

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique

UNIVERSITE ABOU BAKER BELKAID DE TLEMCCEN
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers

Département d'Ecologie et Environnement
Laboratoire de recherche: " Ecologie et Gestion des Ecosystèmes Naturels"

Thèse pour l'obtention du diplôme de
Doctorat en Ecologie animale

Soutenue par
Melle Bouklikha Esma

Thème

**Effets allélochimiques de la tomate *Lycopersicon esculentum* Mill.
sur sa microflore et son ravageur *Tuta absoluta* Meyrick
(Lepidoptera Gelichiidae) dans la région de Tlemcen.**

Présentée devant le Jury :

Président :	Mr Mesli Lotfi	Professeur Université de Tlemcen
Promotrice :	Mme Gaouar Benyelles Nassira	Professeur Université de Tlemcen
Examineur:	Mr Moulay Ryadh	Professeur Université de Béjaia
Examineur :	Mr Kadri Nabil	MCA Université de Bouira
Examineur:	Mr Hassani Fayçal	MCA Université de Tlemcen

Année universitaire 2017/2018.

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.

Mes remerciements vont en premier lieu à **Mme GAOUAR BENYELLES Nassira**, ma directrice de thèse, qui a toujours su m'encourager et me motiver. Je lui suis énormément reconnaissante pour sa patience, ses conseils judicieux. Merci aussi pour m'avoir guidée tout au long de ce travail.

Cette thèse n'aurait pas sa valeur sans le jury ; je tiens à remercier vivement ses membres d'avoir accepté de juger ce travail :

Mr MESLI Lotfi, Professeur à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers, vous me faites un grand honneur en acceptant de présider ce jury de thèse. Je vous prie de bien croire à ma profonde gratitude et ma sincère reconnaissance.

Mes vifs remerciements vont à **Mr MOULAI Ryadh**, Professeur à l'Université de Béjaïa, d'avoir accepté de juger ce travail. Vos remarques et suggestions Monsieur seront de grandes valeurs pour enrichir cette thèse.

C'est avec un grand plaisir que je remercie **Mr HASSANI Fayçal**, Maître de Conférences à l'Université de Tlemcen, pour avoir accepté de faire partie de mon jury. Vos conseils et suggestions, tant scientifiques et techniques, seront de grande valeur à ce travail.

Mes sincères remerciements vont aussi à **Mr KADRI Nabil**, Maître de Conférences à l'Université de Bouira, d'avoir accepté d'examiner et discuter ce travail.

De même, je remercie **Mr Atef JOUANI**, Maître et Conférences et chercheur au niveau de Laboratoire de Microorganismes et Biomolécules Bioactives (LMBA) du campus universitaire El Manar (Tunisie) pour m'avoir accueillie, pour tout le temps qu'il m'a donné durant mon stage et pour l'ensemble des analyses qui ont été effectuées au sein de son laboratoire. Je tiens aussi à remercier le personnel du laboratoire.

Mes vifs remerciements vont à **Mme BELYAGOUBI-BENHAMMOU Nabila**, Maitre de Conférences à l'Université de Tlemcen, pour son aide, ses conseils et ses regards critiques sur mes résultats. Merci pour le temps qu'elle a consacré pour m'aider lorsque je me noyais dans ce présent travail.

Je tiens à remercier vivement **Mr BELYAGOUBI Larbi et Mme KHOLKHAL Wahiba** enseignants à l'Université de Tlemcen pour tout le temps qu'ils ont consacré pour m'aider à la réalisation de la partie microbiologique.

Je veux faire part aussi de toute ma gratitude à **Melle Aissaoui Ghania, Melle Boussaid Maghnia** qui ont contribué à ma formation en partageant toutes leurs connaissances pendant la période où nous avons travaillé ensemble.

Enfin, je remercie les ingénieurs de laboratoire, Salima, Khadidja, Fatima et toutes mes amies.

DEDICACES

A mes très chers parents

En témoignage de ma reconnaissance envers le soutien, les sacrifices et tous les efforts qu'ils ont fait pour mon éducation ainsi que ma formation

A mes chers frères et ma sœur

pour leur affection, leur compréhension et leur patience

A toutes les amies qui ont une relation de proche ou de

loin avec la réalisation de ce travail

Table de Matière

Introduction	1
Chapitre I : Etude Bibliographique	
Partie 1 : la plante hôte	
1. Historique et origine	4
2. Classification de la tomate.....	4
3. Description botanique de la plante.....	5
4. Principales exigences écologiques et climatiques de la tomate	7
4.1.Température	7
4.2.Lumière	7
4.3.Eau et humidité relative	7
4.4.Sol	8
4.5.pH	8
5. Variétés de la tomate.....	8
6. Intérêts économiques de la tomate.....	9
6.1.Situation économique de la tomate dans le monde.....	9
6.2.Situation économique de la tomate en Algérie	10
6.3.Situation économique de la tomate dans la wilaya de Tlemcen.....	10
7. Importance de la tomate.....	10
7.1.Valeur nutritionnelle des fruits de tomate.....	10
7.2.Valeur médicinale de la tomate.....	11
8. Pathologies et ravageurs de la tomate.....	13
8.2.désordres physiologiques.....	13
8.3.principales maladies de la tomate	13
8.3.1. maladies cryptogamiques	13
8.3.2. maladies bactériennes	14
8.3.3. maladies virales	15
8.3.4. principaux parasites de la tomate.....	16
Partie 2 : le ravageur de la tomate <i>Tuta absoluta</i> Meyrick	
1. Généralités.....	17
2. Origine et distribution géographique de <i>Tuta absoluta</i>	17
2.1.Dans le monde	17

2.2.En Algérie	18
2.3.position systématique.....	19
2.3.plantes hôtes.....	19
3. Description de <i>Tuta absoluta</i>	19
3.1.Œufs.....	19
3.2.Larves.....	20
3.3.Chrysalides.....	20
3.4.Adultes	20
4. Biologie de <i>Tuta absoluta</i>	21
5. Nature des dégâts.....	21
6. Moyens de lutte.....	23
6.1.Lutte chimique	23
6.2.Lutte biotechnologique	23
6.3.Lutte biologique	24

Partie 3 : Pouvoir allélopathique de la tomate

1. Généralités.....	26
2. Composés allélopathiques.....	26
2.1. composés phénoliques	28
2.1.1. Généralités.....	28
2.1.2. Rôle des composés phénoliques dans les plantes	28
2.2. Les alcaloïdes.....	30
3. Principaux composés phénoliques chez la tomate	31
3.1. Principaux composés phénoliques des feuilles de tomate.....	31
3.2. Principaux composés phénoliques du fruit de tomate	32

Chapitre II : Matériel et Méthodes

OBJECTIFS DE LA THESE	36
------------------------------	----

Partie I : présentation de la zone d'étude

1. Situation géographique.....	37
2. Climatologie.....	37
2.1.Précipitations.....	38
2.2.Températures.....	39
2.3.Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953).....	40

2.4.Climagramme d'Emberger	41
Partie II : Étude entomologique	
1. Localisation de la station d'étude.....	44
2. Acquisition des données.....	45
3. Méthodes de prélèvement.....	45
4. Cycle de développement de <i>Tuta absoluta</i> à différentes températures.....	45
5. Longévité des adultes en présence d'une source alimentaire.....	46
6. Analyse des données.....	46
Partie III : Étude microbiologique	
1. Isolement des moisissures pathogènes	47
2. Identification des espèces fongiques	47
Partie IV : Étude biochimique	
1. Récolte du matériel végétal.....	48
2. Tests phytochimiques	48
3. Extraction des composés phénoliques.....	50
3.1. Préparation des composés bruts (composés phénoliques).....	50
3.2. Extraction des flavonoïdes par l'acétate d'éthyle et du n-butanol.....	50
3.3. Extraction des tanins	51
3.4. Calcul des rendements en extraits secs.....	51
4. Analyses colorimétriques par spectrophotométrie (UV-visible).....	52
4.1. Détermination de la teneur en composés phénoliques.....	52
4.1.1. Détermination de la teneur en phénols totaux.....	53
4.1.2. Détermination de la teneur en flavonoïdes.....	53
4.1.3. Détermination de la teneur en flavonols totaux	54
4.1.4. Détermination de la teneur en tanins condensés.....	54
4.2. Détermination de la teneur en pigments liposolubles	54
5. Activité antioxydante.....	55
5.1. Réduction du fer (FRAP).....	55
5.2. Piégeage du radical libre DPPH [•]	56
6. Analyse par Chromatographie Liquide Haute Performance.....	57
7. Analyse statistique	57
Partie V : Activités biologiques	

1. Activités insecticides.....	58
2. Etude de l'activité antimicrobienne et antifongique	58
2.1.Mise en culture des souches	59
2.2.Méthodes d'étude du pouvoir antimicrobien.....	59
2.2.1. Détermination de l'activité antimicrobienne par la méthode de diffusion sur disque	60
2.2.2. Méthode de détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI).....	60

Chapitre III : Résultats et Discussion

1. Etude entomologique.....	61
1.1.Biologie des populations de <i>Tuta absoluta</i> à partir des élevages.....	61
1.2.Développement de la population à diverses températures.....	62
1.2.1. Développement des œufs.....	62
1.2.1.1.Relation entre les températures et l'éclosion des œufs	62
1.2.1.2.Evolution temporelle des œufs	63
1.2.2. Evolution temporelle des quatre stades larvaires et des chrysalides	63
1.2.3. Développement des adultes	65
1.2.3.1.Relation entre les températures et l'émergence des adultes	65
1.3.Sex-ratio.....	66
1.4.Longévité des adultes en présence d'une source alimentaire	66
1.5.Evolution temporelle du nombre d'adultes capturés par des pièges à phéromone.....	67
2. Etude microbiologique.....	67
2.1.Analyse mycologique	67
2.1.1. Identification des moisissures.....	68
2.1.2. Dénombrement des moisissures isolées.....	71
3. Etude biochimique	72
3.1.Criblage phytochimique	72
3.2.Rendements en extraits secs.....	73
3.3.Détermination de la teneur en composés phénoliques	74
3.3.1. Détermination de la teneur en phénols totaux	74

3.3.2.	Détermination de la teneur en flavonoïdes.....	75
3.3.3.	Détermination de la teneur en flavonols	76
3.3.4.	Détermination de la teneur en tanins condensés.....	77
3.4.	Détermination de la teneur en pigments liposolubles.....	80
3.5.	Pouvoir antioxydant des extraits.....	80
3.5.1.	Pouvoir réducteur par la méthode FRAP.....	80
3.5.1.1.	Pouvoir réducteur des extraits bruts	81
3.5.1.2.	Pouvoir réducteur des fractions acétate d'éthyle	82
3.5.1.3.	Pouvoir réducteur des fractions n-butanol.....	84
3.5.2.	Piégeage du radical DPPH'.....	85
3.5.2.1.	Piégeage du radical DPPH' par les extraits bruts.....	85
3.5.2.2.	Piégeage du radical DPPH [•] par les fractions acétate d'éthyle	87
3.5.2.3.	Piégeage du radical DPPH [•] par les fractions n-butanol	88
3.6.	Analyse chromatographique	90
3.6.1.	Analyse HPLC des extraits bruts des feuilles et fruits de tomate	90
3.6.2.	Analyse CLHP des fractions acétate d'éthyle des feuilles	92
3.6.3.	Analyse CLHP des fractions n-butanol des feuilles.....	92
4.	Activités biologiques.....	93
4.1.	Activité insecticide.....	93
4.1.1.	Effet des extraits sur les différents stades larvaires.....	93
4.1.1.1.	Effet des extraits bruts (feuilles saines et infectées) sur les différents stades larvaires	93
4.1.1.2.	Effet de la fraction acétate d'éthyle (feuilles saines et infectées) sur les différents stades larvaires.....	94
4.1.1.3.	Effet de la fraction n-butanol (feuilles saines et infectées) sur les différents stades larvaires.....	95
4.1.2.	Estimation de la toxicité des traitements.....	96
4.1.2.1.	Estimation de la toxicité des extraits bruts.....	97

4.1.2.2.Estimation de la toxicité de la fraction acétate d'éthyle	97
4.1.2.3.Estimation de la toxicité par la fraction n-butanol	98
4.2.Activités antimicrobiennes.....	100
4.2.1. Activité antibactérienne	100
4.1.2. Activité antifongique.....	103
Discussion	106
Conclusion	120
Références Bibliographiques	123
Annexe	150.

Liste des photos

Photo 1 : Fleur de tomate à cinq pétales soudés	6
Photo 2 : Fruits de tomate	7
Photo 3 : Dégâts de la mineuse sur les feuilles	22
Photo 4 : Dégâts de la mineuse sur la tige	22
Photo 5 : Dégâts de la mineuse sur les fruits de la tomate	23
Photo 6 : Site d'étude (serre de culture de tomates)	45
Photo 7 : Inhibition d' <i>Actinobacter</i> par la fraction n-butanol feuilles saines	102
Photo 8 : Inhibition d' <i>Actinobacter</i> par la fraction n-butanol feuilles infectées	102

Liste des tableaux

Tableau 01 : Production mondiale de la tomate (FAOSTAT, 2016).....	9
Tableau 2 : Teneurs des constituants majoritaires de la tomate (pour 100g de produit frais) (USDA, 2007).....	12
Tableau 3 : Maladies cryptogamiques de la tomate.....	14
Tableau 4 : Maladies bactériennes de la tomate.....	15
Tableau 5 : Principales maladies virales.....	15
Tableau 6 : Métabolites secondaires identifiés dans les extraits de fruit de tomate (Moco <i>et al.</i> ,2006).....	35
Tableau 7 : Coordonnées géographiques de la station météorologique de Zenata.....	38
Tableau 8 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles (mm) de la station de Zenata. AP (1913-1938) et NP (2000-2016).....	38
Tableau 9 : Températures moyennes mensuelles et annuelles de la station de Zenata.....	39
Tableau 10 : Valeurs du Q2 d’Emberger et les étages bioclimatiques.....	42
Tableau 11 : Différentes souches microbiennes testées.....	59
Tableau 12 : Coefficient de corrélation entre les températures et les taux c’éclosion des œufs.....	62
Tableau 13 : Coefficient de corrélation entre le taux d’émergence et la température.....	65
Tableau 14 : Nombre de mâles et de femelles adultes de <i>Tuta absoluta</i> émergeants à différentes températures.....	66
Tableau 15 : caractères macroscopiques et microscopiques des champignons isolés.....	68
Tableau 16 : Résultats du criblage phytochimique effectué sur les différents extraits de tomate.....	73
Tableau 17 : Rendements en extraits obtenus à partir des fruits et feuilles de <i>L. esculentum</i>	74
Tableau 18 : Teneurs en phénols totaux, flavonoïdes, flavonols et tanins condensés des différents extraits.....	79
Tableau 19 : Concentration EC50des extraits bruts des feuilles et fruits de <i>L. esculentum</i> par FRAP.....	82
Tableau 20 : Concentration EC50 des fractions acétate d’éthyle des feuilles et fruits de <i>L. esculentum</i> par FRAP.....	83
Tableau 21 : Concentration EC50 des fractions butanoliques des feuilles et fruits de <i>L. esculentum</i> par FRAP.....	85
Tableau 22 : Concentrations CI50 des feuilles et fruits (sains et infectés) par DPPH par les extraits bruts.....	87
Tableau23 : Concentrations CI50 des feuilles et fruits sains et infectés par DPPH par les fractions acétate d’éthyle.....	88
Tableau 24 : Concentrations CI 50 des feuilles et fruits sains et infectés par DPPH des fractions n-butanol.....	89
Tableau 25 : Temps de rétention des standards utilisés dans l’analyse par HPLC.....	90
Tableau 26 : Diamètres des zones d’inhibition (en mm) des différents extraits.....	101

Tableau 27 : Concentrations minimales inhibitrices (CMI) des extraits.....	102
Tableau 28 : Diamètres des zones d'inhibition (en mm).....	104
Tableau 29: Concentrations minimales inhibitrices (CMI) des extraits vis-à-vis de la souche <i>Penicillium</i>	105

Liste de figures

Figure 1 : Structure chimique de la Tomatine, Tomatidine, Esculeoside A et Esculeogenin A.	34
Figure 2 : Carte de la zone d'étude Remchi (Encarta, 2008)	37
Figure 3 : Précipitations moyennes mensuelles de la station Zenata durant les deux périodes AP (1913-1938) et NP (2000-2016)	39
Figure 4 : Moyennes mensuelles des températures de la station Zenata des deux périodes AP (1913-1938)-NP (2006-2016)	40
Figure 5: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953) pour la station de Zenata(ancienne période 1913-1938)	41
Figure 6 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953) pour la station de Zenata (nouvelle période 2000-2016)	41
Figure 7 : Climagramme pluviothermique d'Emberger de la station de Zenata	43
Figure 8: Protocole d'extraction des flavonoïdes (Bekkara et al., 1998)	51
Figure 9: Protocole d'extraction des tanins (Zhang et al., 2008)	52
Figure 10 : Cycle de développement de <i>Tuta absoluta</i>	61
Figure11: Pourcentages d'éclosion des œufs de <i>Tuta absoluta</i> à différentes températures	62
Figure 12 : Evolution temporelle du nombre d'œufs	63
Figure13 : Evolution temporelle du nombre des quatre stades larvaires et chrysalides	64
Figure 14: Pourcentages d'émergence des adultes de <i>Tuta absoluta</i> à différentes températures	65
Figure 15 : Longévité des adultes de <i>Tuta absoluta</i> à différentes températures (°C)	67
Figure 16: Evolution temporelle du nombre d'adultes capturés	67
Figure 17: Aspects macroscopique et microscopique du genre <i>Fusarium</i> sp1 et <i>Fusarium</i> sp2.	69
Figure 18: Aspects macroscopique et microscopique du genre <i>Penicillium</i> sp.	69
Figure 19: Aspects macroscopique et microscopique du genre <i>Aspergillus</i> sp.	70
Figure 20: Aspects macroscopique et microscopique du genre <i>Trichoderma</i> sp.	70
Figure 21: Aspects macroscopique et microscopique du genre <i>Cladosporium</i> sp.	70
Figure 22: pourcentages des champignons dans les feuilles de tomate saines et infectées	71
Figure 23: Pourcentages des champignons dans les fruits de tomate sains et infectés	72
Figure 24: Teneurs en phénols totaux des extraits de feuilles et fruits de <i>Lycopersicon esculentum</i> .	75
Figure 25: Teneurs en flavonoïdes des extraits de feuilles et fruits de <i>Lycopersicon esculentum</i>	76
Figure 26: Teneurs en flavonols des extraits de feuilles et fruits de <i>L. esculentum</i> .	77
Figure27: Teneurs en tanins condensés des extraits de feuilles et fruits de <i>Lycopersicon esculentum</i>	78
Figure 28: Teneurs en pigments liposolubles contenus dans les feuilles de tomate (µg/g MS)	80
Figure 29: Pouvoir réducteur des extraits bruts des feuilles et fruits de <i>L.esculentum</i>	81
Figure 30: Pouvoir réducteur des fractions acétate d'éthyle des feuilles et fruits de tomate	83
Figure 31: Pouvoir réducteur des fractions n-butanol des feuilles et fruits de tomate	84

Figure 32: Pourcentages d'inhibition du radical DPPH en fonction des concentrations des extraits bruts des feuilles et fruits de tomate	86
Figure 33: Pourcentages d'inhibition du radical DPPH en fonction des concentrations des extraits d'acétate d'éthyle des feuilles et fruits de tomate	87
Figure 34: Pourcentages d'inhibition du radical DPPH en fonction des concentrations des extraits butanoliques des feuilles et fruits de tomate.	89
Figure 35: Chromatographie des extraits bruts des feuilles	91
Figure 36 : Chromatographies des extraits bruts des fruits	91
Figure 37: Chromatographie de la fraction acétate d'éthyle des feuilles	92
Figure 38: Chromatographie de la fraction n-butanol des feuilles	93
Figure 39: Effet des extraits bruts des feuilles infectées et saines sur les différents stades larvaires	94
Figure 40 : Effet de la fraction acétate d'éthyle feuilles infectées et saines sur les différents stades larvaires	95
Figure 41: Effet de la fraction n-butanol des feuilles infectées et saines sur les différents stades larvaires	96
Figure 42: Variabilité des populations résiduelles par les extraits bruts (feuilles infectées et saines)	97
Figure 43: Variabilité des populations résiduelles par la fraction acétate d'éthyle (feuilles infectées et saine)	98
Figure 44: Variabilité des populations résiduelles par la fraction n-butanol (feuilles infectées et saines)	99

Liste des abréviations

AlCl₃	Trichlorure d'aluminium
DPPH •	2,2 diphényle-1-picrylhydrazyl
EAG/gE	Equivalent acide gallique par g d'extrait
EQC/gE	Equivalent catéchine par g d'extrait
FeCl₃	Chlorure de fer FRAP Ferric reducing antioxidant power
H₃PMo₁₂O₄₀	Acide phosphomolybdique
HCl	Acide chlorhydrique
IC₅₀	Concentration inhibitrice de 70% d'une activité
K₃Fe(CN)₆	Ferricyanure de potassium
Na₂CO₃	Carbonate de sodium
NaNO₂	Nitrite de sodium
NaOH	Soude

INTRODUCTION

Introduction

La tomate *Lycopersicon esculentum* Mill., de la famille des solanacés, est une plante herbacée annuelle, originaire des Andes et d'Amérique. C'est le deuxième légume le plus populaire à côté des pommes de terre ; elle est largement consommée dans le monde entier (**Abd-El Kareem, 2006**).

Elle constitue une source non négligeable de minéraux, vitamines et certains composés naturels secondaires qui ont un potentiel antioxydant important (**Zidani, 2009**). La production mondiale de la tomate a été estimée à plus de 177 millions de tonnes en 2016 (**FAOSTAT, 2016**).

La tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole algérienne. Près de 33000 ha sont consacrés annuellement à la culture de la tomate (maraîchère et industrielle), donnant une production moyenne de 11 millions de quintaux et des rendements moyens d'environ 311 Qx/ha (**M.A.D.R., 2009**). Ces derniers demeurent faibles et assez éloignés de ceux enregistrés dans d'autres pays du Bassin méditerranéen (Tunisie, Maroc, Espagne, France, Italie) producteurs de tomate, où les rendements varient entre 350 Qx/ha à 1500 Qx/ha (**FAO, 2008**).

Lycopersicon esculentum Mill. est une espèce largement étudiée, mais seuls quelques travaux concentrent leur attention sur ses feuilles (**Taveira et al., 2012**). Bien que ce matériel végétal soit considéré comme un sous-produit de la production de tomates, il contient plusieurs métabolites bioactifs, tels que les alcaloïdes stéroïdiens (**Friedman, 2002**) et les composés phénoliques, à savoir les acides hydroxycinnamiques et les flavonoïdes (**Slimestad et Verheul, 2009 ; Ferreres et al., 2011**). Ces composés sont connus pour être impliqués à la fois dans la défense allélochimique des plantes hôtes et pour avoir plusieurs fonctions pharmacologiques et nutritionnelles chez les humains (**Friedman., 2002**).

La culture de la tomate est exposée à un complexe parasitaire très diversifié: ravageurs, maladies et parasites. L'ensemble des maladies entraîne des chutes de rendement considérables.

Actuellement, un tiers de la production agricole mondiale est détruit d'une année à une autre à cause des différents ravageurs tels que les insectes et les maladies qui causent d'énormes dégâts.

Parmi ces agresseurs, un nouveau ravageur est observé ces dernières années, la mineuse *Tuta absoluta* appartenant à la famille des Gelechiidae (Lépidoptères), elle

Introduction

est également connue comme la teigne de la tomate en Amérique du Sud. L'espèce est originaire d'Amérique du Sud ; à partir de 2006, elle a envahi rapidement l'Europe du Sud et l'Afrique du Nord (**Urbaneja et al., 2007; Desneux et al., 2010**). En Algérie, elle a été détectée pour la première fois en 2008 dans la région de Mostaganem (**Guenaoui, 2008**).

Le ravageur cause des pertes considérables aussi bien sous serre qu'en plein champ, la lutte contre la mineuse *Tuta absoluta* en serre s'avère complexe, bien que la lutte chimique soit encore le moyen de lutte le plus utilisé aujourd'hui, selon **Siguiera et al., 2000**, l'insecte présente une grande résistance à certains insecticides ; les moyens de lutte biologique envisagés jusqu'à maintenant (variétés résistantes, champignons entomopathogènes etc...) n'ont conduit à aucun résultat efficace.

Néanmoins, les plantes ont développé de nombreuses stratégies de défense, (y compris des défenses chimiques et physiques) pour se protéger de leurs agresseurs et/ou pour décourager les activités herbivores.

Parmi les produits chimiques anti-herbivores produits par les plantes, les composés phénoliques qui ont atteint un statut principal ces dernières années car ils sont souvent appelés composés de résistance (**Beninger et al., 2004**).

Des mécanismes très importants sont mis en place par la plante lors de phénomènes de résistance vis-à-vis du stress abiotique (stress thermique, hydrique,...) ou stress biotique engendré par les pathogènes (**White et Elson-Harris, 1992 ; Dietz, 2007**).

Peu d'études ont été menées sur la défense moléculaire des plantes contre les ravageurs, due à leur pouvoir allélopathique. Néanmoins, ces dernières années certains projets de recherches et certaines études ont été entamés pour essayer de valoriser cette ressource que possèdent les plantes.

Le phénomène de l'allélopathie est défini comme « toute action directe ou indirecte, positive ou négative, d'une plante (micro-organismes inclus) sur une autre par le biais de composés chimiques libérés dans l'environnement » (**Rice, 1984 ; Gallet et Pellissier, 2002**). L'allélopathie est considérée comme une technique prometteuse pour la lutte biologique (**Lovett, 1991**).

En Algérie, les travaux sur l'activité insecticide des composés phénoliques vis-à-vis des larves de lépidoptères semblent inexistantes. Par ce modeste travail, nous espérons vérifier si la tomate utilise également ce moyen de résistance allélopathique, de

Introduction

nature biochimique, pour lutter contre les attaques de la mineuse et les attaques microbiennes.

Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés à l'étude des activités biologiques insecticides et antimicrobiennes des feuilles de tomates saines et infectées par la mineuse pour savoir si elles exercent leur pouvoir allélopathique.

Cette thèse est divisée en trois chapitres :

Le premier chapitre est une étude bibliographique exhaustive de la tomate en tant que plante-hôte de *Tuta absoluta* et de la microflore dont l'installation est favorisée par les piqûres de cet insecte. Les différents moyens de lutte naturelle y sont décrits, ainsi que les composés phénoliques et leur rôle dans la défense de cette plante;

-le second chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude avec le matériel et les méthodes expérimentales ainsi que les analyses statistiques que nous avons utilisé ;

-les résultats et leur discussion sont présentés dans le troisième chapitre qui est subdivisé en trois parties :

- **Une étude entomologique** : concernant les attaques de *Tuta absoluta* et leur répartition spatio-temporelle en considérant l'impact de la date d'observation et de l'arbre échantillonné sur le degré d'infestation durant trois années ; ainsi que le cycle de développement de cet insecte holométabole selon les variations climatiques.
- **Une étude microbiologique** qui consiste à isoler puis identifier les différentes souches fongiques et bactériennes des fruits récoltés.
- **une étude biochimique** pour identifier les différents composés phénoliques que comporte les feuilles de tomate et les fruits sains et infectés, leur nature et leur concentration pour savoir s'il existe une lutte biochimique contre ses agresseurs.
- **.Activités biologiques** : nous avons testé l'activité insecticide des extraits sur les larves de la mineuse *Tuta absoluta* ainsi que l'activité antimicrobienne de quelques extraits contre quelques souches de références pour savoir s'il existe une lutte naturelle des feuilles de tomate.

Enfin, une conclusion générale clôture ce travail avec une synthèse des principaux résultats obtenus ainsi que les perspectives que nous proposons.

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Partie 1 : la plante hôte

1. Historique et origine

La tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. est originaire des Andes et d'Amérique du sud, elle fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe au XVIème siècle par les Espagnols, avant même la pomme de terre et le tabac (Shankara, 2005).

En Europe, les italiens ont été les premiers à la consommer dès le 16ème siècle, notamment en sauce, et c'est sous cette forme qu'elle atteint la France (Schumann, 1996 ; Degionni, 1997).

En Algérie, ce sont les cultivateurs du sud de l'Espagne qui l'ont introduite en raison des conditions climatiques qui sont propices à sa culture (Rey et Coste, 1965). Quant à sa consommation, elle a commencé dans la région d'Oran en 1905 puis, elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral algérois (Latigui, 1984).

Le genre *Lycopersicon* comprend neuf espèces dont une seule, *Lycopersicon esculentum* sous sa forme sauvage ceraciforme, qui pourrait être directement à l'origine des autres variétés, a émigré vers le sud de l'Amérique du Nord (Chaux et Foury, 1994). Ce n'est que vers les années 1920-1930 qu'elle commença à être largement commercialisée.

Notre choix s'est porté sur la tomate *Lycopersicon esculentum* à partir de certains critères ; le premier critère étant l'utilisation alimentaire et médicinale de son fruit et ses feuilles qui sont un critère important pour s'investir pour l'étude d'une plante, le deuxième critère est que peu de travaux ont été effectués sur les feuilles de tomate, un fait qui nous a encouragés à les explorer.

2. Classification de la tomate

Les botanistes modifièrent à plusieurs reprises les noms de genre et d'espèce attribués à la tomate. Elle a été classée par Linné en 1753, comme *Solanum lycopersicon*, d'autres botanistes lui ont attribuée différents noms: *Solanum lycopersicon*, *Solanum esculentum*, *Lycopersicon lycopersicum*; c'est finalement

Lycopersicon esculentum, attribué par Philip Miller en 1754, qui a été retenu (Munroe et Small, 1997).

Le nom de genre « *Lycopersicon* » est gréco-latin, il signifie « pêche de loupe » et la partie « *esculentum* » complétant le nom de l'espèce vient du latin et signifie « comestible » (Benton, 1999 ; Pitrat et Foury, 2003). Cette comestibilité ne concerne ni le feuillage ni les jeunes fruits verts, car ils contiennent des alcaloïdes toxiques (tomatine, solanine) qui disparaissent des fruits au cours du murissement (Blancard et al., 2009).

Selon Spichiger et al. (2004) et Dupont et Guignard (2012), la tomate appartient à la classification suivante :

Règne : Plantae

Sous règne : Trachenobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous classe : Asteridae

Ordre : Solanales

Famille : Solanaceae

Genre : *Lycopersicon*

Espèce : *Lycopersicon esculentum*

3. Description botanique de la plante

La tomate est une plante herbacée annuelle, diploïde à $2n=24$ chromosomes (Judd et al., 2002). C'est une plante herbacée, vivace à l'état naturel et annuelle en culture, appartenant au groupe des légumes-fruits (Baba Aissa, 1999).

Les principaux organes de la tomate sont :

- Les racines : la tomate a un système racinaire important. De nombreuses racines primaires, secondaires et tertiaires prennent naissance sur un pivot puissant. La racine principale produit une haute densité de racines latérales et adventices (Shankara, 2005).

- La tige : les tiges sont vertes, pourvues de poils blanchâtres. Elles portent les feuilles, les fleurs et les fruits. Deux grandes catégories de tiges sont distinguées :
 - ✓ Les tiges à croissance déterminée, leur croissance s'arrête après avoir émi un nombre de bouquets de fleurs et permet une récolte unique et mécanique en plein champ.
 - ✓ Les tiges à croissance indéterminée, sont des tiges dont la croissance ne s'arrête pas tant que les conditions climatiques sont favorables. Elles donnent des pieds atteignant 1.40 à 1.60m et parfois plus.
- Les feuilles : sont disposées en spirale, 15 à 50cm de long et 10 à 30cm de large. Elles répandent une odeur caractéristique, due à la solanine. La morphologie des feuilles varie considérablement en fonction de l'espèce.
- Les fleurs (photo 1) : les fleurs sont actinomorphes, autogames de couleur jaunâtre, formant habituellement une grappe de 4 à 8 spécimens, mais les types à petits fruits peuvent produire une grappe de 30 à 50 fleurs.



Photo 1 : Fleur de tomate à cinq pétales soudés

- Le fruit : le fruit est une baie plus ou moins grosse, de forme variable (sphérique, allongée) et de couleurs variées (blanche, rose, rouge, jaune, orange, verte et noire) selon les variétés (**Renaud, 2003**). Lorsqu'il n'est pas encore mûr, le fruit est vert et poilu.
- Les graines : les graines sont nombreuses, réniformes, poilues et de couleur beige, de 3 à 5mm de long et de 2 à 4 mm de large. Elles sont réparties dans des loges remplies de gel. Le poids de mille graines est en moyenne de 3g (**Shankara, 2005**).



Photo 2 : Fruits de tomate

Selon les variétés et les conditions de culture, le cycle de la graine est variable ; il est en moyenne de 3.5 à 4 mois, 7 à 8 semaines de la graine à la fleur et 7 à 9 semaines de la fleur au fruit (**Gallais et Bannerot, 1992**).

4. Principales exigences écologiques et climatiques de la tomate

Lycopersicon esculentum Mill. à des exigences particulières : sensible au froid, craint beaucoup le gel... (**Polese, 2007**).

4.1. Température

La tomate demande un climat relativement frais et sec pour une récolte abondante et de qualité. Les températures optimales pour la plupart des variétés se situent entre 21 et 24°C (**Shankara, 2005**).

4.2. Lumière

La lumière est un facteur écologique important qui intervient dans la qualité de la photosynthèse. Selon **Cirad et Gret (2002)**, un faible rayonnement lumineux réduit le nombre de fleurs par bouquet et affecte la fécondation. En outre, l'intensité de la lumière affecte la couleur des feuilles, la mise à fruits et la couleur des fruits.

4.3. Eau et humidité relative

La plante est très sensible à l'hygrométrie, elle ne tolère pas les sols engorgés ni une humidité supérieure à 80% ; une hygrométrie ambiante de 60% à 65% étant la meilleure pour la fécondation (**Schiffer, 2003 ; Leboeuf et al., 2008**). Par ailleurs, le développement des maladies cryptogamiques est fortement lié aux fortes humidités (**Laumonier, 1979**). meilleure pour la fécondation (**Schiffer, 2003 ; Leboeuf et al., 2008**). Par ailleurs, le développement des maladies cryptogamiques est fortement lié

aux fortes humidités (**Laumonier, 1979**). Le stress causé par une carence en eau et de longues périodes arides fait tomber les bourgeons et les fleurs, provoquant ainsi le fendillement des fruits (**Munro et Small, 1998**).

4.4. Sol

La tomate préfère les terres limoneuses profondes et bien drainées (**Shankara, 2005**).

4.5. pH

La tomate pousse mieux dans les sols où la valeur du pH varie entre 5.5 et 6.8 (**Shankara, 2005**) et avec un stock en éléments nutritifs suffisant (**Lacroix, 1998 ; Naika et al., 2005**).

5. Variétés de la tomate

Les variétés de tomate sont très nombreuses, ces dernières peuvent être classées selon leur croissance qui peut être de type indéterminé ou de type déterminé (**Polese, 2007**).

- ❖ Les variétés à croissance indéterminée : elles sont utilisées pour la consommation et sont plus nombreuses ; elles présentent un nombre indéfini d'inflorescences sur la tige principale et sur les tiges latérales.

Elles sont plus productives, parmi ce type de croissance il existe :

- ✓ Les variétés fixées : il existe plus de 500 variétés dont les caractéristiques génotypiques et phénotypiques se transmettent aux générations descendantes. Les variétés les plus utilisées en Algérie sont la Marmande et la Saint Pierre (**Snoussi, 2010**).
- ✓ Les variétés hybrides : elles présentent la faculté de réunir plusieurs caractères d'intérêt (bonne précocité, bonne qualité de résistance aux maladies et aux attaques parasitaires et donc un bon rendement). Ces hybrides ne peuvent être multipliés vu qu'ils perdent leurs caractéristiques dans les descendances (**Polese, 2007**). Les plus utilisés en Algérie sont Actana, Agora, Bond, Nedjma, Tafna, Tavira, Toufan, Tyerno et Zahra (**Snoussi, 2010**).
- ❖ Les variétés à croissance déterminée : sont des variétés destinées à l'industrie, elles sont cultivées en plein champ. Pour ce type de croissance, on trouve des variétés fixées et des hybrides (**Polese, 2007**). Les hybrides les plus utilisés en

Algérie sont les suivants ;Farouna, Joker, Luxor, Super Red, Tomaland, Top 48, Suzana, Zigana Zeralda. Tandis que les variétés fixées : la variété Aicha (Snoussi, 2010).

6. Intérêts économique de la tomate

La tomate est produite pratiquement dans le monde entier, y compris en Algérie et à n'importe quelle saison, ses fruits se retrouvent aujourd'hui consommés toute l'année.

6.1.Situation économique de la tomate dans le monde

La production mondiale de tomate a battu des records en 2016. La Chine se place en tête de classement tandis que les Pays-Bas ont le meilleur rendement. Selon les données de la FAO, la production mondiale de tomate a battu des records au cours de l'année 2016 avec 177 042 000 T. Ce volume montre une progression de 29,08% en 10 ans. La superficie consacrée était de 4 782 754 hectares, ce qui représente un rendement moyen par mètre carré de 3'7 kilos de tomate. En tête de classement nous retrouvons la Chine avec un volume de tomate produit de 56 308 910 T soit 31,8% du total mondiale. Vient ensuite l'Inde avec 18 399 000 T mais un rendement très bas de 2,42 kg/m². Puis les Etats-Unis avec 13 038 410 T et un rendement de 9,03 kg/m², la Turquie avec 12 600 000 T et en 5e position, l'Egypte avec 7 943 000 T.

Le tableau1 montre la production mondiale de la tomate pour les différents pays du monde.

Tableau 01 : Production mondiale de la tomate (FAOSTAT, 2016)

Pays	Position	Production(en tonnes)
Chine	1	56 308 910 T
Inde	2	18 399 000 T
Etats unies	3	13 038 410 T
Turquie	4	12 600 000 T
Egypte	5	7943 000 T
Espagne	9	4671 810 T
Maroc	16	1 231 250 T
Pays bas	24	9000 T

6.2.Situation économique de la tomate en Algérie

La culture de la tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole algérienne. Près de 33 000 ha sont consacrés annuellement à la culture de tomate (maraîchère et industrielle), donnant une production moyenne de 11 millions de quintaux et des rendements moyens d'environ 311 Qx/ha (**MADR, 2009**). Ces derniers demeurent faibles et assez éloignés de ceux enregistrés dans d'autres pays du Bassin méditerranéen (Tunisie, Maroc, Espagne, France, Italie) producteurs de tomate, où les rendements varient entre 350 Qx/ha à 1500 Qx/ha (**FAO, 2008**).

6.3.Situation économique de la tomate dans la wilaya de Tlemcen

Selon les données de la direction des services agricoles de la wilaya de Tlemcen, la production de la tomate en sous serre est de l'ordre de 261530 Qx. La région de Remchi est la principale zone de production à Tlemcen, avec une superficie de 30Ha et une production de l'ordre de 11750Qx, composées essentiellement de tomate en sous serre.

La production totale de la tomate dans la wilaya de Tlemcen est de l'ordre 483530 Qx sur une superficie de 877 Ha (**DSA, 2016**).

Ainsi, la production de la tomate en plein champ est de 222000 (Qx) sur une superficie de 840 ha.

7. Importance de la tomate

De nombreuses vertus nutritionnelles sont attribuées à la tomate ; de par sa forte teneur en divers micro constituants, elle protègerait de nombreuses pathologies.

7.1.valeur nutritionnelle des fruits de tomate

L'intérêt nutritionnel de la tomate réside dans le fait que ce fruit contient de nombreux métabolites secondaires et des antioxydants. Ce fruit contient 93% à 95% d'eau, très pauvre en calories, il est riche en provitamine A (β -carotène), vitamine C et surtout en lycopène, antioxydant le plus actif des caroténoïdes alimentaires (**Agarwal et al., 2000** et **Sesso et al., 2003**). Le fruit de tomate est abondant en minéraux (notamment en potassium, magnésium et phosphore) (Tableau 3).

Il faut noter que la composition des tomates fraîches de différentes variétés peut varier significativement, en particulier en fonction des cultivars (**Lenucci et al., 2006**). De

même les conditions de culture et de conservation peuvent entraîner des variabilités de composition au sein d'un même cultivar (**Slimestad et Verheul, 2005 ; Luthria et al., 2006**), par exemple une exposition à une importante radiation lumineuse lors de la croissance du fruit permettrait d'augmenter les teneurs en caroténoïdes et en vitamine C (**Marsic et al., 2010**).

7.2. Valeur médicinale de la tomate

La tomate occupe une place importante dans l'alimentation humaine, elle est consommée soit crue, soit cuite ou comme un produit transformé tels que jus de fruits, sauce ou Ketchup ; leur consommation a été associée à une diminution du risque de cancer du sein (**Zhang et al., 2009**). Dans les dernières décennies, la consommation de la tomate a été affiliée à la prévention de plusieurs maladies neurodégénératives, l'ostéoporose, le vieillissement et la stérilité masculine causée par le stress oxydatif (**Ferguson, 1999 ; Visioli et al., 2003 ; Wilcox et al., 2003 ; Sharoni et Levi, 2006 ; Van Breemen et Pajkovic., 2008 ; Terry, 2011**).

Le lycopène empêche la prolifération de cellules épithéliales non cancéreuses de la prostate (**Obermuller-Jevic et al., 2003 ; Jian et al., 2007**). Les recherches récentes sur le lycopène sont très poussées en raison de leurs diverses propriétés préventives ou thérapeutiques vis-à-vis du cancer de la prostate, mais l'ensemble des résultats ne

permet pas de tirer des conclusions définitives (**Frei, 1994 ; Kucuk et al., 2002 ; Omoni et Aluko, 2005 ; Van Breemen et Pajkovic, 2008**).

Les composés phénoliques de la tomate présentent des propriétés physiologiques antiallergiques, anti inflammatoires, antimicrobiennes, anti-thrombotiques, anti-athérogènes et des effets cardio protecteurs et vasodilateurs (**Balasundram et al., 2006**).

Les écorces de la tomate présentent une forte activité anti-oxydante en raison de leur teneur élevée en composés phénoliques (**Toor et Savage, 2005 ; Santana-Méridas et al., 2012**).

Tableau 2: Teneurs des constituants majoritaires de la tomate (pour 100g de produit frais) (USDA, 2007).

Composés	Teneurs	Composés	Teneurs
Eau (%)	94,50		
Energie (Kcal)	18		
Protéines (g)	0.88		
Lipides (g)	0.20		
Centres (g)	0.50		
Carbohydrates (g)	3.92		
Fibres (g)	1.20		
Sucres (g)	2.63		
Glucose (g)	1.25		
Fructose (g)	1.37		
Minéraux			
Calcium (mg)	10		
Fer (mg)	0.27		
Magnésium (mg)	11		
Phosphore (mg)	24		
Potassium (mg)	237		
Sodium (mg)	5		
Zinc (mg)	0.17		
Cuivre (mg)	0.059		
Manganèse (mg)	0.114		
Lipides			
Acides gras saturés (g)	0.045		
Acides gras monoinsaturés (g)	0.050		
Acides gras polyinsaturés (g)	0.135		
Phytosterols (mg)	7		
Caroténoïdes			
α-Carotène (μg)	101		
β-Carotène (μg)	449		
Lycopène (μg)	2573		
Lutéine + Zéaxanthine (μg)	123		
		Acides aminés	
		Tryptophane (g)	0,006
		Thréonine (g)	0,021
		Isoleucine (g)	0,020
		Leucine (g)	0,031
		Lysine (g)	0,031
		Méthionine (g)	0,007
		Cystine (g)	0,011
		Phénylalanine (g)	0,022
		Tyrosine (g)	0,015
		Valine (g)	0,022
		Arginine (g)	0.021
		Histidine (g)	0,013
		Alanine (g)	0.024
		Acide aspartique (g)	0,118
		Acide glutamique (g)	0,313
		Glycine (g)	0,021
		Proline (g)	0,016
		Sérine (g)	0,023
		Vitamines	
		Vitamine C (mg)	12,7
		Thiamine (μg)	37
		Riboflavine (μg)	19
		Niacine (mg)	0,594
		Acide pantothénique (μg)	89
		Vitamine B6 (μg)	80
		Folates (μg)	15
		Vitamine A (μg)	42
		α-tocophérol (mg)	0,54
		γ-tocophérol (mg)	0,12
		Vitamine K (μg)	7,9

8. Pathologies et ravageurs de la tomate

De la levée et pratiquement jusqu'à la récolte, les cultures de la tomate sont sujettes à de nombreuses maladies causées par divers agents pathogènes tels que: les virus, les bactéries, les champignons, les nématodes et les insectes (**Causse et al., 2000**).

8.1. désordres physiologiques

Ils sont généralement provoqués par des carences au niveau des éléments nutritifs et par des conditions climatiques défavorables (**Shankara, 2005**) ; les plus répandus sont :

- La pourriture apicale provoquée par une carence en calcium ;
- L'asphyxie racinaire causée par des irrigations abondantes ou des pluies excessives ;
- L'altération des fruits suite aux coups de soleil ou à des fentes de croissance ;
- La tige est ampoulée suite à une alimentation azotée excessive ;
- Eclatement des fruits de la tomate causée par l'arrosage excessif pendant les périodes sèches.

8.2.principales maladies de la tomate

8.2.1. maladies cryptogamiques

Le tableau 3 suivant présente les principales maladies cryptogamiques qui attaquent la tomate.

Tableau 3 : Maladies cryptogamiques de la tomate

Maladies	Symptômes	Causées par
Anthracnose	Petites lésions brunes claires, qui évoluent en taches circulaires, légèrement déprimées et humides dans la peau des fruits mûrs (Blancard, 2010).	<i>Colletotrichum coccodes</i>
Mildiou	Des taches nécrotiques, irrégulières, d'extension rapide, entourées d'une marge livide. Les fruits mildiousés bruns marbrés, irrégulièrement bosselés en surface (Blancard, 2010).	<i>Phytophthora infestans</i>
Verticilliose	Flétrissement des feuilles accompagné d'un jaunissement. Unilatéral suivide dessèchement des feuilles de la base Avec un léger brunissement des vaisseaux après une coupe (Ruocco et al., 2010).	<i>Verticillium albatrum</i> <i>Verticillium dahliae</i>
Alternariose	Les feuilles ont des taches vert sombre, puis deviennent rapidement brunes à noires. Les fruits ont des taches concaves, peuvent se couvrir d'une moisissure noire, veloutée. Les lésions sur fruits peuvent engendrer leur chute (Blancard, 2009).	<i>Alternaria tomatophila</i>
Fusariose	Jaunissement des feuilles et un flétrissement se propageant à partir de la base de la tige (Messiaen et al., 1993).	<i>Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici</i>
Moisissure grise	Pourrissement des tissus infectés des fleurs, fruits, tiges et feuilles (Williamson et al., 2007).	<i>Botrytis cinerea</i>
Cladosporiose	Des taches vert clair à jaune pâle. Les tissus situés au centre des taches brunissent, se nécrosent et se dessèchent tandis que les feuilles s'enroulent. La tige peut aussi être affectée (Blancard, 2009).	<i>Pasalora fulva</i>

8.2.2. maladies bactériennes

La tomate a souvent fait l'objet d'attaques de plusieurs bactéries qui développent des symptômes multiples, le tableau suivant montre les attaques les plus graves et les plus importantes des bactéries.

Tableau 4 : Maladies bactériennes de la tomate

Maladies	Symptômes	Causées par
Le chancre bactérien	Maladie vasculaire qui se traduit par un flétrissement et une chlorose des organes aériens. Les plantes fortement affectées produisent des fruits plus petits, mal colorés ou chutant prématurément (Blancard, 2009).	<i>Clavibacter michiganensis</i>
Moucheture bactérienne	Petites taches grasseuses, sombres, prenant rapidement une teinte brune à noire. Des taches brunes nécrotiques sur fruit (Blancard, 2009).	<i>Pseudomonas syringae pv. Tomato</i>
La tache bactérienne	Des petites lésions grasseuses et translucides apparaissant au hasard sur les folioles ou en bordure du limbe, donnant lieu à des taches brunes à noires qui finissent par se nécroser et se dessécher (Blancard, 2009).	<i>Xanthomonas campestris pv vesicatoria</i>

8.2.3. maladies virales

La tomate est très sensible aux maladies virales, le tableau 5 en présente les principales.

Tableau 5 : Principales maladies virales

Maladies	Symptômes	Causées par
CMV	Une stérilité des plantes ou une malformation des fruits.	<i>Cucumber Mosaic Virus</i>
TICV	Un jaunissement internervaire sur les feuilles basales puis médianes, un jaunissement généralisé à l'ensemble des folioles d'une feuille et un retard du développement de la plante. Apparition de nécroses.	<i>Tomato Infectious Chlorosis Virus</i>
TMV	Les fruits verts présentent une surface légèrement bosselée avec des plages nécrotiques brunes. Les fruits murs sont parsemés de plages vertes.	<i>Tobacco Mosaic Virus</i>
ToCV	Un jaunissement généralisé à l'ensemble des folioles d'une feuille et un retard du développement de la plante.	<i>Tomato Chlorosis Virus</i>
TSWV	Des mouchetures en mosaïque avec une décoloration des feuilles. Sur les tiges et pétioles, il y a apparition des tâches nécrotiques. la maladie peut entraîner un rabougrissement du plant.	<i>Tomato Spotted Wilt Virus</i>
TYLCV	Les feuilles sont de tailles réduites et présentent un jaunissement et/ ou un enroulement en forme de cuillère. En cas d'infection précoce, les plantes sont naines et ne produisent plus de fruits.	<i>Tomato Yellow Leaf Curl Virus</i>

8.2.4. principaux parasites de la tomate

❖ les nématodes :

Les nématodes des racines noueuses présentent un problème important. Ils provoquent des galles (des tumeurs cancéreuses) sur les racines des plantes ; on peut citer *Meloïdogyne icognita*, *Meloïdogyne arenaria* et *Meloïdogyne javanica*. Les plantes atteintes restent de petite taille et sont sensibles aux maladies fongiques et bactériennes transmises par le sol (**Shankara, 2005**).

❖ Les insectes :

Tous les insectes qui piquent et qui sucent tels que les thrips, les pucerons et les mouches blanches, ne provoquent des dommages mécaniques que lorsqu'ils surviennent en grand nombre (**Shankara, 2005**).

Il existe aussi la présence de lépidoptères qui provoquent des pertes plus ou moins importantes.

En Algérie, un grand nombre de ravageurs (arthropodes) sont recensés, parmi lesquels les insectes comme les pucerons, les aleurodes, les thrips et les mineuses qui sont les espèces les plus répandues (**Guenaoui, 2010**).

Depuis 2008, la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* cause des pertes importantes aussi bien sous serre qu'en plein champ, elle est devenue le problème majeur des agriculteurs, c'est pourquoi nous y sommes intéressés.

Partie 2 : le ravageur de la tomate

Tuta absoluta Meyrick

1. Généralités

La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) est un insecte ravageur, décrit pour la première fois en 1917 par Meyrick, infestant les cultures de tomate dans les pays du Bassin méditerranéen (Germain et al., 2009 ; Desneux et al., 2010 ; Desneux et al., 2011 ; Balzan et Moonen, 2012 ; Tropea Garzia et al., 2012) et dans sa région d'origine l'Amérique du Sud (Miranda et al., 1998 ; Lietti et al., 2005).

Ce ravageur est capable de provoquer des pertes économiques importantes dans les cultures de tomate (EPPO 2005, Germain et al., 2009 ; Hassan et Alzaidi, 2009 ; Silva et al., 2011). Les attaques se produisent sur toute la partie aérienne (feuilles, fleurs, tiges et fruits) (Filho et al., 2000 ; Marchiori, 2004 ; Guenaoui et Ghelamallah, 2008).

2. Origine et distribution géographique de *Tuta absoluta*

2.1. Dans le monde

La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera : Gelechiidae) est un important ravageur des cultures de tomate (EPPO, 2005). L'espèce est originaire d'Amérique du Sud (Pratissoli et Parra, 2000 ; Magalhaes et al., 2001 ; Torres et al., 2002 ; Leite et al., 2003) ; elle a été mentionnée en premier lieu en Argentine en 1964 après une importation de tomate depuis le Chili (Urbaneja et al., 2007).

L'espèce s'est propagée à l'Amérique centrale sur les différentes cultures de solanacées après avoir développé une résistance aux produits phytopharmaceutiques (Siqueira et al., 2000 ; Lietti et al., 2005).

En Europe, la première détection de l'espèce est enregistrée à la fin de l'année 2006 dans la province de Castellón (communauté de Valencia) en Espagne (Fera, 2009 ; Urbaneja et al., 2007) ; plusieurs foyers sont repérés l'année suivante, le long de la côte dans la province de Valence et aux Baléares. Au printemps 2008, *Tuta*

absoluta a été repérée en Italie dans la province de Cosenza sur la tomate cultivée sous serre (**Viggiani et al., 2009**).

Puis l'espèce s'est propagée vers le sud de la France en septembre de la même année, dans la région de Provence Alpes-Côte d'azur, Bouches du Rhône et en Corse (**Decoin, 2010 ; Lacordaire et Feuvrier, 2010**)

En août 2009, les premières larves de *T. absoluta* sont trouvées dans la province d'Izmir en Turquie (**Kılıç, 2010**) ; par la suite, elles se sont répandus dans de nombreux pays européens y compris les régions des Balkans et de la Méditerranée (**EPPO, 2009a; 2009b; Desneux et al., 2010**).

Au Royaume-Uni, aux Pays-Bas, au Danemark et en Russie, le ravageur a été trouvé dans les sites où les tomates étaient importées d'Espagne (**Harizanova et al., 2009**).

Dans la région du Maghreb, *T. absoluta* a été observée pour la première fois en avril 2008 dans la région d'Agadir (Maroc) (**OEPP, 2008c**) puis sa présence est notée en mars 2009 en Tunisie (**OEPP, 2009a**) et en juillet 2009 en Lybie (**OEPP, 2009b**). En Algérie, la mineuse de la tomate est signalée au printemps 2008 près de Mostaganem (**Guenaoui, 2008 ; OEPP, 2008b ; Doumandji-Mitichv et al., 2010**).

2.2. En Algérie

Tuta absoluta a été signalée pour la première fois au printemps 2008 dans le voisinage de Mostaganem, dans la commune d'Achacha (**EPPO, 2008 ; Guenaoui, 2008**). L'identification de l'espèce a été confirmée en avril 2008 en collaboration avec l'équipe de recherche à l'Université Polytechnique de Valence en Espagne (**Guenaoui : Com. Pers.**).

En début juillet, les chercheurs de l'INPV de Montpellier diffusent la première photo des genitalia de l'insecte trouvé en Algérie dans la galerie OEPP sur le site www.tutaabsoluta.fr et une vingtaine de photos des différents stades de la mineuse (**Guenaoui et Ghelamallah, 2008**). Un an plus tard, l'insecte a envahi plusieurs endroits dans les wilayas les plus productrices de tomate telles que : Mostaganem, Chlef, El Taref, Oran, Ain Defla, Boumerdès, Alger, Bouira, Tizi-Ouzou, Béjaia, Jijel, Skikda, Mila, Tlemcen, M'Sila et Biskra ; actuellement ce ravageur est présent dans toutes les wilayas productrices de tomate (**Snoussi, 2010**).

2.3. position systématique

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Ordre : Lepidoptera

Sous-ordre: Glossata

Super famille : Gelechioidea

Famille : Gelechiidae

Sous-famille : Gelechiinae

Tribu : Gnorimoschemini

Genre : *Tuta*

Espèce : *Tuta absoluta* (Meyrick,1917)

2.4. plantes hôtes

L'hôte principal de *Tuta absoluta* est la tomate *lycopersicon esculentum*, ses larves peuvent aussi se développer et se reproduire sur d'autres plantes cultivées telles que la pomme de terre *Solanum tuberosum* L (Galarza, 1984; Notz, 1992 ; Pereyra et Sanchez, 2006) et l'aubergine *Solanum melongena* L, (poivron doux) *Pepino*Aiton, le tabac *Nicotiana tabacum* L.(Vargas,1970; Campos,1976 ; Desneux et al., 2010). Les larves de *Tuta absoluta* peuvent également être trouvées sur des hôtes sauvages tels que *Datura stramonium* L., *Datura ferox*L., *Lycium chilense* (Coralillo), *Lycopersicum hirsutum*L., *Nicotiana glauca* (Graham), *Solanum lyratum* Thunberg, *Solanum puberulum* et *Solanum nigrum*L. (EPPO, 2007).

En Italie, les larves de *Tuta absoluta* ont été trouvées sur les haricots, *Phaseolus vulgaris* (EPPO,2009) et *Lycium* sp. ainsi que *Malva* sp. (Caponero, 2009).

3. Description de *Tuta absoluta*

Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae), ravageur de la tomate et autres solanacées, est un micro-lépidoptère, dont les caractéristiques sont les suivantes :

3.1. Œufs

Les œufs sont de forme ovale, ceux nouvellement pondus sont blanc-crème et deviennent jaunes puis jaune-orange au cours du développement (Estay, 2000 ; Guenaoui et Ghellamallah, 2008). Les œufs sont en moyenne de 0,36 mm de long et 0,22 mm de large (Marcano, 2007 ; Korycinska et Moran, 2009). A maturité,

les œufs deviennent sombres et le contour de la capsule de la tête des larves peut être vu à travers le chorion; ce qu'on appelle le stade comédon (**Vargas, 1970**).

Ils sont déposés de façon isolée sur la face supérieure ou inférieure des feuilles, sur le tiers supérieur des plantes (pousses et jeunes feuilles déployées). Les femelles pondent en moyenne 100-200 œufs sur la partie supérieure de la plante, mais ce nombre est affecté par les conditions de l'environnement (**Pereira, 2005 ; Molla et al.,2008**).

3.2.Larves

Après 4 à 5 jours, les œufs éclosent, le développement des chenilles commence et passe par quatre stades larvaires (**Estay, 2000**). Le diamètre de la capsule de la tête est le meilleur caractère pour différencier les stades larvaires.

Le premier stade larvaire est de 0,9 mm de long, il est de couleur crème avec une tête noire.

Le deuxième stade larvaire ressemble au premier en taille, mais il change de couleur (**Vargas, 1970**). il est de couleur verte et mesure à la fin du stade 2.88mm (**Molla et al.,2008 ; Silva, 2008**).

Les larves de troisième stade sont de couleur vert profond et mesure en moyenne 4.7mm.

Le dernier stade prend une coloration rosâtre et mesure 7,5 mm de long. Lorsque les larves sont prêtes à muer, elles arrêtent de manger et purgent le contenu de leur estomac, provoquant leur coloration pour revenir au blanc crème.

3.3.chrysalides

C'est le stade nymphal où les larves cessent de s'alimenter. Les chrysalides sont de forme cylindrique et verdâtre au début du stade ; une fois les chrysalides matures, elles changent de couleur et deviennent brun foncé (**Estay, 2000**). Les chrysalides males sont plus légères ($3,04 \pm 0,49$ mg) et plus petites (longueur $4,27 \pm 0,24$ mm et une largeur de $1,23 \pm 0,08$ mm) que les chrysalides femelles ($4,67 \pm 0,23$ mg; $4,67 \pm 0,23$ mm et $1,37 \pm 0,07$ mm) (**Fernandez et Montagne, 1990a**).

3.4.adultes

Les papillons adultes sont assez petits, mesurent 6-7 mm de long et environ 10 mm d'envergure. Ils sont gris à écailles brunes avec des taches noires sur les ailes

antérieures (**Estay, 2000**). Les écailles abdominales sont grises chez les mâles et de couleur crème chez les femelles (**Vargas, 1970**). Les antennes sont longues et filiformes (**Vargas, 1970** et **Silva, 2008**). L'abdomen des papillons mâles est plus étroit et souligné en arrière, tandis que celui des femelles est plus large et plus volumineux (**Estay et Bruna, 2002**). Chez les adultes il n'y a pas de dimorphisme sexuel évident.

4. Biologie de *Tuta absoluta*

Tuta absoluta est un insecte holométabole multivoltine, avec un taux de reproduction élevé (**Pereyra et Sanchez, 2006**). La durée du cycle de développement dépend fortement des conditions environnementales (**Ramel et Udard, 2008**); lorsque les conditions sont favorables, l'insecte peut terminer 12 générations par an (**OEPP, 2005**). Dans la vallée d'Arica au Chili, *Tuta absoluta* peut compléter sept à huit générations par année (**Vargas, 1970**) et il peut y avoir de 10 à 12 générations par année Amérique du Sud.

Les femelles s'accouplent une seule fois par jour et sont capables de s'accoupler jusqu'à six fois au cours de leur vie, l'accouplement peut durer 4-5 h. Les femelles pondent 76% de leurs œufs, une femelle peut pondre en maximum 260 œufs. Les œufs se transforment ensuite en chenilles qui creusent des galeries dans les tiges, feuilles et fruits.

Les chenilles passent par 4 stades larvaires, ensuite il y a apparition des chrysalides puis des adultes. Pendant l'hiver, l'espèce peut survivre sous forme d'œuf, pupa ou stade adulte (**OEPP, 2005**).

Selon **Barrientos et al., 1998**, le temps de développement moyen de *Tuta absoluta* est de 76,3 jours à 14 °C ; 39,8 jours à 19.7°C et 23,8 jours à 27.1°C.

D'après l'étude de **Desneux et al., 2010**, les seuils de températures pour les œufs, les larves et les pupes ont été estimés à $6,9 \pm 0,5$; $7,6 \pm 0,1$ et $9,2 \pm 1,0$ °C, respectivement ; et dans l'ensemble, le seuil d'œuf-larve-adulte est de $8,1 \pm 0,2$ °C.

5. Nature des dégâts

Les dégâts de la mineuse représentent de 80 à 100 % de la production sur les plants de tomate (**França, 1993; Torres et al., 2002**).

La larve est le stade nuisible de la mineuse de la tomate le plus grave, elle attaque les parties apicales de la plante et aussi les feuilles. Les larves pénètrent dans les feuilles,

les tiges et/ou les fruits où elles creusent des galeries dans lesquelles elles se développent.

Sur les feuilles : les attaques se caractérisent par la présence des galeries décolorées nettement visibles, avec la présence des excréments bruns (Photo 3).

Les larves dévorent seulement le parenchyme à l'aide de leurs crochets mandibulaires en laissant l'épiderme de la feuille. Par la suite, les folioles attaquées se nécrosent entièrement (**Suinaga et al., 2004 ; Collavino et Gimenez, 2008 ; Silva, 2008**).

Les attaques affectent aussi la capacité photosynthétique de la plante et diminuent le rendement (**Desneux et al., 2010**).



Photo 3 : Dégâts de la mineuse sur les feuilles

Sur les tiges, les bourgeons et en tête de plante (apex, boutons floraux)(Photo4), les dégâts causés par les larves perturbent le développement des plantes (**Mallia, 2009**).

Les dommages se traduisent par une baisse des boutons floraux et chute des fruits (**Collavino et Gimenez, 2008**).



Photo 4: Dégâts de la mineuse sur la tige

Sur les fruits : Les chenilles s'attaquent aux fruits verts comme aux fruits mûrs (Photo 5). Les tomates présentent des nécroses sur le calice ou des trous de sortie à leur surface. Les fruits sont alors invendables et impropres à la consommation (**Pereira, 2005 ; Collavino et Gimenez, 2008**).



Photo 5 : Dégâts de la mineuse sur les fruits de la tomate

6. Moyens de lutte

La gestion de *T. absoluta* est largement fondée sur les mesures prophylactiques ; la détection précoce par les pièges à phéromone sexuelle et l'utilisation d'insecticides sont des techniques souvent utilisées. Un aperçu sur ces techniques permet de constater qu'il n'y a pas de méthode miracle, car chacune présente des avantages et des inconvénients sans pour autant permettre l'éradication complète du ravageur (Pereira, 2008 ; Silva, 2008). Les différentes approches sont souvent complémentaires.

6.1.Lutte chimique

Elle constitue la principale technique de contrôle contre ce ravageur (Marcela *et al.*, 2005). Elle est basée sur l'application de molécules détruisant ou limitant les populations de bioagresseurs (Dore *et al.*, 2006). Mais, l'emploi excessif des pesticides est à l'origine de l'élimination d'ennemis naturels de la mineuse (Shakir, 2009). En outre, l'utilisation intensive de produits chimiques de synthèse comme seule stratégie de lutte contre les insectes a favorisé la sélection d'insectes résistants aux différentes molécules actives, en particulier les pyréthroïdes, les avermectines, le cartap et les diamides (Lietti *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2011; Roditakis *et al.*, 2015).

En Algérie, la lutte chimique est la plus utilisée contre tous les ennemis des cultures. Les producteurs de la tomate ont eu recours en priorité à l'usage de produits chimiques car l'invasion de la mineuse a été très rapide, ce qui n'a pas permis de mettre en œuvre d'autres moyens de lutte moins polluants. Malheureusement, la lutte chimique n'a pas permis d'éradiquer l'insecte (INPV, 2011).

6.2.Lutte biotechnologique

Le premier moyen dans le contrôle de *T. absoluta* est l'utilisation de pièges à phéromone pour la détection précoce. Plusieurs types de pièges sont appliqués

(trappes Delta et pièges à eau), à raison d'un piège Delta ou à eau par serre et 20 à 25 pièges à eau en plein champ. L'entretien des pièges doit être assuré régulièrement par :

- le changement des plaques engluées dès leur saturation dans le cas des pièges Delta ;
- le remplissage du bac à eau jusqu'à sa limite supérieure sans que l'eau n'atteigne la capsule à phéromone car il faut rajouter des gouttes d'huile alimentaire ou de détergent domestique, après chaque renouvellement d'eau ; la phéromone doit être renouvelée chaque 4 à 6 semaines.

L'utilisation de l'insecte-proof donne de bons résultats dans la lutte contre *Tuta absoluta*. Des filets insect-proof peuvent être installés sur toutes les ouvertures. Pour les entrées, il faut un système de double porte ou au moins deux filets qui se superposent (Tabone *et al.*, 2012).

6.3.Lutte biologique

Le contrôle biologique est un outil important pour le secteur agricole, mais cette technique reste encore peu développée commercialement pour la plupart des ravageurs. Pour *Tuta absoluta*, plus de 50 espèces d'ennemis naturels sont mentionnées dans sa région d'origine, y compris les prédateurs, les parasitoïdes et les pathogènes (Vargas, 1970; Garcia Roa, 1989; Consoli *et al.*, 1998; Miranda *et al.*, 1998; Faria *et al.*, 2000; Colomo *et al.*, 2002; Torres *et al.*, 2002; Desneux *et al.*, 2010; Luna *et al.*, 2011; Scorsetti et Lopez Lastra, 2011).

Ses ennemis naturels sont inventoriés dans le Bassin méditerranéen, les parasitoïdes hyménoptères : *Eulophidae Necremnusartynes* (Walker) (Molla *et al.*, 2008; Gabarra et Arno, 2010), *Hemiptarsenus zilahisebessi* Erdös (Gabarra et Arno, 2010), Braconidae (espèce non déterminée) (Gabarra et Arno, 2010 ; Molla *et al.*, 2010), Trichogrammatidae *Trichogramma achaeae* Nagaraja et Nagarkatti (Cabello *et al.*, 2009), *Trichogramma sp.* (Gabarra et Arno, 2010 ; Molla *et al.*, 2010) et les prédateurs hémiptères *Miridae Nesidiocoristenus* Reuter, *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) (Arno *et al.*, 2009 ; Molla *et al.*, 2009; Urbaneja *et al.*, 2009), *Dicyphs marrocannus* Wagner (Molla *et al.*, 2010), *Nabidae Nabis* (Nabis), *Pseudaferus ibericus* Remane.

Trois familles d'hémiptères ont été détectées comme prédateurs de *T. absoluta*, *Macrolophus pygmaeus* (Herrich-Schäffer) et *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) ont été

testés en laboratoire et en serre comme agents de lutte biologique de *T. absoluta* au cours des trois dernières années (Fois et al., 2011a,b; Nannini et al., 2011).

Sannino et Espinosa, 2010b ont détecté en Campanie l'espèce *Nabis*, prédominant les larves et les pupes de *T. absoluta*, et *Macrolopus*, *N. tenuis* et *Orius* se nourrissent d'œufs et des stades larvaires précoces du parasite. *Trichogramma acheae* a été identifié comme un parasitoïde des œufs de *T. absoluta* et est actuellement utilisé comme un agent de lutte biologique potentiel dans les cultures de tomates commerciales sous serre (Arno et Gabarra, 2011).

A Tlemcen, Bouayad et al. (2014) et Bouayad (2015) ont montré l'efficacité insecticide des huiles essentielles et hydrolats de trois plantes aromatiques locales *Thymus capitatus*, *Daucus crinitus* et *Tetraclinis articulata* contre la mineuse *T. absoluta*; ces produits naturels peuvent constituer une excellente alternative aux insecticides jusque là utilisés, sachant leur nocivité pour l'environnement et la santé.

Partie 3 : Pouvoir allélopathique de la tomate

1. Généralités

Dans les écosystèmes naturels, les plantes et les insectes sont des organismes vivants qui interagissent continuellement d'une manière complexe. Les herbivores, en particulier les larves d'insectes, représentent un défi majeur pour les plantes dans leur environnement naturel. Cependant, les plantes ne sont pas capables d'éviter des visites hostiles par des insectes herbivores, en fonction de l'intensité de l'attaque, les herbivores pourraient être extrêmement nocifs pour les plantes (**Taveira *et al.*, 2012**).

La réduction des attaques d'insectes peut être due à la présence de composés allélochimiques permettant une excrétion rapide des toxines (**Schoonhoven *et al.*, 2005 ; Taveira *et al.*, 2012**).

Le terme allélopathie, inventé à la fin des années 1930 par Hans Molisch, un physiologiste des végétaux ; est composé de deux mots grecs : allelon et pathos (**Chon et Nelson, 2012**).

L'allélopathie est définie comme l'effet d'une plante sur une autre plante (ainsi que sur les microorganismes) par la libération de composés chimiques dans l'environnement (**Ehrlich et Raven, 1964 ; Taveira *et al.*, 2012**). Les plantes produisent des milliers de produits chimiques pour se défendre contre les herbivores, les ravageurs et les plantes avoisinantes ; ceux-ci sont libérés par les plantes dans l'environnement par volatilisation, lixiviation, ou par exsudation et décomposition des résidus végétaux.

L'allélopathie joue un rôle important dans les écosystèmes agricoles et affecte la croissance, la qualité et la quantité des produits (**Yu et Matsui, 1994 ; Kohli *et al.*, 1998 ; Ridenour et Callaway, 2001 ; Singh *et al.*, 2001 ; Inderjit et Duke, 2003**).

Les composés allélochimiques sont présents presque dans toutes les plantes et leurs organes tels que les feuilles, les tiges, les racines, les fleurs, les bourgeons et l'écorce (**Weston et Duke, 2003**).

2. Composés allélopathiques

La plante, source de nourriture pour les insectes, a évolué en limitant sa destruction par les phytophages. Son moyen de défense le plus significatif est la présence de composés chimiques. La synthèse de molécules de défense pouvant

entraîner des modifications morphologiques vise essentiellement à empêcher la colonisation du parasite.

Plusieurs mécanismes de défense sont mis en place au moment de l'infection, on note ainsi :

1. Une réaction hypersensible qui se traduit par l'apparition de nécroses des tissus végétaux autour du site d'infection. Cette nécrose due à la mort de quelques cellules végétales entourant les cellules infectées, induit une résistance locale ;
2. Un renforcement de la paroi qui constitue une des premières étapes de lutte contre les agressions. Une modification de cette paroi limite la progression de l'agresseur et favorise la résistance d'une plante à un agent pathogène ;
3. L'accumulation de protéines PR ;
4. La synthèse de certains peptides antimicrobiens tels que les thionines et les défensines ;
5. L'induction des voies de synthèse des métabolites secondaires.

Les composés allélochimiques sont libérés sous forme de métabolites secondaires et sont classés dans 14 grandes catégories (**Rice, 1974**). Parmi ces composés on note les acides organiques hydrosolubles, les alcools linéaires à longue chaîne, les aldéhydes aliphatiques, les cétones, la benzoquinone, l'antraquinone et les quinones complexes; l'acide benzoïque et ses dérivés; l'acide cinnamique et ses dérivés; les flavonoïdes ; les tanins; les terpénoïdes et les stéroïdes (**Singh et al., 2003a ; Zeng et al., 2008**). **Kurse et al. (2000) ; Jabran et Farooq (2012)** ont identifié certains composés des métabolites secondaires basiques comme les composés phénoliques, les alcaloïdes, les flavonoïdes, les terpenoïdes, les acides hydroxamiques, les brassinostéroïdes, les jasmonates, les salicylates, les glucosinolates, les glucides et les acides aminés comme produits chimiques alléliques.

D'après l'étude **d'Inderjit (1996)**, les composés phénoliques des plantes jouent un rôle majeur dans l'allélopathie.

Il ya trois classes de métabolites secondaires, en fonction de leur origine on trouve : les terpénoïdes, les alcaloïdes et les composés phénoliques.

2.1. composés phénoliques

2.1.1. Généralités

Les composés phénoliques ou polyphénols sont des molécules qui appartiennent au métabolisme secondaire. Les composés phénoliques sont des molécules spécifiques du règne végétal ; on les rencontre dans les racines, les feuilles, les fruits et l'écorce. La couleur et l'arôme des plantes dépendent de la concentration et des transformations des phénols.

Les polyphénols constituent un groupe important de métabolites secondaires, environ 10000 composés ont été caractérisés jusqu'à aujourd'hui ; selon **Mompon et al.(1998)** plus de 8000 molécules ont été isolées et identifiées.

Les composés phénoliques sont divisés en plusieurs catégories :anthocyanes, coumarines, lignanes, flavonoïdes, tanins, quinones, acides phénols, xanthones et autres phloroglucinols où les flavonoïdes représentent le groupe le plus commun et largement distribué.

2.1.2. Rôle des composés phénoliques dans les plantes

Le rôle des composés phénoliques est maintenant connu dans différents aspects de la vie de la plante et aussi dans l'utilisation thérapeutique.

Les plantes utilisent les composés phénoliques pour la pigmentation, la croissance, la reproduction et la résistance aux agent pathogènes (**Lattanzio et al., 2006**), ils peuvent agir comme des antioxydants puissants, ce qui réduit le stress des plantes.

Ils interviennent dans un grand nombre de processus physiologiques chez la plante et dans les interactions avec leur environnement ; leur structure leur conférant des fonctions très spécifiques comme la synthèse des protéines, la régulation de l'activité enzymatique et la reproduction (**Desjardin, 2008 et Taveira et al., 2012**). Ils interviennent aussi dans le métabolisme et le transport de l'auxine (**Macheix et al., 2005; Treutter, 2006**).

Du fait de leur action sur la physiologie des plantes, les composés phénoliques semblent donc avoir un rôle particulièrement important dans les processus de défense, permettant ainsi aux végétaux de minimiser d'une manière générale les dégâts occasionnés par leurs ennemis naturels tels que les insectes phytophages.

Les composés phénoliques possèdent des propriétés antimicrobiennes contre les bactéries, les champignons et les virus (**Nicholson and Hammersmidt, 1992; Dakora, 1996 ; Macheix et al., 2005 ;Martini et al., 2009**). En revanche, les composés phénoliques antifongiques préformés appartiennent à différentes classes comme les phénols simples, les acides phénoliques, les flavonols et les dihydrochalcones. Lors d'une attaque microbienne, les cellules végétales répondent habituellement en augmentant le niveau des composés phénoliques antifongiques ou en synthétisant des composés de défense spécifique (phytoalexines) (**Harborne, 1985; Kuc, 1995;Strack, 1997 ; Harborne, 1999**), parmi les phytoalexines phénoliques, on trouve les coumarines, les ptérocarpanes qui dérivent des isoflavonoïdes et les stilbènes.

Les composés phénoliques ont la capacité de protéger les plantes contre les facteurs défavorables comme la sécheresse, les rayons UV, les infections ou les dommages physiques. Selon **Lattanzio et al.(2008)**, la présence des métabolites phénoliques dans les plantes est fortement influencée par les conditions environnementales et est contrôlée génétiquement.

Les flavonoïdes ont un rôle de filtre contre les rayons UV et solaires (**Swanson, 2002; Caldwell et al., 1983**) ; les dérivées des hydroxycinnamiques jouent un rôle important dans la résistance des plantes aux stress environnementaux (**Walton et Brown, 1999**).

Selon l'étude de **Slatnar et al., 2012**, certains acides comme les hydroxycinnamiques, les flavanols (épicatéchine, procyanidine B1, catéchine) et les dihydrochalcones peuvent être impliqués dans le mécanisme de défense des feuilles de pomme de terre contre le champignon *Venturia inaequalis*(Cooke).

L'impact positif des composés phénoliques sur la santé humaine a été largement rapporté. L'une des propriétés les plus importantes est leur capacité antioxydante contre les espèces réactives qui sont impliquées dans le vieillissement, les maladies chroniques dégénératives, inflammatoires et coronaires (**Bravo, 1998 ; Youdimet al., 2002**). Les composés phénoliques sont connus comme agents antiviraux, antibactériens, antimutagènes et fongicides (**Stevenson et Hurst, 2007 ;Weng et Yen, 2012**). Ces composés ont également des effets neuro protecteurs, puisqu'ils interfèrent dans la régulation des facteurs de transcription et de la signalisation cellulaire qui conduit à une neuro dégénérescence (**Dajas et al., 2013**).

En outre, ces composés, en particulier les flavonoïdes, ont démontré un potentiel thérapeutique dans les troubles métaboliques, comme le diabète, l'obésité, et la dyslipidémie, en régulant l'activité des récepteurs nucléaires et en augmentant la tolérance à l'insuline (**Avior et al., 2013**), ils ont aussi un rôle dans l'activité anticancéreuse et l'inhibition de la progression des métastase (**Yang et al., 2012 ; Tsai et al., 2013**).

En plus des effets potentiels sur la santé humaine, les composés phénoliques présentent d'excellentes propriétés en tant que conservateurs alimentaires, ils peuvent être aussi utilisés comme colorants naturels dans la production de peinture, de papier et les produits cosmétiques (**Peschel et al., 2006**).

2.2. Les alcaloïdes

La plupart des plantes produisent des toxines contre les insectes, les agents pathogènes et les animaux. Les alcaloïdes sont l'une des plus grandes classes de ces toxines. Dans les plantes, ils sont le plus souvent synthétisés dans des sites spécifiques, à savoir les laitières (cellules spécialisées) ou les chloroplastes.

Les alcaloïdes sont produits généralement sous forme de sels d'acides organiques ou inorganiques, ils existent parfois comme complexe de tanins et souvent avec des complexes non alcaloïdaux dans la plante (**Shitan et Yazaki, 2007 ; Cordell, 2010**).

Trois cents familles de plantes différentes produisent plus de 10.000 alcaloïdes différents. Environ 2600 espèces, de la famille de solanacées produisent également des alcaloïdes (**Jensen et al., 2007**). Parmi les solanacées, il y a les aubergines (*Solanum melongena L.*), le piment (*Capsicum sp. L.*), les tomates (*Lycopersicon esculentum Mill.*) et la pomme de terre (*Solanum tuberosum L.*) (**Zulak et al., 2007**).

Les alcaloïdes peuvent être classés comme alcaloïdes de benzyloquinoléine, alcaloïdes de tropane, alcaloïdes terpénoïdes indoliques, alcaloïdes de purine, alcaloïdes de pyrrolizidine, alcaloïdes de quinolizidine et alcaloïdes stéroïdiens (**Ziegler et Facchini, 2008**).

Les alcaloïdes stéroïdiens, largement présents dans les plantes alimentaires, à savoir dans certaines espèces de solanacées, peuvent être mis en évidence (**Friedman., 2002 et Milner et al., 2011**).

L'alcaloïde stéroïdien majeur chez la tomate, α -tomatine présent dans toutes les parties du plant de tomate avec dehydrotomatine (**Kozukue et al., 2004 ; Itkin et**

al., 2011), on note que plusieurs autres alcaloïdes stéroïdiens ont été trouvés dans différents tissus de la plante de tomate en particulier dans le fruit (**Moco *et al.*, 2006 ; Iijima *et al.*, 2008 ; Mintz-Oron *et al.*, 2008 ; Yamanaka *et al.*, 2008**), certains d'entre eux ont été associés au processus de maturation des fruits.

Les alcaloïdes jouent un rôle très important, comme des agents antibactériens, antifongiques et antiviraux. Ils peuvent également être impliqués dans plusieurs mécanismes biologiques, à savoir la défense chimique contre les herbivores, les prédateurs ou d'autre pathogènes (**Fattorusso *et al.*, 2008 ; Irwin et Adler, 2008**).

3. Principaux composés phénoliques chez la tomate

Les travaux effectués sur d'autres plantes ont montré que les végétaux agressés par des insectes sécrètent des composés phénoliques qui jouent un rôle prépondérant dans la défense contre les agressions phytopathogènes (**Macheix *et al.*, 2005**). De ce fait, les composés phénoliques ont une grande importance en écophysiologie et en relations plantes-environnement ; la résistance à certains parasites peut être associée à la présence de composés phénoliques (phytoalexines) (**Dietz, 2007**).

Une grande diversité de composés phénoliques a été identifiée dans les feuilles et les fruits de la tomate.

3.1. Principaux composés phénoliques des feuilles de tomate

Les feuilles de tomate (*Lycopersicon esculentum*) sont considérées comme le sous-produit de la tomate le moins étudié, en raison de leur toxicité éventuelle qui est associée à la présence importante d'alcaloïdes stéroïdiens (**Friedman, 2002**).

Cependant les feuilles de tomate présentent plusieurs autres composés bioactifs tels que les acides organiques, les sucres, les acides aminés (**Roessner-Tunali, 2003 ; Schauer *et al.*, 2005**), les acides phénoliques (**Van der Rest *et al.*, 2006**), les terpènes et les acides gras (**Wang *et al.*, 2001 ; Taylor et Fraser, 2011**) et aussi les phytostérols (**Tso *et al.*, 1974**).

Les feuilles de tomate sont des organes sources, qui vont accumuler le saccharose pour la photosynthèse, ils possèdent des pigments photosynthétiques : de la chlorophylle a et b et des caroténoïdes dont le bêta-carotène et la lutéine (**Khavari-Nejad et Mostofi, 1998 ; Mortain-Bertrand *et al.*, 2008**). Parmi les sucres trouvés au niveau des feuilles de tomate, le saccharide présent avec une teneur importante,

l'amidon et le saccharose et aussi les hexoses sont également présents (**Khelil et al., 2007 ; Mortain- Bertrand et al., 2008**).

Les feuilles de tomate sont riches en composés phénoliques, la quantité de ces composés peut varier entre les tissus de la plante (**Moco et al., 2007 ; Peng et al., 2008**). Parmi ces composés il y a les acides trans p-coumaric, cis p-coumaric, cafeique, ferulique, sinapique, p-hydroxybenzoïque, protocatechuique et vanillique (**Revilla et al., 1985 ; Van der Rest et al., 2006**) ; la rutine et l'acide chlorogénique sont impliqués dans la résistance des plantes contre les maladies et contre les herbivores (**Jonhson, 2005 ;Mittelstraß et al., 2006**).

Les feuilles de tomate sont riches en alcaloïdes et saponines, parmi ces saponines la tomatine et α -tomatine sont des glycoalcaloides stéroïdiens majeurs, présents dans toutes les parties de la plante de tomate avec dehydrotomatine (**Kozukue et al., 2004 ; Itkin et al., 2011**). Ces molécules jouent un rôle important dans la défense contre les insectes pathogènes et les microbes, la tomatine présente une action antimicrobienne et antibactérienne, contre les levures et divers microbes (**Osborn, 1996 ;Sandrock et Vanetten, 1998 ;Hui et al., 2001 ;Bednarek et Osborn, 2009 ;Friedman, 2009**) et plusieurs autres activités biologiques telles que antiviraux et anti-inflammatoires ainsi que l'immunopotentialisation (**Friedman, 2002 ; Simons et al., 2006 ;Chiu et Lin, 2008 ;Milner et al., 2011**). Selon l'étude de **Lee et al.(2013)** et **Friedman et al. (2009)** la tomatine a des effets protecteurs contre les tumeurs du foie et de l'estomac, et également montré des effets anti-prolifératifs et apoptotiques contre plusieurs cellules cancéreuses (colon, du foie, du sein, de l'estomac, leucémie, poumon et prostate) in vivo et in vitro.

3.2. Principaux composés phénoliques du fruit de tomate

La tomate (*Lycopersicon esculentum*) est une source alimentaire importante pour l'homme, accumulant une variété importante de métabolites secondaires y compris les composés phénoliques, les phytoalexines, les flavonoïdes, les caroténoïdes, les lycopènes et les glycoalcaloides (**Friedman, 2002**). En effet, la composition phénolique des fruits de tomate évolue avec la maturation du fruit (**Fleuriet et Macheix, 1981 ; Gautier et al., 2008**) et varie également quantitativement et qualitativement suivant les cultivars étudiés, les conditions de culture et les conditions de stockage (**Dorais et al., 2008 ; Slimestad et al.,**

2008 ;**Slimestad et al., 2009**). La composition phénolique peut varier entre les différents tissus de la plante (**Moco et al., 2007 ; Peng et al., 2008**)

Les tomates cerises sont généralement les plus riches en composés phénoliques (**Raffo et al., 2002**).

Une grande diversité de composés phénoliques a été identifiée dans la tomate, plus de 100 composés phénoliques ont déjà été décrits dans les tomates, les principaux flavonoïdes, acides phénoliques identifiés sont présentés dans le tableau 7.

En 2006, l'équipe de Moco a mis en place une base de données qui a permis d'en répertorier plus de 70 différents, nommé MoTo DB, la base de données comprend de nombreuses informations (temps de rétention, masse....) (**Moco et al., 2006**), par la suite ils ont complété leur étude en apportant des données de répartition des composés dans le fruit en tenant compte du stade de maturation du fruit (**Moco et al., 2007**), le tableau 7 résume tous les composés polyphénoliques et alcaloïdes présents dans les extraits de fruit de la tomate, y compris les composés qui ont été identifiés seulement dans les fruits des plantes transgéniques.

Parmi les acides phénoliques identifiés il y a les dérivés de l'acide hydroxycinnamique qui ont été identifiés et sont en plus grande quantité, les glycosides des acides *p*-coumarique, caféique et férulique, des acides caféoylquiniques (chlorogéniques), *p*coumaroylquiniques et féruloylquiniques et un conjugué entre l'acide coumarique et la rutine. Les esters de l'acide quinique étant plus communs, à savoir les acides 3, 4 ou 5-O-caféoylquiniques (**Gomez-Romero et al., 2010**). Selon le stade de maturation du fruit, on trouve différents composés, les fruits de tomate immatures présentent principalement de l'acide sinapique, tandis que les acides vaniliques et salicylique sont abondants dans la tomate mure (**Slimestad et Verheul., 2009**). Ces composés se trouvent à des concentrations plus élevées dans la pâte que dans les tissus du péricarpe (**Winter et Herrmann, 1986**).

Les flavonoïdes de la tomate sont peu diversifiés, la concentration la plus élevée se trouve dans les tissus épidermiques et placentaires, suivie des graines et de la pulpe. Certains flavonoïdes ont été identifiés avec précision, notamment les dérivés du kaempferol, de la quercétine et de la naringénine, ainsi que la forme aglycone de la naringénine (**Torres et al., 2005 ; Slimestad et al., 2008**), ces flavonoïdes sont principalement présents dans l'épiderme (**Moco et al., 2007**).

Les flavonols présents dans ce fruit sont des dérivés du kaempferol, de la quercétine ou encore de la myricétine et les flavanones identifiés sont les la naringénine aglycone, la naringénine chalcone et des dérivés glycosylés de la naringénine, ces deux types de flavonoides se trouvant à la fois dans l'épiderme et dans la région d'attachement vasculaire (**Moco et al., 2007**).

Il y a aussi la présence d'acide aspartique, citrique, malique, succinique, ascorbique, aconitique, oxalique acétique et glycérique chez la tomate (**Friedman, 2002 ;Bénard et al., 2009**).

Le fruit de tomate contient des alcaloïdes dont le plus connu est la tomatine (figure 8), y compris les fruits immatures, la tomatine possède une variété d'activités biologiques, des activités anticancéreuses, antifongiques, antibactériennes et anti-inflammatoires (**Norton, 1998 ; Friedman et al., 2009**). En outre, il a été signalé que la tomatine réduit les taux plasmatiques de cholestérol LDL et de triglycérides chez les hamsters (**Friedman et al., 2000**).

En 2003, Nohara et ses collègues (**Nohara et al., 2003 ;Fujiwara et al., 2004**), ont isolé une saponine de tomate appelée esculéoside A pour la première fois à partir des fruits murs de la tomate ; en **2007 Fujiwara et al.**, ont révélé que l'esculéogénine A, le sapogénol de l'esculéoside A, inhibait significativement l'activité de la protéine ACAT et entraînait une réduction de l'athérogénèse.

Fujiwara et al. (2011) ont récemment isolé l'esculéoside A 4, un nouveau glycoside alcaloïde stéroïdien, à partir du fruit mûr des tomates et identifié un nouveau composé appelé esculéogénine A 4, qui est un glycon de l'esculéoside A, obtenu par hydrplyse de l'esculéoside A.

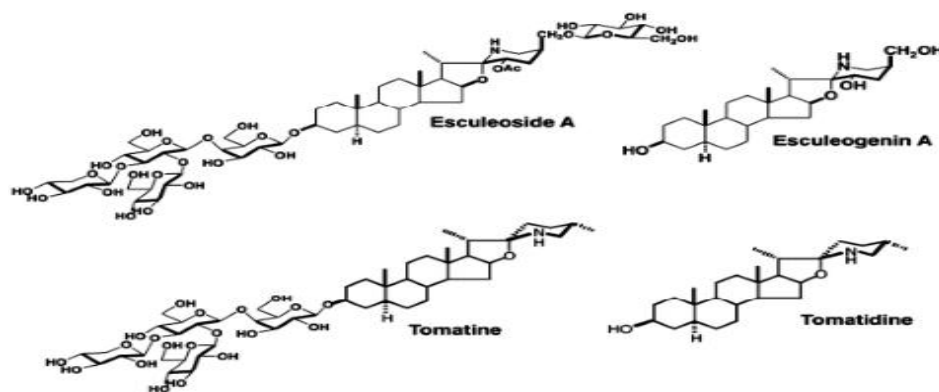


Figure 1 : Structure chimique de la Tomatine, Tomatidine, Esculeoside A et Esculeogenin A.

Tableau 6: Métabolites secondaires identifiés dans les extraits de fruit de tomate (Moco *et al.*, 2006).

Les composés	formule moléculaire	masse moléculaire
<i>p</i> -Hydroxybenzoic acid	C7H6O3	138.0317
Salicylic acid	C7H6O3	138.0317
Cinnamic acid	C9H8O2	148.0524
Protocatechuic acid	C7H6O4	154.0266
<i>m</i> -Coumaric acid	C9H8O3	164.0474
<i>p</i> -Coumaric acid	C9H8O3	164.0473
Vanillic acid	C8H8O4	168.0423
Caffeic acid	C9H8O4	180.0423
Ferulic acid	C10H10O4	194.0579
Sinapic acid	C11H12O5	224.0685
Naringenin	C15H12O5	272.0685
Naringenin chalcone	C15H12O5	272.0685
Kaempferol	C15H10O6	286.0477
Quercetin	C15H10O7	302.0427
Myricetin	C15H10O8	318.0376
<i>p</i> -Coumaric acid- <i>O</i> - <i>b</i> - <i>D</i> glucoside	C15H18O8	326.1002
<i>p</i> -Coumaroylquinic acid	C16H18O8	338.1002
Caffeic acid-4- <i>O</i> - <i>b</i> - <i>D</i> glucoside	C15H18O9	342.0951
Chlorogenic acid	C16H18O9	354.0951
4- <i>O</i> -Caffeoylquinic acid	C16H18O9	354.0951
5- <i>O</i> -Caffeoylquinic acid	C16H18O9	354.0951
Ferulic acid- <i>O</i> - <i>b</i> - <i>D</i> glucoside	C16H20O9	356.1107
Feruloylquinic acid	C17H20O9	368.1107
Tomatidine	C27H45NO2	415.3450
Tomatidenol	C27H43NO2	413.3294
Naringenin-7- <i>O</i> -glucoside	C21H22O10	434.1213
Naringenin chalcone-glucoside	C21H22O10	434.1213
Astragalín	C21H20O11	448.1006
Dihydrokaempferol-7- <i>O</i> -hexoside and Dihydrokaempferol-?- <i>O</i> -hexoside	C21H22O11	450.1162
Isoquercitrín	C21H20O12	464.0955
Myricitrín	C21H20O12	464.0955
Naringin	C27H32O14	580.1792
Kaempferol-3- <i>O</i> -rutinoside	C27H30O15	594.1585
Kaempferol-3-7- <i>di</i> - <i>O</i> -glucoside	C27H30O16	610.1534
Rutin	C27H30O16	610.1534
Quercetin-3- <i>O</i> -trisaccharide	C32H38O20	742.1956

Les composés	Formule moléculaire	Masse moléculaire
<i>p</i> -Coumaric acid-rutin conjugate	C36H36O18	756.1902
Kaempferol-3- <i>O</i> -rutinoside-7- <i>O</i> -glucoside	C33H40O20	756.2113
Delphinidin-3- <i>O</i> -rutinoside-5- <i>O</i> -glucoside	C33H41O21	773.2135
Petunidin-3- <i>O</i> -rutinoside-5- <i>O</i> glucoside	C34H43O21	787.2291
Malvidin-3- <i>O</i> -rutinoside-5- <i>O</i> glucoside	C35H45O21	801.2448
Delphinidin-3- <i>O</i> -(<i>p</i> -coumaroyl)rutinoside-5- <i>O</i> -glucoside	C42H47O23	919.2503
Delphinidin-3- <i>O</i> -(caffeoyl)-rutinoside-5- <i>O</i> -glucoside	C42H47O24	935.2452
Malvidin-3- <i>O</i> -(<i>p</i> -coumaroyl)-rutinoside-5- <i>O</i> -glucoside	C44H51O23	947.2816
Petunidin-3- <i>O</i> -(caffeoyl)-rutinoside-5- <i>O</i> -glucoside	C43H49O24	949.2608
Malvidin-3- <i>O</i> -(caffeoyl)-rutinoside-5- <i>O</i> -glucoside	C44H51O24	963.2765
δ -Tomatine	C33H55NO7	577.3979
γ -Tomatine	C39H65NO12	739.4507
β -Tomatine	C45H75NO17	901.5035
Dehydrotomatine	C50H81NO21	1,031.5301
α -Tomatine	C50H83NO21	1,033.5458
Lycoperside H	C50H83NO22	1,049.5407
Lycoperside A	C52H85NO23	1,091.5512
Lycoperside B	C52H85NO23	1,091.5512
Lycoperside C	C52H85NO23	1,091.5512
Esculeoside B	C56H93NO28	1,227.5884
Esculeoside A	C58H95NO29	1,269.5990
Lycoperside F	C58H95NO29	1,269.5990
Lycoperside G	C58H95NO29	1,269.5990

Etude Bibliographique

MATERIELS ET METHODES

OBJECTIFS DE LA THESE

Outre l'utilisation des pesticides, diverses stratégies de phytoprotection sont à l'étude, elles visent toutes à conférer une meilleure résistance aux plantes, sans nuire à l'environnement.

Les métabolites secondaires sont des composés synthétisés par la plante pour inhiber ou bloquer la propagation des pathogènes. Différentes voies de biosynthèse de ces métabolites sont impliquées dans la mise en place des processus de défense contre les agents pathogènes chez les plantes supérieures par leur pouvoir allélochimique. Parmi les composés phénoliques qui sont induits chez les plantes après élicitation ou après inoculation d'un pathogène, on trouve les composés phénoliques autofluorescents (**Bennett *et al.*, 1996**).

En effet, les phytoalexines (isoflavonoides et sesquiterpénoides) sont fortement induits en réponse à des agressions ou à des éliciteurs chez de nombreuses plantes (**Rusterucci *et al.*, 1996**). Ces composés organiques, de faible poids moléculaire, possèdent des propriétés antimicrobiennes et sont synthétisés en grande quantité lors de la réaction hypersensible (**Meier *et al.*, 1993 ; Kuc, 1995 ; Rogers *et al.*, 1996**).

L'objectif principal de cette thèse est donc d'exploiter les ressources biologiques et biochimiques développées par la tomate *Lycopersicon esculentum*, pour identifier les composants des mécanismes de résistance de cette plante, vis-à-vis d'un parasite majeur des plantes maraichères cultivées : la mineuse *Tuta absoluta*, ainsi que les microorganismes pathogènes qui l'accompagnent. En particulier, nous souhaitons vérifier l'hypothèse que la nature biochimique de la plante pourrait inhiber la propagation des agresseurs par son pouvoir allélopathique.

Dans cette partie expérimentale, trois axes ont été explorés:

La première partie concerne l'étude entomologique de l'insecte et son cycle de développement à différentes dates, donc selon différentes températures et hygrométries ; sachant que ces deux paramètres sont déterminants pour le développement des Arthropodes **Lamy (1997)**.

Dans la deuxième partie, nous avons isolé puis identifié les différents champignons qui infestent les tomates prélevées du verger étudié, parmi lesquels nous avons choisi d'en tester les plus pathogènes.

La troisième partie concerne l'étude biochimique qui a consisté en l'identification et la purification de la molécule qui pourrait signaler la défense de la plante contre ses agresseurs.

Les métabolites secondaires obtenus nous ont servi à tester leur activité biologique contre les bioagresseurs de la tomate pour vérifier son pouvoir allélopathique.

Partie I : présentation de la zone d'étude.

1. Situation géographique

L'étude a été réalisée dans la commune de Remchi, wilaya de Tlemcen (Fig. 3), Elle est limitée par la wilaya de Ain Témouchent au nord ; Sebaa Chioukh et El Fehoul vers l'est ; Hennaya et Zenata au sud et Beni Ouarsous à l'ouest. Sa superficie est de 13600 ha avec un total de groupement de 20.598 ha.

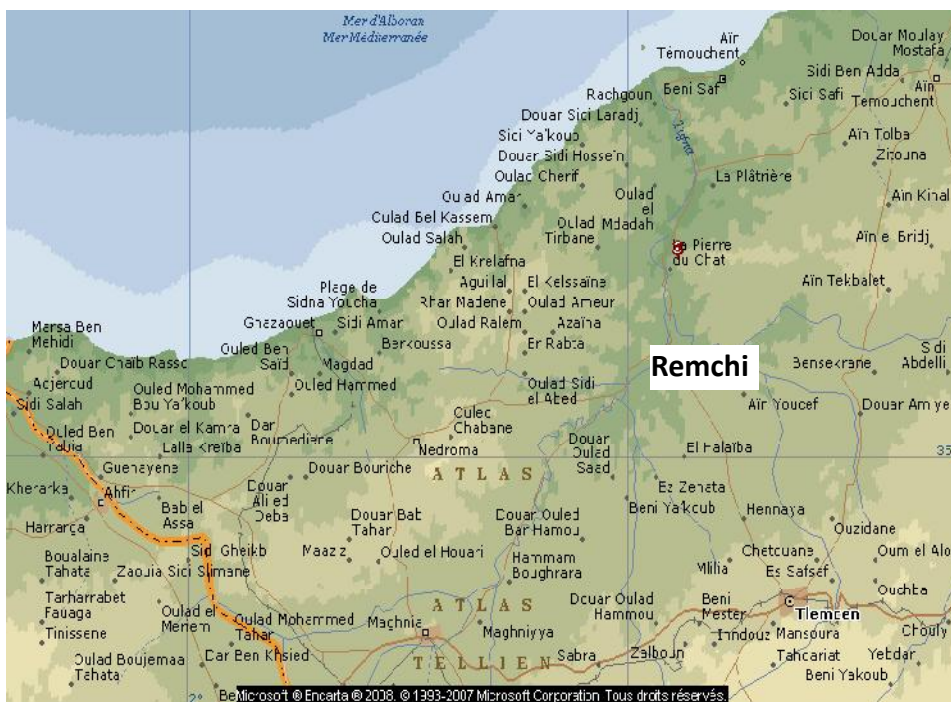


Figure 2 : Carte de la zone d'étude Remchi (Encarta, 2008)

2. Climatologie

L'étude climatique régionale permet de situer notre région dans un bioclimat déterminé.

Les données climatiques sont fournies par l'association INFOCLIMAT, le numéro 053372184, site déclaré à la CNIL (875366)/ SIRET/4586074400037, association loi 1901 à but non lucratif de la station Zenata, qui est la plus proche et la plus représentative de notre aire d'étude, située au sud-ouest de la Daira de Remchi dont les coordonnées sont 35° 01' nord et 01°27' ouest, avec une altitude de 284m.

Tableau 7 : Coordonnées géographiques de la station météorologique de Zenata

Station météorologique	Longitude	Latitude	Altitude (m)
Zenata	01°27'W	35°01' N	249

2.1. Précipitations

La pluviométrie est l'élément climatique le plus important pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres. Elle représente la quantité d'eau apportée par les pluies, elle est exprimée en millimètres (mm).

Selon **Chaâbane (1993)**, le facteur hydrique est un facteur discriminant majeur, ses variations ont un caractère d'autant plus imprévisible que l'on se place dans les zones de plus grande aridité.

Dans le Tableau 1 (**ANNEXES**), nous avons rapporté les valeurs des précipitations mensuelles de l'ancienne période 1913-1938, et la nouvelle période 2000-2016.

A partir des précipitations de la station météorologique, on a estimé que les mois les plus secs sont juillet et août, les précipitations estivales sont très faibles, que ce soit à l'ancienne période ou à la nouvelle période (11mm au maximum).

Les moyennes mensuelles et annuelles des précipitations sont rapportées dans le tableau 8.

Tableau 8 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles (mm) de la station de Zenata.

AP (1913-1938) et NP (2000-2016)

Station	J	F	M	A	Ma	J	Ju	A	S	O	N	D	Précipitations annuelles (mm)	
Zenata	Ap	65	62	49	44	38	11	1	4	23	42	68	67	474
	Np	40,7	32,7	26,6	29,2	20,2	4,2	0,35	4,4	17	32,1	47,8	40,6	295,85

L'analyse des données météorologiques des précipitations de la station de Zenata montre clairement que les mois les plus pluvieux sont novembre et décembre, alors que le mois le plus sec est celui de Juillet (Tableau 8).

D'après la figure 4, on remarque que la période pluvieuse pour la station de Zenata s'étale d'octobre à avril pour la nouvelle période avec un maximum situé en novembre.

La période sèche coïncide avec la saison la plus chaude, elle s'étale de juin à août, et le mois le plus sec est juillet avec 0.35mm pour la nouvelle période.

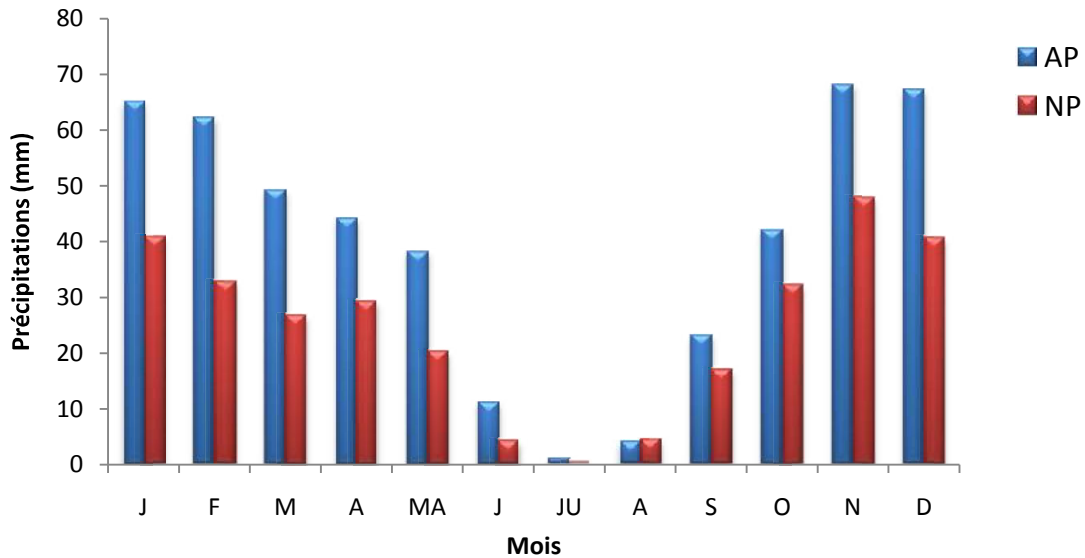


Figure 3 : Précipitations moyennes mensuelles de la station Zenata durant les deux périodes AP (1913-1938) et NP (2000-2016)

2.2. Températures

La température est importante pour les êtres vivants. Ses variations agissent sur le comportement des différentes espèces.

Le tableau 2 (**ANNEXES**) présente les valeurs des températures mensuelles de la station de Zenâta de l'ancienne période (1913-1938) et de la nouvelle période allant de janvier 2006 à décembre 2016.

Les moyennes mensuelles des températures sont rapportées dans le tableau 9.

Tableau 9: Températures moyennes mensuelles et annuelles de la station de Zenata

Station	J	F	M	A	Ma	J	Ju	A	S	O	N	D	T C° moyennes	
Zenata														
	AP	9,9	10	10,5	13	15	21	24	26	21,5	17	13	10	15.91
	NP	11,3	12	14,1	16,2	19,5	23,4	26,5	27	23,9	20,7	15,4	12,4	18.53

D'après les données climatiques de la station, le mois de janvier est le plus froid et le mois d'août est le plus chaud pour les deux périodes.

Selon le tableau 9, les températures sont élevées pour les mois de juin, juillet, août et septembre.

Selon l'**Unesco (1963)**, un mois chaud est défini comme un mois où la température moyenne est supérieure à 20°C, la période chaude est la suite successive des mois chauds.

Un mois froid est un mois où la température moyenne est égale ou inférieure à 20°C, la période froide est la suite successive des mois froids.

D'après le tableau 9 des températures moyennes mensuelles et annuelles et la figure 5 ci-dessous : les mois de juillet et août sont indiqués comme les mois les plus chauds, la température varie de 26°C à 27°C entre l'ancienne et la nouvelle période.

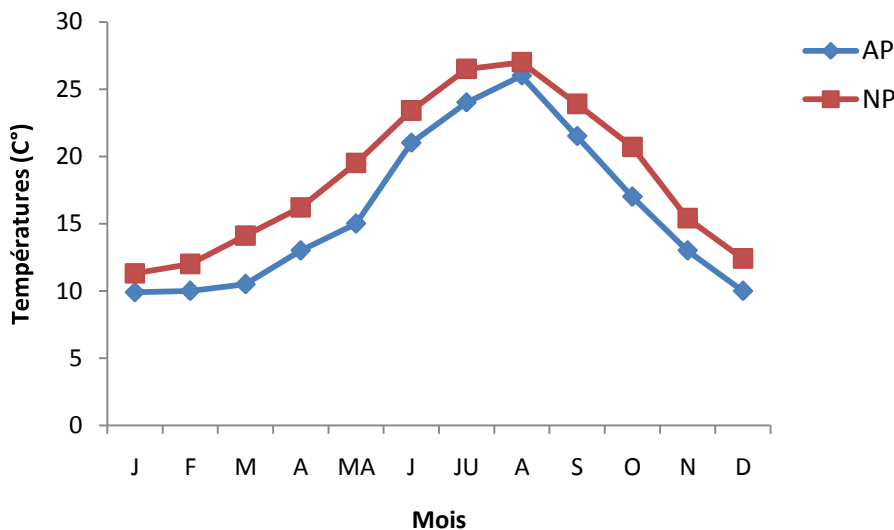


Figure 4 : Moyennes mensuelles des températures de la station Zenata des deux périodes AP (1913-1938)-NP (2006-2016)

2.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953)

Le principe est basé sur une représentation graphique où l'ordonnée doit être graduée de telle sorte que $P=2T$. Cela permet de présenter le déroulement annuel des précipitations, des températures et de laisser apprécier le rapport entre précipitations et températures, puisque la sécheresse apparaît quand la courbe de température passe au dessus de la courbe des précipitations.

Avec « P » précipitations en millimètres et « T » températures en degrés Celsius.

Nous avons établi les diagrammes ombrothermiques de la station Zenata pour l'ancienne période (1913-1938) en figure 6, et la nouvelle période (2000-2016) en figure 7.

D'après le diagramme ombrothermique de l'ancienne période (1913-1938), la période sèche est présente entre cinq à six mois de l'année. Par contre, dans la nouvelle période (2000-2016) la durée de la période sèche dure entre six à sept mois.

La comparaison entre les deux diagrammes ombrothermiques (ancien et récent) montre en général une accentuation de la sécheresse pour la période 2000-2016.

Pour la station Zenâta, on remarque que la période de sécheresse a évolué, donc on peut dire que le climat subit une évolution pendant les périodes étudiées.

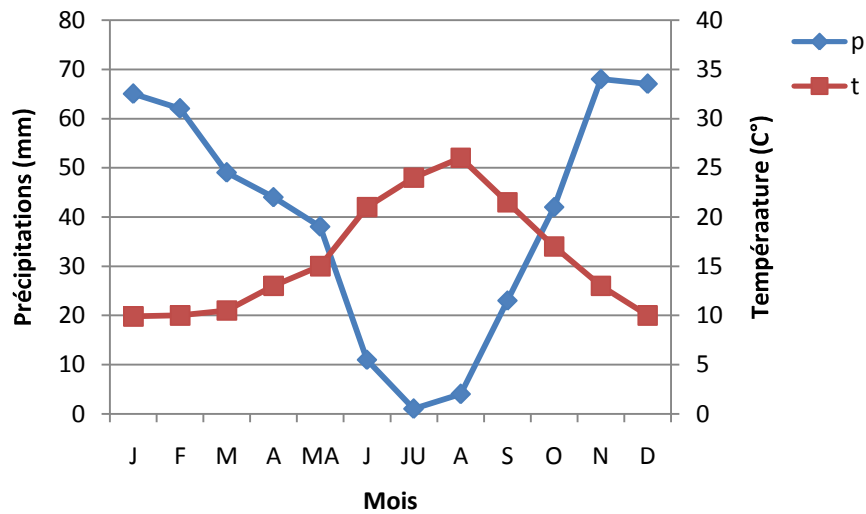


Figure 5:Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) pour la station de Zenata (ancienne période 1913-1938)

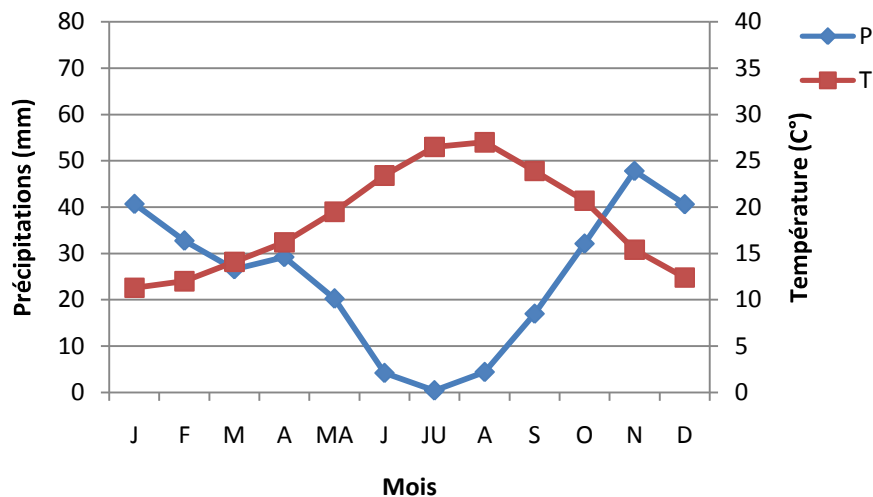


Figure 6 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) pour la station de Zenata (nouvelle période 2000-2016)

2.4.Climagramme d’Emberger

Le quotient pluviothermique Q permet de déterminer l’étage bioclimatique d’une région donnée et de la situer dans le climagramme d’**Emberger(1955)**.

Ce quotient reflète « l’aridité du climat » ; en effet, une région est d’autant plus sèche que (M-m) est plus élevé (**Boudy, 1951**)

C'est un quotient qui est fonction de la température moyenne maximale (M) du mois le plus chaud, de la moyenne minimale (m) du mois le plus froid et de la pluviosité moyenne annuelle (P).

Le quotient d'Emberger est spécifique du climat méditerranéen, il est le plus souvent utilisé en Afrique du Nord. Le quotient (Q2) a été formulé de la façon suivante :

$$Q2=2000P/M^2-m^2$$

P : moyenne des précipitations en millimètres

M : moyennes des températures maximales du mois le plus chaud en °K.

m : moyennes des températures minimales du mois le plus froid en °K.

M et m exprimés en degrés absolus : (T°K= T°C+273.2)

En fonction de la valeur de cet indice, on distingue les ambiances bioclimatiques suivantes :

- Humide pour $Q2 > 100$
- Sub-humide ou tempérée pour $25 > Q2 > 50$.
- Aride pour $10 > Q2 > 25$.
- Désertique ou saharien pour $Q2 < 10$.

Chaque étage comprend une stratification verticale exemple : l'étage bioclimatique aride est subdivisé en aride supérieur, moyen et inférieur en fonction des précipitations.

Nous avons calculé le Q2 de la station de Zenata pour l'ancienne et la nouvelle période, ensuite nous avons placé la station sur le climagramme pluviothermique d'Emberger.

L'observation du climagramme pluviothermique montre un déplacement significatif de la station vers la droite faisant apparaître une légère élévation des valeurs des températures moyennes minimales (m).

Tableau 10: Valeurs du Q2 d'Emberger et les étages bioclimatiques

Station	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q2	Etage bioclimatique	
Zenata	AP	474	32,04	3	56,14	Semi- aride supérieur à hiver tempéré
	NP	295,85	33,64	3,85	34,01	Semi- aride inférieur à hiver tempéré

La station de Zenata se trouvait dans l'étage semi-aride supérieur à hiver frais pour l'ancienne période (1913-1938), par contre durant la nouvelle période (2000-2016) elle est dans l'étage semi-aride inférieur à hiver tempéré malgré la chute de la valeur de Q2 (Fig. 8).

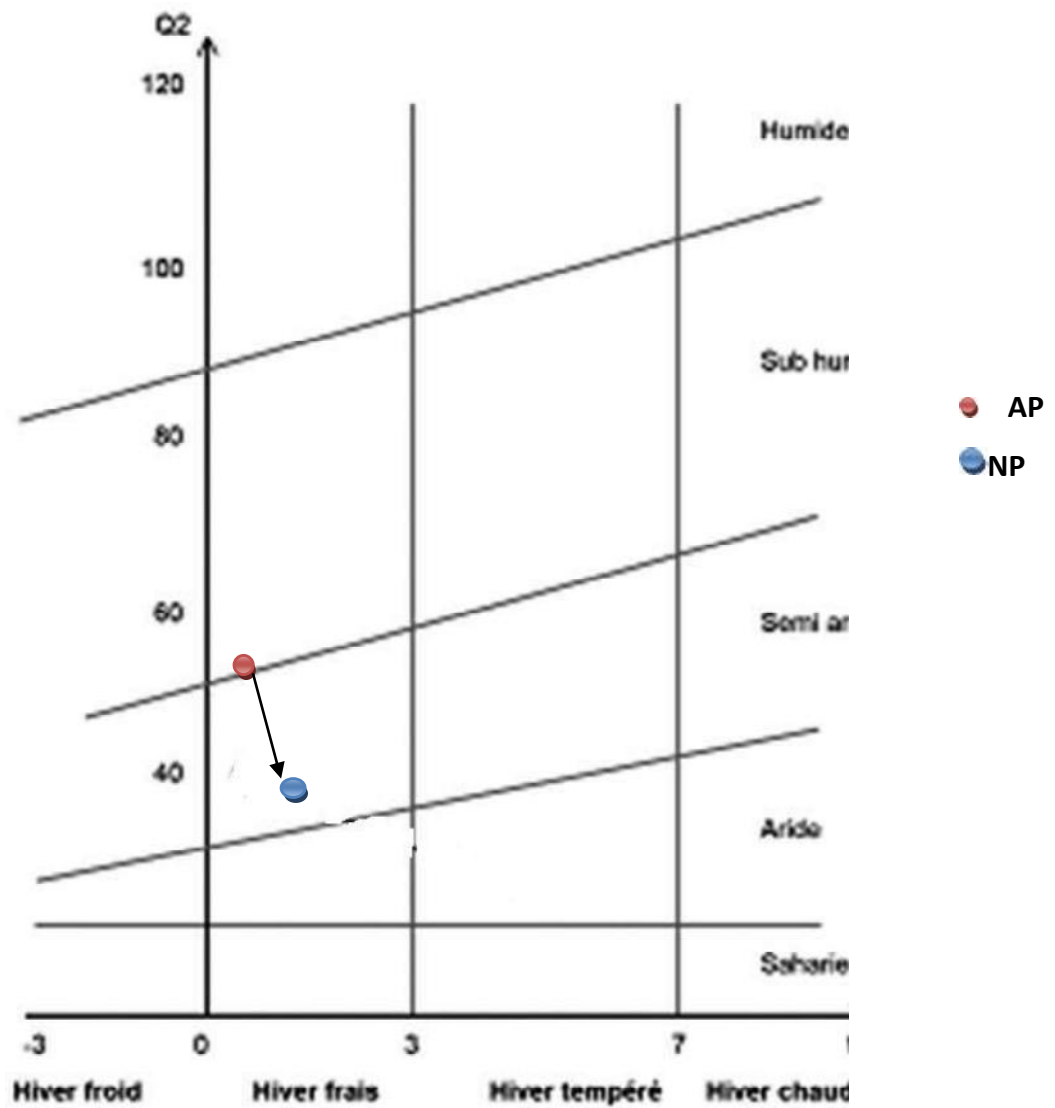


Figure 7 : Climagramme pluviothermique d'Emberger de la station de Zenata

Partie II : Étude entomologique.

1. Localisation de la station d'étude

Notre station d'étude située dans la commune de Hadjret el Gat (12 Km de Remchi) est une zone agricole consacrée à plusieurs types des cultures maraichères dont la tomate, pomme de terre, poivrons, aubergines...etc.

Nous avons effectué nos prélèvements et observations sur terrain du mois de septembre 2011 au mois de juillet 2013. La serre dans laquelle nous avons travaillé, dédiée à la culture de la tomate *Lycopersicon esculentum*, mesure environ 50m de long et 9m de large (photo 2). La tomate de la variété Tafna y est cultivée depuis le début de septembre 2011, l'épandage des engrais azotés a été fait le 30 septembre 2011 et le traitement contre le mildiou par un fongicide [Euparen m (50WG)] est appliqué pour éviter l'installation de la maladie ; ainsi que d'autres types de traitement (Pro-Act 50Ec et Hexar 50Ec) qui ont été appliqués contre la tache blanche, maladie cryptogamique transmise par les thrips.

Le palissage des plants et l'entretien se sont poursuivis durant toute la période de la culture ; les piégeages du ravageur *Tuta absoluta* avec des pièges à eau ou piégeage par les phéromones sexuelles ont été effectués à partir du 28 mars 2011.

La lutte chimique est pratiquée une fois toutes les deux semaines par le Spinosad qui agit sur le système nerveux des insectes, ce qui induit des contractions musculaires involontaires et des tremblements suivis par une paralysie (Salgado, 1998).



Photo 6 : Site d'étude (serre de culture de tomates)

2. Acquisition des données

Devant l'absence d'informations sur la biologie de ce déprédateur en Algérie et plus particulièrement dans la région de Tlemcen, et face au danger réel que constitue la propagation de cet insecte nuisible vers d'autres cultures importantes de la famille des Solanacées, il est impératif de procéder à une étude de sa bioécologie, de nature à permettre une meilleure connaissance de l'insecte. Les données telles que le cycle de développement, la longévité des adultes et la fécondité en fonction de certains facteurs abiotiques tels que la température et la répartition spatiale doivent être impérativement connus pour pouvoir mener une lutte efficace.

3. Méthodes de prélèvement

Durant tous les mois d'étude, cent feuilles sont prélevées chaque semaine dans la serre. Notre échantillonnage est de type aléatoire.

Après l'échantillonnage, les folioles sont gardées dans des sacs en plastique étiquetés, puis mises au frais pour éviter leur dessèchement.

L'observation des feuilles échantillonnées sous une loupe binoculaire permet de dénombrer et de déterminer les différents stades de l'insecte (différents stades larvaires et chrysalides).

L'échantillonnage a débuté dès l'apparition des premières mines.

4. Cycle de développement de *Tuta absoluta* à différentes températures

Le cycle de développement de la mineuse a été étudié dans le cadre des températures constantes suivantes: 10°C, 18°C, 25°C, 30°C et 35°C. L'humidité relative de tous les essais est de 65% en moyenne.

Les œufs pondus sont placés chacun sur une feuille de tomate. La feuille est ensuite placée dans une boîte en plastique, doublée avec un tissu humide, et recouverte d'un couvercle en tulle pour permettre la circulation de l'air et son maintien dans un environnement contrôlé. Une éponge humidifiée quotidiennement assure une bonne hygrométrie.

Une fois les œufs éclos et les larves entrées dans les feuilles, chacune d'elle est placée dans une boîte de Pétri (15 cm de diamètre) avec des feuilles fraîches ajoutées selon les besoins. Ce dispositif nous permet de compter les papillons adultes émergents. Ces papillons ne disposent pas d'un approvisionnement alimentaire.

Les données suivantes sont enregistrées pour chaque température: durées d'incubation des œufs, pourcentages des œufs éclos, durées de développement des différents stades

larvaires, des chrysalides et pourcentages d'émergence des adultes, la longévité des adultes sans nourriture ainsi que leur sex-ratio.

5. Longévité des adultes en présence d'une source alimentaire

La longévité des papillons adultes aux différentes températures indiquées ci-dessus est déterminée en prenant un adulte nouvellement émergé et en le plaçant dans un récipient en plastique de 0,5 litre, contenant une solution de miel/eau comme source de nourriture facilement accessible. L'expérience est répétée trois fois pour chaque température testée. La mortalité des papillons est évaluée quotidiennement.

6. Analyse des données

Les résultats obtenus ont été testés par les analyses de variance et les corrélations linéaires.

➤ Analyse de variance

Les données obtenues sont analysées par une analyse de variance à un facteur (ANOVA), pour tester l'effet de la température sur les différents stades de développement de cet insecte.

➤ Coefficient de corrélation linéaire

Nous avons calculé le coefficient de corrélation linéaire entre les larves et les pupes, les pupes et les adultes et les larves et les adultes pour savoir s'il y a une relation entre les trois stades biologiques.

Le principe repose sur une relation d'indépendance entre deux variables X et Y. Si $F_{obs} > F_{th}$, la corrélation entre les deux variables est jugée significative, donc il existe une dépendance statistique entre elles.

➤ Droite de régression

On peut établir une droite de régression s'il y a une corrélation entre X et Y.

Nous avons traité nos données avec le logiciel Microsoft Excel 2007 et Minitab 2015.

Partie III : Étude microbiologique

1. Isolement des moisissures pathogènes

Les différentes souches cryptogamiques sont isolées à partir des feuilles et fruits des tomates du verger étudié, nous avons utilisé la méthode directe (Ulster) qui met en évidence les moisissures de surface.

La méthode d'Ulster (**Larpent, 1990**) consiste à prendre au hasard des feuilles et fruits de tomates saines et infectées, à y découper 06 à 08 morceaux (1cm /1cm) et de les faire ensemencer sur les milieux PDAA = (Potatoes Dextrose Agar acidifiée).

L'incubation se fait à $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 5 à 7 jours. Pour éviter la contamination bactérienne, le milieu PDA est acidifié jusqu'à pH de 4,5 à 5 en ajoutant 1 ml d'acide lactique à 25 % par flacon.

Après l'incubation, il y a un développement des champignons de différentes couleurs. Afin d'isoler les souches de chacun de ces champignons, nous avons repiqué les conidies sur une autre boîte de Pétri. L'incubation se fait à 25°C pendant 5 à 7 jours.

2. Identification des espèces fongiques

L'identification des espèces est basée sur deux critères :

- les caractères macroscopiques : basés sur la vitesse de croissance et la couleur des thalles
- les caractères microscopiques : réalisés par deux méthodes : la méthode de microcultures ou la méthode du scotch (**Harris, 1989**),

Outre ces deux critères pour l'identification des moisissures, Mr Belyagoubi et Mme Kholkhal, enseignants au niveau de l'Université de Tlemcen, ont contribué dans cette opération, nous les en remercions.

Après l'identification des souches fongiques, une conservation est nécessaire, elle s'est faite dans des tubes contenant du PDA de conservation qui ont été placés dans le réfrigérateur à 6°C . Les repiquages ont été réalisés tous les 15 jours.

Partie IV : Etude biochimique

La partie expérimentale a été réalisée dans deux laboratoires de recherche :

- Laboratoire d'Ecologie et Gestion des Ecosystèmes Naturels (LECGEN) ;
- Laboratoire des Produits Naturels (LAPRONA).

Dans cette partie expérimentale, deux axes ont été envisagés :

Le premier axe concerne l'extraction des composés phénoliques par le méthanol, suivi par la quantification des teneurs de ces composés. Les dosages obtenus exprimés en mg/g ont été déterminés en utilisant les réactifs suivants: Folin-Ciocalteu pour les polyphénols, trichlorure d'alumine pour les flavonoïdes et la vanilline pour les tanins condensés.

Dans le deuxième axe, nous nous sommes intéressés au pouvoir antioxydant des extraits étudiés. Deux méthodes ont été choisies :

- ✓ Méthode de piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazil) (**Sanchez-Moreno et al., 1998**), la plus simple à réaliser in vitro. Le DPPH est largement employé pour évaluer le balayage de divers produits naturels et considéré comme un composé modèle pour les radicaux libres produits dans la peroxydation lipidique.
- ✓ Méthode de réduction du fer (**Oyaizu, 1986**), une technique indicatrice de la présence des effets réductifs de l'anion hexacyanoférate (III) $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ en anion hexacyanoférate (II) $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$.

1. Récolte du matériel végétal

Les feuilles et fruits de tomates saines et atteintes ont été collectés dans la serre où les tomates sont cultivées, durant le mois de mars. Le matériel végétal a été séché à l'ombre, à l'abri de l'humidité et à température ambiante ; le séchage était de 7 jours en moyenne ; puis il a été conservé dans des sacs en papier.

2. Tests phytochimiques

L'examen phytochimique a été utilisé essentiellement afin de détecter les différentes classes de composés chimiques existant dans la plante. Ceci a constitué la première étape dans la recherche des molécules bioactives.

Les tests phytochimiques ont été effectués afin de mettre en évidence la présence ou l'absence de certains constituants chimiques principalement, tanins, flavonoïdes, anthocyanosides, saponosides, terpenoïdes et alcaloïdes (**Karumi et al., 2004**).

- **Les tanins**

A 2mL de chaque extrait (feuille et fruit), on a ajouté 2 à 3 gouttes de la solution de FeCl₃ à 1%. Un test positif est révélé par l'apparition d'une coloration bleue noirâtre (tanins galliques) ou vert foncé (tanins catéchiques) après quelques minutes d'incubation (**Karumi et al., 2004**).

- **Les flavonoïdes**

A 5mL d'extrait, on a ajouté 4 à 5 mL d'acide chlorhydrique concentré (HCl), puis quelquescopeaux de tournures de magnésium. La présence des flavonoïdes est détecté par l'apparition d'une couleur rose ou rouge (**N'Guessan et al., 2009**).

- **Les terpenoïdes : réaction de Libermann-Burchard**

A 5mL d'extrait, on a ajouté 5mL d'anhydre acétique et 20 gouttes d'acide sulfurique concentré (H₂SO₄). Les stéroïdes donnent avec cette réaction une coloration violacée virant au vert (**Edeoga et al., 2005**).

- **Les saponosides**

A 5mL d'extrait, on a ajouté 3 à 5mL d'eau distillée (H₂O), après une forte agitation les tubes qui présentaient une écume persistante pendant 20min sont les tubes qui contiennent les saponosides (**N'Guessan et al., 2009**).

- **Les alcaloïdes**

A 0.2mL d'extrait, on a ajouté 5mL d'acide chlorhydrique à 1%. Après une incubation au bain marie, on a divisé le mélange en deux volumes, on a ajouté au premier le réactif de Mayer et au deuxième le réactif de Wagner (Annexe 1), l'apparition d'un précipité blanc ou brun révèle la présence des alcaloïdes (**Mojab et al., 2003**).

- **Les anthraquinones**

A 10mL d'extrait, on a ajouté 5mL de NH₄OH à 10%, après agitation l'apparition d'une couleur violette indique un test positif (**Trease et Evans, 1996**).

- **Les coumarines**

Dans un tube, 2mg d'extrait ont été dissous dans 2 mL d'eau chaude. La solution obtenuea été divisée en deux volumes :

- ✓ Le premier représente le témoin ;
- ✓ Le deuxième est traité avec 0.5mLde NH₄OH à 10%.

Les tubes ont été examinés sous la lumière ultraviolette, l'apparition d'une fluorescence intense indique la présence des coumarines (**Rizk, 1982**).

- **Les composés réducteurs**

On a ajouté 5mL d'extrait à 1mL de solution de Fehling. Un test positif est indiqué par l'apparition d'un précipité de couleur rouge brique.

3. Extraction des composés phénoliques

3.1. Préparation des composés bruts (composés phénoliques)

Une quantité de 1 g du matériel végétal broyé a macéré dans 20 ml d'un mélange méthanol/eau à 80/20 (v/v) pendant 24 heures. Après filtration, les solutions méthanoliques des parties concernées (feuilles et fruits) ont été évaporées à sec, sous pression réduite, dans un évaporateur rotatif type Buchi R-200 à 60°C. Les résidus secs pesés ont été repris par 3 ml de méthanol (**Benhammou et al., 2008**).

3.2. Extraction des flavonoïdes par l'acétate d'éthyle et du n-butanol

Pour l'extraction des flavonoïdes, nous avons opté pour un fractionnement par utilisation de solvant approprié (selon sa polarité) pour séparer la classe souhaitée, les flavonoïdes les moins polaires (exemple : isoflavones, flavanones, methylated flavones, et flavonols) ont été extraits par : chloroforme, dichlorométhane, éther diéthylique ou acétate d'éthyle.

Les flavonoïdes glycosylés et les aglycones, plus polaires, ont été extraits avec l'alcool ou un mélange alcool-eau. Tandis que la solubilisation de certains flavanones dépend du pH, et l'acidification permet l'élimination des anthocyanes (**Andersen et Markham, 2006**).

La technique d'extraction est résumé dans la figure 14 (**Bekkara et al., 1998**), elle comprend deux grandes étapes : la première méthode d'extraction a été faite avec le méthanol/eau (70/30 ;V/V) pour solubiliser les composés phénoliques, et la deuxième étape a consisté en un affrontement liquide-liquide avec des solvants de polarité croissante, comme :dichlorométhane, acétate d'éthyle (pour l'extraction des mono-glycosides) et n-butanol (pour solubiliser les di et tri-glycosides).

Les deux extraits ont été évaporés, pesés et enfin dissous dans 3 ml de méthanol (Fig. 8).

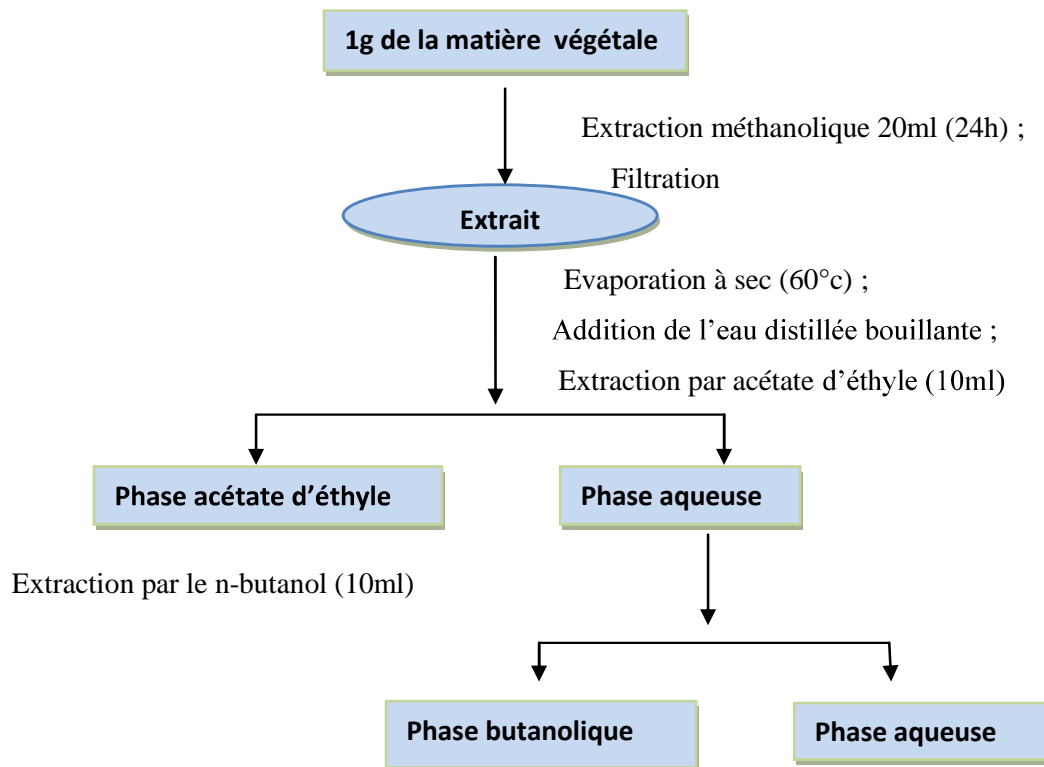


Figure 8: Protocole d'extraction des flavonoïdes (Bekkara *et al.*, 1998)

3.3. Extraction des tanins

Le protocole d'extraction des tanins est celui de **Zhang et al. (2008)**. Le broyat du matériel végétal (2.5g) a été macéré dans 50 ml du mélange acétone/ eau distillée (35/15 ; V/V) pendant 3 jours à la température ambiante. Après filtration de la solution, une évaporation de la solution à 40°C a été effectuée par un rotavapeur de type Buchi R-200 pour éliminer l'acétone. Puis la phase aqueuse a été lavée par 15 ml de dichlorométhane afin d'éliminer les lipides et les pigments.

Après la séparation de la phase organique, la phase aqueuse a été extraite avec 15 ml d'acétate d'éthyle, la phase organique ainsi obtenue a été évaporée à sec par le rotavapeur de type type Buchi R-200 à 40°C, puis pesée et reprise par 3 ml de méthanol (figure 9).

3.4. Calcul des rendements en extraits secs

Nous avons déterminé le rendement des plantes en extrait sec en calculant le rapport suivant :

$$Rdt (\%) = \frac{m1 - m2}{m3} \times 100$$

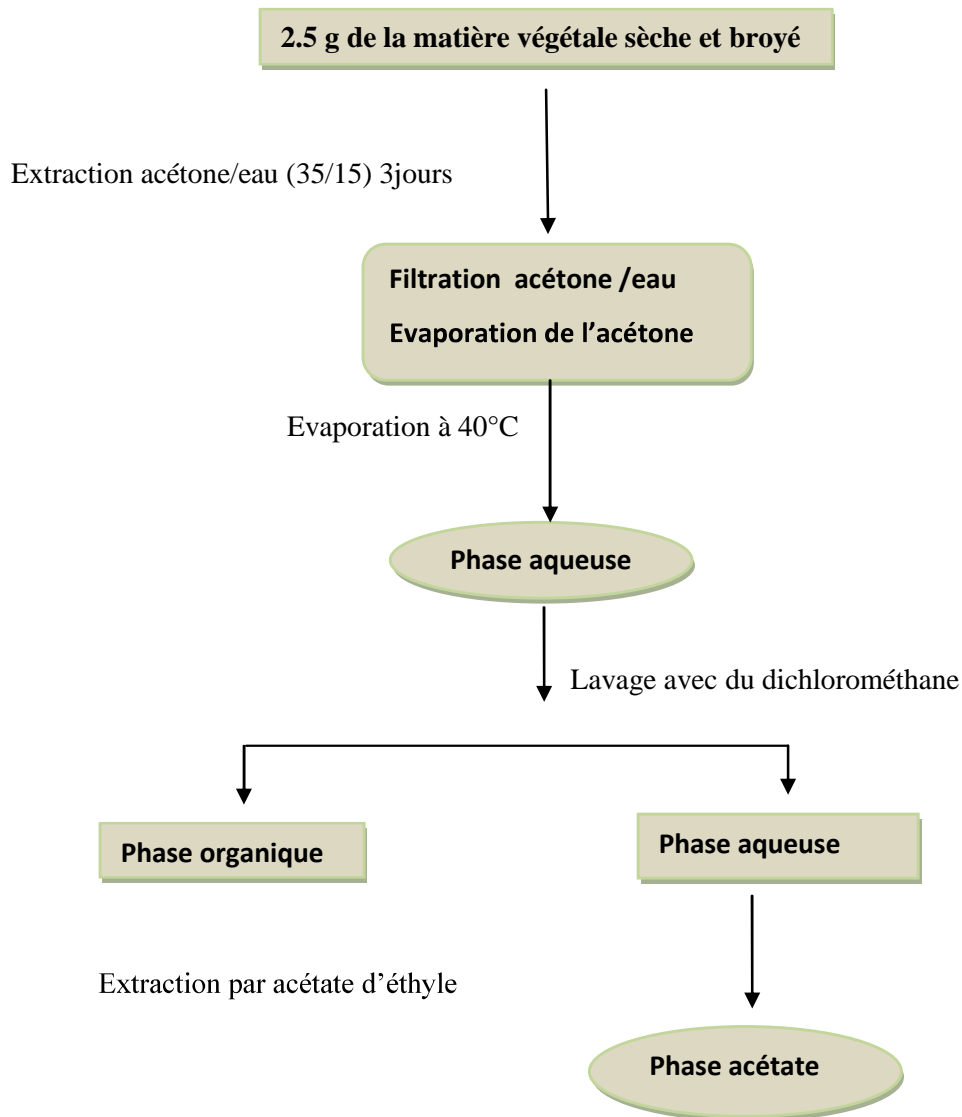


Figure 9: Protocole d'extraction des tanins (Zhang *et al.*, 2008)

4. Analyses colorimétriques par spectrophotométrie (UV-visible)

4.1. Détermination de la teneur en composés phénoliques

Les analyses quantitatives des phénols totaux, des flavonoïdes, des tanins condensés et flavonols des différents extraits et fractions ont été effectuées à partir des équations de la régression linéaire des courbes d'étalonnage et exprimées en mg équivalent en g de la matière sèche.

4.1.1. Détermination de la teneur en phénols totaux

La teneur en phénols totaux des extraits bruts et leurs fractions a été déterminée au moyen du réactif Folin-Ciocalteu qui est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$). Il a été réduit lors de l'oxydation des phénols en un mélange d'oxyde bleu de tungstène et de molybdène.

La coloration produite, dont l'absorption maximum est comprise entre 700 et 750nm, est proportionnelle à la quantité des polyphénols présente dans les extraits végétaux (**Boizot et Charpentier, 2006**).

Le dosage des polyphénols a été réalisé selon la technique décrite par **Singleton et Rossi (1965)**.

Une quantité de 200 μ l pour chaque extrait a été introduite dans des tubes à essai, puis 1ml du réactif de Folin-Ciocalteu dilué 10 fois et 0,8 ml de carbonate de sodium à 7,5% ont été additionnés. Les tubes sont agités et conservés durant 30min à température ambiante. L'absorbance a été mesurée à 765 nm contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre.

Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique comme contrôle positif.

Les résultats sont exprimés en milligramme (mg) équivalent d'acide gallique par gramme de la matière végétale sèche (mg EAG/g MS).

4.1.2. Détermination de la teneur en flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes des extraits bruts et leurs fractions a été déterminée selon la méthode de trichlorure d'aluminium décrite par **Zhishen et al. (1999)** dans **Ardestani et Yazdanparast (2007)**. Le trichlorure d'aluminium forme un complexe jaune avec les flavonoïdes et la soude forme un complexe de couleur rose qui absorbe dans le visible à 510nm.

Une quantité de 500 μ l des extraits, convenablement diluée, a été mélangée avec 1500 μ l d'eau distillée, suivie par 150 μ l de nitrite de sodium ($NaNO_2$) à 5%. Après 5 min, 150 ml de trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$) à 10% ont été ajoutés au mélange. Après 6 min d'incubation à température ambiante, 500 μ l d'hydroxyde de sodium ($NaOH$) (1M) ont été additionnés immédiatement, le mélange est fortement agité afin d'homogénéiser le contenu, l'absorbance est déterminée à 510nm contre un blanc.

Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions, en utilisant la catéchine comme contrôle positif.

La teneur en flavonoïdes est exprimée en milligramme (mg) équivalents de catéchine par gramme de la matière végétale sèche (mg EC/g MS).

4.1.3. Détermination de la teneur en flavonols totaux

La teneur en flavonols totaux a été déterminée par la méthode décrite par **Kumaran et al.(2007)**.

Des tubes à essai ont été utilisés : 0,25 ml d'extrait ont été mélangés avec 0,25 ml d' AlCl_3 (2 mg/ ml) et 1,5 d'acétate de sodium (50mg/ml), l'absorbance est mesurée à 440nm après 150 min d'incubation à température ambiante.

La teneur en flavonols est exprimée en mg de quercétine par gramme du poids de la matière végétale sèche (mg EQ/ g MS).

4.1.4. Détermination de la teneur en tanins condensés

Les quantités de tanins condensés ont été estimées en utilisant la méthode de vanilline en milieu acide (**Julkunen-Titto, 1985**).

Un volume de 50 μl des différents extraits a été ajouté à 1500 μl de la solution vanilline/méthanol (4%, m/v) puis mélangé à l'aide d'un vortex. Ensuite, 750 μl d'acide chlorhydrique concentré (HCl) ont été additionnés. Le mélange obtenu est laissé à réagir à la température ambiante pendant 20min. l'absorbance est mesurée à 550 nm contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre.

Une courbe d'étalonnage a été réalisée, les résultats sont exprimés en milligramme (mg) équivalents de la catéchine en par gramme de la matière sèche (mg EC/g MS).

4.2. Détermination de la teneur en pigments liposolubles

Les colorants naturels, dont la plupart sont d'origine végétale, forment une gamme très étendue de nuances (du jaune au bleu, en passant par le vert et le noir). La chlorophylle, le lycopène et le bêta-carotène sont parmi les colorants les plus rencontrés (**Benmansour et Latrach, 2009**) et sont largement distribués dans le règne végétal. On estime que plus de 100 millions de tonnes de ces pigments sont produits chaque année dans la nature, dans laquelle les pigments servent comme auxiliaire dans la photosynthèse (**Fraser et al., 2007**).

Dans notre étude, les chlorophylles (a et b) ont été calculées par spectrophotométrie après extraction de 1g de feuilles de tomate saines et infectées avec 20mL du mélange acétone/eau (80/20, V/V). Le mélange a été filtré et centrifugé à 5000rpm/10min, après récupération du surnageant ; cette opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un mélange

surnageant clair. Le surnageant a été transféré dans une fiole graduée et le mélange acétone/eau (80/20, V/V) a été ajouté à un volume final à 100mL.

L'absorbance du filtrat a été mesurée par la suite à différentes longueurs d'onde ($\lambda = 645\text{nm}$; 663nm et 480nm pour les caroténoïdes) (**Fuster et Prestamo, 1979**).

5. Activité antioxydante

Les antioxydants représentent l'ensemble des molécules susceptibles d'inhiber directement la production, de limiter la propagation ou de détruire les espèces réactives de l'oxygène (ROS) (**Sies, 1997**). Ces antioxydants peuvent agir en réduisant ces espèces, en les piégeant pour former un composé stable.

Les espèces réactives de l'oxygène (ROS) sont générées naturellement au cours du processus de développement normal des plantes, par la chaîne de transport d'électrons dans les mitochondries et les chloroplastes et par les oxydases membranaires. Cependant, une augmentation rapide et localisée de leur production est également détectée suite à l'attaque d'agents pathogènes.

Dans cette optique, on a étudié l'activité antioxydante de nos extraits pour voir s'il existe une relation entre les composés phénoliques de défense et les molécules antioxydantes. L'évaluation de l'activité antioxydante in vitro de nos extraits de métabolites secondaires a été réalisée par trois techniques chimiques que sont : la réduction du fer, le piégeage du radical libre (DPPH) et le test du blanchissement de β -carotène.

5.1. Réduction du fer (FRAP).

L'activité réductrice du fer de nos extraits est déterminée selon la méthode décrite par **Oyaizu (1986)**, basée sur la réaction chimique de réduction du fer ferrique (Fe_3) présente dans le complexe $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ en fer ferreux (Fe_{2+}). L'absorbance est déterminée à l'aide d'un spectrophotomètre à 700nm , en mesurant la densité de la couleur bleue du complexe ferreux. Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés (**Hubert, 2006 ; Ozturk et al., 2007**).

A 1ml de l'échantillon (extraits bruts, fraction acétate d'éthyle et n-butanol) à différentes concentrations (0.125, 0.25, 0.5, 1, 2,4mg/ml), on a ajouté 2.5mL d'une solution tampon phosphate (0,2M ; pH6) et 2,5ml d'une solution de ferricyanure de potassium $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ à 1%. Le mélange a incubé à 50°C pendant 20min, puis refroidi à température ambiante. Puis on a ajouté 2,5ml d'acide trichloracétique à 10% pour stopper la réaction, puis les tubes ont été centrifugés à 3000rpm pendant 10min.

Ensuite 2.5 ml du surnageant ont été mélangés avec 2.5 ml d'eau distillée et 500 μ L d'une solution de trichlorure du fer ($\text{FeCl}_3, 6\text{H}_2\text{O}$) à 0,1% (**Karagözler et al.,2008**). La lecture des absorbances se fait contre un blanc à 700nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

La valeur d'EC50est aussi appelé (*Efficient concentration 50*) (mg / ml), qui est la concentration des antioxydants nécessaire pour réduire 50% de la concentration initiale des ions ferriques, elle est utilisé pour comparer et exprimer la puissance des capacités réductrices des substances bioactifs.

5.2. Piégeage du radical libre DPPH \cdot

Le 2,2- diphényle-1-picrylhdrazyl (DPPH \cdot) est un radical stable qui absorbe dans le visible à la longueur d'onde de 515 à 520nm (**Bandoniene et al., 2002 ; Pavlov et al., 2002 ; Gazi et al., 2004**).

Cette technique est basée sur la mesure de la capacité des antioxydants à piéger le radical 2,2-diphényle-1-picrylhdrazyl (DPPH \cdot). Ce dernier est réduit à la forme d'hydrazine (non radical) en acceptant un atome d'hydrogène. L'effet de chaque extrait sur le DPPH est mesuré suivant la procédure de **Sanchez-Moreno et al., (1998)**.

Le mode opératoire réalisé est le suivant :

50 μ l de chaque solution méthanolique des différentes échantillons (extraits bruts, fraction acétate d'éthyle, fraction n-butanol) à différentes concentrations (0.125, 0.25, 0.5, 1, 2 mg/ml) ont été ajoutés à 1.950mlde la solution méthanolique du DPPH \cdot (**0.025g/l**) fraîchement préparée.

Pour chaque concentration, un blanc a été préparé contenant 50 μ lde chaque extrait et 1.950ml de méthanol.

Le contrôle négatif a été préparé en mélangeant 50 μ l de méthanol avec 1.950ml d'une solution méthanolique de DPPH à la même concentration utilisée. Après une incubation pendant 30min à l'obscurité, la lecture des absorbances se fait à 515nm à l'aide d'un spectrophotomètre (**Atoui et al.,2005**).

❖ Calcul des pourcentages d'inhibition

Nous avons calculé les pourcentages d'inhibition selon la formule suivante :

$$\% \text{ inhibition} = \frac{(\text{DO témoin} - \text{DO échantillon})}{\text{DO témoin}} * 100$$

Où : DO _{témoin} : représente l'absorbance du contrôle sans extrait après 30min.

DO échantillon : représente l'absorbance en présence d'extrait après 30min.

Les concentrations minimales pour réduire 50% du radical DPPH^{*} (EC50) ont été calculées graphiquement par les régressions exceptionnelles (des pourcentages d'inhibition en fonction de différentes concentrations des extraits testés).

6. Analyse par Chromatographie Liquide Haute Performance

La chromatographie permet la séparation ou la purification d'un ou de plusieurs composés d'un mélange en vue de leur identification et de leur quantification. La chromatographie en phase liquide a permis de réaliser des analyses qui n'étaient auparavant pas possible, avec les techniques sur couche mince et en phase gazeuse.

L'analyse a été réalisée au niveau du laboratoire de Microorganisme et Biomolécules Bioactives (LMBA) du campus universitaire El Manar (Tunisie) sous la responsabilité de Mr Atef JOUANI.

Des analyses HPLC de polyphénols ont été réalisées, à l'aide d'un appareil HPLC de type AGILENT, constitué des éléments suivants : une pompe PROSTART 11000, une colonne Hypersil ODS C 18 (4.6 m X 250mm) de porosité 5 μ m.

La phase mobile est constituée de deux solvants : l'eau distillée et l'acétonitrile. L'échantillon est dissout dans le méthanol puis filtré à travers un filtre millipore 0.45 μ m. le volume d'injection était de 20 μ l. les pics ont examinés été à 280nm et identifiés par les temps de rétention comparés à ceux des témoins purs. Une gamme de 11 standards a été utilisée, composée d'acide phénolique et de flavonoïde.

7. Analyse statistique

Les données expérimentales du dosage et de l'activité antioxydante obtenues ont été traitées par une moyenne et plus ou moins l'écart type des trois mesures parallèles avec le programme Excel 2007 et Microcral origine 6.

Les valeurs EC50 et IC50 ont été calculées à partir des équations linéaires, logarithmiques ou projection directe sur une courbe. Plus la valeur CE50 et IC50 est petite plus l'activité antioxydante de l'extrait testé est grande. Les coefficients de corrélations entre les composés phénoliques et les activités antioxydantes ont été démontrés en utilisant Sigma plot12.

Partie V : Activités biologiques

1. Activités insecticides

L'activité insecticide des extraits bruts et leurs fractions des feuilles de tomate *Lycopersicon esculentum* saines et infectées contre la mineuse *Tuta absoluta* été étudiée dans des conditions favorables à une température de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ et une humidité relative de $70\pm 5\%$. Dans cette étude, la méthode utilisée est celle de « Leaf-dip Bioassay » décrite par **Cahill et al. (1996)** modifiée.

Le protocole est le suivant : dans des boites de pétri, nous avons placé des papiers filtres imbibés de l'extrait brut (fraction acétate d'éthyle et fraction n-butanol) des feuilles saines et infectées à différents doses (5 μl , 10 μl , 20 μl et 50 μl) puis nous y avons déposé 10 larves de *Tuta absoluta* en utilisant une pince.

Les essais sont répétés trois fois pour chaque dose et pour chaque stade larvaire ; en parallèle des témoins ont été réalisés avec de l'eau distillée.

L'évaluation de la toxicité des extraits est estimée par la comparaison des populations résiduelles (PR) selon le test de Dunnett. Le pourcentage des populations larvaires résiduelles est exprimé par l'équation suivante :

$$\text{PR}\% = \frac{\text{nombre de larves vivantes dans les lots traités}}{\text{nombre de larves vivantes dans les lots témoins}}$$

Si - $\text{PR} < 30\%$: la molécule bioactive est toxique ;

- $30\% < \text{PR} < 60\%$: la molécule est moyennement toxique ;
- $\text{PR} > 60\%$: l'effet de la molécule est faible.

2. Etude de l'activité antimicrobienne et antifongique

Dans cette phase nous avons étudié les activités antimicrobiennes et antifongique des extraits et leurs factions (les extraits bruts des feuilles de tomates saines et infectées et la fraction acétate d'éthyle et n-butanol des deux feuilles saines et infectées).

Pour la partie antimicrobienne, nous avons utilisé des souches phytopathogènes de références provenant du Laboratoire des Produits Naturels (Tableau 11).

Tableau 11: Différentes souches microbiennes testées

	Espèces
Bactéries gram -	<i>Pseudomonas</i>
Bactéries gram +	<i>Bacillus cereus</i> <i>Actinibacteria</i>

Concernant l'activité antifongique, nous avons testé nos extraits sur les espèces fongiques identifiées dans notre laboratoire.

2.1. Mise en culture des souches

Afin d'étudier l'activité antimicrobienne des bactéries phytopathogènes, une mise en culture des souches est obligatoire. Le protocole utilisé est le suivant : une pré-culture des souches microbiennes est préparée afin d'obtenir une phase exceptionnelle de croissance. La turbidité est ajustée avec un spectrophotomètre, à $1-2 \times 10^8$ UFC/mL pour les bactéries (DO=0.08 à 0.1, longueur d'onde =625nm) et $1-5 \times 10^6$ UFC/mL avec une DO= 0.12 à 0.15 pour les levures à une longueur d'onde de 530nm (NCCLS, 2001).

Concernant les moisissures, les suspensions préparées à partir d'une culture de 7 jours sur un milieu de PDA (Potato Dextrose Agar) ayant atteint le stade de sporulation, sont ajustées à 10^6 spores/mL (longueur d'onde 530nm) (Pfaller *et al.*, 1998).

2.2. Méthodes d'étude du pouvoir antimicrobien

Dans cette étude, nous avons utilisé les techniques classiques mises au point in vitro, permettant de caractériser le pouvoir antimicrobien et de le quantifier soit par la concentration minimale inhibitrice soit par la concentration minimale microbicide (bactéricide) (Fernandez et Chemat, 2012).

Dans un premier temps, nous avons testé les extraits sur les souches bactériennes par la méthode de diffusion sur disque et dans l'affirmative, la concentration minimale inhibitrice (CMI) en milieu solide a été déterminée.

2.2.1. Détermination de l'activité antimicrobienne par la méthode de diffusion sur disque

Cette méthode est la plus utilisée et reconnue comme fiable et reproductible, elle est utilisée surtout comme étape préliminaire à des études plus approfondies.

Pour effectuer ce test, une culture bactérienne a été réalisée à la surface d'un milieu gélose (Mueller-Hinton). Ensuite des disques de papier filtre de 6 mm de diamètre imprégnés de différents types d'extraits solubilisés dans le DMSO ont été déposés à la surface d'un milieu gélose en boîte Pétri (6 disques par boîte), préalablement ensemencés en nappe avec 1 ml de suspension bactérienne (10^6 UFC/mL pour les bactéries et 10^4 spore/mL pour les moisissures), pendant 10 à 15 minutes.

Les boîtes de Pétri ont été conservées à 4°C pendant 2 heures puis incubées à 37°C pendant 24h pour les bactéries, et 25°C pendant 3 à 4 jours pour les moisissures.

Les diamètres des zones d'inhibitions (mm) ont été mesurés, y compris le diamètre des disques.

En parallèle, nous avons utilisé un disque témoin négatif, imbibé par le DMSO (20 µl) ; les antibiotiques utilisés sont Ampicilline (AM. 10µg/disque) et Nystatine (comme contrôle positif).

2.2.2. Méthode de détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)

La CMI est la plus petite concentration d'antibiotique ou d'extrait capable d'inhiber la croissance bactérienne. Fréquemment, la CMI n'est pas bactéricide, les cellules d'inoculum sont capables de se développer après repiquage sur milieu exempt du composé inhibiteur. La CMI est la plus faible concentration requise pour l'inhibition complète de l'organisme test en 24 ou 48 heures d'incubation (**Fernandez et Chemat, 2012**).

Pour déterminer les CMI des extraits vis-à-vis des souches sensibles, nous avons utilisé la méthode de contact direct en milieu gélosé.

Les extraits étudiés ont été dissous dans le diméthylsulfoxyde (DMSO) 200µl de la solution préparée ont été transférés dans une microplaque à 96 puits et une gamme de concentration de chaque extrait a été effectuée par des dilutions au demi, dans les milieux de culture.

Préparation des souches microbiennes dont la concentration finale a été ajustée à 10^6 UFC/ml, ensuite 100 µl de chaque suspension microbienne ont été homogénéisés dans chaque puits de la gamme de concentration préparée. Chaque puits contenait 100µl de milieu Mueller Hinton bouillon et 100µl d'une suspension microbienne.

RESULTATS ET DISCUSSION

RESULTATS

1. Etude entomologique

Dans cette partie, nous présentons les résultats obtenus à partir des élevages de la mineuse *Tuta absoluta*, les spécimens de la mineuse sont obtenus lors d'une épidémie dans une serre située dans la région de Remchi, mesurant 50m de long et 9m de large.

1.1. Biologie des populations de *Tuta absoluta* à partir des élevages

Les élevages effectués au laboratoire pendant notre période d'étude nous ont permis de connaître les dates d'éclosion des œufs, des émergences des adultes et la description du cycle de développement spécifiques à la région de Tlemcen.

Le cycle de développement de l'insecte holométabole *Tuta absoluta* comprend quatre stades larvaires, un stade chrysalide et un stade imaginaire, les durées de développement des stades larvaires, des chrysalides et des adultes diffèrent selon les températures. La figure 10 suivante montre le déroulement du cycle de développement de la mineuse.

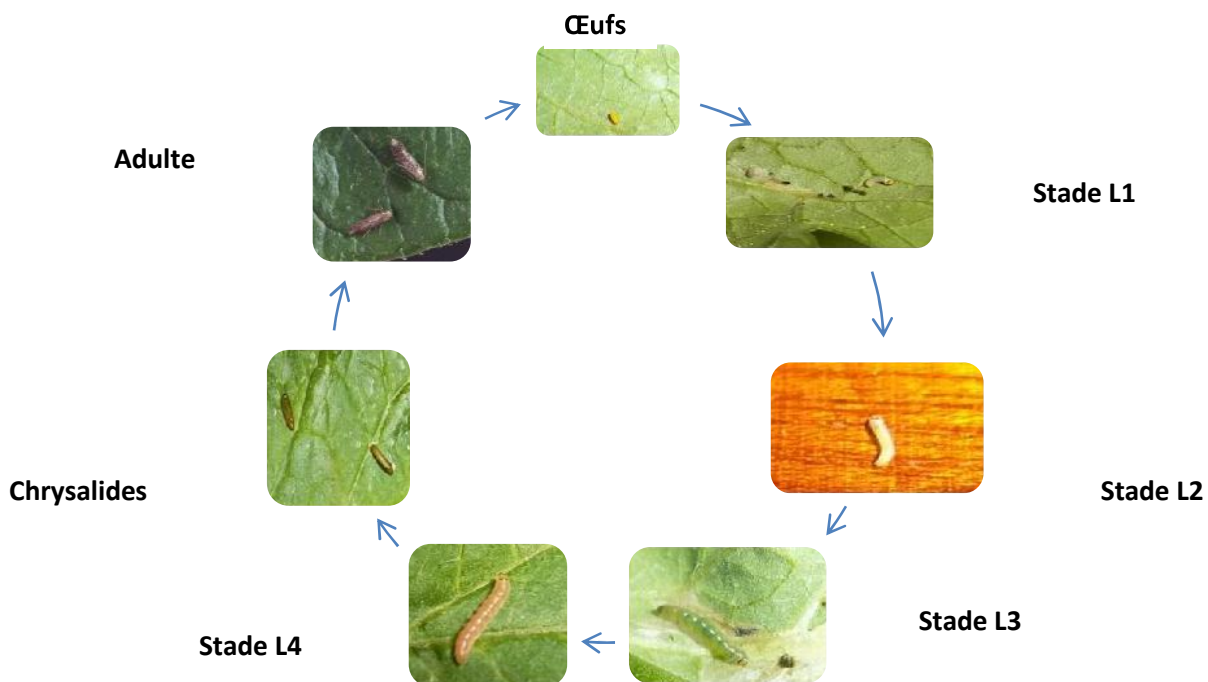


Figure 10 : Cycle de développement de *Tuta absoluta*

1.2. Développement de la population à diverses températures

1.2.1. Développement des œufs

A 10°C, seulement 15% des œufs ont éclos, beaucoup moins qu'à toutes les températures plus élevées ($p < 0.001$). A 18°C, seulement 28% des œufs ont éclos. Les œufs maintenus à 35°C ont eu le plus fort pourcentage avec 94% d'éclosion (Fig. 11).

Les températures entre 25°C et 30°C présentent des taux d'éclosion supérieurs à 80%.

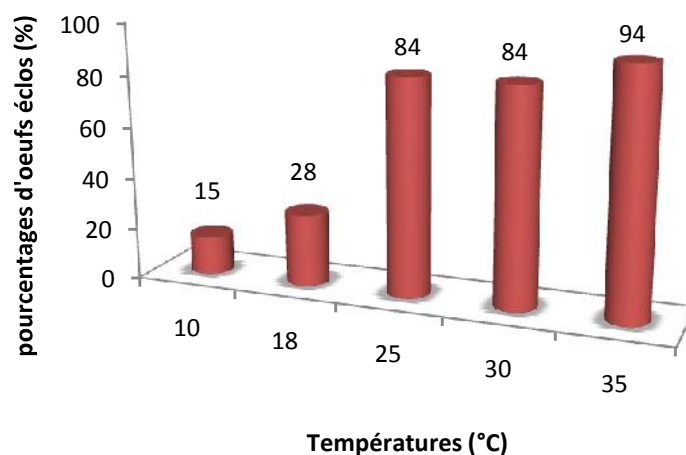


Figure 11: Pourcentages d'éclosion des œufs de *Tuta absoluta* à différentes températures

1.2.1.1. Relation entre les températures et l'éclosion des œufs

La relation entre les températures et l'éclosion des œufs a été analysée par la recherche d'une corrélation linéaire.

Le tableau suivant montre la relation entre les températures et le taux d'éclosion des œufs.

Tableau 12 : Coefficient de corrélation entre les températures et les taux d'éclosion des œufs

	Température	Nombre d'œufs trouvés	Nombre d'œufs éclos	
Température		0,012	0,016	p- Value
Nombre d'œufs trouvés	0,951		0,0009	R : coefficient de corrélation
Nombre d'œufs éclos	0,942	0,991		

L'étude de corrélation montre qu'il existe une relation significative entre les températures et le nombre d'œufs trouvés et le nombre d'œufs éclos.

Nous avons constaté que les valeurs du coefficient de corrélation sont proches de 1, donc nous pouvons dire qu'il existe une corrélation positive entre la température et le nombre d'œufs trouvés et éclos, donc on peut dire que les deux variables varient dans le même sens et avec une intensité similaire, ce qui nous permet de prédire l'évolution de l'un de ces facteurs en connaissant la valeur de l'autre.

1.2.1.2. Evolution temporelle des œufs

L'évolution temporelle des œufs pondus est représentée dans l'annexe et la figure 12.

Au début de l'étude (mois de janvier), nous avons constaté une absence totale des œufs. Les premiers œufs pondus ont été comptabilisés à partir du début du mois de février. A partir de cette date, le nombre d'œufs a augmenté jusqu'à atteindre un maximum de 132 œufs au mois de juin.

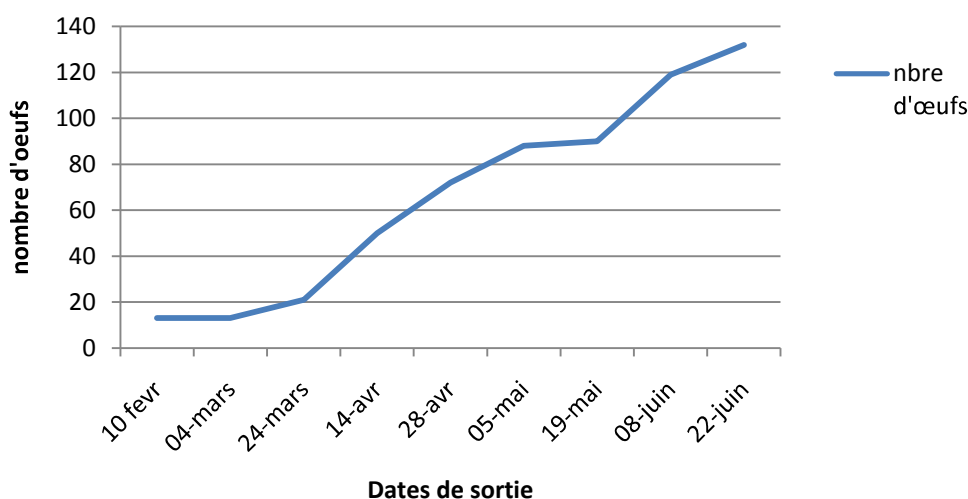


Figure 12 : Evolution temporelle du nombre d'œufs

1.2.2. Evolution temporelle des quatre stades larvaires et des chrysalides

Le nombre de larves des quatre stades ainsi que le nombre de chrysalides obtenus à partir des prélèvements en serre est représenté dans (ANNEXES) et la figure 13.

Au début de l'étude, le mois de janvier et les premières semaines du mois de février ont été caractérisés par une absence totale des larves L1, L2, L3 et L4 ainsi que des chrysalides.

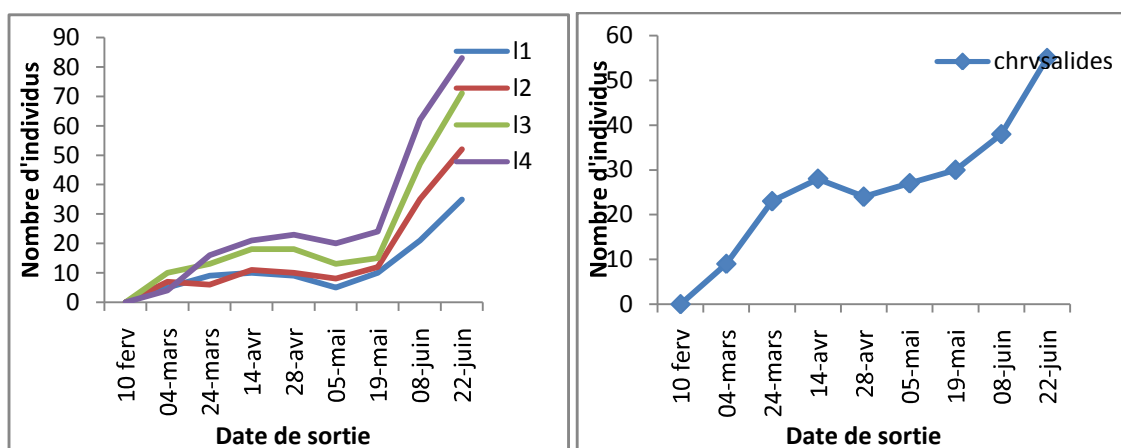
Les larves du stade L1 sont totalement absentes durant les premières semaines de l'échantillonnage. Leur nombre subit des fluctuations au cours des périodes d'échantillonnage, il atteint un pic de 35 larves le 22 juin.

La première semaine d'échantillonnage est marquée par une absence totale des larves L2, leur nombre va augmenter jusqu'à atteindre un effectif de 11 larves le 14 avril. A partir de cette date nous avons observé une légère baisse de leur nombre. Ensuite, nous avons noté une augmentation progressive de leur nombre jusqu'à la date du 22 juin où elles atteignent leur effectif maximum de 52 individus.

Il y'a absence totale de larves de stade L3 à la première semaine d'échantillonnage. Elles atteignent un effectif de 18 individus durant les sorties du mois d'avril, leur nombre diminue pendant le mois de mai puis augmente progressivement jusqu'à atteindre un maximum de 71 larves le 22 juin.

Comme pour les larves des stades L1, L2 et L3, les larves du stade L4 sont totalement absentes durant la première semaine d'échantillonnage. A partir du mois de mars, le nombre de larves L4 commence à augmenter, il atteint un nombre de 23 individus pendant le mois d'avril. Au début du mois de mai, il y a une petite chute de leur nombre suivie d'une augmentation progressive avec un maximum de 83 larves à la fin juin.

Il y'a absence totale de chrysalides en début d'échantillonnage. Le premier pic est enregistré pendant le mois d'avril avec un effectif de 28 chrysalides. Un deuxième pic a été enregistré durant le mois de juin avec un maximum de 55 individus.



A : évolution des larves

B : évolution des chrysalides

Figure 13 : Evolution temporelle du nombre des quatre stades larvaires et chrysalides

1.2.3. Développement des adultes

L'émergence des adultes la plus élevée est notée à 25°C ($p = 0.079$) avec 83% d'œufs qui survivent jusqu'aux papillons adultes. Après avoir culminé à 25°C, les taux d'émergence des adultes diminuent avec les températures croissantes (figure 14).

À 10°C, même si les œufs ont éclos, seulement 3% d'entre eux ont atteint le stade de chrysalides, mais celles-ci sont mortes, donc il n'y a pas eu d'émergence des adultes. Le taux de mortalité larvaire a été de plus de 20% à 35°C par exemple ; 94% des œufs ont éclos mais seulement 73% des adultes ont émergé.

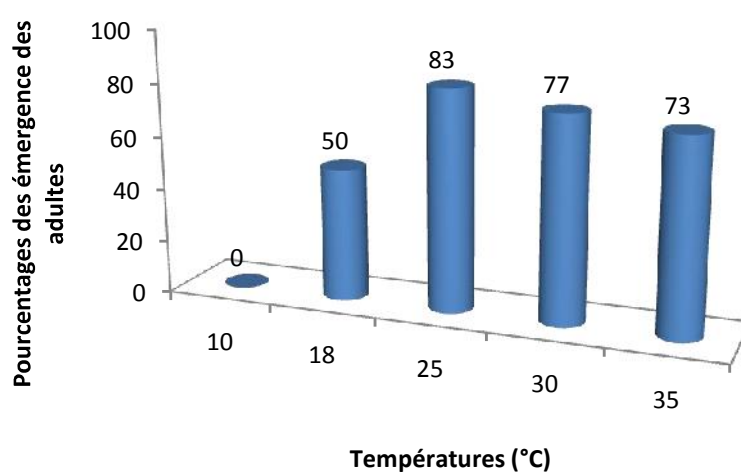


Figure 14: Pourcentages d'émergence des adultes de *Tuta absoluta* à différentes températures

1.2.3.1. Relation entre les températures et l'émergence des adultes

L'étude du coefficient de corrélation montre qu'il existe une relation entre le taux d'émergence des adultes et la température.

Tableau 13: coefficient de corrélation entre le taux d'émergence et la température

	Température	Nombre d'œufs trouvés	Emergence des adultes	
Température		0,132	0,111	p- Value
Nombre d'œufs trouvé	0,764		4,11	R : coefficient de corrélation
Emergence des adultes	0,790	0,998		

D'après le tableau 13, nous constatons que les valeurs du coefficient de corrélation sont proches de 1, ce qui signifie qu'il existe une corrélation positive entre la température et le taux d'émergence des adultes, donc une relation significative entre les deux paramètres, nous permettant de prédire l'évolution de l'un en connaissant celle de l'autre.

1.3.Sex-ratio

Plus de papillons mâles que de femelles ont été observés, même si les résultats ne sont pas significativement différents ($p = 0,67$) (tableau 14).

Tableau 14 : Nombre de mâles et de femelles adultes de *Tuta absoluta* émergents à différentes températures

Températures (°C)	Mâles	Femelles	Total	Sex-ratio
10	0	0	0	0
18	6	4	10	1.5
25	23	12	35	1.91
30	25	40	65	0.625
35	51	41	92	1.24

A partir des résultats précédents, nous avons constaté que le sex-ratio de *Tuta absoluta* a varié d'une température à une autre mais avec une prédominance des mâles sauf à 30°C. Il est de 1.32 en moyenne.

1.4.Longévité des adultes en présence d'une source alimentaire

La figure 15 montre les adultes vivant pendant 40 jours à 10°C en présence d'une solution de miel/eau comme source de nourriture, ce qui est significativement long. Les taux de survie plus courts ont été relevés à 18° C (20 jours), et à 30 et 35°C pendant lesquels le taux de survie était de 25 jours en moyenne.

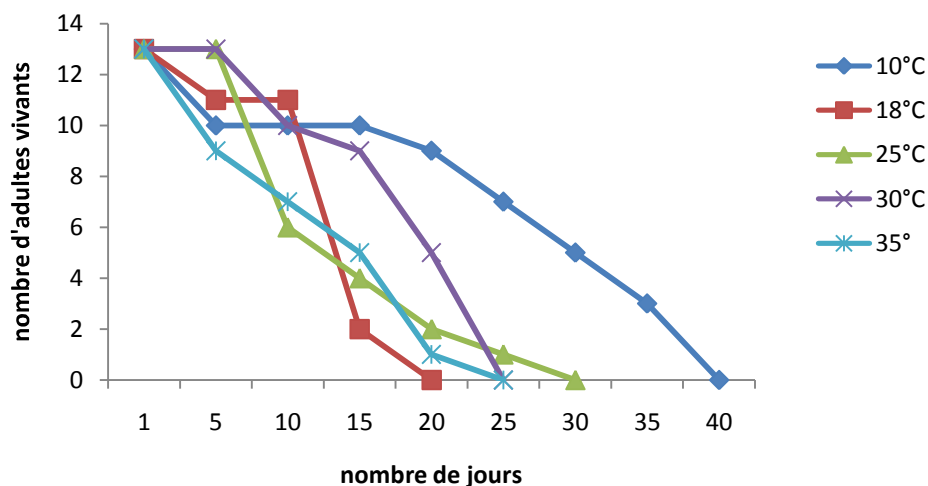


Figure 15 : Longévité des adultes de *Tuta absoluta* à différentes températures (°C)

1.5. Evolution temporelle du nombre d'adultes capturés par des pièges à phéromone

A la première semaine d'échantillonnage, 15 individus ont été capturés à la température de 10°C.

Le nombre d'adultes capturés a subi une augmentation progressive durant les mois d'échantillonnage. Le nombre maximum de 159 adultes a été enregistré le 22 juin, à une température de 35°C (figure 16).

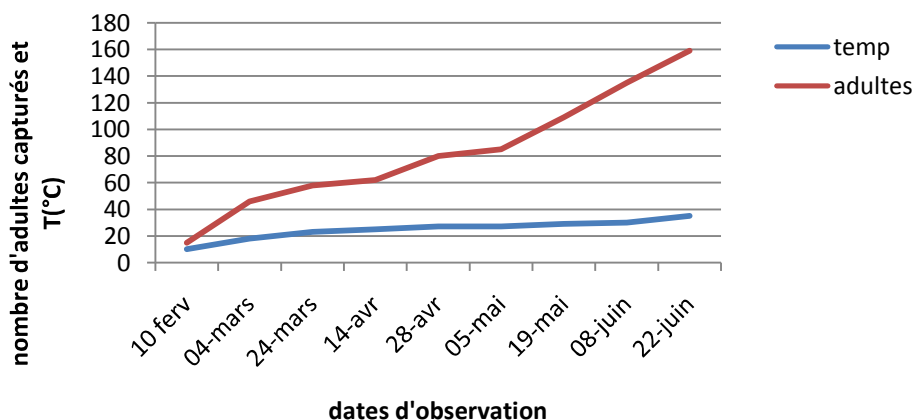


Figure 16: Evolution temporelle du nombre d'adultes capturés

2. Etude microbiologique

2.1. Analyse mycologique

Les champignons sont des organismes eucaryotes uni ou pluricellulaires, ce sont des organismes hétérotrophes, vivant principalement en saprophytes au dépend de la matière

organique en décomposition. Ils se développent à des températures comprises entre 0°C et 50°C avec une température optimale qui varie entre 20°C et 27°C.

L'identification des champignons a été fondée principalement sur les critères morphologiques, les aspects microscopiques et macroscopiques.

Dans notre étude, l'identification de la microflore pathogène des feuilles et fruits de tomate attaqués par la mineuse *Tuta absoluta* a permis d'obtenir des résultats intéressants.

2.1.1. Identification des moisissures

Les analyses effectuées sur les feuilles et les fruits de tomate ont révélé la présence de plusieurs genres de champignons. L'identification des différentes souches a été réalisée par les caractères macroscopiques et microscopiques avec l'aide précieuse de Mr Belyagoubi et Mme Kholkhal que nous remercions.

Le tableau 15 suivant montre les caractères spécifiques de chaque souche isolée.

Tableau 15 : caractères macroscopiques et microscopiques des champignons isolés

Genres	Aspects macroscopiques	Aspects microscopiques
<i>Fusarium</i> sp1 <i>Fusarium</i> sp2	Croissance rapide ; colonies cotonneuse blanche.	Microconidies unicellulairestrès nombreuses portées par des phialides courtes.
<i>Penicillium</i> sp.	Les colonies poussent rapidement avec une couleur verte ; croissance rapide ; texture cotonneuse.	conidiophores ramifiés et disposés en longue chaîne ; mycélium ramifié.
<i>Aspergillus</i> sp.	Les colonies ont une croissance moyennement rapide ; la texture est cotonneuse.	Les conidiophores sont jaunes ; mycélium cloisonné.
<i>Trichoderma</i> sp.	Thalle blanc, puis vert olive dans les régions sporogènes.	Conidiophores très ramifiés.
<i>Cladosporium</i> sp.	Colonies de couleur vert foncé à noire ; croissance relativement lente.	Conidiophores ramifiés et disposés en longue chaîne.

Les figures suivantes montrent les aspects macroscopiques et microscopiques des souches identifiées à partir de nos échantillons.



Figure 17: Aspects macroscopique et microscopique du genre *Fusarium* sp1 et *Fusarium* sp2.



Figure 18: Aspects macroscopique et microscopique du genre *Penicillium* sp.



Figure 19: Aspects macroscopique et microscopique du genre *Aspergillus* sp.

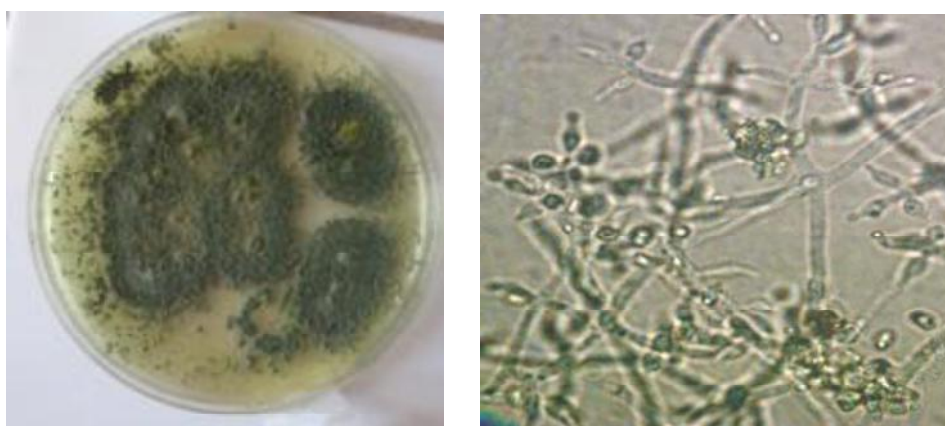


Figure 20: Aspects macroscopique et microscopique du genre *Trichoderma* sp.

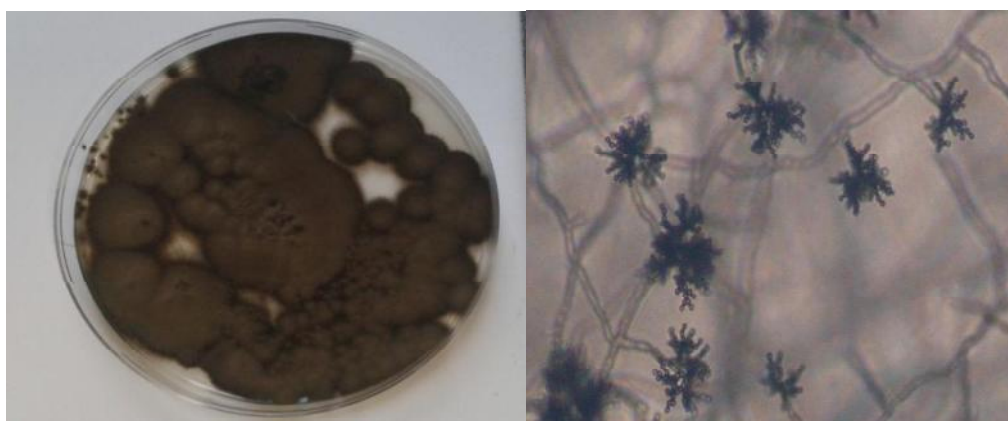


Figure 21: Aspects macroscopique et microscopique du genre *Cladosporium* sp.

2.1.2. Dénombrement des moisissures isolées.

➤ Sur les feuilles

Les analyses mycologiques des feuilles de tomate prélevées ont montré une différence entre celles qui étaient saines et celles qui ont été infectées par la mineuse dont les piqures avaient favorisé l'installation de certains genres de moisissures. Les résultats ont montré une dominance de certaines moisissures filamenteuses comme *Aspergillus* et *Penicillium* chez les feuilles de tomate infectées par la mineuse (figure 22), cela s'explique par le grand pouvoir de compétiteur de ces moisissures et leur rapidité de croissance.

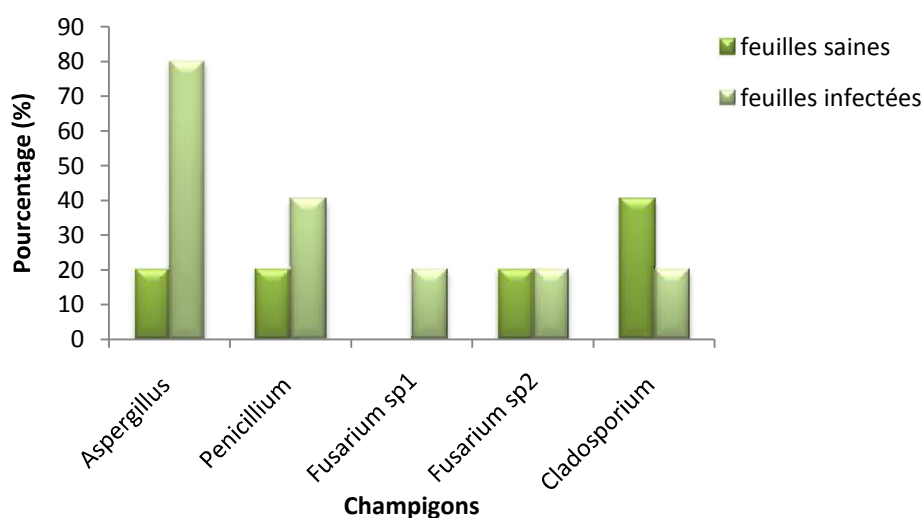


Figure 22: pourcentages des champignons dans les feuilles de tomate saines et infectées

La figure 22 montre une dominance des champignons *Aspergillus* et *Penicillium* au niveau des feuilles infectées avec un pourcentage qui dépassait les 25%, un faible pourcentage pour les deux espèces de *Fusarium* alors que l'espèce *Cladosporium* présentait une dominance au niveau de feuilles saines.

➤ Sur les fruits de tomate

Nous avons identifié trois genres de champignons au niveau des fruits de tomate : *Aspergillus*, *Penicillium sp.* et *Trichoderma*.

La figure 23 suivante présente les pourcentages de moisissures isolées des fruits de tomate sains et infectés.

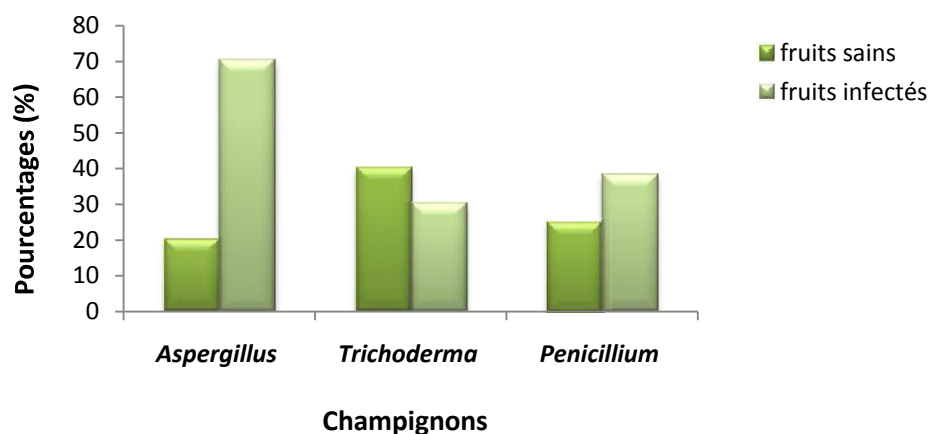


Figure 23: Pourcentages des champignons dans les fruits de tomate sains et infectés

Les analyses mycologiques des fruits de tomate ont montré une différence au niveau des pourcentages entre les fruits sains et infectés. Les trois genres étaient présents au niveau des deux types de fruits avec une dominance de *Aspergillus* et *Penicillium* pour les fruits infectés par la mineuse ; le genre *Aspergillus* a présenté le pourcentage le plus élevé avec 70%, ce qui explique la pourriture des fruits de tomate, notamment au niveau de la zone d'infection par la mineuse.

Le genre *Trichoderma* a présenté un taux plus élevé au niveau des fruits sains.

3. Etude biochimique

Le processus général de caractérisation de nouvelles molécules bioactives à partir des plantes fait intervenir différentes étapes qui sont : extraction, fractionnement et identification des composés d'intérêts, toutes guidées par des analyses phytochimiques et des tests biologiques (Hostettman et Wolfender, 2004).

3.1. Criblage phytochimique

Les résultats préliminaires de la composition phytochimique des différents extraits de la plante étudiée (*Lycopersicon esculentum*) sont présentés dans le tableau 16:

Tableau 16: Résultats du criblage phytochimique effectué sur les différents extraits de tomate

	Feuilles de tomate		Fruits de tomate	
	Infectées	saines	Infectés	sains
Tanins	+++	+++	+++	+++
Flavonoïdes	+	-	++	+
Terpènes	+	+	++	+
Alcaloïdes	+++	+++	-	-
Anthraquinones	-	-	-	-
Saponosides	+++	+++	-	-
Coumarines	-	+		-
Composés réducteurs	-	-	++	+++

Réaction négative : - réaction faiblement positive : + réaction moyennement positive : ++
réaction fortement positive : +++

Les résultats expérimentaux des tests phytochimiques réalisés sur les deux parties de la plante (feuilles et fruits) ont révélé la richesse de cette plante en tanins, spécifiquement les tanins cathéchiques.

On note aussi la présence des flavonoïdes et des coumarines avec des intensités variables entre les deux parties de la plante ; aussi les feuilles ont enregistré une forte quantité en alcaloïdes, le test a été confirmé par une précipitation blanche au contact avec le réactif de Mayer.

D'autre part, les saponosides se sont révélés positifs uniquement dans les extraits des feuilles de tomate, avec la formation d'une mousse dans les tubes (dépassant les 3cm de hauteur). Nous avons remarqué également la présence des composés réducteurs au niveau des fruits de tomate.

3.2.Rendements en extraits secs

L'extraction des composés phénoliques, des flavonoïdes et des tanins par l'acétone des différentes parties de la plante étudiée, nous a permis de déterminer les rendements en extraits secs. Les rendements obtenus, exprimés en pourcentage, sont présentés dans le tableau 17.

Tableau 17 : Rendements en extraits obtenus à partir des fruits et feuilles de *L. esculentum*.

Rendements (%)	Feuilles		Fruits	
	Infectées	saines	Infectés	sains
Extrait brut (eau/MeoH)	12,30±0,30	10,98±0,32	29,33±0,95	6,98±0,79
Fraction acétate d'éthyle	4,92±0,10	1,99±0,01	0,5±0,141	0,48±0,09
Fraction butanolique	2,18±0,13	2,38±0,51	2,35±0,19	1,47±0,38
Extrait brut (eau/Acétone)	0,60±0,00	0,01±0,00	/	/

Les résultats obtenus ont montré que les rendements des extractions varient de 0,01 à 29,33%. Nous constatons que les rendements des extraits méthanoliques des feuilles de tomate, saines et infectées, sont plus ou moins proches avec des pourcentages de l'ordre 10,98 et 12,30% respectivement. Concernant les flavonoïdes, la fraction acétate d'éthyle de la partie infectée a donné le meilleur rendement (4,92%) ; contrairement à la fraction butanolique où les rendements étaient similaires entre les deux parties, infectées et saines.

Le rendement d'extraction le plus élevé a été enregistré pour l'extrait méthanolique des fruits infectés, de l'ordre de 29,33±0,95%.

3.3.Détermination de la teneur en composés phénoliques

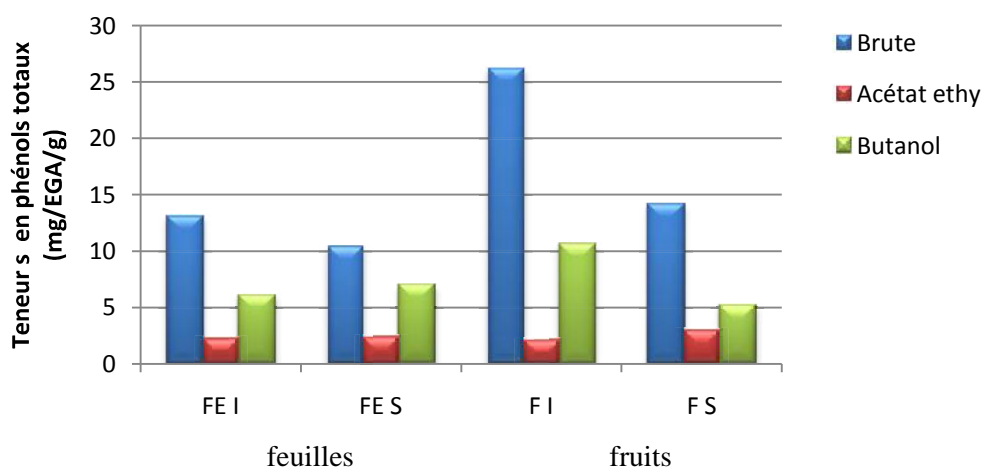
Les composés phénoliques sont des molécules bioactives très recherchées en raison de leurs propriétés biologiques (anti-oxydantes, insecticides, antimicrobiennes...), ce qui nous a incité à effectuer les dosages des phénols totaux, des flavonoïdes, des flavonols et des tanins condensés pour chaque extrait, par des méthodes spectrophotométriques, en utilisant les équations de régressions linaires des courbes d'étalonnages exprimées en mg d'acide gallique, mg équivalent de catéchine, ou mg équivalent de quercétine.

3.3.1. Détermination de la teneur en phénols totaux

Les résultats obtenus des teneurs en phénols totaux, flavonoïdes, flavonols et tanins condensés des différents extraits de la plante sont présentés dans le tableau 18.

Ces résultats montrent que les teneurs en phénols totaux varient entre les différents extraits.

D'après la figure 24, nous remarquons que la teneur la plus importante en phénols totaux est observée dans les fruits de tomates infectées par la mineuse, suivie par les fruits de tomates saines, elles sont de l'ordre de $26,20 \pm 0,16$; $14,03 \pm 1,25$ mg GAE /g MS respectivement, par contre les feuilles de tomate infectées ont présenté une teneur de $13,04 \pm 0,82$ mg GAE /g MS en phénols totaux. D'après les résultats, nous remarquons que les fruits de tomate accusent les teneurs les plus importantes en ces composés.



FEI : feuilles infectées FES : feuilles saines FI : fruits infectés FS : fruits sains

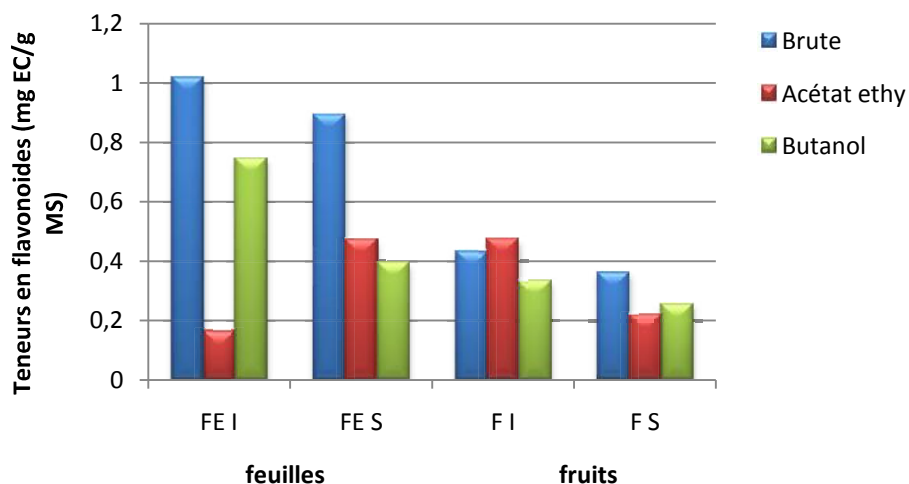
Figure 24: Teneurs en phénols totaux des extraits de feuilles et fruits de *Lycopersicon esculentum*.

3.3.2. Détermination de la teneur en flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode au trichlorure d'aluminium. Les résultats sont exprimés en termes d'équivalent catéchine à l'aide d'une courbe de régression linéaire.

La figure 25, montre que les teneurs des flavonoïdes varient considérablement entre les différents extraits. Les feuilles infectées enregistrent un maximum de flavonoïdes avec une valeur de $1,01 \pm 0,07$ (mg EC/g MS) suivie par la fraction butanolique $0,74 \pm 0,01$ (mg EC/g MS).

Tandis que la teneur la plus faible est enregistrée au niveau de la fraction acétate d'éthyle pour l'extrait de feuilles de tomate infectées.



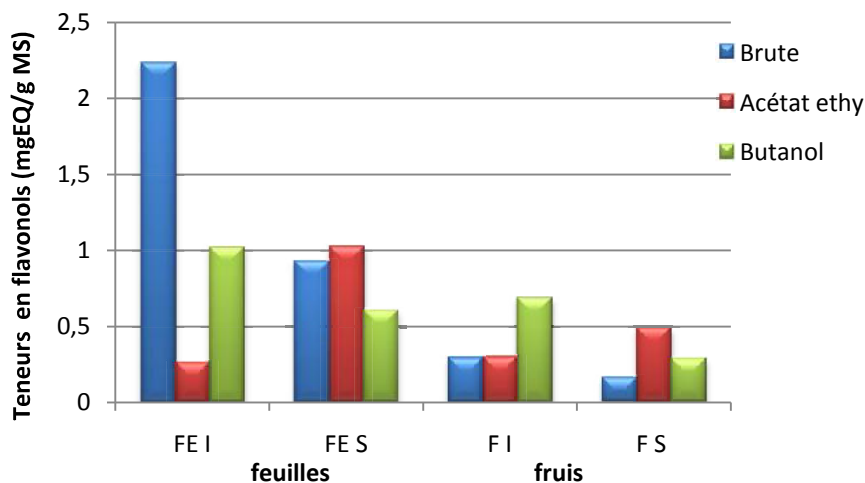
FEI : feuilles infectées FES : feuilles saines FI : fruits infectés FS : fruits sains

Figure 25: Teneurs en flavonoïdes des extraits de feuilles et fruits de *Lycopersicon esculentum*

3.3.3. Détermination de la teneur en flavonols

La teneur en flavonols a été déterminée par la méthode de trichlorure d'aluminium pour les différents extraits. Les résultats sont exprimés en termes d'équivalent quercétine à l'aide d'une courbe de régression linéaire.

Les résultats présentés dans la figure 26 montrent que ces composés étaient présents dans tous les extraits étudiés, avec des concentrations variant de $2,23 \pm 0,12$ à $0,15 \pm 0,03$ mg EQ/g MS selon la partie étudiée. L'extrait brut des feuilles de tomate infectées par la mineuse a présenté la teneur la plus élevée. Par ailleurs la fraction acétate d'éthyle des feuilles de tomate saines a enregistré une teneur moyenne en flavonols avec $1,01 \pm 0,01$ mg EQ/g MS.



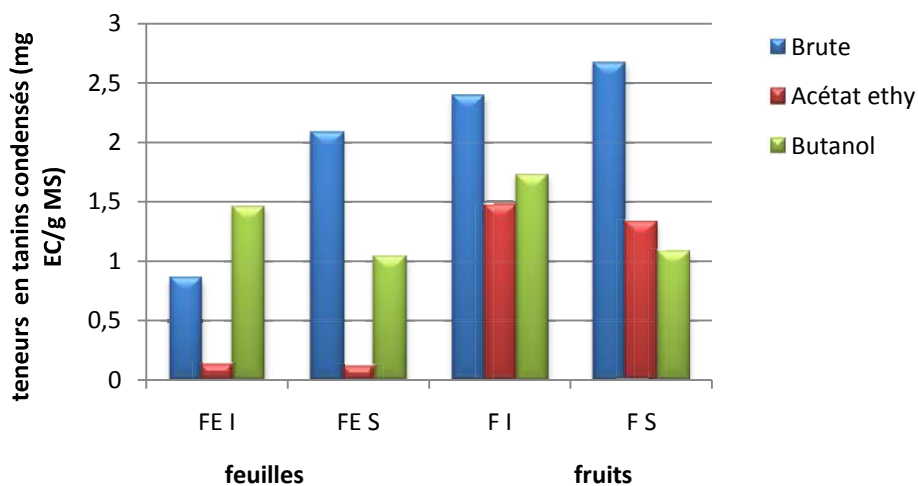
FEI : feuilles infectées FES : feuilles saines FI : fruits infectés FS : fruits sains

Figure 26: Teneurs en flavonols des extraits de feuilles et fruits de *L. esculentum*.

3.3.4. Détermination de la teneur en tanins condensés

La méthode à la vanilline en milieu acide a été utilisée pour quantifier les tanins condensés dans les différents extraits.

D'après la figure 27, on remarque que l'extrait brut des fruits sains possède les teneurs les plus élevées en tanins condensés suivi de celui des fruits infectés et des feuilles de tomate infectées par la mineuse. En outre, la fraction butanolique des feuilles infectées et des fruits infectés a présenté des teneurs plus élevées par rapport aux feuilles saines et fruits sains. Nos résultats révèlent que les tanins condensés sont essentiellement localisés dans le fruit de tomate les feuilles de la tomate.



FEI : feuilles infectées FES : feuilles saines FI : fruits infectés FS : fruits sains

Figure 27: Teneurs en tanins condensés des extraits de feuilles et fruits de *Lycopersicon esculentum*

Le tableau 18 présente les teneurs en ces différents métabolites secondaires au niveau des feuilles et fruits de tomates, sains et infectés.

Tableau 18 : teneurs en phénols totaux, flavonoïdes, flavonols et tanins condensés des différents extraits.

Extraits méthanoliques		Phénols totaux (mg EAG/g MS) ^a		Flavonoïdes (mg EC/g MS) ^b		Tanins (mg EC/g MS) ^c		Flavonols	
Feuilles saines	Brut (eau/MeoH)	10,33 ± 1,06		0,89 ± 0,24		2,07 ± 0,42		0,92 ± 0,10	
	Fraction acétate	2,27 ± 0,03		0,46 ± 0,01		0,99 ± 0,03		1,01 ± 0,01	
	Fraction butanolique	6,01 ± 0,07		0,39 ± 0,01		1,24 ± 0,05		0,60 ± 0,01	
Feuilles infectées	Brut (eau/MeoH)	13,04 ± 0,82		1,01 ± 0,07		0,84 ± 0,08		2,23 ± 0,12	
	Fraction acétate	2,17 ± 0,16		0,16 ± 0,01		0,12 ± 0,05		0,25 ± 0,12	
	Fraction butanolique	6,88 ± 0,01		0,74 ± 0,01		1,44 ± 0,09		1,01 ± 0,03	
Fruits sains	Brut (eau/MeoH)	14,03 ± 1,25		0,35 ± 0,09		2,66 ± 0,08		0,15 ± 0,03	
	Fraction acétate	2,92 ± 0,01		0,21 ± 0,04		1,31 ± 0,05		0,48 ± 0,03	
	Fraction butanolique	5,08 ± 0,48		0,25 ± 0,04		1,07 ± 0,06		0,28 ± 0,00	
Fruits infectés	Brut (eau/MeoH)	26,20 ± 0,16		0,43 ± 0,02		2,38 ± 0,01		0,29 ± 0,01	
	Fraction acétate	2,04 ± 0,09		0,47 ± 0,09		1,47 ± 0,04		0,29 ± 0,03	
	Fraction butanolique	10,61 ± 0,89		0,33 ± 0,00		1,71 ± 0,03		0,67 ± 0,01	

^amg équivalent d'acide gallique/ g de la matière sèche. ^{b, c}mg équivalent de catéchine/g de la matière sèche.

3.4. Détermination de la teneur en pigments liposolubles

La détermination de la teneur en pigments liposolubles n'a été mesurée que pour les feuilles de tomate.

En examinant les résultats illustrés par la figure 28, nous remarquons que les feuilles de tomate contiennent une teneur élevée en chlorophylle brute et chlorophylle A. Les feuilles de tomate infectées présentant un taux élevé en chlorophylle brute et chlorophylle A par rapport aux feuilles de tomate saines.

Les caroténoïdes sont représentés par une faible teneur dans les feuilles de tomate saines et infectées avec un taux de 0,097 $\mu\text{g/g MS}$.

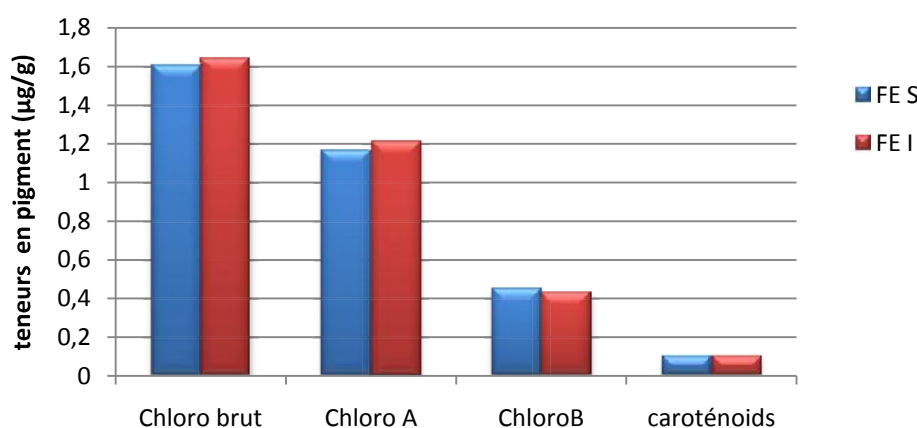


Figure 28: Teneurs en pigments liposolubles contenus dans les feuilles de tomate ($\mu\text{g/g MS}$)

3.5. Pouvoir antioxydant des extraits

Les extraits des feuilles et fruits de *L. esculentum* ont été analysés pour leur activité antioxydante en utilisant deux méthodes : la méthode FRAP et la méthode de piégeage du radical DPPH*

3.5.1. Pouvoir réducteur par la méthode FRAP

Dans ce test d'évaluation de l'activité antioxydante, l'augmentation de l'absorbance signifie une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés (Ozturk *et al.*, 2007).

Dans cette partie, nous avons présenté les résultats relatifs au pouvoir réducteur des extraits bruts et leurs fractions acétate d'éthyle et n-butanol.

Les résultats obtenus sont présentés sous forme de graphes de l'absorbance en fonction des concentrations de l'extrait.

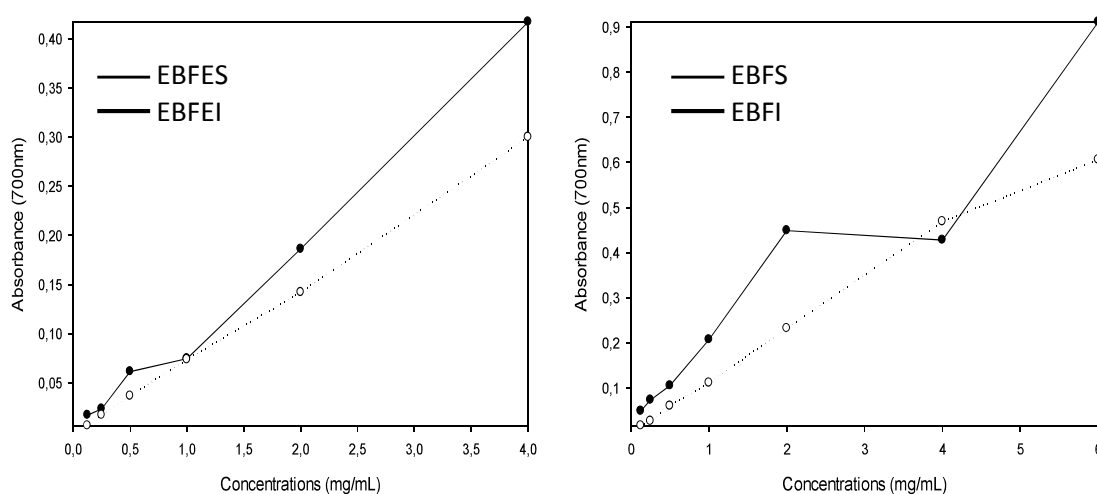
[Absorbance = f (concentrations)].

3.5.1.1. Pouvoir réducteur des extraits bruts

La figure 29 présente graphiquement le pouvoir réducteur des extraits bruts eau/MeOH des feuilles et fruits (sains et infectés) à différentes concentrations.

D'après cette figure, les extraits bruts (EB FES, EB FS)(extrait brut feuilles saines, extrait brut fruits sains) présentent une activité réductrice du fer, supérieure aux extraits bruts (EB FI et EB FI) (extrait brut feuilles infectées, extrait brut fruits infectés)

A la concentration de 6 mg/mL, les densités optiques (DO) des extraits bruts des fruits de tomate varient entre 0,6 et 0,91 ; d'après la figure 36 nous remarquons que les extraits bruts des fruits sains et infectés ont présenté un pouvoir réducteur important, par contre les extraits bruts des feuilles saines et infectées ont eu une faible activité réductrice.



EB FES : extrait brut feuilles saines **EB FEI** : extrait brut feuilles infectées **EB FS** : extrait brut fruits sains **EB FI** : extrait brut fruits infectés.

Figure 29: Pouvoir réducteur des extraits bruts des feuilles et fruits de *L. esculentum*

Nous pouvons aussi exprimer le pouvoir réducteur des extraits bruts des feuilles et des fruits et du contrôle positif par la valeur d'EC50 (concentration efficace) où un extrait atteint 0.5 de l'absorbance.

Le tableau 19 suivant rapporte les valeurs EC50 des différents extraits bruts.

Tableau 19 : Concentration EC50 des extraits bruts des feuilles et fruits de *L. esculentum* par FRAP.

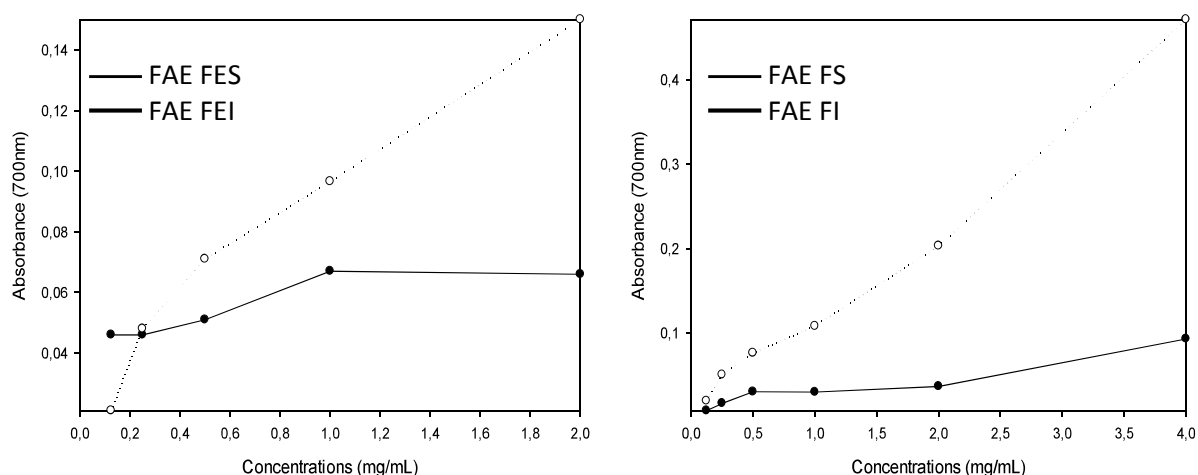
Extraits	EC50 (mg/mL)
EB FES (extrait brut feuilles saines)	4,912
EB FEI (extrait brut feuilles infectées)	6,690
EB FS (extrait brut fruits sains)	3,376
EB FI (extrait brut fruits infectés)	4,418
Acide ascorbique	0.063

Selon les valeurs des EC50 calculées, la concentration d'EC50 la plus faible a été enregistrée pour l'acide ascorbique avec 0.063 mg/mL. Pour nos extraits bruts, les valeurs d'EC50 ont été plus élevées, ce qui explique le faible pouvoir réducteur des extraits bruts.

3.5.1.2. Pouvoir réducteur des fractions acétate d'éthyle

Pour tester le pouvoir réducteur de la fraction acétate d'éthyle des feuilles et fruits de tomate (sains et infectés), une gamme de concentrations de 0,125 à 4 mg/mL a été utilisée pour chaque extrait. Les résultats de D.O ont permis de tracer des courbes linéaires avec un facteur de corrélation (R^2) compris entre 0,76 à 0,98.

Nous constatons que l'activité réductrice est proportionnelle à l'augmentation de la concentration. Les pouvoirs réducteurs de la fraction acétate d'éthyle des feuilles infectées et non infectées restent faibles (Fig. 30).



FAE FES : fraction acétate d'éthyle feuilles saines FAE FEI : fraction acétate d'éthyle feuilles infectées FAE FS : fraction acétate d'éthyle fruits sains FAE FI : fraction acétate d'éthyle fruits infectés.

Figure 30: Pouvoir réducteur des fractions acétate d'éthyle des feuilles et fruits de tomate

Le pouvoir réducteur de la fraction acétate d'éthyle des fruits infectés (FAEFI) s'est élevé de 0.471 à la concentration 4 mg/mL, par contre la fraction acétate d'éthyle des fruits sains a présenté un pouvoir réducteur faible.

Nous avons déterminé la concentration EC50 de nos extraits, les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 20 :

La concentration EC50 la plus élevée est enregistrée pour l'extrait des feuilles non infectées.

Tableau 20 : Concentration EC50 des fractions acétate d'éthyle des feuilles et fruits de *L. esculentum* par FRAP

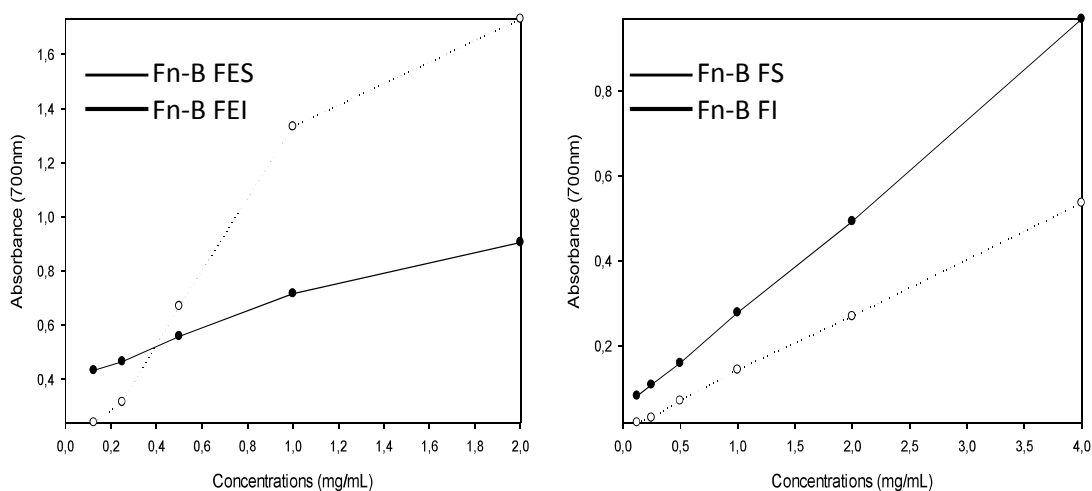
Extraits	EC 50(mg/mL)
FAE FES (fraction acétate d'éthyle feuilles saines)	32,675
FAE FEI (fraction acétate d'éthyle feuilles infectées)	7,600
FAE FS (fraction acétate d'éthyle fruits sains)	26,107
FAE FI (fraction acétate d'éthyle fruits infectés)	4,418
Acide ascorbique	0.063

Selon les valeurs d'EC50 calculées, nous remarquons que les quatre extraits ont un faible pouvoir réducteur du fer par rapport à l'acide ascorbique.

3.5.1.3. Pouvoir réducteur des fractions n-butanol

Les résultats de l'activité réductrice de la fraction n-butanol des différents extraits de feuilles et fruits (infectés et sains) sont présentés dans la figure 31.

Le pouvoir réducteur de la fraction butanolique des feuilles saines et infectées s'élève de 0,43 et 0,24 à la concentration 0,125 mg/mL à 0,905 et 1,730 à la concentration 2 mg/mL. Ces deux extraits ont présenté l'activité la plus élevée pour réduire le fer par rapport aux autres extraits des feuilles saines et infectées.



Fn-B FES : fraction n-butanol feuilles saines Fn-B FEI : fraction n-butanol feuilles infectées Fn-B FS : fraction n-butanol fruits sains Fn-B FI : fraction n-butanol fruits infectés

Figure 31 : Pouvoir réducteur des fractions n-butanol des feuilles et fruits de tomate

Concernant les fractions butanoliques des fruits sains et infectés, nous avons enregistré des pouvoirs réducteurs importants avec des densités optiques maximales de 0,536 à 0,969 à la concentration 4 mg/mL. La fraction butanolique des fruits sains a présenté un pouvoir réducteur de fer supérieur à celui de la fraction butanolique des fruits infectés.

Afin de comparer l'efficacité de ces deux extraits, nous avons déterminé la concentration EC50, les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 21. Les valeurs EC50 des feuilles saines et infectées ont été similaires, et ont présenté un meilleur pouvoir réducteur. En effet la concentration EC50 la plus élevée a été enregistrée pour l'extrait de fruits infectés avec $3,732 \pm 0,032$ mg/mL.

Tableau 21 : Concentration EC50 des fractions butanoliques des feuilles et fruits de *L. esculentum* par FRAP

Extraits	EC 50(mg/mL)
Fn-B FES (fraction n-butanol des feuilles saines)	0,320
Fn-B FEI (fraction n-butanol des feuilles infectées)	0,367
Fn-B TS (fraction n-butanol des fruits sains)	1,926
Fn-B TI (fraction n-butanol des fruits infectés)	3,732
Acide ascorbique	0.063

Nos résultats révèlent que les deux fractions n-butanol des feuilles saines et infectées ont montré des effets réducteurs. La fraction n-butanol des feuilles saines présente une réduction du fer plus élevée que les autres fractions.

3.5.2. Piégeage du radical DPPH[•]

Le radical DPPH[•] est l'un des substrats les plus utilisés pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radicale et la simplicité de cette analyse.

Le DPPH[•] est un radical libre de couleur violacée. Lorsqu'il réagit avec l'agent réducteur contenu dans les extraits étudiés, la solution perd sa couleur initiale dépendamment du nombre d'électron récupérés. Ainsi, la perte de coloration indique l'activité de piégeage du composé testé. Les résultats obtenus sont exprimés en pourcentage d'inhibition et sont calculés selon la formule : $I\% = [(A_c - A_t)/A_c] \times 100$

I% : Pourcentage d'inhibition

AC : Absorbance du contrôle ;

AT : Absorbance du test

3.5.2.1. Piégeage du radical DPPH[•] par les extraits bruts

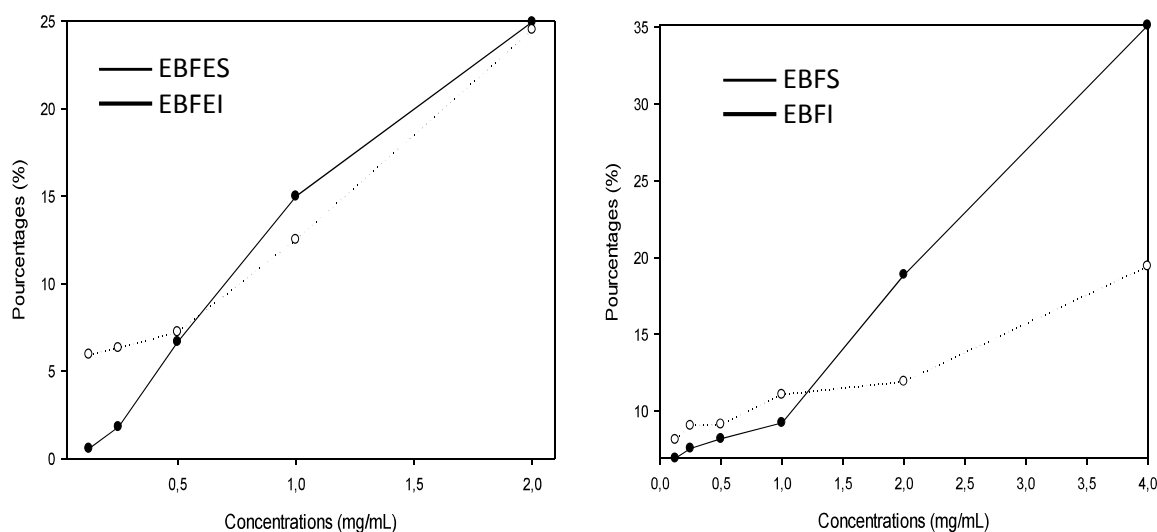
La figure 32 représente graphiquement les pourcentages d'inhibition des extraits bruts des feuilles et fruits (sains et infectés) (EB FES, EB FEI, EB FS et EB FI).

D'après cette figure, on remarque que les extraits bruts des feuilles saines et infectées présentent des pourcentages d'inhibition trop faibles. A une concentration finale de 2 mg/mL,

les pourcentages d'inhibition obtenus sont $24,958 \pm 0,582\%$ et $24,509 \pm 0,533\%$ pour les extraits bruts des feuilles respectivement.

Concernant les extraits bruts des fruits sains et infectés, les pourcentages d'inhibition sont 35,11% et 19,42% à la concentration 4mg/mL, ils sont trop faibles.

Nous remarquons que les pourcentages d'inhibition des fruits sains sont supérieurs à ceux des fruits infectés.



EB FES : extrait brut feuilles saines EB FEI : extrait brut feuilles infectées EB FS : extrait brut fruits sains EB FI : extrait brut fruits infectés

Figure 32: Pourcentages d'inhibition du radical DPPH en fonction des concentrations des extraits bruts des feuilles et fruits de tomate

Pour comparer la capacité antioxydante de nos extraits, nous avons déterminé le paramètre CI50, ce paramètre a été utilisé pour l'interprétation des résultats, il est défini comme la concentration nécessaire pour réduire 50% du radical DDPH. Ceci est défini comme une concentration nécessaire pour réduire 50% du radical DPPH (Pokorny et al., 2001).

Le tableau 22 rapporte les valeurs des CI50 des extraits bruts des feuilles et fruits sains et infectés.

Tableau 22: concentrations CI50 des feuilles et fruits (sains et infectés) par DPPH par les extraits bruts

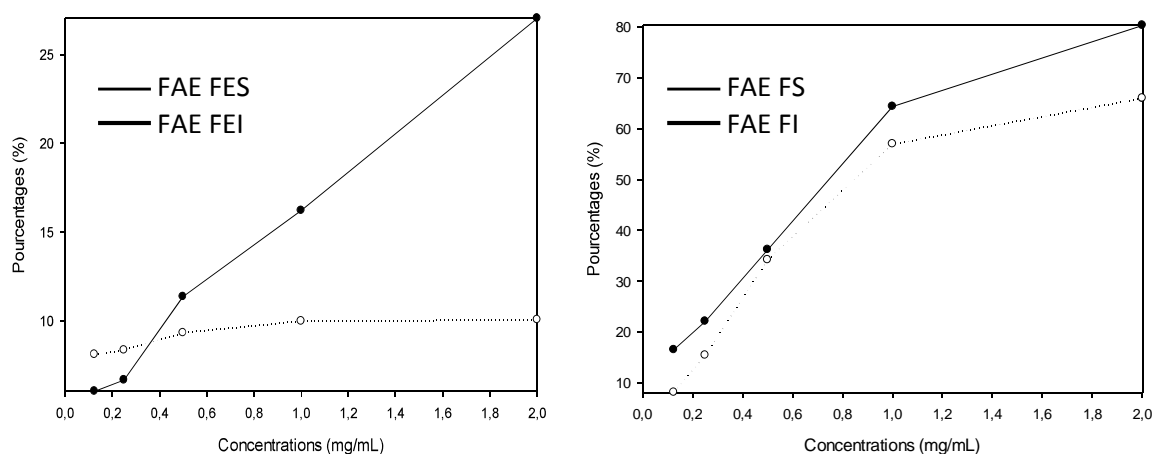
Extraits	CI 50(mg/mL)
EB FES (extrait brut feuilles saines)	3,811
EB FEI (extrait brut feuilles infectées)	4,580
EB FS (extrait brut fruits sains)	6,124
EB FI (extrait brut fruits infectés)	15,319
Acide ascorbique	0.124

A partir du tableau 22, nous remarquons le très faible pouvoir antioxydant des quatre extraits par rapport à l'acide ascorbique.

3.5.2.2. Piégeage du radical DPPH[•] par les fractions acétate d'éthyle

L'activité anti radicalaire de la fraction acétate d'éthyle des feuilles et fruits sains et infectés vis-à-vis du radical DPPH exprimée en pourcentage d'inhibition est illustrée dans la figure 33.

A partir des résultats obtenus, nous avons remarqué que les pourcentages d'inhibition augmentent avec l'augmentation des concentrations.



FAE FES : fraction acétate d'éthyle feuilles saines FAE FEI : fraction acétate d'éthyle feuilles infectées FAE FS : fraction acétate d'éthyle fruits sains FAE FI : fraction acétate d'éthyle fruits infectés

Figure 33: Pourcentages d'inhibition du radical DPPH[•] en fonction des concentrations des extraits d'acétate d'éthyle des feuilles et fruits de tomate

La figure 33 rapporte le pouvoir antioxydant des extraits des feuilles et fruits sains et infectés de tomate vis-à-vis du piégeage du radical libre DPPH[•]. Nous remarquons que les extraits fraction acétate des fruits sains et infectés ont montré une activité antioxydante importante vis-à-vis du radical libre DPPH[•], les deux extraits ont enregistré des valeurs importantes en pourcentages d'inhibition du DPPH[•] de l'ordre de 80,031±0,444% et 65,986±0,579% respectivement.

En revanche, les extraits fraction acétate d'éthyle des feuilles saines et infectées ont présenté une très faible activité antioxydante, se traduisant par des pourcentages d'inhibition de 27,027±0,449% et 10,064±0,918% respectivement.

Le tableau 23 rapporte les valeurs des CI50 pour chaque extrait.

Tableau 23: concentrations CI50 des feuilles et fruits sains et infectés par DPPH par les fractions acétate d'éthyle

Extraits	CI 50 (mg/mL)
FAE FES (fraction acétate d'éthyle feuille saine)	4,017
FAE FEI (fraction acétate d'éthyle feuille infectée)	41,279
FAE FS (fraction acétate d'éthyle fruit sain)	0,644
FAE FI (fraction acétate d'éthyle fruit infecté)	0,921
Acide ascorbique	0,124

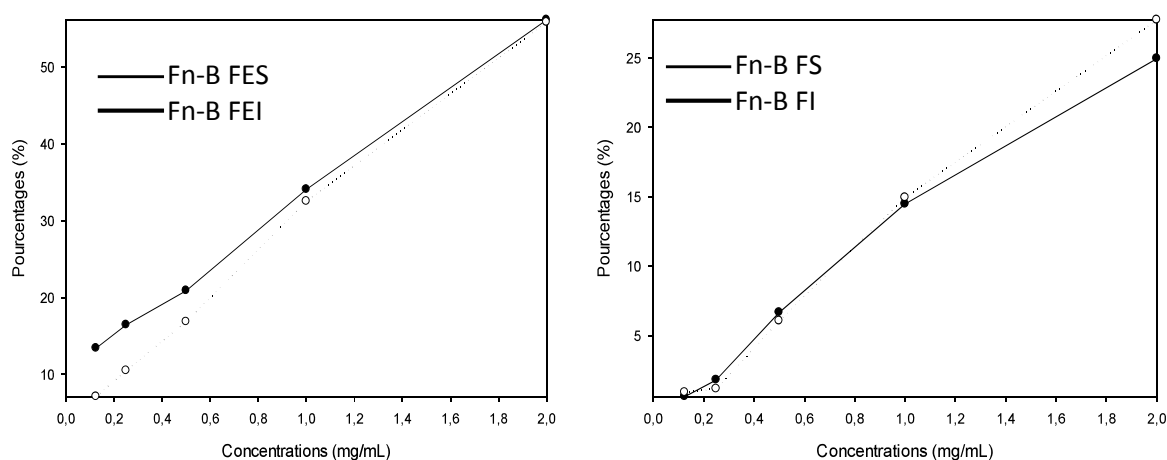
Du tableau 23, nous remarquons que les fractions acétate d'éthyle des fruits sains et infectés (0.644 et 0.921 mg/mL) ont la capacité la plus importante à piéger le radical libre DPPH, par rapport à l'acide ascorbique (0.124 mg/mL). Alors que pour les fractions acétate d'éthyle des feuilles saines et infectées, nous remarquons le très faible pouvoir antioxydant exprimé par des valeurs de la CI50 variant de 4,017 à 41,279 mg/mL.

3.5.2.3. Piégeage du radical DPPH[•] par les fractions n-butanol

Les résultats obtenus pour le test du piégeage du radical DPPH par les différents extraits butanoliques des feuilles et fruits (sains et infectés) sont rapportés dans la figure 34.

Les fractions butanoliques des feuilles saines et infectées (Fn-B FES, Fn-B FEI) montrent une activité importante du piégeage du radical libre DPPH[•], les pourcentages

d'inhibition trouvés étaient de l'ordre de $56,120 \pm 0,224$ et $55,819 \pm 1,043$ % à une concentration de 2 mg/mL.



Fn-B FES : fraction n-butanol feuilles saines Fn-B FEI : fraction n-butanol feuilles infectées Fn-B FS : fraction n-butanol fruits sains Fn-B FI : fraction n-butanol fruits infectés

Figure 34: Pourcentages d'inhibition du radical DPPH en fonction des concentrations des extraits butanoliques des feuilles et fruits de tomate.

Les fractions butanoliques des fruits sains et infectés ont exercé un pouvoir antioxydant faible.

Le tableau 24 présente les valeurs de CI50 des fractions n-butanol.

Tableau 24: concentrations CI 50 des feuilles et fruits sains et infectés par DPPH des fractions n-butanol

Extraits	CI 50(mg/mL)
Fn-B FES (fraction n-butanol des feuilles saines)	1,725
Fn-B FEI (fraction n-butanol des feuilles infectées)	1,745
Fn-B TS (fraction n-butanol des fruits sains)	3,831
Fn-B TI (fraction n-butanol des fruits infectés)	3,461
Acide ascorbique	0,124

En comparant les IC50 des différents extraits testés par rapport à celles de l'acide ascorbique, nous remarquons que les fractions n-butanol des feuilles (saines et infectées) possèdent une activité anti radicalaire modérée. Cependant, les fractions n-butanol des fruits (sains et infectés) montrent une faible capacité antioxydante.

3.6. Analyse chromatographique

Dans cette partie de l'étude, les extraits bruts et les fractions acétate d'éthyle et butanolique ont été utilisés pour une analyse HPLC.

Nos analyses ont été effectuées dans le Laboratoire de Microorganismes et Biomolécules Bioactives (LMBA) du campus universitaire El Manar (Tunisie) sous la direction de Mr Atef JAOUANI.

L'appareil HPLC utilisé est de type Agilent, il est constitué des éléments suivants : une pompe Prostart 11000, une colonne Hypersil ODS C 18 (4,6 m X 250mm) de porosité 5 μ m. La phase mobile est constituée de deux solvants : l'eau distillée et l'acétonitrile. L'échantillon est dissout dans le méthanol (80%) puis filtré à travers un filtre millipore 0,45 μ m. le volume d'injection est de 20 μ l. Les pics sont examinés à 280nm et identifiés par les temps de rétention comparés à ceux des témoins purs. Une gamme de neuf (9) standards a été utilisée pour les composés d'acide phénolique et de flavonoïdes.

Tableau 25 : Temps de rétention des standards utilisés dans l'analyse par HPLC

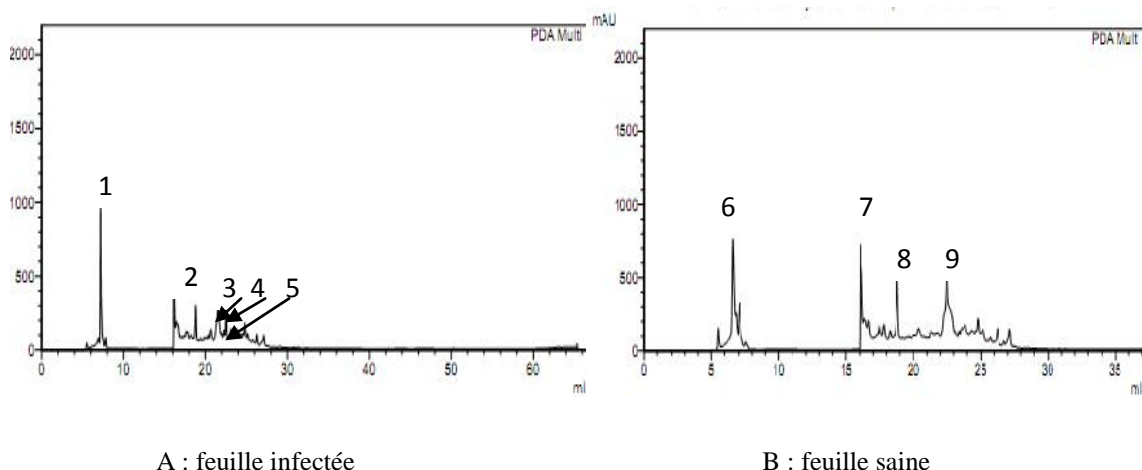
Standards	Temps de rétention (min)
Acide gallique	3.67
Catéchine hydrate	4.24
Acide félorique	16.87
Rutine hydrate	16.75
Naringénine	17.68
Coumarine	18.22
Quercétine	18.46
Acide vanillique	6.05
Acide caféique	5.56

L'identification est basée sur la comparaison des temps de rétention des différents constituants des extraits avec ceux des différents standards analysés dans les mêmes conditions.

3.6.1. Analyse HPLC des extraits bruts des feuilles et fruits de tomate

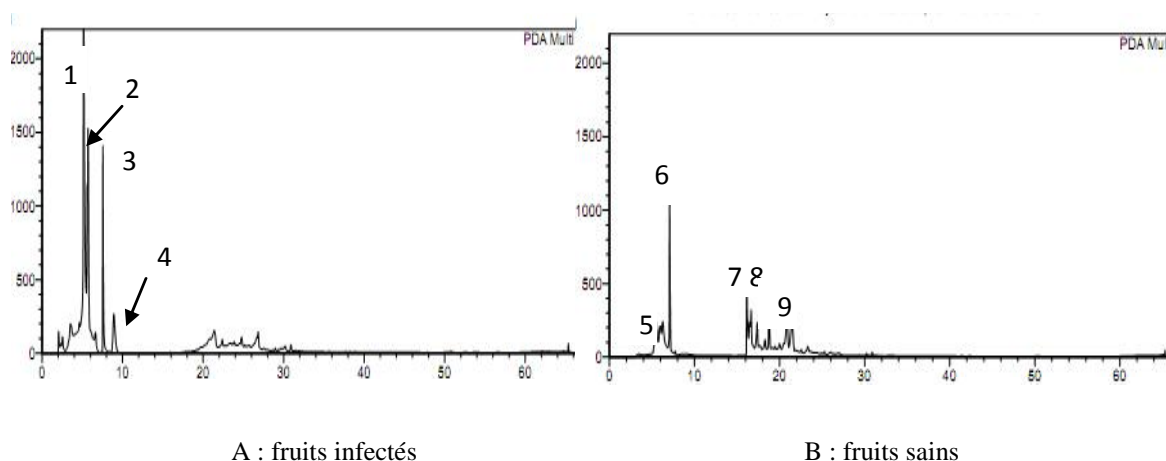
Les extraits bruts des feuilles saines et infectées ont été sélectionnés pour une analyse CLHP.

➤ Extraits bruts des feuilles

**Figure 35:** chromatographie des extraits bruts des feuilles

Neuf constituants ont été détectés entre les deux extraits, les deux graphes de chromatographie montrent un profil d'un ensemble de pics des différents composés phénoliques. La comparaison des temps de rétention avec ceux des standards nous a confirmé la présence l'acide caféique correspondant au pic 6 au niveau de l'extrait brut des feuilles saines et aussi les pics 2 et 7 qui correspondent soit à l'acide férulique ou à la rutine hydraté.

➤ Extraits bruts des fruits

**Figure 36 :** chromatographies des extraits bruts des fruits

A partir des graphes, nous avons identifié neuf pics entre les fruits infectés et sains. Quatre pics seulement pour les fruits infectés, et les quatre pics sont élués entre 1 et 10min. Selon les

étalons utilisés, on peut dire que le premier pic et le deuxième sont l'acide caféique et l'acide vanillique.

Le pic 7 est entre l'acide férulique et la rutine hydratée, et pour le pic 8 il est entre la coumarine et la quercétine.

3.6.2. Analyse CLHP des fractions acétate d'éthyle des feuilles

Nous avons analysé la fraction acétate d'éthyle pour les feuilles seulement.

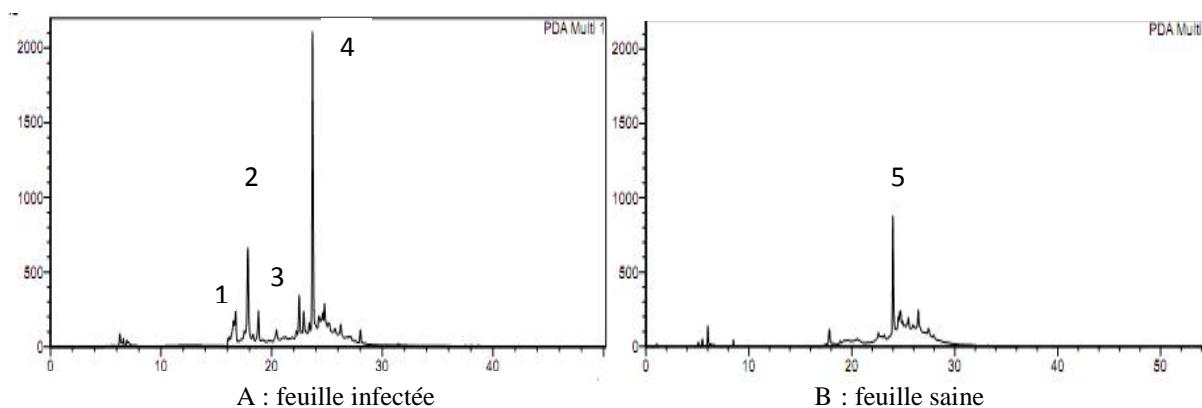


Figure 37: chromatographie de la fraction acétate d'éthyle des feuilles

Cinq pics ont été détectés entre les deux fractions des feuilles saines et infectées, quatre pics pour les feuilles infectées et seulement un seul pic pour les feuilles saines. Le pic 5 a été identifié avec un temps de rétention de 24 min, il a été aussi identifié pour les feuilles infectées.

Le pic 1 correspond soit à l'acide caféique soit à la rutine hydratée, le pic 2 représente soit la quercétine ou la coumarine.

3.6.3. Analyse CLHP des fractions n-butanol des feuilles

Pour la fraction n-butanol, nous n'avons analysé que la fraction des feuilles saines et infectées.

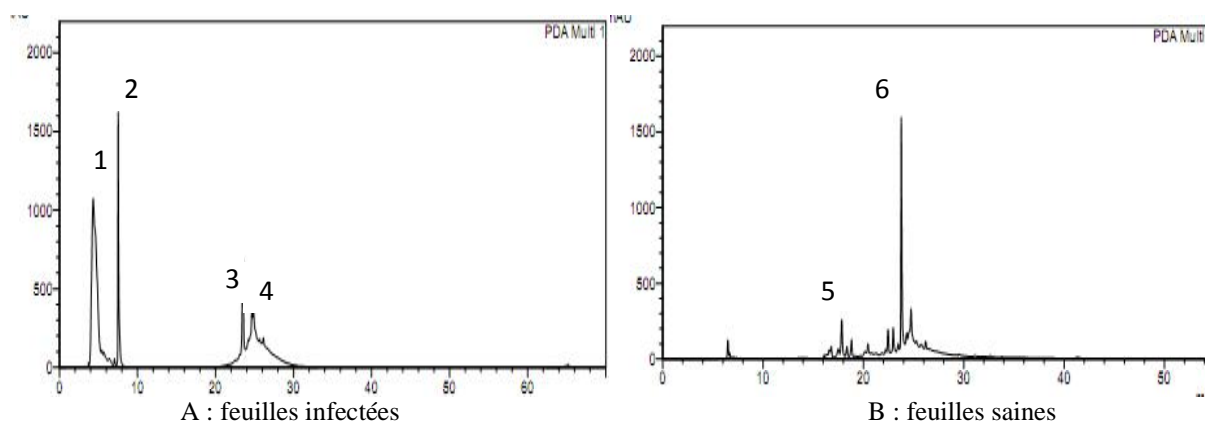


Figure 38: chromatographie de la fraction n-butanol des feuilles

Six pics ont été identifiés entre les feuilles infectées et saines, deux pics seulement au niveau des feuilles saines.

Selon les étalons utilisés, un seul pic a été identifié, c'est le premier pic qui correspond à la catéchine hydraté avec un temps de rétention de 4,24min.

4. Activités biologiques

Dans le but de rechercher de nouvelles molécules pour une lutte naturelle, le règne végétal offre plusieurs possibilités. De nombreuses études se sont développées pour isoler et identifier de nouvelles molécules qui ont une activité insecticide, antifongique et antibactérienne (Bousbia, 2004; Bouzouita *et al.*, 2008; Djennan *et al.*, 2011b).

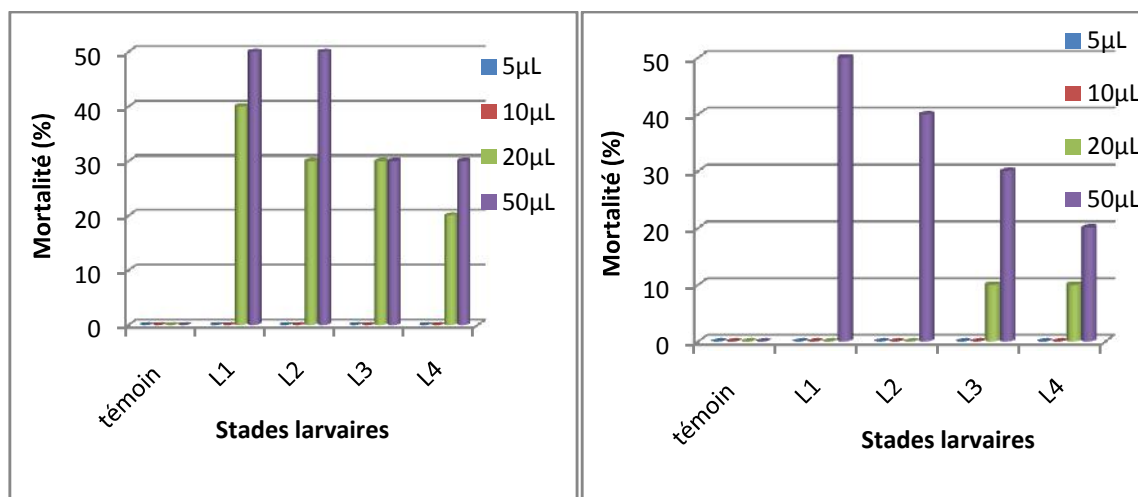
4.1. Activité insecticide

4.1.1. Effet des extraits sur les différents stades larvaires

4.1.1.1. Effet des extraits bruts (feuilles saines et infectées) sur les différents stades larvaires

Plusieurs facteurs ont été pris en considération lors de cette étude, comme le temps après traitement et les différentes doses appliquées.

Les figures suivantes illustrent les pourcentages de mortalité des populations larvaires des stades L1, L2, L3 et L4 après l'application des différentes doses des extraits.



A : Extrait brut feuilles infectées

B : extrait brut feuilles saines

Figure 39: effet des extraits bruts des feuilles infectées et saines sur les différents stades larvaires

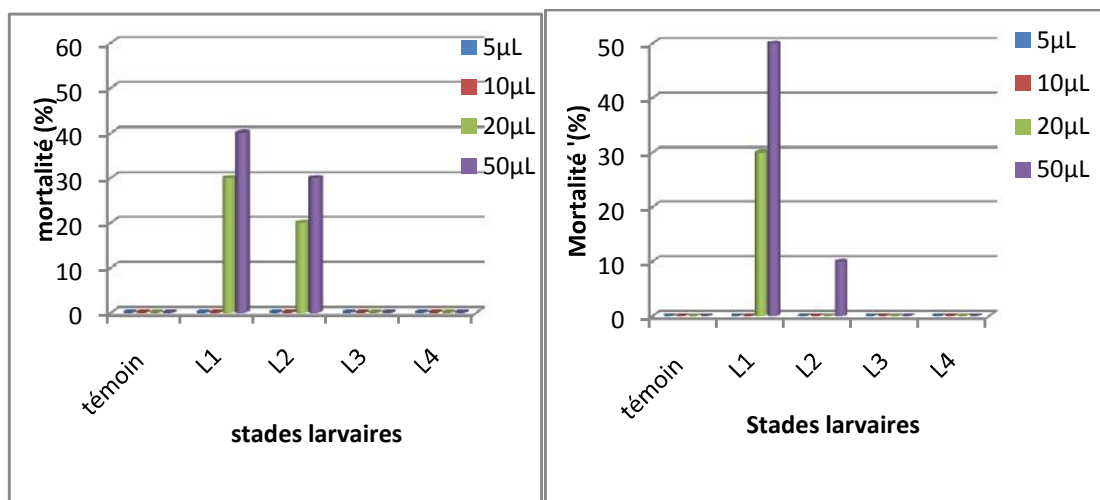
Les résultats montrent clairement que les pourcentages de mortalité du témoin étaient nuls pour les différents stades larvaires pour les deux extraits, alors que l'effet des extraits bruts sur les stades larvaires a été positif pour certaines doses, cela après deux heures et demie d'exposition.

Le taux de mortalité était de 50% pour les stades larvaires L1 et L2, à une concentration de 50µl pour l'extrait brut des feuilles infectées, alors que les deux doses 5µl et 10µl n'avaient aucun effet sur les quatre stades larvaires. La dose 20µl présentait un taux de mortalité qui variait de 20 à 40% pour les larves L3 et L4.

Cependant, le taux de mortalité a varié de 20 à 50% à une concentration de 50µl pour les quatre stades larvaires.

4.1.1.2. Effet de la fraction acétate d'éthyle (feuilles saines et infectées) sur les différents stades larvaires

Les figures suivantes représentent les pourcentages de mortalité des stades larvaires L1, L2, L3 et L4 après application des extraits.



A : fraction acétate d'éthyle feuilles infectées

B : fraction acétate d'éthyle feuilles saines

Figure 40 : effet de la fraction acétate d'éthyle feuilles infectées et saines sur les différents stades larvaires

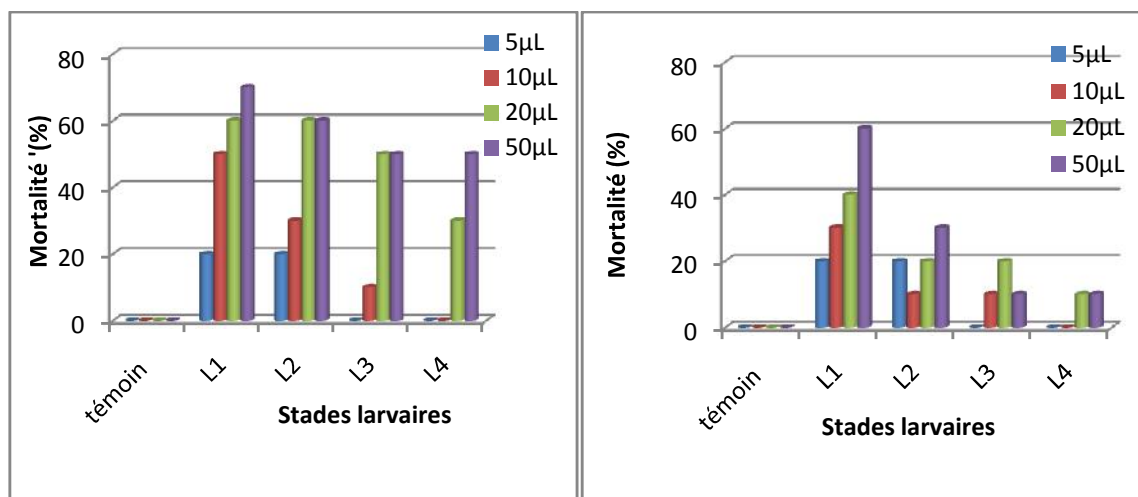
Durant cette expérience, les larves témoins ont présenté un pourcentage de mortalité nul ainsi que les larves des stades L3 et L4.

L'action de la fraction acétate d'éthyle (feuilles saines et feuilles infectées) était positive sur les deux stades larvaires L1 et L2.

Le taux de mortalité était de 20 à 40% à la concentration 50µl pour la fraction acétate d'éthyle feuilles infectées, alors qu'il était de 50% pour la fraction acétate d'éthyle feuilles saines.

4.1.1.3. Effet de la fraction n-butanol (feuilles saines et infectées) sur les différents stades larvaires

La figure 41 présente l'effet de la fraction n-butanol des feuilles saines et infectées sur les différents stades larvaires.



A : fraction n-butanol feuilles infectées

B : fraction n-butanol feuilles saines

Figure 41: effet de la fraction n-butanol des feuilles infectées et saines sur les différents stades larvaires

Les larves témoins de cette expérience ont présenté un pourcentage nul, alors que l'action de la fraction n-butanol sur les larves a été rapide sur une phase temporelle d'une heure jusqu'à deux heures.

Le taux de mortalité a présenté des pourcentages supérieurs à 50% pour les deux fractions (feuilles saines et infectées).

Concernant la fraction n-butanol des feuilles infectées, le taux de mortalité était supérieur à 50% à la concentration 10µl, 20µl et 50µl pour les quatre stades larvaires. Pour les deux stades L3 et L4, le taux de mortalité était nul à la concentration 5µl.

Le taux de mortalité était au maximum pour le stade larvaire L1 à une concentration de 50µl.

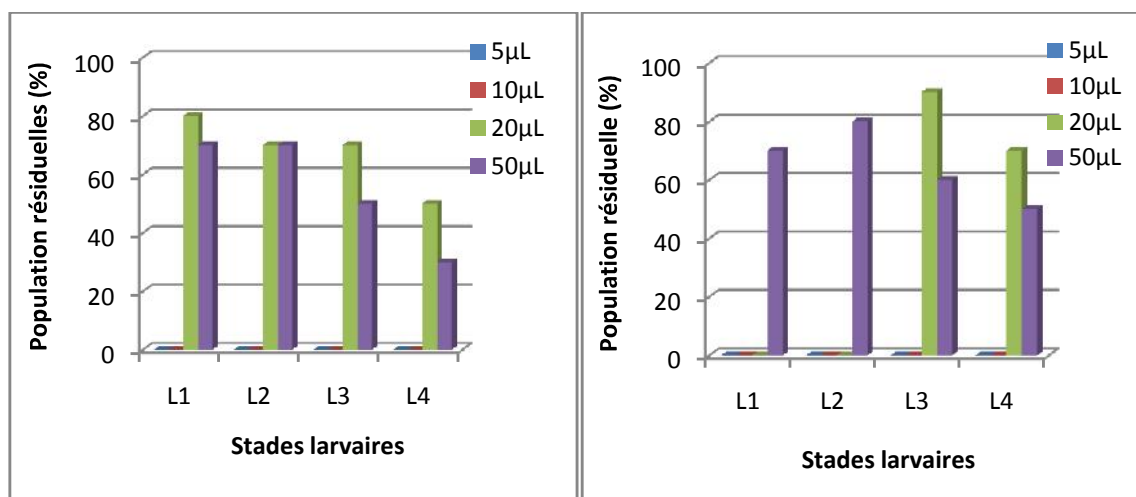
Cependant la fraction n-butanol des feuilles saines a présenté un taux de mortalité qui variait de 10 à 60%. Le taux de mortalité était de 60% pour les larves L1 à une concentration de 50µl, alors que pour les autres larves il était plutôt faible.

4.1.2. Estimation de la toxicité des traitements

L'évaluation de l'effet toxique des extraits a été réalisée par la comparaison des populations larvaires résiduelles (PR) selon le test de Dunnett.

4.1.2.1. Estimation de la toxicité des extraits bruts

La figure 42 montre la variabilité des populations larvaires résiduelles de la mineuse *Tuta absoluta* après l'application des extraits bruts (feuilles infectées et saines).



A : extraits brut feuilles infectées

B : extrait brut feuilles saines

Figure 42: variabilité des populations résiduelles par les extraits bruts (feuilles infectées et saines)

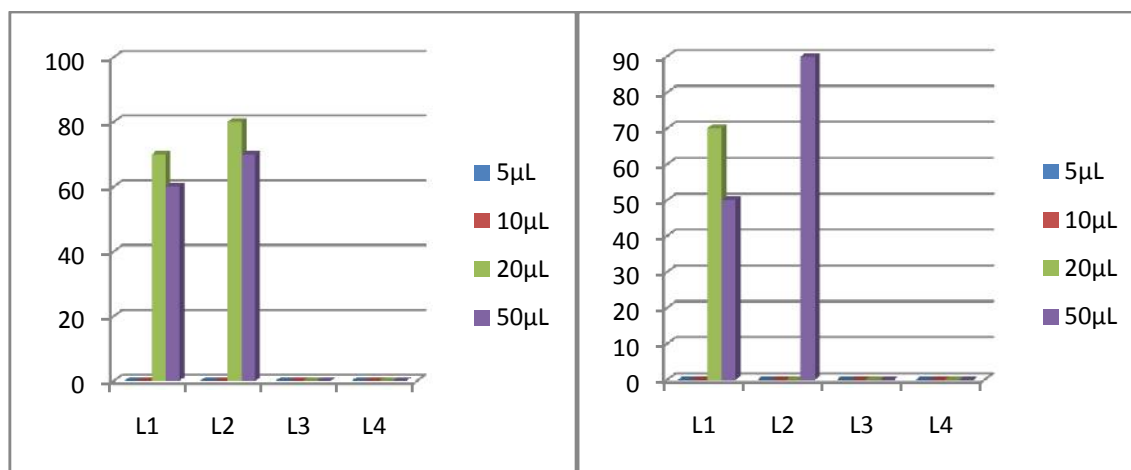
Nous remarquons d'après la figure 42 que l'extrait brut des feuilles infectées semble toxique à la concentration de 50 μl puisque le pourcentage de la population résiduelle était de 30% pour le stade larvaire L4. Il est moyennement toxique pour le stade L3 avec 50% de population résiduelle et faible pour les stades L1 et L2 avec des populations résiduelles de 70%.

A la concentration 20 μl, la molécule a été moyennement toxique pour le stade L4 et faible pour les stades L1, L2 et L3 puisque leurs populations résiduelles dépassaient les 60%.

Concernant l'extrait brut des feuilles saines, la toxicité a été faible pour les deux doses 20 μl et 50 μl puisque les pourcentages ont dépassé les 50% pour les quatre stades larvaires.

4.1.2.2. Estimation de la toxicité de la fraction acétate d'éthyle

La figure 43 illustre la variabilité de la population *T. absoluta* après l'application des extraits (fraction acétate d'éthyle des feuilles saines et infectées).



A : fraction acétate d'éthyle feuilles infectées

B : fraction acétate d'éthyle feuilles saines

Figure 43: variabilité des populations résiduelles par la fraction acétate d'éthyle (feuilles infectées et saine)

Les pourcentages des populations résiduelles pour les deux extraits étaient supérieurs à 50% aux deux doses (20 et 50µl), pour les deux stades larvaires L1 et L2.

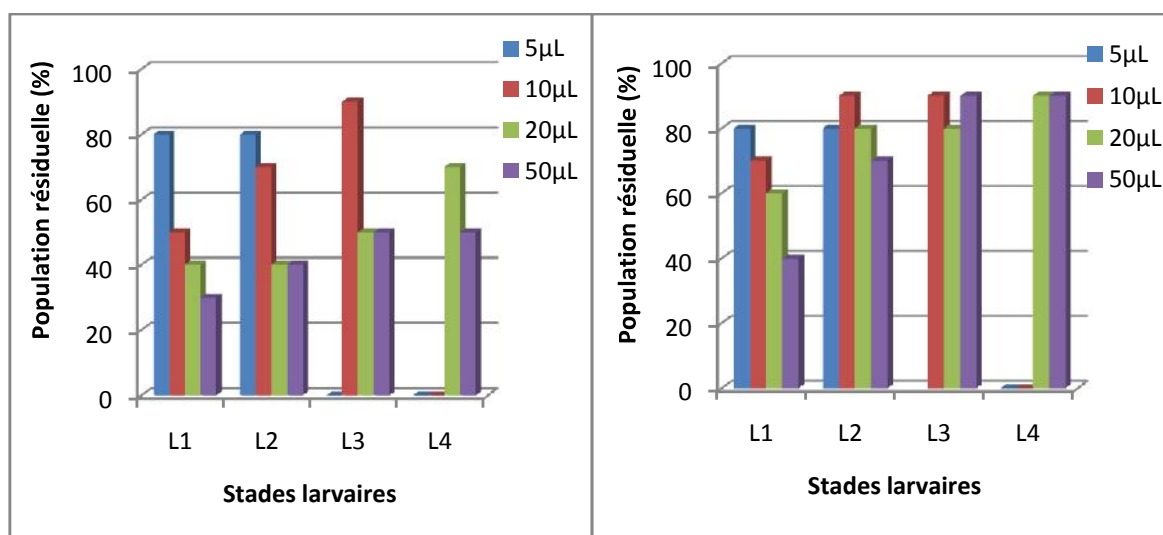
A la concentration 50µl de la fraction acétate d'éthyle feuilles saines, nous remarquons une toxicité moyenne pour la population L1 puisque le pourcentage de la population résiduelle était de 50%.

Les larves L3 et L4 ont présenté un taux de mortalité nul.

Pour la fraction acétate d'éthyle feuilles infectées, nous remarquons une faible toxicité pour les populations résiduelles pour les deux doses puisque leurs pourcentages ont dépassé les 60%.

4.1.2.3. Estimation de la toxicité par la fraction n-butanol

La figure 44 présente la variabilité de la population *T. absoluta* après l'application des extraits (fraction n-butanol des feuilles saines et infectées).



A : fraction n-butanol feuilles infectées

B : fraction n-butanol feuilles saines

Figure 44: variabilité des populations résiduelles par la fraction n-butanol (feuilles infectées et saines)

D'après la figure 44, les pourcentages des populations résiduelles ont varié de 30% à 80%.

Pour le stade L1, le pourcentage a été de 30% à la concentration 50μl, 40% pour la concentration 20μl et 50% pour la concentration 10μl, ce qui s'explique par la toxicité des molécules bioactives de la fraction n-butanol (feuilles infectées). Le stade L1 semble le plus impacté par ces fractions.

En revanche, les mêmes molécules bioactives semblent avoir une toxicité moyenne pour les deux stades larvaires L1 et L2 à la dose 20μl et pour les stades L3 et L4 à la dose 50μl puisque les pourcentages des populations résiduelles ont été de 50%.

Concernant la fraction n-butanol des feuilles saines, les pourcentages des populations résiduelles ont varié de 40 à 90% pour les quatre stades larvaires à la concentration de 50%.

En revanche, les pourcentages des populations résiduelles ont tous été supérieurs à 60% à la concentration de 20%, ce qui explique la faible toxicité des molécules bioactives à cette concentration.

4.2. Activités antimicrobiennes

Dans la présente étude, les extraits obtenus à partir des feuilles saines et infectées ont été testés contre une gamme de microorganismes (bactériens et fongiques). Pour évaluer l'efficacité de nos extraits, nous avons utilisé la méthode de diffusion des disques sur milieu solide, basée sur la mesure des diamètres des zones d'inhibitions en mm (**Biyiti *et al.*, 2004**). Dans l'affirmative, nous avons déterminé la concentration minimale inhibitrice (CMI), basée sur la recherche de la plus faible concentration des composés qui inhibe la croissance des micro-organismes.

4.2.1. Activité antibactérienne

Le pouvoir antibactérien des extraits des feuilles de tomate a été testé sur cinq souches bactériennes. Nous rapportons dans le tableau 26 les diamètres des zones d'inhibition des extraits bruts, des fractions acétate d'éthyle et des fractions n-butanol pour les feuilles saines et infectées sur les souches bactériennes testées.

A partir des résultats obtenus, nous avons constaté que les extraits des feuilles de tomate *Lycopersicum esculentum* n'ont exercé aucun effet sur la croissance de *Bacillus*, alors que leur activité vis-à-vis de *Pseudomonas* et *Actinobacter* a été modérée ; ces deux souches se sont comportées différemment selon les doses des extraits, les diamètres des zones d'inhibition étaient compris entre 8 et 21mm.

Actinobacter a été la plus sensible à l'extrait n-butanol pour les feuilles de tomate saines et infectées, avec une zone d'inhibition de 23 mm (photos 7 et 8).

L'extrait brut des feuilles de tomate saines a présenté une certaine efficacité contre *Actinobacter* à la dose de 20µl avec un diamètre de 8.5mm.

La souche *Bacillus* s'est révélée résistante à tous les extraits, cela s'explique soit par la faible activité antibactérienne des molécules bioactives ou par la difficulté des différents extraits à diffuser de manière uniforme à travers l'agar (**Rauha *et al.*, 2000**).

Tableau 26: diamètres des zones d'inhibition (en mm) des différents extraits

Extraits		<i>Pseudomonas</i>	<i>Actinobacter</i>	<i>Bacillus</i>
Extrait brut FTS	5µL	6±0.00	6±0.00	6±0.00
	10µl	6±0.00	6±0.00	6±0.00
	20µl	6±0.00	8,5±0,70	6±0.00
Extrait brut FTA	5µl	6±0.00	6±0.00	6±0.00
	10µl	6±0.00	6±0.00	6±0.00
	20µl	6±0.00	6±0.00	6±0.00
Acétate d'éthyle FTS	5µl	6±0.00	6±0.00	6±0.00
	10µl	6±0.00	6±0.00	6±0.00
	20µl	6±0.00	6±0.00	6±0.00
Acétate d'éthyle FTA	5µl	6±0.00	6±0.00	6±0.00
	10µl	6±0.00	10.5±0.70	6±0.00
	20µl	6±0.00	15.5±0.35	6±0.00
n-butanol FTS	5µl	6±0.00	6±0.00	6±0.00
	10µl	6±0.00	19.5±0.70	6±0.00
	20µl	6±0.00	21.5±0.70	6±0.00
n-butanol FTA	5µl	6±0.00	9.5±0.70	6±0.00
	10µl	13.25±0.35	18.25±0.35	6±0.00
	20µl	18±0.00	23±0.00	6±0.00

Les photos suivantes illustrent les différents tests effectués :

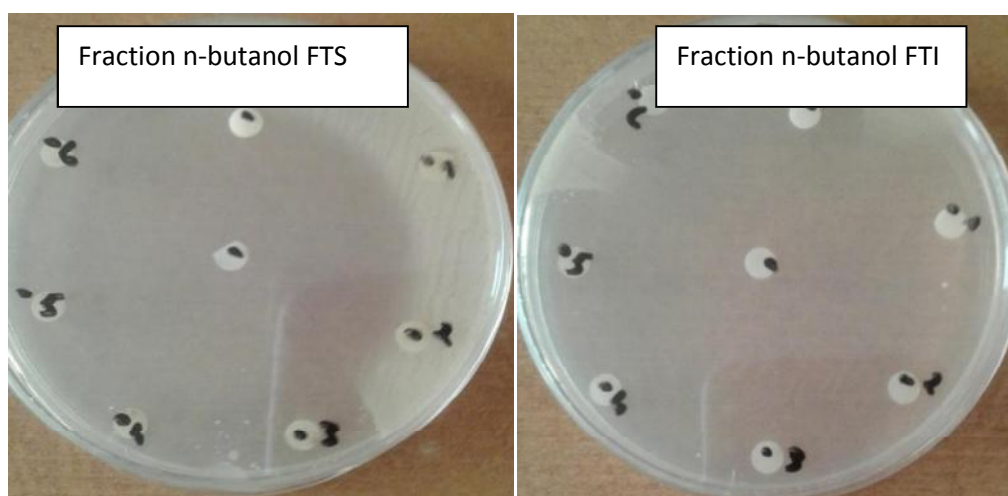


Photo 7 : inhibition d'*Actinobacter* par la fraction n-butanol feuilles saines

Photo 8 : inhibition d'*Actinobacter* par la fraction n-butanol feuilles infectées

Pour les deux souches bactériennes *Pseudomonas* et *Actinobacter* qui se sont montrées les plus sensibles par la méthode de diffusion des disques sur milieu solide, nous avons déterminé les valeurs de CMI, les résultats sont rapportés dans le tableau 27.

Tableau 27 : concentrations minimales inhibitrices (CMI) des extraits

Bactéries testées	Extraits	
	Fraction n-butanol FTS	Fraction n-butanol FTI
<i>Actinobacter</i>	5,03 mg/ml	0,63 mg/ml
<i>Pseudomonas</i>	/	0,0396 mg/ml

Les valeurs de la CMI contre les deux microorganismes testés varient de 0.0396 à 5.03 mg/ml.

Les deux souches *Actinobacter* et *Pseudomonas* ont été les plus sensibles à la fraction n-butanol des feuilles infectées avec des valeurs de CMI de 0.0396 à 0.63mg/ml.

La fraction n-butanol des feuilles saines est moins active contre la souche *Actinobacter* avec une valeur de CMI de 5,03mg/ml.

4.1.2. Activité antifongique

Les résultats de l'activité antifongique sont rapportés dans le tableau 28, montrant que les extraits des feuilles de tomate saines et infectées qui ont un effet inhibiteur sur la croissance des souches fongiques sont ceux :

- ✓ Des extraits bruts des feuilles de tomate infectées contre les deux souches *Cladosporium* et *Penicillium* avec un diamètre variant de 9 à 11mm.
- ✓ La fraction d'acétate d'éthyle des feuilles de tomate saines et infectées contre les souches *Fusarium*, *Penicillium* et *Cladosporium* avec des diamètres variant de 8.7 à 12.75mm.
- ✓ La fraction n-butanol des feuilles de tomate saines(**FTS**) et infectées(**FTI**) contre les souches *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* et *Cladosporium* avec des diamètres variant de 7 à 12.65mm.

Tableau 28 : diamètres des zones d'inhibition (en mm)

		<i>Aspergillus</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Trichoderma</i>	<i>Cladosporium</i>
Extrait brut FTS	5µL	6±0.00	6±0.00	6±0.00	6±0.00	6±0.00
	10µl	6±0.00	6±0.00	5.4±0.28	6±0.00	6±0.00
	20µl	6±0.00	4.65±0.49	8.1±0.14	6±0.00	8.5±0.70
Extrait brut FTI	5µl	6±0.00	6±0.00	6±0.00	6±0.00	6±0.00
	10µl	6±0.00	6±0.00	9.35±0.21	6±0.00	6±0.00
	20µl	2.75±0.35	6±0.00	11.1±0.14	6±0.00	9.5±0.70
Acétate d'éthyle FTS	5µl	6±0.00	6±0.00	6±0.00	6±0.00	6±0.00
	10µl	6±0.00	6±0.00	6.25±0.07	6±0.00	6±0.00
	20µl	6±0.00	8.7±0.28	12.65±0.21	6±0.00	5.75±1.0.6
Acétate d'éthyle FTI	5µl	6±0.00	6±0.00	6±0.00	6±0.00	6±0.00
	10µl	6±0.00	6±0.00	8.7±0.28	6±0.00	6±0.00
	20µl	6±0.00	10±0.00	12.75±0.21	6±0.00	8.75±1.06
n-butanol FTS	5µl	6±0.00	6±0.00	6±0.00	6±0.00	6±0.00
	10µl	3.5±0.70	5.3±0.42	4.75±0.21	6±0.00	6±0.00
	20µl	6.05±0.63	7.85±0.21	9.65±0.21	6±0.00	9±1.41
n-butanol FTI	5µl	6±0.00	6±0.00	6±0.00	6±0.00	6±0.00
	10µl	6±0.00	7.4±0.56	8.1±0.28	6±0.00	6±0.00
	20µl	10.75±1.06	9.4±0.56	12.65±0.21	6±0.00	11.5±0.70

La souche qui a fait l'objet de la recherche de la CMI est *Penicillium* dont les diamètres d'inhibition sont les plus importants, souvent supérieurs à 12mm.

Tableau 29: concentrations minimales inhibitrices (CMI) des extraits vis-à-vis de la souche *Penicillium*

Souche	Extraits		
	Acétate d'éthyle FTS (mg/ml)	Acétate d'éthyle FTI (mg/ml)	n-butanol FTI (mg/ml)
<i>Penicillium</i>	0,19	0,25	0,31

A partir des résultats des concentrations minimales inhibitrices (CMI) des extraits sur *Penicillium*, les valeurs de la CMI ont varié de 0,19 à 0,31mg/ml, ce qui montre leur efficacité.

L'action inhibitrice la plus importante est observée pour la fraction acétate d'éthyle FTS avec une CMI de 0,19 mg/ml.

CONCLUSION

L'ensemble des résultats montre que la tomate *Lycopersicon esculentum* sécrète des métabolites secondaires lui permettant de se défendre par son pouvoir allélochimique lorsqu'elle est attaquée aussi bien par la mineuse *Tuta absoluta* que par les champignons et bactéries pathogènes. Ces résultats fort intéressants prouvent non seulement le pouvoir allélopathique de cette plante mais nous permet de proposer les extraits testés comme alternative aux traitements insecticides jusque là utilisés malgré leur nocivité.

Discussion

La tomate *Lycopersicon esculentum* est une plante très répandue dans le monde entier, notamment dans le Bassin méditerranéen dont l'Algérie.

Le fruit de tomate est utilisé sous plusieurs formes tant pour ses propriétés culinaires et gustatives que pour ses bienfaits sanitaires. Plusieurs ravageurs attaquent la plante parmi lesquels un insecte holométabole observé ces dernières années, il cause des pertes considérables aussi bien sous serre qu'en plein champ, la mineuse *Tuta absoluta* dont la lutte reste très difficile.

Le travail effectué porte sur la bioécologie de la mineuse dans notre région d'étude et les différents moyens de lutte naturelle, par le pouvoir allélopathique de la plante de tomate elle-même, pour lutter contre ce phytophage et la microflore pathogène qui l'accompagne.

A cet effet, nous avons étudié deux parties de la plante, les feuilles et les fruits, sains et infectés. Grâce aux analyses phytochimiques que nous avons effectuées, différents types de phytoconstituants ont été identifiés dont la classe majoritaire sont les polyphénols (tanins, flavonoïdes...). Ces derniers sont des composés ubiquitaires des plantes, répartis dans différents organes du fait de leur rôle dans la plante et occupent une place prépondérante dans le groupe des métabolites secondaires. Nous avons aussi testé les différents extraits pour en connaître les activités biologiques (insecticides, antifongiques et antibactériennes) ainsi que leurs activités antioxydantes.

Dans cette partie nous synthétisons et discutons les principaux résultats obtenus.

Tuta absoluta est devenu un ravageur dans de nombreux pays méditerranéens (**Tropea Garzia et al., 2012**), il semble y avoir beaucoup de variations au sein de sa capacité à se développer sous différentes températures. Les travaux en cours ont déterminé que entre 18 et 25°C se situent les températures les plus favorables au développement de cet insecte.

Les températures de 10°C et au-dessous ont été fatales pour le développement de la mineuse mais nous ne pouvons pas affirmer qu'une population mourrait si les températures de serre étaient réduites à cette température.

Les œufs ont éclos à 10°C, mais le cycle de vie n'a jamais pu se terminer, plusieurs larves de premier stade ont été trouvées mortes à la surface des feuilles après avoir échoué à creuser dans la feuille. Nous avons constaté que la mortalité totale a été causée à l'état larvaire, les larves ont tout simplement pourri.

Nous avons pu déterminer que 10°C est à l'extrémité inférieure de la gamme de températures pour le développement de *Tuta absoluta*. Les températures supérieures à 25°C ont semblé avoir un effet néfaste sur le développement de *Tuta absoluta* et sur la durée de vie. Ces résultats sont compatibles avec les rapports des producteurs dans le sud de l'Italie qui ont déclaré que la croissance de la population de *Tuta absoluta* est plus grande au printemps/début d'été et à nouveau en fin d'été/automne avec une période de répit à la mi-été (**Jacobson, 2012 ; Andrew et al., 2013**).

Dans l'étude actuelle, *Tuta absoluta* a montré une forte mortalité naturelle. Sur le terrain, nous avons supposé que la mortalité au troisième stade serait due à la dispersion des chenilles à mesure qu'ils grandissent, ce qui augmenterait leur exposition aux prédateurs. En revanche, les larves de premier et deuxième stades sont restées dans la feuille où la ponte a lieu. Quand ils ont atteint le troisième stade, les larves ont se sont étalées sur le plant de tomate en raison de la compétition pour la nourriture (**Price, 1984**). Une mortalité élevée dans les stades larvaires pourrait également être due au fait que les premiers stades larvaires sont plus rapprochés et donc plus vulnérables aux prédateurs. Notre étude montre que *Tuta absoluta* a une mortalité larvaire naturellement élevée.

Parmi les insectes la forte mortalité des œufs n'est pas exceptionnelle (**Price, 1984**). Les œufs mal protégés sur la surface des feuilles sont une cible facile pour la prédation et le parasitisme. La ponte d'un grand nombre d'œufs, dont beaucoup peuvent ne pas être viables, peut minimiser l'impact de ces facteurs de mortalité sur la population de ravageurs. Cela peut aussi être une explication pour le faible nombre de papillons adultes obtenus lors de nos élevages en laboratoire par rapport au nombre d'œufs éclos au départ.

Nos expériences ont montré que l'émergence des adultes donne plus d'adultes mâles que de femelles, avec un rapport de sexe ratio 1.32, différent de celui trouvé par **Fernandez et Montagne (1990)** qui ont observé plus de femelles que de mâles.

Tuta absoluta est une population multivoltine (**Pereyra et Sánchez, 2006**). La durée du cycle de développement dépend fortement des conditions environnementales, avec un temps

de développement moyen de 76,3 jours à 14°C, 39,8 jours à 19,7°C et 23,8 jours à 27,1°C (**Barrientos et al., 1998**). L'étude d'**Andrew et al. (2013)** montre une durée de développement de 58 jours à 13°C; 37 jours pour se développer à 19°C et 23 jours à 25°C. Ces durées sont différentes de celles que nous avons obtenues. Dans notre étude nous avons constaté que le développement de *Tuta absoluta* de l'œuf à l'adulte a pris seulement 48 jours à 18°C, 35 jours à 25 °C et 23 jours à 30°C, nos résultats sont en accord avec les résultats de **Barrientos et al. (1998)** et de **Razuri et Vergas (1975)** qui ont constaté que la durée du cycle de développement de *Tuta absoluta* varie entre 26 et 34 jours pour une température ambiante de 24 °C.

Selon **Bouayad (2015)**, la durée de développement est de 16 jours à une température de 30°C±1°C, une durée de 21 jours à une température de 27 °C, la durée la plus longue est de 28 jours à une température ambiante de 24±1°C, ces résultats corroborent ceux de **Mahdi et al. (2011)**.

Plusieurs auteurs ont trouvé des durées de développement qui varient de 26 à 38 jours (**Pereira, 2005 ; Molla et al., 2008 ; Silva, 2008**), cette variation trouve sa justification dans l'effet des facteurs climatiques dont principalement la température et l'hygrométrie qui jouent un grand rôle dans la durée du cycle de développement de tous les arthropodes.

L'étude de **Vianne (1992)**, affirme que la durée d'une génération d'un insecte dépend des facteurs climatiques, en particulier de la température et de l'humidité, **Barrientos et al. (1998)** et **Daoudi-Hacini et al. (2011)** rejoignent la même idée, en attestant que la température représente un facteur d'une très grande importance sur la bioécologie de *T. absoluta*.

Desneux et al. (2010) ont montré que la durée de vie de l'adulte de *Tuta absoluta* est comprise entre 10 et 15 jours pour les femelles et de 6-7 jours pour les mâles. Ces résultats sont en accord avec nos résultats pour les adultes femelles, et totalement contredits pour les adultes mâles.

La longévité des adultes obtenus lors de nos élevages a été 3 à 13 jours pour l'ensemble des adultes (mâles et femelles), ce qui est en accord avec les résultats de **Bouayad (2015)**, qui a obtenu une longévité des adultes femelles de 8 à 16 jours et de 6 à 13 jours pour les adultes mâles.

Ester et al. (2001), ont montré que la longévité est de 10 à 15 jours pour les femelles et de 6 à 7 jours pour les mâles.

Plusieurs travaux ont montré des périodes de longévité plus longues pour les femelles, (**Souza et Reis, 2000 ; Torres et al., 2001 ; Ghelamallah, 2008**), ils indiquent une période de 10 à 22 jours pour les femelles et seulement 10 jours pour les males. **Mahdi et al.(2011)**a signalé une période plus longue pour les femelles, de 22 à 26 jours et 12 à 18 jours pour les males.

La durée de développement de *Tuta absoluta* (où les papillons adultes n'avaient pas de nourriture fournie) était de 12jours à 25°C. Dans les tests de longévité où les papillons adultes avaient une source de nourriture de miel/ eau, ils survivaient pendant 40jours à 10°C. L'âge physiologique des insectes est augmenté à des températures plus basses (**Urbaneja et al., 2007**).Il est également suspecté que tous les papillons ne sont pas actifs dans les températures les plus basses.

L'étude de l'évolution des captures des adultes males par le piégeage à phéromone sexuelle montre l'apparition d'un pic durant le mois de Juin. L'effectif était presque nul durant la première semaine de capture.

Il est de même pour le nombre d'œufs trouvés et le nombre des larves et chrysalides trouvées pendant les sorties, on n'a commencé à les voir qu'à partir du mois de mars.

Nous remarquons que les nombres des œufs, larves et adultes et la dynamique de la population évoluent suivant l'augmentation de la température.

Au cours de cette évolution, les plantes ont su élaborer des systèmes de défense leur permettant de résister aux agents pathogènes. Les interactions hôte- pathogènes chez les plantes ont été très largement étudiées ces dernières années du point de vue physiologique, métabolique et même moléculaire (**Nurenberger et al., 2004 ; Eulgem, 2005**).

Dans ce travail, nous avons étudié les feuilles et les fruits de *Lycopersicon esculentum*, pour montrer le rôle de quelques substances biochimiques (flavonoïdes, tanins, flavonols..) dans l'interaction avec la mineuse (*Tuta absoluta*) et les microorganismes qui l'accompagnent.

Les substances phytochimiques ont été recherchées en raison de leurs activités biologiques nombreuses et surtout leurs rôles dans la défense moléculaire des plantes ou allélopathie.

Chez *L. esculentum*, le screening phytochimique a permis de détecter les principaux composés phytochimiques tels que les flavonoïdes et les tanins catéchiques, les alcaloïdes et les saponosides, les terpènes et les composés réducteurs au niveau des feuilles et fruits. Peu

d'études ont été effectuées sur la composition phytochimique des feuilles et fruits de *L. esculentum*, les travaux réalisés par **Taveira et al. (2012)** et **Silva-Beltán et al. (2015)** ont montré que les alcaloïdes sont les composés les plus abondants dans les feuilles de la plante, ce sont notamment la tomatine et la tomatidine.

Aussi les travaux de **Muir et al. (2001)** et **Bovy et al. (2002)** sur les fruits de *L. esculentum* ont confirmé la présence des flavonoïdes tels que la naringénine chalcone et certains flavonols tels que le kaempférol et les glycosides de quercétine, principalement dans les tissus végétaux.

La richesse de *L. esculentum* en polyphénols a été confirmée par certains auteurs sur d'autres espèces. Les feuilles de l'espèce *Solanum dasyphyllum* ont révélé la présence de tanins catéchiques et de flavonoïdes (**Angenot, 1970**). D'autres travaux réalisés par **Shen et al. (2005)** et **Ghose (2015)** sur l'espèce *Solanum melongena* ont montré la présence des flavonoïdes et des tanins. Chez l'espèce *Solanum nigrum*, **Zemali et Ouahrani (2013)** ont révélé la présence de tanins, flavonoïdes, alcaloïdes et saponines au niveau des feuilles et fruits.

L'étude de **Dougnou et al. (2012)** sur les feuilles et les fruits de *Solanum macrocarpon* a confirmé la présence des mêmes classes phytochimiques que notre espèce (alcaloïdes, tanins, flavonoïdes, saponines et composés réducteurs), ces résultats sont en accord avec ceux de **Gupta (1994)**, **Olaniyi et al. (1998)** et **Shils et al. (2006)**. Les résultats de **Hedge et al. (2014)** ont montré la présence des alcaloïdes, saponines et des stéroïdes au niveau des feuilles et fruits de *Capsicum frutescens* (Solanaceae).

Les extractions des différents métabolites secondaires les plus abondants dans les feuilles et les fruits sains et infectés par la mineuse nous ont permis de calculer les rendements des extraits bruts méthanoliques, des fractions flavoniques (acétate d'éthyle et n-butanol) et des tanins.

Les rendements sont élevés dans les extraits bruts méthanoliques au niveau des feuilles et fruits, ceci a été prouvé par plusieurs études qui ont suggéré que le méthanol est le solvant le plus utilisé pour extraire les composés phénoliques d'une plante (**Sun et al., 2007** ; **Fellah et al., 2008**).

L'analyse quantitative des composés phénoliques au niveau des extraits bruts méthanoliques, fractions flavoniques (acétate d'éthyle et n-butanol) a donné des taux variables

d'un extrait à un autre, avec une prédominance des extraits bruts, la fraction n-butanol suivis de la fraction acétate d'éthyle.

Le taux maximal en phénols totaux est obtenu au niveau des extraits bruts des fruits, puis l'extrait brut des feuilles, suivis de la fraction n-butanol issue par partage de liquide /liquide de l'extrait eau/MeOH.

Le dosage des phénols totaux de l'espèce *Capsicum frutescens* réalisé par **Gurnani et al. (2016)**, a révélé une quantité des phénols totaux de 26,15 mg GAE/g dans l'extrait d'hexane, tandis que l'extrait éthanolique contient un taux de phénols totaux de 16,22 mg GAE/g (**Shaik et al., 2013**). Selon, l'étude de **Zadra et al. (2012)**, la fraction acétate d'éthyle a présenté la teneur la plus élevée en phénol totaux (546.57 ± 2.35 mg/g acide gallique (GAE) au niveau des feuilles de l'espèce *Solanum guaraniticum*.

Les résultats des teneurs en composés phénoliques de *L. esculentum* montrent la richesse des fruits et feuilles en ces derniers, les fruits sont plus riches en composés phénoliques par rapport aux feuilles. Par conséquent, nos résultats ne concordent pas avec ceux de **Silva-Beltrán et al.(2015)** qui ont montré que les extraits des feuilles de tomate contiennent des niveaux plus élevés en phénols totaux que ceux trouvés dans les fruits.

Cette richesse indiquée dans notre étude est confirmé par **Rivero et al. (2003)** et **Toor et al. (2009)**. Le taux des phénols totaux a atteint des valeurs très élevées au niveau des feuilles de *L. esculentum* issues d'une serre dans la vallée Yaqui à Sorona au Mexique, il a varié d'une variété à une autre de 83.35 mg GAET / g à 125,5 mg GAE/g pour les variétés Floradade et Pitenza respectivement (**Silva-Beltrán et al., 2015**).

L'étude de **Helmja et al.(2007)** et **Azeez et al.(2012)**a montré un bon contenu phénolique dans les fruits de *L.esculentum*.L'étude réalisée par **Helmja et al.** en **2007** révèle une quantité des phénols totaux de 360mg GAE/g pour les fruits.

Dans notre étude, les teneurs en phénols totaux des feuilles infectées ($13,04 \pm 0,82$ mg EAG/g MS pour l'extrait brut et $6,88 \pm 0,01$ mg EAG/g MS pour la fraction n-butanol) ont été plus élevées par rapport à celles des feuilles saines ($10,33 \pm 1,06$ pour l'extrait brut et $6,01 \pm 0,07$ mgEAG/ g MS pour la fraction n-butanol). Les teneurs au niveau des fruits infectés ($26,20 \pm 0,16$ mg EAG/g MS pour l'extrait brut et pour la fraction n-butanol $10,61 \pm 0,89$) ont été supérieures par rapport à celles des fruits sains (l'extrait brut $14,03 \pm 1,25$ et la fraction n-butanol $5,08 \pm 0,48$). Ceci est justifié par le rôle de ces composés dans la défense contre les

agressions. Selon **Bourab (2000)** et **Rahioui et al. (2002)**, les composés phénoliques sont synthétisés suite à une agression pathogène.

Les composés phénoliques ont longtemps été reconnus comme des composés allélochimiques pour les plantes et les mauvaises herbes (**Weir et al., 2004; Xuan et al., 2005**). Principalement, les terpénoides, les quinones hydrosolubles, hydrobenzoates et les hydroxycinnamates sont des composés allélochimiques largement efficaces.

Un certain nombre de composés phénoliques simples et complexes s'accumulent dans les tissus végétaux et agissent comme des phytoalexines et des nématocides contre les pathogènes du sol et les insectes phytophages (**Akhtar et Malik, 2000 ; Lattanzio et al., 2006**). Les plantes réagissent à l'attaque des agents pathogènes en accumulant des phytoalexines telles que hydroxycoumarines et les hydroxycinnamates (**Mert-Türk, 2002 ; Karou et al., 2005**).

Les composés phénoliques ont été proposés comme une solution de lutte contre les agents pathogènes des cultures pour minimiser l'utilisation des produits chimiques au niveau du secteur agricole (**Langcake et al., 1981**).

Nos résultats sont en accord avec les résultats de plusieurs travaux, ces auteurs ont observé l'accumulation de ces composés phénoliques dans les tissus des plantes après une infection par un pathogène ce qui prouve leur rôle dans la défense contre les pathogènes (**Dixon et al., 2002 ; Cayuela et al., 2006 ; Baidez et al., 2007**).

Rivero et al. (2003) ont signalé un comportement similaire au niveau des feuilles de tomate lorsque ces derniers sont exposés à un stress biotique, le taux des composés phénoliques est plus important.

Cervilla et al. (2007) ont démontré que l'augmentation des teneurs en polyphénols dans les feuilles de tomate et l'accumulation de phénols solubles dans les plants de tomates sont des mécanismes induits en réponse au stress stimulé.

La synthèse des composés phénoliques en réponse à une agression pathogène a d'ailleurs été mise en évidence chez l'algue rouge *C. crispus* (**Bouarab, 2000 ; Bouarab et al., 2004**).

Pour les autres classes de polyphénols, les plus fortes concentrations en flavonoïdes et flavonols ont été enregistrées dans les feuilles de tomate par rapport au fruit. Nos résultats sont

en accord avec ceux de **Muir et al.(2001)** ; **Bovy et al.(2002)** ; **Toor et al.(2005)** ; **Slimestad et Verheul (2009)** et **Silva-Beltrán et al.(2015)**.

Par contre l'étude d'**Azeez et al. (2012)** montre que la teneur en flavonoïde est plus élevée au niveau des fruits et augmente avec la maturité des fruits ; ces résultats sont en accord avec les travaux de **Lee et al.(1995)** ; **Howard et al. (2000)** et **Riadh et al.(2011)**.

Dans notre étude, les teneurs en flavonoïdes et en flavonols étaient supérieures au niveau des feuilles et des fruits infectés par la mineuse ; les extraits bruts présentant les valeurs les plus élevées suivis par les fractions n-butanol. En comparant les résultats entre les feuilles et les fruits, les feuilles présentaient les teneurs les plus élevées en flavonoïdes et flavonols par rapport au fruit, nous supposons que ces composés sont impliqués dans la défense contre la mineuse de la tomate et les microorganismes pathogènes.

Beaucoup de flavonoïdes possèdent des propriétés sur les herbivores et des propriétés antifongiques et antibactériennes (**Cushnie et al., 2005**), ils jouent un rôle important dans la résistance fongique, de fortes concentrations en flavonoïdes dans les fruits sont en effet très souvent corrélées avec une faible incidence du pathogène. Selon **Treutter (2005)**, l'irradiation UV de *Citrus aurantium* entraîne une augmentation de la concentration en flavonoïdes réduisant ainsi la contamination par *Penicillium digitatum*.

Le plus grand nombre des flavonoïdes qui a des activités antifongiques appartient aux flavanones et aux flavanes (**Grayer et al., 1994**).

Parmi les classes de flavonoïdes comprenant des molécules insecticides, on note la déguéline et la téphrosine (roténoïdes) qui apparaissent comme de bons larvicides contre *Aedesaegypti* (**Yenesew et al., 2009**) et contre *Culex quinquefasciatus* (**Yenesew et al., 2005**). Aussi, certains ptérocarpanes (dérivés de la ptérocarpine) possèdent des propriétés insecticides contre *Anopheles gambiae* (néoduline, 4-méthoxynéoduline), contre les termites *Reticulitermes speratus* (**Jimenez-Gonzalez et al., 2008**).

Les tanins ont un grand intérêt dans la nutrition et dans la médecine en raison de leur capacité antioxydante puissante, les propriétés biologiques et médicinales des tanins ont été liées à leur pouvoir antioxydant puissant (**Rosales-Castro et al., 2014**).

Les tanins sont aussi des produits chimiques de défense, protégeant les plantes contre les attaques des herbivores, les champignons et les mauvaises herbes.

Les résultats des teneurs en tanins condensés montrent la richesse des fruits en ces derniers, l'extrait brut du fruit sain a présenté la quantité la plus importante ($2,66 \pm 0,08$ mg EC/g MS) suivi par l'extrait brut du fruit infecté par la mineuse ($2,38 \pm 0,01$ mg EC/g MS), nos résultats sont en accord avec les résultats de **Oyetayo et al.(2012)**.

Les chlorophylles sont le groupe le plus important de pigments photosynthétiques, responsables de l'absorption de la lumière ; le taux de chlorophylle augmente chez les jeunes feuilles et diminue considérablement durant la sénescence ((**Imai et al., 2005 et 2008**).

Dans notre étude, les teneurs des pigments chlorophylliens (chlorophylle brute, chlorophylle A, chlorophylle B et caroténoïdes), sont proches entre les feuilles saines et infectées, cependant le taux de chlorophylle brute est plus élevé que les autres chlorophylles (A et B). Nos résultats sont en accord avec les résultats de **Ferruzzi, et al. (2002) et Silva-Beltrán et al. (2015)**.

Selon l'étude de **Camejo et Torres (2001)**, la teneur en chlorophylle A et B augmente dans les plantes suite à des stress, cette augmentation en chlorophylle A pourrait être associée à une synthèse majeure de ce pigment. **Martín et al. (1995)** ont trouvé une augmentation de la teneur en chlorophylle A dans des plantes soumises au stress citrique et à des températures élevées.

D'après nos recherches, il n'y pas eu des travaux se rapportant à l'activité antioxydante des feuilles de la plante *Lycopersicon esculentum*.

De nombreuses études ont montré que l'activité antioxydante mesurée, dépend essentiellement du système et du test utilisé, et on recommande de fonder des conclusions sur au moins deux systèmes de tests différents (**Moon et Shinamoto, 2009**).

Les propriétés antioxydantes des extraits des plantes doivent être évaluées dans une variété de système pour assurer l'efficacité de molécules antioxydantes, car ces propriétés dépendent largement de la composition des extraits et des conditions du système de test (**Ozsoy et al., 2008**). Elles sont influencées par de nombreux facteurs, qui ne peuvent être entièrement décrits par une seule méthode par conséquent, il est nécessaire d'effectuer plus d'un type de modèle et de prendre en compte les différents mécanismes d'action des antioxydants (**Szewczyk et al.,2012**).

Toutes ces données nous ont conduites à faire une étude du pouvoir antioxydant par des méthodes spécifiques, à savoir la réduction du fer et le piégeage du radical libre DPPH.

Dans la première méthode, le profil de réduction de fer a changé d'un extrait à un autre, mais nous avons remarqué une augmentation proportionnelle de la réduction du fer (reflétée par l'augmentation des absorbances) avec l'augmentation des concentrations utilisées.

La puissante capacité des extraits étudiés pour réduire le fer a été obtenue par les fractions n-butanol des feuilles infectées et des feuilles saines, ces dernières ont présenté la capacité la plus basse. Le pouvoir réducteur du fer est important au niveau des extraits bruts des fruits sains et infectés avec des absorbances de 0.6 à 0.91 à la concentration 6mg/mL, de même les résultats de **Balaswamy et al., (2015)** ont montré que le jus de tomate présente une forte activité à réduire le fer avec une absorbance de 0,9769 à la concentration 5mg/mL.

L'activité antiradicale des différents extraits a été évaluée par le test du DPPH, celui-ci est souvent utilisé pour la rapidité des résultats, comme il est employé pour le criblage des molécules douées d'activités antioxydantes présentes dans les végétaux (**Yi et al., 2008**). En comparant les CI50 des différents extraits testés par rapport à l'acide ascorbique, nous avons remarqué que les fractions acétate d'éthyle des fruits sains et infectés ont la capacité de piéger le radical DPPH, les valeurs de CI50 sont les plus basses (0,644mg/mL et 0,924mg/mL), elles sont plus importantes que celles de l'acide ascorbique. Nos résultats sont en accord avec les résultats d'**Elbadrawy et Sello (2011)** et de **Sidhu et al. (2017)**. cette forte activité antioxydante à piéger le radical DPPH est due à sa teneur élevée en lycopène et en composés phénoliques (**Brand-Williams et al., 1995; Yen et al., 2005**).

Ainsi les fractions n-butanol des feuilles saines et infectées présentent une CI50 de 1,7mg/mL, ces extraits présentent une activité anti radicale moyenne, tandis que les autres extraits donnent les valeurs les plus élevées, par conséquent l'activité antioxydante la plus faible.

Des travaux réalisés par **Silva-Beltrán et al. (2015)** ont montré que les feuilles de tomate présentent une forte activité antioxydante à piéger le radical libre DPPH, les activités les plus élevées observées dans les feuilles pourraient représenter un mécanisme de défense dans la plante, ces résultats sont confirmés par les travaux de **Rivero et al. (2003)** et **Cui et al. (2006)**.

Pour la première fois dans ce type d'étude, nous avons réalisé une chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC) pour les feuilles saines et infectées par la mineuse.

Entre les différents extraits, on s'est intéressé à la fraction n-butanol des feuilles saines et infectées.

Les différents profils de pics observés entre les fractions n-butanol des feuilles ont confirmé la synthèse de nouveaux composés dans les feuilles infectées par la mineuse (*Tuta absoluta*), qui n'ont pas été trouvés dans les feuilles saines.

La catéchine a été identifiée suivant les étalons utilisés. D'après l'étude de **Ntalli et al. (2011)**, la catéchine agit comme un moyen de dissuasion contre la pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*).

Plusieurs composés phénoliques ont été identifiés dans les feuilles de tomate par HPLC/MS, y compris les acides trans et cis-p-coumarique, caféique, trans-férulique, sinapique, protocatéchique et vanillique (**Revilla et al., 1985 ; Van der Rest et al. ; 2006, Boudet, 2007 et Bernard et al., 2009**). L'acide gallique, l'acide chlorogénique, la rutine et la quercétine ont été trouvés comme composés prédominants dans les feuilles de tomate (**Silva-Beltran et al., 2015 ; Slimestad et Verheul, 2009**).

Ferreres et al. (2011) ont utilisé le HPLC-DAD-ESI-MS pour caractériser les composés phénoliques dans les feuilles de tomate *Lycopersicon esculentum* en présence de *Spodoptera littoralis* et ont identifié 15 composés phénoliques dont l'acide caféique, l'acide férulique, la rutine et quercétine. **Panina et al. (2007)** ont signalé la présence d'acide férulique, caféique et vanillique dans les feuilles de la tomate suite à l'attaque par des champignons, parmi lesquels l'acide caféique avait la teneur la plus élevée. Les travaux de **Silva-Beltrán et al. (2014)** ont identifié 6 composés phénoliques dont la quercétine, la rutine et l'acide férulique ; l'acide gallique, l'acide chlorogénique et la rutine sont les composants prédominants dans les extraits des feuilles de la tomate. L'acide gallique a été signalé comme un composant majeur des plantes de citrouille, les extraits des feuilles de goyave et les extraits de graines de *Moringa oleifera* (**Kubola et Siriamornpun, 2008 ; Nantitanon et al., 2010 ; Govardhan-Singh et al. 2013**).

Sánchez-Rodríguez et al. (2012) ont signalé la présence de dérivés de l'acide caféoylquinique, de la quercétine et du kaempférol, ainsi que de la quercétine-3-O-rutinoïde (flavone) de flavonol-3-O (rutine) en tant que composants majeurs.

Dans notre étude, les feuilles de la tomate *Lycopersicon esculentum* ont montré une forte accumulation de composés phénoliques, qui pourraient être stimulés en réponse aux facteurs biotiques et au stress abiotiques (**Sánchez-Rodríguez et al., 2012**).

Ceci pourrait expliquer la teneur la plus élevée des phénols totaux, des flavonoïdes et des flavonols dans la fraction n-butanol des feuilles infectées par la mineuse *Tuta absoluta*.

Néanmoins, ces molécules sont susceptibles de jouer un rôle de défense contre les insectes ou un rôle de dissuasion alimentaire. L'étude de **Cayuela et al. (2006)** montre que l'acide férulique incorporé dans le régime a diminuée la survie et réduite l'indice de la reproduction de la punaise verte (*Schizaphis graminum*).

Les métabolites secondaires des plantes peuvent jouer un rôle important en tant que pesticides, ils peuvent également conduire à une diminution de l'utilisation des insecticides chimiques, qui sont actuellement utilisés à des concentrations élevées. Dans ce contexte, nous avons étudié les activités biologiques de nos extraits sur la mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*) et sur les bactéries phytopathogènes et sur les champignons.

Les différents extraits bruts et leurs fractions (fraction acétate d'éthyle et n-butanol) des feuilles saines et infectées sont testés sur les quatre stades larvaires (L1, L2, L3 et L4). L'ensemble des résultats obtenus dans nos conditions expérimentales montre que les deux fractions n-butanol des feuilles saines et infectées ont une action larvicide sur les larves (L1, L2, L3 et L4).

Après l'utilisation des fractions n-butanol sur les quatre stades larvaires, nous avons enregistré des taux de mortalité supérieurs à 50%. Le taux de mortalité a varié selon les concentrations des extraits utilisés, à une concentration de 5µl le taux de mortalité étaient nul pour les deux stades (L3 et L4) alors que pour les autres stades il était faible.

En revanche, le taux de mortalité augmente avec l'augmentation des concentrations, à (10µl, 20µl et 50µl) il est supérieur à 50%. Ces résultats expliquent la toxicité de cette plante en raison de sa richesse en molécules bioactives.

Nos résultats sont en accord avec les travaux de **Devanand et Usha Rani (2011)** qui ont montré que l'extrait des feuilles de *L. esculentum* et ses fractions chromatographiques ont montré un effet inhibiteur de la croissance des larves *Spodoptera litura* et *Achaea janata*. Plusieurs auteurs ont mentionné la présence des molécules bioactives dans les feuilles de la

tomate comme α -tomatine. Les travaux de **Ventrella et al. (2016)** ont prouvé que α -tomatine a causé la plus grande mortalité de la cicadelle de la pomme de terre *Empoasca fabae*. α -tomatine était également très toxique sur les œufs de fausse-teigne des crucifères (*Plutella xylostella*) qui s'attaque aux légumes comme le chou (**Friedman, 2002**).

Au Maroc, **Ait Taadaouit et al.(2011)** ont trouvé une bonne activité larvicide des extraits de *Thymus vulgaris* et *Argania spinosa* contre les stades larvaires de *Tuta absoluta*.

En ce qui concerne l'activité antibactérienne des différents extraits étudiés, les fractions n-butanol des feuilles saines et infectées ont montré une activité antimicrobienne contre les deux souches *Actinobacter* et *Pseudomonas* avec des zones d'inhibitions différentes.

Les résultats obtenus ont montré que la fraction n-butanol des feuilles infectées a donné une très bonne activité antibactérienne. À la concentration 20 μ l, nous avons eu une zone d'inhibition de 23mm pour la souche *Actinobacter*.

La souche *Bacillus* s'est révélée résistante à tous les extraits, cela s'explique soit par la faible capacité des composés antimicrobiens, soit par l'absence des molécules fortement antimicrobiennes présentes dans les différents extraits à diffuser de manière uniforme à travers l'agar (**Rauha et al.,2000**).

Plusieurs études rapportent que les extraits des feuilles de la tomate ont montré une activité antimicrobienne importante contre les souches *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa* (**Bari et al., 2010 ; Valya et al, 2011 ;Murali Krishna et al., 2013 ;Akilan et al.,2014 ; Silva-Beltrán et al., 2015**).

Gandhiappan et al. (2012) ont montré que les fractions acétate d'éthyle des espèces de la famille des solanacées (*Solanum anguivi* ; *Solanum nigrum* ; *Solanum pubescens* ; *Solanum surratense* ; *Solanum torvum* et *Solanum trilobatum*) étaient efficaces contre quatre espèces bactériennes (*Staphylococcus aureus*, *Micrococcus luteus*, *Vibrio cholerae* et *Klebsiella pneumoniae*). **Venkatesan et al. (2004)** ont rapporté que l'extrait éthanolique de *Solanum nigrum* présenté des activités antimicrobiennes contre 16 types de bactéries.

Concernant la microflore pathogène des la plante tomate *L. esculentum*, nous avons identifié six souches de champignons isolées des feuilles et des fruits : *Fusarium* sp1, *Fusarium* sp2, *Pinicillium*sp.,*Aspergillus* sp, *Trichoderma* sp, *Cladosporium* sp. qui ont servi à tester l'activité biologique des extraits étudiés.

Les travaux de **Kalyoncu et al. (2005)** ont identifié 18 souches de champignons isolés de la tomate parmi les genres : *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* et *Trichoderma*.

Le pouvoir antifongique des extraits a été étudié vis-à-vis des champignons isolés. La souche *Penicillium* a été sensible à tous les extraits, la fraction n-butanol des feuilles infectées donne une zone d'inhibition plus importante.

Les travaux de **Gandhiappan et al. (2012)** ont montré que les fractions acétate d'éthyle de certaines espèces de la famille des solanacés ont eu une activité antifongique contre *Candida albicans*, *Candida parapsilosis* et *Candida tropicalis*.

Ainsi, **Murali Krishna et al. (2013)** ont remarqué que les extraits de *Solanum lycopersicum* L, ont été actifs contre les espèces *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* et *Candida albicans*.

L'ensemble des résultats nous permet de préconiser l'utilisation des extraits des composés phénoliques des feuilles de la tomate contre *Tuta absoluta* et tous les pathogènes qui lui sont associés pour protéger les cultures.

CONCLUSION

Conclusion

La culture de la tomate a une grande importance dans l'économie algérienne. Depuis 2008, cette culture est attaquée par *Tuta absoluta* (un microlépidoptère de 6 à 7 mm) dont la larve provoque d'importants dégâts sur les feuilles, les tiges et les fruits, particulièrement sur la tomate.

La lutte biologique attire l'attention des chercheurs à l'heure actuelle, surtout par l'utilisation de substances naturelles d'origine végétale comme insecticides.

La lutte contre ce nuisible est rendue difficile du fait de la présence de plusieurs espèces hôtes avec des périodes de maturation variables et échelonnées dans le temps. Pour cela, la recherche de traitements naturels et des solutions alternatives en utilisant des produits naturels pour lutter contre ces ravageurs est devenue indispensable.

L'objectif de ce travail est de vérifier si la tomate *Lycopersicon esculentum* possédait un pouvoir allélopathique lui permettant de lutter contre ses bioagresseurs, grâce aux composés phénoliques qu'elle sécrète, afin de les proposer comme agents de contrôle pour limiter les effets néfastes des pesticides sur l'environnement et la santé humaine.

Au cours de ce travail qui s'intéresse à l'évaluation de l'activité antimicrobienne, insecticide et anti-oxydante des extraits de feuilles de tomate saines et infectées, une bonne connaissance sur la bio-écologie et le développement de *Tuta absoluta* dans notre région était indispensable pour mieux cibler les périodes d'intervention, à l'apparition de nouvelles générations de la mineuse.

L'étude du cycle biologique de cet insecte holométabole en fonction de la température, à partir des élevages effectués en laboratoire, a fait ressortir une durée moyenne des stades de développement de l'œuf à l'adulte de 45 ± 3 jours à 18°C , 35 ± 2 jours à 25°C et 21 ± 1 jours à 30°C .

Les émergences des adultes donnent plus de mâles que de femelles pour tous les élevages, le sexe ratio est de 1,69.

L'étude biochimique montre que les extraits des feuilles et des fruits de tomate sains et infectés sont riches en composés phénoliques ; la teneur en composés varie d'un extrait à un autre avec une prédominance au niveau des extraits bruts suivis des fractions acétate d'éthyle obtenues par partage liquide-liquide des extraits bruts eau/MeOH (12.30 ± 0.30 , 10.98 ± 0.32 , 4.92 ± 0.10 , 1.99 ± 0.01 respectivement).

Conclusion

Les différents types de dosage (phénols totaux, flavonoïdes, tanins condensés et flavonols) ont montré une dominance des extraits bruts suivis de la fraction n-butanol. Les feuilles de tomate infectée sont présentées un taux élevé en phénol totaux, flavonoïdes, tanins condensés et flavonol par rapport aux feuilles saines.

L'activité antioxydante analysée par les deux méthodes FRAP et DPPH[•], révèle que la fraction n-butanol des extraits feuilles de tomate saines et infectées ont présenté un pouvoir remarquable pour donner des électrons aux radicaux libres réactifs, les convertissant en espèces non réactives plus stables.

Les EC₅₀ (concentration efficace pour réduire 50% de la concentration initiale) de la fraction n-butanol donne des valeurs de 0,320 et 0,367 mg/mL respectivement présentant ainsi le meilleur pouvoir à réduire le fer. Ces deux extraits ont marqué aussi une activité moyenne à piéger le radical libre DPPH.

Les fractions acétate d'éthyle des fruits sains et infectés ont montré une capacité considérable à piéger le radical DPPH, avec des valeurs respectives CI₅₀ (concentration inhibitrice) (0,644 et 0,921 mg/mL).

Les analyses par HPLC des différents extraits montrent une différence entre les fractions n-butanol des extraits des feuilles saines et infectées par la mineuse. Certains composés phénoliques, y compris la catéchine ont été synthétisés en raison de l'attaque de la mineuse. Ce sont probablement des phytoalexines, leur rôle protecteur devrait être étudié pour les incorporer dans les programmes de défense de la tomate contre la mineuse.

L'activité antimicrobienne à partir des extraits acétate d'éthyle, n-butanol, et méthanol des feuilles de tomates saines et infectées ont montré une activité importante et de bons effets inhibiteurs envers la bactérie *Actinobacter* plus que pour *Pseudomonas*.

Les extraits de feuilles de tomate révèlent une activité antifongique, la réponse pour chaque champignon testé était différente mais positive ; ce qui nous permet de dire que ces extraits peuvent être utilisés dans la lutte contre les microorganismes.

Les tests de toxicité contre les larves de la mineuse par les extraits, montrent des résultats moyens pour les extraits bruts et fraction acétate d'éthyle.

Le taux de mortalité des larves L1 et L2 atteint 50% à une concentration 50µl pour les extraits bruts des feuilles infectées et saines. Le taux de mortalité a varié de 20 à 50% à une concentration de 50µl pour les quatre stades larvaires.

Conclusion

La fraction n-butanol des feuilles infectées a donné un bon effet larvicide à des concentrations de 10µl, 20µl et 50µl avec des taux de mortalité dépassant les 50% pour les larves L2, L3 et L4.

L'étude de la lutte naturelle de la tomate contre les agressions microbiologiques, par une comparaison des teneurs en composés phénoliques entre les feuilles et les fruits sains et infestés, a permis de connaître la stratégie de défense biochimique de cette plante.

La tomate *Lycopersicon esculentum* est riche en composés phénoliques, la lutte commence par la sécrétion des alcaloïdes puisqu'ils sont toxiques et plus efficaces grâce à leurs propriétés antibiotiques; ils vont agir directement sur les paramètres liés à la croissance, au développement et à la reproduction des agresseurs.

Les composés phénoliques, les flavonoïdes et les flavonols, présentent des teneurs élevées chez les feuilles infectées, nous en concluons que ces composés sont impliqués dans la défense contre les agresseurs mais en intervenant après l'action des alcaloïdes, donnant des réactions chimiques ultérieures chez les plantes.

Ainsi, il semble évident à travers cette étude que les composés secondaires produits par les systèmes de défense allélochimique des plantes sont déterminants dans le maintien des relations étroites qui lient ces plantes avec les différents niveaux trophiques.

Au terme de cette étude et en fonction des résultats obtenus, nous concluons que les composés phénoliques de la tomate ont des effets antifongiques et antibactériens importants et un effet insecticide nécessitant des concentrations plus élevées, elles peuvent donc être exploitées comme traitements efficaces et inoffensifs contre les maladies de la tomate.

Nous comptons poursuivre ce travail en appliquant sur le terrain les extraits de feuilles de tomates pour vérifier leur efficacité in situ, avant de les proposer comme alternatives aux agriculteurs.

Nous espérons pouvoir les utiliser afin de sécuriser au mieux la production de tomates, en réduisant les dégâts, tout en limitant l'utilisation des pesticides.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références Bibliographiques

1. **Abd-El-Kareem F., El-Mougy,N.S., El-Gamal N.G and Y.O. Fotouh Y.O.(2006).** Use of Chitin and Chitosan Against Tomato Root Rot Disease under Greenhouse Conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 2(4): 147-152, 2006
2. **Agarwal S., et Rao A. V. (2000).** Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *Cmaj* **163**: 739-44. *Agricultural and Food Chemistry* **54**, 2606-2613.
3. **Ait Taadaouit N., Nilahyane A., Hsaine M., Abderrahim Rochdi, A., Hormatallah A., Bouharroud R. (2011).** L'effet des extraits végétaux sur la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae). Actes du Premier Congrès International de l'Arganier, Agadir 15 - 17 Décembre 2011
4. **Akhtar M. and Malik A. (2000)** Roles of organic soil amendments and soil organisms in the biological control of plant-parasitic nematodes: a review. *Bioresour. Technol.* **74**, 35–47.
5. **Akilan C.A., Srividhya M., Mohana Priya C., Jeba Samuel C.S., Sundara Mahalingam M.A. (2014).**Comparative analysis of phytochemicals, antibiogram of selected plants in Solanaceae family and its characterization studies. *Int J Pharm Pharm Sci, Vol 6, Suppl 2, 946-950*
6. **Ancenot L. (1970).**Essais phytochiques préliminaires sur quelques plantes médicinales du RWANDA ORIENTAL. *Plantes médicinales et phytothérapie* 1970, Tome IV, no 4, p. 263-278.
7. **Andrew G. S. Cuthbertson ; James J. Mathers ; Lisa F. Blackburn ; Anastasia Korycinska ; Weiqi Luo , Robert J. Jacobson ; and Phil Northing. (2013).** Population Development of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under Simulated UK Glasshouse Conditions. *Insects.* **4**, 185-197
8. **Arno J. et Gabarra R. (2011).** Lutte contre *Tuta absoluta*, un nouveau ravageur qui envahit l'Europe. ENDURE, Formation en Lutte Intégrée - No. 5, Edition IRTA, Cabrils, Espagne, 8p.
9. **Arno J., Sorribas R., Prat M., Montse M., Pozo C., Rodriguez D., Garreta A., Gomez A., Gabarra R. (2009):** *Tuta absoluta*, a new pest in IPM tomatoes in the northeast of Spain. IOBC/WPRS Bull 49: 203–208 [7] Z.R. Barrientos, Norero H.J.S.A Apablaza, et P.P.
10. **Avior Y., Bomze D., Ramon O and Nahmias Y. (2013).** Flavonoids as dietary regulators of nuclear receptor activity. *Food Funct.*; **4**(6): 831–844.
11. **Aze e z L., Adeoye M.D, Majolagbe T.A, Lawal A.T, Badiru R. (2012).** Antioxidant Activity and Phytochemical Contents of Some Selected Nigerian Fruits and Vegetables. *American Journal of Chemistry* 2012, **2**(4): 209-213
12. **Baba Aissa F. (1999).** Encyclopédie des plantes utiles, flore d'Algérie et de Maghreb.
13. **Baidez A.G; Gomez P; Del Rio J.A; and Ortuno A., (2007).** Dysfunctionality of the xylem in *Olea europaea* L. plants associated with the infection process by

Références Bibliographiques

- Verticillium dahliae* Kleb. Role of phenolic compounds in plant defense mechanism. *J. Agric. FoodChem.*, 55: 3373–3377
14. **Balasundram N., Sundram K. et Samman S. (2006).** Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *FoodChemistry*. **99**:191–203.
 15. **Balaswamy K, Prabhakara Rao PG, Pragati Yadav, Narsing Rao G, Sulochanamma G, Satyanarayana A. (2015).**Antioxidant Activity of Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) of Low Soluble Solids and Development of a Shelf Stable Spread. *Int J Food Sci Nutr Diet*. 04(4), 202-207
 16. **Balzan M.V., Moonen A.C. (2012).** Management strategies for the control of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) damage in open-field cultivations of processing tomato in Tuscany (Italy). *EPPO Bull.* 42: 217–225.
 17. **Bari M.A., Islam W., Khan A.R and Mandal A. (2010).** Antibacterial and Antifungal Activity of *Solanum torvum* (Solanaceae). *INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURE & BIOLOGY*. 12: 386–390
 18. **Barrientos Z.R., Apablaza H.J., Norero S.A., Estay P.P. (1998).** Threshold temperature and thermal constant for development of the South American tomato moth *Tutaabsoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Ciencias Investigacion Agraria*, p.p, 133-137
 19. **Bednarek P., and Osbourn A. (2009).** Plant-microbe interactions: chemical diversity in plant defense. *Science* **324**:746–748.
 20. **Bénard C, Gautier H., Bourgaud F., Grasselly D., Navez B., Caris-Veyrat C., et al. (2009).** Effects of low nitrogen supply on tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit yield and quality with special emphasis on sugars, acids, ascorbate, carotenoids, and phenolic compounds. *J Agric Food Chem* 2009 May; 57 (10): 4112-23.
 21. **Beninger C.W., Abou-Zaid M.M., Kistner A.L.E., Hallett R.H., Iqbal M.J. (2004).** A Flavanone and Two Phenolic Acids from *Chrysanthemum morifolium* with Phytotoxic and Insect Growth Regulating Activity. *Journal of Chemical Ecology*.30.pp 589-606
 22. **Benton J.J.(1999).** Tomato plant culture: In the Field, Greenhouse and home garden : ISBN0-8493-2025-9 by CRC press LLC. 183p
 23. **Biyiti L.F., Meko'o D.J.L., Tamzc V., Amvam Z.P.H., (2004).** Recherche de l'Activité Antibactérienne de Quatre Plantes Médicinales Camerounaises. *Traditional pharmacology and medicine in Africa*. 13: 11-20.
 24. **Blancard D. (2010).** Identifier les maladies diagnostic guide anomalie, altération des fruits. Ed. INRA. Paris. Pp 45-56.
 25. **Blancard D., Laterrot H., Marchoux G. et Candresse T. (2009).**Les maladies de la identifier, connaitre, maitraiser.Edition Quae pp510-514.
 26. **Bouayad Alam S, Gaouar Benyelles N, Dib M. ElA, Djabou N, Tabti L, Paolini J, Muselli A, Costa J. (2014)** Antifungal activity of essential oils of three aromatic plants from western Algeria against five fungal pathogens of tomato

Références Bibliographiques

- (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Applied Botany and Food Quality*, **87**, 56-61.
- 27. Bouayad Alam S. (2015)**, Activités antimicrobiennes et insecticides de *Thymus capitatus*, *Daucus crinitus* et *Tetraclinis articulata* sur la mineuse *Tuta absoluta* (Meyrick) et la microflore pathogène de la tomate *Solanum esculentum*. Thèse de Doctorat 163pp. Université de Tlemcen.
- 28. Boudet A.M. (2007)**. Evolution and current status of research in phenolic compounds. *Phytochemistry* **68**: 2722-35.
- 29. Bourab K., (2000)**. Bases biochimiques et cellulaires des interactions plante-pathogène dans le système *chondruscrisques/Acrochaete operculata*. Doc. Univ. Paris 6. France.
- 30. Bourab K; Adas F; Gaquerel E; Kloareg B; Salaun J.P and Potin P., (2004)**. The innate immunity of a marine red alga involves oxylipins from both the eicosanoid and octadecanoid pathways. *Plant Physiology*, **135**, 1838-1848.
- 31. Bousbia N. (2004)**. Extraction et identification de quelques huiles essentielles (Nigelle, Coriandre, Origan, Thym, Romarin). Etude de leur activité antibactérienne. Option Science alimentaire, INA. Algérie.
- 32. Bovy A., De Vos R., Kemper M.etal. (2002)**. High-flavonol tomatoes resulting from heterologous expression of the maize transcription factor gene *LC* and *Cl*. *Plant Cell*, 2002, **14**, 2509–2526.
- 33. Brand Williams B., Cuvelier M.E., Berset C. (1995)**. Use of a freeradical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology* **28**, 25–30.
- 34. Bravo L., (1998)**. Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism, and Nutritional Significance. *Nutrition Reviews*; Nov 1998; **56**, 11; Research Library Core. pg. 317
- 35. Cabello T., Gallego J.R., Vila E., Soler A., Del Pino M., Carnero A., Hernandez-Suarez E., Polaszek A. (2009)**. Biological control of the South American tomato pinworm. *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae), with releases of *Trichogramma achaeae* (Hym.: Trichogrammatidae) in tomato greenhouses of Spain. *IOBC/WPRS Bull* **49**:225– 230
- 36. Caldwell M. M., Robberecht R. und Flint S. D. (1983)**: Internal filters - prospects for UV acclimation in higher plants, *Physiologia Plantarum* (Band 58), Nr. 3, Seite 445-450. URL: ISI:A1983RA53900032
- 37. Camejo D. and Torres W. (2001)**. high temperature effect on tomato (*Lycopersicon esculentum*) pigment and protein content and cellular viability. *Cultivos Tropicales*, 2001, vol. 22, no. 3, p. 13-17
- 38. Campos R.G. (1976)** Control quimico del “minador de hojas y tallos de la papa” (*Scrobipalpa absoluta* Meyrick) en el valle del Canete. *Rev. Per. Entomol.* **19**:102–106.
- 39. Caponero A. (2009)** Solanaceae, rischio in serre. Resta alta l’attenzione alla tignola del pomodoro nelle colture protette. *Culture Protette* **10**:96–97

Références Bibliographiques

40. **Causse M., Caranta C., Saliba-Colombani V., Moretti A., Damidaux R., Rousselle P., (2000).** Valorisation des ressources génétiques de la tomate par l'utilisation des marqueurs moléculaires. Cahiers d'agriculture 9 : 197-210.
41. **Cayuela L ; Golicher D.J and Rey-Benayas J.M., (2006).** The Extent, Distribution, and Fragmentation of Vanishing Montane Cloud Forest in the Highlands of Chiapas, Mexico. *Biotropica*,38(4): 544–554.
42. **Cervilla L. M., Blasco B., Rios J.J., Romero L. and RuizJ. M.,(2007).** “Oxydative stress and antioxidants in tomato (*Solanum lycopersicum*) plants subjected to boron toxicity,” *Annals of Botany*,vol. 100, no. 4, pp. 747–756, 2007.
43. **Chaux C.L. et Foury C.L. (1994).** Cultures légumières et maraichères. Tome 3: légumineuses potagères, légumes fruits. Tec et Doc. Lavoisier, Paris : 563 p.
44. **Chiu FL, Lin JK. (2008).** Tomatidine inhibits iNOS and COX-2 through suppression of NF-kappaB and JNK pathways in LPS-stimulated mouse macrophages. *FEBS Lett* 2008 Jul; 582 (16): 2407-12.
45. **Chon S.U., Nelson C.J.(2012).** Allelopathic dynamics in resource plants. In: *Allelopathy: Current Trends and Future Applications*. pp.81–110.
46. **CIP. (1996).** *Major Potato Diseases, Insects, and Nematodes* 3rd edn. CentroInternacional de la Papa, Lima (PE).
47. **Cirad et Gret. (2002)** (Organisme, France Ministère des affaires étrangères, Cirad, centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement France, groupe de recherche et d'échanges technologique, ministère des affaires étrangère). *Mémento de l'agronomie*. (ed). Quae.p.1045-1046.
48. **Collavino M. D. et Gimenez R.A. (2008).** Efficacy of imidacloprid to control the tomato bores (*Tuta absoluta*), Volume 26 N°1: 65-72.
49. **Colomo M.V., Berta DC & Chocobar M.J. (2002).** El complejo de himenópteros parasitoides que atacan a la ‘polilla del tomate’ *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) en la Argentina. *Acta Zoologica Lilloana* 46, 81–92 (in Spanish).
50. **Consoli F.L., Parra J.R.P.& Hassan S. A. (1998).** Side effects of insecticides used in tomato fields on the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym, Trichogrammatidae), a natural enemy of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae). *Journal of Applied Entomology* 122, 43–47.
51. **Cordell G.A. (2010).** *The alkaloids: chemistry and biology*. 1st ed. San Diego: Academic Press.
52. **Cui L., Li J., Fan Y., Xu S.andZhangZ. (2006).** “Hightemperature effects on photosynthesis, PSII functionality and antioxidant activity of two *Festuca arundinacea* cultivars with different heat susceptibility,” *Botanical Studies*,vol.47,no.1,pp.61–69,2006.
53. **Cushnie T.P and Lamb A.J. (2005).** Antimicrobial activities of flavonoids. *Int. J. Antimicrob. Agents* 2005; 26: 343
54. **Dajas F., Andres A.C., Florencia A., Carolina E., Felicia R.M. (2013).** Neuroprotective actions of flavones and Flavonols: mechanisms and relationship to flavonoid structural features. *CNS Agents Med. Chem.* 13, 30 e 35.

Références Bibliographiques

55. **Dakora F.D. (1996).** Diverse functions of isoflavonoids in legumes transcend antimicrobial definitions of phytoalexins. *Physiol Mol Plant Pathol* **49**:1–20.
56. **Daouidi-Hacini S., Mahdi K., Sahraoui L. et Doumandji S., (2011).** Effet de la température sur le cycle de développement de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (MEYRICK, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) dans l'Algérois. Séminaire international sur la protection des végétaux. INA El-Harrach. Du 18 au 21 Avril 2011.
57. **Decoin M. (2010).** Tomate, *Tuta absoluta* touche à l'atlantique, Phytoma : la défense des végétaux, n° 632. 44-45.
58. **Degioanni B. (1997).** La tomate.P115, 137.
59. **Desjardin Y. (2008).** Physiological and ecological functions and biosynthesis of healthpromoting compounds in fruit and vegetables. Improving the health-promotingproperties of fruit and vegetable products. Tomas-Barberan, F. A.Gil, M. I.Cambridge, UK
60. **Desneux N., Luna M.G., Guillemaud T., Urbaneja A. (2011).**The invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*, continues to spread in Afro-Eurasia and beyond: the new threat to tomato world production. *J. Pest Sci.* 84: 403–408.
61. **Desneux N., Wajnberg E., Wyckhuys K.A.G., Burgio G., Arpaia S., Narvaez-Vasquez C.A., Gonzalez-Cabrera J., Catalan Ruescas D., Tabone E., Frandon J., Pizzol J., Poncet C., Cabello T., Urbaneja A. (2010).**Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *J. Pest Sci.* 83: 197–215.
62. **Devanand P. and Usha Rani P. (2011).** Insect growth regulatory activity of the crude and purified fractions from *Solanum melongena* L., *Lycopersicum esculentum* Mill. And *Capsicum annum* L. *Journal of Biopesticides, Journal of Biopesticides*, 4 (2): 118-130(2011)
63. **Dietz A, (2007).** Les plantes sauvages comestibles et les légumes à feuilles.
64. **Dixon R.A., Achnine L.,Kota P., Liu C.J., Reddy M.S.S and Wang L ., (2002).** The phenylpropanoid pathway and plant defence - a genomics perspective. *Mol. Plant Pathol.*, 3, 371-390.
65. **Dorais M., Ehret D.L., Papadopoulos A.P. (2008).**Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: from the seed to the consumer. *Phytochem. Rev.* 2008 Dec; 7 (2): 231-50.
66. **Dores C. et Varoquaux F. (2006).** Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Edition. INRA. Paris. 698p.
67. **Dougnon T.V., Bankolé H.S., Johnson R.C., Klotoé J.R., Dougnon G, Gbaguidi F., Assogba F., Gbénou J., Sahidou S., Atégbo J-M., Rihn BH., Loko F., Boko M., Edoth AP.(2012).**Phytochemical Screening, Nutritional and Toxicological Analyses of Leaves and Fruits of *Solanum macrocarpon* Linn (Solanaceae) in Cotonou (Benin). *Food and Nutrition Sciences*, 2012, 3, 1595-1603
68. **Doumandji-Mitiche B., Chennouf R. et Doumandji S.(2010).** Captures de *Tuta absoluta* Meyrick 1917 (Lepidoptera,Gelechiidae) par trois types de pièges à

Références Bibliographiques

- phéromone estimation des dégâts à Ouargla (Sahara Algérien). Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer, Lepidoptera: Gelechiidae) in collaboration with the IRAC and IBMA. Morocco, 110 p.
69. **DSA, (2016)**. Direction des services agricoles de la wilaya de Tlemcen, Service des statistiques 2010.
70. **Dupont F. et Guignard J. L. (2012)**. Botanique les familles de plante. Edition Elsevier Masson. France, 300 p. ed. Librairie Moderne, Rouiba : 278-279p.
71. **Ehrlich P., Raven P. (1964)**. Butterflies and plants: a study in coevolution. *Evolution* Dec; 18 (4): 586-608.
72. **Elbadrawy E., Sello A. (2011)**. Evaluation of nutritional value and antioxidant activity of tomato peel extracts. *Arabian Journal of Chemistry* Doi:10.1016/j.arabjc.2011.11.011
73. **EPPO. (2005)** European and Mediterranean Plant Protection Organization. *Tuta absoluta*
74. **EPPO. (2007)**. EPPO Plant quarantine data retrieval system PQR version 4.6. <http://www.eppo.org/DATABASES/pqr/pqr.htm>
75. **EPPO. (2008)**. Data sheets on quarantine pests: *Tuta absoluta*: 2008 OEPP/EPPO, EPPO reporting service-pests and diseases, 7: 18. *absoluta*. Data sheets on quarantine pests. EPPO Bulletin, 35, 434–435.
76. **EPPO. (2009)** Reporting service-Pest & Diseases. No 8, Paris, 2009-08-01.
77. **Estay P.P. (2000)**. Insectos, acaros y enfermedades asociadas al tomate en Chile Santiago, INIA Centro regional de investigación, la platina : 111p.
78. **Estay P.P. (1998)**. Threshold temperature and thermal constant for development of the South American tomato, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), *Ciencia investigation Agraria* pp.133-137.
79. **Estay P.P., Bruna A. (2002)**. Pollilla del Tomate *Tuta absoluta* (Meyrick). I. NLA la Platina (9) :1-4.
80. **Eulgem T. (2005)**. Regulation of the Arabidopsis defence transcriptome. *Trends in Plant Science*, 10, 71-78.
81. **FAO. (2008)**. L'actualité agricole en Méditerranée. Ed. CIHEAM ,33 p.
82. **Faoast. (2016)**. Données de la base statistique de l'organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture sur site : [http : apps.fao.org](http://apps.fao.org).
83. **Faria C., Torres J.B.& Farias A.M. (2000)**. Resposta funcional de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitando ovos de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae): efeito da idade do hospedeiro. *Anais da Sociedade Entomológica* 29, 85–93 (in Portuguese).
84. **Fattorusso E., Tagliatalata-Scafati O. (2008)**. *Modern alkaloids: structure, isolation, synthesis, and biology*. 1st ed. Weinheim: Wiley.
85. **Fellah H., Ksouri R., Chaieb K., Karray-Bouraoui N., Trabelsi N., Boulaaba M., Abdely C. (2008)**. Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies*, 331(5) :372-379.
86. **FERA. (2009)**. South American tomato moth *Tuta absoluta*. Plant pest notice, 56. In: <http://www.defra.gov.uk/fera>.

Références Bibliographiques

87. **Ferguson L.R. (1999).** Prospects for cancer prevention, *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* 428, 329-338.
88. **Fernandez, S., and A. Montagne. (1990a).** Biologica del minador del tomate,
89. **Fernandez, S., Montagne, A., (1990).** Tomato leafminer biology, *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick.) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Bull. Entomol. Venez.* , 5, 89-99.
90. **Ferreres F., Taveira M., Gil-Izquierdo A., Oliveira L., Teixeira T. and Valente P. (2011).** Highperformance liquid chromatography-diode array detection-electrospray ionization multi-stage mass spectrometric screening of an insect/plant system: The case of *Spodoptera littoralis* on *Lycopersicon esculentum* phenolics and alkaloids. *Rapid Communication in Mass Spectrometry* 25: 1972-1980.
91. **Ferruzzi M.G., Bohm, V., Courtney P. D. and Schwartz S. J. (2002).** "Antioxidant and antimutagenic activity of dietary chlorophyll derivatives determined by radical scavenging and bacterial reverse mutagenesis assays," *Journal of Food Science*, vol.67, no. 7, pp. 2 5 89–2 595 .
92. **Filho M.M., Viela E.F., Jhamb G.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. Soc.*, Vol (11) n°6 : 621-628.920.
93. **Fleuriet A. Macheix J.J. (1981).** "Quinyl ester and glucose derivatives of hydroxycinnamic acids during growth and ripening of tomato fruit." *Phytochemistry* 20(4): 667-671.
94. **Fois F., Porcu M., Sau S., Carrusci P., Deiana AM & Nannini M. (2011a).** Valutazioni preliminari del predatore *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera, Miridae) nel contenimento di *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae). In: Proc. XXIII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, pp. 337, Genova (IT) 13–16 June 2011.
95. **Fois F., Porcu M., Sau S., Carrusci P., Deiana A.M.& Nannini M. (2011b).** Osservazioni sulla dinamica di popolazione della tignola del pomodoro *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae) in coltura protetta. In: Proc. XXIII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, pp. 221. Genova 13-16 June 2011.
96. **França F.H. (1993).** Por quanto tempo conseguiremos conviver com a traça do tomateiro. *Horticultura Brasileira* 11, p. 176-178.
97. **Frei B. (Ed.) (1994).** *Natural Antioxydants in Human Health and Disease*, Academic press, Londres.
98. **Friedman M. (2002).** Tomato glycoalkaloids: role in the plant and in the diet. *J. Agric Food Chem* 2002 Oct; 50 (21): 5751-80.
99. **Friedman M.; Fitch T. E.; Levin C. E.; Yokoyama W. H. (2000).** Feeding tomatoes to hamsters reduces their plasma low-density lipoprotein cholesterol and triglycerides. *J. Food Sci.* 2000, 65, 897– 900.
100. **Friedman M.; Fitch T. E.; Yokoyama W. E. (2000).** Lowering of plasma LDL cholesterol in hamsters by the tomato glycoalkaloid tomatine. *Food Chem. Toxicol.* 2000, 38, 549–553.

Références Bibliographiques

101. **Friedman M., Levin C.E., Lee S.U., Kim H.J., Lee I.S., Byun J. O., Kozukue N.(2009).**Tomatine-containing green tomato extracts inhibit growth of human breast, colon, liver, and stomach cancer cells. *J. Agric. Food Chem.* 2009, 57, 5727–5733.
102. **Fujiwara Y., Yahara S., Ikeda T., Ono M., Nohara T. (2003).** Cytotoxic major saponin from tomato fruits. *Chem. Pharm. Bull.* 51:234–235
103. **Fujiwara Y., Takaki A., Uehara Y., Ikeda T., Okawa M., Yamauchi K., Ono M., Yoshimitsu H., Nohara T. (2004).** Tomato steroidal alkaloid glycosides, esculeosides A and B, from ripe fruits. *Tetrahedron* 60:4915–4920
104. **Fujiwara Y., Kiyota N., Hori M., Matsushita S., Iijima Y., Aoki K., Shibata D., Takeya M., Ikeda T., Nohara T., Nagai R. (2007).** Esculeogenin A, a new tomato saponin, ameliorates hyperlipidemia and atherosclerosis in apoE-deficient mice by inhibiting ACAT. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 27:2400–2406
105. **Fujiwara Y., Manabe H., Murakami Y., El-Aasr M., Ikeda T., Ono M., Nohara T. (2011).** Content variations of the tomato saponin esculeoside A in various processed tomatoes. *J. Nat. Med.* 11418-010-0443-4
106. **Gabarra R., Arno J. (2010).** Resultados de las experiencias de control biológico de la polilla del tomate en cultivo de invernadero y aire libre en Cataluña. *Phytoma España* 217:65–68.
107. **Galarza J. (1984).** Laboratory assessment of some solanaceous plants as possible food plants of the tomato moth *Scrobipalpa absoluta*. *IDIA Nos* 421/424, 30–32.
108. **Gallais A. et Bannerot H. (1992).** Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection. Ed. INRA. Paris.
109. **Gandhiappan J., Rengasamy R. (2012).** Comparative Evaluation of Antimicrobial Activities of the Members of Solanaceae. *Der Pharmacia Sinica*, 2012, 3 (3):357-360.
110. **Garcia Roa F. (1989).** Plagas del tomate y su manejo. ICA Palmira, Colombia (US) (in Spanish).
111. **Gautier H., Diakou-Verdin V., Benard C., Pfeiffer F., Reich M., Buret M., Bourgaud F., Poëssel J. L., Caris-Veyrat C., Génard M. (2008).** "How does tomato quality (sugar, acid and nutritional quality) vary with ripening stage, temperature and irradiance?" *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 1241-1250.
112. **Germain J.F., Lacordaire A.I., Cocquempot C., Ramel J.M., Oudard E. (2009).** Un nouveau ravageur de la tomate en France: *Tuta absoluta*. *PHM Rev. Hortic.* 512: 37–41.
113. **Ghelamellah A. (2008).** Contribution à l'étude bioécologique de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Lepidoptera).
114. **Ghpson S. (2015).** Chemical Detection of some Active Compounds in Egg Plant (*Solanum melongena*) Callus as Compared with Fruit and Root Contents. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* (2015) 4(5): 160-165

Références Bibliographiques

115. **Gomez-Romero M., Segura-Carretero A., Fernandez-Gutierrez A. (2010).** Metabolite profiling and quantification of phenolic compounds in methanol extracts of tomato fruit. *Phytochemistry* 2010 Nov; 71 (16): 1848-64.
116. **Govardhan-Singh R., Negi P.S., Radha C. (2013).** Phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of free and bound phenolic extracts of *Moringa oleifera* seed flour. *J Funct Foods*. 5:1883–1891.
117. **Grayer R.J. and Harborne J.B., (1994).** A survey of antifungal compounds from higher plants, 1982-1993, *Phytochemistry* 37, pp.19-42.
118. **Guenaoui Y. (2010).** *Tatranuchus evansi* (Baker et Pritchard) (Acari: Tetranychidae acarien invasif) signalé sur culture de tomate à Mostaganem dans le nord-ouest de l'Algérie. *EPPO +Bulletin* Volume 40, Issue 2, DOI : 10.1111/j.1365-2338.2010.193-195p.
119. **Guenaoui Y., Ghelamellah A. (2008).** *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera., Gelechiidae) nouveau ravageur de la tomate en Algérie premiers données sur sa biologie en fonction de la température. *AFPP-8ème Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture*, Montpellier SupAgro, France, 22-23 octobre 2008. ISBN 2-905550-17-1. 645- 651P.
120. **Guénaoui Y. (2008).** Nouveau ravageur de la tomate en Algérie: Première observation de *Tuta absoluta*, mineuse de la tomate invasive, dans la région de Mostaganem, au printemps 2008. *Phytoma*, 617: 18-19.
121. **Gupta S.S. (1994).** “Prospects and Perspective of Natural Plant Products,” *Indian Journal of Pharmacology*, Vol. 26, No. 1, 1994, pp. 1-12.
122. **Gurnani N., Gupta M., Mehta D., Kumar Mehta B. (2015).** Chemical composition, total phenolic and flavonoid contents, and In vitro antimicrobial and antioxidant activities of crude extracts From red chilli seeds (*Capsicum frutescens* L.). [Journal of Taibah University for Science 10\(2016\)462–470](#)
123. **Harborne J.B. (1985).** The role of phytoalexins in natural plant-resistance. *Abstracts of Papers of the American Chemical Society* 189, 22-35.
124. **Harborne J.B. (1999).** The comparative biochemistry of phytoalexin induction in plants. *Biochemical Systematics and Ecology* 27, 335-367.
125. **Harizanova V., Stoeva A., Mohamedova M. (2009).** Tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Povolny) (Lepidoptera: gelechiidae) – first record in Bulgaria. *AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY*, VOL. 1, No 3, pp 95 – 98
126. **Hassan M.N., Alzaidi Sh. (2009).** *Tuta absoluta* – a serious pest advancing in the Mediterranean region. Role of pheromones in management strategies. *Int. Pest Manage.* 51: 85–87.
127. **Hegde S.V., Hegde G.R., Mulgund G.Sand Upadhy V. (2014).** Pharmacognostic Evaluation of Leaf and Fruit of *Capsicum frutescens* (Solanaceae). *Phcog J* | May–June 2014 | Vol 6 | Issue 3
128. **Helmja K., Vaher M., Gorbatošova J., Kaljurand M. (2007).** Characterization of bioactive compounds contained in vegetables of the Solanaceae family by capillary electrophoresis. *Proc. Eston. Acad. Sci. Chem.* 56: 172-186

Références Bibliographiques

- 129. Hostettman K. et Wolfender T.L. (2004).** Applications of liquid chromatography/UV/MS and liquid chromatography/NMR for the on-line identification of plant metabolites. In: Tringali, C. Bioactive compounds from natural sources : isolation, characterization and biological properties. Londres: Taylor and Francis. Library, pp.31-68.
- 130. Howard L. R., Talcott S. T., Brenes C. H., & Villalon, B.: (2000).** Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum species*) as influenced by maturity: Journal of Agricultural and Food Chemistry: 48: 1713–1720.
- 124. Hui Y.H., Smith R., David G.S. (2001).** Foodborne Disease Handbook, vol. 3, Plant Toxins, CRC; 2nd édition, (ISBN 082470343X), p. 99.
- 125. I.N.P.V. (2011).** Nouveau déprédateur de la tomate : Etat des lieux et programme d'action. Note de l'institut National de la protection des végétaux. Ministère de l'Agriculture, Algérie, Juillet.
- 126. Iijima Y., Nakamura Y., Ogata Y., Tanaka K., Sakurai N., Suda K., et al.(2008).** Metabolite annotations based on the integration of mass spectral information. Plant J. Jun.; 54 (5): 949-62.
- 127. Imai, K., Suzuki, Y., Makino, A. & Mae, T. (2005).** Effects of nitrogen nutrition on the relationships between the levels of *rbcS* and *rbcL* mRNAs and the amount of ribulose-1,5- biphosphate carboxylase/oxygenase synthesized in the eighth leaves of rice from emergence through senescence. Plant Cell Environ. 28 , 1589–1600.
- 128. Imai K., Suzuki Y., Mae T. & Makino A. (2008).** Changes in the synthesis of Rubisco in rice leaves in relation to senescence and N influx. Ann. Botany 101, 135–144.
- 129. Inderjit (1996).** Plant phenolics in allelopathy. Botanical Review 62: 186-202.
- 130. Inderjit Duke SO. (2003).** Ecophysiological aspect of allelopathy. Planta 217, 529–539. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 87 (12):813-824.
- 131. Irwin R.E, Adler L.S. (2008).** Nectar secondary compounds affect self-pollen transfer: implications for female and male reproduction. Ecology 2008 Aug; 89 (8): 2207-17.
- 132. Itkin M., Rogachev I., Alkan N., Rosenberg T., Malitsky S., Masini L., et al. (2011).** Glycoalkaloid metabolism 1 is required for steroidal alkaloid glycosylation and prevention of phytotoxicity in tomato. Plant Cell 2011 Dec; 23 (12): 4507-25.
- 133. Jabran K., Farooq M., Aziz T., Siddique K.H.M., 2012.** Allelopathy and crop nutrition. In: Allelopathy: Current Trends and Future Applications. pp.113–143.

Références Bibliographiques

- 134. Jacobson R.J., Rob Jacobson Consultancy Ltd., Leeds, UK, personal communication, 2012.**
- 134. Jensen P. H., Harder B. J., Strobel B. W., Svensmark B. and Hansen. H. C. B. (2007).**Extraction and determination of the potato glycoalkaloid alpha-solanine in soil. *Health Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43: 451-463.
- 135. Jian L., Lee A.H., Binns C.W. (2007)** Tea and lycopene protect against prostate cancer. *Asian Journal of clinical Nutrition* 16(1):Pp453-7.
- 136. Jimenez-Gonzalez L., Alvarez-Corral M., Munoz-Dorado M. and Rodriguez-Garcia I. (2008).**Pterocarpan: interesting natural products with antifungal activity and other biological properties. *Phytochemistry Reviews* **2008**; 7: 125-154.
- 137. Johnson K. S. (2005).**"Plant phenolics as radical scavengers in the context of insect *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 2436-2441.
- 138. Judd W. S., Cambell C. S., A. K. E.P S. (2002).**Botanique Systématique Une Perspective Phylogénétique De Boeck Université.
- 139. Kalyoncu F., Usame Tamer A., OskayM. (2005).** Determination of fungi associated with Tomatoes (*Lycopersicon esculentum* M.) and tomato pastes. *Plant Pathology Journal* 4(2) :146-149.
- 140. Karou D., Dicko M.H., Simpoire J. and Traore A.S. (2005)** Antioxidant and antibacterial activities of polyphenols from ethnomedicinal plants of Burkina Faso. *Afr. J. Biotechnol.* 4, 823–828.
- 141. Khavari-Nejad R., Mostofi Y. (1998).**Effects of NaCl on photosynthetic pigments saccharides, and chloroplast ultra structure in leaves of tomato cultivars. *Photosynthetica* 35:151-154.
- 142. Khelil A., Menu T., Ricard B.(2007).** "Adaptative response to salt involving carbohydrate metabolism in leaves of a salt-sensitive tomato cultivar." *Plant Physiology and Biochemistry* 45: 551-559.
- 143. Kilic T. (2010).** First record of *Tuta absolutain* Turkey. *Phytoparasitica* 38, 243-244.
- 144. Kohli R.K., Batish D.R., Singh H.P.(1998).** Allelopathy and its implications in agroecosystems. *J. Crop Prod.* 1, 169–202.
- 145. Korcycinska A. et Moran H. (2009).** Avis de plantes Nuisibles, n°56, la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* de l'Amérique de Sud. FERA, the Food and Environnement Recherche.Agency.PASS, Sand Hutton, York.4p.
- 146. Kozukue N., Han J.S., Lee K.R., Friedman M. (2004).** Dehydrotomatine and alpha-tomatine content in tomato fruits and vegetative plant tissues. *J Agric Food Chem* 2004 Apr; 52 (7): 2079-83.

Références Bibliographiques

- 147. Kruse M., Strandberg M., Strandberg B. (2000).** Ecological Effects of Allelopathic Plants-A Review. Department of Terrestrial Ecology, Silkeborg, Denmark, Rep. No. 315.
- 148. Kubola J., Siriamornpun S. (2008).** Phenolic contents and antioxidant activities of bitter melon (*Momordica charantia* L.) leaf, stem and fruit fraction extracts in vitro. *Food Chem.* 110:881–890.
- 149. Kuc J. (1995).** Phytoalexins, stress metabolism, and disease resistance in plants. *Annual Review of Phytopathology* 33, 275-297.
- 150. Kucuk O., Sarkar F. H., Djuric Z., Sakr W., Pollak M. N., Khachik F., Banerjee M., Bertram J. S., and Wood D. P., Jr. (2002)** Effects of lycopene supplementation in patients with localized prostate cancer, *Experimental Biology and Medicine*(Maywood) 227, 881-885.
- 151. Lacordaire A. et Feuvrier E. (2010).** Tomate, traquer *Tuta absoluta*. Suivi de 16 exploitations de production de tomate, pour savoir où et comment chercher pour trouver *Tuta absoluta* et tester un prédateur. *Phytoma, la défense des végétaux*, n°632 : 41-44.
- 152. Lacroix M. (1998).** Système racinaire de la tomate sous serre, champignons
- 153. Langcake P., Irvine J.A. and Jeger M.J. (1981)** Alternative chemical agents for controlling plant disease. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B: Biol. Sci.* 295, 83–101.
- 154. Latigui A., (1984).** Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. Thèse de magister. INRA El-Harrach, Algérie.
- 155. Lattanzio, V., Lattanzio, V.M.T. and Cardinali, A., (2006).** Role of phenolics in the resistance mechanisms of plants against fungal pathogens and insects. In: Imperato F, ed. *Phytochemistry: Advances in Research*, Research Signpost: Trivandrum, India, 23–67.
- 156. Lattanzio V., Kroon P. A., Quideau S. and Treutter D. (2008).** Plant Phenolics – Secondary Metabolites with Diverse Functions, in *Recent Advances in Polyphenol Research*, Volume 1 (eds F. Daayf and V. Lattanzio), Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- 157. Laumonier R. (1979).** Culture légumières et maraichère. Tome III. Ed. Baillier, Paris: 279p.
- 158. Leboeuf J., Shorti R., Tan C., Verhallet A. (2008).** Etablissement d'un calendrier d'irrigation pour les tomates-Introduction. Spécialiste de culture des légumes, MAAARO, Ridgetown Bureau régional du Nord de l'Ontario. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des affaires rurales. Note technique. 12p.
- 159. Lee S.T., Wong P.F., Hooper J.D., Mustafa M.R. (2013).** Alpha-tomatine synergises with paclitaxel to enhance apoptosis of androgen-independent human

Références Bibliographiques

prostate cancer PC-3 cells *in vitro* and *in vivo*. *Phytomedicine* 2013 Aug; 113 (13): 246-8.

160. Lee Y., Howard L. R. & Villalon, B. (1995). Flavonoids an antioxidant activity of fresh pepper *Capsicum annum* cult ivars: *Journal of Food Science*: 60: 43: 476.

161. Leite G.L.D., Picanço M., Jham G.N. et Marquini F. (2003). Intensity of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) and *Liriomyza spp.* (Diptera :Agromyzidae) attacks on *Lycopersicum esculentum* Mill. Leaves. *Cienc. Agrotec, Larvas*, Vol(28) n°1 : 42-48.

162. Lenucci M. S., Cadinu D., Taurino M., Piro G., and Dalessandro G. (2006). Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 54, 2606–2613

163. Lietti M.M., Botto E. et Alzogaray R.A. (2005). Insecticide Resistance in Argentine Populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera : Gelechiidae), *Neotropical Entomology* 34 (1) : 113-119.

164. Luna M.G., Wada V., LaSalle J. & Sanchez N.E. (2011). *Neochrysocharis formosa* (Westwood) (Hymenoptera: Eulophidae), a newly recorded parasitoid of the tomato moth, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Argentina. *Neotropical Entomology* 40, 412–414.

165. Luthria D. L., Mukhopadhyay S., and Krizek D. T. (2006). Content of total phenolics and phenolic acids in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits as influenced by cultivar and solar UV radiation, *Journal of Food Composition and Analysis* 19, 771- 777. lycopene, *Cancer Letters* 269, 339-351

166. Macheix J.J., Fleuriet A., Jay-Allemand C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Presses polytechniques et universitaires romandes : Lausanne; pp 39-54.

167. MADR., 2009- Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Direction des statistiques .

168. Magalhaes S.T.V., Jham G.N., Picanco M.C., et Magalhaes G. (2001). Mortality of second-instar larvae of *Tuta absoluta* produced by hexane extract of *Lycopersicum Hirsutum* f. *glabratum* (PI 134417) leaves, *Agricultural and forrest Entomology* (3) : 297-303.

169. Mahdi K., Doumandji B. et Doumandji S., 2011- Effet de la température sur le cycle de développement de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* dans l'Algérie. ARRP. Montpellier.

170. Mallia D. (2009). Guidelines for the control and eradication of *Tuta absoluta*. Plant Health Department, plant Biotechnology Centre Annibale Preca Street Lijia,

Références Bibliographiques

LJA1915 Melta. Ministry for Ressources and Rural Affairs and Paying A gency Division plant Health Department.4p.

171. Marcano R. (2007). Minador Pequeno de la hoja del tomate ; palomolla pequena;Minador dle tomate *Tuta absoluta* (Meyrick) 1917. Plagas Agricolas de Venezuela :Artrópodos y Vertebras. Soocidad Venezuela d'Entomologia. 4p.

172. Marchiori C.H., Silva C.G et Lobo A.P. (2004) First occurence of the parasitoid *Conura sp.* (Hymenoptera: Chalcididae) in pupae of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) in tomato in larvae, minas gerais, Brazil : Arq. Inst. Biol. Sao Paulo, Vol 70 n°1 : 115-116.

173. Marina Zadra , Mariana Piana , Thiele Faccim de Brum , Aline Augusti Boligon , Robson Borba de Freitas , Michel Mansur Machado ,Sílvia Terra Stefanello , Félix Alexandre Antunes Soares and Margareth Linde Athayde. (2012). Antioxidant Activity and Phytochemical Composition of the Leaves of *Solanum guaraniticum* A. St.-Hil.*Molecules***2012**, *17*, 12560-12574

174. Martín C. A.; Stutz, J. C.; Kimball B. A.; Idso S. B. and Akey D. H.(1995). Growth and topological changes of *Citrus limon* (L) Burn f. "Eureka" in response to high temperatures and elevated atmospheric carbon dioxide. J. Am. Soc. Hort. Sci., 1995, vol. 120, p. 1025-1031.

175. Martini S., D'Addario C., Colacevich A., Focardi S., Borghini F., Santucci A., Figura N. and Rossi C. (2009).Antimicrobial activity against *Helicobacterpylori* strains and antioxidant properties of blackberry leaves (*Rubus ulmifolius*) and isolated compounds.*International journal of antimicrobialagents*, 34, 1: 50-59.

176. Mert-Türk F. (2002) Phytoalexins: defense or just a response to stress? J. Cell Mol. Biol. 1, 1–6. Metabolites Affect Development and Reproduction of *Drosophila melanogaster*. PLOS ONE / DOI:10.1371/journal.pone.0155958 May 23, 2016

177. Messiaen C.M., Blancard D., Rouxel F. et Lfon R. (1993). Les maladies des plantes maraichaires. 3 ème ed. INRA, Paris.

178. Mikulič-Petkovšek M., Štampar F. and Veberič R.(2009). Accumulation of phenolic compounds in apple in response to infection by the scab pathogen, *Venturia inaequalis*. *Physiological and MolecularPlant Pathology*, 74: 60–67. DOI: 10.1016/j.pmpp.2009.09.003

179. Milner S.E., Brunton N.P., Jones P.W., O'Brien N.M., Collins S.G., Maguire A.R. (2011). Bioactivities of glycoalkaloids and their aglycones from *Solanum* species. J Agric Food Chem 2011 Apr; 59 (8): 3454-84.

180. Mintz-Oron S., Mandel T., Rogachev I., Feldberg L., Lotan O., Yativ M. et al. (2008). Gene expression and metabolism in tomato fruit surface tissues. Plant Physiol Jun; 147 (2): 823-51.

Références Bibliographiques

- 181. Miranda M.M.M., Picanço M., Zanuncio J.C., Guedes R.N.C. (1998).** Ecological life table of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Biocontr. Sci. Technol.* 8: 597–606.
- 182. Mittelstraß K., Treutter D., Pleßl M., Heller W., Elstner E. F., Heiser L. (2006).** "Modification of primary and secondary metabolism of potato plants by nitrogen application differentially affects resistance to *Phytophthora infestans* and *Alternaria solani*." *Plant Biology* 8: 653-661.
- 183. Moco S., Bino R.J., Vorst O., Verhoeven H.A., De Groot J., Van Beek T.A., et al. (2006).** A liquid chromatography-mass spectrometry-based metabolome database for tomato. *Plant Physiol* Aug; 141 (4): 1205-18.
- 184. Moco S., Capanoglu E., Tikunov Y., Bino R. J., Boyacioglu D., Hall R. D., Vervoort J., De Vos C. H. R. (2007).** "Tissue specialization at the metabolite level is perceived during the development of tomato fruit." *Journal of Experimental Botany* 58(15/16): 4131- 4146.
- 185. Molla O., Monton H., Beitia F. et Urbaneja A., 2008-** La pollila del tomate, una nueva plaga invasora, *Tuta absoluta* (Meyrick), Eds. Agrotécnicas, S.L. CIF B80194590 Terallia.
- 186. Molla O., Monton H., Vanaclocha P., Beitia F., Urbaneja A. (2009).** Predation by the mirids *Nesidiocoris tenuis* and *Macrolophus pygmaeus* on the tomato borer *Tuta absoluta*. *IOBC/WPRS Bull* 49:209–214
- 187. Molla O., Alonso M., Montón H., Beitia F., Verdu M.J., Gonzalez-Cabrera, J., Urbaneja A. (2010).** Control Biológico de *Tuta absoluta*. Catalogación de enemigos naturales y potencial de los miridos depredadores como agentes de control. *Phytoma España* 217:42–4
- 188. Mompon B., Lemaire B., Mengal P., Surbled M. (1998).** Extraction des polyphénols : du laboratoire à la production industrielle. Ed. INRA, Paris (les Colloques, N° 87).
- 189. Moon J.K., Shinamoto T. (2009).** Antioxidant assays for plant and food components, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2009, vol. 57, pp. 1655-1666.
- 190. Mortain-Bertrand A., Stammitti L., Telef N., Colardelle P., Brouquisse R., Rolin D., Gallusci P. (2008).** "Effects of exogenous glucose on carotenoid accumulation in tomato leaves." *Physiologia Plantarum* 134: 246-256.
- 191. Muir S. R. et al., (2001).** Overexpression of petunia chalcone isomerase in tomato results in fruit containing increased levels of flavonols. *Nature*, 2001, **19**, 470–475.
- 192. Munro D. B., Small E. (1998).** Les légumes du Canada .NRC Research Press.

Références Bibliographiques

- 193. Murali Krishna J., Asish Bhaumik A., Sravan Kumar P. (2013).** Phytochemical Analysis and Antimicrobial Studies of Various Extracts of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.).*Sch. Acad. J. Biosci.*, 2013; 1(2):34-38
- 194. Naika S., Jeude J.V.L., Goffau M., Hilmi M. et Dam B.V. (2005).** Agrodoc 17, laculture de la tomate, production, transformation et commercialisation Editor. Barbara vanDam/ la culture de la tomate : 105p.
- 195. Nannini M., Atzori F., Murgia G., Pisci R.& Sanna, F. (2011.)**Use of predatory mirids for the control of the tomato borer *Tuta absoluta* (Meyrick) in Sardinian greenhouse tomatoes.Proc. EPPO/IOBC/ FAO/NEPPO Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (Tomato borer), pp. 54. Agadir (MA), November 16–18.
- 196. Nantitanon W., Yotsawimonwat S., Okonogi S. 2010.** Factors influencing antioxidant activities and total phenolic content of guava leaf extract. *LWT-Food Sci Technol.* 43:1095–1103.
- 197. Nicholson R.L. and Hammerschmidt R. (1992).**Phenolic compounds and their role in disease resistance.*Ann Rev Phytopathol* 30: 369–89.
- 198. Norton S. A. (1998).** Useful plants of dermatology. V. Capsicum and capsaicin. *J. Am. Acad. Dermatol.* 1998, 38, 256–259.
- 199. Notz A.P. (1992).** Distribution of eggs and larvae of *Scrobipalpula absoluta* in potato plants. *Revista de la Facultad de Agronomía (Maracay)* 18, 425–432 (in Spanish).
- 200. Ntalli N.G. and Menkissoglu-Spiroudi U.(2011).** Pesticides of botanical origin: A promising tool in plant protection. In: *Pesticides - Formulations, Effects, Fate* (Ed., Margarita Stoytcheva). Ch.
- 201. Nurnberger T., Brunner F., Kemmerling B. and Piater L.,2004.** Innate immunity in plants and animals: striking similarities and obvious differences. *Immunological Reviews*, 198, 249-266
- 202. Obermuller-Jevic U. C., Olano-Martin E., Corbacho A. M., Eiserich J. P., van der Vliet A., Valacchi G., Cross C. E., and Packer L. (2003).** Lycopene inhibits the growth of normal human prostate epithelial cells in vitro, *The Journal of Nutrition* 133, 3356-3360.
- 203. OEPP, (2008b).** First record of *Tuta absoluta* in Algeria. *Ravageurs et Maladies*. Service d'informations n°7, 1, rue le Notre 75016. Paris.
- 204. OEPP, (2008c).** Premier signalement de *Tuta absoluta* en Maroc. *Ravageurs et maladies*. Services d'Information n°7, 1, rue le Notre 75016. Paris. 28pages.
- 205. OEPP, (2009a).** First report of *Tuta absoluta* in Tunisia. *Ravageurs et maladies*. Service d'Information n°4. 1 rue le Notre 75016 Paris, 25p.

Références Bibliographiques

- 206. OEPP, (2009b).** Premier signalement de *Tuta absoluta* en Libye. Ravageurs et maladies. Services d'Information n°9, 1 rue le Notre 75016. Paris. 23pages.
- 207. Olaniyi A.A., Ayim J.S.K., Ogundaini A.O and Olugbade T.A. 1998.**“Essential Inorganic and Organic Chemistry,” Omoade Printing Press, Ibadan, 1998, p. 582.
- 208. Omoni A. O., and Aluko R. E. (2005)**The anti-carcinogenic and anti-atherogenic effects of lycopene: a review, *Trends in Food Science & Technology* 16, 344-350.
- 209. Osbourn A. E. (1996).** Preformed antimicrobial compounds and plant defense against fungal attack. *Plant Cell* 8:1821–1831.
- 210. Oyetayo V.O.and O.O. Ariyo. (2012).**Antimicrobial and Antioxidant Properties of *Pleurotus ostreatus* (Jacq; Fries) Cultivated on Different Tropical Woody Substrates. *Journal of Waste Conversion, Bioproducts and Biotechnology* 1 (2): 28–32
- 211. Ozsoy N., Can A., Yanardag R., Akev N. (2008).** Antioxydant activity of *Smilax excelsa* L. leaf extracts. *Food Chem*, 110 :571-583.
- 212. Panina Y., Fravel D., Baker C., Shcherbakova L. 2007.** Biocontrol and plant pathogenic *Fusarium oxysporum*-induced changes in phenolic compounds in tomato leaves and roots. *J. Phytopathol.* 155:475–481.
- 213. Peng Y., Zhang Y., Ye J. (2008).**Determination of phenolic compounds and ascorbic acid in different fractions of tomato by capillary electrophoresis with electrochemical detection. *J Agric Food Chem* 2008 Mar; 56 (6): 1838-44.
- 214. Pereira G.V.N., 2005-** Selecao para alto teor de Acilacucares em genotipos de tomateiro e sua relacao com a resistencia ao acarado vermelho (*Tetranychus evansi*) e a traça (*Tuta absoluta*) tese apresentada a Universidade Federal de Lavras como parte das exigencias do programa de Pos-graduacao em Agronomia, area de concentracao Genetica e Melhoramentosn de Plantas, para a obtencao do tiltulo de « Doutor ».82.
- 215. Pereyra P.C., Sanchez N.E. (2006)** Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotrop Entomol* 35:671–676.
- 216. Peschel W. F., Sanchez-Rabaneda W., Diekmann A., Plescher and I. Gartzia et al. (2006).**An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes. *Food Chem.*, 97: 137-150.
- 217. Pitrat M. et Foury C. (2003).**Histoires de légumes : Des origines à l’orée du XXIe siècle ; Institut national de la recherche agronomique (France); Publié par Edition Quae, 2003 ; ISBN 2738010660, 9782738010667 : 410p. *Platina* (9):1-4.

Références Bibliographiques

- 218. Pokorny J., Yanishlieva N., Gordon M., 2001.** Antioxidants in food, Practical applications. *Woodhead Publishing Limited*.
- 219. Polese K.M. (2007).** La culture de tomate. Ed. Artémis :95p.
- 220. Pratisoli D. et Parra J.R.P. (2000).** Fertility life table of *Trichogramma pretiosum* (Hym: Trichogrammatidae) in eggs of *Tuta absoluta* and *Phtorimaea operculella* (Lepidoptera : Gelechiidae) at different temperatures. ISSN0931-2048. *J.Appl.Ent.* 124 : 339- 342.
- 221. Price P.W., (1984).** *Insect Ecology*, 2nd ed.; John Wiley & Sons: New York, NY, USA.
- 222. Raffo A., Leonardi C., Fogliano V., Ambrosino P., Salucci M., Gennaro L., Bugianesi R., Giuffrida F., Quaglia G. (2002).** "Nutritional value of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Cv Naomi F1) harvested at different ripening stages." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(22): 6550-6556.
- 223. Rahioui B. ; Charafi J. ; Boulouha B. ; El Boustani ;Khadri B. ; Elmiane and El-Modafar C.,2002.** Role des polyphénols dans la résistance à la maladie de l'œil de paon causée par *Cycloconium oleaginum*. VIII Journées scientifiques du réseau « Biotechnologies Amélioration des plantes et sécurité Alimentaire » de l'agence universitaire de la Francophonie. Octobre, Marrakech, 263-265.
- 224. Ramel J. M. Et Oudard E. (2008).** *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917). Éléments de reconnaissance. Décembre 2008, Avignon.
- 225. Rauha J-P., Remes S., Heinonen M., Hopia A., Kähkönen M., Kujala T., Pihlaja K., Vuorela H., Vuorela P., (2000).** Antimicrobial effects of Finnish plant extracts containing flavonoids and other phenolic compounds. *International Journal of Food Microbiology*, 56(1): 3-12.
- 226. Razuri V. et Vergas E., (1975).** Biología y comportamiento de *Scrobipalpula absoluta* Meyrick (Lepidoptera, Gelechiidae) en tomatar. *Revista Peruana de Entomología*, V18 (n°1) : 84-89.
- 227. Renaud V. (2003).** Tous les légumes courants, rares ou méconnus cultivables sous nos climats.
- 228. Revilla E., Ciruelos A., Apaolaza A., Sarro M.J. (1985).** Influence of boron toxicity on single phenols of tomato leaves. *Plant Soil* 1985 Jun; 88 (2): 295-7.
- 229. Revilla E., Ciruelos A., Apaolaza A. and Sarro M.J. (1985).** Influence of boron toxicity on single phenols of tomato leaves. *Plant and Soil* 88: 295-297.
- 230. Rey et Costes, (1965).** La physiologie de la tomate. Ed. INRA, Paris 1965

Références Bibliographiques

- 231. Riadh Ilahy A.B., Hdidier C., Marcello S., Lenucci I. T., Dalessandro, G.(2011).**Antioxidant activity and bioactive compound changes during fruit ripening of high- lycopene tomato cultivars: *Journal of Food Composition and Analysis*: 24: 588-595
- 232. Rice E.L. (1974).** Allelopathy. Academic Press, New York.
- 233. Ridenour W.M., Callaway R.M. (2001).** The relative importance of allelopathy in interference: the effects of an invasive weed on a native bunchgrass. *Oecologia* 126, 444–450.
- 234. Rivero R. M., Ruiz J. M. and Romero L. (2003).** “Can grafting in tomato plants strengthen resistance to thermal stress?” *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol.83,no.13,pp.1315–1319, 2003.
- 235. Reditakis E.; Vasakis E.; Grispuou M.; Stavrakaki M.; Nauen R.; Gravouil M.; Bassi A. (2015).**First report of *Tuta absoluta* resistance to diamide insecticides. *Journal of Pest Science*, v.8, p.9-16, 2015. DOI: 10.1007/s10340-015-0643-5.
- 236. Roessner-Tunali U., Hegemann B., Lytovchenko A., Carrari F., Bruedigam C., Granot D., et al. (2003).** Metabolic profiling of transgenic tomato plants overexpressing hexokinase reveals that the influence of hexose phosphorylation diminishes during fruit development. *Plant Physiol Sep*; 133 (1): 84-99.
- 237. Rosales-Castro M., Ruben F., Laredo G., Young-Soo B., Kim J., Morre J. (2014).** Characterization and Antioxidant Properties of the Condensed Tannins from Alaska Cedar Inner Bark. *Records of Natural Products journal*, 2014, vol. 8, pp. 217-227.
- 238. Ruocco M. L., Massimo G., Oscar A., Bernard B. et Jurgen K. (2010).** Food quality safety. *Lutte biologique .Tome2.CNR, Italie, UE.*104p.
- 239. Sánchez-Rodríguez E., Ruiz J.M, Ferreres F., Moreno D.A. (2012).** Phenolic profiles of cherry tomatoes as influenced by hydric stress and rootstock technique. *Food Chem.* 134:775–782.
- 240. Sandrock R. W., and H. D. Vanetten.(1998).** Fungal sensitivity to and enzymatic degradation of the phytoanticipin -tomatine. *Phytopathology* **88**:137–143.
- 241. Sannino L.& Espinosa B. (2010b)** *Tuta absoluta* : guida alla conoscenza e recenti acquisizioni per una corretta difesa. *L’Informatore Agrario* 46, (Suppl. 1) 113.
- 242. Santana-Méridas O., González-Coloma A., Sánchez-Vioque R. (2012).** Agricultural residues as a source of bioactive natural products. *Phytochem Rev.* Dec; 11 (4): 447-66.

Références Bibliographiques

- 243. Schauer N, Zamir D, Fernie AR. (2005).** Metabolic profiling of leaves and fruit of wild species tomato: a survey of the *Solanum lycopersicum* complex. *J Exp Bot* Jan; 56 (410): 297-307.
- 244. Schiffer B. (2003).** Itinéraire technique tomate cerise, programme initiative pesticides. Gembloux, P31 Faculté universitaire des sciences agronomiques UG/PIP COLEACP, Rue du Trone, 98B-1050 Bruxelles (Belgique), 32p.
- 245. Schoonhoven LM, van Loon JJA, Dicke M. (2005).** Insect-plant biology. 1st ed. Oxford: Oxford University Press.
- 246. Schumann E. (1996).** Tomates, Chantecler, Belgique.
- 247. Scorsetti A.C. & López Lastra C.C. (2011).** Registro de hongos entomopatógenos infectando a *Tuta absoluta*. Libro de Resúmenes del Taller: La polilla del tomate en la Argentina: Estado actual del conocimiento y prospectiva para un manejo integrado de plagas. 7 y 8 de noviembre de 2011, FCNyM, UNLP (in Spanish).
- 248. Scorsetti A.C. & Lopez Lastra C.C. (2011)** Registro de hongos entomopatógenos infectando a *Tuta absoluta*. Libro de Resúmenes del Taller: La polilla del tomate en la Argentina: Estado actual del conocimiento y prospectiva para un manejo integrado de plagas. 7 y 8 de noviembre de 2011, FCNyM, UNLP (in Spanish). *Scrobipalpus absoluta* (Meyick). *Bol. Entomol. Venez N. S.* 5(12):89-99.
- 250. Sesso H.D, Liu S, Gaziano J.M et Buring J.E (2003):** Dietary Lycopene tomato-based food products and vascular diseases in women. *Journal of nutrition* 133(7). Pp2336-41.
- 251. Shaik R., Bilal K A.T. (2013).** Avneesh, Variation of antioxidant activity and phenolic content of some common home remedies with Storage time, *Afr. J. Tradit. Complement. Altern. Med.* 10 (2013) 124–127.
- 252. Shakir, A.S. (2009).** Seed-borne fungi of Bottle gourd from Faisalabad and their control. *Pak. J. Phytopathol.*, 4: 54-57.
- 253. Shankara N., Van lidt de jeud J., de Goffau M., Hilmi M., Van Dam B. et Florijin. A. (2005).** La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation. 5eme(ed). foundation agromisa et CTA, Wageningen.
- 254. Sharoni Y. et Levi Y. (2006).** Cancer prevention by dietary tomato lycopene and its molecular mechanisms. In A. V. Rao. Ed. *Tomatoes, lycopene & human health*. Barcelona: Caledonian Science Press: 111–125p.
- 255. Shen G., Van Kiem P., Cai X.F., Li G. , Dat N.T., Choi Y.A., et al. (2005).** Solanoflavone, a new biflavonol glycoside from *Solanum melongena* : Seeking for anti-inflammatory components. *Arch. Pharm. Res.*, 28: 6579.
- 256. Shils M. E., Shike M., Ross A. C., Caballero B. and Cousins R. J. (2006).** “Modern Nutrition in Health and Disease,” 10th Edition, Lippincott Williams and Wilkins, A Wolters Klumer Company, UK, 2006, pp. 280-281.

Références Bibliographiques

- 257. Shitan N., Yazaki K. (2007).** Accumulation and membrane transport of plant alkaloids. *Curr Pharm Biotechnol* 2007 Aug; 8 (4): 244-52.
- 258. Sidhu V., Nandwani D., Wang L., and Wu Y. (2017).** A Study on Organic Tomatoes: Effect of a Biostimulator on Phytochemical and Antioxidant Activities. *Journal of Food Quality* Volume 2017, Article ID 5020742, 8 pages
- 259. Silva S.S., 2008-** Fatores biologia reproductiva que influenciam o manejo comportamental de *Tuta absoluta* (Meyrick) ; 2008, Reproductive biology factors influencing the behavioural management of *Tuta absoluta* ; dissertacao apresentada ao programa de posGraduacao em Entomologia Agricola da universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisistes para obtencao do grau de mestre em Entomologia Agricola : RECIFE-PE Fevereiro-2008.75p.
- 260. Silva G.A.; Picanço M.C.; Bacci L.; Crespo A.L.B.; Rosado J. F.; Guedes R.N.C.(2011)** Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. *Pest Management Science*, v.67, p.913-920, 2011. DOI: 10.1002/ps.2131.
- 261. Silva-Beltrán, N P., Ruiz-Cruz, S., Ornelas-Paz , C., López-Mata, M A., Márquez-Ráos, Eand Estrada, MI. (2014).** Chemical constitution and effect of extracts of tomato plants byproducts on the enteric viral surrogates. *International Journal of Environmental Health Research*, 2014
- 262. Silva-Beltrán N.P., Ruiz-Cruz S., Cira-Chávez L.A., Estrada-Alvarado M. I.,Ornelas-Paz J., López-Mata M.A., Del-Toro-Sánchez C. L., Ayala-Zavala J. F, Márquez-Ríos E. (2015).**Total Phenolic, Flavonoid, Tomatine, and Tomatidine Contents and Antioxidant and AntimicrobialActivities of Extracts of Tomato Plant. *International Journal of Analytical Chemistry* Volume 2015, Article ID 284071, 10
- 263. Simons V., Morrissey J.P., Latijnhouwers M., Csukai M., Cleaver A., Yarrow C. et al. (2006).** Dual effects of plant steroidal alkaloids on *Saccharomyces cerevisiae*. *Antimicrob Agents Chemother* 2006 Aug; 50 (8): 2732-40.
- 264. Singh, H.P., Batish, D.R., Kohli, R.K.(2001).** Allelopathy in agroecosystems: an overview. In: Kohli, R.K., Singh, H.P., Batish, D.R. (Eds.), *Allelopathy in Agroecosystems*. Haworth Press, USA.
- 265. Singh H.P., Batish D.R., Kaur S. and Kohli R.K. (2003a)** Phytotoxic interference of *Ageratum conyzoides* with wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Agronomy and Crop Science* 189: 341-346
- 266. Siqueira HAA, Guedes RNC & Picanco MC (2000)** Cartap resistance and synergism in populations of *Tuta absoluta* (Lep., Gelechiidae). *Journal of Applied Entomology*, 124, 233–238.

Références Bibliographiques

- 267. Siqueira H.A.A., Guedes R.N.C., Fragoso D.B et Magalhaes C. (2001).** Abamectin resistance and synergism in Brazilian populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera : Gelechiidae), International Journal of Pest Management. ISSN 0967-08774. 47 (4) : 247-251.
- 268. Slatnar A., Mikulič-Petkovšek M., Halbwirth H., Štampar F., Stich K. and Veberič R. (2012).** Polyphenol metabolism of developing apple skin of a scab resistant and a susceptible apple cultivar. *Trees – Structure and Function*, 26: 109–119.
- 269. Slimestad R., et Verheul, M. J. (2005)** Content of chalconaringenin and chlorogenic acid in cherry tomatoes is strongly reduced during postharvest ripening, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, 7251-7256.
- 270. Slimestad, R., Fossen, T., and Verheul, M. J. (2008)** The flavonoids of tomatoes, <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/SR16/reports/sr16fg11.pdf>,
- 271. Slimestad R. et Verheul M. (2009).** Review of flavonoids and other phenolics from fruits of different tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars. *J Sci Food Agric* 2009 May; 89 (8): 1255-70.
- 271. Snoussi S. A. (2010).** Rapport de mission : Eude de base sur la tomate en Algérie. Ministère de l'Agriculture et du développement rural, Direction des statistiques.
- 272. Souza J.C. et Reis P.R., (2000).** Traça-do-tomateiro em Minas Gerais. *Pesq Agropec. Bras* ; 21 : 343-354.
- 273. Spichiger R. E., Vincent V., Figeat S. M. Et Jeanmonod D. (2004).** Botanique systématique des plantes à fleurs : une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales. 3eme édition. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, Français, 413 p.
- 274. Stevenson D. E., & Hurst R. D. (2007).** Polyphenolic phytochemicals – just antioxidants or much more? *Cellular & Molecular Life Sciences*, 64 , 2900-16.
- 275. Strack D. (1997).** Phenolic metabolism. In: Dey P.M. Harborne J.B. (eds). *Plant Biochemistry*, pp. 387-416. Academic Press, London, UK. DOI: 10.1016/b978-012214674-9/50011-4
- 276. Suinaga F.A., Casali V.W.D., Picanço M. Foster J. (2004).** Genetic divergence among tomato leafminer populations based on AFLP analysis. *pesq. Agropec, Bras, Brasillia*, Volume 39N° 7 :645-651.
- 277. Sun T., Powers J.R., Tang J. (2007).** Evaluation of the antioxidant activity of asparagus broccoli their juices. *Food Chem*, 105 :101-106.
- 278. Swanson A. K. (2002):** Induction, exudation and the UV protective role of kelp phlorotannins, *Aquatic Botany (Band 73)*, Seite 241-253.

Références Bibliographiques

- 279. Szewczyk K., Smolarz H.D., Gawlik-Dziki, U. (2012).**Antioxydant properties of three species from crassulaceae family. *Inter Pharm Scie*, 4(3) :107-108.
- 280. Tabone E., Thi Khanh H., Bodendorfer J. et Rey F. (2012).** Contre *Tuta absoluta*, vive la protection intégrée. *Phytoma, La Défense des Végétaux* N° 650 janvier, FREDON Corse, p.p. 45-47
- 281. Taveira M., Fernandes F., Valentão P., Ferreres F., Andrade P.B. (2012)** Plant herbivores: bioactive metabolites besides the pest. In: Sridhar KR, editor. *Aquatic plants and plant diseases - types, characteristics and management*. New York: Nova Science Publishers; p. 117-46.
- 282. Taveira M., Ferreres F., Gil-Izquierdo A., Oliveira L., Valentao P., Andrade P.B. (2012).** Andrade, "Fast determination of bioactive compounds from *Lycopersicon esculentum* Mill. leaves," *Food Chemistry*, vol. 135, no. 2, pp. 748–755, 2012.
- 283. Taylor M.A., Fraser P.D. (2011).** Solanesol: added value from Solanaceous waste. *Phytochemistry* 2011 Aug; 72 (11-12): 1323-7.
- 284. Terry L. (2011).** Health-promoting properties of fruits and vegetables. 1st ed. Oxfordshire: CABI; 2011.
tomate. ed. INRA.
- 285. Toor R.K., Savage G.P. (2005).** Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Res Int* Jun; 38 (5): 487-94.
- 286. Toor R.K., Lister C.E. and Savage G.P., (2005).** "Antioxidant activities of New Zealand-grown tomatoes," *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, vol. 56, no. 8, pp. 597–605, 2005.
- 287. Toor R. K., Savage G. P. and Lister C. E. (2009).** "Release of antioxidant components from tomatoes determined by an in vitro digestion method," *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, vol. 60, no. 2, pp. 119–129, 2009.
- 288. Torres J.B., Farcia C.A., Evangelista W.S., Pratisoli D., 2001-** Within-plant distribution of the leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) immatures in processing tomatoes, with notes on plant phenology. DEPA-EBTOMOLOGY Unit, federal Rural University of Pernambuco, Av. Dom Manoel de Medeiros S/N, Recife 52171-900 Recife, PE, Brazil *International Journal of Pest Management*, 2001, 47(3).173p.
- 289. Torres J.B., Evangelista W.S., Barras J.R. & Guedes R.N.C. (2002).** Dispersal of *Podisus nigrispinus* nymphs preying on tomato leaf miner. Effect of predator release time, density and satiation level. *Entomologia applicata* 126, p. 326-332.
- 290. Torres C. A., Davies N. M., Yanez J. A., and Andrews P. K. (2005)** Disposition of selected flavonoids in fruit tissues of various tomato (*Lycopersicon*

Références Bibliographiques

esculentum Mill.) Genotypes, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, 9536-9543.

291. Treutter D. (2006). "Significance of flavonoids in plant resistance: a review." *Environment and Chemistry Letter* 4: 147-157.

292. Treutter D.,(2005). Significance of flavanoids in plant resistance and enhancement of their biosynthesis. *Plant Biology*7: 581-591.

293. Tropea Garzia G., Siscaro G., Biondi A., Zappalà L. (2012). *Tuta absoluta*, a South American pest of tomato now in the EPPO region: Biology, distribution and damage. *EPPO Bull.* 42: 205–210.

294. Tsai C.M., Yen G.C., Sun F.M., Yang S.F., Weng C.J. (2013). Assessment of the anti-invasion potential and mechanism of select cinnamic acid derivatives on human lung adenocarcinoma cells. *Mol Pharm* 2013 May; 10 (5): 1890-900.

296. Tso T.C., Cheng A.L.S., Sorokin T., Tso E. (1974). Phytosterols and polyphenols in reciprocally grafted tobacco-tomato plants. *Phytochemistry* Sep; 13 (9): 1667-70.

297. U.S.D.A. (2011). New pest response guidelines. Tomato Leafminer (*Tuta absoluta*). 20p. http://www.aphis.usda.gov/import_export/plants/manuals/emergency/downloads/Tutaabsoluta.Pdf U.S. agricultural research service.

298. Urbaneja A., Vercher R., Navarro V., Mari F.G et Percuna J.I., (2007). La pollila del tomate, *Tuta absoluta*. Centro Proteccion Vegatal y biotecnologia (IVIA). Instituto Valencia de Investigaciones Agrarias. Valencia. Espagne. *Hortícolas*. Phytoma. Espana, n°194 Déc 2007: 16-23.

299. Urbaneja A., Monton H., Molla O. (2009). Suitability of the tomato borer *Tuta absoluta* as prey for *Macrolophus caliginosus* and *Nesidiocoris tenuis*. *J Appl Entomol* 133:292–296.

300. USDA/CNPP. (2007). USDA national nutrient database for standard reference, The Low-Cost, Moderate-Cost, and Liberal Food Plans, U.S. Department of Agriculture, Center for Nutrition Policy and Promotion..

301. Valya G., Ragan A. and Raju V.S. (2011). Screening for in vitro antimicrobial activity of *Solanum americanum* miller. *Jraas*: 26,43-46.

301. Van Breemen R. B. and Pajkovic N. (2008). Multitargeted therapy of cancer by lycopene, *Cancer Lett.* 269:339–351

302. Van der Rest B., Danoun S., Boudet A.M. and Rochange S.F. (2006). Down-regulation of cinnamoyl-CoA reductase in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) induces dramatic changes in soluble phenolic pools. *Journal of Experimental Botany* 57: 1399-1411.

Références Bibliographiques

- 303. Van der Rest, B., Danoun S., Boudet A.M., Rochange S.F.(2006).** Down-regulation of cinnamoyl-CoA reductase in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) induces dramatic changes in soluble phenolic pools. *J Exp Bot* 2006 Mar; 57 (6): 1399-411.
- 304. Vargas H.C.(1970).** Observaciones sobre la biología y enemigos naturales de la polilla del tomate, *Gnorimoschema absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Idesia* 1:75–110
- 305. Venkatesan D., Karrunakaran C.M., Kumar S.S. (2004).** *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 2004, 15, 2528-2532.
- 306. Ventrella E., Adamsk Z., Chudzińska E., Kobielska M.M., Marciniak P., Büyükgüzel E., Büyükgüzel K., Falabella P., Scrano L., Bufo S.A., Erdem M. (2016).** *Solanum tuberosum* and *Lycopersicon esculentum* Leaf Extracts and Single
- 307. Viaene N., (1992).** Application de buprofézine dans la lutte contre l'aleurode floconneuse (*Aleurothrixus flocosus* Mask) en pépinière de Citrus au Zaïre. *Fruits*, 47 (2), 303-308
- 308. Viggiani, G., Filella, F., Ramassini, W., and Foxi, C. (2009).** *Tuta absoluta*, nuovo lepidottero segnalato anche in Italia. *Informatore Agrario* 65(2):66-68.
- 309. Visioli F., Riso P., Grande S., Galli C., and Porrini M. (2003)** Protective activity of tomato products on in vivo markers of lipid oxidation, *European Journal of Nutrition* 42, 201-206.
- 310. Walton N. J., Brown D. E. (1999).** *Chemicals from plants, Perspectives on secondary products*, World Scientific.
- 311. Wang C., Xing J., Chin C.K., Ho C.T., Martin C.E.(2001).** Modification of fatty acids changes the flavor volatiles in tomato leaves. *Phytochemistry* 2001 Sep; 58 (2): 227-32.
- 312. Weir T.L., Park S.W. and Vivanco J.M. (2004)** Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. *Curr.Opin. Plant Biol.* 7, 472–479.
- 313. Weng C.J And Yen G.C. (2012).** Flavonoids, a ubiquitous dietary phenolic subclass, exert extensive in vitro anti- invasive and in vivo anti-metastatic activities. *Cancer Metastasis Rev* 31: 323-351.
- 314. Weston L.A., Duke S.O. (2003).** Weed and crop allelopathy. *Crit Rev Plant Sci.*; 22:367389.
- 315. White, I.M. & Elson-Harris, M.M.(1992)** *Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics.* 601 pp. Wallingford, CAB International.

Références Bibliographiques

- 316. Wilcox J. K., Catignani G. L. et Lazarus S. (2003).** Tomatoes and cardiovascular
- 317. Williamson B., Tudzynski B., Tudzynski P. et Van Kan JAL.(2007).** *Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology*. 8: 561–580.
- 318. Winter M., Herrmann K.(1986).** Esters and glucosides of hydroxycinnamic acids in vegetables. *J Agric Food Chem* 1986 Jul; 34 (4): 616-20.
- 319. Xuan T.D., Shinkichi T., Khanh T.D. and Chung I.M. (2005)** Biological control of weeds and plant pathogens in paddy rice by exploiting plant allelopathy: an overview. *Crop Prot.* 24, 197–206.
- 320. Yamanaka T., Vincken J.P., De Waard P., Sanders M., Takada N., Gruppen H.(2008).** Isolation, characterization, and surfactant properties of the major triterpenoid glycosides from unripe tomato fruits. *J Agric Food Chem*, Dec; 56 (23): 11432-40.
- 321. Yang J.S., Liu C.W., Ma Y.S, Weng S.W., Tang N.Y., Wu S.H. et al.(2012).** Chlorogenic acid induces apoptotic cell death in U937 leukemia cells through caspase- and mitochondria-dependent pathways. *In Vivo* 2012 Nov; 26 (6): 971-8.
- 322. Yen W.J., Change L.W., Duh P.D., (2005).** Antioxidant activities of peanut seed test and its antioxidative component. Ethyl protocatechuate. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* 38, 193–200.
- 323. Yenesew A., Mushibe E.K., Induli M., Derese S., Midiwo J.O., Kabaru J.M., Heydenreich M., Koch A. and Peter M.G.(2005).** 7a-0-methyldeguelol, a modified rotenoid with an open ringC, From the roots of *Derris trifoliata*. *Phytochemistry* 2005; 66: 653-657.
- 324. Yenesew A., Twinomuhwezi H., Kabaru J.M., Akala H.M., Kiremire B.T., Heydenreich M., Peter M.G., Eyase F.L., Waters N.C. and Walsh D.S. (2009).** Antiplasmodial and larvicidal flavonoids from *Derris trifoliata*. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia* 2009; 23: 409-414.
- 325. Yi Z., Yan Y., Liang Y., and Zeng B. (2008).** In vitro antioxydant and antimicrobial of *Pericarpium Citri Reticulata* of a new Citrus Cultivar and its mains flavonoid. *LWT*, 41 : 597-603.
- 326. Youdim K.A, Spencer J.P, Schroeter H., Rice-Evans C.(2002).** Dietary flavonoids as potential neuroprotectants. *Biol Chem* 2002 Mar; 383 (3-4): 503-19.
- 327. Yu J.Q., Matsui Y. (1994).** Phytotoxic substances in the root exudates of *Cucumis sativus* L. *Journal of Chemical Ecology* 20, 21–31.
- 328. Zemali D., Ouahrani M. R. (2013).** Phytochemical Study of Selected Medicinal plant, *Solanum Nigrum*, the Algerian Desert. *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy* ISSN: 2299-3843, Vol. 20, pp 25-30

Références Bibliographiques

- 329. Zeng R.S., Mallik A.U. and Luo S.M. (2008)** Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry. Springer Science, New York, USA
- 330. Zhang C.X., Ho S.E., Chen Y.M., Fu J.H., Chen S.Z., Lin F.Y. (2009)** Greater vegetables and fruits intake is associated with a lower risk of breast cancer among Chinese women''. International Journal of cancer 125(1):Pp181-8.
- 331. ZIDANI S.,(2009).** Valorisation des pelures de tomates séchées en vue de leur incorporation dans la margarine. Thèse de magister, option : Technologie Alimentaire.Laboratoire de Recherche Technologie Alimentaire L.R.T.A, université M'hamed BougaraBoumerdes, 74p
- 332. Ziegler J., Facchini P.J. (2008)** Alkaloid biosynthesis: metabolism and trafficking. Annu Rev Plant Biol 59:735–769
- 333. Zulak K.G., Liscombe D.K., Ashihara H., and Facchini P.J (2007).**Alkaloids.In *Plant Secondary Metabolites*, edited by M. N. C. H. A. Alan Crozier. Ziegler, J., and P. J. Facchini. 2008. Alkaloid biosynthesis: Metabolism and trafficking. *Annual Review of Plant Biology* 59:735-769.

ANNEYES

Annexe

Annexes

Annexe 01 :

Réactif de Mayer : Dissoudre 1,358 g d'HgCl₂ dans 60mL d'eau distillée puis 5g de KI dans 10mL d'eau distillée. Mélanger les deux solutions et ajuster le volume total à 100 mL.

Réactif de Wagner : Dans 75 mL d'eau distillée, dissoudre 2g de KI et 1,27g de I₂. Le volume obtenu est ajusté à 100mL avec l'eau distillée.

Annexe 2 : évolution temporelles des larves de *Tuta absoluta*.

dates	L1	L2	L3	L4
10 fev	0	0	0	0
04-mars	5	7	10	4
24-mars	9	6	13	16
14-avr	10	11	18	21
28-avr	9	10	18	23
05-mai	5	8	13	20
19-mai	10	12	15	24
08-juin	21	35	47	62
22-juin	35	52	71	83

Annexe 3 : évolution temporelle des chrysalides.

dates	chrysalides
10 fev	0
04-mars	9
24-mars	23
14-avr	28
28-avr	24
05-mai	27
19-mai	30
08-juin	38
22-juin	55

Effects of tomato leaves allelochemicals on tomato borer (*Tuta absoluta* Meyrick) in Tlemcen region, Algeria

A. Bouklikha, N. Gaouar Benyelles* and D. Sampietro¹

Laboratory of Ecology and Management of Natural Ecosystems.

Department of Ecology and Environment, Tlemcen University,

BP 119 Imama, Tlemcen, Algeria

E. Mail: bioasmaa@live.fr, gaouarn@yahoo.fr

(Received in revised form: November 22, 2017)

ABSTRACT

We investigated the qualitative and quantitative composition of phenolic compounds in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill L.) leaves with and without infestation of tomato borer (*Tuta absoluta* Meyrick). Infested and healthy leaves of tomato were extracted with aqueous methanol, which was partitioned with ethyl acetate and *n*-butanol. Infested leaves contained higher levels of total phenolics, flavonoids, flavonols and tannins. The HPLC analysis of the *n*-butanol fraction indicated that the leaves contained the catechin and two unknown compounds, which are likely to be phytoalexins. The protective role of these molecules need to be investigated, to incorporate this finding in the tomato breeding programmes against the tomato borer.

Key words: Algeria, allelochemicals, biochemical defence, HPLC, *Lycopersicon esculentum*, phenolics compounds, tomato, tomato borer, *Tuta absoluta*.

INTRODUCTION

The tomato borer (*Tuta absoluta* Meyrick, Lepidoptera: Gelechiidae) is a devastating insect pest in tomato (*Lycopersicon esculentum*) originated in South America and recently appeared in the Mediterranean region. It attacks the leaves of tomato at all growth stages, which reduces the yields and quality of tomato (9) and has become major insect pest in tomato (14). Insecticides are used to control it by growers, however, their effectiveness is limited due to the nature of insect damage and the development of resistant tomato borer biotypes (21). Another strategy to control this pest, is the development of resistant varieties, however, the resistance traits against *Tuta absoluta* are not yet identified in local tomato germplasm grown in Algeria. Tomato leaves produces several bioactive metabolites [steroidal alkaloids (11), phenolic compounds and flavonoids (10,25)]. These substances are involved in the host-plant defences and also have several pharmacological and nutritional functions in humans (11). They act as deterrents and toxins, especially the phenolic compounds to specialist herbivores such as *Tuta absoluta* (16). They can be produced in large quantity during an insect pest attack (13). In tomato, their accumulation is induced after insect attack (7). This research aimed to investigate the role of phenolic compounds in the biochemical defence of Algerian tomato against *Tuta absoluta*.

*Correspondence author, ¹Laboratory of Biological Agents and Phytopathogens, National University of Tucumán, Argentina.

MATERIAL AND METHODS

Collection of leaf samples

This research was conducted at Tlemcen province, northwest Algeria (34° and 35°30' north latitude and 1°20' and 2° 30' west longitude). It has temperate winter (Annual precipitation : 311.72 mm and maximum temperature : 33.68 °C, minimum temperature : 5.4 °C). Leaf samples were collected from a commercial crop of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill L.) of the Tafna variety from March to May 2015, during the infestation period of tomato borer. Samples (100 g, fresh weight) of infested or uninfested leaves of the same age (2-4 months) were harvested, washed, dried with a paper towel and dried in an oven at 60°C for 24 h. Then, they were powdered in a mortar with a pestle before use. Three samples were collected per treatment.

PREPARATION OF CRUDE EXTRACT AND ORGANIC FRACTIONS

(i). Crude extracts: Leaves (1 g) were powdered and extracted for 24 h with 20 ml of 80% aqueous methanol at room temperature, filtered through 0.45- μ m-pore-size filter paper. The filtrates were evaporated to dryness under vacuum at 60 °C using a Buchi Rotavapor R-200 (3).

(ii). Ethyl acetate and *n*-butanol fractions of crude extract: The aqueous extract was partitioned first with ethyl acetate and then with *n*-butanol to extract the different classes of flavonoids. The extraction was done according to Bekkara *et al.* (2). The dry residues obtained from the crude extracts were dissolved in 10 ml of boiling water to dissolve the flavonoids. The aqueous solution was then filtered through 0.45- μ m-pore-size filter paper. The filtered solution was first partitioned with 10 ml ethyl acetate and then with 10 ml of *n*-butanol. The two extracts were evaporated, weighed and finally dissolved in 3 ml methanol.

(iii). Tannin fraction: The tannins were extracted from the infested and uninfested tomato leaves as per the method of Zhang *et al.* (31). Five g of infested or uninfested leaves were dried in shade and milled into powder in a mortar with a pestle. This powder was extracted with 100 ml acetone-water (70:30, v/v) and the mixture was continuously stirred for 72 h at room temperature. Then, the mixture was filtered and evaporated under vacuum at 40 °C to remove the acetone. The remaining solution was washed with 30 ml dichloromethane to remove the lipid soluble substances. After separation of the organic phase, the aqueous layer was extracted with 15 ml of ethyl acetate. Then, the resulting water layer was evaporated to dryness and the dry residue was weighed and dissolved in methanol.

QUANTITATIVE DETERMINATION OF PHENOLICS

(i). Total phenolics content: These were spectrophotometrically determined by adding in a tube 1 ml of the Folin-Ciocalteu reagent to 200 μ l of extract or fraction (24). Then, the mixture was diluted 10-times with water and 0.8 ml of 7.5% sodium carbonate solution. After stirring, the tube was left for 30 min. Then, the absorbance was measured at 765 nm on Jenway 6405 UVVIS spectrophotometer. Gallic acid was used as standard to build a calibration curve. The total phenolics content was expressed as mg of gallic acid equivalents per g in dry weight of an extract or organic fraction (mg GAE/g DW).

(ii). Total flavonoids content: These were determined according to Zishen *et al.* (32). Five hundred μl of an extract or fraction was dissolved in 4 ml methanol and evaporated to dryness. Then, the residue was dissolved in 1500 μl distilled water and 150 μl of 5% NaNO_2 was added. After 5 min, 150 μl of AlCl_3 (10 %, w/v) was added and the mixture was incubated for 6 min at room temperature. After adding 500 μl of 1 M NaOH, the mixture was fully homogenized by stirring. The absorbance of the solution was determined at 510 nm against the blank. The total flavonoids content of the extracts was expressed in mg catechin equivalents per g dry weight of extract or fraction (mg CE/ g DW).

(iii). Total flavonols content: These were determined according to Lee *et al.* (24). Aliquots (0.25 ml) of extract or fraction were mixed with 0.25 ml AlCl_3 (2 mg/ml) and 1.5 ml sodium acetate (50 mg/ml). The absorbance was recorded at 440 nm after 2.5 h. The content of flavonols was expressed as mg of quercetin equivalents per g in dry weight of an extract or a fraction (mg QE/ g DW).

HPLC analysis

The composition of *n*-butanol fraction from each leaf sample was determined using an HPLC (Agilent HPLC) system consisting of a Prostart11000 pump, a Hypersil C18 column (4.6 m x 250 mm, 5 μm). The mobile phase was water and acetonitrile. The sample was dissolved in 80% aqueous methanol and then filtered through a 0.45 μm -millipore filter. A 20 μL aliquot of the sample solution was injected. Elution of the phenolic compounds was monitored at 280 nm. Standards of gallic acid, catechin hydrate, ferulic acid, rutine hydrate, naringenin, coumarin, quercetin, vanillic acid, caffeic acid were purchased from Sigma (St. Louis, MO, USA). Peaks of the phenolic compounds in the samples were identified by comparing their retention times with those of standards and by co-injection of the *n*-butanol fraction with standards of phenolic compounds.

Statistical analysis

The mean values of total contents of phenolics, flavonoids and flavonols were subjected to one way ANOVA. The differences among means were tested by the LSD (least significant difference) at 0.05 level.

RESULTS

Total phenols, flavonoids, flavonols and tannin contents

The total phenolics, flavonoids and flavonols contents were measured in the crude extracts and its organic fractions obtained from the healthy and tomato-borer infested leaves (Figure 1). In the crude extract and the *n*-butanol fraction, leaves infested with *T. absoluta* showed significant higher level (6.88 ± 0.01 mg/g, 14% more; 13.04 ± 0.82 mg/g, 27% more) of phenolic compounds than the undamaged leaves. The ethyl acetate fractions did not differ from each other in the total phenolics content. Total flavonoids content was same in the crude extracts (Figure 2). The ethyl acetate fraction contained the highest amount of these substances in healthy leaves (0.46 ± 0.01 mg/g, 18.5% more), while the *n*-butanol fraction showed the highest content in infested leaves (0.74 ± 0.01 mg/g, 90% more). Flavonols were more abundant in the crude extract (2.23 ± 0.12 , 39% more) and the *n*-butanol fraction (1.01 ± 0.03 , 71% more) of leaves damaged by the tomato borer (Figure

3) and in the ethyl acetate fraction of healthy leaves (1.01 ± 0.01 mg/g, 300% more). Infested leaves showed a 6-folds higher level of tannins than the undamaged leaves.

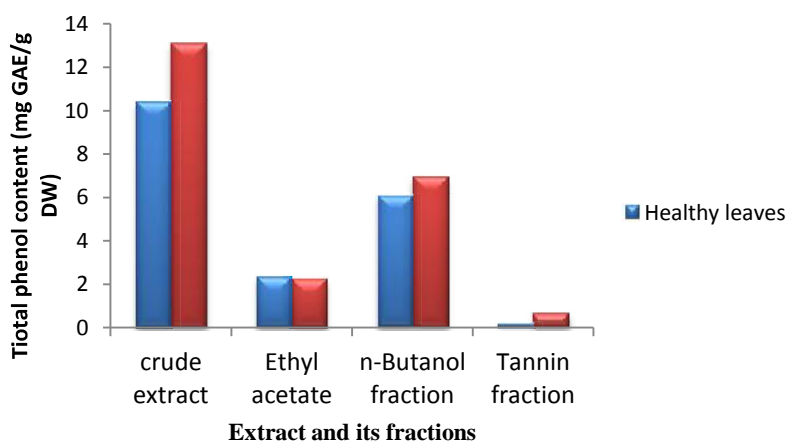


Figure 1. Total phenolics content of the crude extract and its organic fractions, and tannin fraction obtained from healthy and infested tomato leaves with tomato borer.

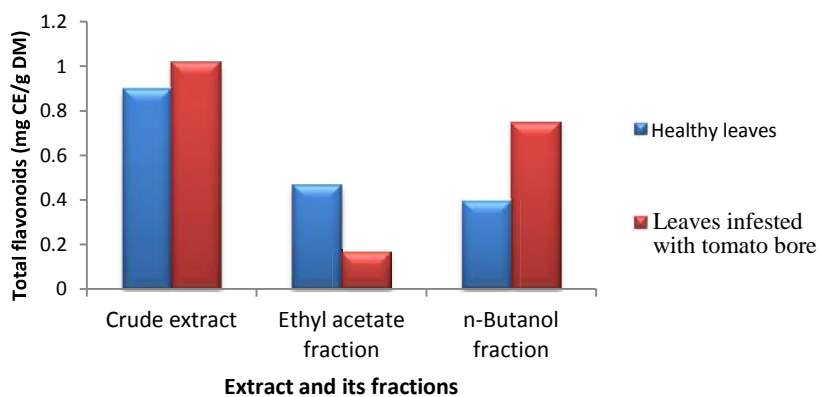


Figure 2. Total flavonoids content in the crude extract and the ethyl acetate and the butanol fractions obtained from healthy and infested leaves with tomato borer.

Identification of phenolic compounds

The four phenolic acids (Gallic, ferulic, vanillic and caffeic acids), four flavonoids (Catechin hydrate, rutin hydrate, naringenin and quercetin) and coumarin were determined in the crude extract and its organic fractions by HPLC coupled to a UV-VIS detector. The retention times obtained for these compounds were 3.67 min (gallic acid), 4.24 min (catechin hydrate), 5.56 min (caffeic acid), 6.05 min 16.87 min (ferulic acid), 16.75 min (rutin hydrate), 17.68 min (naringenin), 18.22 min (coumarin) and 18.46 min (quercetin). Chromatograms of crude extracts from healthy leaves and leaves infested with

T. absoluta showed same peak pattern. A similar situation was observed in the ethyl acetate fraction, but not in the *n*-butanol fraction, where peaks 1, 2 and 4 were only found in infested leaves (Fig. 4A) and peaks 5 and 6 were unique of undamaged leaves (Fig 4B). Peaks 3 and 6 were in both chromatograms. Peak 1 was identified as catechin hydrate which was absent in the healthy leaves.

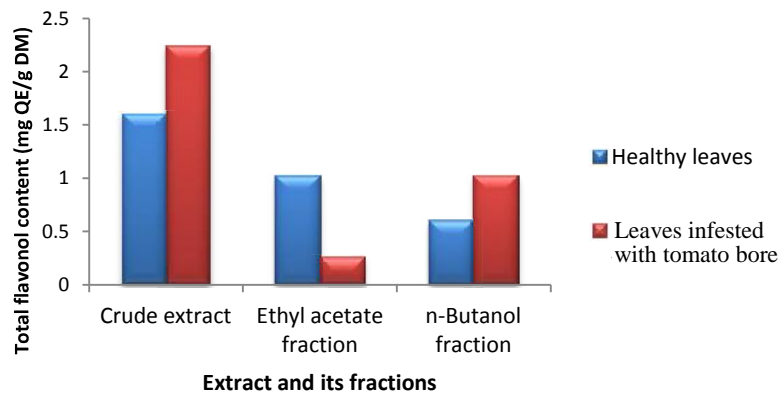


Figure 3. Total flavonols content in the crude extract and the ethyl acetate and the butanol fractions obtained from healthy and infested leaves with the tomato borer.

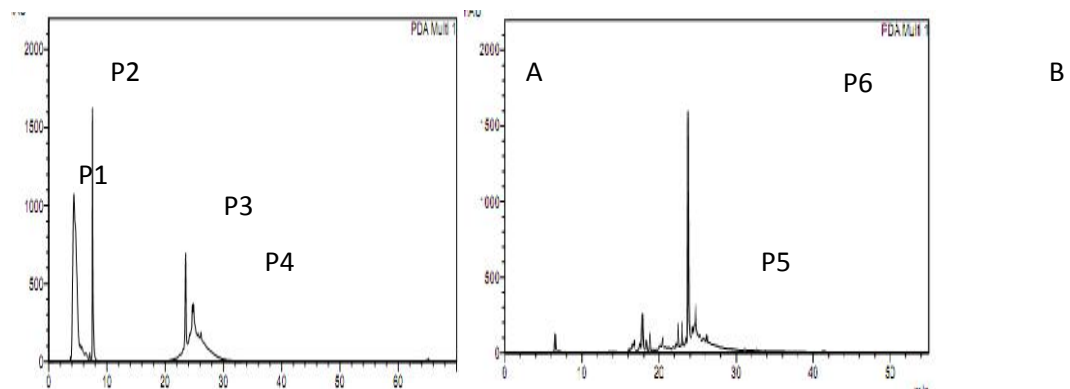


Figure 4. HPLC chromatograms showing the phenolic compounds present in the *n*-butanol fraction of (A) leaves infested with tomato borer and (B) undamaged tomato leaves. The peaks showed retention times of 4.24 min (P1), 7.80 min (P2), 23.20 min (P3), 25.2 min (P4), 8 min (P5) and 24 min (P6). Peak one was identified as catechin hydrate. The remaining peaks are unknown compounds.

DISCUSSION

Phenolic compounds are structurally diverse metabolites with an ubiquitous distribution in higher plants. They have very diverse roles including the protection of plants against pests and diseases (15). They can be accumulated as structural components offering a physical barrier to the entrance of phytophagous and phytopathogenic organisms into the plant (Sampietro *et al.*, 2009). Some plant species also increase their phenolics

contents after a pathogen or pest attack (1). This defence response often occurs together with a change in the carbon and energy flows, which are oriented to synthesize phenolic compounds with antimicrobial and/or antifeedant activities, instead of phenolic molecules with other physiological roles. Both situations occurred in leaves infested with *T. absoluta*. The increase in phenolic compounds synthesized in the damaged leaves was accompanied by a higher accumulation of tannins and *n*-butanol soluble phenolic compounds, including flavonol and flavonoids, not observed in healthy leaves. A similar result was observed in soybean plants (18) and in infested olives compared to non-infested olives (12). Usha Rani and Ravibabu (27) also showed that the content of phenolic compounds in plants infested with *Achaea janata* was higher than in those infested with *Spodoptera litura* and *Dichocrocis punctiferalis* (26). The reason for this differences may be that the defence response can be pest specific. In this work, the chemical response triggered by the tomato borer could not be associated with a brief incidence of *T. absoluta* on tomato leaves. Similar situations were previously reported (29) and are due to the fact that several natural plant pesticides often act as retardants of insect development without the immediate killing effect, usually generated by commercial insecticides (30). Hence, these phenolic compounds are likely to reduce the insect damage without completely stopping it. The synthesis of phenolic compounds reduces the chances of insect adaptations (20).

Regarding the HPLC analysis, the different patterns of peaks observed between the *n*-butanol leaf fractions confirmed the synthesis *de novo* of new compounds in leaves infested with *T. absoluta*, which were not found in the undamaged leaves. Catechin was identified but other unknown constituents were also induced. Catechin acts as the deterrent to the European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) (20). This kind of phenolic molecules whose *de novo* biosynthesis is induced in response to insect attack are known as phytoalexins (30). Several phenolic compounds are identified in tomato leaves by HPLC-MS including the *trans* and *cis-p*-coumaric, caffeic, *trans*-ferulic, sinapic, protocatechuic and vanillic acids (4,5,22,28). Gallic acid, chlorogenic acid, rutin and quercetin were found as predominant phenolic compounds in tomato leaves (23,25). The inducible or constitutive expression of these phenolic compounds was not investigated in the tomato leaves. Nevertheless, they are likely to function as feeding deterrents or insect growth retardants. For example, ferulic acid incorporated into artificial diets decreased the survival and reduced the reproductive index of green bug (*Schizaphis graminum*) (6). The induced accumulation of phenyl propanoids such as ferulic and *p*-coumaric acids were reported in response to insect feeding in wheat tissues exposed to the wheat fly (*Sitodiplosis nonagriodites*) (8). Chlorogenic acid and rutin inhibited the early larval growth of the fruit worm (*Heliothis zea*) when added to artificial diets (17).

CONCLUSIONS

The leaves of tomato under attack of tomato borer (*T. absoluta*) accumulated higher contents of total phenolics, flavonoids, flavonols and tannin contents. The infested leaves contained the phenolic compounds different from the healthy leaves. Some phenolic compounds, including catechin, were *de novo* biosynthesized due to the insect attack. They are likely phytoalexins. Their protective role should be investigated to incorporate this finding in the tomato breeding programmes against the tomato borer.

REFERENCES

1. Azadi, N., Shirzad, A. and Mohammadi, H. (2016). A study of some biocontrol mechanisms of *Beauveria bassiana* against rhizoctonia disease on tomato. *Acta Biologica Szegediensis* **60**:119-127.
2. Bekkara, F., Jay, M., Viricel, M.R. and Rome, S. (1998). Distribution of phenolic compounds within seed and seedlings of two *Vicia faba* varieties differing in their seed tannin content and study of their seed and root phenolic exudations. *Plant and Soil* **203**: 27-36.
3. Benhammou, N., AtikBekkara, F. and KadifkovaPanovska, T. (2008). Antioxidant and antimicrobial activities of *Pistacia lentiscus* and *Pistacia atlantica* extracts. *African Journal of Pharmacology* **2**: 22-28.
4. Bénard, C., Gautier, H., Bourgaud, F., Grasselly, D., Navez, B. and Caris-Veyrat, C. (2009). Effects of low nitrogen supply on tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit yield and quality with special emphasis on sugars, acids, ascorbate, carotenoids and phenolic compounds. *Journal of Agriculture, Food and Chemistry* **57**: 4112-4123.
5. Boudet, A.M. (2007). Evolution and current status of research in phenolic compounds. *Phytochemistry* **68**: 2722-35.
6. Cayuela, J.A., Rada, M., Rios, J.J., Albi, T. and Guinda, A. (2006). Changes in phenolic composition induced by *Pseudomonas savastano* infection in olive tree: Presence of large amounts of verbascoside in nodules of tuberculosis disease. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **26**: 5363-5368.
7. Ding, H., Lamb, R.J. and Ames, N. (2000). Inducible production of phenolic acids in wheat and antibiotic resistance to *Sitodiplosis mosellana*. *Journal of Chemical Ecology* **26**: 969-985.
8. Duffey, S.S. and Felton, G.W. (1991). Enzymatic anti-nutritive defences of the tomato plant against insects. In: *Naturally Occurring Pest Bioregulators* (Ed., P.A. Hedin). *ACS Symposium Series*, Vol. **449**: 166-197. American Chemical Society, Washington, DC, USA.
9. Faheed, F.A., Abd-Elaah, G.A. and Mazen, A. (2005). Alleviation of disease effect on tomato plants by heat shock and salicylic acid infected with *Alternaria solani*. *International Journal of Agriculture and Biology* **7**: 783-789.
10. Ferreres, F., Taveira, M., Gil-Izquierdo, A., Oliveira, L., Teixeira, T. and Valentão, P. (2011). High-performance liquid chromatography-diode array detection-electrospray ionization multi-stage mass spectrometric screening of an insect/plant system: The case of *Spodoptera littoralis* on *Lycopersicon esculentum* phenolics and alkaloids. *Rapid Communication in Mass Spectrometry* **25**: 1972-1980.
11. Friedman, M. (2002). Tomato glycoalkaloids: Role in the plant and in the diet. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **50**: 5751-5780.
12. Gaouar Benyelles, N., Ilias, F., Beghdad, C., Gaouar, M. and Medjdoub, K. (2014). Olive antimicrobial activity against its pathogens in Tlemcen region, Algeria. *Allelopathy Journal* **34**: 133-142.
13. Gatehouse, J.A. (2002). Plant resistance to insect herbivores: A dynamic interaction. *New Phytologist* **156**: 145-169.
14. Guillemaud, T., Blin, A., Le Goff, I., Desneux, N., Reyes, M., Tabone, E., Tsagkarakou, A., Niño, L. and Lombaert, E. (2015). The tomato borer, *Tuta absoluta*, invading the Mediterranean Basin, originates from a single introduction from Central Chile. *Scientific Reports* **5**: 8371-8375.
15. Harborne, J.B. (1991). In: *Flavonoid Pigments Herbivores: Their Interactions with Secondary Plant Metabolites* (Eds., G.A. Rosenthal and M.B. Berenbaum). Volume **1**: 389-429. Academic Press, New York.
16. Harborne, J.B. (1994). *Introduction to Ecological Biochemistry*. 4th Edn. Academic Press, New York.
17. Isman, M.B. and Duffey, S.S. (1982). Toxicity of tomato phenolic compounds to the fruit worm *Heliothis zea*. *Entomologia Experimentalis and Applicata* **31**: 370-376.
18. Janas, K.M., Cvikrová, M., Pałagiewicz, A., Szafranska, K. and Posmyk, M. (2002). Constitutive elevated accumulation of phenylpropanoids in soybean roots at low temperature. *Plant Science* **163**: 369-373.
19. Lee, K.J., Lee, G.A., Ma, K.H., Raveendar, S., Cho, Y.H, Lee, J.R. and Chung, J.W. (2016). Chemical constitutions and antioxidant activities of tomato leaf extracts. *Plant Breeding and Biotechnology* **4**: 362-372.
20. Ntalli, N.G. and Menkissoglu-Spiroudi, U. (2011). Pesticides of botanical origin: A promising tool in plant protection. In: *Pesticides - Formulations, Effects, Fate* (Ed., Margarita Stoytcheva). Ch.
21. Oliveira, C.M., Carvalho de Andrade Júnior, V., Maluf, W.R., NeivaII, I.P., Mascarenhas Maciel and G. (2012). Resistance of tomato strains to the moth *Tuta absoluta* imparted by allelochemicals and trichome density. *Ciencia e Agrotecnologia* **36**: 45-52.
22. Revilla, E., Ciruelos, A., Apaolaza, A. and Sarro, M.J. (1985). Influence of boron toxicity on single phenols of tomato leaves. *Plant and Soil* **88**: 295-297.

23. Silva-Beltran, N.P., Ruiz-Cruz, S. and Chaidez, C. (2015). Chemical constitution and effects of extracts of tomato plants by products on the enteric viral surrogates. *International Journal of Environmental Health Research* **25**: 299-331.
24. Singleton, V.L. and Rossi, J.A. Jr. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* **16**: 144-158.
25. Slimestad, R. and Verheul, M. (2009). Review of flavonoids and other phenolics from fruits of different tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars. *Journal of Science of Food and Agriculture* **89**: 1255-1270.
26. Usha Rani, P. (2006). Induced defence in plants - Interaction with other organisms. *Allelopathy Journal* **17**: 181-198.
27. Usha Rani, P. and Ravibabu, M.V. (2011). Allelochemicals in castor (*Ricinus communis*) plants and their impact on pest larval feeding as anti-herbivore defensive. *Allelopathy Journal* **27**: 14-18.
28. Van der Rest, B., Danoun, S., Boudet, A.M. and Rochange, S.F. (2006). Down-regulation of cinnamoyl-CoA reductase in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) induces dramatic changes in soluble phenolic pools. *Journal of Experimental Botany* **57**: 1399-1411.
29. Walls, R., Apple, H., Cipollini, M. and Schultz, J. (2005). Fertility, root reserves and the cost of induced defences in the perennial plant *Solanum carlinese*. *Journal of Chemical Ecology* **31**: 2263-2287.
30. War, A.R., Paulraj, M.G., Ahmad, T., Burhoo, A.A., Hussain, B., Ignacimuthu, S. and Sharma, H.C. (2012). Mechanisms of plant defence against insect herbivores. *Plant Signalling and Behaviour* **7**: 1306-1320.
31. Zhang, S.Y., Zheng, C.G., Yan, X.Y. and Tian, W.X. (2008). Low concentration of condensed tannins from catechu significantly inhibits fatty acid synthase and growth of MCF-7 cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications* **371**: 654-658.
32. Zhishen, J., Mengcheng, T. and Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry* **64**: 555-559.

المخلص

يركز هذا العمل على البحث على المركبات الفينولية من الطماطم التي لها قوة كيميائية مخصصة . تحت الظروف المخبرية تتراوح درجة الحرارة المثلى للتكاثر بين 18 و 25 درجة العمر الاجمالي يتراوح من 1 ± 10 يوم في 35 درجة الي 45 ± 3 ايام عند 18 يكشف الفحص الكيميائي لمختلف المستخلصات المحضرة وجود الفلافونويد الانتوسيانين كمكونات رئيسية لاقراق الطماطم و الفواكه في المستخلص الخام و جزء بوتانولي من الاوراق المصابة بالحشرة مستوي اعلي للمركبات الفينولية (0.01 ± 6.88 و 0.82 ± 13.04) من الاوراق الصحية و اظهرت اجزاء من الاوراق الصحية و المصابة بنشاط ضد الحشرات علي الطور البيرقية الاربعة و مضاد للميكروبات ضد السلالتين بسودوموناس و اكتينوباكتر و ايضا مبيد للفطريات خاصة بينيسليوم تظهر جميع النتائج ان الطماطم ان الطماطم تفرز ايضات ثانوية مما يسمح لها بالدفاع عن نفسها من خلال قوتها الكيميائية عندما تتعرض لهجوم من طرف الحشرات و ايضا البيكتيريات و الفطريات المسببة للامراض.

كلمات البحث: الطماطم , تضاد بيوكيميائي, الحشرة , الكفاح

Résumé

Ce travail porte sur la recherche des composés phénoliques, des extraits de la tomate *Lycopersicon esculentum*, ayant un pouvoir allélochimique lui permettant de lutter contre ses bioagresseurs.

Dans les conditions de laboratoire, la température optimale pour le développement de *Tuta absoluta* varie entre 18 à 25°C. Le screening phytochimique de différents extraits préparés dans différents solvants (eau, eau/MeOH, acétate d'éthyle et n-butanol) révèle la présence des flavonoïdes, des tanins et des anthocyanes comme constituants majoritaires des feuilles et fruits de tomate dans les différents extraits. Dans l'extrait brut et la fraction n-butanol, les feuilles infectées par *T. absoluta* présentaient un taux significativement plus élevé de composés phénoliques ($13,04 \pm 0,82$ mg/ EAG/g MS ; $6,88 \pm 0,01$ mg / EAG/g MS) que les feuilles saines. Les fractions n-butanol des feuilles saines et infectées ont montré une activité insecticide sur les quatre stades larvaires de *T. absoluta* ; antimicrobienne contre les deux souches bactériennes *Actinobacter* et *Pseudomonas* et fongicide particulièrement sur *Penicillium* avec des zones d'inhibitions différentes.

L'ensemble des résultats montre que la tomate *Lycopersicon esculentum* sécrète des métabolites secondaires lui permettant de se défendre par son pouvoir allélochimique lorsqu'elle est attaquée aussi bien par la mineuse *Tuta absoluta* que par les champignons et bactéries pathogènes.

Mots clés : *Lycopersicon esculentum*, allélopathie, *Tuta absoluta*, lutte.

Summary

This work is a research of phenolic compounds, extracts of tomato *Lycopersicon esculentum*, with allelochemical power allowing him to fight against his oats. In laboratory conditions, the optimum temperature for the development of *Tuta absoluta* varies between 18 to 25°C. Screening phytochemical of different extracts prepared in different solvents (water, water/MeOH, ethyl acetate and n-butanol) reveals the presence of flavonoids, tannins and anthocyanins as majority constituents of the leaves and fruits of tomato in different excerpts. In the crude extract and the n-butanol fraction, leaves infected with *T. absoluta* had a significantly higher rate of phenolic compounds (13.04 ± 0.82 mg / EAG/g M...)

Healthy and infected leaves n-butanol fractions showed insecticidal activity on the four instars of *T. absoluta*; anti-microbial against both bacterial *Actinobacter* and *Pseudomonas* strains and fungicide particularly on *Penicillium* with areas of different inhibitions. The result set shows that tomato *Lycopersicon esculentum* secretes secondary metabolites allowing him to defend himself by his allelochemical power when it is attacked by the miner *Tuta absoluta* by fungi as well and pathogenic bacteria.

Keywords : *Lycopersicon esculentum*, allelopathy, *Tuta absoluta*, Struggle.

