

République algérienne démocratique et populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

Présenté par

AYAD Azzedine

SLIMANI Toufik

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER ENAGRONOMIE

Spécialité : Protection des cultures

THÈME

*Etude in vivo et in vitro de l'efficacité de l'extrait de Mentha
spicata sur les larves de Tuta absoluta sur tomate sous serre.*

Soutenue publiquement le 13 /09/2018

Devant le jury :

Présidente : M^{me} SAIAH F.

MC(B)

Univ. Mostaganem

Encadreur : M^{elle} BOUALEM M.

MC(A)

Univ. Mostaganem

Examineur : M. DEBBA M

MAA

Univ. Mostaganem

Année universitaire : 2017-2018

Remerciements

Nos remerciements vont d'abord à Dieu tout puissant de nous avoir donné la patience de réaliser ce modeste travail.

Nous remercions le Dr. BOUALEM Malika notre directrice de mémoire, pour avoir dirigé notre travail de recherche. Nous lui sommes extrêmement reconnaissants pour ses conseils judicieux et nos plus vifs remerciements pour son dynamisme, son soutien, ses conseils et sa confiance qui nous ont permis de mener à bien ce mémoire.

Nous sommes très honorés par la présence de Mme SAÏAH Farida et M. DEBBA Mohamed El Bachir en acceptant de faire part de ce jury et de juger notre travail. Qu'ils veuillent bien trouver ici l'expression de notre respectueuse considération.

Nous tenons tout particulièrement présenter nos vifs sincères remerciements au Dr . MOKHTAR Meriem enseignante au département de biologie qui nous a assisté et orienté durant la partie d'extraction des polyphénols.

Nous n'oublierions pas de remercier nos amis HADJI Hamouche, AIT GACEM Omar, SEBIH Hocine et CHOUAL Mostapha.

Bien sûr, nous ne pouvons terminer sans remercier encore une fois nos proches du fond de notre cœur et notamment nos parents pour leur soutien inconditionnel dans toutes les étapes de notre vie.

Merci à toutes les personnes qui nous ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste mémoire.

SLIMANI Toufik et AYAD Azzedine

DÉDICACE

JE DÉDIE CE TRAVAIL ET MA RÉUSSITE À :

MES TRÈS CHERS PARENTS QUE DIEU LES PROTÈGE, QUI SONT POUR MOI L'EXEMPLE D'AMOUR, DE CONFIANCE ET DE SACRIFICE. QU'ILS SACHENT QUE CE TRAVAIL EST EN PARTIE LE FRUIT DE LEUR SOUTIEN. QU'ILS TROUVENT ICI TOUTE MA GRATITUDE POUR LEUR SOUTIEN TOUT AU LONG DE MES ÉTUDES.

MES SŒURS QUI SONT LES YEUX PAR LES QUELLES JE VOIS DANS MA VIE.

MON PETIT FRÈRE YANIS LE *IZEM* DE NOTRE FAMILLE.

MES PROFESSEURS QUI ONT CONTRIBUÉ À MA FORMATION.

MES GRANDS-PÈRES ET GRANDS-MÈRES QUE DIEU LES PROTÈGE.

MA TANTE MATERNELLE SAIDA.

TOUTE LA FAMILLE SLIMANI ET LACENE.

MES AMIS MAHDI NOURI, ZAHIR REGGIG, KHABER SMAIL.

TOUS MES COLLÈGUES DE LA PROMOTION PC (2013-2018).

SLIMANI TOUFIK

Dédicaces

Je dédie ce travail et ma réussite à :

Mes très chers parents que Dieu les protège, qui sont pour moi l'exemple d'amour, de confiance et de sacrifice. Qu'ils sachent que ce travail est en partie le fruit de leur soutien. Qu'ils trouvent ici toute ma gratitude pour leur soutien tout au long de mes études.

Mes sœurs « Daouia et Ferial » qui sont les yeux par lesquelles je vois dans ma vie

Mon petit frère sofiane dit « stombol » le pilier de notre famille

Mes professeurs qui ont contribué à ma formation

Mes grands-pères et grands-mères que Dieu les protège

Mes cousin Farid et Zakaria

Toute la famille AYAD et TOUATI

Mes amis Hamouche, Omar, Bilal et Hocine

Tous mes collègues de la promotion PC (2016-2018)

AYAD Azzedine

Résumé :

La mineuse de la tomate *T. absoluta* reste le ravageur le plus redouté par les agriculteurs, car l'emploi intensif des produits chimiques a provoqué une contamination de la faune et la flore ainsi l'apparition de phénomène de la résistance chez les insectes. Les plantes médicinales et aromatiques représentent un réservoir immense des molécules naturelles biologiquement actives. C'est dans cet axe, que notre travail s'est effectué pour évaluer l'effet de l'extrait polyphénolique de *Mentha spicata* sur les larves de *T. absoluta* *in vitro* et *in vivo*, pour répondre à cette objectif, une extraction par macération à froid des feuilles fraîche de *M. spicata* a été réalisée, pour la tester par pulvérisation sur les larves de la mineuse de la tomate. L'extrait polyphénolique de la menthe a montré une efficacité remarquable par rapport aux témoins. Les résultats obtenus montrent la sensibilité de stade L1 et l'efficacité de la concentration 20% *in vitro* ainsi que les résultats obtenus *in vivo* montrent les variations dans l'évolution de *T. absoluta* en fonction du temps et les concentrations utilisés ainsi selon la répartition des blocs, nous avons enregistré un taux d'infestation 35,65% avant le traitement. A la fin de l'expérimentation le taux d'infestation a été de 2,55% sur les bloc traités et 14,87% pour le T-(eau) et 13% pour le T+(methanol). L'extrait polyphénolique a montré une efficacité remarquable contre les larves de la mineuse de tomate.

Mots clés :

Tuta absoluta- *Mentha spicata*- Extrait polyphénolique - *in vitro*- *in vivo*

Abstract :

The tomato leafminer *T. absoluta* remains the most feared pest by farmers, because the intensive use of chemicals has caused contamination of fauna and flora as well as the appearance of resistance phenomenon in insects. Medicinal and aromatic plants represent an immense reservoir of biologically active natural molecules. It is in this line that our work was carried out to evaluate the effect of polyphenol extract of *Mentha spicata* on *T. absoluta* larvae *in vitro* and *in vivo*, to meet this objective, a maceration extraction. Cold leaves of *M. spicata* were carried out, to test it by spraying on tomato leafminer larvae. The polyphenol extract of mint has shown remarkable efficiency compared to controls. The results obtained show the L1 instars sensitivity and the 20% concentration efficiency *in vitro* as well as the results obtained *in vivo* show the changes in the evolution of *T. absoluta* as a function of time and the concentrations thus used according to the distribution blocks. We recorded a 35.65% infestation rate before treatment. At the end of the experiment, the infestation rate was 2.55% on the treated blocks and 14.87% for the T- (water) and 13% for the T + (methanol). The polyphenol extract has shown remarkable efficacy against the larvae of tomato leafminer.

Keywords :

Tuta absoluta- Mentha spicata- Polyphenolic extract - In vitro- In vivo.

Table de matière

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Résumé	
Abstract	
Introduction générale.....	1
Partie bibliographique	
Chapitre I : La culture de la tomate	
I.1. Introduction.....	2
I.2. Classification de la tomate.....	2
I.2.1. Classification génétique.....	2
I.2.1. A-Variétés fixées.....	3
I.2.1. B- Variétés hybrides.....	3
I.2.2.Classification botanique (systématique)	3
I.2. 3.Classification variétale selon le mode de croissance.....	3
I.3. Caractéristiques morphologique de la tomate	4
I.3.1. Racine.....	4
I.3.2. Tige.....	4
I.3.3. Feuille.....	4
I.3.4. Fleur	4
I.3.5. Fruit.....	4
I.3.6. Graines	4
II. Les caractéristiques physiologiques de la tomate	6
II.1. Les exigences climatiques.....	6
II.1.1. La température	6
II.1.2. L'eau et l'humidité	6
II.1.3. La lumière	6
II.2. Les exigences édaphiques	7
II.2.1. Le type de sol	7

II.2.2. PH du sol	7
II.2.3. La salinité	7
II.2.4. La température du sol	7
II.3. Les exigences nutritionnelles	8
II.3. 1. Les exigences hydriques	8
II.3. 2. Les éléments fertilisants	8
II.4. Le cycle de développement de la tomate	8
II.4.1. La germination	8
II.4.2. La croissance	8
II.4.3. La floraison	9
II.4.4. La fécondation	9
II.4.5. La fructification et nouaison des fleurs	9
III. Importance économique de la culture de tomate	9
III.1. Importance de la tomate dans le monde	9
III.2. Plus gros producteurs mondiaux	10
III.3. Importance de la tomate en Algérie	10
III.4. Importance de la tomate dans la région de Mostaganem	11
III.5. Maladies et ravageurs de la tomate	11
III.5.1. Les principaux ravageurs de la tomate	12
Chapitre II : Le ravageur de la tomate <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick)	
I.1. Introduction	14
I.2. Position systématique	14
I.3. Origine et aire de répartition géographique de <i>T.absoluta</i>	15
I.3.1. Dans le monde.....	15
I.3.2. Au Maghreb	16
I.3.3. En Algérie	16
II. Description et cycle biologique de <i>Tuta absoluta</i>	18
II.1.1. L'œuf	18
II.1.2. Les stades larvaires.....	18

II.1.3. La nymphe	19
II.1.4. L'adulte	20
II.2 Cycle de vie	20
II.3. Fécondité	22
III.1. Symptômes et dégâts	23
III.2. Moyens de dissémination	25
III.3. Méthodes de lutte	25
III.3.1. Méthodes prophylactiques	25
III.3.2. Méthodes biotechniques	26
III.3.3. Les techniques culturales.....	26
III.3.4. La lutte chimique	27
III.3.5. La lutte biologique	28
III.3.6. La lutte intégrée	28
Chapitre III : La menthe « <i>Mentha spicata</i> »	
I.1. Origine	29
.2. Systématique de la plante selon Perrot (1944)	29
I.3. Description de la plante	29
I.4. Les conditions de développement de la menthe	30
I.5. Composition de la plante	30
I.6. Utilisation de la plante	30
Partie expérimentale	
Chapitre I : Matériel et méthodes	
I.1.1. Objectif	32
I.1.2. Présentation de la zone d'étude	32
I.1.3 Matériel végétal	33
I.1.4. Matériel animal	33
I.2.1. Installation de la culture	33
I.2.2. Suivi de la culture	34
I.2.3. Méthode d'échantillonnage	36
I.3.1. La préparation de la menthe pour l'extraction	38
I.3.2 Le solvant d'extraction	39
I.3.3. Méthode d'extraction	39

I.3.4. Mode opératoire	39
I.4.1. L'évaporateur rotatif	40
I.4.2. Le principe de l'évaporateur rotatif.....	41
I.4.3. Le rendement d'extraction	41
I.4.4. Préparation des dilutions de l'extrait.....	42
II. Test biologique	43
Chapitre II : Résultats et discussion	
I. Test de toxicité <i>in vitro</i>	44
I.1. Activité larvicide de l'extrait de <i>M. spicata</i> sur <i>T. absoluta</i>	44
I.1.1. La mortalité cumulée	44
I.1.2. La mortalité corrigée	45
I.1.3. La sensibilité des stades larvaires de <i>T. absoluta</i> vis-à-vis de l'extrait polyphénoliques.....	46
I.1.3.a. 1 ^{er} stade larvaire	46
I.1.3.b. 2 ^{eme} stade larvaire.....	47
I.1.3.c. 3 ^{eme} stade larvaire	49
I.1.3.d. 4 ^{eme} stade larvaire	50
I.1.3.e. Stade nymphal	52
II. Les résultats <i>in vivo</i>	52
II.1. Evaluation <i>in vivo</i> de l'effet de l'extrait polyphenolique des feuilles de <i>Mentha spicata</i> sur <i>T. absoluta</i>	52
II.1.1. Le taux d'infestation de <i>T. absoluta</i> sous différentes concentrations de l'extrait polyphenolique de <i>M. spicata</i>	52
II.1.2. Le taux d'infestation par blocs	53
II.1.2.1. Bloc 01	53
II.1.2.2. Bloc 02	54
II.1.2.3. Bloc 03	55
II.1.2.4. Bloc 04	56
II.2. Le taux de mortalité	56
II.2.1. Mortalité dans le bloc 1.....	56
II.2.2. Mortalité dans le bloc 2	58
II.2.3. Mortalité dans le bloc 3	59
II.2.4. Mortalité dans le bloc 4	61

II.3. Estimation du taux de parasitisme de <i>T. absoluta</i> sur la culture de la tomate sous serre.....	62
II.4. Les variations de température et d'humidité sous serre	63
II.5. Détermination de la DL50	64
III. Analyse statistique	65
III.1. Différence entre les blocs	65
III.2. Différence entre les traitements	65
III.3. Calcul de l'écart entre les moyennes	66
III.3. Discussion	67
Conclusion.....	68

Liste des figures

Figure 01 : Les différentes parties de la tomate	5
Figure 02 : Les graines d'un fruit mature de la tomate dans une coupe transversale.....	5
Figure 03 : Principaux pays producteurs de la tomate dans le monde.....	10
Figure 04 : Répartition géographique de <i>Tuta absoluta</i>	17
Figure 05 : Aire de répartition de <i>T. absoluta</i> dans le monde de l'année 2006 à 2016.....	17
Figure 06 : Œufs de <i>T. absoluta</i>	18
Figure 07 : Nymphe de <i>T. absoluta</i>	20
Figure 08 : Cycle biologique de <i>T. absoluta</i>	22
Figure 09 : Mines de <i>T. absoluta</i> sur feuilles de tomate.....	23
Figure 10 : Dégâts de <i>T. absoluta</i> sur tiges de tomate.....	24
Figure 11 : Symptômes de <i>T. absoluta</i> sur fruits de tomate.....	24
Figure 12 : La menthe « <i>Mentha spicata</i> »	30
Figure 13 : Photo satellitaire du site d'expérimentation.....	32
Figure 14 : les fruits de tomate (variété Tavira).....	33
Figure 15 : Mise en place du paillage dans la serre d'étude.....	34
Figure 16 : Les plants de tomate après quelques jours de la plantation.....	34
Figure 17 : Insect-proof dans les portières de la serre.....	35
Figure 18 : Le désherbage manuel.....	35
Figure 19 : La mise en place du palissage.....	36
Figure 20 : Dispositif expérimental pour le test in vivo dans la serre d'étude	37
Figure 21 : L'échantillonnage des folioles puis l'observation sous loupe binoculaire.....	38
Figure 22 : Broyage des feuilles de menthe	39
Figure 23 : Agitation de l'extrait polyphénolique de <i>M. spicata</i>	40
Figure 24 : Filtration de l'extrait polyphénolique de <i>M. spicata</i>	40
Figure 25 : L'évaporateur rotatif Buche R-210.....	41
Figure 26 : Les dilutions (5%, 10%, 15%, 20%).....	42
Figure 27 : Le dispositif expérimental du test in vitro de l'extrait de poly phénol	

de <i>M. spicata</i> sur <i>T. absoluta</i>	43
Figure 28 : Taux de mortalité cumulée des larves de <i>T. absoluta</i> traité à l'extrait polyphénolique de <i>M. spicata</i>	45
Figure 29 : Mortalité corrigée des larves traitées par l'extrait de <i>Mentha spicata</i>	46
Figure 30 : La mortalité cumulée larvaire du stade L 1.....	47
Figure 31 : La mortalité corrigée du stade L1.....	47
Figure 32 : La mortalité cumulée du stade larvaire L2.....	48
Figure 33 : La mortalité corrigée du stade larvaire L2.....	49
Figure 34 : La mortalité cumulée chez le stade larvaire L 3.....	50
Figure 35 : La mortalité corrigée du stade larvaire L3.....	50
Figure 36 : La mortalité cumulée chez le stade larvaire L4	51
Figure 37 : La mortalité corrigée de stade larvaire L4.....	51
Figure 38 : Le taux de transformation des larves en nymphe pendant le test <i>in vitro</i>	52
Figure 39 : Taux d'infestation globale de <i>T. absoluta</i> traité à l'extrait polyphénolique de <i>M. spicata</i>	53
Figure 40 : Taux d'infestation de <i>T. absoluta</i> relevé sur le bloc 1.....	54
Figure 41 : Taux d'infestation de <i>T. absoluta</i> relevé sur le bloc 02.....	55
Figure 42 : Taux d'infestation de <i>T. absoluta</i> relevé sur le bloc 03.....	55
Figure 43 : Taux d'infestation de <i>T. absoluta</i> relevé sur le bloc 04.....	56
Figure 44 : Taux de mortalité cumulée de <i>T. absoluta</i> enregistré dans le bloc 1.....	57
Figure 45 : Taux de mortalité corrigée du bloc 1.....	57
Figure 46 : Taux de mortalité cumulée de <i>T. absoluta</i> enregistré dans le bloc 2.....	58
Figure 47 : Taux de mortalité corrigée du bloc 2.....	59
Figure 48 : Taux de mortalité cumulée de <i>T. absoluta</i> enregistré dans le bloc 3.....	60
Figure 49 : Taux de mortalité corrigée du bloc 3.....	60
Figure 50 : Taux de mortalité cumulée de <i>T. absoluta</i> enregistré dans le bloc 4.....	61
Figure 51 : Taux de mortalité corrigée du bloc 4.....	62
Figure 52 : Taux de parasitisme sur les populations de <i>T. absoluta</i>	62
Figure 53 : Larve et adultes du parasitoïde <i>Necremnus artynes</i>	63
Figure 54 : Les variations de température et d'humidité durant la période d'étude.....	64
Figure 55 : Courbe linéaire pour le calcul de la DL50 de l'extrait de <i>M. spicata</i>	65

Liste des tableaux

Tableau 1: Exigences de la culture de tomate en température, luminosité et hygrométrie.....	7
Tableau 2: Production de la tomate dans la Wilaya de Mostaganem.....	11
Tableau 3: Ravageurs de la tomate	12
Tableau 4: Les principaux maladies et désordres physiologique de la tomate	13
Tableau 5: La durée de cycle de développement de <i>T. absoluta</i> en fonction de la température.....	21
Tableau 6: Principaux produits chimiques utilisés en Algérie contre <i>T. absoluta</i>	27
Tableau 07: Rendement de l'extrait de <i>Mentha spicata</i> par rapport à 1000g des feuilles fraîches.....	42
Tableau 08 : Valeur de la DL50 de l'extrait de <i>M. spicata</i>	45

Liste des abréviations

DL50 : dose létale qui tue 50% de la population

DSA : direction des services agricoles

Fig : figure

g : gramme

J : jour

Kg : kilogramme

L1, L2, L3, L4 : Larve du 1^{er}, 2^{eme}, 3^{eme}, 4^{eme} stade

T : tonne

T+ : méthanol

T- : eau

Introduction générale

La tomate est, après la pomme de terre, le légume le plus consommé dans le monde (FAO STAT, 2010), cultivée sous toutes les latitudes pour son fruit consommé à l'état frais ou transformé (Chaux et Foury, 1994).

Comme toutes cultures, la tomate subit des maladies et attaque de plusieurs ravageurs parmi eux la mineuse appelée « *Tuta absoluta* Meyrick » qui est un microlépidoptère phytophage de la famille des Gelechiidae, elle est le ravageur le plus nuisible de la tomate de nos jours (Bogorni *et al.*, 2003 et Pires, 2008) vu ses attaques sur toutes les parties aériennes selon (Filho *et al.*, 2000 ; Guenaoui et Ghelamallah, 2008). En 2007, de nombreux foyers d'infestation ont été observés le long de la côte méditerranéenne (Urbaneja *et al.*, 2009). Cette espèce s'est introduite en Algérie pour la première fois à Mostaganem au printemps 2008, puis elle s'est propagée dans tout le pays (Berkani et Badaoui, 2008 et Guenaoui et Ghelamallah, 2008).

Depuis longtemps l'homme a cherché à préserver ses cultures des ennemis qui causent des fois des pertes totale, passant par plusieurs méthodes jusqu'à se qu'il a abouti à la lutte chimique qui semble comme meilleur solution, mais, plus tard l'emploi intensif et inconsidéré de ces produits 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 (Lietti *et al.*, 2005).

Pour éviter ses problèmes qui ont un effet néfaste sur l'environnement et la santé humaine nous nous sommes intéressés par la lutte biologique.

C'est dans ce contexte que s'insère ce modeste travail, qui se résume par une étude *in vivo* et *in vitro* de l'efficacité de l'extrait de *Mentha spicata* sur les larves de *Tuta absoluta* sur tomate.

Notre travail regroupe deux parties :

- Partie théorique subdivisée en trois chapitres, le premier est la généralité sur la culture de la tomate, le deuxième est sur le ravageur « *Tuta absoluta* » et le troisième sur la plante utilisé comme traitement bioinsecticide « *Mentha spicata* ».
- Partie pratique subdivisée sur deux chapitres, le premier présente le matériel et méthodes utilisées dans ce travail, le deuxième comporte les résultats et discussion.

I.1. Introduction :

La tomate (*Lycopersicon esculentum*) appartient à la famille des solanacées, est une espèce annuelle, diploïde avec $2n=24$ chromosomes, dicotylédone herbacée, sensible au froid et vivace en climat chaud. D'ailleurs, elle est originaire d'Amérique du sud, fut domestiquée au Mexique, son introduction en Espagne et en Italie, puis de là, dans les autres pays Européens (Grasselley *et al.*, 2000).

En Algérie, se sont les cultivateurs du sud de l'Espagne (Tomateros), qui l'ont introduite en raison des conditions climatiques qui sont propices pour sa culture. Quand à sa consommation, elle a commencé dans la région d'Oran en 1905 puis, elle s'est étendue vers le centre, notamment au littoral Algérois (Latigui, 1984).

Elle est cultivée en plein champs et sous serre, sur une superficie d'environ 3 millions d'hectares, ce qui représente près de 1/3 des surfaces mondiales consacrées aux légumes. 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. La tomate a donné également lieu au développement d'une importante industrie de transformation (Elouissi, 2016).

I.2. Classification de la tomate:

La tomate est une plante herbacée annuelle à port buissonnant appartenant à la famille des Solanacées. Elle est classée selon des critères différents liés à l'aspect botanique, la composition génétique et le type de croissance (Gallais et Bannerot, 1992).

I.2.1. Classification génétique

La tomate cultivée *Lycopersicon esculentum* est une espèce diploïde avec $2n=24$ chromosomes, chez laquelle il existe de très nombreux mutants monogéniques dont certains sont très importants pour la sélection. C'est une plante autogame mais on peut avoir une proportion de fécondation croisée par laquelle la plante peut se comporter comme plante allogame (Gallais et Bannerot, 1992).

CHAPITRE I : La culture de la tomate

Selon le mode de fécondation, on distingue deux types de variétés de tomate:

I.2.1. A-Variétés fixées :

Elles se caractérisent par l'homozygotie, c'est-à-dire qu'elles conservent les caractères parentaux (Chaux et Fourry, 1994).

I.2.1. B- Variétés hybrides :

Elles se caractérisent par un effet hétérosis qui permet un cumul de gènes favorables, de résistance aux maladies, une meilleure nouaison, particulièrement en conditions défavorables (Chaux et Fourry, 1994).

I.2.2. Classification botanique (systématique) :

La tomate a été classée par Linné en 1753, comme *Solanum lycopersicon*, puis, Philip Miller lui attribua en 1754 le nom de *Lycopersicon esculentum* qui a été retenu (Munroe et Small, 1997).

Selon Munroe et Small (1997) la tomate appartient à la classification suivante :

- RègnePlantae
- Sous règne Trachenobionta
- Division Magnoliophyta
- ClasseMagnoliopsida
- Sous classe Asteridae
- Ordre Solanales
- FamilleSolanaceae
- Genre*Solanum ou Lycopersicon*
- Espèce*Lycopersicon esculentum*

I.2. 3. Classification variétale selon le mode de croissance :

Il existe de très nombreuses variétés cultivées de tomate. La sélection faite par les hommes a privilégié les plantes à gros fruits. On distingue cependant, plusieurs catégories de tomates qui sont classées selon leurs caractères botaniques, morphologique et selon le mode de croissance de la plante (la formation des feuilles, inflorescences et bourgeons) qui

déterminent l'aspect et le port que revêt le plant. Ainsi, la plupart des variétés ont un port dit indéterminé, à l'opposé des autres dites à port déterminé et des variétés buissonnantes (Naika *et al.*, 2005).

I.3. Caractéristiques morphologique de la tomate :

► **Racine** : Le système racinaire est puissant, très ramifié à tendance fasciculée. Il est très actif sur les 30 à 40 premiers centimètres. En sol profond, on peut trouver des racines jusqu'à 1 mètre de profondeur (Chaux et Foury, 1994).

► **Tige** : La tige est pubescente, épaisse aux entre-nœuds. Sa consistance est herbacée en début de croissance, puis devient un peu ligneuse en vieillissant. Les rameaux issus des bourgeons axillaires produisent des feuilles à chaque nœud et se terminent aussi par une inflorescence (Chaux et Foury, 1994).

► **Feuille** : Alternes, longues de 10 à 25 cm, sont composées, imparipennées et comprennent de 5 à 7 folioles aux lobes très découpés. Le bord du limbe est denté. Elles sont souvent reliées en forme de cuillères ou même à bords roulés en dessus. Ces feuilles sont alternées sur la tige (Raemaekers, 2001).

► **Fleur** : Les fleurs sont bisexuées. Le pistil est entouré d'un cône constitué d'étamines. La fleur comporte 5 sépales, 5 pétales, 5 à 7 étamines et 2 carpelles soudés formant un ovaire (Shankara *et al.*, 2005).

► **Fruit** : C'est une baie charnue de 2 ou 3 loges, à graines très nombreuses, de taille, de forme et de couleur très variées. Le pédoncule du fruit présente une zone d'abscission, de sorte que le fruit mûr se détache en conservant une partie du pédoncule ainsi que le calice. Le fruit à maturité peut se présenter soit rond et régulier ou côtelés (Shankara *et al.*, 2005).

► **Graines** : Nombreuses, chaque fruit contient un nombre important de graines qui varie de 80 à 500 graines. Elles sont en forme de rein ou de poire, poilues, beiges, de 3 à 5 mm de long et de 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen (Shankara *et al.*, 2005).



Figure 01 : Les différentes parties de la tomate (Originale, 2018)



Figure 02 : Les graines d'un fruit mature de la tomate dans une coupe transversale (Originale, 2018)

II. Les caractéristiques physiologiques de la tomate :

II.1. Les exigences climatiques :

II.1.1. La température :

La tomate demande un climat relativement frais et sec pour fournir une récolte abondante et de qualité. La température est le facteur le plus déterminant pour la production de la tomate car la culture réagit fortement aux variations thermiques (Lambert, 2006). La température optimale pour la plupart des variétés se situent entre 21 et 24°C. Les plantes peuvent surmonter un certain intervalle de température, mais en dessous de 10°C et au dessus de 38°C les tissus végétaux sont endommagés. L'équilibre et l'écart entre température diurne et nocturne, semblent nécessaire pour obtenir une bonne croissance et une bonne nouaison de la tomate (Shankara *et al.*, 2005).

II.1.2. L'eau et l'humidité :

La plante est très sensible à l'hygrométrie ; elle ne tolère pas les sols engorgés, ni l'humidité élevée (plus de 80%) et une hygrométrie relativement ambiante de 60% à 65% soit la meilleure pour la fécondation. En effet, lorsque l'humidité est trop élevée, le pollen est difficilement libéré. Il est essentiel de prévoir un apport d'eau suffisant pendant la fructification. Le stress causé par une carence d'eau et les longues périodes arides fait tomber les bourgeons et les fleurs et provoque le fendillement des fruits (Munro et Small, 1998).

II.1.3. La lumière :

La lumière est un facteur écologique fondamental qui intervient dans la qualité de la photosynthèse. Elle intervient également sur la croissance et la fructification de la tomate par sa durée, son intensité et sa qualité. La tomate n'est pas sensible au photopériodisme, mais, exigeante en énergie lumineuse. La longueur de l'obscurité est essentielle pour le contrôle de la croissance et le développement de la plante. Un faible rayonnement lumineux réduit le nombre de fleurs par bouquet et affecte la fécondation (Cirad et Gret, 2002). En outre, l'intensité de la lumière affecte la couleur des feuilles, la mise à fruit et la couleur des fruits.

CHAPITRE I : La culture de la tomate

Tableau 1 : Exigences de la culture de tomate en température, luminosité et hygrométrie (Laumonier, 1979).

	T° du sol	T°atmosphérique		Luminausité (lux)	Hygrométrie Relative (%)
		Jour	Nuit		
Croissance	15-20°C	18-20°C	15°C	1000-12000	70-80
Floraison	20-25°C	22-25°C	13-17°C	Très élevé	65-80
Fructification	20-25°C	25°C	18°C	5000/16h/JOUR	60-70

II.2. Les exigences édaphiques :

II.2.1. Le type de sol :

La tomate peut être cultivée sur une large gamme de sol. Elle aime les sols profonds, meubles, bien aérés, bien drainés et riches en humus. Une texture sablonneuse ou sablo lumineuse est préférable (Huat, 2008). La tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis-à-vis de la salinité.

II.2.2. PH du sol :

Selon Chaux et Foury (1994), La tomate est très tolérante en pH. Le meilleur équilibre nutritionnel étant assuré entre 6.0 et 7.0.

II.2.3. La salinité :

Il est généralement considéré qu'un excès de vigueur du plant de tomate en début de culture retarde la précocité de la production. La modulation de la concentration saline de la solution nutritive est un des moyens utilisés pour maîtriser le développement du jeune plant (Brun et Montarone, 1987).

II.2.4. La température du sol :

C'est le premier facteur dont dépendent le pourcentage de levée et la vitesse de germination. Les semis doivent être soumis à une température supérieure à 16 C°. La plante croît lorsque la température du sol passe de 13°C à 30C° (Zuang, 1982). Cette dernière intervient sur la croissance des racines, ainsi que sur l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs.

II.3. Les exigences nutritionnelles :

II.3. 1. Les exigences hydriques :

La tomate est l'une des cultures les plus exigeantes en eau. D'après Bentvelsen (1980), les besoins de tomate en plein champ se situent entre 4000 et 5000 m³/ha. L'évolution des besoins en eau de la tomate est fonction de ses stades de développement et l'environnement.

II.3. 2. Les éléments fertilisants :

La tomate nécessite des éléments fertilisants tels que l'azote (N), le phosphore (P), le potasse (K) ainsi que le magnésium (Mg). Une production d'une tonne de tomate requiert environ 2.2 à 2.7 Kg d'Azote, 0.7 à 0.9 Kg de phosphore, 3 à 3.3 Kg de potasse et 0.5 à 1 Kg de magnésium (Naika *et al.*, 2005).

II.4. Le cycle de développement de la tomate :

II.4.1. La germination :

La germination est le stade de levée qui mène la graine jusqu'à la jeune plante capable de croître normalement (Corbineau et Core, 2006). Elle nécessite une température ambiante d'environ 20C° et une humidité relative de 70 à 80% (Chaux et Foury, 1994).

II.4.2. La croissance :

La croissance d'un végétal est définie par une augmentation irréversible d'une ou de plusieurs de ses dimensions. Cette augmentation se traduit par un changement quantitatif de la plante au cours du temps (Mazliak, 1982).

Selon Laumonier (1979), la croissance de plant de tomate se déroule en 2 phases et en deux milieux différents :

- En pépinière : de la levée jusqu'au cinq feuilles, non encore photosynthétique, avec l'apparition des racines non fonctionnelles et des pré-feuilles ;
- En plein champ : de l'apparition des feuilles photosynthétiques et des racines qui deviennent fonctionnelles, capables d'absorber de l'eau et des éléments nutritifs. Dans cette phase, la tige s'allonge au fur et à mesure qu'il y a formation des feuilles.

II.4.3. La floraison :

Selon Shankara *et al.* (2005), c'est le développement des ébauches florales, par transformation du méristème apical, de l'état végétatif à l'état reproducteur. A un certain moment de la croissance de la plante qui dure environ un (01) mois, la tomate entre en parallèle avec la mise à fleur. Ces fleurs étaient auparavant des boutons floraux. La floraison dépend de la photopériode, de la température et des besoins en éléments nutritifs de la plante.

II.4.4. La fécondation :

La fécondation se fait par pollinisation naturelle sous l'influence de plusieurs facteurs tels que la température, le vent et les insectes (Rey et Costes, 1965). En effet, selon Pesson et Louveaux (1984), si la température nocturne est inférieure à 13°C, la plupart des grains de pollen seraient vides, et une faible humidité dessèche les stigmates et de cela résulte la difficulté du dépôt du pollen.

II.4.5. La fructification et nouaison des fleurs :

Le pistil qui se développe pour former le fruit. La paroi de l'ovaire s'épaissit et les ovules qui ont été fécondés se transforment en graines qui contiennent les embryons. Le reste du pistil (style et stigmate) disparaît, ainsi que les pétales et les étamines qui tombent (Shankara *et al.*, 2005). Un coup de froid ou de chaud au moment de la fécondation peut gêner la mise à fruit.

III. Importance économique de la culture de tomate :

III.1. Importance de la tomate dans le monde :

La tomate occupe une place très importante dans l'agriculture mondiale. Elle est cultivée dans presque tous les pays du monde; sa production est répartie dans toutes les zones climatiques, y compris dans des régions relativement froides grâce au développement des cultures sous abri (Desmas, 2005).

Selon (FAOSTAT, 2015) la tomate est la 2^{ème} culture légumière après la pomme de terre par sa production au niveau mondial. Une production de plus de 34 million de tonne sur 4,98 million ha annuellement.

CHAPITRE I : La culture de la tomate

La production mondiale de tomates a battu un record historique en 2016, dépassant les 177.000 millions de kilos, selon les données de FAOSTAT. Plus précisément, au cours de cette année, il y avait une production totale de 177.042 million de kilos, soit 29,08% de plus qu'il y a dix ans. Dont la superficie consacrée à la production était de 4 782 754 hectares avec un rendement moyen de 3,7 kilos/m².

III.2. Plus gros producteurs mondiaux :

En tête de classement nous retrouvons la Chine avec un volume de tomate produit de 56 308 910 T soit 31,8 % du total mondial, vient ensuite l'Inde avec 18 399 000 T, puis les Etats-Unis avec 13 048 410 T et un rendement de 9,03 kg/m², la Turquie avec 12 600 000 T et en 5^{ème} position, l'Egypte avec 7 943 000 T.

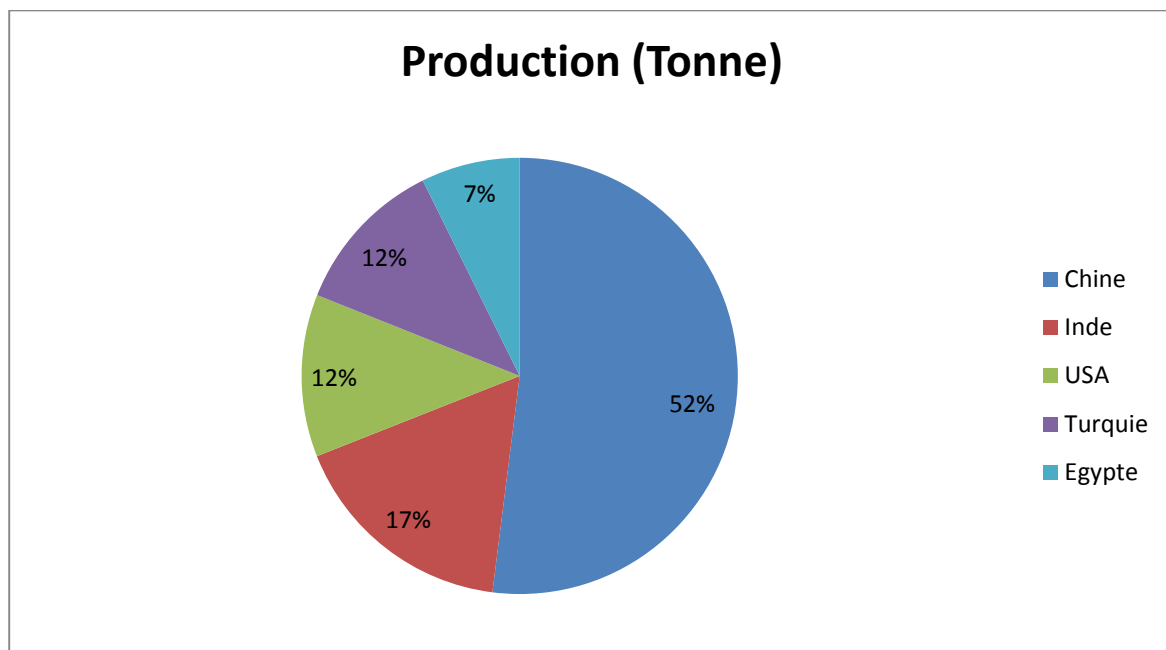


Figure 3 : Principaux pays producteurs de la tomate dans le monde (FAO STAT, 2016).

III.3. Importance de la tomate en Algérie :

Une forte extension des superficies destinées à la production de la tomate a été enregistrée en raison de l'intérêt particulier que portent les agriculteurs à cette culture. Sa production est classée à la deuxième place après la pomme de terre et elle représente plus que 5% de la production maraichères (Baci, 1995).

III.4. Importance de la tomate dans la région de Mostaganem :

CHAPITRE I : La culture de la tomate

La production de la tomate a présenté pendant les années (2003-2005) une stabilité des superficies cultivées de l'ordre de 2123 à 2340 ha. D'autre part cette production a diminué durant l'année 2006 où il a été enregistré 426260 qx pour une superficie de 2011 ha, pour reprendre en expansion durant les années (2008-2014) (DSA Mostaganem, 2014).

Tableau 2 : Production de la tomate dans la Wilaya de Mostaganem (DSA, 2016)

Anné	Superficie (ha)	Rendement (qx/ha)	Production (qx)
2003	2123	239.4	508 202
2004	2170	222.3	408 330
2005	2340	197.4	462 000
2006	2011	212	426 260
2007	2026	240.7	487 650
2008	1680	290	487 200
2009	1957	258.1	505 050
2010	2336	291.2	680 143
2011	2298	288.4	662 643
2012	2512	310.4	779 695
2013	2427	335.1	83 313
2014	2541	372.7	946 996
2016	1802,82	402.26	725 220

III.5. Maladies et ravageurs de la tomate :

Malgré l'utilisation de variétés hybrides, résistantes, la tomate demeure toujours sujette aux attaques d'ordre biotique. Les principaux dégâts des ravageurs et symptômes des maladies sont respectivement récapitulés dans les tableaux 04 et 05.

III.5.1. Les principaux ravageurs de la tomate :

Tableau 3: Ravageurs de la tomate (Pyron, 2006)

Insectes et ravageurs	Nom scientifique	Symptômes et dégâts
Nématodes à galles	<i>Meloidogyne incognita</i> Chitwood et <i>Meloidogyne arenaria</i> Neal.	Des galles sur les racines des plants attaqués. La tige rabougrit, les feuilles jaunissent, puis la plante dépérit
Acariens	<i>Tetranychus urticae</i> Koch et <i>T. cinnabarinus</i> Boisduval	La face inférieure des folioles devient brune à bronzée. Sur fruit, la peau présente des craquelures
Noctuelles terricoles et Noctuelles des fruits	<i>Agrostis segetum</i> Oberdorfer <i>Chloridea</i> <i>armigera</i> Hampson,	Les jeunes chenilles dévorent le collet et entraînent la mort de la plante. Sur fruit, des galeries qui évoluent en pourriture
Aleurodes	<i>Trialeurodes</i> <i>vaporariorum</i> Westwood et <i>Bemisia</i> <i>tabaci</i> Gennadius	Rabougrissement des apex et développement de fumagine sur le miellat produit par les larves, transmission des virus ToCV, TICV et TYLCV
Cicadelles	<i>Hialesther obsoletus</i>	Transmission du stolbur, mycoplasmoses
Mineuses	<i>Liriomyza trifolii</i> Burgess, <i>Liriomyza</i> <i>strigata</i> Meigen et <i>Tuta</i> <i>absoluta</i> Meyrick	Galerie dans le limbe des feuilles âgées par les larves
Pucerons	<i>Macrosiphon</i> <i>eneuphorbiae</i> Büning <i>Myzus persicae</i> Sulzer	Enroulement des feuilles, développement de la fumagine et transmission de virus CMV et PVY

CHAPITRE I : La culture de la tomate

Tableau 4 : Les principaux maladies et désordres physiologique de la tomate
(Pyron,2006)

Maladies	Symptome et degats	Moyens de lutte
Maladies cryptogamique		
Alternaria	-des taches noiratres sur feuille - des taches chancreuses sur tige -ders nécrosent sur fruit	-utilisation des variétés résistantes -rotation culturale -traitement chimique
Oidium	-Apparition de taches jaunatre sur les feuilles	-assurer une bonne aération de serres
Mildiou	Apparition de taches jaunatre qui brunissent rapidement	-eviter les excés d'azote etd'eau une bonne aération aussi
Maladies bactériennes		
Chancre bacterien	-flétrissement unilateral sur feuilles -des coups longitudinales surtige et Petioles montrent des stries brunatres	-eviter les terrains infestés -aération convenable des serres -eviter l'apport excessif d'azote -eviter les excés d'eau -appliquer des fongicides a base de cuivre
Moucheture de la tomate	-taches noires sur les feuilles -des taches brunes nécrotiques sur fruit	-variétés résistantes -eliminer les plants malades
Gale bacterienne	-apparition de taches brunatres entourées d'un halo jaune sur les feuilles	
Viros (TYLCV)	-ralentissement de la croissance -jaunissement des folioles -fruit petites et nombreux	-lutte préventive contre le vecteur Bemisia tabaci -utiliser les plants sains
Désordres physiologique		
Nécrose apical	-observation des taches brunatres sur Fruit qui se nécrose par la suite	-irrigation regulière -apport azotée a base de nitrate -ebourgeonnage et effeuillage a temps
Tomate creuse	-fruit a forme trainglaire, avec loges Vides et chair moins épaisse .	-fertilisation potassique avec une Bon maitrese d'irrigation et bonne fermeture des abris pendant la nuit.

I.1. Introduction :

Tuta absoluta Meyrick (Lepidoptera : Gelechiidae) est un insecte oligophage, appelé couramment mineuse de la tomate, s'attaquant exclusivement aux solanacées (Lietti, 2005).

Dans de bonnes conditions climatiques *T. absoluta* peut s'attaquer à la culture de pomme de terre, le poivron, l'aubergine ainsi que des plantes spontanées comme *Solanum nigrum* L. (Guenauoui, 2008 ; Pereyra et Sanchez, 2006 ; Estay, 2000). La mineuse de la tomate cause des pertes substantielles de rendement de la tomate cultivées aussi bien sous serre, qu'en plein champs (Anonyme, 2008). Les larves, à tous les stades causent des dégâts importants en creusant des mines et des galeries sur la partie aérienne de la plante (feuilles, fleurs, tiges et fruits) (Guenauoui et Ghelamallah, 2008).

I.2. Position systématique :

Tuta absoluta, autrefois appelé *Phthorimaea absoluta*, est un microlépidoptère de la famille des Gelechiidae découvert par Edward Meyrick en 1917. Comme la systématique a grandement évolué avec les avancées technologiques, la dénomination du genre prit plusieurs formes, d'abord modifiée en *Gnorimoschema* en 1962 par Clarke, puis en *Scrobipalpula* en 1964 et en *Scrobipalpuloides* en 1987 par Polvony. Ce n'est qu'en 1994 que ce dernier introduisit le nom de *Tuta absoluta*, définitivement adopté depuis (OEPP/EPPO, 2005).

La position systématique de *T. absoluta* est la suivante (Povolny, 1975) :

- Règne.....Animalia
- Embranchement.....Arthropoda
- Classe.....Insecta
- Ordre.....Lepidoptera
- Sous-ordre.....Microlepidoptera
- Super-famille.....Gelechioidea
- Famille.....Gelechiidae
- Genre.....*Tuta*
- Nom binominal.....*Tuta absoluta* Meyrick (1917)
- Nom commun..... Mineuse de la tomate.

I.3. Origine et aire de répartition géographique de *T. absoluta* :

I.3.1. Dans le monde :

Comme la tomate, ce déprédateur est aussi originaire d'Amérique du sud (Siqueira *et al.*, 2000). Connu initialement sous le nom de *Scorbipalpuloïdes*, il a été décrit pour la première fois au Pérou par l'entomologiste Meyrick en 1917 (Povolny, 1994). L'insecte s'est rapidement propagé sur l'ensemble des pays d'Amérique latine depuis le début des années soixante en devenant le ravageur le plus dévastateur de la tomate. Selon Urbaneja *et al.* (2008), sa présence est signalée dans tous les pays d'Amérique du sud.

C'est à partir du Chili qu'elle a envahi l'Argentine en 1964 (Garcia et Espul, 1982). Au Brésil, il a été mis en évidence en 1980 et d'autres pays de la région comme la Colombie, l'Equateur, le Paraguay, Uruguay, Venezuela sont touchés par ce ravageur (Suinaga, 2004).

Notz (1992) laisse supposer que l'insecte n'a pas été signalé dans les Andes à une altitude de plus de 1000m, sans doute à cause des températures basses qui ne permettent pas d'assurer sa survie et son développement. Ce ravageur a été signalé au Japon par plusieurs auteurs, mais sans gravité.

Dans le Bassin Méditerranéen, les populations de *T. absoluta* furent signalées pour la première fois en fin 2006 en Espagne dans la province agricole de Castellon ; leur présence s'est élargie le long de la côte méditerranéenne, pour atteindre les Iles Baléares à Ibiza (EPPO, 2008).

En Italie, la présence de *T. absoluta* est mentionnée au printemps 2008 dans la province de Cosenza sur la tomate cultivée sous serre. Puis l'espèce s'est propagée vers le Sud de la France en septembre de la même année (Fredon, 2008). Elle est signalée dans d'autres pays de l'Est de l'Europe. En août 2009, les premières larves de *T. absoluta* sont trouvées dans la province d'Izmir en Turquie. En 2009, ce redoutable ravageur a été également signalé au Pays Bas dans une station de conditionnement de tomate (Hmimina, 2009) (Fig. 2-3).

Aujourd'hui, on sait avec certitude que les échanges commerciaux entre les continents augmentent les possibilités de propagation du ravageur. Par ailleurs, il a été démontré que *T. absoluta* peut parcourir de nombreux kilomètres en volant et en se laissant porter par le vent (Elouissi, 2016).

I.3.2. Au Maghreb :

Ce ravageur a été observé pour la première fois en Algérie en mai 2008. Au Maroc, la mineuse de la tomate fait sa première apparition en Mai 2008 dans la plaine de Bouaàreg (province de Nador) et a entraîné des dégâts très importants sur la tomate sous serre et de plein champ (Hmimina, 2009). La Tunisie n'a pas été épargnée par les attaques de ce ravageur, car les premières attaques ont été observées sur tomate fin Octobre 2008.

I.3.3. En Algérie :

A partir de l'Espagne *T. absoluta* a envahit l'ouest algérien. Ce micro lépidoptère fût signalé pour la première fois dans la région maraichère de Mostaganem sur tomate en serres durant le printemps 2008 (Guentaoui, 2008).

Des galeries inhabituelles ont été observées sur les feuilles de tomate cultivée sous serre. Dans un premier temps, elles ont été confondues avec les dégâts causés par la mouche mineuse, mais une observation plus approfondie a révélée la présence de micro lépidoptère. Plus tard, après l'obtention des adultes, à partir des larves collectées et élevées, son identification a été confirmée en avril 2008.

Depuis, il s'est propagé à l'ensemble des serres de la région Ouest de l'Algérie, puis du Centre et de l'Est. D'autres foyers ont également été signalés dans la commune de Hassi Bounif (prés d'Oran). La dissémination de ce ravageur s'est poursuivie d'abord sur tout le littoral et la région sublittoral (Tipaza, Jijel, Bejaia, El taref, Annaba et Alger), puis dans différentes régions intérieures et même dans le sud du pays (Blida, Batna, Ouargla, Adrar).



Figure 4 : Répartition géographique de *T. absoluta* (Anonyme 1, 2010)

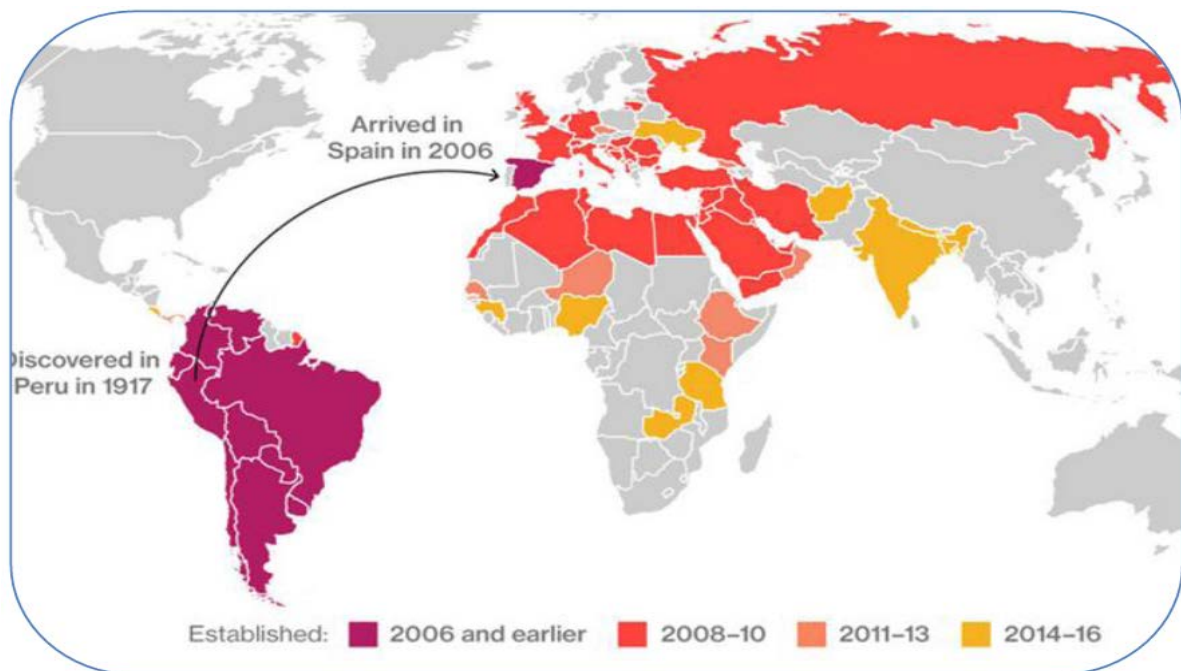


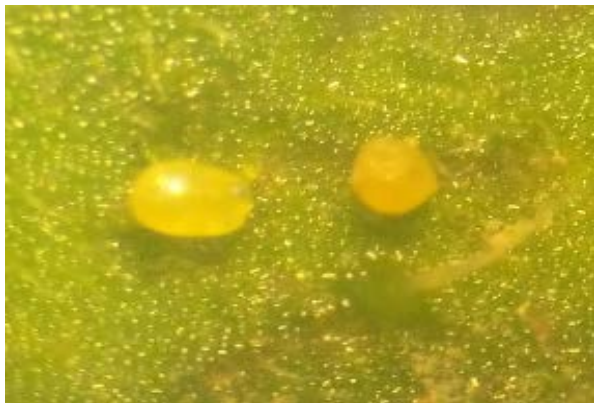
Figure 5: Aire de répartition de *T. absoluta* dans le monde de l'année 2006 à 2016 (EPPO, 2016)

II. Description et cycle biologique de *T. absoluta* :

II.1.1. L'œuf :

L'œuf, de forme ovale, mesure 0,36 mm de long et 0,22 mm de diamètre environ. De couleur blanc-crème à la ponte, ils deviennent jaune-orange en plein développement et plus foncé à l'approche de l'éclosion (Molla *et al.*, 2008).

Selon Estay (2000), la ponte a lieu le plus souvent à la face inférieure des feuilles, rarement sur les tiges et les nervures et encore moins sur les fruits.



L'incubation dure de quatre à dix jours selon la température ; elle est de quatre à huit jours lorsque la température est de 22 à 24°C (Gillian, 2009).

Les œufs sont généralement déposés individuellement plus rarement par paquet.

Figure 6: Œufs de *T. absoluta* (Originale, 2018)

II.1.2. Les stades larvaires :

La durée des stades larvaires varie de 12 à 15 jours selon la température (Marcano, 2008). De façon caractéristique, les larves sont très actives et se tortillent quand on les touche. Le stade larvaire dure dix jours lorsqu'il fait de 24 à 26°C (Gillian, 2009). L'insecte se caractérise par la présence de quatre stades larvaires bien définis et différenciés en taille et en couleur (Molla *et al.*, 2008). D'après Lebdi *et al.* (2010), les mesures de la longueur de la larve (L) et de la largeur de la capsule céphalique (CC) démontrent la corrélation positive existant entre ses 2 critères et permettent de faire ressortir 4 paliers révélant les 4 stades larvaires de *T. absoluta*. Ainsi, les valeurs de la capsule céphalique varient de 0,1 à 0,6mm en passant du 1er au 4ème stade larvaire, alors que la longueur de la larve varie de 0,4 à 7,3 mm (la taille de la larve L4 est en moyenne 10 fois plus longue que la larve L1).

Durant le premier stade larvaire (L1), celle-ci arbore une couleur crème, avec une tête sombre mesurant environ 0,6 à 0,9mm (Silva, 2008). Elle atteint une taille de 1,6mm de long à la fin du stade L1 (Molla *et al.*, 2008). Les larves pénètrent entre les deux épidermes de la feuille et commencent à consommer le mésophile formant ainsi les galeries, la couleur vire à la couleur verdâtre par la suite.

Au second stade (L2), la chenille passe à un jaune tirant sur le vert, une étroite bande noire venant faire son apparition à l'arrière de la tête, sur le pronotum. La taille à la fin de ce stade est de 2.8mm (Molla *et al.*, 2008).

Le troisième stade est caractérisé par une larve de couleur verte uni avec parfois quelques reflets violacés, sa longueur atteignant alors les 3 mm. Le quatrième et dernier stade larvaire est caractérisé par une larve plus grande, dont le thorax atteint une couleur rosée, et d'une longueur atteignant les 6 mm, voire 7 mm de long (Lebdi *et al.*, 2010).

II.1.3. La nymphe :

A ce stade, les larves cessent de s'alimenter après avoir atteint leur développement maximal et entament leur métamorphose (Molla *et al.*, 2008). La nymphose peut avoir lieu soit dans le sol, soit sur les feuilles ou à l'intérieur des mines. Avant de se métamorphoser, très souvent, la chenille quitte la galerie et se laisse transporter par un fil de soie vers le sol où se déroulera la nymphose jusqu'à l'émergence. Il arrive que la nymphose se réalise au niveau de la plante, dans une galerie (Guenoui et Ghelamallah, 2008).

La nymphe est de forme cylindrique ; de couleur verte au début elle vire au brun foncé à l'approche de l'émergence (Estay, 2000). Elle mesure 4,3mm de large et 1,1mm de diamètre. Généralement, elle se recouvre d'un cocon blanc soyeux. Le stade de la pupe dure de huit à 20 jours selon la température (Arno et Gabarra, 2011).



Figure 7: Nympe de *T. absoluta* (originale,2018)

II.1.5. L'adulte :

L'adulte de *T. absoluta* mesure environ 7 mm de long et 10 mm d'envergure chez les mâles et 11 mm chez les femelles (Molla *et al.*, 2008). La couleur des adultes est brun grisâtre, tacheté de tâches brunes. Une bande brune mince en diagonal est visible sur le tiers distal (Marcano, 2008). Les antennes sont filiformes, ornées d'une bande brune foncée et blanche, longues de 4 à 5mm. Selon Pereira (2005), l'insecte actif la nuit, apparait clairement le matin surtout dans les premières heures. Dans la journée, il reste caché en dessous des feuilles de tomate. Les femelles ont un abdomen de couleur marron plus volumineux que chez les males (Molla *et al.*, 2008). L'adulte vit de sept à neuf jours à une température de 24-26 °C, et environ 23 jours à une température de 13 °C (Gillian, 2009).

II.2 Cycle de vie :

Comme chez tous les Lépidoptères, le développement de *T. absoluta* est caractérisé comme étant holométabole. Il est composé de quatre stades de développement différents l'œuf, la larve, la chrysalide, et enfin l'imago. La durée de croissance de chacun des stades se montre habituellement constante à une température moyenne donnée (Silva, 2008).

Le cycle de vie de cet insecte peut durer de 29 à 38 jours selon les conditions environnementales. Il peut y avoir de 10 à 12 générations par an. Au laboratoire, le cycle complet de *T. absoluta* varie de 26 à 38 jours, avec un chevauchement des générations (Silva, 2008). Aussi, Barrientos *et al.* (1998) estiment que le développement complet dure 76,3 jours à 14°C, 39,8 jours à 19,7°C et 23,8 jours à 27,1°C.

Les femelles s'accouplent une fois par jour et elles atteignent jusqu'à 6 accouplements au cours de leur vie (Molla *et al.*, 2008). Selon Pereira (2005), les conditions climatiques ont une influence sur la dynamique des populations de l'insecte. Les facteurs météorologiques (pluviométrie, température) ont une grande influence sur la fluctuation des populations de l'insecte.

Tableau 5 : La durée de cycle de développement de *T. absoluta* en fonction de la température (Caudal *et al.*, 2010)

T (°C)	CEuf(j)	Larve(j)	Chrysalide(j)	Total(j)	adulte(j)
15	10	36	21	67	30
20	7	23	12	42	17
22	6,9	13,3	10.1	29.5	/
25	4	15	7	27	13
27	3,2	9,7	8.2	21.1	/
30	/	11	6	20	9

Selon Koppert (2013), une diapause n'intervient pas systématiquement lors du développement de cet insecte, et est même absente la plupart du temps tant qu'il subsiste une source de nourriture à proximité de l'individu. Cette diapause peut tout de même survenir à différents moments, que ce soit à l'état d'œuf, de larve ou de chrysalide.

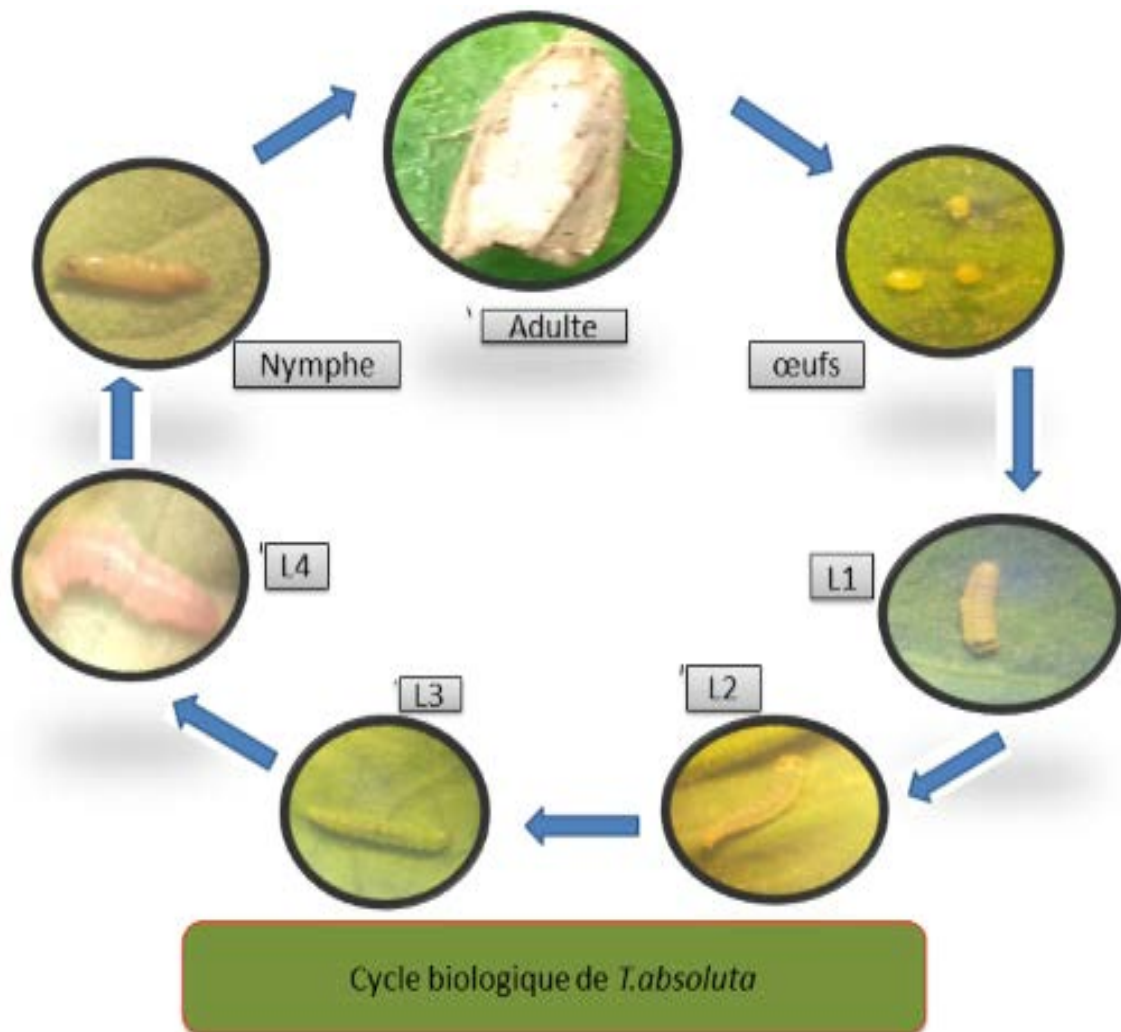


Figure 8 : Cycle biologique de *T. absoluta* (Originale, 2018)

II.3. Fécondité :

Les femelles déposent leurs œufs sur les feuilles de tomate, préférentiellement sur la face supérieure (Torres *et al.*, 2002). Certains auteurs évaluent leur fécondité entre 250 et 300 œufs tout au long de leur vie, avec une viabilité de 95% (Molla *et al.*, 2008), alors que d'autres l'estiment entre 60 et 120 œufs (Torres *et al.*, 2002). Le choix du site de ponte dépend de plusieurs facteurs ; ils sont liés à l'odorat (chimiques olfactifs) et à la vision (forme, taille et couleur de l'hôte).

III.1. Symptômes et dégâts :

La mineuse de la tomate s'attaque aux feuilles et aux fruits. Les galeries que ses larves creusent à l'intérieur des feuilles sont les lésions les plus communes. Au début, la galerie est longue et étroite, mais elle s'élargit ensuite et prend la forme d'une tache boursouflée. Vers la fin de leur développement, les larves replient parfois les feuilles en deux ou tissent deux feuilles ensemble, entre lesquelles elles continuent de se nourrir, provoquant l'apparition de larges tâches. Lorsque l'infestation est grave, toutes les feuilles sont attaquées, ce qui donne aux plants un aspect « grillé ».

Les plants de tomate peuvent subir des dommages plus directs quand certaines larves âgées rentrent dans les fruits qui se trouvent à leur portée en creusant une galerie au-dessous du calice. Les entrées des galeries situées sous le calice sont très discrètes et peuvent passer facilement inaperçues au moment de la mise en conserve. Les larves creusent des galeries dans les flancs des tomates lorsque l'infestation est forte (Gillian, 2009).

La larve peut pénétrer dans tous les organes, quelque soit le stade de la plante :

► **Sur feuille** : l'attaque se caractérise par la présence de plages décolorées nettement visibles. Les larves dévorent seulement le parenchyme en laissant l'épiderme de la feuille. Les folioles attaquées se nécrosent entièrement (Photo 10) ;



Figure 9 : Mines de *T. absoluta* sur feuilles de tomate (originale, 2018)

► **Sur tige ou pédoncule** : La larve pénètre à l'intérieur des tiges et forme des galeries et laisse ces déjections (Pereira *et al.*, 2008), de ce fait la larve perturbe le développement des plantes ;



Figure 10: Dégâts de *T. absoluta* sur tiges de tomate (Amazouz, 2008) in (Badaoui, 2018)

► **Sur fruits** : Les chenilles s'attaquent aux fruits verts comme aux fruits mûrs. Les tomates présentent des nécroses sur le calice ou des trous de sorties à leur surface. Ces nécroses peuvent être profondes et rendent les fruits invendables et impropres à la consommation (Ramel et Oudard, 2008).



Figure 11 : Symptômes de *T. absoluta* sur fruits de tomate (Originale, 2018)

III.2. Moyens de dissémination :

La dissémination de *T. absoluta* peut avoir lieu via la circulation des fruits et des plants infestés ainsi que par les caisses de récolte, les moyens de transport contaminés, par le vent et à travers ses vols. Alors que la dissémination dans le temps, d'un cycle à l'autre, se fait par les chrysalides présentes dans le sol. La présence des mauvaises herbes, les cultures avoisinantes et les restes des cultures après l'arrachage présentent également une source et un réservoir de réinfestation (Silva, 2008).

III.3. Méthodes de lutte :

La protection efficace et durable contre ce fléau doit combiner plusieurs méthodes de lutte.

III.3.1. Méthodes prophylactiques :

► Avant la plantation :

- Empêcher les papillons de pénétrer dans la serre en fermant toutes les ouvertures à l'aide de filets fins pour éviter les entrées de *T. absoluta* ;
- Réparer tous les trous dans les parois et sur le toit ;
- Installer une double porte à l'entrée de la serre. Les entrées ne doivent pas être dans le sens du vent dominant ;
- Utiliser des plants sains, sans signe de présence de *T. absoluta* et installer des pièges contenant des phéromones ;
- Respecter un délai de vide sanitaire d'environ 6 semaines entre l'arrachage d'une culture infestée et la plantation ;
- L'emploi du paillage intégral du sol est vivement souhaité.

► Au cours de la production :

- Réparation de toutes les ouvertures ou trous possibles au niveau des abris serres ;
- Entretien régulier du filet et ajout de silicone ou peinture sur les coutures ;
- Elimination des feuilles, tiges et fruits présentant des mines en utilisant des sacs en plastiques hermétiquement fermés ;
- Destruction des débris végétaux résultant de l'effeuillage, de l'ébourgeonnage et l'arrachage en fin de campagne ;
- Elimination du feuillage sénescant et les adventices à l'extérieur des serres ;
- Respecter les règles d'hygiène fondamentales du matériel.

III.3.2. Méthodes biotechniques :

C'est la mise en place des piègeages massifs, à raison d'un piège Delta ou à eau par serre et 20 à 25 pièges à eau en plein champ. Ces méthodes, capitales pour la réduction des populations des mâles de *T. absoluta*, sont un moyen de contrôle direct de ce ravageur par la réduction des accouplements. Cette technique est d'autant plus efficace qu'elle est adoptée précocement lorsque le niveau de population est encore faible, 15 jours avant la plantation (ELOUISSI, 2016).

Selon WANG *et al.* (1998), l'entretien des pièges doit être assuré régulièrement par :

- Renouvellement des plaques engluées dès leur saturation dans le cas des pièges Delta ;
- Le remplissage des bacs à eau jusqu'à la limite supérieure ;
- Le changement des capsules à phéromones chaque 4-6 semaines.

III.3.3. Les techniques culturales :

Autrement appelée « contrôle cultural » est l'ensemble des adaptations du système de culture mis en place en vue de limiter le développement des populations de bio-agresseurs.

Des modifications de dates et de densités de semis, l'ajustement des doses et des dates d'apport de fertilisants et bien d'autres pratiques utiles pour la lutte prophylactique contre les ravageurs (Lietti, 2005). Dans le cas de *T. absoluta*, l'utilisation des engrais azotés doit se faire rationnellement car ils peuvent stimuler le développement des larves du ravageur (Valladares, 2007).

Lutter contre les mauvaises herbes qui constituent un foyer secondaire de contamination (Valladares, 2007).

Lietti (2005) recommande la rotation des cultures avec d'autres familles des solanacées car elle permet de réduire le taux d'infestation. Utiliser certains caractères de résistances chez des variétés de tomates comme moyen pour réduire les dégâts occasionnés par ce ravageur.

III.3.4. La lutte chimique :

La lutte chimique contre les insectes fait appel aux insecticides dont l'utilisation a connu un essor très important avec les progrès de la chimie de synthèse. Elle est basée sur l'application de molécules détruisant ou limitant les populations de bioagresseurs (Pereira., 2008).

L'inefficacité de ces molécules a conduit les agriculteurs à des applications intensives. Ceci peut, selon Pereira (2008), engendrer des phénomènes de résistance chez *T. absoluta*, en plus de l'augmentation du coût de production et de la destruction de la faune auxiliaire utile. On constate que l'utilisation irraisonnée de ces insecticides engendre un danger réel de pollution de l'environnement. De plus, les résidus toxiques dans les fruits récoltés causent un sérieux problème de santé humaine.

L'application ne repose sur aucune stratégie et les agriculteurs ne tiennent pas compte des méthodes d'application, mode d'action du produit et du stade du ravageur. Depuis l'apparition de ce redoutable ravageur en Algérie, les agriculteurs ont eu recours en priorité à l'usage de produits chimiques, mais, malheureusement elle n'a pas permis d'éradiquer l'insecte (Elouissi, 2016).

Tableau 6 : Principaux produits chimiques utilisés en Algérie contre *T. absoluta*

FAMILLE chimique	Matière active
Tracer	Spinosad
Vertimee	Abamectine
Avermeetine	Abamectine
Nomolt	Teflubenzeruon
Decis	Deltamethrine
Ultracide	Methidathion
Karate	Labacyhaclthrine
Comfidol	imidaclopride

III.3.5. La lutte biologique :

La lutte biologique s'appuie sur une stratégie de défense écologique et durable qui vient corriger les lacunes que rencontrent les autres méthodes de lutte. Les organismes vivants utilisés, appelés auxiliaires, antagonistes ou agents de lutte, peuvent être des parasitoïdes, des prédateurs (insectes, acariens, nématodes) ou des pathogènes (Virus, bactéries, champignons).

Les prédateurs et parasitoïdes appartenant aux insectes constituent en général le groupe le plus important qui cause la mortalité larvaire de la mineuse (Miranda *et al.*, 1998).

III.3.6. La lutte intégrée :

Il est nécessaire de procéder à une lutte intégrée de façon à permettre la conservation des insectes auxiliaires dans les cultures. Différentes combinaisons sont possibles entre traitements, auxiliaires et autres moyens de lutte disponibles. Il est donc recommandé d'intégrer diverses méthodes de lutte (Elouissi, 2016)

- Piégeage massif, avant la plantation, pour capturer le maximum de mâles de *T. absoluta* ;
- Traitement avec les pesticides sélectifs ;
- Recommandation de réalisation des traitements en combinant les biopesticides avec les insecticides chimiques de synthèse pour réduire les méfaits ;
- Lutte biologique (utilisation d'un ennemi naturel).

I.1. Origine :

Les menthes appartiennent au genre *Mentha* de la famille des labiées, ce sont des herbes vivaces stolonifères des régions tempérées (surtout Europe et Afrique du nord), à tiges quadrangulaires à feuilles opposées ; les inflorescences sont, selon, les espèces, en têtes arrondies, en épis serrées ou en pseudo-verticilles axillaire, quant aux fleurs, elle présente une corolle subrégulière et quatre étamines presque égales (Paris et Moyse, 1971).

I.2. Systématique de la plante selon Perrot (1944) :

RègnePlantae
Sous-règneTracheobionta
DivisionMagnoliophyta
ClasseMagnoliopsida
Sous-classeSteridae
OrdreLamailes
FamilleLamiaceae
Genre*Mentha* L.
Espèce *Mentha spicata* L.

I.3. Description de la plante :

Elle a plusieurs noms : menthe crépue, douce, verte... la menthe est une plante vivace, à inflorescence spicatées ; ses épis de fleurs plus étroits plus allongées et aigus ; les feuilles opposées légèrement piquantes. Cette espèce est obtenue par de multiples croisements de plusieurs espèces de menthe. Il existe des formes stériles et d'autres fertiles (FAO ,2010).



Figure 12 : La menthe « *Mentha spicata* » (Originale, 2018)

I.4. Les conditions de développement de la menthe :

- La croissance végétative de la menthe est fortement diminuée en période froide
- La menthe peut être cultivée dans tous les sols sauf dans les terres trop argileuses, humides et froides en hiver (FAO, 2010) ;
- La menthe peut être cultivée en climat montagnard, tempéré humide jusqu'à 900-1000 m d'altitude et en climat méditerranéen (FAO, 2010).

I.5. Composition de la plante :

L'huile essentielle de la menthe verte est riche surtout en -L-carvone (teneur entre 40 à 80%), l'acétate de dihydrocuminyne (10 à 12%, ces deux constituants majeurs étant responsable de l'odeur de la plante) et le limonène (5 à 15%) ; ils sont accompagnés de dihydrocarvone, de dihydrocarvéol, d'acétate de carvyle et de α -caryophyllène. Dans d'autres races chimiques, la carvone est accompagnée de cinéol (jusqu'à 20%), de pulégone (jusqu'à 50%) ou de terpinéol-4 (jusqu'à 18%) (Avato *et al.*, 1995).

I.6. Utilisation de la plante :

La menthe est utilisée comme traitement pour différents problèmes sanitaires chez l'être humain comme :

- La lutte contre l'anxiété, les nausées et les vomissements (Grosjean, 2007) ;

- Traitement du mal d'estomac et les douleurs de coffre (Doymaz, 2006 ; Park *et al.*, 2002) ;
- Les huiles essentielles de la menthe présentent ainsi des propriétés antivirales (Zhiri *et al.*, 2005), qui ont été prouvé *in vivo* contre le virus Y de la pomme de terre (PVY) (Ismail,1994 ; Inouye *et al.*, 2001) ;
- Les huiles essentielles de la menthe sont utilisées pour contrôler les parasites Trypanosome et leishmania (Brian, 2007) ;
- Des propriétés inhibitrices sur le plan de la formation des micromycètes de *Penicillium chrysogenum*, *Fusarium solanum* et *Mucor ramosissimus* (Motiej-cunaite et Peciulyte, 2001).

I.1.1. Objectif :

T. absoluta est considérée de nos jours, comme l'un des ravageurs les plus importants de la tomate (Pires et *al.*, 2010) et est présente naturellement dans la serre. Elle constitue un facteur limitant du développement de la culture puisqu'elle peut causer entre 70 et 100% de pertes (Pratissoli et Parra, 2000).

Elle est devenue résistante contre les insecticides habituellement utilisés, ce qui a incité les chercheurs à apporter des solutions vraiment efficaces, moins coûteuses et protectrices de l'environnement.

L'objectif de ce travail consiste à évaluer le pouvoir insecticide de l'extrait des feuilles de la menthe verte « *Mentha spicata* » sur « *T. absoluta* » dans le cadre de la valorisation des substances naturelles végétales.

I.1.2. Présentation de la zone d'étude :

L'expérimentation s'est déroulée dans une serre installée à la ferme expérimentale du département des sciences agronomiques, située dans la commune de Mazargan, à 4 Km au sud de Mostaganem. Cette zone est caractérisée par un climat semi-aride avec une hygrométrie comprise entre 60 à 70% et température moyenne qui varie entre 25 et 30°C pendant la période estivale.



Figure 13 : Photo satellitaire du site d'expérimentation (Google Earth, 2018)

I.1.3 Matériel végétal :

L'étude a été réalisée sous serre, sur des plants de tomate de la variété Tavira qui est un hybride F1 précoce, caractérisé par le fruit à collet vert, de gros calibre (180 à 300 g), excellente fermeté et conservation. Plante à bonne vigueur, particulièrement adaptée aux cultures longues de l'automne au printemps, avec une résistance au virus de la mosaïque, *Verticilium* et *Fusarium* et tolérante aux nématodes (Anonyme 2, 2017).



Figure 14 : Fruits de la tomate (variété Tavira) (Anonyme 2, 2017)

I.1.4. Matériel animal :

C'est le ravageur principal « *T. absoluta* », le plus connu sur la culture de la tomate communément nommé la mineuse de la tomate.

I.2.1. Installation de la culture :

- Installation de goutte à goutte (03-01-2018) ;
- Préparation du paillage au niveau de la serre (03-01-2018) ;
- La réalisation du repiquage (15/01/2018) ;
- Distance entre les plants de 40 à 50cm ;
- Le nombre total des plants est de 120 ;
- Le nombre de blocs est de 4 (18 plants par bloc) ;
- Le nombre de plants étudiés est de 72.



Figure 15 : Mise en place du paillage dans la serre d'étude (Originale, 2018)



Figure 16 : Les plants de tomate après quelques jours de la plantation (Originale, 2018)

I.2.2. Suivi de la culture :

Les opérations menées pour l'entretien de la culture ont respecté les points suivant :

- La mise en place de l'insecte-proof a été réalisée le 10/01/2018 ;
- L'irrigation des plants fut selon le besoin par le système goutte à goutte ;
- L'élimination des bourgeons ;
- L'élimination des vieilles feuilles basales (effeuillage) ;
- Un traitement fongicide a été appliqué contre le mildiou le 10/04/2018 ;
- La mise en place du palissage a été fait le 04/03/2018 ;
- L'élimination des mauvaises herbes par un désherbage manuel une fois par semaine.



Figure 17 : Insect-proof dans les portières de la serre (Originale, 2018)



Figure 18 : Le désherbage manuel (Originale, 2018)



Figure 19 : La mise en place du palissage (Originale, 2018)

I.2.3. Méthode d'échantillonnage :

Pour le test biologique *in vivo* un dispositif a été installé en séparant la serre en 04 blocs où 18 plants de tomate ont été retenus. Quatre dilutions de l'extrait polyphénolique fut testées, à savoir 5, 10, 15 et 20%, de même un témoin négatif à base d'eau distillée ainsi qu'un témoin positif à base de méthanol fut également testés. Pour chaque traitement trois répétitions ont été réalisées. Les traitements ont concernés trois plants sélectionnés au hasard sur les quatre blocs de la serre et dans chaque plant.

Afin d'évaluer l'impact de l'extrait polyphénolique testé des observations ont été effectués pendant une durée de huit jours du 13 au 21 Mai. La méthode d'échantillonnage a consisté à prélever neuf folioles par plant à trois niveaux (bas, milieu et haut) en 4 blocs pour chacun 18 plants pour 72 plants soit un total de 648 folioles pour l'ensemble des plants échantillonnés. Un échantillonnage a été réalisé une journée avant le traitement afin de mettre en évidence le niveau d'infestation de *T. absoluta* dans la serre, en respectant le protocole établi pour le test biologique.

L'échantillonnage a été effectué de façon régulière. Les échantillons de folioles de tomate ont été prélevés et placés dans des sachets en plastique étiquetés puis transportés au laboratoire pour les observations sous loupe binoculaire à fin de noter l'ensemble des paramètres étudiés concernant le ravageur.

Les différents stades de *T. absoluta* sont dénombrés et classés selon leurs stades d'évolution (œufs, larves (L1, L2, L3, L4) et chrysalides) et leurs états (vivants, morts ou parasités).

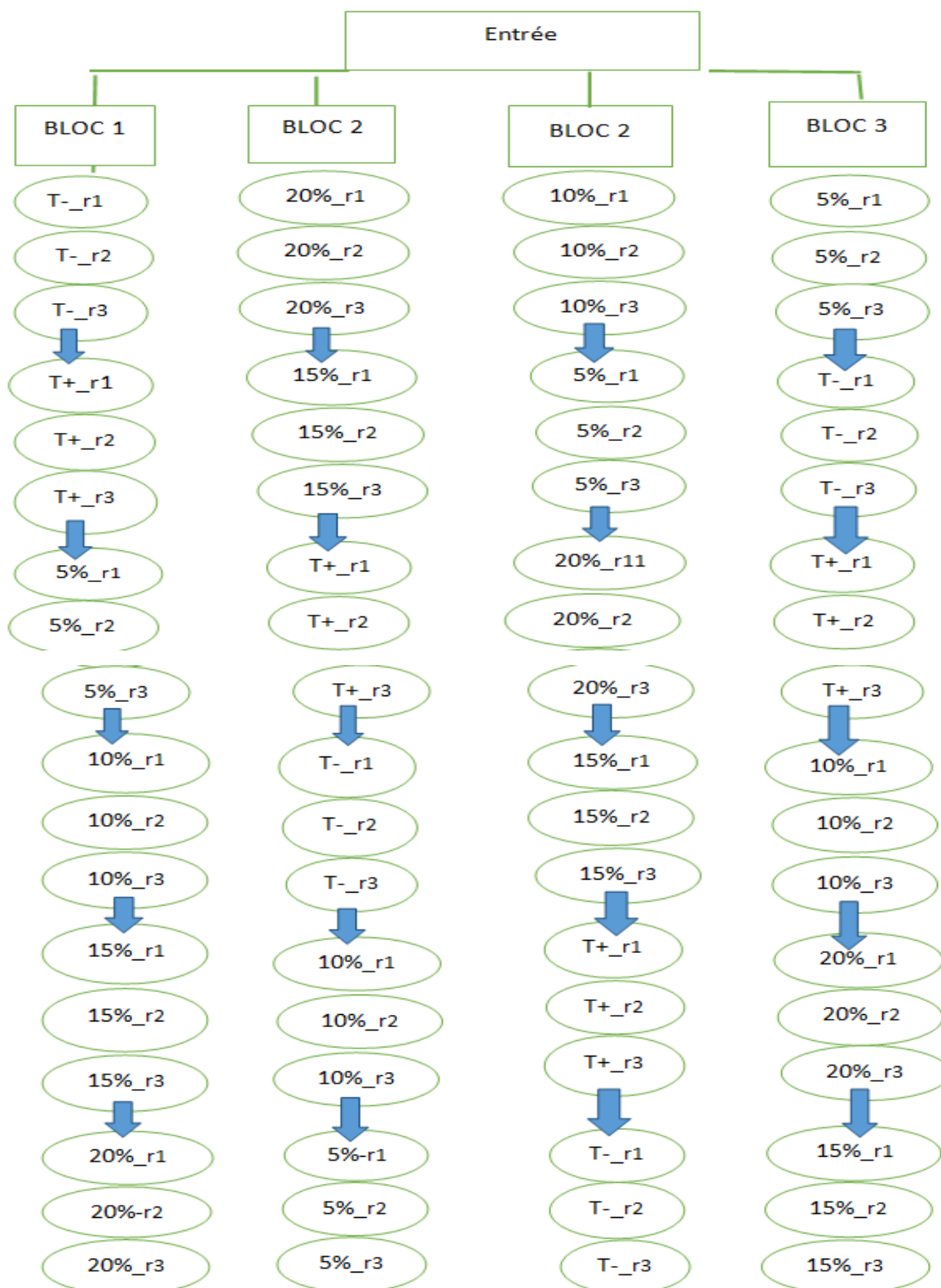


Figure 21 : Dispositif expérimental pour le test *in vivo* dans la serre d'étude



Figure 20 : L'échantillonnage des folioles puis l'observation sous loupe binoculaire (Originale, 2018)

I.3.1. La préparation de la menthe pour l'extraction :

Les parties végétales utilisées dans notre extraction sont des feuilles fraîches, vertes et saines. Après avoir lavé 01 Kg des feuilles de menthe on les laisse à l'air pendant une heure ou on utilise un séchoir pour éliminer toutes les gouttes d'eau, puis les broyer jusqu'à ce qu'on obtient une pâte.



Figure 22 : Broyage des feuilles de menthe (Originale, 2018)

I.3.2 Le solvant d'extraction :

L'extraction par solvant reste la méthode la plus pratique. Les solvants les plus utilisés à l'heure actuelle sont le méthanol, l'hexane, le cyclohexane, l'éthanol et l'acétone. Ces solvants ont un pouvoir d'extraction plus élevé que l'eau si bien que les extraits contiennent un nombre important de composés non volatiles tels que des cires, des pigments des acides gras mais également des composés volatiles et bien d'autres substances (El haib, 2011).

Plusieurs résultats confirment la fiabilité du méthanol, ainsi que sa disponibilité qui nous a poussés à le choisir comme un solvant extracteur dans cette expérimentation.

I.3.3. Méthode d'extraction :

La macération est un procédé qui consiste à laisser séjourner une plante dans un solvant à froid pour en extraire les composés solubles (aromes, principes actifs). Elle peut se faire dans une solution alcoolique, de l'eau, une saumure, l'huile...etc. Cette dernière préserve les espèces chimiques fragiles.

I.3.4. Mode opératoire :

L'extraction des polyphénols a été inspirée selon le protocole de Mokhtar *et al.* (2014). L'extraction a été réalisée selon les étapes suivantes :

Pour 1000g de feuilles fraîches broyées, on ajoute 1500ml de solvant en raison de (10/90) ; 10% Hcl à 0.05% et 90% de Méthanol, avec ce protocole le solvant va contenir

1350ml de Méthanol et 150ml de HCl. On couvre le mélange avec du papier aluminium pour éviter la dégradation des polyphénols par la lumière et on le place sous agitation à froid pendant 30 minutes. On filtre le mélange pour obtenir la première solution.

Après filtration on récupère le reste et on l'ajoute à un solvant de (10/90), cette fois ci avec 150ml de HCl à 0.05% et 1350ml d'Acétate d'Éthyle, puis on couvre le mélange avec du papier aluminium et on le place sous agitation à température ambiante pendant 30 minute, après filtration on obtient une deuxième solution.

La première et la deuxième solution sont mélangées pour être passé au rotavapor à 45°C afin de séparer les polyphénols.

Après évaporation on récupère les polyphénols et on les mets dans des tubes à essais pour les conserver à moins de 4°C.



Figure 23 : Agitation de l'extrait polyphénolique de *M. spicata* (Originale, 2018)

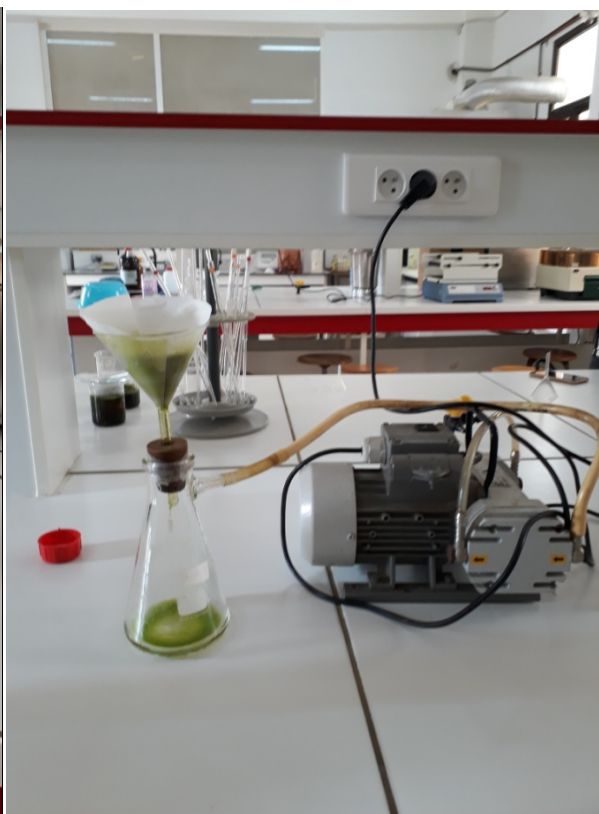


Figure 24 : Filtration de l'extrait Polyphénolique de *M. spicata* (Originale, 2018)

I.4.1. L'évaporateur rotatif :

L'évaporateur rotatif appelé souvent « rotavapor » utilise une technique rapide et efficace de séparation : elle permet l'extraction d'un solvant dont la température d'ébullition est abaissée en travaillant sous pression réduite (Hireche, 2013).

L'évaporateur rotatif utilisé lors de l'expérimentation est de type Buchi R-210. Ces caractéristiques sont représentées dans le tableau (Annexe ---).

I.4.2. Le principe de l'évaporateur rotatif :

Le mélange du solvant et du soluté est placé dans le ballon de droite. Celui-ci est plongé dans un bain-marie. Il est incliné et animé d'un mouvement de rotation de manière à créer un film de liquide et ainsi accroître la surface d'évaporation du solvant. La pression à l'intérieur du montage est abaissée au moyen d'une trompe à eau ce qui augmente la vitesse d'évaporation. Après condensation dans le réfrigérant, le solvant est récupéré dans le ballon de gauche (Ould Amar, 2013).



Figure 25 : L'évaporateur rotatif Buche R-210 (Originale, 2018)

I.4.3. Le rendement d'extraction :

A la fin de chaque extraction on calcule le rendement qui est exprimé en pourcentage par rapport au poids du matériel de départ, qui est déterminé par la relation suivante :

$$\mathbf{R(\%) = (M_{ext}) \times 100 / M_{ech}}$$

- **R** : Rendement (en %)
- **M_{ext}** : est la masse de l'extrait après l'évaporation du solvant en g
- **M_{ech}** : est la masse de l'échantillon végétal en g

Tableau 07: Rendement de l'extrait de *M. spicata* par rapport à 1000g des feuilles fraîches :

Plante	Rendement
<i>Mentha spicata</i>	1,50%

I.4.4. Préparation des dilutions de l'extrait :

Pour l'extrait hydro alcoolique de la menthe des solutions d'un volume de 100 ml sont préparées par dilution dans l'eau distillée de 5, 10, 15 et 20%.

Après avoir récupéré l'extrait brute, pour le dissoudre on rajoute 80ml de méthanol afin d'obtenir la solution mère.

Pour avoir les dilutions de 5, 10, 15 et 20% on applique la relation suivante :

$$\begin{array}{l}
 80 \quad \xrightarrow{\quad} \quad 100\% \\
 X \quad \xrightarrow{\quad} \quad 20\%
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} 80 \\ X \end{array}} \right\} X = \frac{20 \times 80}{100} = 16\text{ml}$$

Par exemple, afin d'obtenir une concentration de 20%, on ajoute 16 ml de solution mère à 64 ml d'eau distillée et avec la même méthode on calcule le reste des concentrations.



Figure 26 : Les dilutions (5%, 10%, 15%, 20%) (Originale, 2018)

II. Test biologique *in vitro*:

Les bio-essais ont été effectués au laboratoire dans des boîtes Petrie, qui doivent être aérées pour éviter l'asphyxie des larves testées. Les couvercles des boîtes ont été confectionnés de manière à permettre l'aération par la présence d'un tulle à maille fine pour éviter la sortie des larves.

Dans une boîte Petrie on introduit une foliole de tomate saine sur un fond recouvert d'une couche de papier absorbant humidifié afin de garder la foliole fraîche, permettant le bon développement des larves durant la période d'observation.

Quatre larves de *T. absoluta* (une larve pour chaque stade) ont été déposées délicatement sur la foliole. Le traitement des larves a été effectué par pulvérisation de l'extrait en forme d'un jet sur les 4 larves en les rassemblant pour éviter la perte du produit. Les doses utilisées ont été obtenues à partir de l'extrait initial. Quatre concentrations ont été préparées : 5% ; 10% ; 15% et 20%. Pour chacune des concentrations ainsi que pour le témoin, neuf répétitions ont été réalisées.

Les observations sont effectuées quotidiennement afin de déterminer l'effet larvicide de l'extrait de *M. spicata* sur la mineuse de la tomate *T. absoluta*. Le dénombrement des insectes morts est effectué après 24 heures du traitement, puis pendant huit jours successifs.

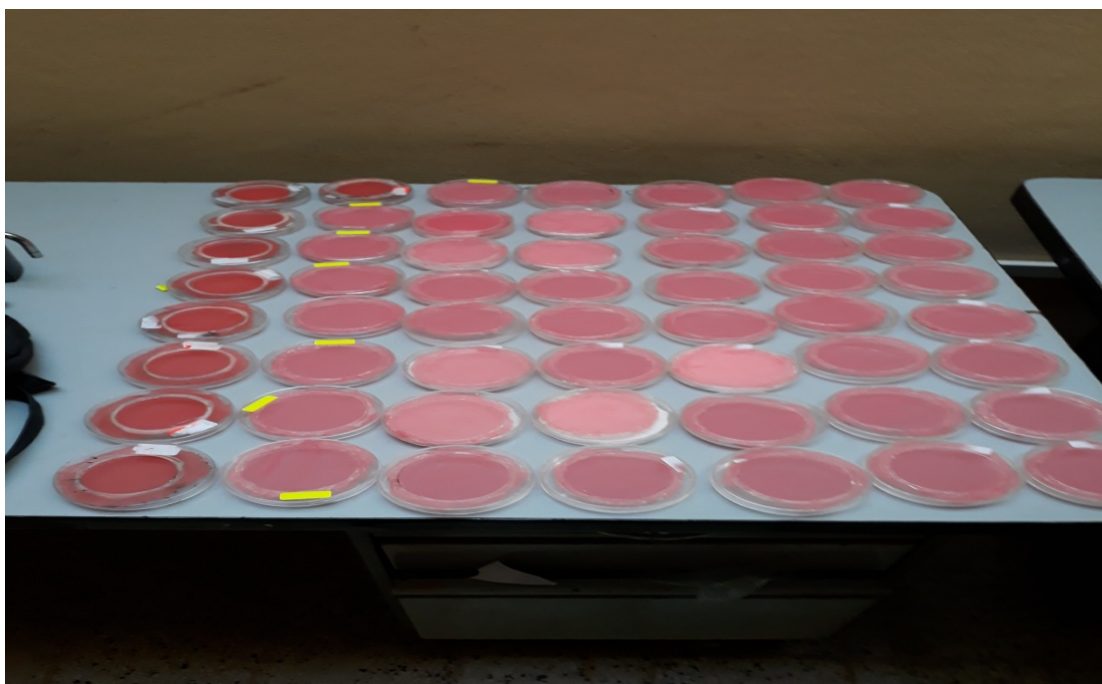


Figure 27 : Le dispositif expérimental du test *in vitro* de l'extrait de polyphénolde *M. spicata* sur *T. absoluta* (Originale, 2018)

I. Test de toxicité *in vitro* :

Les résultats de toxicité de l'extrait de *Mentha spicata* sur les différents stades larvaires de *T. absoluta* sont représentés en annexes. Ils montrent les variations de mortalité en fonction du temps et des concentrations comparativement aux témoins.

I.1. Activité larvicide de l'extrait de *M. spicata* sur *T. absoluta* :

I.1.1. La mortalité cumulée :

La figure suivante représente l'évolution de la mortalité des larves en fonction du temps sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait polyphénolique.

Les taux de mortalité des larves témoins et traitées sont calculés par la formule ci-dessous :

$$\text{Taux de mortalité}\% = (\text{Nombre de mort} / \text{Nombre total d'individus}) \times 100$$

Le taux de mortalité des larves de *T. absoluta* sous l'effet de l'extrait hydroalcoolique des feuilles de *M. spicata* a été évalué sur les boîtes traitées, ce qui a révélé des taux assez différents entre les deux témoins et les boîtes traitées.

Après 24h de traitement, les taux de mortalités enregistrées ont été de l'ordre de 25% pour la plus faible concentration (5 %) et des taux de 33,33% ; 36,11% et 38,88% respectivement pour les concentrations de (10%) ; (15%) et (20%). Les témoins négatif (T-) et positif (T+) ont notés des taux de mortalité faible comparativement aux boîtes traitées avec l'extrait de *M. spicata* avec 13,88% et 27,77% respectivement (Fig.28et 29).

Après deux jours de l'application de l'extrait, les taux de mortalités enregistrées ont montré des proportions assez intéressantes pour les concentrations 5%, 10% et 15% avec des taux de 50% 47,21% et 55,55% ; alors que les résultats obtenus par la concentration (20%) ont été moins importants avec 38,88%. Les tests témoins ont révélés des taux de 33,33% et 25% respectivement pour les T+ et T- (Fig.28et 29).

A partir du troisième jour, il nous a été permis de constater une augmentation du taux de mortalité pour toutes les concentrations, avec 61,1% pour les 5 et 10% et 69,43% pour la concentration de 15%, alors que les témoins sont resté dans la même cadence avec un taux de 36,1% (Fig.28et 29).

La mortalité s'est amplifiée au quatrième jour avant de marquer une stabilité aux derniers jours d'observation pour les blocs traités : 66,66% ; 77,74% ; 80,55% ; 83,33% respectivement pour 5, 10, 15 et 20%. Le T⁺ est resté moyennement constant avec une valeur de 38,88%. Par contre le T⁻ a noté une augmentation progressive jusqu'à atteindre un taux maximal de 55,55% (Fig.28et 29).

Le test *in vitro* a fait ressortir que la concentration 20% a été la plus efficace, avec des taux de mortalité les plus élevés enregistrés sur la durée du test comparativement aux autres concentrations (Fig.28et 29).

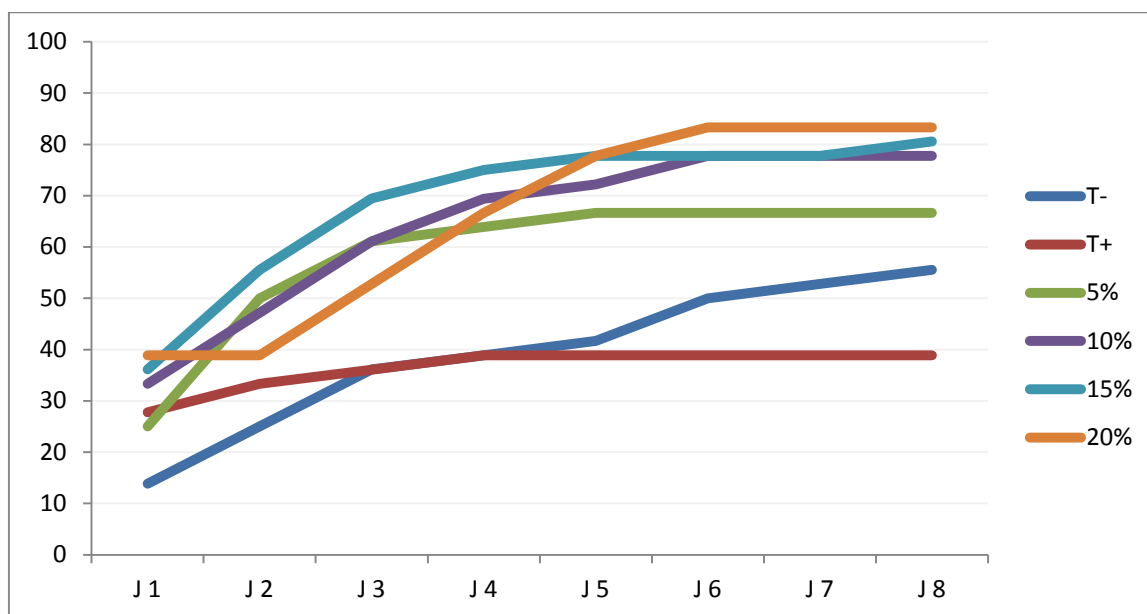


Figure 28 : Taux de mortalité cumulée des larves de *T. absoluta* traité à l'extrait polyphénolique de *M. spicata*

I.1.2. La mortalité corrigée :

La mortalité obtenue est corrigé par la formule d'ABBOT :

$$MC = \frac{(M2 - M1) \times 100}{100 - M1}$$

M1 : pourcentage de mortalité dans le lot témoin

M2 : pourcentage de mortalité dans le lot traité

MC : pourcentage de la mortalité corrigée

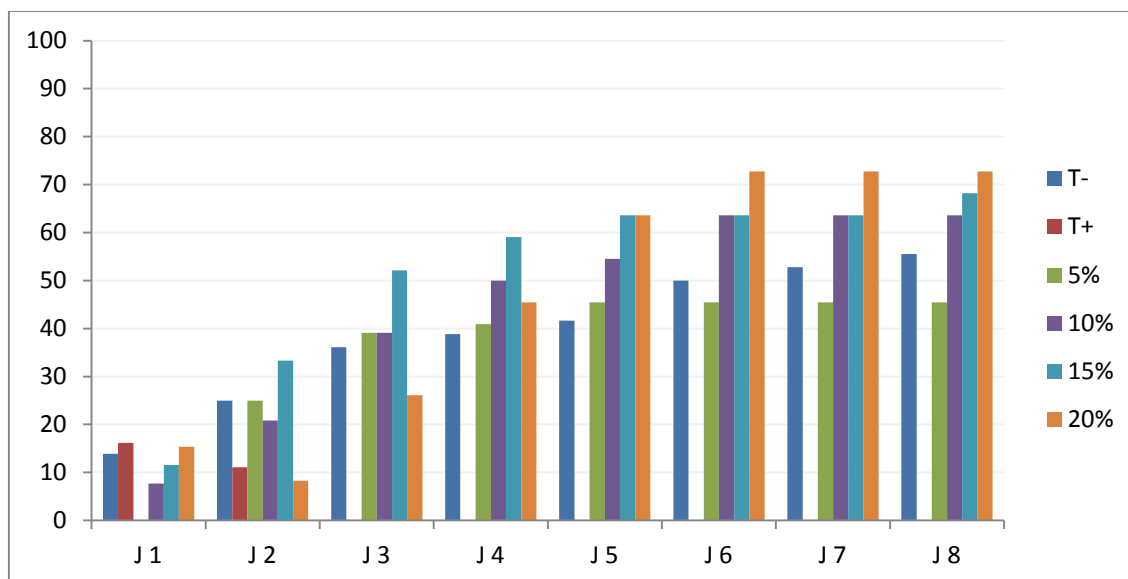


Figure 29 : Mortalité corrigée des larves traitées par l'extrait de *Mentha spicata*

I.1.3. La sensibilité des stades larvaires de *T. absoluta* vis-à-vis de l'extrait polyphénolique :

I.1.3.a. 1^{er} stade larvaire :

La mortalité enregistrée sur les individus du premier stade larvaire a montré une sensibilité élevée vis-à-vis de l'extrait polyphénolique de *M. spicata*. En effet, toutes les concentrations ont révélée un effet insecticide sur ces derniers, ceci dès le premier jour d'exposition à l'extrait.

On constate que la mortalité notée suite aux concentrations 5 et 15% ont montrée des taux similaires, relevés dès le premier jour de traitement (le premier jour avec 66,66% et 100% au deuxième jour). Tandis que la concentration qui a permis de tuer 100% de la population du L1 est celle de 20%(Fig.30 et 31). Des mortalités également élevées ont été constatées sur les témoins négatif et positif au premier jour du traitement (Fig.30 et 31). Les larves mortes sur le témoin négatif pourraient être du à la compétition et interaction entre les larves des différents stades. On pourrait aussi l'expliqué par la fragilité et la sensibilité de ce stade biologique aux différent facteurs naturels (Fig.30 et 31).

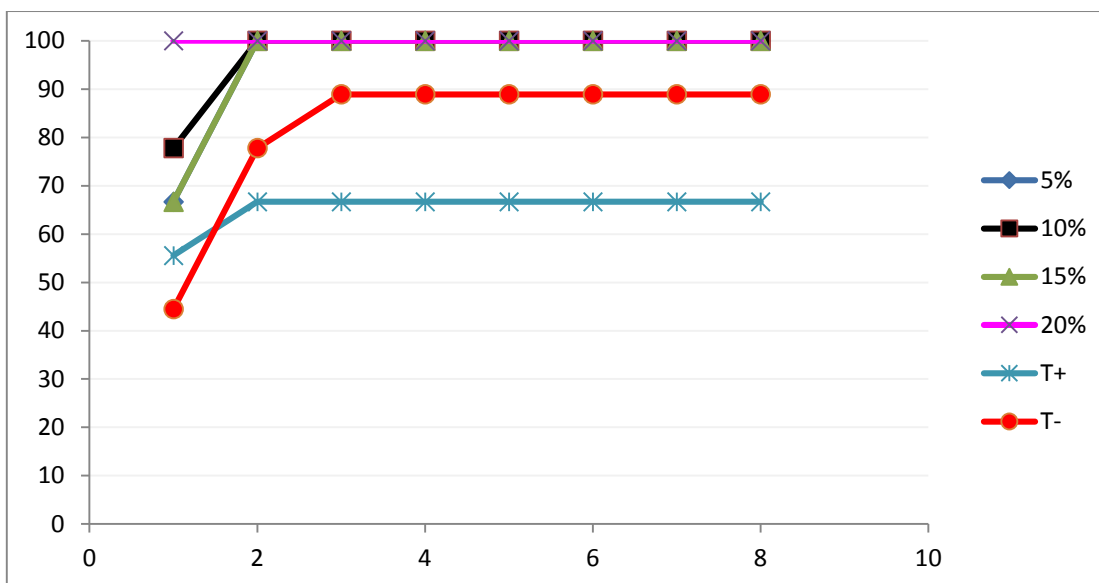


Figure 30 : La mortalité cumulée larvaire du stade L 1

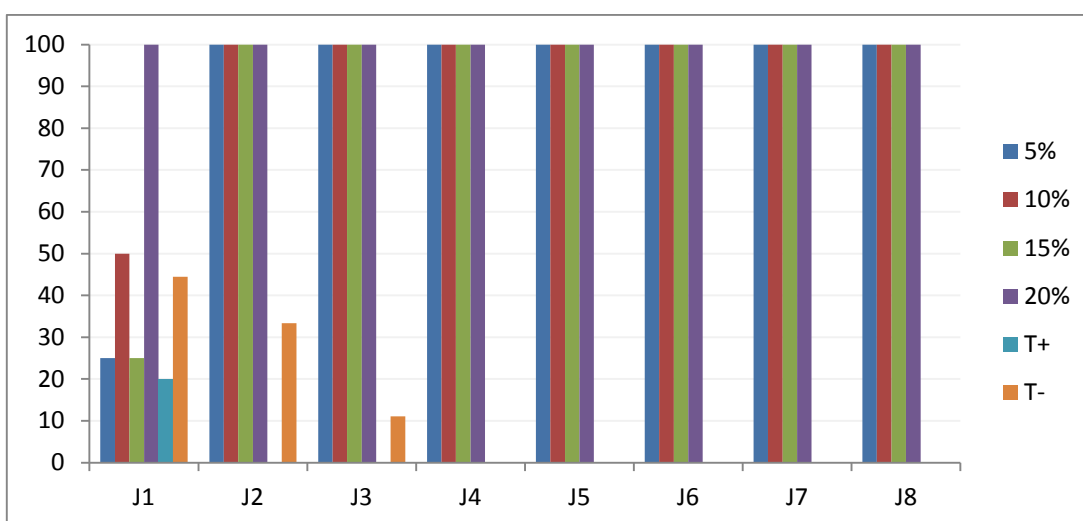


Figure 31 : La mortalité corrigée du stade L1

I.1.3.b. 2eme stade larvaire :

Pour ce test les résultats illustrés sur la figure 32 et 33 montrent une mortalité assez différente selon les concentrations.

Contrairement au stade L1, le L2 a été sensible à la concentration 15% qui a provoqué 66,66% de mortalité, correspondant au taux maximal enregistré au premier jour du test. L'extrait a eu un effet sur les larves dès le deuxième jour d'exposition pour les doses 5, 10 et 15%, une mortalité de 100% pour ce dernier au troisième jour, pour la dose de 10% la mortalité a atteint les 100% le quatrième jour, alors que la concentration 5% a

provoqué une mortalité de 100% au 5eme jour. La dose 20% a montré les taux les moins importants constatés jusqu'au 6eme jour (Fig. 32 et 33).

Dans les blocs témoins la mortalité a été observée également dès le premier jour du test, mais avec des taux moins importants. En effet, le témoin au méthanol a noté un taux de mortalité de 33,33% au 1^{er} jour d'exposition, alors que le témoin à l'eau distillée a révélé une mortalité de 11,11% (Fig. 32 et 33).

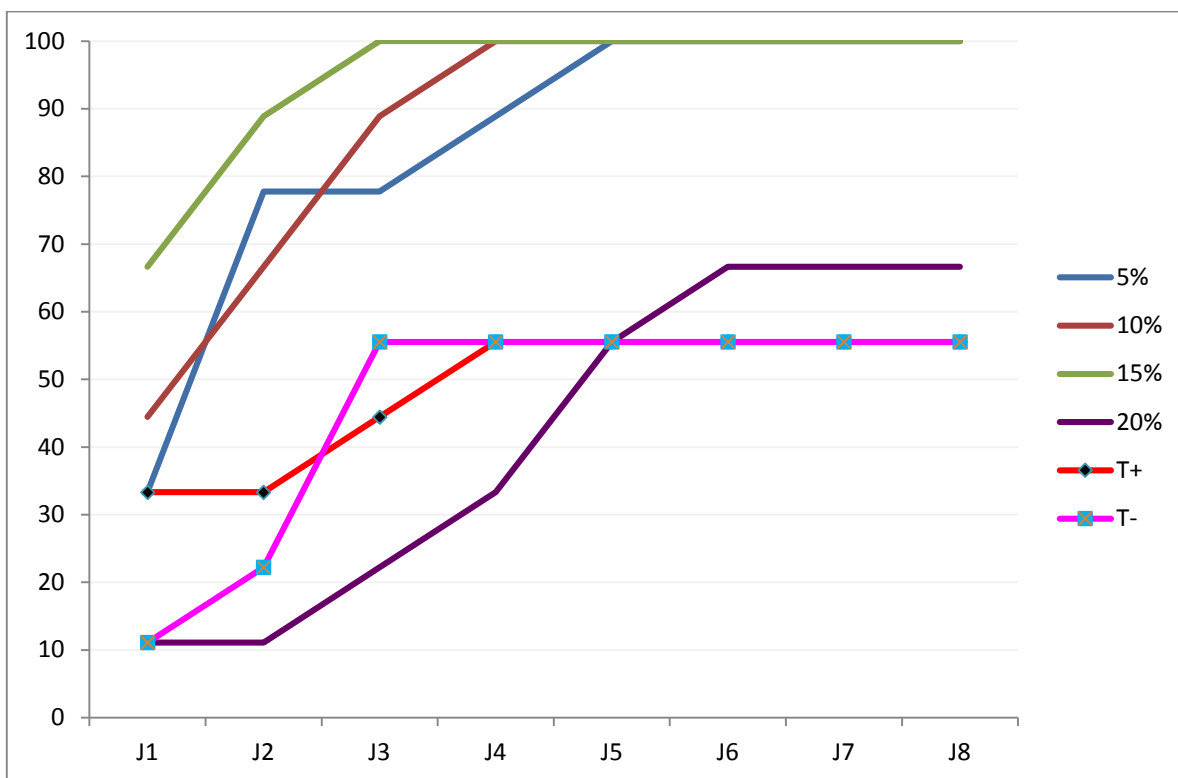


Figure 32 : La mortalité cumulée du stade larvaire L2

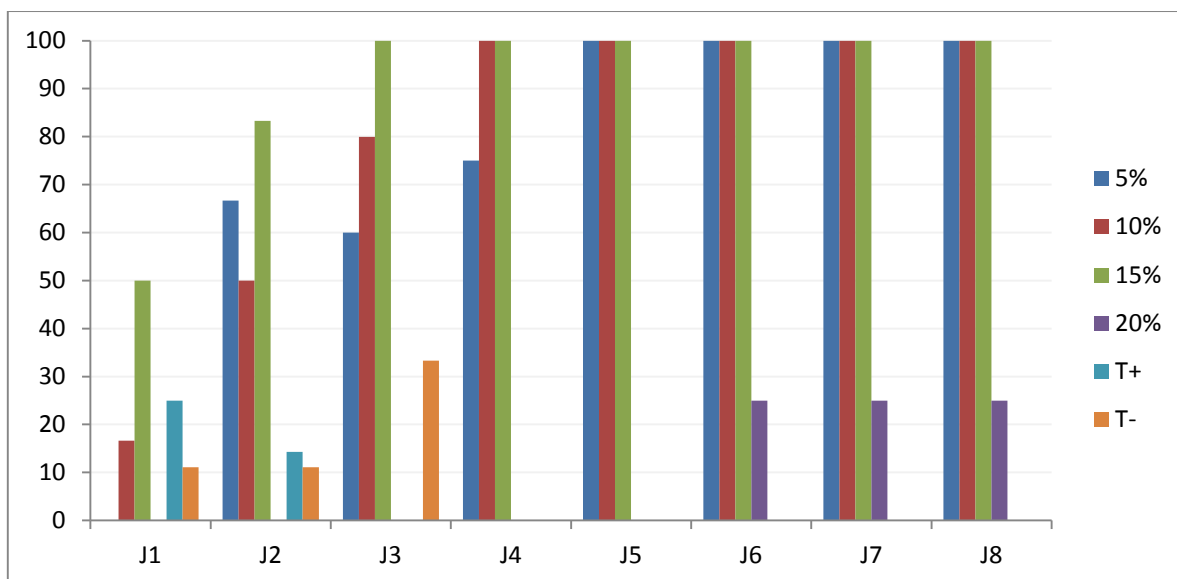


Figure 33 : La mortalité corrigée du stade larvaire L2

I.1.3.c. 3^{ème} stade larvaire :

Les résultats révélés pour ce stade larvaire ont montré une efficacité dès le premier jour pour la concentration 20% avec 33,33%, pour atteindre les 100% au quatrième jour. Par ailleurs, la concentration 15% a noté des taux de mortalité moins importants avec 11,11%, 33,33%, 55,55% et 77,77% respectivement du 1^{er} au 4^{ème} jour (Fig.34 et 35).

A la concentration 10%, une mortalité de 11,11% a été observée 24h après le traitement pour se stabiliser à un taux de 66,66% au 6^{ème} jour (Fig.34 et 35).

Le traitement à 5% n'a eu d'effet qu'après le deuxième jour, marquant un taux de mortalité de 11,11% pour se stabiliser au 3^{ème} jour à 33,33% (Fig.34 et 35).

Les observations effectuées sur les deux tests témoins ont fait ressortir que le T+ a montré des mortalités dès le premier jour d'observation avec un taux de 22%, par contre, sur le T- les mortalités n'ont pu être constatées qu'à partir du quatrième jour avec un taux de 11,11%, ce dernier va montrer une augmentation pour atteindre un taux de 55,55% à la fin de l'expérimentation (Fig.34 et 35).

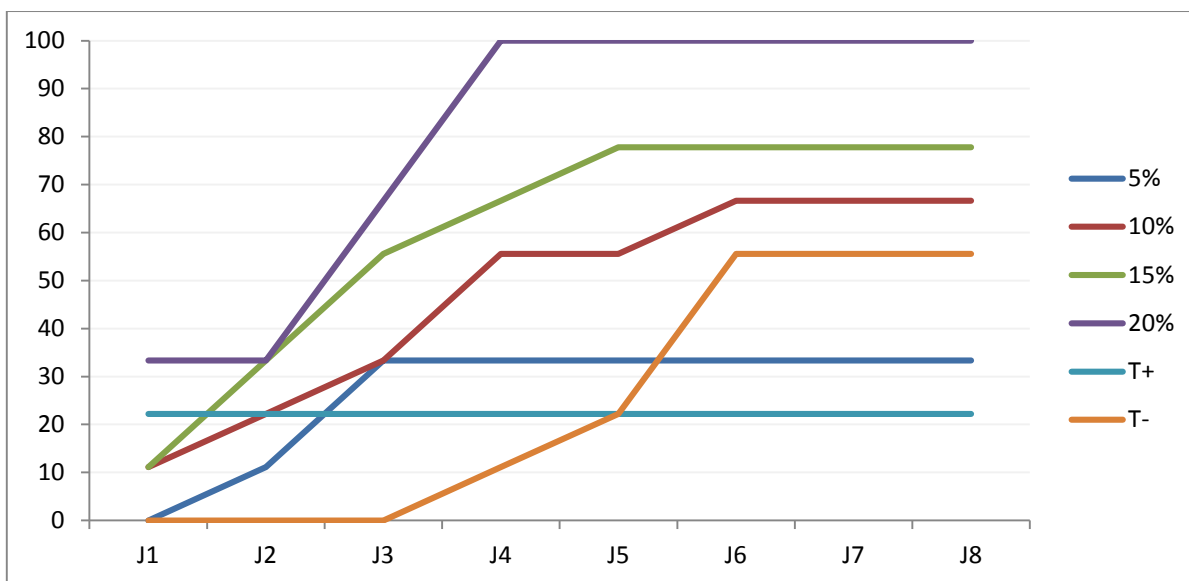


Figure 34 : La mortalité cumulée chez le stade larvaire L 3

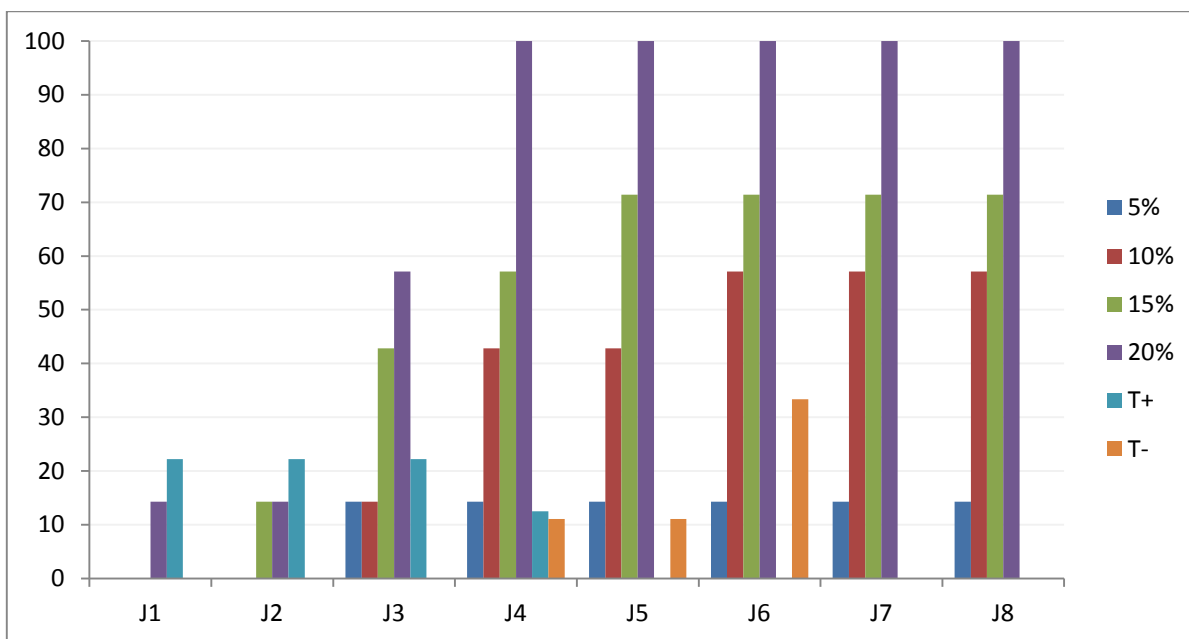


Figure 35 : La mortalité corrigée du stade larvaire L3

I.1.3.d. 4^{ème} stade larvaire :

Les résultats obtenus ont montré une évolution différente de ce stade larvaire en contact des différents traitements nous poussons à supposer la présence d'une éventuelle résistance de ce stade vis-à-vis des différentes concentrations testées. En effet, une mortalité assez faible a été enregistrée au cours des deux premiers jours avec un taux de 11,11%, sous l'effet de la concentration 20%, au 3^{ème} jour les trois concentrations (5%, 10% et 15%) ont marquées un même taux de mortalité 22,22% (Fig. 36 et 37).

Aux cinquièmes et sixièmes jours, il fut noté des taux de mortalité de 33,33% ; 55,55% respectivement pour les concentrations 10% et 20% (Fig. 36 et 37).

Un taux de mortalité de 11,11% a été relevé au deuxième jour pour le T+, et au septième jour pour le T- (Fig. 36 et 37).

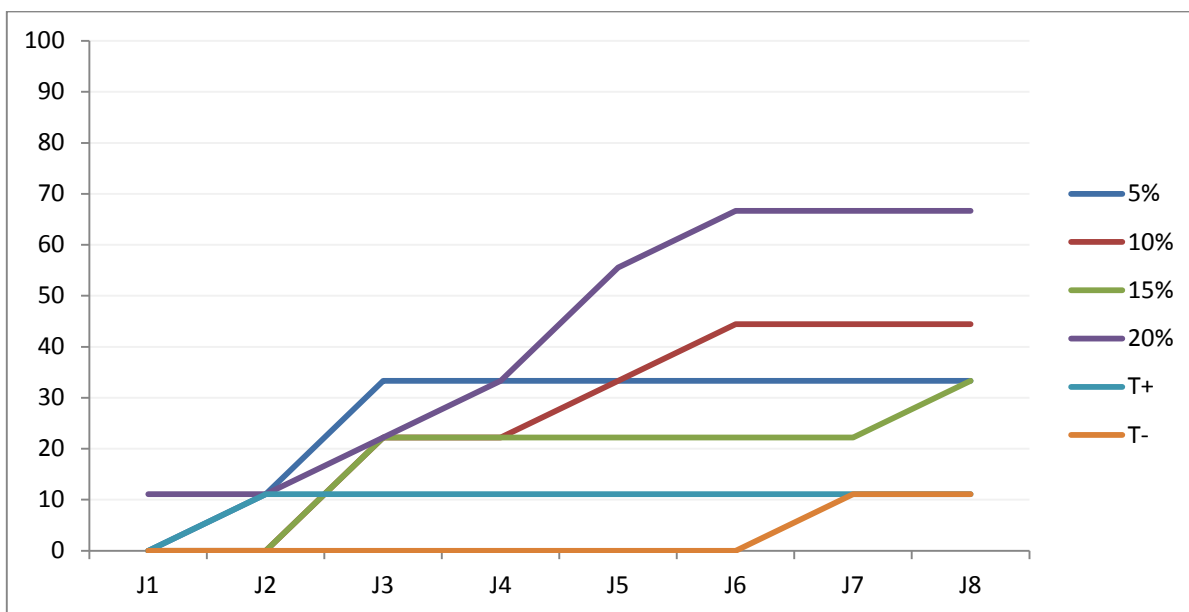


Figure 36 : La mortalité cumulée chez le stade larvaire L4

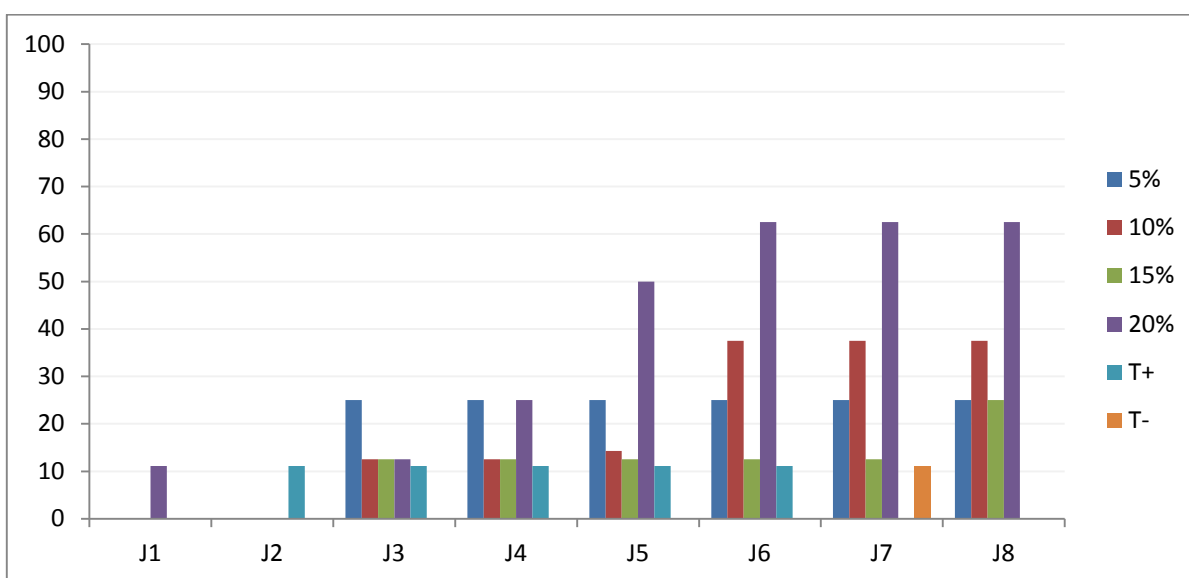


Figure 37 : La mortalité corrigée de stade larvaire L4

I.1.3.e. Stade nymphal :

La figure ci-dessous illustre le passage du quatrième stade larvaire en nymphe à un taux de 20,37% noté au troisième jour, pour enregistrer des taux de 9,26%, 22,22% et 1,85% observés respectivement aux quatrième, sixième et les deux derniers jours (Fig. 38).

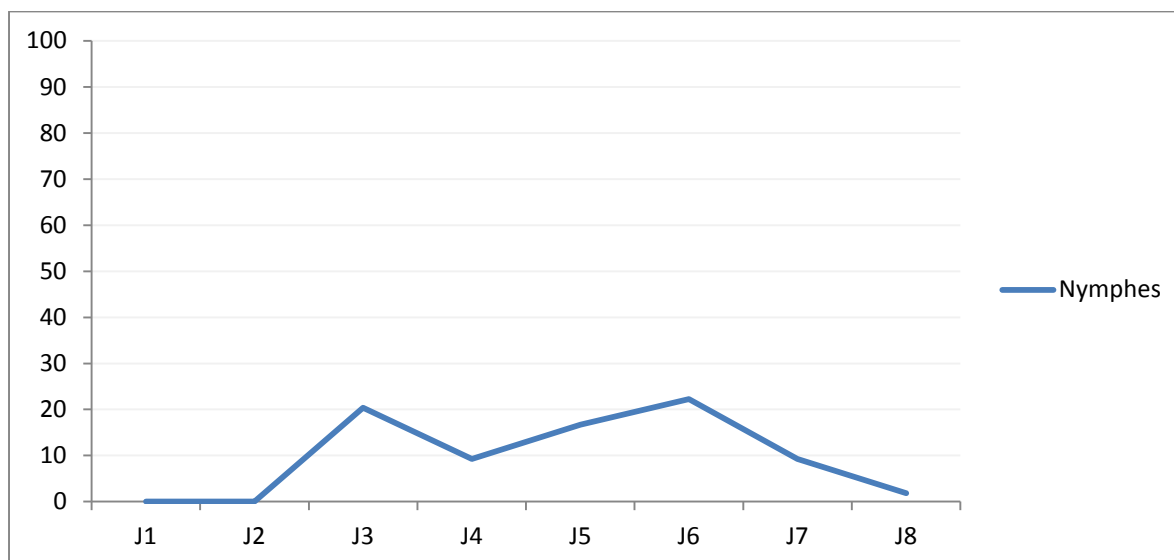


Figure 38 : Le taux de transformation des larves en nymphe pendant le test *in vitro*

L'extrait de *M. spicata* a donné un bon résultat pour sa toxicité sur les larves de la mineuse, cette efficacité est confirmée par la mort des larves de ce ravageur.

II. Les résultats *in vivo* :

II.1. Evaluation *in vivo* de l'effet de l'extrait polyphénolique des feuilles de *Mentha spicata* sur *T. absoluta* :

II.1.1. Le taux d'infestation de *T. absoluta* sous différentes concentrations de l'extrait polyphénolique de *M. spicata* :

Le suivi du taux d'infestation de *T. absoluta* sur les plants de tomate par l'extrait de menthe a révélé des données assez similaires entre les témoins et les blocs traités.

Les observations effectuées au préalable avant le traitement à l'extrait polyphénolique de *M. spicata* ont permis de noter des taux d'infestations de *T. absoluta* au (J0) de l'ordre de 35,65% comme moyenne pour tous les blocs retenus. 24h après le traitement aux différentes concentrations, les observations sur les différents blocs traités ont permis de noter un taux d'infestation global avec une légère baisse pour atteindre un taux de 32,87%. Par ailleurs, les lots témoins ont enregistré des taux d'infestation

dépassant largement les taux d'infestation notés une journée avant (J0) avec 50,93% et 40,44% respectivement pour le témoin à l'eau distillée et au méthanol (Fig. 39).

Quatre jours après traitement le taux d'infestation a chuté d'une manière progressive pour noter une proportion intéressante de 09,95%. L'effet du traitement est très apparent sur l'évolution des populations de *T. absoluta*. Pour les témoins on note un écart des taux d'infestation de 40% pour le T- et 16,88% pour le T+, ceci fait ressortir l'effet du méthanol sur *T. absoluta* en réduisant ses effectifs (Fig. 39).

Au cinquième jour on a constaté une stabilité temporaire dans les taux d'infestation observés chez le T+ et l'extrait de la menthe, par contre le T- a montré une chute remarquable des contaminations avec un taux de 22%. Au dernier jour d'observation, il a été relevé des infestations de 02,55% sur les plants traités par l'extrait polyphénolique, tandis que les deux témoins ont noté des taux de 15,02% et 13% respectivement pour le T- et T+ (Fig. 39).

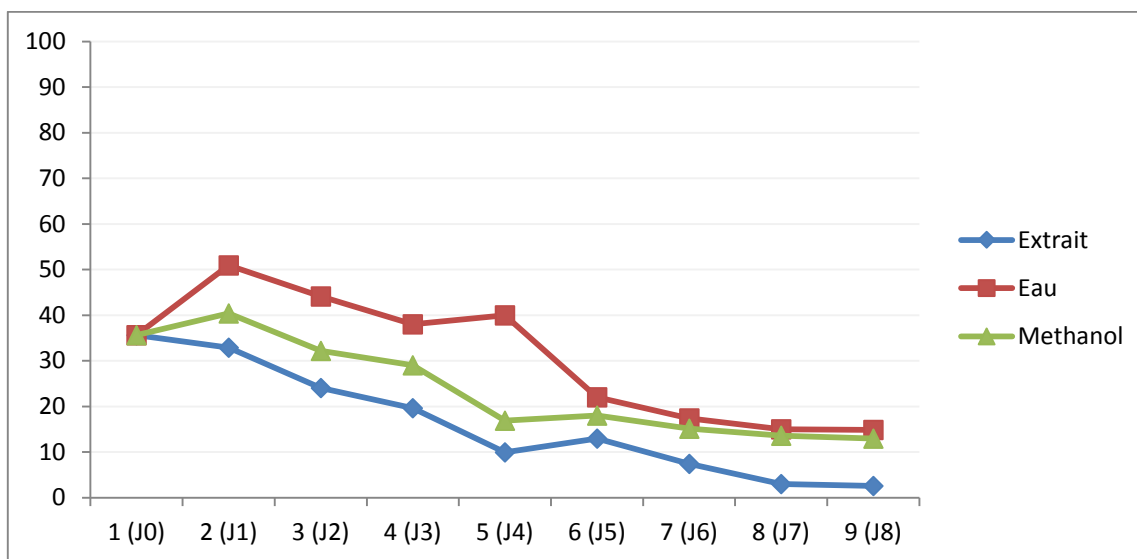


Figure 39 : Taux d'infestation globale de *T. absoluta* traité à l'extrait polyphénolique de *M. spicata*

II.1.2. Le taux d'infestation par blocs :

II.1.2.1. Bloc 01 :

Les résultats consignés dans la figure 40 montrent que durant les trois premiers jours le T- marque un pic d'infestation de l'ordre de 45,28% puis une baisse jusqu'au 33,5% ; par contre le

T+ a baissé à 29% et les quatre concentrations ont marquées une proportion similaire comprise entre 22 et 25% (Fig. 40).

Au quatrième jour le T- marque un autre pique d'infestation de l'ordre de 35,34% ; alors que l'infestation a chuté chez le T+ (14,3) et les quatre dilutions entre 9 et 12% (Fig. 40).

Au cinquième jour on voit qu'il y a une autre chute pour le T- de l'ordre de 18% et une stabilité temporaire pour les autres concentrations avant que la baisse d'infestation reprenne sa diminution pour les derniers jours et la concentration 20% avec un taux remarquable de 01,86% (Fig. 40).

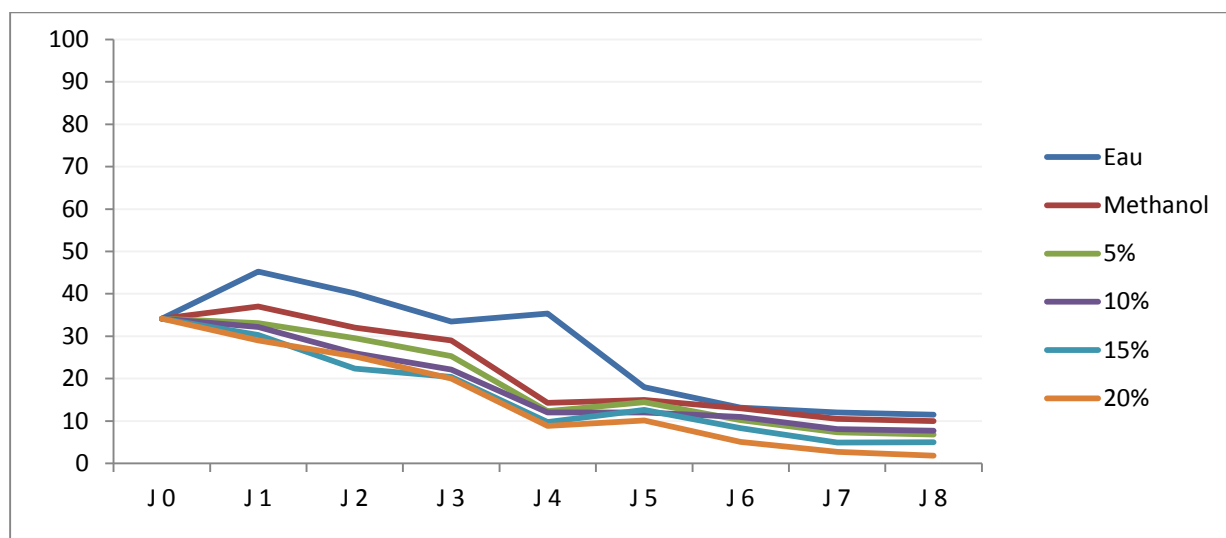


Figure 40 : Taux d'infestation de *T. absoluta* relevé sur le bloc 1

II.1.2.2. Bloc 02 :

D'après ces résultats on constate que les taux d'infestation des T- et T+ et les concentrations 05% et 10% marquent une augmentation comparativement au taux d'infestation enregistré avant le traitement avec 41,22% ; 35% ; 36% et 35,22% respectivement, par contre la concentration 15% et 20% marquent une chute des infestations (Fig. 41).

Au deuxième jour on a observé une baisse d'infestation pour toutes les concentrations puis une légère augmentation au troisième jour. Une stabilisation dans nos relevés a été constatée à partir du quatrième jour (Fig.41).

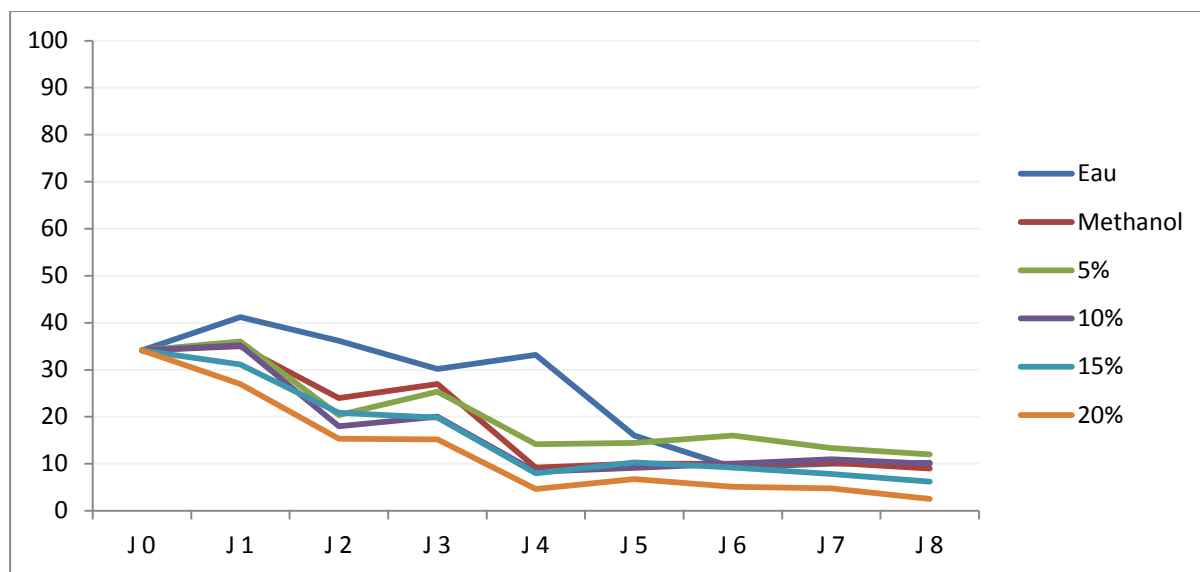


Figure 41: Taux d'infestation de *T. absoluta* relevé sur le bloc 02

II.1.2.3. Bloc 03 :

La figure 42 permet de distinguer une nette augmentation dans les infestations de *T. absoluta* pour le traitement à la dilution de 5%, en effet, un taux de 40% a été enregistré. Les témoins ont été également très infestés avec des taux de 62,24% et 48% respectivement pour les T- et T+ après 24h, puis une diminution a été notée pendant les autres jours. Tandis que les concentrations 10%, 15%, 20% ont marqué une baisse dans les infestations pour le reste des observations (Fig. 42).

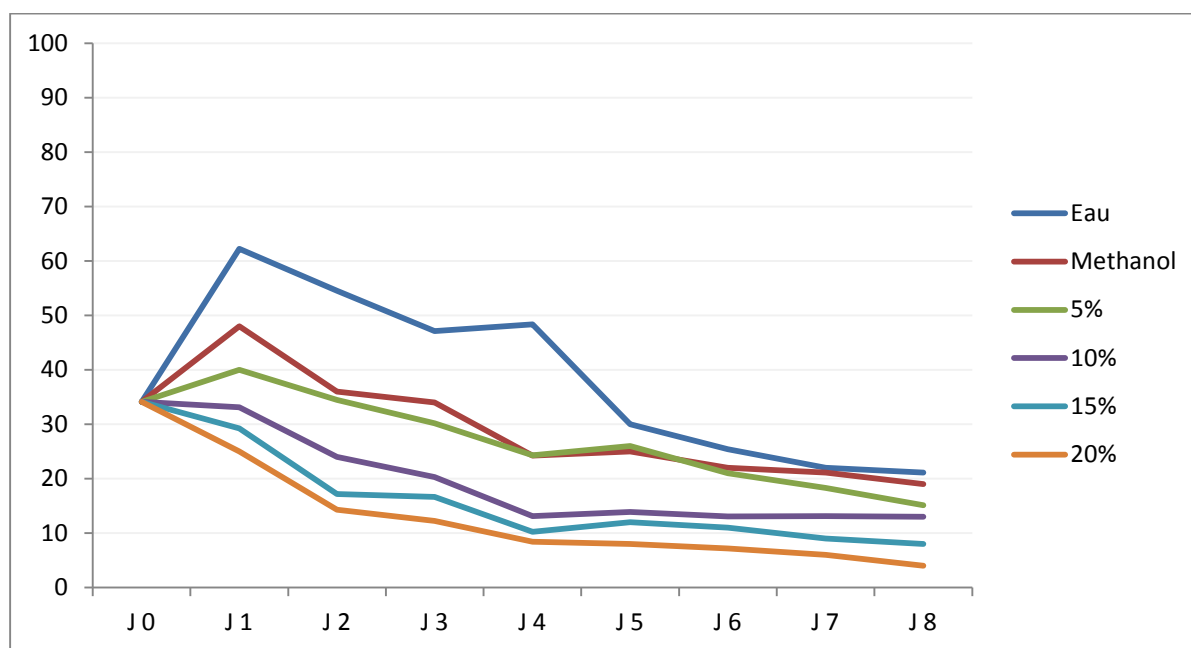


Figure 42 : Taux d'infestation de *T. absoluta* relevé sur le bloc 03

II.1.2.4. Bloc 04 :

Sur ce bloc des taux d'infestation remarquable ont été enregistrés après 24h du traitement pour les deux témoins avec 55,62% (T-) et 42,77% (T+) puis une baisse s'est fait notée pendant les autres jours. Les infestations transcrites pour les concentrations 5%, 10% et 20% ont marqué une légère augmentation respective de 40%, 38,22% et 36,2% ; puis une chute des infestations fut relevée d'une manière remarquable jusqu'au dernier jour des observations. La concentration 15% a marqué une baisse progressive jusqu'au dernier jour pour atteindre le taux de 1,06% (Fig. 43).

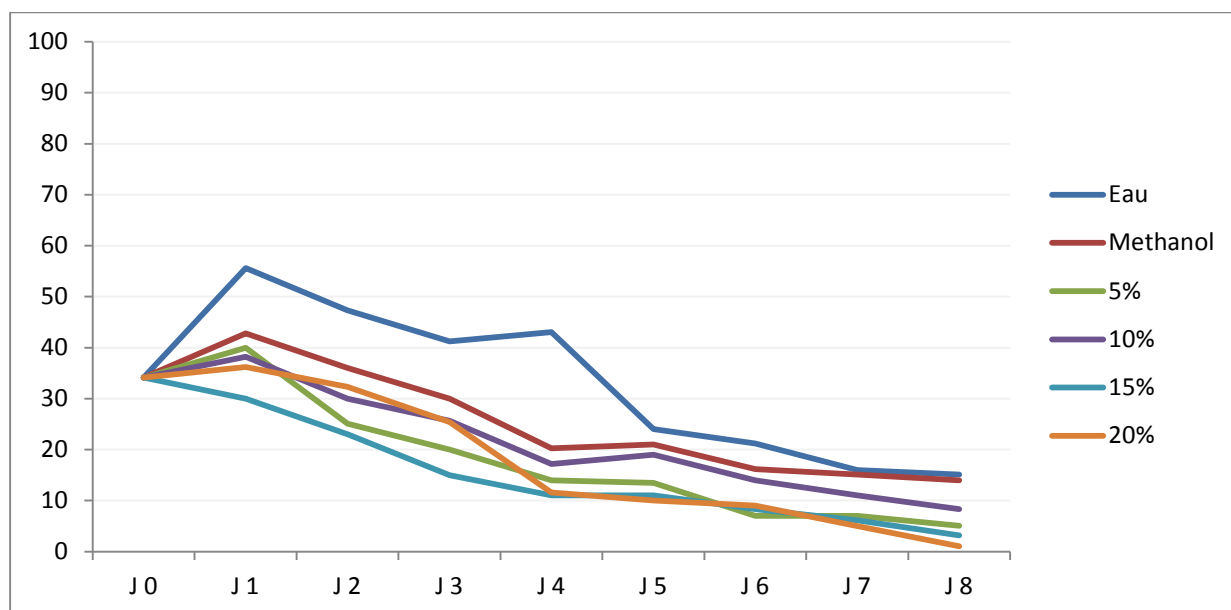


Figure 43 : Taux d'infestation de *T. absoluta* relevé sur le bloc 04

II.2. Le taux de mortalité :

II.2.1. Mortalité dans le bloc 1 :

Le suivi du taux de mortalité des larves de *T. absoluta* traités par l'extrait de *Mentha spicata* a révélé des données différentes entre les concentrations et les deux témoins.

Après le dénombrement on a remarqué que la concentration 20% a été la plus efficace durant toute la durée des observations mettant en exergue son action insecticide qui a déjà été signalée durant le test *in vitro*. 24h après traitement, cette concentration a enregistré un taux très important de l'ordre de 40,57% pour qu'il baisse petit à petit jusqu'à un taux de 02,67% au dernier jour (Fig. 44 et 45).

Pour les concentrations 5%, 10% et 15%, il a été enregistré des taux de mortalité respectifs de 22,5% ; 30,33% et 34,01% au premier jour. suivie d'une diminution durant les autres jours (Fig. 44 et 45). Les deux témoins ont évolué différemment, en effet, le T+ a enregistré un taux de mortalité remarquable au premier jour avec 24,66%, alors que le T- a noté un taux de 4,55% (Fig. 44 et 45).

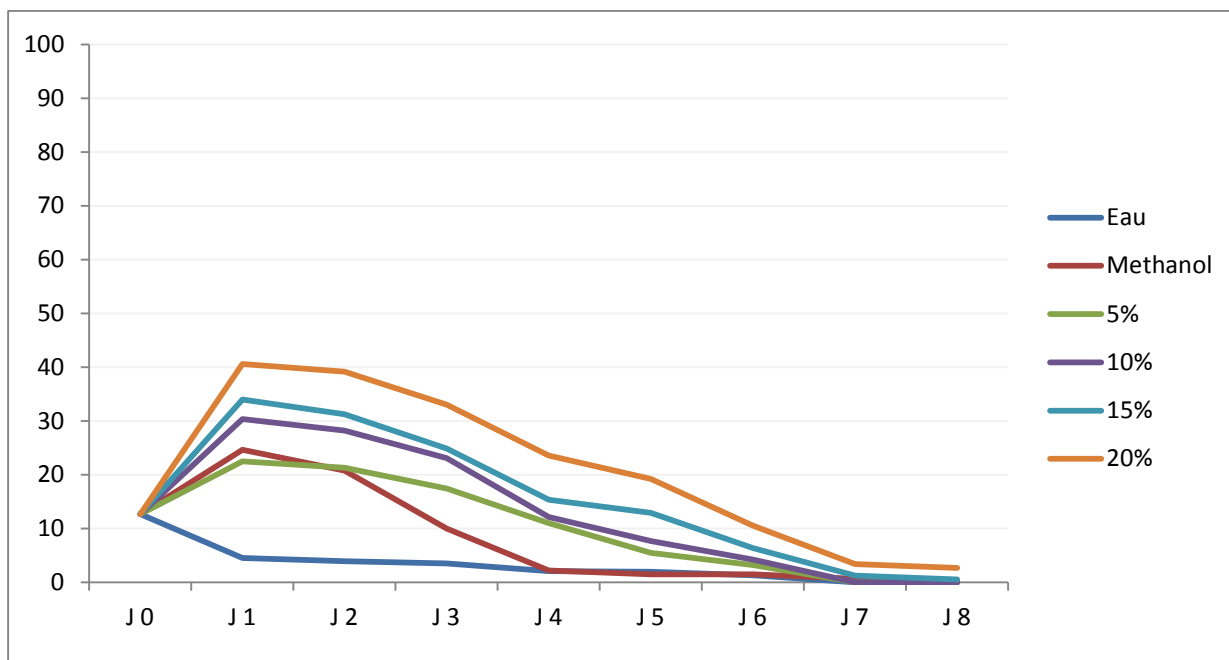


Figure 44 : Taux de mortalité cumulée de *T. absoluta* enregistré dans le bloc 1

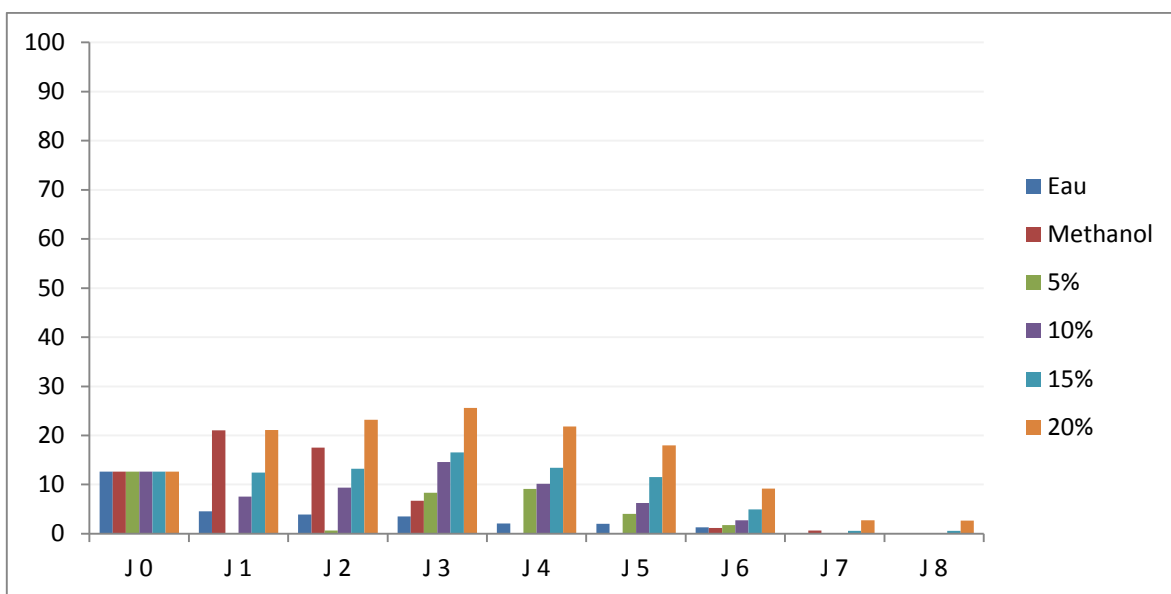


Figure 45 : Taux de mortalité corrigée du bloc 1

II.2.2. Mortalité dans le bloc 2 :

De même, pour ce bloc la concentration 20% a enregistré les meilleurs résultats, avec un taux de 45,14% observé 24h après le traitement, aux deuxièmes et troisièmes jours il a été noté un taux de 48,22% montrant le taux maximal obtenu pour ce test, pour chuter par la suite à 4,1% au dernier jour (Fig. 46 et 47). Les concentrations 10% et 15% ont également été à l'origine de taux de mortalité assez intéressant avec des taux respectifs de 38,02% et 39,3% avant de baisser jusqu'à 1,2% et 3,55% (Fig. 46 et 47).

Le témoin T+ au premier jour a marqué une mortalité de l'ordre de 26,33%, puis, a chuté pour atteindre le taux de 1,25% au sixième jour, le T- a enregistré un taux faible de l'ordre de 5,97% à la même date d'observation (Fig.46 et 47).

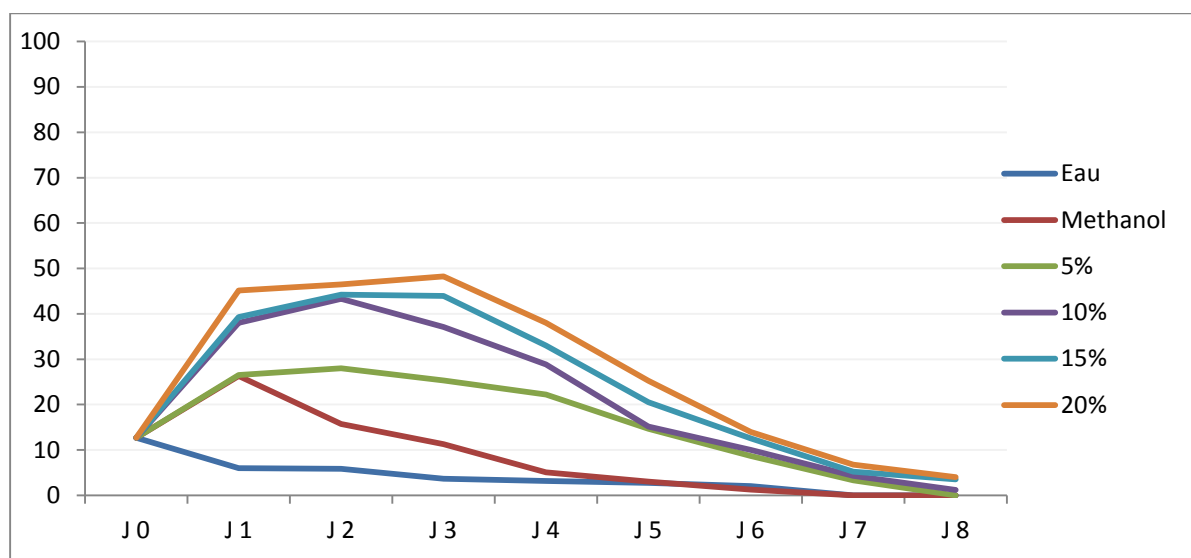


Figure 46 : Taux de mortalité cumulée de *T. absoluta* enregistré dans le bloc 2

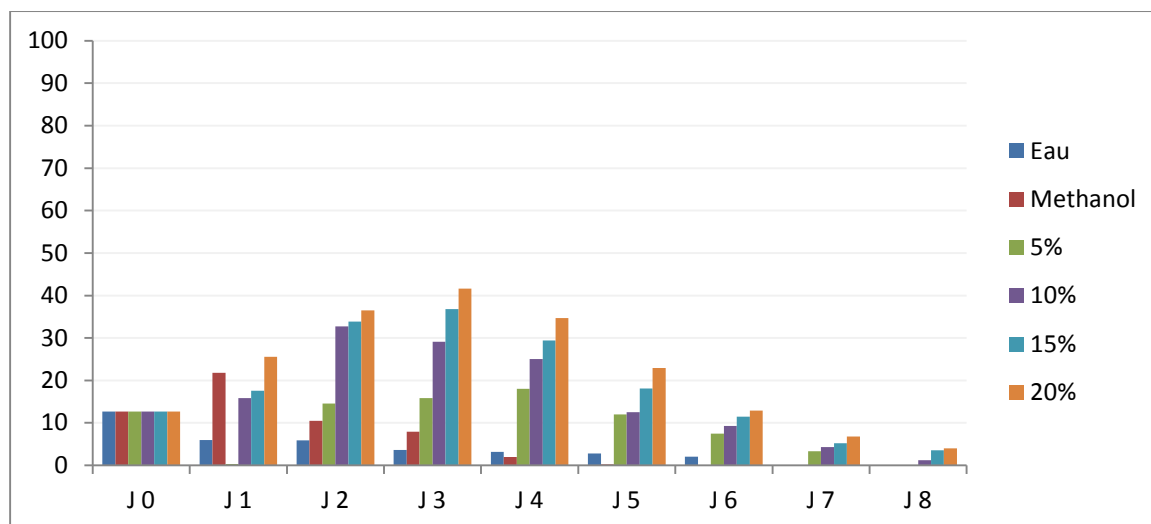


Figure 47 : Taux de mortalité corrigée du bloc 2

II.2.3. Mortalité dans le bloc 3 :

Les observations sur ce bloc viennent confirmer ceux obtenus sur les blocs 1 et 2 pour la dilution à 20% qui a montré une efficacité avec un taux de mortalité de 34,28% après 24h du traitement, et un taux de 30,66% noté au troisième jour pour chuter progressivement à la fin des observations (Fig. 48 et 49).

Il a été constaté que les dilutions 5% ; 10% et 15% ont enregistré des taux de mortalité assez intéressants au premier jour avec des taux respectifs de 21,33% ; 23,99% et 28,01%. On constate que du deuxième au cinquième jour les taux de mortalité notifiés pour ces dilutions marquent une baisse nette (Fig. 48 et 49). En effet, au cours des trois derniers jours les mortalités enregistrées ont été très faible à nulle. Le T- a marqué un taux stable de 6,5% au cours des premiers et deuxièmes jours, au J3 et J4 un taux de 3% a été noté, du J5 au J8 les taux de mortalité ont été nuls. La mortalité observée sur le T+ a été importante après 24h du traitement avec 20,17%, puis il nous a été permis de constater une baisse progressive jusqu'à ce qu'au J6 où il a été enregistré un taux de 1,33% (Fig. 48 et 49).

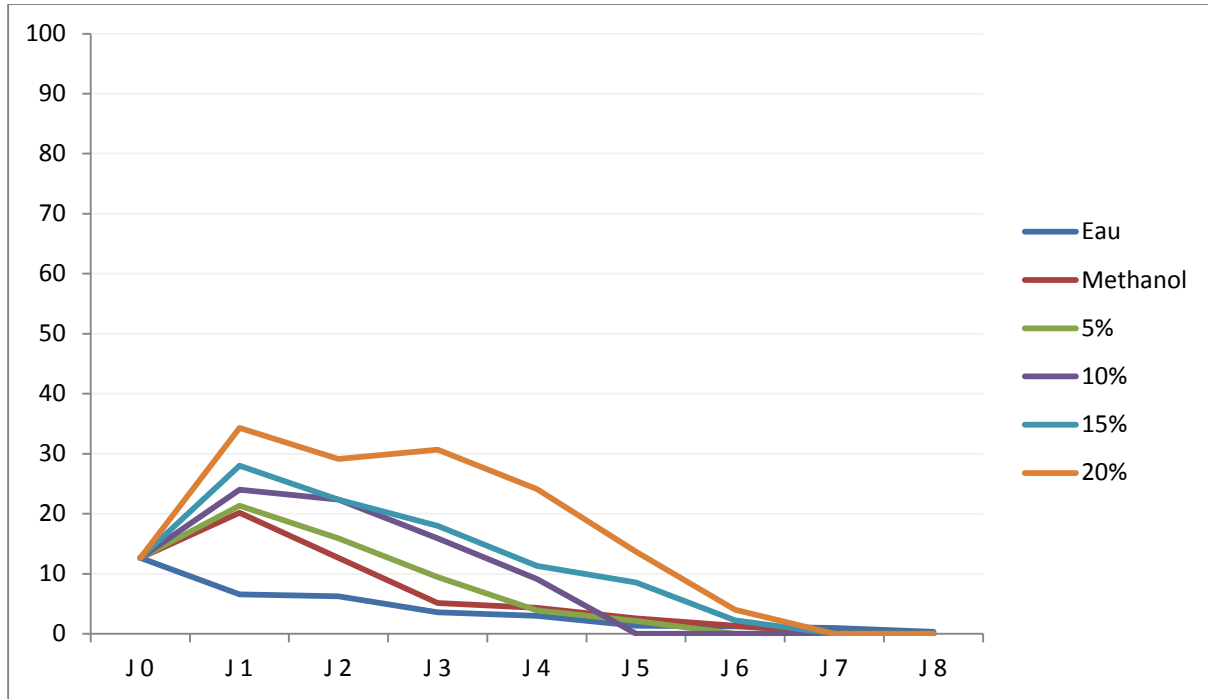


Figure 48 : Taux de mortalité cumulée de *T. absoluta* enregistré dans le bloc 3

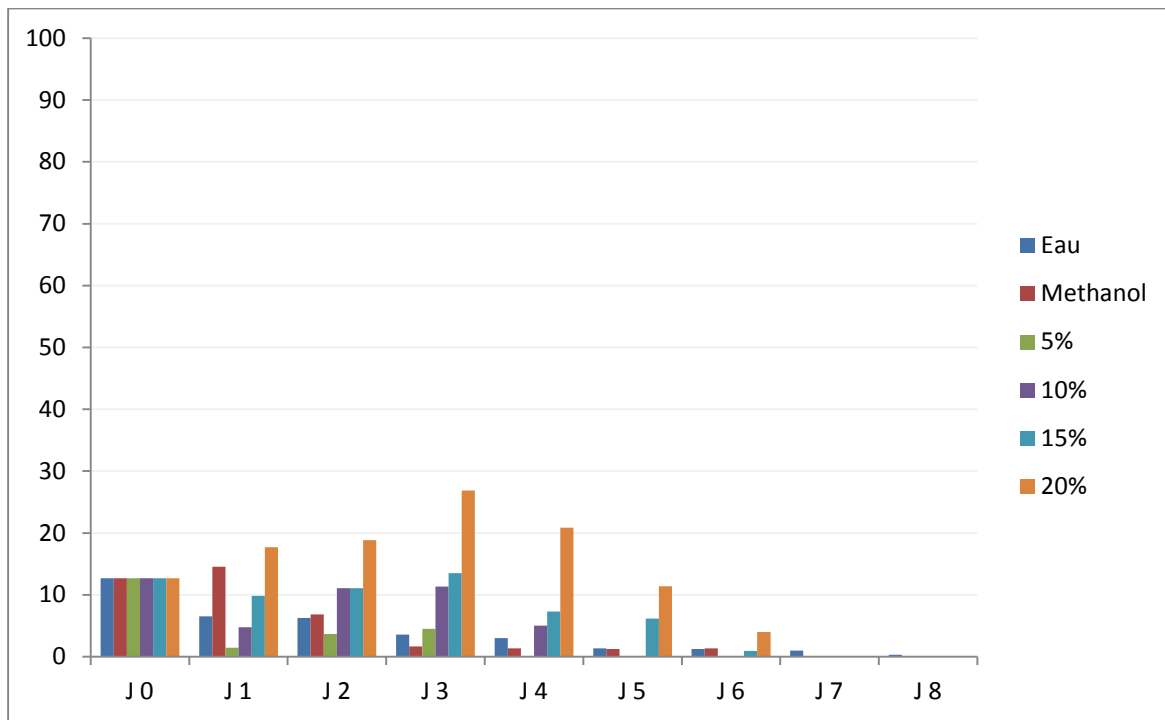


Figure 49 : Taux de mortalité corrigée du bloc 3

II.2.4. Mortalité dans le bloc 4 :

De même que ce qu'il nous été permis de constater sur les trois blocs déjà traités dans notre analyse, la dilution à 20% a montré un effet insecticide apparent à l'égard des larves de *T. absoluta*, ce constat est remarqué dès les première 24h d'observation après le traitement. En effet, un taux de 41,15% fut atteint dès le premier jour, puis une baisse a été au cours des jours suivants pour atteindre à la fin des observations au 8eme jour un taux de 2,7% (Fig. 50 et 51). La concentration 15% a également été la cause de mortalité intéressante, puisqu'elle a noté un taux de l'ordre de 35,77% (Fig. 50 et 51).

La concentration 5% et 10% ont marqué aussi des taux assez intéressants avec 26,34% et 28,99% respectivement avant de diminuer durant les jours suivants. Le témoin méthanol (T+) a enregistré un taux de 25,66% alors que le témoin à eau distillé (T-) a marqué un taux très faible de 3,9% (Fig. 50 et 51).

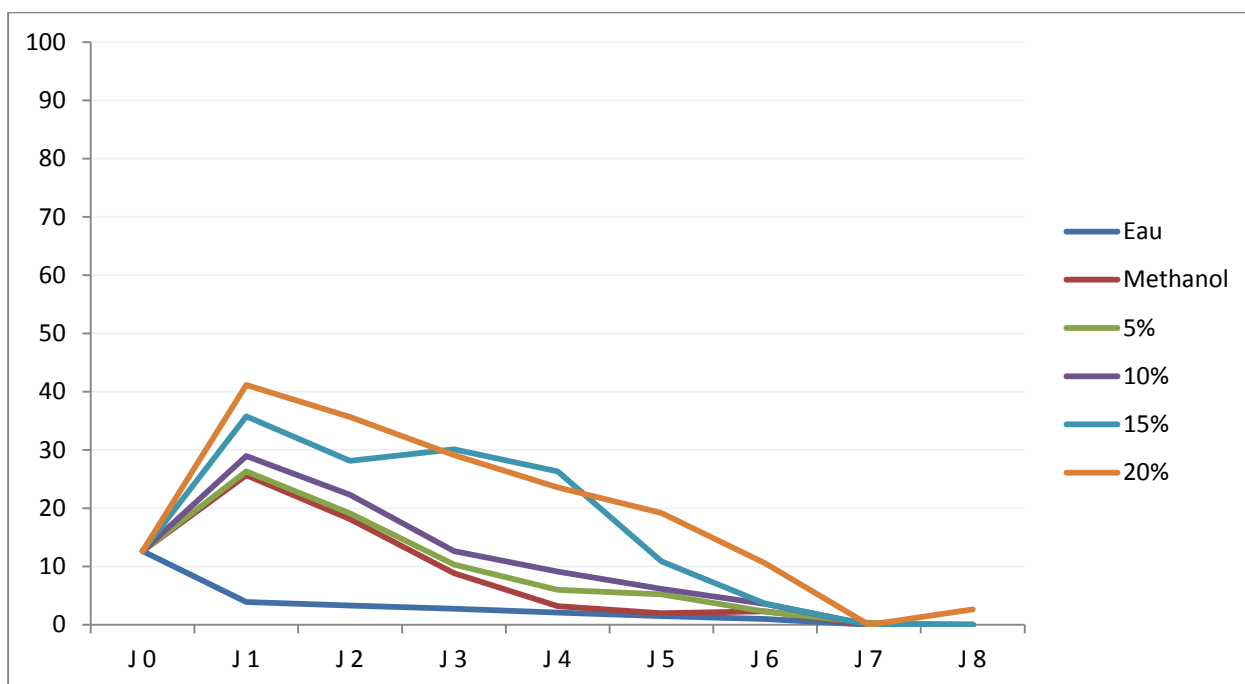


Figure 50 : Taux de mortalité cumulée de *T. absoluta* enregistré dans le bloc 4

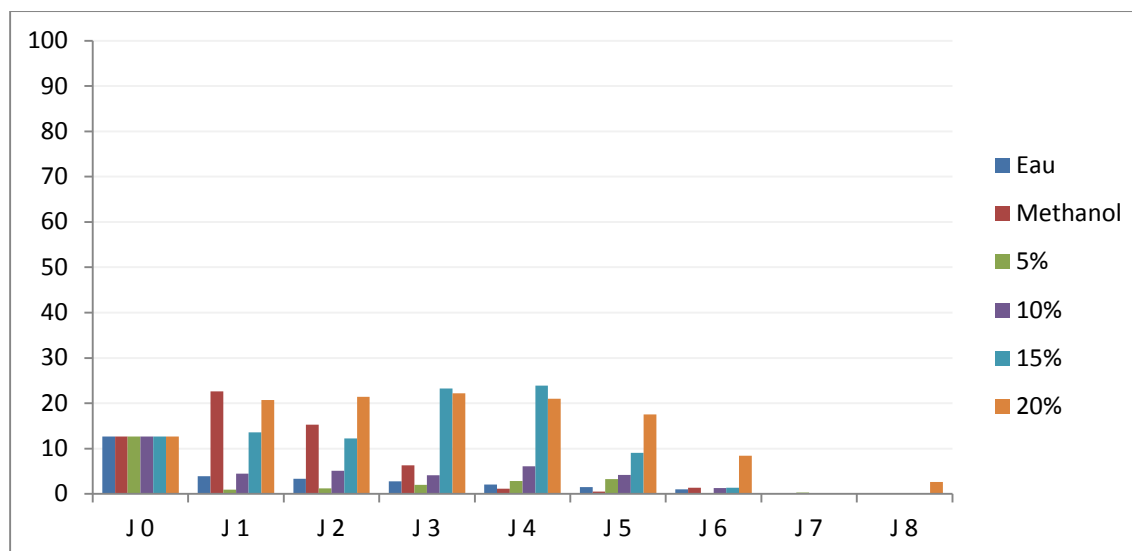


Figure 51 : Taux de mortalité corrigée du bloc 4

II.3. Estimation du taux de parasitisme de *T. absoluta* sur la culture de la tomate sous serre :

D'après la figure ci-dessous, on constate que le taux de parasitisme enregistré au cours de nos échantillonnages a été assez faible. En effet, les taux enregistrés ont été de 7,18%, 9,3% et 2,61% respectivement après le J1, J2 et le J3. Au cinquième jour d'observation un taux de parasitisme de l'ordre de 5,22% fut comptabilisé dans nos données. Enfin, le taux le plus faible de 2,08% a été enregistré au dernier jour d'observation (J8) (Fig. 52).

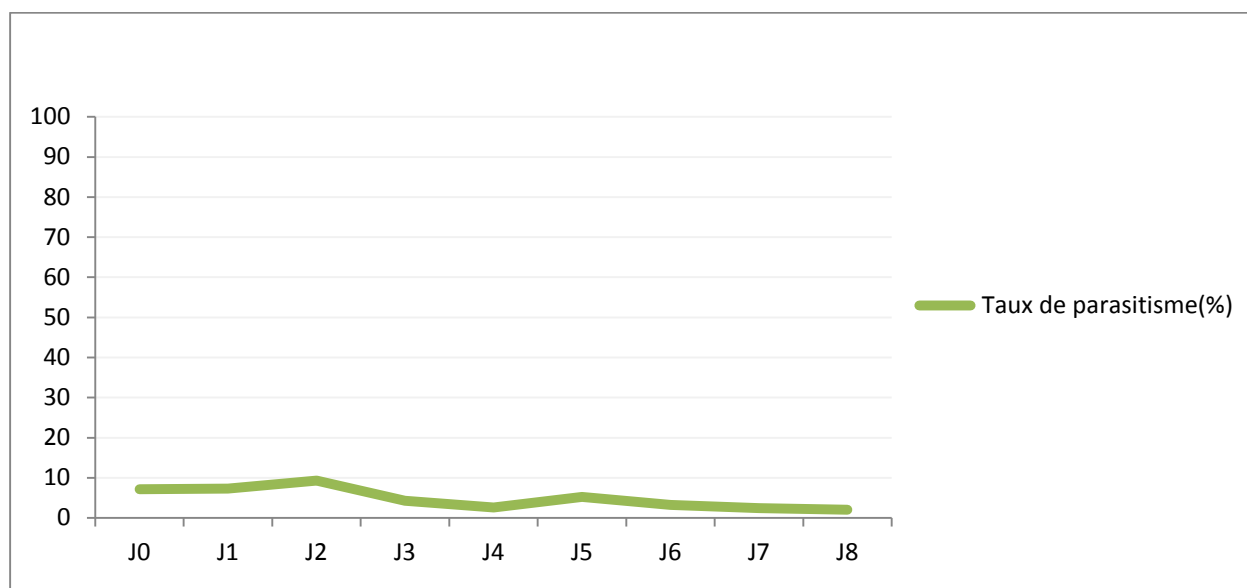


Figure 52 : Taux de parasitisme sur les populations de *T. absoluta*

L'identification taxonomique des adultes du parasitoïde relevé dans nos échantillonnages a permis de mettre en évidence la présence d'une seule espèce de parasitoïde, il s'agit de *Necremnus artynes*, cette espèce a été identifiée auparavant sur *T. absoluta* dans la zone d'étude citée dans les travaux de Boualem *et al.* (2012) et en France par Delvare *et al.* (2011).



Figure 53 : Larve et adultes du parasitoïde *Necremnus artynes*

II.4. Les variations de température et d'humidité sous serre :

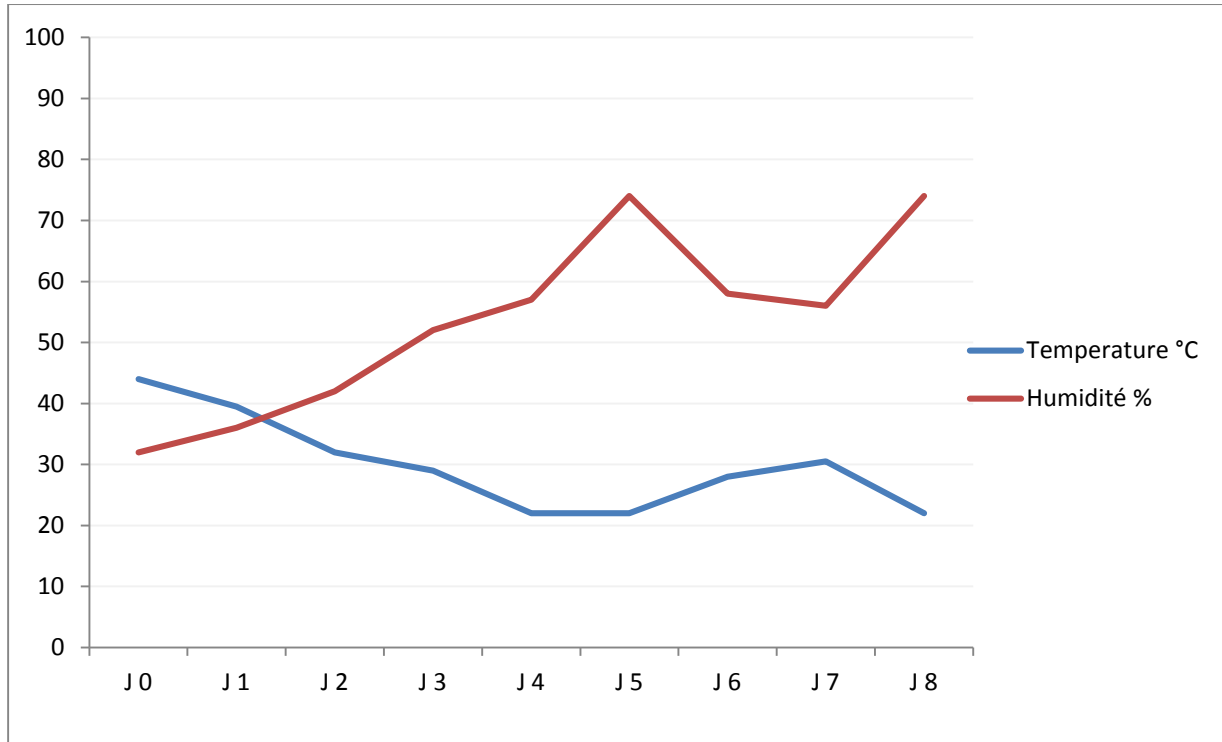


Figure 54 : Les variations de température et d'humidité durant la période d'étude

II.5. Détermination de la DL50 :

La DL50 est la dose de toxique conduisant à la mort de 50% des individus exposés. Pour la détermination de la DL50, il s'agit d'une transformation en probit des pourcentages des mortalités corrigées, et la transformation en logarithme décimale de la dose. Ces transformations permettent d'établir l'équation de droite de régression de type :

$$Y = aX + b$$

Y = probit des mortalités corrigées

X = logarithme des doses

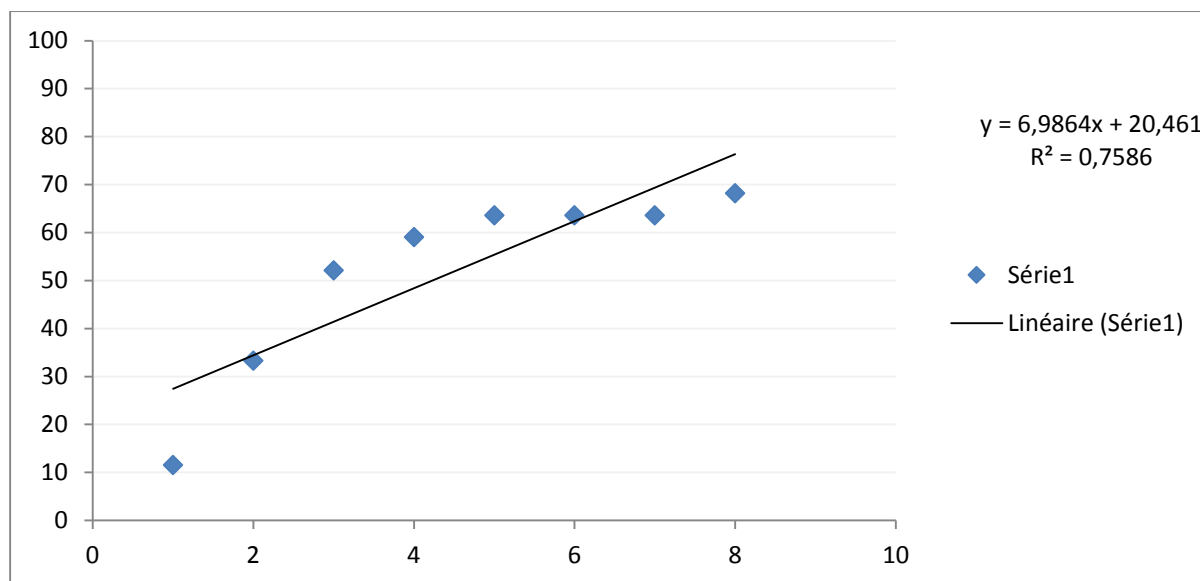


Figure 55 : Courbe linéaire pour le calcul de la DL50 de l'extrait de *M. spicata*

Tableau 08 : Valeur de la DL50 de l'extrait de *M. spicata*

Extrait testé	DL50
Extrait de <i>M. spicata</i>	4,23%

Les tests effectués peuvent certifier que le traitement des larves de *T. absoluta* par l'extrait de *M. spicata* pourrait être un bon moyen de lutte naturelle à préconiser dans le contrôle des populations de la mineuse de tomate.

III. Analyse statistique :

III.1. Différence entre les blocs :

D'après le tableau d'analyse des variances, le F. calculé de blocs (5,12) est inférieur au F. théorique 1% (5,42) ; à partir de ces résultats on conclut que les blocs sont homogènes (Annexe 17).

III.2. Différence entre les traitements :

On constate qu'il y a une différence hautement significative entre les traitements, car le F. calculé de traitement (65,03) est supérieure au F. théorique 5% (2,90), cela s'explique par un effet létal considérable sur *T. absoluta* (Annexe 17).

III.3. Calcul de l'écart entre les moyennes :

A partir des analyses statistiques effectuées, on déduit que les différences entre les traitements (T^+ et T^-), (5% et T^+), (20% et 15%) sont moyennement significatives, car elles sont supérieures à la p.p.d.s de 5% (3,96) et inférieures à la p.p.d.s de 1% (5,48). Les différences entre les traitements (10% et 5%), (15% et 10%) sont hautement significatives, car elles sont inférieures à la p.p.d.s de 5% (3,96) (Annexe 17).

Les différences entre les traitements (5% et T^-), (10% et T^-), (10% et T^+), (15% et T^-), (15% et T^+), (15% et 5%), (20% et T^-), (20% et T^+), (20% et 5%), (20% et 10%) ne sont pas significatives, car elles sont supérieures à la p.p.d.s de 5% et 1% (Annexe 17).

III.4. Discussion :

L'intérêt pour les biopesticides a augmenté en réponse au problème de l'impact des pesticides chimiques à large spectre sur l'environnement, la santé et l'apparition d'une résistance aux pesticides chimiques (Regnaut, 2006).

Plusieurs substances d'origine végétale ont été testées sur la mineuse de la tomate *T. absoluta*.

Ikhlef et Mohamed (2017) ont étudié l'effet de l'extrait hydro-alcoolique de *M. spicata in vivo* sur les larves de ce micro-lépidoptère sous serre et dans la même zone d'étude. Leur résultats ont permis d'enregistrer un taux de mortalité de 39% après 12 jours du traitement, alors que nos résultats ont permis de noter un taux de 45,17% juste après 3 jours du traitement. Par ailleurs, Boumhiriz (2017) a étudié l'effet de l'extrait hydro-méthanolique des feuilles de *M. spicata in vitro* sur cette mineuse, un taux de mortalité de 80% a été enregistré, ce qui se rapproche des résultats obtenus lors de cette étude puisque nous avons pu observer un taux de mortalité de l'ordre de 83,33%.

Les résultats obtenus montrent un effet significatif de l'extrait de la menthe à induire des mortalités importantes sur les larves de l'insecte étudié. Cet effet toxique pourrait dépendre de la composition chimique des extraits testés et du niveau de sensibilités des insectes. Comparativement au témoin, l'extrait hydro alcoolique de la menthe montre un effet insecticide important, le calcul de DL50 a permis de le confirmer.

Les résultats que l'on peut obtenir à court ou à long terme encouragent à préparer des insecticides à base de menthe. Néanmoins, des essais au champ sur les abeilles et les insectes utiles tels les parasitoïdes et prédateurs seront nécessaires pour confirmer l'intérêt pratique de ces résultats.

CONCLUSION

Ces dernières années les traitements à base des plantes sont exploités comme alternative aux pesticides chimiques qui sont souvent toxiques. Dans l'ensemble de recherches et les résultats obtenus par les chercheurs prouvent que les plantes médicinales et aromatiques ont un grand intérêt à propos de l'usage agricole dans le cadre de protéger les cultures contre les ravageurs, et aussi pour répandre au besoin de consommateur et l'environnement.

L'intérêt de ces plantes est basé généralement sur ces molécules qui ont plusieurs actions chez les insectes : répulsif, inhibiteur de la reproduction, attractif...etc. et une toxicité vis-à-vis du système nerveux, appareil digestif, ...etc.

Notre étude s'inscrit dans le cadre de la valorisation des substances naturelles végétales dans la lutte contre les ravageurs, pour cela nous sommes intéressés à l'étude de l'efficacité de l'extrait polyphénolique de *Mentha spicata* contre le ravageur de la tomate *T. absoluta*.

Les tests de l'extrait de la menthe *in vitro* et *in vivo* ont fait résulter que l'insecte étudié a montré une sensibilité vis-à-vis de l'extrait polyphénolique de la menthe. Selon les résultats, on constate que la sensibilité des larves de *T. absolutae* diffère d'un stade à un autre ainsi que les concentrations.

Le test *in vitro* a fait ressortir que le stade larvaire L1 est le plus sensible envers toutes les concentrations, surtout la concentration 20% et la plus influente. Le test *in vivo* a montré une efficacité mieux que celle d'*in vitro* et il a confirmé que la concentration 20% est efficace.

Pour conclure, nous pouvons dire que le produit utilisé issu de plante médicinale aromatique *Mentha spicata* a une activité insecticide.

En perspective il est très intéressant de poursuivre cette étude par d'autres recherches et il serait judicieux de faire des investigations pour déterminer le mode d'action de ces extraits et d'identifier avec précision les molécules responsables de cette activité toxique contre les insectes.

Références bibliographiques

- AMAZOUZ S., 2008 in BADAOU M.,2018. Gestion en lutte intégrée de la mineuse de la tomate, koppert biological systeme, Maroc, 18p.
- ANONYME 1 (2009). Production agricole, superficies. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Alger, 18p.
- ANONYME 2 (2008). Nouveau déprédateur de la tomate : Etat des lieux et programme d'action Note de l'institut National de protection des Végétaux, Ministère de l'Agriculture, Algérie, Juillet 2008, 11pages.
- ARNO J. & GABARRA R. (2011). Lutte contre *Tuta absoluta*, un nouveau ravageur qui envahit l'Europe. ENDURE, Formation en Lutte Intgr e - No. 5, Edition IRTA, Cabrils, Espagne, 8p.
- BARRIENTOS Z.R., APABLAZ A., NORERO H.J.S.A. et ESTAY P.P. (1998). Threshold temperature and thermal constant for developpement of the South American tomato, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), cienciae Investigation Agaria 25,133-137.
- BACI L., 1995. Les contraintes au développement du secteur des fruits et légumes en Algérie : faiblesse des rendements et opacité des marchés, Ed. CIHEAM. Options Méditerranéennes, Série. B / n°14, pp : 265-277.
- BENTVELSEN C.L.M. (1980). Réponses des rendements à l'eau. Ed. Dunod. 235 p.
- BRUN R. MONTARONE M., 1987-influence de la concentration saline de la solution nutritive sur la réaction de la plante. *Ed : inra. Paris. .*
- BERKANI A., BADAOU M.,2008.Mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera ;Gelechiidae).Ed,INRA,Algérie,Alger ,16p.
- BLANCARD D.,LATIRROT H.,MARCHOUX G.,CANDRESSE T (2009) :Les maladies de la tomate : Identifier, connaitre, maitriser I.N.R.A Paris.
- BOGORNI.,SILVA P.C.R.A.,CARVALHO G.S.,2003.Leaf mesophyll consumption by *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) in three cultivars of *Lycopersicon esculentum* Mill. Ciencia rural, Santa Maria : v 23 n°1 janv.févr., 7-11.
- BOUALEM M.,ALLOUI H.,HMADI R and MEDJAHED M.(2012):biology and complex of naturel enemies of *Tuta absoluta* in Mostaganem (Algeria).Bulletin.42,268-274

- CHAUX C.,et FOURY C.,1994.Production légumière.Ed.Technique et documentation, Lavoisier,Paris,563.
- CIRAD (Organisme, France Ministère des affaires étrangères, Cirad, centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement France, et GRET, groupe de recherche et d'échanges technologique, ministère des affaires étrangères). (2002). Mémento de l'agronomie. (ed). Quae.p.1045-1046.
- CORBINEAU F et CORE A., 2006. Dictionnaire de la biologie des semences et des Plantules. Ed. Tec et Doc. Lavoisier.226 p.
- DESMAS S., 2005. Analyse comparative de compétitivité :le cas de la filière tomate dans le contexte euro-méditerranéen. Thèse Ing. Agr., Inst. Agr. Méditerranéen. Montpellier. France. 10 pp.
- D.S.A, 2014, 2016 : Direction des services agricoles de la wilaya de Mostaganem. Service des statistiques.
- ESTAY P. (2000). Pollila del tomato *Tuta absoluta* (MEYRICK).Informativo, la Platina.Insti-Investigacion agro-pecuria, centro region-investig. La Platina. 1-4p.
- FAOSTAT., 2010, 2015, 2016. Base des données des statistiques de l'organisation des nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- FREDON CORSE. (2008). *Tuta absoluta* (Meyrick) la mineuse de la tomate. Teghia BP 15-20117 CAURO. 2p
- FILHO M., VILELA F. ,JHAMB N., ATTYGALLEC A., SVATOS A et MEINWALD J., 2000. Initial studies of mating disruption of the tomato moth, *tuta absoluta* (lepidoptera: gelechiidae) using synthetic sex pheromone ; j. Braz. Chem. Soc., vol. 11, no. 6, p : 621-628.
- GALLAIS A. & BANNEROT H. (1992). Amélioration des espèces végétales cultivées.Objectif et critères de sélection. INRA, Paris. 765p.
- GARCIA M.F.et ESPUL J.C. (1982). Bioecology of the tomato moth (*Scrobipalpa absoluta*) in Mendoza, Argentine Republic. Revista de investigaciones Agropecuarias 17, 135-146.
- GILLIAN F. (2009). La mineuse de la tomate. Cycle évolutif et Stratégies de protection des tomates de serreau canada. <http://www.omafra.gov.on.ca> .

- GRASSELLEY D., NAVEZ B. Et LETARD M. ,2000- tomate : pour un produit de qualité. Ed. Ctifl. , paris, 222p.
- GUENAOUI Y. (2008). Nouveau ravageur de tomate en Algérie. Première observation de *Tuta absoluta*, mineuse de la tomate invasive, dans la région de Mostaganem. Phytoma, p.18 19.
- GUENAOUI Y. et GHELAMALLAH A.,2008.*T.absoluta*Meyrick (Lepidoptera :Gelechiidae) nouveau ravageur de la tomate en Algerie premières données sur sa biologie en fonction de la température.AFPP-8^{eme} conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture ,Montpellier SupAgro,France,22-23 Octobre 2008.ISBN 2-905550-17-1 p .645- 651.
- HUAT J. (2008). Diagnostic sur la variabilité des modes de conduite d'une culture et de leurs conséquences agronomiques dans une agriculture fortement soumise aux incertitudes : cas de la tomate de plein champ à Mayotte. Thèse doctorat. L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement,Agro Paris Tech.,264 p.
- HMIMINA M. (2009). La mineuse de la tomate (*Tuta absoluta* Meyrick). Elements de biologie et bases pour la lutte. Agriculture du Maghreb no. 37, 54-59.
- KOPPERT (2013) in ELOUISSI M. "*Tuta absoluta*." Koppert Biological Systems. Consulté le 21 Mai 2013, depuis <http://www.koppert.fr/ravageurs/chenilles-papillonslepidopteres/tuta-absoluta>.
- LAMBERT L. (2006). Lute anti insectes appliquée aux tomates de serre, MAPAQ ; (QC).Profil de la culture des tomates de serre au canada. Programme de réduction des risques liés aux pesticides. Centre pour la lutte antiparasitaire. Agriculture et agroalimentaire. Canada.Aout 2006.
- LAUMONIER M. (1979). Culture légumière et maraichères 3^{eme} Ed, TIII, paris, 246p.
- LATIGY A., (1984).Effects des differents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. Thèse de Magister. INRA El-harrach, Algérie.
- LEBDI GRISSA K., SKANDER M., MHAFDHI M., et BELHADJ R. (2010). "Lutte intégrée contre la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) en Tunisie." Entomologie faunistique - Faunistic Entomology 63(3): 125-132.

- LEITE G.L.D. (2003). Intensity of *T.absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) and *Liriomyza spp.* (Diptera: Agromyzidae) attacks on *Lycopersicum esculentum* Mill. Leaves. Ciênc. Agrotec, Lavras, V.28, n.1, p.42-48.
- MARCANO R. (2008). Minador pequenô de la hoja del tomate ; palomilla pequena, Minador del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick). Plagas Agrícolas de Venezuela. In. <http://www.plagasagricolas.info.ve/fichas>.
- MAZLIAK A. (1982). Croissance et développement (Physiologie végétale). Paris. 465 p.
- MIRANDA M.M.M., PICANCO M., ZANUNCIO J.C. et GUEDES R.N.C. (1998). Ecological life table of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae): Biocontrol Science and technology (8):597-606.
- MOLLA O., MONTON H., BEITIA F. et URBANIJA A. (2008). La pollila del tomate, Una nueva plaga invasora, *Tuta absoluta* (Meyrick) Eds. Agrotécnicas, S.L. CIF, B80194590 Terallia, 69.5 pages.
- MUNRON B. SMALL E., 1997. Les légumes du Canada. Ed. Val. Morin, Québec, Canada. 436p.
- MUNRO D B. et SMALL E. (1998). Les légumes du Canada .NRC Research Press.
- NOTZ A.P. (1992). Distribution of eggs and larvae of *Scrobipalpula absoluta* in potato plants. Revista de la Facultad d' Agronomia (Maracay) 18.425-432.
- OEPP/EPPO (2005). "Data sheets on quarantine pests: *Tuta absoluta*." EPPO Bulletin 35(3):434-435.
- PARIS R et MOYSE H. (1971) : Précis de matière médicale, Ed. Masson et cie, T.III, pp .266-278.
- POVOLNY D., 1994. On three neotropical species of *Gnorimoschemini* (Lepidoptera: Gelechiidae) mining Solanaceae. *Acta Universalis Agriculturae*, 23, 379-393.
- PEREIRA P. C. et SÁNCHEZ N. E. (2006). "Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)." *Neotropical Entomology* 35(5): 671-676.
- PERON J.Y., 2006-références production légumière, Ed lavoisier, 2iem édition, 613p.
- PERROT E.M. (1928) : Cultures des plantes médicinales. Presse universitaires, 294 p.

- PESSON P. et LOUVEAUX J. (1984). Pollinisation et production végétales. Ed. INRA.663p.
- RAEMAEKERS R. (2001). Agriculture en Afrique tropical. Direction générale de la coopération internationale. Quae, France. 679 p.
- RAMEL J.M. (2010). *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917). L.N.P.V.Station d'entomologie Montpellier RHM: Revue Horticole n°512, 23-25.
- REY et COSTES, 1965. Physiologie de la tomate. Edition I.N.R.A. Versailles PARIS 1965.
- SHANKARA N., DE JEUD J.V.L., DE JEFFAU M. et VANDAM B., 2005. La culture de la tomate, production, transformation et commercialisation.Ed. Wageningen, Pays-Bas.105p.
- SILVA S.S. (2008). Fatores da biologia reprodutiva que influenciam o manejo comportamental de *Tuta absoluta* (Meyrick)(Lépidoptera :Gélechiidae); 2008 , Reproductive biology factors influencing the behavioral management of *Tuta absoluta* (Meyrick)(Lepidoptera: Gelechiidae); dissertação apresentada ao programa de pos-Graduaçãoem Entomologia Agrícola. Da universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de mestre em Entomologia Agrícola:RECIFE-PE Fevereiro-2008.75pages.
- SIQUEIRA H.A., GUEDES R.N.C. et PICANCO M.C. (2000). Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechidae) Agricultural and forest Entomology,2, 147-153.
- SUINAGA F.A. (2004). Genetic divergence among tomato Leafminer populations based on AFLP analysis pesq.Agropec, bras, Brasilia, V.39, n.7, p.645-651.
- TORRES J.B., EVANGELISTA W.S., BARRAS J.R. et GUEDES R.N.C. (2002).Dispersal of *Podius nigrispinus* (Het., Pentatomidae) nymphs preying on tomato leaf miner.Effect of predator release time, density and satiation level. J. Appl. Ent. 126, 326-332.
- TROTTIN CAUDAL Y., CHABRIERE C. et TERRENTROY A. (2010). *Tuta absoluta* Biologie du ravageur et stratégies de protection : Situation actuelle et perspectives. *Carquefou*,29 p
- URBANEJA A.,MONTON H. et MOLLA O., 2009. Suitability of the tomatoborer *Tuta absoluta* as prey for *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis* .Unidad

de entomologia , Centro deProteccionVegetal Y Bioltecnologia , InstitutoValenciano de InvestigacionesAgrarias (IVIA) ,Valescia, Spain .Journal Compilation,2009.Blackwell Verlag ,Berlin .pp1-5.

- VALLADARES G.R. (2007). Leafminer parasitoïds and Pest management: Cien.Inv.Agro 34(3): 167-185.
- WANG K .G., FERGUSON A. et SHIPP J.L. (1998). Incidence of tomato pinuworm keiferia *Lycopersicollor walsingham*(Lepidoptera Géléchiidae) on green house tomato in southern Ontario and its control using mating description. Pp 122-136.
- ZUANG H., 1991- mémento nouvelles espèces légumières. Ed. Ctifl. , paris, 359p. Amazouz s., 2008- gestion en lutte intégrée de la mineuse de la tomate *tuta absoluta* (lepidoptera : gelechiidae). Ed. Koppert : biological systems maroc.

LES ANNEXES

Annexe 1 : La fiche technique de l'évaporateur rotatif BUCHI R – 210.

Référence	BUC-23011A000
Affichage	Température, Eau / Huile
Type d'élévateur	Motorisé
Vitesse de rotation	20-280 Tour/ Minute
Puissance consommée	1360 W
Taille du ballon	50-4000 MI
Poids maximum du ballon	3 Kg
Dimensions (LxHxP)	550x575x415mm
Poids	19-21 Kg avec le bain
Volume du bain	4 litres
Gamme de température du bain	20- 180°C
Précision	+ /- 2°C
Dimension du bain chauffant (LxHxP)	285x240x300
Poids du ballon chauffant	4 Kg
Protection IP	IP 21
Conformité	CE
Alimentation	100 – 240

Annexe 2 : Principaux pays producteurs de la tomate dans le monde (FAO STAT,2016).

Pays	Production en % (Tonne)
Chine	52 %
Inde	17 %
USA	12 %

Turquie	12 %
Egypte	7 %

Annexe 3 : Les variations de la température et l'humidité dans la serre.

Jours	Température °C	Humidité %
J 0	44	32
J 1	39,5	36
J 2	32	42
J 3	29	52
J 4	22	57
J 5	22	74
J 6	28	58
J 7	30,5	56
J 8	22	74

Annexe 4 : Mortalité cumulée global *in vitro*

	J 1	J 2	J 3	J 4	J 5	J 6	J 7	J 8
Eau	13,88	25	36,11	38,88	41,66	50	52,77	55,55
Methanol	27,77	33,33	36,1	38,88	38,88	38,88	38,88	38,88
5%	25	50	61,11	63,88	66,66	66,66	66,66	66,66
10%	33,33	47,21	61,09	69,42	72,19	77,74	77,74	77,74
15%	36,11	55,55	69,43	75	77,77	77,77	77,77	80,55
20%	38,88	38,88	52,77	66,66	77,77	83,33	83,33	83,33

Annexe 5 : Mortalité corrigée *in vitro*

	J 1	J 2	J 3	J 4	J 5	J 6	J 7	J 8
Eau	13,88	25	36,11	38,88	41,66	50	52,77	55,55
Methanol	16,13	11,11	0	0	0	0	0	0
5%	0	25	39,14	40,9	45,45	45,45	45,45	45,45
10%	7,7	20,82	39,11	49,97	54,5	63,58	63,58	63,58

15%	11,55	33,33	52,16	59,09	63,63	63,63	63,63	68,18
20%	15,38	8,32	26,09	45,45	63,63	72,72	72,72	72,72

Annexe 6 : Mortalité *in vitro* pour le 1^{er} stade larvaire (L1).

Mortalité L 1	5%	10%	15%	20%	T+	T-
J1	66,66	77,77	66,66	100	55,55	44,44
J2	100	100	100	100	66,66	77,77
J3	100	100	100	100	66,66	88,88
J4	100	100	100	100	66,66	88,88
J5	100	100	100	100	66,66	88,88
J6	100	100	100	100	66,66	88,88
J7	100	100	100	100	66,66	88,88
J8	100	100	100	100	66,66	88,88

Annexe 7 : Mortalité corrigée *in vitro* pour le 1^{er} stade larvaire (L1).

Mortalité L 1	5%	10%	15%	20%	T+	T-
J1	25	49,98	25	100	20	44,44
J2	100	100	100	100	0	33,33
J3	100	100	100	100	0	11,11
J4	100	100	100	100	0	0
J5	100	100	100	100	0	0
J6	100	100	100	100	0	0
J7	100	100	100	100	0	0
J8	100	100	100	100	0	0

Annexe 8 : Mortalité *in vitro* pour le 2^{ème} stade larvaire (L2).

Mortalité L2	5%	10%	15%	20%	T+	T-
J1	33,33	44,44	66,66	11,11	33,33	11,11
J2	77,77	66,66	88,88	11,11	33,33	22,22
J3	77,77	88,88	100	22,22	44,44	55,55
J4	88,88	100	100	33,33	55,55	55,55

J5	100	100	100	55,55	55,55	55,55
J6	100	100	100	66,66	55,55	55,55
J7	100	100	100	66,66	55,55	55,55
J8	100	100	100	66,66	55,55	55,55

Annexe 9 : Mortalité corrigée *in vitro* pour le 2^{ème} stade larvaire (L2).

Mortalité L2	5%	10%	15%	20%	T+	T-
J1	0	16,66	49,99	0	25	11,11
J2	66,66	49,99	83,32	0	14,29	11,11
J3	59,99	79,98	100	0	0	33,33
J4	74,98	100	100	0	0	0
J5	100	100	100	0	0	0
J6	100	100	100	24,99	0	0
J7	100	100	100	24,99	0	0
J8	100	100	100	24,99	0	0

Annexe 10 : Mortalité *in vitro* pour le 3^{ème} stade larvaire (L3).

Mortalité L3	5%	10%	15%	20%	T+	T-
J1	0	11,11	11,11	33,33	22,22	0
J2	11,11	22,22	33,33	33,33	22,22	0
J3	33,33	33,33	55,55	66,66	22,22	0
J4	33,33	55,55	66,66	100	22,22	11,11
J5	33,33	55,55	77,77	100	22,22	22,22
J6	33,33	66,66	77,77	100	22,22	55,55
J7	33,33	66,66	77,77	100	22,22	55,55
J8	33,33	66,66	77,77	100	22,22	55,55

Annexe 11 : Mortalité corrigée *in vitro* pour le 3^{ème} stade larvaire (L3).

Mortalité L3	5%	10%	15%	20%	T+	T-
J1	0	0	0	14,28	22,22	0
J2	0	0	14,28	14,28	22,22	0
J3	14,28	14,28	42,85	57,13	22,22	0
J4	14,28	42,85	57,13	100	12,5	11,11

J5	14,28	42,85	71,42	100	0	11,11
J6	14,28	57,13	71,42	100	0	33,33
J7	14,28	57,13	71,42	100	0	0
J8	14,28	57,13	71,42	100	0	0

Annexe 12 : Mortalité *in vitro* pour le 4^{ème} stade larvaire (L4) .

Mortalité L4	5%	10%	15%	20%	T+	T-
J1	0	0	0	11,11	0	0
J2	11,11	0	0	11,11	11,11	0
J3	33,33	22,22	22,22	22,22	11,11	0
J4	33,33	22,22	22,22	33,33	11,11	0
J5	33,33	33,33	22,22	55,55	11,11	0
J6	33,33	44,44	22,22	66,66	11,11	0
J7	33,33	44,44	22,22	66,66	11,11	11,11
J8	33,33	44,44	33,33	66,66	11,11	11,11

Annexe 13 : Mortalité corrigée *in vitro* pour le 4^{ème} stade larvaire (L4).

Mortalité L4	5%	10%	15%	20%	T+	T-
J1	0	0	0	11,11	0	0
J2	0	0	0	0	11,11	0
J3	25	12,5	12,5	12,5	11,11	0
J4	25	12,5	12,5	25	11,11	0
J5	25	14,28	12,5	50	11,11	0
J6	25	37,5	12,5	62,5	11,11	0
J7	25	37,5	12,5	62,5	0	11,11

1 (J0) 2 (J1) 3 (J2) 4 (J3) 5 (J4) 6 (J5) 7 (J6) 8 (J7) 9 (J8)

J8	25	37,5	25	62,5	0	0
-----------	----	------	----	------	---	---

Annexe14 : Taux d'infestation globale de *T. absoluta* traité à l'extrait polyphénolique de *M. spicata*

Extrait	35,65	32,87	24,07	19,67	9,95	12,96	7,41	3	2,55
Eau	35,65	50,93	44,14	38	40	22	17,39	15,02	14,87
Methanol	35,65	40,44	32,22	29,03	16,88	18,04	15,11	13,63	13

Annexe15 : Tableau des résultats parcellaires de la mortalité de *T. absoluta* sous effet de l'extrait polyphénolique de *Mentha spicata* sous serre

Blocs	Traitements						X _B
	5%	10%	15%	20%	T-	T+	
B1	10,12	13,21	15,81	21,52	2,17	7,66	70,49
B2	16,09	22,26	25,3	28,49	2,94	7,88	102,96
B3	6,55	8,92	11,3	16,98	2,91	5,78	52,44
B4	8,66	10,36	16,87	20,24	1,82	7,53	65,48
X_t	41,42	54,75	69,28	87,23	9,84	28,85	291,37
X_t	11,61	13,69	17,32	21,8	2,46	7,21	12,35

Annexe 16 : Tableau d'analyses des variances

Origine de la variance	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variance	F.calculé	F.théorique	
					5%	1%
Total	1309,88	23			5%	1%
Blocs	230,51	3	76,84	5,12	3,29	5,42
Traitements	975,43	5	195,09	65,03	2,9	4,56
Erreur	103,94	15	6,92			

Annexe 17 : Les formules utilisées dans les calculs statistiques :

Calcul de somme de carrés des résultats parcellaires :

$$\sum X^2_T = 1715,62 + 2997,56 + 4799,72 + 7609,07 + 96,83 + 832,32 = 18051,12$$

$$\sum X^2_B = 4968,84 + 10600,76 + 2749,95 + 4287,63 = 22607,18$$

$$\sum X^2 = 102,41 + 258,89 + 42,9 + 75 + 174,5 + 495,51 + 79,57 + 107,33 + 249,96 + 640,09 + 127,69 + 284,6 + 463,11 + 811,68 + 288,32 + 409,66 + 4,71 + 8,64 + 8,47 + 3,31 + 58,68 + 62,09 + 33,41 + 56,7 = 4847,23$$

Moyennes pour une parcelle de la somme des carrés précédent : $\sum (X_B)^2 / K_T$; $\sum (X_T)^2 / K_B$

Terme correctif (TC) : $TC = X^2 / N$

Somme des carrés total : $S.C.Total = \sum x^2 - TC.$

Somme des carrés des carrés Blocs : $S.C.Blocs = (\sum (X_B)^2 / K_T) - TC$

Somme des carrés des traitements : $S.C.Traitements = (\sum (X_T)^2 / K_B) - TC$

Somme des carrés d'erreurs : $S.C.Erreurs = S.C.Total - (S.C.Blocs + S.C.Traitements)$

Calcul des degrés de liberté (d.d.l) :

$d.d.l_{total} = N - 1$

$d.d.l_{Blocs} = K_B - 1$

$d.d.l_{Traitements} = K_T - 1$

$d.d.l_{Erreurs} = (K_B - 1)(K_T - 1)$

Calcul des variances : $Var = S.C / d.d.l$

Détermination de F.calculé et F.théorique :

$F_{c.Blocs} = Var.Blocs / Var.Erreurs$

$F_{c.Traitement} = Var.Traitement / Var.Erreurs$

Calcul de coefficient de variance (c.v) : $C.V = (\sqrt{var.erreurs} / \bar{X}) \times 100$

Calcul de plus petite différence signification (p.p.d.s) : $s.d = \sqrt{2\bar{X} var.erreurs} / K_B$

p.p.d.s .5% = s.d x 5%

p.p.d.s .1% = s.d x 1%

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I :

La culture de la tomate

CHAPITRE II :

Le ravageur de la tomate *Tuta absoluta*

Meyrick

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I :

Matériel et méthodes

CHAPITRE II :

Résultats et discussion

Introduction générale

Conclusion

CHAPITRE III :

LA MENTHE « *Mentha spicata* »