mesures phytosanitaires disponibles. Il consiste à utiliser tous les moyens biotechniques sous formes de pièges pour adultes, moyens culturels tels que le labour, la rotation, le désherbage, et le bon nettoyage des outils agricoles, ou par une lutte biologique, par une augmentation de la densité des populations des auxiliaires (famille des Miridae), des parasitoïdes (la famille des trichogrammatidae), des entomopathogènes (*Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis*, et les baculovirus) afin de diminuer les populations de *Tuta absoluta*, et enfin la lutte chimique, par une application rationnelle, avec le respect des doses admissibles, tout en minimisant les applications injustifiées de pesticides. Il ne faut pas oublier aussi l'application des bioinsecticides qui considérés actuellement la meilleure alternative pour les pesticides chimiques, et ce qui, en combinaison avec la lutte biologique une pas exceptionnelle dans le domaine de l'intervention contre ravageurs.

A notre avis, une lutte intégrée incluant des techniques prophylactiques de protection précoce peut tant en ouvrir ce qui suit :

- ✓ Planter des plants sains sans signe de présence de *Tuta absoluta*.
- ✓ Bonne préparation du sol et des plantes orientés à la plantation pour éviter tous les signes de présence de *Tuta absoluta*, ses larves, et ses chrysalides.
- ✓ Bonne protection des serres et des champs par les filets, les pièges massifs...

- ✓ Destruction des débris végétaux pour éliminer tous organes contaminés.
- ✓ Le délai de vide sanitaire d'environ six semaines entre l'arrachage d'une culture infestée et la plantation doit être respecté.
- ✓ En dernier recours l'utilisation d'une protection biochimique raisonnée (par les bioinsecticides) suffisant pour une lutte réussie contre *Tuta absoluta* et même contre d'autres ravageurs.

C'est dans ce cadre-là que nous avons mené cette étude, nous avons expliqué les dommages de *Tuta absoluta* à l'échelle national et international, afin d'arriver à mettre en place des moyens de lutte plus efficaces, plus respectueux de l'environnement mais surtout plus accessibles à nos agriculteurs.



Références bibliographiques

A

- **Abbes A. et Chermiti B., 2014.** Propensity of Three Tunisian Populations of the Tomato Leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae) for Deuterotokous Parthenogenetic Reproduction Published By : Entomological Society of Southern Africa. African Entomology 22(3). Pp. 538-544.
- **Abbes K., Biondi, A., Zapallà L. et Chermiti B., 2013.** Fortuitous parasitoids of the invasive tomato leafminer *Tuta absoluta* in Tunisia. Phytoparasitica, 42(1).Pp 85-92.
- **Abbes K., Harbi A. et Chermiti B., 2012.** The tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) in Tunisia: current status and management strategies. EPPO Bull 42. Pp. 226–233.
- **Abd El-Ghany N.M., Abdel-Razek A. S., Djelouah K. et Moussa A., 2018.** Efficacy of biorational insecticides against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomatoes. Bioscience Research. 15(1). Pp.28-40.
- **Aigbedion-Atalor P.O., Oke A., Oladigbolu A., Layade A. et Igho B.I. Mohamed S.A., 2011.** *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) invasion in Nigeria: first report of its distribution. Journal of Plant Diseases and Protection. 4P.
- **Al Eisa Z., Trissi A. N., Khatib F. et El Bouhssini M., 2017.** Virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* against the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick). Arab Journal of Plant Protection. 35 (2). Pp. 103-109.
- **Ayachine M., 2015.** Lutte intégrée contre *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) sur culture de tomate en plein champ. Ecole Nationale Supérieure Agronomique ElHarrache. 139.

B

- **Backer L., Megido R.C., Haubruge E. et Verheggen F., 2014.** *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) as an efficient predator of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) in Europe. A review. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 18(4). Pp. 536-543.
- **Badaoui M., 2018.** Contribution à l'étude de la dynamique des populations de *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera ; Gelechiidae) et essais de contrôle biologique sur la culture de tomate ». Université Abdelhamid Ben Badis Moustaganem.200P.
- **Batalla-Carrera L., Morton A. et Garcia-del-Pino F., 2010.** Efficacy of entomopathogenic nematodes against the tomato leafminer *Tuta absoluta* in laboratory and greenhouse conditions. BioControl, 55(4). Pp. 523–530.
- **Belaïd D., 2016.** Algérie : la culture de la tomate, Guelma. 21P.

- **Benhamou N. et Rey P ., 2019.** Stimulateurs des défenses naturelles des plantes : une nouvelle stratégie phytosanitaire dans un contexte d'écoproduction durable. Journal de Phytoprotection. 92(1). 13P.
- **Bennasseur A., 2005.** Référentiel pour la Conduite Technique de la Culture de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.).14P.
- **Berkani A. et Badaoui M.I., 2008.** La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick 1917 (Lepidoptera: Gelechiidae). Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie, Juillet. 16P.
- **Bewley J.D., 1997.** Seed germination and dormancy. The Plant Cell. 1005 (9).13P.
- **Blancard D., 1997.** Les maladies de la tomate. Edition INRA. Paris. 212 p.
- **Blancard A., 2012.** Les stimulateurs des défenses naturelles des plantes (SDN), histoire d'une innovation phytosanitaire. Cahiers COSTECH - Cahiers Connaissance, organisation et systèmes techniques, Compiègne : UTC - Laboratoire Costech, 2018. hal-01633345v2. Paris. 19P.
- **Blancard D., 2009.** Les maladies de la tomate: Identifier, connaître, maîtriser. Edition Cemagref, INRA. France. Pp.170-179.
- **Blancard D., Messiaen C.M., Rouxel F.et Lafon R., 1991.** Les maladies des plantes maraichères.INRA. rue de l'université. Paris. 176P.
- **Boivin G., 2001.** Parasitoïdes et lutte biologique: paradigme ou panacée. OpenEdition journals. 2(2). 28P.
- **Boualem M., Allaoui H., Hamadi R. et Medjahed M., 2012.** Biologie et complexe des ennemis naturels de *Tuta absoluta* à Mostaganem (Algérie). Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. 42 (2). Pp.268–274.
- **Boualem M., Allaoui H. et Hamadi R., 2011.** Etude de la biologie de *Tuta absoluta* (Meyrick) et du prédateur naturel *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) dans la région de Moustaganem (Algérie). In : AFPP - Neuvième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture Montpellier. 26 ET 27 OCTOBRE 2011. Mostaganem. 9P.
- **Bouayad Alam S., Dib M.E.A., Djabou, N., Tabti B., Gaouar Benyelles N., Costa, J. et Muselli A., 2017.** Essential Oils as Biocides for the Control of Fungal Infections and Devastating Pest (*Tuta absoluta*) of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Chemistry and Biodiversity. 14 (7).
- **Boumaraf S., 2020.** Bioécologie générale de la tomate *Tuta absoluta* dans la région de Biskra. Université Mohamed Khider – Biskra. 58P.

- **Bouiadjra S., 2017.** Etude In vitro et In vivo du pouvoir pathogène de *Fusarium oxysporum* sur variétés fixes et hybrides de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Thèse de master en protection de culture, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem. 84P.
- **Benzara A., Selma F. et Sahraoui L., 2011.** Utilisation de quatre types de piègeage pour l'étude de la dynamique des populations de *tuta absoluta* (meyrick, 1917) (Lepidoptera : gelechiidae). Dixième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture. Montpellier. 53P.

C

- **Cabello T., Gallego R. J., Vila E., Soler A., Pino del M., Carnero A., Hernandez-Suarez E. et Polaszek A., 2009.** Biological control of the South American Tomato Pinworm, *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae), with releases of *Trichogramma achaeae* Gelechiidae), with releases of *Trichogramma achaeae*. Integrated Control in Protected Crops Mediterranean Climate IOBC /Wprs Bulletin. 49. Pp. 225–230.
- **Campolo O., Cherif A., Ricupero M., Siscaro G., Grissa-lebdi K., Russo A., Cucci, L. M., Pietro, P. Di, Satriano C., Desneux N., Biondi A., Zappalà L. et Palmeri V., 2017.** Citrus peel essential oil nanoformulations to control the tomato borer, *Tuta absoluta*: chemical properties and biological activity. SCIENTIFIC REPORTS. 7. 1p–10p.
- **Cantener L. P., 1834.** Histoire naturelle des lépidoptères rhopalogères ou papillons diurnes. Robert libraire. Paris. 10. 220P.
- **Caparros Megido R., Haubruge F. et Verheggen F.G., 2012.** First evidence of deuterotokous parthenogenesis in the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). J Pest Sci.85. Pp. 409–412.
- **Caparros R. M., Haubruge E. et Verheggen F. J., 2013.** Pheromone-based management strategies to control the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae). A review. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 17(3). Pp. 475–482.
- **Caron M., 2018.** Plante de tomate : structure et vie. Futura planète. 12P.
- **Castresana J. et Puhl L., 2017.** Comparative study among a variety of solar-powered LED traps to capture tomato leafminers *tuta absoluta* adults by mass trapping in tomato greenhouses in the Province of Entre Ríos, Argentina [Estudio comparativo de diferentes trampas de luz (LEDs) con energía solar para la captura masiva de adultos polilla del tomate *Tuta absoluta* en invernaderos de tomate en la provincia de Entre Ríos, Argentina].

- **Castro R., Ma Cristina Del Rincón. et Jorge E Ibarra., 2011.** Entomopathogenic Viruses. Entomopathogenic_Viruses.
- **Chaux C.L. et Foury C.L., 1994.** Cultures légumières et maraichères. Tome III : légumineuses Potagères, légumes fruit .Tec et Doc Lavoisier. Paris. 563p.
- **Chaux C.L., 1971.** Livre Classification de Nic- 2de édition, version.del tomate. 310p.
- **Chegini S. G. et Abbasipour H., 2017.** Chemical composition and insecticidal effects of the essential oil of cardamom, *Elettaria cardamomum* on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* Chemical composition and insecticidal effects of the essential oil of cardamom , *Elettaria cardamomum* on the tom. Toxin Rev. 36(1). Pp12–17.
- **Cherif A. et Lebdi-Grissa K., 2013.** Control of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera; Gelechiidae) using the mass trapping tool in tomato open field plot and greenhouses in Tunisia. Agriculture Science Research Journal. 4(10). Pp. 161- 173.
- **Chermi B. et Abbes K., 2012.** Comparison of pheromone lures used in mass trapping to control the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) in industrial tomato crops in Kairouan (Tunisia). Bulletin OEPP/EPPO. 42(2). Pp.241-248.
- **Chogar S., 2011.** Bioécologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (MEYRICK, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) sur trois variétés de tomate sous serre (Zahra, Dawson et Tavira) dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Université Mouloud Mammeri de TIZI-OUZOU.122P.
- **Cirad et Gret., 2003.** Mémento de l'agronome. Centre de coopération Internationale en Recgerce Agronomique pour le Développement et Groupe de Recherche et de l'Echanges Technologiques. Edition Quae. France 11T. Pp.836-858.
- **Cocco A., Deliperi S. et Delrio G., 2013.** Control of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera : Gelechiidae) in greenhouse tomato crops using the mating disruption technique. J. Appl. Entomol. (137). 16–28.
- **Contreras J., Mendoza J. E., Martinez-Aguirre M. R., Garcia- Vidal L., Izquierdo J., Bielza Cross WH., Moser JC. et Rack G., 2014.** Some new forms of Pyemotes (Acarina: pyemotidae) from forest insects, with remarks on polymorphism. Internat J. Acarol. 7. Pp.179-196.
- **CSAN., 2017.** La chenille mineuse (*Tuta absoluta*) : une menace sérieuse pour la culture de la tomate au Niger. (1). 4P.

- **Dent D R., 1991.** Insect pest management, ed. CAB International, UK.v Debach, P. et B. Barlett 1951. Effects of insecticides on biological control of insect pest of citrus. J. Econ. Entomol. 44. Pp.372-383.
- **Diehl R., 1979.** Agriculture. Ed. Bailliere. 249P.
- **Donald G.et Barceloux M.D., 2009.** Potatoes, tomatoes, and solanine toxicity (*Solanum tuberosum* L., *Solanum lycopersicum* L.). 402P.
- **Dorais M. et Ehret D.L., 2008.** Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: From the seed to the consumer. *Phytochemistry Reviews*. 7(2). Pp.231-250.

E

- **Elhadji S., 2018.** Invasion de la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae) au Sénégal : dynamique des populations, gamme d'hôtes et potentiel de régulation biologique.47P.
- **EPPO., 2011.** First report of *Tuta absoluta* in Bulgaria. *EPPO Reporting Service*, 1(2). 2P.

F

- **FAO., 2008.** L'actualité agricole en Méditerranée. Ed. CIHEAM .33P.
- **Faria C.A., Torres J.B., Fernandez Vieira A.M. et Isidro Faries A.M., 2008.** Parasitism of *Tuta absoluta* in Tomato plants by *Trichogramma pretiosum* Riley in response to host density and plants structures. *Ciência Rural*. 38 (6). 13p.
- **Folcia A.M., Gaudio G., Franzetti D., Botto E.N. et Mareggiani G., 2003.** Effect of vegetal extracts on the survival of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Acta Toxicol. Argent.* 11(1). Pp7-47.
- **Franz J. M., 1971.** Influence of environment and modern trends in crop management on microbial control. In: Burgess, H. D. and Hussey, N. W. (eds), *Microbial control of Insects and Mites*. Academic Press, London. Pp.407-44.
- **Fralval A., 2009.** un insecte à la page : la mineuse Sud américaine de la tomate malvenue dans l'Ancien Monde. *Revue INSECTES* 12. 154 (3). 2P.

G

- **Gacemi A. et Guénaoui Y., 2012.** Efficacy of emamectin Benzoate on *Tuta absoluta* Meyrick (Gelechiidae) infesting a protected tomato crop in Algeria . *Academic Journal of entomology*. 5(1). Pp.37-40.
- **Gallais A. et Bannerot H., 1992.** Amélioration des espèces végétales cultivés objectif et critères de sélection. INRA, Paris. 765p.

- **Gharekhani G. H. et Salek-Ebrahimi H., 2014.** Life Table Parameters of *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae) on. 1985. Pp.1765–1770.
- **Goettel M.S., 1992.** Des champignons comme agents de lutte biologique. In La lutte biologique contre les acridiens, sous la direction de C.J. Lomer et C. Prior. Pp122-131.
- **Gonzalez-Cabrera J., Mollà O., Monton H. et Urbaneja A., 2011.** Efficacy of *Bacillus thuringiensis* (Berliner) in controlling the tomato borer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *BioControl* 56.Pp.71–80.
- **Goudarzvand Chegini S. et Abbasipour H. 2017.** Chemical composition and insecticidal effects of the essential oil of cardamom, *Elettaria cardamomum* on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta*. *Toxin review*, 36 (1): 12-17.
- **Goullé J.P., Pépin G., Dumestre Toulet V. et Lacroix C., 2004.** Botanic, chemistry and toxicological review of the hallucinogen solanacies: deadly nightshade, jimsonweed, henbane, mandrake. *Annales de Toxicologie Analytique*, XVI (1). 15P.
- **Grassely D., Navez B. et Letard M., 2000.** Tomate pour un produit de qualité. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes. Paris. 222P.
- **Greathead D. J., Kooyman C., Launois-Luong M. H. et Popov G. B., 1994.** Les ennemis naturels des 8°criquets du Sahel. Collection acridologie opérationnelle N CILSS/DFPV, Niamey, Bp 12625. Niger.
- **Greathead, D. J., 1992.** La lutte biologique, arme prometteuse pour les acridiens. In la lutte biologique contre les acridiens. Pp. 4-7.
- **Guedes R. N. C. et Picanco M. C., 2012.** The tomato borer *Tuta absoluta* in South America : pest status , management and insecticide resistance. 42. 211p–216p.
- **Guentaoui Y. et Ghelamallah A. 2008.** *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep: Gelechiidae) a new pest on tomato in Algeria. First data on its development time at different temperatures.
- **Guevara E J., Porcel M., Calixto A M., Bueno V D P. et Jur M A., 2020.** Interactions between the Nematode *Heterorhabditis amazonensis* JPM4 and the Predator *Macrolophus basicornis*.
- **Guignard J.L. et Dupont F., 2012.** Botanique les familles de plante. Edition Elsevier Masson .France, 300 P.
- **Guimapi R., Mohamed S., Okeyo G., Ndjomatchoua F., Ekesi S. et Tonnang H., 2016.** Modeling the risk of invasion and spread of *Tuta absoluta* in Africa. *Ecological Complexity*.Kenya.17P.

H

- **Han P., Desneux N., Becker C., Larbat R., Le Bot J., Stéphane B., Adamowicz S., Zhang J. et Lavoit A-V. 2019.** Bottom - up effects of irrigation, fertilization and plant resistance on *Tuta absoluta* : implications for Integrated Pest Management. *Journal of Pest Science*. 92(4).1359–1370.
- **Hawlitzy N., 2015.** la lutte biologique à l'aide de Trichogrammes. *Courrier de la Cellule Environnement de l'INRA*. n (16). 18P.
- **Heimpel A.M., 1967.** A critical review of *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* Berliner and other crystalliferous bacteria. *Ann. Rev. Entomol.* 12(287).
- **Heuvelink E., 2005.** Overcoming seasonality in the tropics by growing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) varieties under cooled conditions. *Agricultural Sciences*. 3(4). 13P.
- **Hoffman, J.D., Ignoffo, C.M. et Dickerson W.A., 1975.** In Vitro Rearing of the Endoparasitic Wasp, *Trichogramma pretiosum*1,3. *Annals of the Entomological Society of America*. 68(2). Pp.335–336.

I

- **IAEA., 1998.** Technique de l'insecte stérile. Agence internationale de l'énergie atomique, centre international de Vienne.3P.
- **Ignoffo, C. M., 1973.** Effects of Entomopathogens on Vertebrates. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 217. Pp. 141-165.
- **INPV., 2008.** Nouveau prédateur de la tomate : etas des lieux et programme d'action » Note de L'Institut National de la Protection des Végétaux, Ministère de l'Agriculture, Algérie, Juillet 2008. 11P.
- **INRA., 2019.** Institute National de la Recherche Agronomique <http://www.ephytia.inraa.fr>.
- **ITAB., INRA., 2014.** Stratégies de protection des cultures des tomates sous abri *contre Tuta absoluta*.16P.

J

- **Jallow M. F. A. Dahab A. A., Albaho M. S., Devi V. Y., Jacob J. et Al-Saeed O., 2020.** Efficacy of mating disruption compared with chemical insecticides for controlling

Tuta absoluta (Lepidoptera : Gelechiidae) in Kuwait. Applied Entomology and Zoology (2020) 55(2). Pp. 213–221.

- **Jourdheuil P., Grison P. et Fraval A., 1992.** La lutte biologique: un aperçu historique. La lutte biologique. Dossier de la Cellule environnement de l'INRA 5.Pp.11-35.

K

- **Kamali S., Karimi J. et Koppenhöfer M. A., 2017.** New Insight into the Management of the Tomato Leaf Miner, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) with Entomopathogenic Nematodes. Journal of Economic Entomology. 111(1). Pp.112–119.
- **Kaoud H., 2014.** Alternative methods for the control of *Tuta absoluta*. Global journal of multidisciplinary and applied sciences. 2(2). Pp. 41-48.
- **Kergunteuil A., Moe B., Ludovico F., Zhenggao X., Emmanuel D. et Sergio R., 2016.** “Biological Control beneath the Feet: A Review of Crop Protection against Insect Root Herbivores.” Insects 7 (4). 70P.
- **Khellaf N., 2017.** Contribution à la lutte intégrée contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*(Meyrick, 1917) (Lepidoptera:Gelechiidae) sous serre. Thèse de vue de l’obtention du Diplôme de Magister en science agronomiquesécole nationale supérieure Agronomique. Moustaganem. 96P.
- **Kopper T., 2009.** *Tuta absoluta* un lépidoptère particulièrement dangereux pour les cultures de tomates. Pp.46-53.
- **Kouassi M., 2001.** “Les possibilités de la lutte microbiologique.” Vertigo - la revue électronique en sciences de l’environnement. 2 (2).
-

L

- **Lacroix M., 1999.** Impact de certains organismes pathogènes nouveaux ou en ré-émergence sur les productions horticoles au Québec. 80 (2). Pp.115-120.
- **Le Gall P. et Casevitz-Weulersse J., 1995.** Les insectes Lépidoptères. In : les insectes Lépidoptères. 120. Masson, Paris. Pp. 17-22.
- **Le Goff G., Boyer S., Lebon C. et clement Gouagna L., 2014.** Technique de l'insecte stérile à la Réunion : comprendre le fonctionnement de la cible.2P.
- **Lietti M.M.M., Botto E. et Alzogaray R. A., 2005.** Insecticides resistance in Argentine populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Neotropical Entomology. 34(1). Pp. 113-119.

- **Ligia Lopez M., 2017.** Manual técnico del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*). Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. Costa Rica. 130P.
- **Lobos E., Occhionero M., Werenitzky D., Fernandez J., Gonzalez L. M., Rodriguez C., Calvo Luna M. G., Sanchez N.E. et Pereyra P.C., 2007.** Parasitism of *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae) by *Pseudapanteles dignus* (Hymenoptera, Braconidae) under Laboratory Conditions: entomological Society of America environ. entomol. 36(4). Pp.887-893.
- **Lobos E., Occhionero M., Werenitzky D., Fernandez J., Gonzalez L. M., Rodriguez C., Calvo Lopez G. et Oehlschlager A. C., 2013.** Optimization of a Trap for *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae) and Trials to Determine the Effectiveness of Mass Trapping. Neotrop Entomol. (42). Pp. 448–457.
- **Luna-Guevara M et Delgado-Alvarado A., 2014.** Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Avances en Investigación Agropecuaria. 18(1). Pp.51-66.

M

- **Madougou G., Haougui A., Dan Mairo A M., Salissou O., Gougari B., Kimba A. et Delmas P., 2017.** La Chenille mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917). 6P.
- **MADR., 2009.** Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Direction des Statistiques. 62P. Management of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Tanzania. Acta Horticulturae, 1225. Pp. 451-455.
- **Mezquiriz N., 2001.** Control de la polilla del tomate (*Tuta absoluta*). Bol. Hort. UNLP 28. Pp.4-8.
- **Michel P., 2010.** Mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1919). Union des industries de la protection des plantes -Des produits utiles- des entreprises responsables- UIPP, LNPV Angers. 15p.
- **Mimeche F., Ziden A. et Droual H., 2021.** Comparaison de deux parasitoïdes: *Bracon hebetor* Say et *Phanerotoma flavitestacea* Fisch dans la lutte contre l'*Ectomyelois cereatoniae* Zell. Dans les Oasis des Zibans (Algérie). Numéro spécial – Actes du 6ème Meeting International "Agriculture Oasienne et Développement Durable Zarzis, Revue des régions arides. Institut des régions arides- Médenine-Tunisie. 2 (46). Pp.335-335.

- **Mollà O., Monton H., Vanaclocha P., Beitia, F. et Urbaneja, A. 2009.** Predation by the mirids *Nesidiocoris tenuis* and *Macrolophus pygmaeus* on the tomato borer *Tuta absoluta*. IOBC WPRS Bulltin. 49. Pp. 209-214.
- **Msissi D., Nicodemus D. et Kimbokota F., 2020.** Attraction of female tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera:Gelechiidae) to shared compounds from hosts. *Phytoparasitica*. 10P.

N

- **Nechadi S., Benddine F., Moumen A. et Kheddami M., 2002.**Etat des maladies virales de la tomate et stratégie de lutte en Algérie. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. 32. Pp.21–24.
- **Never Z., Madundo M., Srinivasan R., Musa C., Patrick A. N. et Ernest R. M., 2019.** First record of an entomopathogenic fungus of tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) in Tanzania. *Biocontrol Science and Technology*. Pp. 626-637.
- **New Zealand J. Agric. Res. 8.** Pp. 450-478.
- **Nuyttens D., Casteels H. F., Maes M., Tirry L. et De Clercq P., 2016.** Efficacy of entomopathogenic nematodes against larvae of *Tuta absoluta* in the laboratory. *Pest Management Science*. 72 (9). Pp.1702-1709.

O

- **Oliviera C., Matos C. et Hatano E., 2007.** Occurrence of *pyemotes* sp. On *Tuta absoluta* (Meyrick). *Bras,arch,boil,technol*. 50(6). Pp.929-932.
- **Oliva C., 2020.** La Technique de l'Insecte Stérile : ses perspectives d'adoption en France : Infos CTIFL. 359. Pp.34-37.
- **Ouedraogo D., 2020.** Recherche d'alternative aux pesticides chimiques pour lutter contre *Tuta absoluta* (Meyrick, 1971) et de stratégies d'optimisation de l'utilisation de *Nesidiocoris tenuis* (Reuter, 1895) prédateur de ce ravageur au Bourkina Fasso. 87P.
- **Ouardi K., Chouibani M., Rahel M.A. et El Akel M., 2012.** Stratégie Nationale de lutte contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. 42 (2). Pp.281–290.

P

- **Payne, C. C. 1982.** “Insect Viruses as Control Agents.” *Parasitology* 84 (04). 35p–77p.
- **Pereira L. M., 2019.** Hierarchical and optimization methods for the characterization of tomato genotypes. *Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental*. 23 (1). Pp. 27-32.

- **Peyrera P.C. et Sanchez N., 2006.** Efect of two plants on developmental and population parameters of the tomao leaf Miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae). *Neoptical Entomology*. 35 (5). Pp.671-676.
- **Peixoto J.V. M., De Almeida R. S., Da Rocha J. P. R., Maciel G. M., Santos N. C. et Pereira L. M., 2019.** Hierarchical and optimization methods for the characterization of tomato genotypes. *Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental*. 23 (1). Pp. 27-32.
- **Pires LM., Marques E.J., Olieira J.V. et Alves S.B., 2008.** Selection of Isolates of entomopathogenic Fungi for Controlling *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) and their Compatibility with Insecticides Used in Tomato Crop. *Neotropical entomology*. 39(6). Pp.977-984.
- **Pires L M., Marques E J., Wanderley-Teixeira V., Teixeira A A C., Alves L C. et Alves S B., 2009** .Ultrastructure of *Tuta absoluta* parasitized eggs and the reproductive potential of females after parasitism by *Metarhizium anisopliae*. *Micron*.(40).Pp.255-261.
- **Polaszek A., 2009.** Biological control of the South American Tomato Pink worm, *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae) with releases of *Trichogramma achaeae* (Hym.: Trichogrammatidae) on tomato greenhouse of Spain. *Blog cientifico-tecnico sobre la Tuta absoluta*. 6p.
- **Polat B., 2019.** Efficacy of mass trapping of tomato leafminer (*tuta absoluta*) with different types and colours of traps in open- field tomato. *applied ecology and environmental research*.17(6).Pp.15721-15730.
- **Polese J.M., 2007.** La culture des tomates. Artémis pour la présence édition. France. 23 P.
- **Ponti L., Gutierrez A.P. et Altieri M.A., 2012-** Holistic managment of invasif species: the case study of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae. *Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia Anno LX*. Pp.125-136.
- **Povolny D., 1994.** On three neotropical species of Gnorimoschemini (Lepidoptera: Gelechiidae) mining Solanaceae. *Acta Universalis Agriculturae*. (23). 379-393.
- **Prinsb M., De Vosb M., Haringa A. M. et Schuurinka R. C., 2012.** Improved herbivore resistance in cultivated tomato with the sesquiterpene biosynthetic pathway from a wild relative. Editorial Board. Published By: Entomological Society of Southern Africa. *African Entomology* 22(3).Pp. 538–544.

- **Ouardi., K., Chouibani M., Rahel M A. et El Akel M., 2012.** Stratégie Nationale de lutte contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick). Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. 42 (2). Pp. 281–290.

R

- **Ramel. G., 2010.** *Tuta absoluta* Meyrick (1917). Elément de reconnaissance. INPV Montpellier. Station d'entomologie. 2p.
- **Rampelotti F.T., Ferreira A., Prando H.F., Grutzmacher A.D., Martins S. J.F., Tcacenco F.A. et Mattos M.L.T., 2007.** Patogenicidade de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin sobre as fases do desenvolvimento de *Tibraca limbativentris* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) em condicoes de laboratorio. Arq. Inst. Biol. 74 (2). Pp.141–148.
- **Rey Y. et Costes C., 1965.** La physiologie de la tomate, étude bibliographique .INRA.111p.
- **Riquelma V., Maria B., Botto N. et Lafalce C., 2006.** Evaluación de algunos insecticidas para el control de la « polilla del tomate », *Tuta absoluta* (Lepidoptera :Gelechiidae) y su efecto residual sobre el parasitoide *Trichogrammatoidea bactrae* (hymenoptera :Trichogrammatidae), Rev.Soc.Entomol.Argent.65 (3-4). Pp. 57-65.

S

- **Sanchez J., La-Spina M. et Lacaza A., 2014.** Numerical response of *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae) preying on *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in tomato crops. Eur. J. Entomol. 111(3). Pp.387–395.
- **Schiffers B. et Wainwright H., 2011.** Lutte biologique et protection intégrée. PIP c/o COLEACP. Belgique.124P.
- **Sequeira H.A., Guedes R.N. et Picanco M. C., 2001.** Insecticides resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Agric. And Forest Entomol. 23. Pp. 431-434.
- **Shankara N., De Jeud J.V.L., De Jeffau M., Hilmi M. et Vandam B., 2005.** La culture de tomate, production, transformation et commercialisation. Ed. Wageningen, Pays-Bas. 105p.

- **Silva A.P.T., Pereira M.J.B. et Bento L.F., 2007.** The methanolic extract of the seed of *Annona coriácea* (Mart) about the mortality of tomato's moth caterpillars (*Tuta absoluta*). *Rev. Bras. De Agroecologia*. 2 (2): 150-153.
- **Silva S.S., 2008.** Reproductive biology factors influencing the behavioral management of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae); dissertação apresentada ao Programa.17P.
- **Singer S., 1981.** Potential of *Bacillus Sphaericus* and related spore-forming bacteria for pest control. In: Burgess, H. D. (ed.) *Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970-1980*. Academic Press, New York. Pp.283-98.
- **Siqueira H.A., Guedes R.N.C., Fragoso D.B et Magalhaes C., 2001.** Abamectin resistance and synergism in Brazilian populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *International Journal of Pest Management*. 47(4). Pp.247-251.
- **Snoussi S A., 2010.** Étude de base sur la Tomate en Algérie. Rapport de mission .FAO. Rome. 53p.
- **Soares M. A., Campos M. R., Passos L. C., Carvalho G. A., Haro M. M., Violette A., Antonio, L., Lucia B. et Nicolas Z., 2019.** Botanical insecticide and natural enemies : a potential combination for pest management against *Tuta absoluta*. *Journal of Pest Science*, 92(4). Pp. 1433–1443.
- **Starnes R. L., Liu C. L. et Marone P. G., 1993.** History, use and future of microbial insecticides. *Amer. Entomol.* 39. Pp. 83-91.
- **Suinaga F.A., Casali V.W.D., Picanço M. et Foster J., 2004.** Genetic divergence among tomato leafminer populations based on AFLP analysis pesq. *Agropec bras, Brasília*. 39(7). Pp. 645-651.

U

- **Urbaneja A., Cabrera J. G., Arnó J. et Gabarra R., 2012.** Prospects for the biological control of *Tuta absoluta* in tomatoes of the Mediterranean basin. *Pest Manag. Sci.* 68(9). Pp.1215–1222.
- **Urbaneja A., Monton H. et Molla O., 2009.** Suitability of the tomato borer *Tuta absoluta* as prey for *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis* .Unidad de entomologia , Centro de Protection Vegetal Y Bioltecnologia , Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) ,Valescia, Spain .*Journal Compilation*. Blackwell Verlag. Berlin .Pp.1-5.

V

- **Vacas S., Alfaro C., Primo J. et Navarro- Ilopsi V. 2011.** Studies on the development of a mating disruption system to control the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* Povolny (Lepidoptera : Gelechiidae). *Pest Manag Sci* 2011; 67: 1473–1480, February. Pp. 1473–1480.
- **Van Damme V.M., Beck B. K., Berckmoes E., Moerkens R., Wittemans L., De Vis R., Nuyttens D., Casteels H. F., Maes M., Tirry L. et De Clercq P., 2016.** Efficacy of entomopathogenic nematodes against larvae of *Tuta absoluta* in the laboratory. *Pest Management Science*. 72 (9). pp. 1702-1709.
- **Virgula R., Marea B., Botto E.N. et Lafalce C., 2006.** Evaluacion de algunos insectidas para el control de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Lepidóptera: Gelechiidae) y su efecto residual sobre el parasitoide *Trichogrammatoidea bactrae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Revista de la Sociedad Entomologica*, 65(3-4). Pp.57-65.

W

- **Walter B., Thouvenel J.C. et Fauquet C., 2003.** Les viroses de la Tomate en Côte-d'Ivoire. *Ann. Phytopathol.* 12 (3). Pp.259-275.
- **Witzgall P., Kirsch P. et Cork A., 2010.** Sex Pheromones and Their Impact on Pest Management. *J Chem Ecol* 36). 80–100.

Z

- **Ziri S., 2011.** Contribution à la lutte intégrée contre tuta absoluta sur tomate en plein champ. Thèse en vue de l'obtention du diplôme de magister en science agronomique, Ecole nationale supérieure agronomique El-harrach. 92 P.
- **Zouba A., Chermiti B., Chraiet R. et Mahjoubi K., 2013.** Effect of two indigenous *Trichogramma* species on the infestation level by tomato miner *Tuta absoluta* in tomato greenhouses in the south-west of Tunisia. *Tunisian Journal of Plant Protection* 8. Pp.87-106.

Webographie

- [http:// Fr.wikipedia.org](http://Fr.wikipedia.org).
- http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/05_070.htm).
- <http://ephytia.inra.fr/fr/C/4995/Tomate>).
- [http:// techno-science.net](http://techno-science.net), 2021.

Membres du jury :

Président : Mr Azil A.

Examineur : Dr Derdoukh W.

Encadreur : Dr Rouibah M.

Présentée par : Taleb nour el houda

Date de soutenance : Juillet 2021

Gestion phytosanitaire de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*

Résumé

La tomate, *Solanum lycopersicum L.*, est le deuxième légume le plus cultivé et consommé dans le monde. Elle est cependant attaquée par de nombreux nuisibles dont *Tuta absoluta* (Meyrick), une mineuse qui en réduit terriblement les rendements.

L'objectif général de ce travail est l'étude de la gestion phytosanitaire de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*, en commençant par la lutte préventive, en passant par les méthodes de lutte curative, et en terminant par les stratégies de lutte intégrée comme une meilleure solution d'intervention.

Mots clés : tomate, *Solanum lycopersicum L.*, *Tuta absoluta*, Algérie, Mostaganem, gestion phytosanitaire.

Abstract

Tomato, *Solanum lycopersicum L.*, is the second most cultivated and consumed vegetable in the world. However, it is attacked by many pests including *Tuta absoluta* (Meyrick), a leafminer that terribly reduces yields.

The general objective of this work is to study the phytosanitary management of the tomato leafminer *Tuta absoluta*, starting with the preventive control, passing by the curative control, and ending with the integrated control strategies as a better intervention solution.

Keywords: tomato, *Solanum lycopersicum L.*, *Tuta absoluta*, Algeria, Mostaganem, phytosanitary management.

ملخص

تعد الطماطم *Solanum lycopersicum L.* ثاني أكثر الخضروات زراعة واستهلاكًا في العالم. ومع ذلك، يتم مهاجمته من قبل العديد من الآفات بما في ذلك *Tuta Absoluta* (Meyrick)، وهي حشرة أوراق تغزل بشكل كبير الغلة ويمكن أن تسبب يرقاتها أضرارًا جسيمة للنباتات في جميع أعضائها.

الهدف العام من هذا العمل هو دراسة إدارة الصحة النباتية لعامل منجم أوراق الطماطم *Tuta Absoluta*، بدءًا من المكافحة الوقائية، مروراً بالمكافحة العلاجية، وانتهاءً باستراتيجيات المكافحة المتكاملة للآفات. حل تدخل أفضل.

الكلمات المفتاحية: طماطم، *Solanum lycopersicum L.*، *Tuta Absoluta*، الجزائر، مستغانم، إدارة الصحة النباتية.