



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



Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEM
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et
de l'Univers

Département Ecologie et Environnement
Laboratoire de recherche « Ecologie et Gestion des Ecosystèmes Naturels »

MÉMOIRE

Présenté par

BOUDLAL Selsabil

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Ecologie animale

Thème

Effet biocide de l'huile essentielle de la verveine (*Lippia citriodora*) sur les champignons et la mineuse *Tuta absoluta* (Meyrick) de la tomate *Lycopersicon esculentum*

Soutenu le....., devant le jury composé de :

Présidente :	Mme Tabti Leila	MCA	Université ABB Tlemcen
Encadrante :	Mme Gaouar Nassira	Professeur	Université ABB Tlemcen
Examineur :	Mr Bouchikhi Zoheir	Professeur	Université ABB Tlemcen

Année universitaire 2022/2023

Remerciements

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

*Je voudrais dans un premier temps remercier, ma directrice de mémoire **Mme GAOUAR N.**, Professeur à l'Université ABB de Tlemcen, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.*

*J'adresse aussi mes vifs remerciements à **Mme TABTI Leïla**, Maitre de Conférences classe A, Département d'Ecologie et Environnement, Faculté SNVSTU, Université de Tlemcen, pour m'avoir fait le grand honneur d'accepter la présidence du jury.*

*Je remercie **Mr BOUCHIKHI Zoheir**, Professeur à la Faculté SNVSTU, Université de Tlemcen, au Département d'Ecologie et Environnement d'avoir accepté de juger ce travail.*

Merci!

Selsabil

Dédicaces

Je dédie ce travail

A mes très chers parents

*Pour les sacrifices et tous les efforts qu'ils ont fait pour mon éducation,
puisse Dieu vous accorder longue vie, pleine de santé et de bonheur,*

A tous les membres de ma famille

*A tous les membres de l'équipe Pathologie et contrôle biologique
des écosystèmes, Laboratoire de l'Ecologie et Gestion des Ecosystèmes
Naturels*

*A tous les amis qui ont une relation de près ou de loin avec la
réalisation de ce travail*

Liste des figures

Figure 1: Différentes parties de la tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.).....	5
Figure 2 : Evolution de la production de tomate par pays (FAO, 2019).....	6
Figure 3: Evolution de la production et la superficie nationale de tomate (FAO, 2018).....	7
Figure 4: Evolution du rendement nationale de la tomate (FAO, 2018).....	8
Figure 5: Œuf de <i>Tuta absoluta</i> Gx10.....	11
Figure 6: Les quatre stades larvaires (L1/L2/L3/L4) Gx10 de <i>Tuta absoluta</i>	11
Figure 7: Chrysalide de <i>T. absoluta</i> GX10	12
Figure 8: Adulte de <i>T. absoluta</i>	12
Figure 9: Cycle de vie de <i>Tuta absoluta</i>	13
Figure 10: Parties aériennes de <i>Lippia citriodora</i>	18
Figure 11: Feuille de <i>Lippia citrodora</i>	19
Figure 12: Fleurs de <i>Lippia citriodora</i>	19
Figure 13: Situation géographique de la région de Fellaoucene	21
Figure 14: Courbe des variations moyennes mensuelles des précipitations de Zenâta pour la période 2010-2020.....	23
Figure 15: Variations saisonnières des précipitations de la station de Zenâta durant la période (2010-2020).....	24
Figure 16: Valeurs moyennes mensuelles des températures de la station de Zenata période (2010-2020).....	25
Figure 17: Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la station de Zenâta durant la période (2010-2020).....	25
Figure 18: Climagramme pluviothermique d'Emberger de la station de Zenata de la période 2010-2020.....	27
Figure 19: Photo satellite du champ comportant des serres de tomate de la station d'étude	28
Figure 20: Serre d'étude au niveau de la station de Fellaoucene	28
Figure 21: Différents traitements utilisés sur les cultures de tomate	29
Figure 22: Méthode de Leaf-dip Bioassay.	30
Figure 23: Montage de l'appareil d'hydrodistillation de type Clevenger	32
Figure 24: Différentes étapes de la méthode de contact direct	35
Figure 25: Effet de l'H.E. de <i>Lippia citriodora</i> sur les différents stades de larves de <i>T. absoluta</i> après 6 heures d'exposition	37

Figure 26:Effet de l'H.E. de <i>Lippia citriodora</i> sur les différents stades de larves de T. absoluta après 12 heures d'exposition	38
Figure 27: Photos du champignon <i>Aspergillus sp</i> (A) en culture et sur microscope	39
Figure 28:Photos du champignon <i>Alternaria alternaria</i> (B) en culture et sur microscope	39
Figure 29:Photos du champignon <i>Alternaria sp</i> (C) en culture et sur microscope	39

Liste des tableaux

Tableau 1: Maladies fongiques de la tomate	8
Tableau 2: Principaux ravageurs de la culture de tomate.....	9
Tableau 3: Composés chimiques des huiles essentielles (Belabbas et Kechad, 2017)	16
Tableau 4: Caractéristiques de la station de Fellaoucene.....	21
Tableau 5: Précipitations moyennes mensuelles et annuelles de la station de Zenâta durant la période 2010-2020. https://tutiempo.net	22
Tableau 6: Régime saisonnier des précipitations dans la station de Zenâta.....	23
Tableau 7: Températures mensuelles et annuelles de la station météorologique de Zenâta durant la période (2010-2020) https://tutiempo.net	24
Tableau 8: Paramètres géographiques du site de la plante collectée.....	31
Tableau 9: Caractéristiques de <i>Lippia citriodora</i>	36
Tableau 10: Diamètres d'inhibition de la croissance mycélienne à différents doses de l'huile essentielle de <i>Lippia citriodora</i>	40

Liste des abréviations

% : pourcentage

°C : degré Celsius

Cm: centimeter

FAO: Food and Agriculture of the United Nations

HE : huile essentielle

L1, L2, L3 : larve de 1^{er}, 2^{ème}, 3^{ème} stade.

Sp : Espèce

µL : Microlitre

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
Chapitre I Etude Bibliographie	
I. LA PLANTE HOTE <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.....	3
1. Généralités	3
2. Classification botanique	3
2.1. Morphologie de la plante.....	3
2.2.1 Système racinaire.....	4
2.2.2 Tige.....	4
2.2.3 Feuille	4
2.2.4 Fleurs	4
2.2.5 Fruit	4
2.2.6 Graines.....	4
3. Exigences pédoclimatiques de la tomate	5
3.1. Température	5
3.2. Eau et humidité relative.....	5
3.3. Lumière	6
3.4. Sol, salinité et Ph.....	6
4. Evolution de la production de tomate.....	6
4.1. Evolution de la production de tomate par pays	6
4.2. Evolution de la superficie et la production de la tomate en Algérie	7
4.3. Rendement national de tomate	7
5. Maladies de la tomate	8
II. La Mineuse de la tomate <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick)	10
1. Généralités	10
2. Classification	10
3. Morphologie	10
3.1. Œuf.....	11
3.2. Larves	11
3.3. Chrysalide.....	12
3.4. Adulte	12
4. Cycle de biologique de <i>Tuta absoluta</i>	13
5. Dégâts provoqués par <i>T. absoluta</i>	14

6.	Lutte contre la mineuse <i>Tuta absoluta</i>	14
III.	HUILE ESSENTIELLE DE LA VERVEINE (<i>Lippia citriodora</i>)	15
2.	Huile essentielle.....	15
1.1.	Définition	15
1.2.	Composition chimique des huiles essentielles	15
2.	La verveine citronnée <i>Lippia citriodora</i>	17
2.1.	Généralités.....	17
2.2.	Classification de <i>Lippia citriodora</i>	17
2.3.	Description botanique de <i>Lippia citriodora</i>	17
3.	Composition chimique de <i>Lippia citriodora</i>	19
<u>Chapitre II</u> Matériel et Méthode		
I.	PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE	21
1.	Situation géographique	21
1.1	Situation géographique de la région d'étude Fellaoucene	21
2.	Etude bioclimatique	22
2.1.	Précipitations	22
2.2.	Régime saisonnier	23
2.3.	Températures	24
3.	Synthèse bioclimatique.....	25
3.1.	Diagramme ombrothermique de BAGNOULS ET GAUSSEN (1953).....	25
3.2	Quotient pluviothermique d'EMBERGER (1955)	26
II.	ETUDE ENTOMOLOGIQUE.....	28
1.	Localisation de la station d'étude	28
2.	Matériel végétal et dispositif expérimental sur le terrain	29
2.1.	Échantillonnage	29
2.2.	Essais biologiques	30
III.	ETUDE PHYTOCHIMIQUE.....	31
1.	Matériel végétal	31
2.	Collecte du matériel végétal	31
3.	Procédé d'extraction de l'huile essentielle	31
4.	Détermination du rendement en huiles essentielles.....	32
IV.	ÉTUDE MICROBIOLOGIQUE	33
1.	Matériel fongique	33
2.	Identification.....	33
2.1.	Identification des genres par la technique de micro-culture	33

2.2. Identification des espèces fongiques	33
3. Matériels et produits chimiques.....	34
3.1. Matière végétale	34
3.2. Matières chimiques	34
3.3. Matériel	34
4. Méthode de contact direct.....	34
4.1. Mode opératoire	34

Chapitre III Résultat Et Discussion

I. RESULTATS	36
1. Etude phytochimique	36
2. Activité insecticide de l'huile essentielle de <i>Lippia citriodora</i>	37
2.4. Après 6 heures d'exposition à l'huile essentielle de <i>Lippia citriodora</i>	37
2.5. Après 12 heures d'exposition à l'huile essentielle de <i>Lippia citriodora</i>	38
3. Activité fongicide de l'huile essentielle de <i>Lippia citriodora</i>	38
a. Identification des champignons	38
b. Activités antifongiques de l'HE par la méthode de contact direct.....	40
II. Discussion	41
Conclusion.....	43
CONCLUSION	43
Référence bibliographie	44

Introduction

INTRODUCTION

La tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. Est une plante solanacée, annuelle, originaire des Andes et des Amériques. C'est le deuxième légume le plus populaire après la pomme de terre, elle est largement consommée dans le monde (**Abd-El Kareem, 2006**).

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**).

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). 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.

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.

L'utilisation des extraits de plantes comme insecticides est connue depuis longtemps ; en effet, la nicotine est déjà connue comme agent de lutte contre les insectes (**Crosby, 1966 ; Biever, 2003**). En Algérie, les études menées sur l'activité insecticide des extraits végétaux vis-à-vis des larves de lépidoptères sont très limitées. Une seule étude a été publiée sur l'effet des extraits aqueux sur les larves de *Tuta absoluta* (**Allal-Benfekih, 2011**). Dans des travaux encore plus récents, les propriétés insecticides de certaines plantes ont été testées sur les larves d'insectes de *Tuta absoluta* par **Ait Taadaouit et al. (2011)** au Maroc.

Dans cette optique, nous nous sommes intéressés à l'étude de la bioactivité larvicide et antifongique de l'huile essentielle, un extrait de la plante *Lippia citriodora*, afin de déterminer ses effets sur les larves de *Tuta absoluta*, telles que :

- Réduire les dégâts causés par ce ravageur et rendre la production agricole plus développée.
- Réduire l'utilisation des pesticides conventionnels, limitant ainsi leurs effets nocifs sur l'environnement et la santé humaine.
- Promouvoir et améliorer la production végétale biologique en Algérie. À cette fin, la composition chimique de l'huile essentielle de plante est caractérisée pour étudier sa bioactivité contre les larves de *Tuta absoluta* et les trois espèces fongiques.

Ce mémoire est structuré de manière classique :

-Le premier chapitre est une étude bibliographique complète composée de trois parties : la première est dédiée à la plante hôte (tomate), la seconde au principal ravageur de la tomate (*Tuta absoluta*) et la troisième à la plante étudiée et son huile essentielle.

-Le second chapitre présente le matériel et les méthodes utilisés au cours de ce travail. La première partie consiste en une présentation de toutes les caractéristiques bioclimatiques de la zone d'étude. La deuxième partie est consacrée aux études entomologiques et statistiques, la troisième aux études phytochimiques et la dernière partie aux études microbiologiques.

- Les résultats obtenus sont présentés au troisième chapitre. Ils sont discutés à partir des données de la littérature.

-Enfin, on clôture ce travail par une conclusion générale, synthétisant les principaux résultats obtenus et les perspectives que nous proposons.

CHAPITRE 1

Etude Bibliographique

I. LA PLANTE HOTE *Lycopersicon esculentum* Mill.

1. Généralités

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) est devenue l'un des légumes les plus importants au monde (Niaka et al., 2005), elle est cultivée sous toutes les formes de culture possibles (plein champ, sous abri, etc...), sous toutes les latitudes et dans tous les pays (Philouze et Laterrot, 1992). La production mondiale continue de croître, elle est passée de 100 millions de tonnes en 2000 (Pitrat et Foury, 2003) à 126 millions de tonnes en 2007 (Faostat, 2008), superficie estimée à environ 141,4 millions de tonnes de fruits frais 4,98 millions d'hectares en 2009 (Faostat, 2010). La tomate est originaire des Andes d'Amérique du Sud ; elle a été domestiquée au Mexique et introduite en Europe vers 1544 (Niaka et al., 2005).

2. Classification botanique

Au début des années 1700, Linnaeus a classé les tomates dans le genre *Solanum* sur la base de caractéristiques visibles. Au milieu du XVIIe siècle, un autre botaniste, Philip Miller, s'opposa à la classification de Linnaeus et classa les tomates dans le genre *Lycopersicon*, il croyait que la tomate était une espèce différente des autres morelles vénéneuses.

Règne :	Végétal
Embranchement :	Angiospermes
Classe :	Magnoliopsida
Ordre :	Solanales
Famille :	Solanacea
Genre :	<i>Solanum</i>
Espèce :	<i>S. lycopersicum</i>

2.1. Morphologie de la plante

En Amérique du Sud, la tomate est considérée comme une plante vivace (Niaka et al., 2005), mais il existe deux types de croissance :

- la croissance déterminée
- la croissance indéterminée.

2.2.1 Système racinaire

Les tomates ont un système racinaire pivotant et peuvent pousser jusqu'à 50 cm de profondeur. Selon Papadhópoulos (1991), la racine pivotante produit une forte densité de racines secondaires et adventices.

2.2.2 Tige

Le port de croissance varie entre érigé et prostré. La tige pousse jusqu'à une longueur de 2 à 4 m. La tige est pleine, fortement poilue et glandulaire.

2.2.3 Feuille

Feuilles disposées en spirale, de 15 à 50 cm de long et 10 à 30 cm de large, les folioles sont ovales à oblongues, couvertes de poils glandulaires. Les grandes folioles sont parfois pennatifides à la base ; l'inflorescence est une cyme formée de 6 à 12 fleurs, le pétiole mesure entre 3 et 6 cm.

2.2.4 Fleurs

Bisexuées, régulières, entre 1,5 et 2 cm de diamètre, elles poussent opposées aux - ou entre les feuilles. Le tube du calice est court et velu, les sépales sont persistants. En général il y a 6 pétales qui peuvent atteindre une longueur de 1 cm, jaunes et courbées lorsqu'elles sont mûres. Il y a 6 étamines et les anthères ont une couleur jaune vif et entourent le style qui a une extrémité stérile allongée. L'ovaire est supère avec entre 2 et 9 carpelles. En général, la plante est autogame mais la fécondation croisée peut avoir lieu ; les abeilles et les bourdons sont les principaux pollinisateurs.

2.2.5 Fruit

Baie charnue, de forme globulaire ou aplatie avec un diamètre de 2 à 15 cm. Lorsqu'il n'est pas encore mûr, le fruit est vert et poilu. La couleur des fruits mûrs varie du jaune au rouge en passant par l'orange. En général les fruits sont ronds, réguliers ou côtelés.

2.2.6 Graines

Nombreuses, en forme de rein ou de poire, elles sont poilues, beiges, de 3 à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen. 1000 graines pèsent approximativement 2,5 à 3,5 g.

La figure 1 présente les différentes parties de la plante :



Figure 1: Différentes parties de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

3. Exigences pédoclimatiques de la tomate

3.1. Température

La température est un facteur important dans la production des tomates car la culture est très sensible aux fluctuations de ce facteur climatique (**Lambert, 2006**). La température optimale pour la plupart des variétés se situe entre 21°C et 24°C. La croissance, la floraison et la fructification sont favorisées lorsque l'écart de température entre le jour et la nuit est de 10°C. Les gelées qui surviennent après la plantation tuent la plante ; la culture dans le champ doit donc être retardée jusqu'à la fin de l'hiver.

3.2. Eau et humidité relative

Les tomates nécessitent de grandes quantités d'eau et nécessitent un arrosage régulier pour éviter l'étouffement des racines (**Schiffers, 2003 ; Leboeuf et al., 2008**). Le stress de déshydratation à long terme peut provoquer la chute des bourgeons et des fleurs et l'éclatement des fruits. Le risque est important si l'arrosage est très lourd, une humidité très élevée entraîne la pourriture des fruits (**Lacroix, 1998 ; Lambert, 2006**). Malheureusement, selon **Guenaoui (2008)**, les exigences climatiques de la tomate sont propices au développement des ravageurs des cultures.

3.3. Lumière

La lumière est un facteur écologique fondamental qui influence la qualité de la photosynthèse. Le manque de lumière peut inhiber l'induction florale et empêcher la germination du pollen (**Chibane, 1999**). La longueur du jour et l'intensité lumineuse sont des facteurs limitants pour la culture (**Benton, 1999**).

3.4. Sol, salinité et Ph

Les tomates préfèrent un sol profond, meuble, aéré, bien drainé et riche en humus. Le limon sablonneux ou sableux est préféré (**Huat, 2008**). Les tomates sont l'une des plantes modérément tolérantes au sel car elles supportent des teneurs en sel allant jusqu'à 2–3 mmho/cm (**Morard et Martinez, 1999**) et ont une très haute tolérance aux acides. Les tomates poussent mieux dans des sols avec un pH de 5,5 à 6,8, bien approvisionnés en nutriments (**Lacroix, 1998 ; Naika, et al., 2005**).

4. Evolution de la production de tomate

4.1. Evolution de la production de tomate par pays

La tomate est cultivée dans de nombreux pays du monde (170 selon la FAO) et dans différentes zones climatiques. En termes de volume de production, c'est le légume le plus important au monde après les pommes de terre et les patates douces, dépassant la pastèque et le chou (**FAO, 2009**).

Les tomates peuvent être cultivées à l'extérieur et dans des serres. Produit principalement sous serre en Amérique du Nord et en Europe, le système de production est très intensif et peut atteindre des rendements très élevés (jusqu'à 700 tonnes/ha) en région subtropicale.

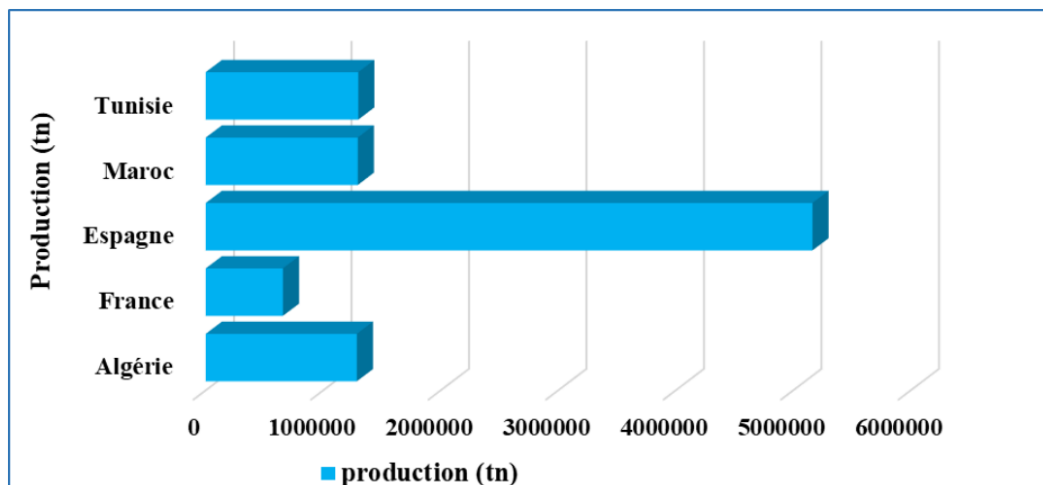


Figure 2 : Evolution de la production de tomate par pays (FAO, 2019)

En 2017, selon (FAO, 2019), l'Algérie a produit 1.2 million de tonnes de tomates fraîches, la France, 656408 tonnes, le Maroc (1.3 millions de tonnes), l'Espagne (5.1 millions de tonnes) et le Tunisie a produit 1.3 million de tonnes (Figure 2).

4.2. Evolution de la superficie et la production de la tomate en Algérie

En 2017, la croissance de la production mondiale a dépassé 182 millions de tonnes sur 5 millions d'hectares de superficie plantée. Selon les sources statistiques de la FAO, le graphique ci-dessous montre l'évolution de la production de tomates et de la superficie des terres de 1987 à 2017 et présentée dans la figure 3 suivante :

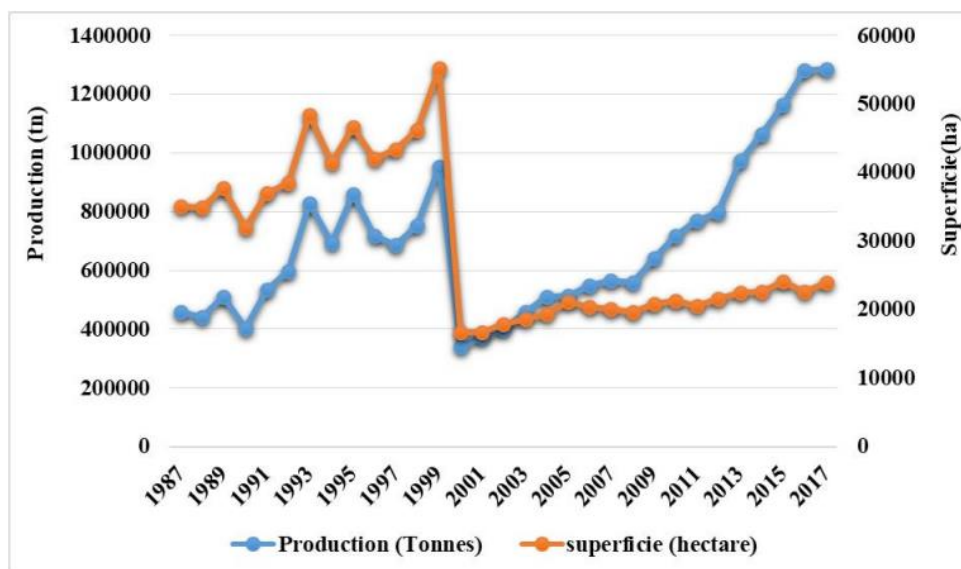


Figure 3: Evolution de la production et la superficie nationale de tomate (FAO, 2018)

En 1987, la loi n° 83-18 du 13 août 1983 entre en vigueur avec l'application de l'Accès à la Propriété Foncière Agricole (APFA) et une augmentation progressive de la production de tomates. Avant l'an 2000, la production de tomates était faible par rapport à la superficie, mais depuis les années 2000, la production de tomates est entrée dans une nouvelle phase de croissance lors de la mise en œuvre du Plan national de Développement Agricole (PNDA) post-2000. En 2017, elle dépassait 1,2 millions de tonnes ; au cours des 17 dernières années, la production de tomates a augmenté avec un taux de croissance de 276,71 % entre 2000 et 2017.

4.3. Rendement national de tomate

En Algérie, le rendement de tomate n'a pas connu une forte augmentation entre 1987 et 2000. À partir de l'année 2000, nous constatons une augmentation jusqu'à l'année 2017 (Figure 4). En 2017 le rendement de tomate a dépassé les 53 tonnes/hectare (Ben Aichi, 2019).

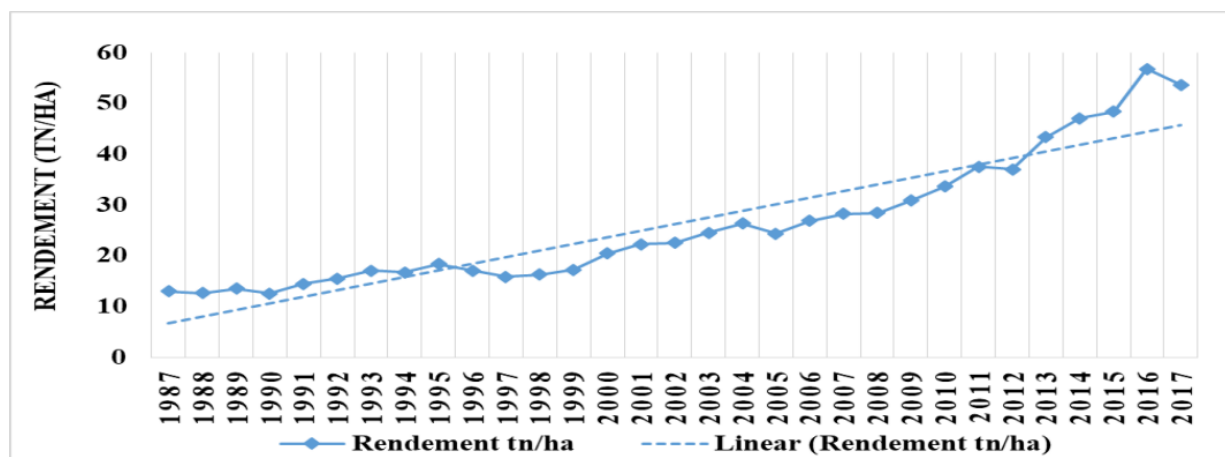


Figure 4: Evolution du rendement nationale de la tomate (FAO, 2018)

5. Maladies de la tomate

Selon HUAT (2008), la prévention des maladies et des ravageurs est très importante pour la culture de la tomate. Les principaux facteurs limitant la production de tomates au champ sont l'approvisionnement en eau et en minéraux, les maladies (**Tableau 1**) et les ravageurs (**Tableau 2**).

Tableau 1: maladies fongiques de la tomate

Maladies fongiques	cause	Partie attaquée
Mildiou	causé par <i>Phytophthora infestans</i>	organes aériens de la plante
Alternariose	causée par <i>Alternaria solani</i>	
Moisissure grise ou Botrytis	causée par <i>Botrytis cinerea</i>	fleurs, fruits, tiges et feuilles
Oïdium	causé par <i>Oidium neolycopersici</i>	la face supérieure des folioles de tomate
Anthraxose	causée par <i>Colletotrichum cocodes</i>	les fruits mûrs
Fusariose	provoquée par <i>Fusarium oxysporum</i>	un jaunissement des feuilles et un flétrissement se propageant à partir de la base de la tige

Tableau 2: principaux ravageurs de la culture de tomate

Ravageurs	Partie attaquée
Nématodes	les racines des plantes
Escargots et limaces	plantules, jeunes pousses, feuillage et fleurs
Thrips	Fleurs, grains de pollen
Pucerons	Feuilles
Mouche blanche	Feuilles
Noctuelles	trous et cavités sur fruits provoquant la maturation prématurée
Mineuse	attaque les feuilles et les fruits de la tomate ainsi que d'autres Solanacées

II. La Mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick)

1. Généralités

La mineuse de la tomate, *Tuta absoluta*, est un ravageur récemment introduit dans les pays méditerranéens, dont l'Algérie. Ce papillon est très prolifique, son hôte principal est la tomate (*Lycopersicon esculentum*). Les plants de tomates peuvent être infectés des graines aux plantes matures ; ce macrolépidoptère parasite principalement les feuilles et les fruits de la plante hôte. Ce ravageur est particulièrement dangereux dans les champs et les serres infestées où il peut causer jusqu'à 100 % de perte de rendement des tomates cultivées (Urbaneja et al., 2007).

2. Classification

La mineuse de la tomate *T. absoluta* fait partie de la famille des Gelechiidae, un microlépidoptère néotropical qui se nourrit de Solanacées (Doumandji et al., 2010 ; Ravidat, 2010).

Ce nouvel intrus a des synonymes tels que : *Phtomiraea absoluta* (Meyrick, 1917); *Gorimoschema absoluta* (Clarke, 1962); *Scrobipalpula absoluta* (Povolny, 1975). Le nom scientifique *Tuta absoluta* a été attribué par Polovny en 1994 (Kiliç, 2010).

Polovny (1994) présente la classification de la mineuse de la tomate comme suit :

Règne :	Animalia
Embranchement :	Arthropoda
Classe :	Insecta
Ordre :	Lepidoptera
Sous-ordre :	Microlepidoptera
Super-famille :	Gelechioidea
Famille :	Gelechiidae
Sous-famille :	Gelechiinae
Genre :	<i>Tuta</i>
Espèce :	<i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917)

3. Morphologie

Il existe quatre stades de développement de cet insecte ravageur : l'œuf, quatre stades larvaires, le stade pupa (chrysalide) et le stade adulte (imaginal).

3.1. Œuf

Les œufs sont petits, 0,36 mm de long et 0,22 mm de large, cylindriques et de couleur crème à jaunâtre (Figure 5) (Guenauoui et Ghelamallah, 2008).



Figure 5: œuf de *Tuta absoluta* Gx10

<https://www.biobestgroup.com/fr/biobest/ravageurs-et-maladies/tuta-absoluta-4992/>

3.2. Larves

Selon Molla et al. (2008), cet insecte se caractérise par quatre stades larvaires très variables en taille et en couleur. Arno et Gabarra (2011) indiquent que les jeunes larves sont de couleur crème avec des têtes noires (Figure 6). Les larves deviennent vertes au cours du développement. Lebdi-Grissa et al. (2010) ont rapporté que les larves de dernier stade sont caractérisées par une coloration rose, leur longueur peut atteindre 7 mm.

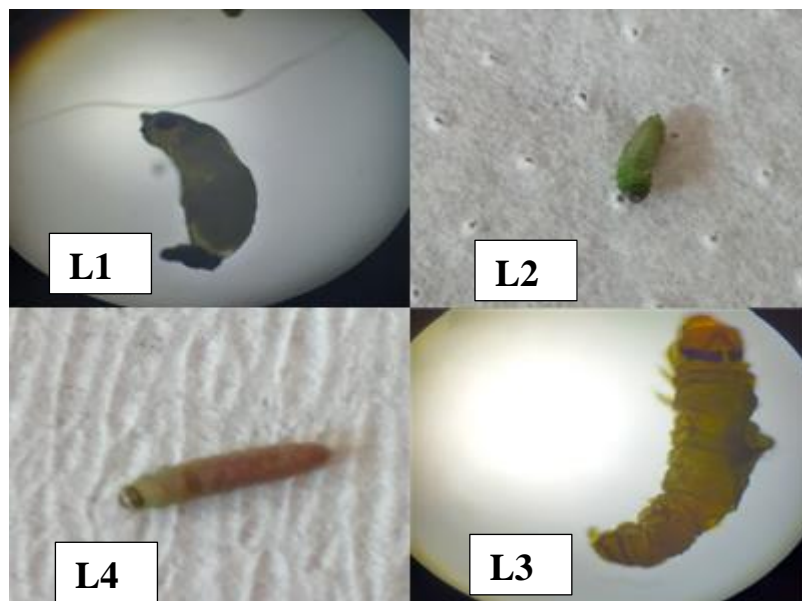


Figure 6: les quatre stades larvaires (L1/L2/L3/L4) Gx10 de *Tuta absoluta*

3.3. Chrysalide

Les chrysalides brunes mesurent 4 à 5 mm de long (**Figure7**). Les pupes mâles sont plus légères ($3,04 \pm 0,49$ mg) et plus petites (longueur $4,27 \pm 0,24$ mm, largeur $1,23 \pm 0,08$ mm) que les pupes femelles ($4,67 \pm 0,23$ mg, longueur $4,67 \pm 0,23$ mm, largeur $1,37 \pm 0,07$ mm) = (**Fernandez et Montagne, 1990**). Selon **Arno et Gabarra (2011)** la période nymphale dure de 08 à 20 jours selon la température.



Figure 7: Chrysalide de *T. absoluta* GX10

3.4. Adulte

Les adultes sont des microlépidoptères de 6 à 7 mm de long et de 8 à 10 mm d'envergure. La couleur est gris argenté avec des taches brunes à noires sur les ailes. Les antennes sont filiformes et occupent les 5/6 de l'aile (**Figure 8**).



Figure 8: Adulte de *T. absoluta*

4. Cycle de biologique de *Tuta absoluta*

Tuta absoluta est un insecte holométabole multivoltine. **Estay et Bruna (2002)** ont estimé que les femelles ont une espérance de vie de 10 à 15 jours par rapport à celle des mâles qui est de 6 à 10 jours.

Tuta Absoluta a un haut potentiel reproducteur ; elle a environ 10 à 12 générations par an. La durée du cycle de développement dépend fortement des conditions environnementales (**Ramel et Udard, 2008**). Les adultes sont nocturnes et se cachent souvent entre les feuilles pendant le jour. Les femelles pondent des œufs sur les parties aériennes des plantes hôtes.



Figure 9: cycle de vie de *Tuta absoluta*

5. Dégâts provoqués par *T. absoluta*

Les dégâts de la mineuse représentent de 80 à 100 % de la production sur les plants de tomate (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 (Bouayad Alam *et al.*, 2014 ; Bouklikha *et al.*, 2018).

Sur les feuilles : les attaques se caractérisent par la présence de galeries décolorées nettement visibles, avec la présence des excréments bruns (Silva, 2011).

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

6. Lutte contre la mineuse *Tuta absoluta*

La conservation doit inclure tous les moyens de contrôle de cet insecte, une protection des cultures qui respecte à la fois les agriculteurs, les consommateurs et l'environnement par l'utilisation judicieuse et complémentaire des moyens cultureux, prophylactiques, biologiques et phytopharmaceutiques (Pereira, 2008, Schneuf, 2011). Corbaz (1990) ajoute que la lutte intégrée est conseillée, une combinaison de justification de toutes les méthodes pouvant avoir un effet régulateur sur la mineuse permettrait à la population de rester au seuil le plus bas de nocivité.

III. HUILE ESSENTIELLE DE LA VERVEINE (*Lippia citriodora*)

2. Huile essentielle

1.1. Définition

Les huiles essentielles sont des substances huileuses et volatiles qui ont généralement une odeur et un goût prononcés, extraites des feuilles et des tiges des plantes aromatiques par distillation, enfleurage, expression, solvant ou autre (Belaiche, 1979 ; Valnet, 1984 ; Wichtel et Anthon, 1999).

Pour Bruneton (1999), les huiles essentielles (= essences = huiles volatiles) sont des "substances complexes contenant des constituants volatils, présents dans les végétaux, qui se modifient plus ou moins lors de la préparation.

Il est important de faire la distinction entre les huiles essentielles et les huiles végétales. Les huiles essentielles sont obtenues par distillation à la vapeur. Les huiles végétales sont obtenues par pression et sont constituées majoritairement de corps gras (Binet et Brunel, 2000 ; Chaker, 2010).

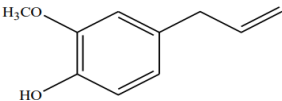
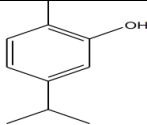
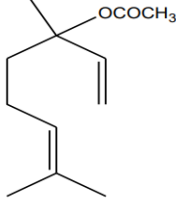
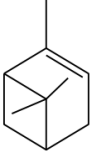
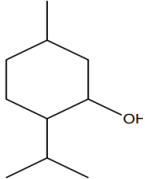
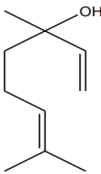
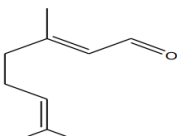
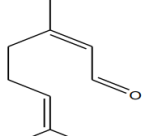
Chaque huile a des propriétés spécifiques liées aux différents ingrédients qu'elle contient. Leur composition chimique est très complexe, et chaque HE rassemble en fait plusieurs composés aromatiques très complexes et très différents, ce qui les rend uniques. Ils peuvent être collectés sur toutes les parties de la plante : fleurs, fruits, graines, écorce, tiges, ou parfois plantes entières (Aboughe et al., 2015).

1.2. Composition chimique des huiles essentielles

La composition chimique des huiles essentielles est très complexe et sujette à de nombreuses variables (Tableau 3). La connaissance précise de la composition des huiles essentielles est essentielle pour vérifier leur qualité, décrire leurs propriétés et prédire leur toxicité potentielle (Françoise et al., 2013).

Leur composition varie souvent en fonction des conditions climatiques et des environnements ; ces huiles suscitent un intérêt accru pour l'industrie et la recherche scientifique. D'une part, elles ont des propriétés antioxydantes, antibactériennes et antifongiques, et d'autre part, la majorité de ces huiles essentielles entrent dans la liste des substances utiles comme conservateurs naturels dans l'industrie alimentaire (Aboughe et al., 2015).

Tableau 3: Composés chimiques des huiles essentielles (Belabbas et Kechad, 2017)

Composés	Schéma
Phénols	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>l'eugénol</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>le carvacrol</p> </div> </div>
Esters	<div style="text-align: center;">  <p>l'acétate de linalyle</p> </div>
Terpènes	<div style="text-align: center;">  <p>α-pinène</p> </div>
Aldéhyde terpénique	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>le menthol</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>le linalol</p> </div> </div>
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>le géranial</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>le néral</p> </div> </div>
Aldéhyde aromatique	L'aldéhyde cinnamique contenu dans l'huile essentielle de cannelle de chine (<i>cinnamoun cassia</i>)
Cétones	Le carvone
	Le verbénone

2. La verveine citronnée *Lippia citriodora*

2.1. Généralités

La verveine est un arbuste cultivé dans les jardins communément appelé 'Louiza' ou 'Tizana'. La verveine parfumée est cultivée dans les climats tempérés comme plante aromatique ainsi que les feuilles utilisées en phytothérapie, récoltées à la fin de l'été (**Slimani et Dahmane, 2013**). Originnaire d'Amérique du Sud, elle a été introduite et cultivée en Méditerranée (Midi de la France et Afrique du Nord) (**Perrot et Paris, 1974**).

La verveine citronnée appartient à la famille des verbénacées. Originnaire du Chili, elle a été introduite en Europe vers 1784 (**Belkamel et al., 2018**). *Lippia citriodora* (Verbenaceae) est cultivée en région méditerranéenne depuis la fin du XVIIIe siècle.

Dans la médecine traditionnelle grecque, elle est utilisée comme tisane contre les étourdissements, les nausées, les flatulences, les maux de tête et l'indigestion (**Skaltsa et Shammass, 1988**).

2.2. Classification de *Lippia citriodora*

Selon (**Belabbas et Kechad, 2017**), la classification de la verveine se présente comme suit :

- Règne : Plantae (végétal)
- Super-division : Embryophyta
- Division : Tracheophyta
- Subdivision : Spermatophytina
- Classe : Magnoliopsida
- Superordre : Asteranae
- Ordre : Lamiales
- Famille : Verbenaceae
- Genre : *Lippia*
- Espèce : *Lippia citriodora*

2.3. Description botanique de *Lippia citriodora*

La verveine odorante est un arbuste ramifié à longues tiges anguleuses, cannelées, à feuilles grossières et verticillées en trois (parfois quatre) tiges courtes. La fleur disposée en épis à quatre pétales fusionnés, tubulaire à la base et étalés en quatre feuilles bicolores blanches à l'extérieur et bleu-violet à l'intérieur (**Figure10**). L'espèce peut être cultivée autour de la mer Méditerranée (**Ghédira et Goetz, 2017**).



Figure 10: parties aériennes de *Lippia citriodora*

Arbuste vivace, de 3,0 à 5,0 m de haut en climat méditerranéen ou tempéré, dépassant rarement 0,8–2,0 m en climat frais ; à rameaux droits, ridés, anguleux, ramifiés, à feuilles ovales vert-clair (7-10 cm), semblables à celles du pêcher.

Arbre nu et pointu, à 3 ou 4 tiges torsadées, à pétioles très courts, rugueux au toucher, légèrement denté partout, à côtes très saillantes et à glandes sébacées (trichomes sécréteurs).) sur la face inférieure, il a une odeur citronnée et un goût piquant, légèrement amer, surtout lorsqu'il est cru ou écrasé, à Inflorescences ramifiées, épis lâches (**Bonjean, 2001**) .

Les feuilles sont simples, avec des limbes étroits, lancéolés, pointus à bords ondulés, recourbés vers le haut (**Figure11**). La nervure médiane est très proéminente sur la face inférieure et les nervures secondaires se dirigent vers le bord du limbe de la feuille. Après broyage, les feuilles ont une odeur caractéristique rappelant le citron (**Ghedira et Goetz, 2017**).



Figure 11: Feuille de *Lippia citriodora*

Des petites fleurs blanches ou violettes qui s'ouvrent principalement en août sous nos latitudes ont une corolle étoilée à cinq lobes courts, ternes et égaux, généralement blancs à l'extérieur et lilas ou violets à l'intérieur (**Figure12**) et un calice à quatre sépales ouverts et arrondis (**Bonjean, 2001**).



Figure 12: fleurs de *Lippia citriodora*

<https://global.flowers/en/plants/lippia-citriodora/>

3. Composition chimique de *Lippia citriodora*

Des études morphologiques et histochimiques par **Argyropoulou et al. (2010)** ont montré que les feuilles de *L. citriodora* ont un type de soie (non glandulaire) et au moins cinq types de poils glandulaires, ces derniers différent anatomiquement et par la composition des métabolites

secondaires. La microscopie électronique à balayage a montré que le même type de trichomes est également présent dans le calice.

Lippia citriodora est une espèce végétale qui contient plusieurs flavonoïdes et acides phénoliques (**Cruz et al., 2010**) aux propriétés antioxydantes (**Pastorelli et al., 2012**) et les parties végétales utilisées peuvent être des feuilles fraîches ou séchées (**Alain et al., 2001**).

Les principaux constituants de l'huile sont le 1,8-cinéole (12,4 %), le géraniol (9,9 %), la 6-méthyl-5-heptène-2-one (7,4 %) et le néral (6,9 %) (**Bellakhdar et al., 1994**).

CHAPITRE

Matériel et Méthode

I. PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

1. Situation géographique

1.1 Situation géographique de la région d'étude Fellaoucène

La station d'étude est située dans la Daïra de Fellaoucène dont les coordonnées sont présentées dans le tableau 4 :

Tableau 4: Caractéristiques de la station de Fellaoucène

Altitude	Longitude	Latitude
303 m	-1.60589	35.0351

La Daïra de Fellaoucène est située à l'extrémité du plateau intérieur de la wilaya de Tlemcen, elle est limitée par : Bordj Arima au nord ; Remchi et Zenata à l'est ; Ain Kebira à l'ouest et Ouled Riyah et Ain Fettah au sud (**Figure 13**).



Figure 13: situation géographique de la région de Fellaoucène

<https://www.google.fr/maps/place/Fellaoucène>

1.1.1. Géologie

Djebel Fellaoucene est situé dans le massif des Traras, sur la côte nord-ouest du pays ; c'est une région montagneuse d'Algérie, d'une altitude moyenne de 500 à 1000 m, Djebel Fellaoucene culminant à 1 136 m d'altitude.

1.1.2. Hydrologie

Selon Kazi Tani (1995), les cours d'eau de la région de Tlemcen sont des eaux d'irrigation, fournies par les barrages d'El Mafrouch, de Sidi El Abdelli, de Beni Bahdel et celui de Boughrara qui prennent leurs sources dans les deux oueds principaux, Tafna et Oued Isser.

2. Etude bioclimatique

Le climat local peut être défini en évaluant les données climatiques de la station météorologique la plus proche de la zone d'étude, à savoir la station météorologique de Zenâta, correspondant à la période (2010-2020).

2.1. Précipitations

Les précipitations sont un facteur essentiel dans la détermination du type de climat, ce facteur contrôle la répartition de la végétation et la détérioration du milieu naturel par l'érosion hydrique (Djebaili, 1978).

Le tableau 5 ci-dessous présente les précipitations mensuelles moyennes pour l'Observatoire de Fellaoucene, pour la période 2010 à 2020.

Tableau 5: Précipitations moyennes mensuelles et annuelles de la station de Zenâta durant la période 2010-2020. <https://tutiempo.net>

Mois	J	F	M	A	M	J	JL	AU	S	O	N	D	Total
P(mm)	46,76	34,84	35,85	40,43	24,86	6,73	0,5	2,47	12,58	30,47	45,51	43,9	324,9

D'après les données climatiques du Tableau 5, les précipitations mensuelles de la saison froide, janvier, avril, novembre et décembre se situent entre 40 mm et 46 mm Les précipitations varient entre 30 mm et 35 mm au cours des mois de février, mars et octobre. En revanche, on constate que les mois d'été (juin, juillet et août) ont très peu de précipitations (0,50 mm à 6 mm) (Figure14).

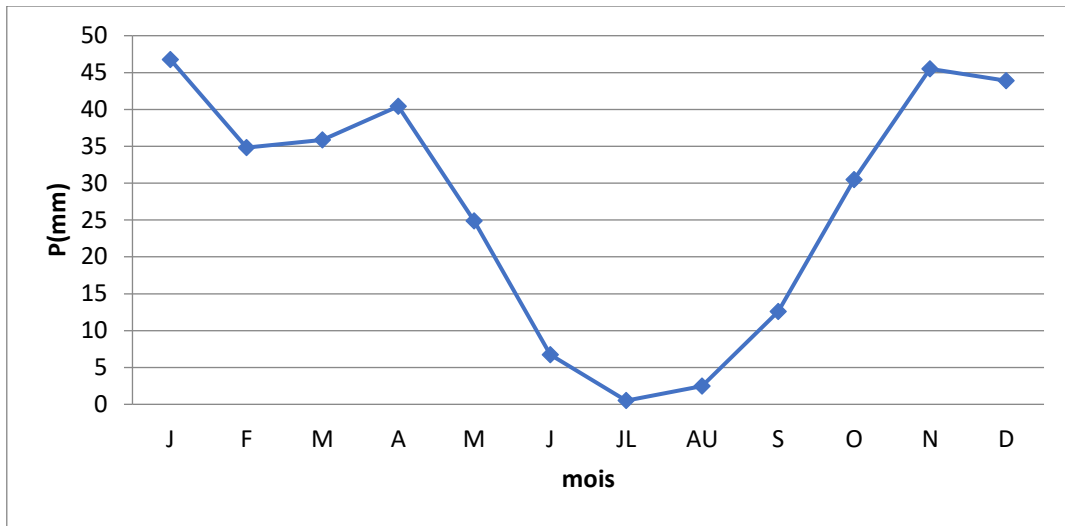


Figure 14: Courbe des variations moyennes mensuelles des précipitations de Zenâta pour la période 2010-2020

2.2. Régime saisonnier

Le premier concept de régime saisonnier a été défini par MUREST ; il a relevé la quantité totale de précipitations pour chaque saison, trié les saisons par ordre décroissant de précipitations et désigné chaque saison par une lettre initiale (P : printemps, H : hiver, E : été, A : automne).

La répartition des saisons est : Hiver (H) correspondant aux mois de décembre, janvier et février. Printemps (P) pour les mois de mars, avril et mai. Eté (E) : juin, juillet et août. Automne (A) : septembre, octobre et novembre (Tableau 6).

Tableau 6: Régime saisonnier des précipitations dans la station de Zenâta

Saisons	Hiver		Printemps		Eté		Automne		Type de régime
	ps	Crs	Ps	crs	ps	crs	Ps	Crs	
Période 2010-2020	125,5	1,54509	101,14	1,245183	9,7	0,119421	88,56	1,090305	HPAE

Ps: précipitations saisonnière

Crs : Conditions du Régime saisonnier =précipitations saisonnière / précipitations annuelle

Le tableau 6 montre que la station de Zenâta a des précipitations les plus élevées en hiver par rapport aux autres stations dont la saisonnalité est de type HPAE.

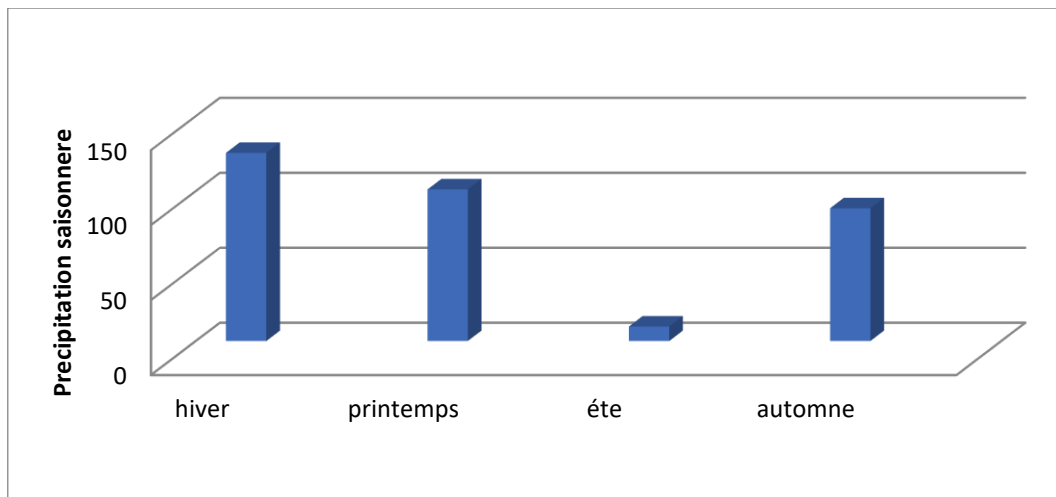


Figure 15: Variations saisonnières des précipitations de la station de Zenâta durant la période (2010-2020)

2.3. Températures

Les facteurs qui ont des impacts écologiques importants sur les organismes : la lumière, l'oxygène et la température sont des facteurs climatiques essentiels à la survie des êtres vivants. La longévité des plantes se situe entre deux pôles chauds, un minimum moyen (m) au mois le plus froid et un maximum moyen (M) au mois le plus chaud (**Emberger, 1955**).

Pour déterminer la variation de température (**Emberger, 1930**) utilise la moyenne "M" du maximum du mois le plus chaud, la moyenne "m" du minimum du mois le plus froid et l'amplitude de chaleur "M-m".

Tableau 7: Températures mensuelles et annuelles de la station météorologique de Zenâta durant la période (2010-2020) <https://tutiempo.net>

	J	F	M	A	M	J	JU	AU	S	O	N	D
T(C°)	13	13,6	15,4	17,5	22,8	24,8	27	28,4	24,1	20,7	16,1	12,8
M(C°)	20,1	20,5	21,6	24,7	28,9	31,5	36,2	36,7	31,6	28,9	22,9	20,5
m(C°)	3,2	2,8	6,3	8,7	11,3	15	18	19,9	16,6	11,6	7,7	5,1

Cette courbe représente les valeurs moyennes mensuelles des différentes températures à la station de Zenâta au cours de la période (2010-2020) (Tableau 7), on observe une hausse puis une baisse, elle commence en septembre et se termine en décembre (Figure 16).

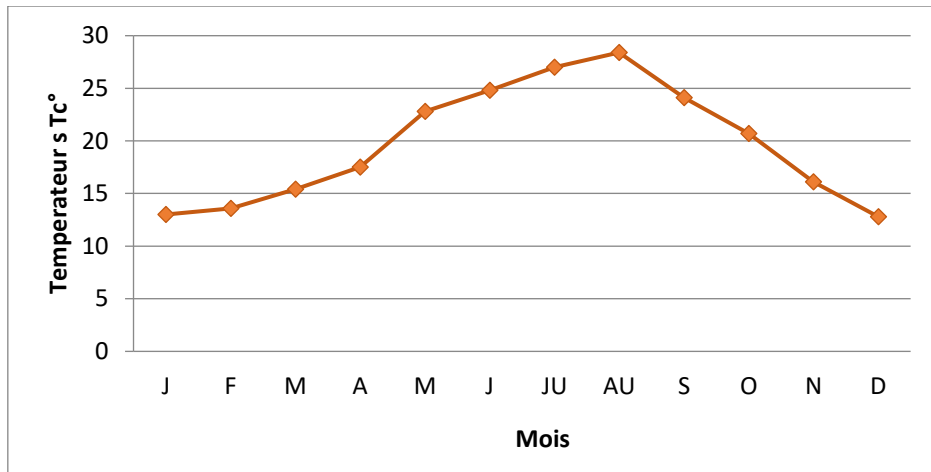


Figure 16: Valeurs moyennes mensuelles des températures de la station de Zenata période (2010-2020)

3. Synthèse bioclimatique

Selon **Hedidi (2020)**, la synthèse climatique est une étape indispensable à toute étude environnementale, elle conditionne par le biais de ces composantes, le type de climat et de la couverture végétale.

3.1. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS ET GAUSSEN (1953)

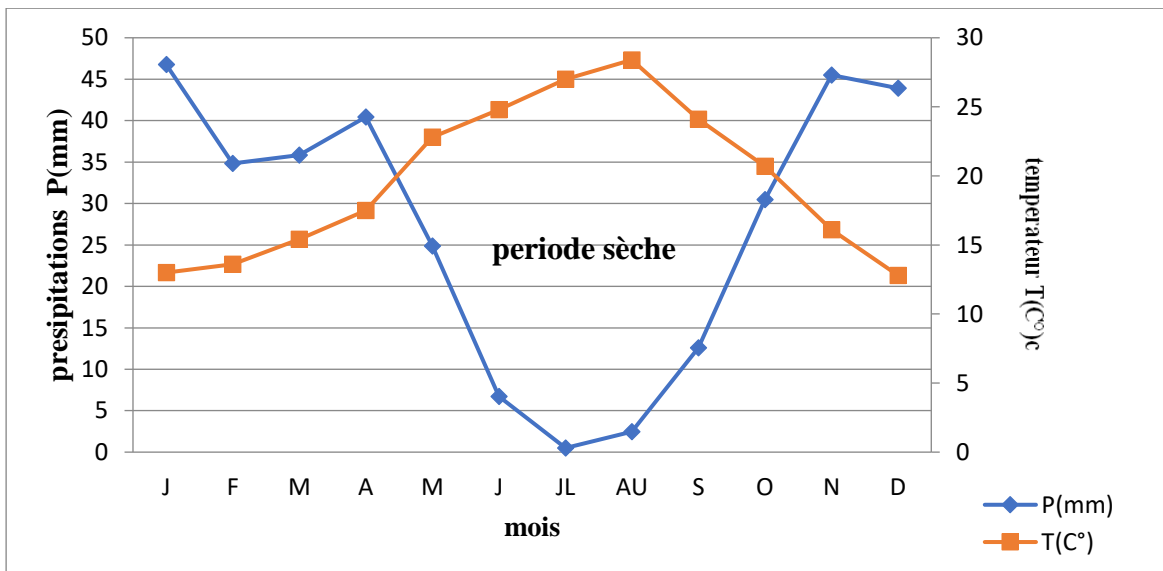


Figure 17: Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la station de Zenâta durant la période (2010-2020)

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson ont été obtenus à partir des données climatiques de la station de référence (Zenata). Cela nous a permis de calculer la durée de la saison sèche, qui dure cinq mois (de mai à septembre) (**Figure 17**).

3.2. Quotient pluviothermique d'EMBERGER (1955)

Emberger (1930, 1955 et 1971) a proposé une définition des sous-classes du bioclimat méditerranéen basée sur l'humidité globale et la rusticité hivernale du climat. Elle est caractérisée par le quotient pluviothermique Q2:

$$Q2 = \frac{2000P}{(M + m)(M - m)}$$

Emberger (1955) prend en compte l'indice annuel de précipitations P, la température maximale moyenne du mois le plus chaud (M°C) et la température minimale moyenne du mois le plus froid (m°C) (**Figure 18**).

P : Précipitations moyennes annuelles en mm

M : Moyenne des maximas thermiques du mois le plus chaud en °K

m : Moyenne des minimas thermiques du mois le plus froid en °K

M-m : Amplitude thermique.

M et m : exprimés en degrés absolus (T°k = T°C + 273,2) (Tableau 8).

Tableau 8 : Situation bioclimatique et valeur de Q2 de la station de Zenata durant la période (2010-2020)

Période	M(C°)	m(C°)	P(mm)	Q2	Etage bioclimatique
2010-2020	36,7	2,8	324,9	32,7	Semi-aride

Le Q2 obtenu reporté sur le diagramme pluviothermique a permis de connaître l'étage bioclimatique de notre région d'étude (**Figure 18**)

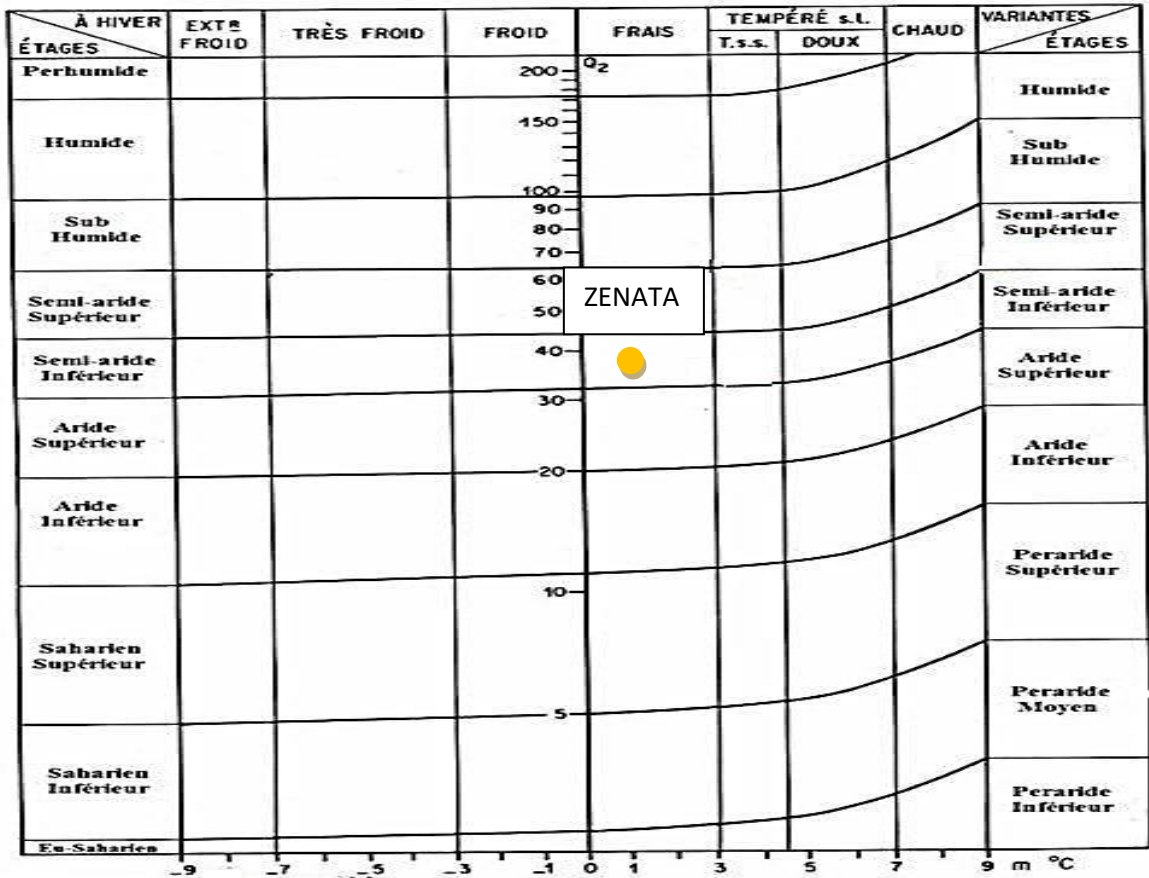


Figure 18: Climagramme pluviothermique d'Emberger de la station de Zenata de la période 2010-2020

II. ETUDE ENTOMOLOGIQUE

1. Localisation de la station d'étude

La structure utilisée (serre) pour cette expérience est située dans une ferme à Fellaoucène, sur la Route Nationale 35, c'est une propriété privée qui cultive la tomate depuis plusieurs années (Figure19)



Figure 19: Photo satellite du champ comportant des serres de tomate de la station d'étude

Les prélèvements des plants et fruits de la tomate *Lycopersicon esculentum* ont été effectués au niveau de la ferme privée, dans une serre dédiée à la seule culture de la tomate (**Figure 20**).



Figure 20: Serre d'étude au niveau de la station de Fellaoucene

Les serres cultivent la tomate de variété américaine (B48), plantée le 25 décembre 2022. L'épandage de l'amendement en minéraux N.P.K a été fait le 30 décembre 2022 et les traitements contre le mildiou et l'Alternaria ont été appliqués tous les 7 jours durant trois semaines le 07, 14 et 21 février 2023. D'autres types de traitement insecticide et acaricide ont également été appliqués : Vertimec et CHLOROFET 48 (Figure 21).



Figure 21: Différents traitements utilisés sur les cultures de tomate

2. Matériel végétal et dispositif expérimental sur le terrain

2.1. Échantillonnage

La méthode d'échantillonnage utilisée consiste à prélever des feuilles et fruits de tomate au hasard, d'une façon aléatoire. Les échantillons collectés sont placés dans des sacs en plastique étiquetés puis entreposés directement au laboratoire.

L'observation des échantillons à la loupe binoculaire permet d'identifier et de dénombrer les différents stades de l'insecte ravageur, la mineuse *Tuta absoluta* (stades larvaires, nymphal et adulte).

Les larves sont isolées des feuilles de tomate pour répertorier les différents stades de l'insecte et estimer les taux d'infestation. Les tests d'activité insecticide des huiles essentielles étudiées ont été réalisés ultérieurement.

2.2. Essais biologiques

En utilisant la méthode de « Leaf-dip Bioassay » décrite par (CAHILL et al., 1996), les larves de *Tuta absoluta* ont été délicatement prélevées à l'aide d'un pinceau fin et placées dans des boîtes de Pétri entomologique sur du papier filtre et réparties selon les différents stades de l'insecte (L1, L2, L3 et L4), à raison de 5 larves par boîte de Pétri pour chaque stade (Figure 22).

Après la mise en place des larves (5 larves pour chaque stade), différentes doses d'huile essentielle de *Lippia citriodora* (0,5 µl, 1 µl ...) ont été administrées et les boîtes ont été recouvertes de tulle pour éviter les fuites larvaires. Nous avons vérifié la mortalité larvaire toutes les 6 heures.

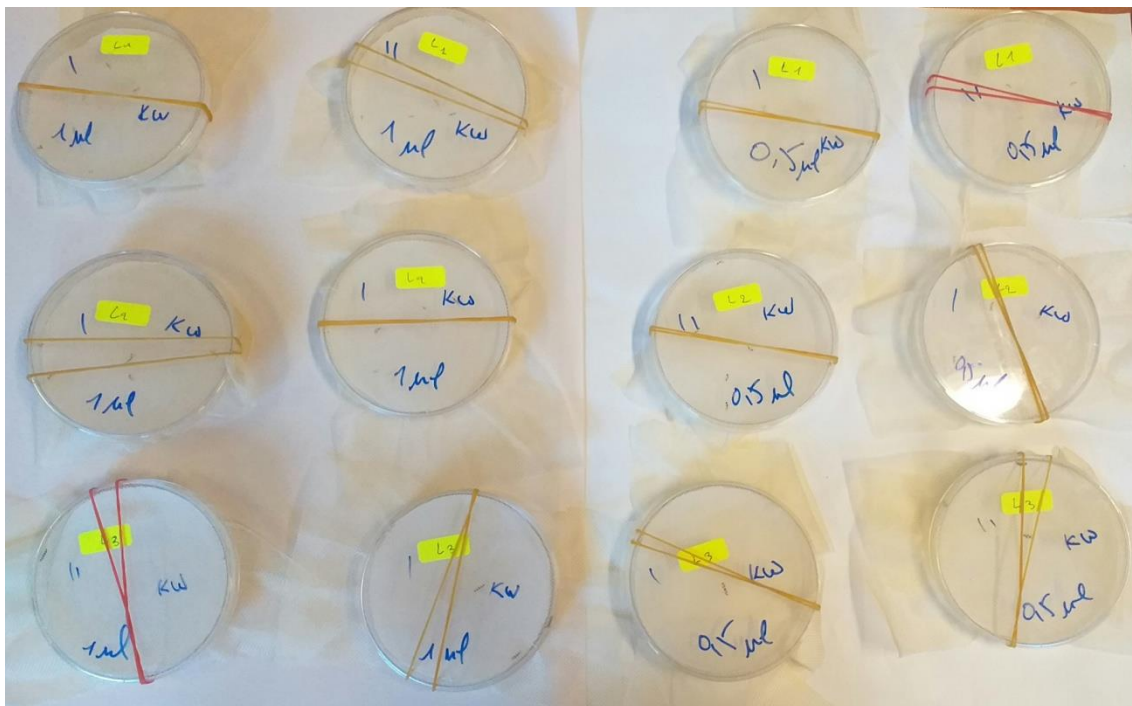


Figure 22: Méthode de Leaf-dip Bioassay.

III. ETUDE PHYTOCHIMIQUE

1. Matériel végétal

Les plantes étudiées ont été sélectionnées avant tout pour leur intérêt thérapeutique et leur utilisation dans le traitement de nombreuses maladies.

2. Collecte du matériel végétal

La verveine citronnade (*Lippia citriodora*) a été cueillie en novembre 2022. Le tableau suivant montre les parties de la plante étudiée et le lieu de collecte.

Tableau 8: paramètres géographiques du site de la plante collectée

Plante	Site de collecte	Période de collecte	Partie étudiée
<i>Lippia citriodora</i>	Chetouane Tlemcen	Novembre 2022	Partie aérienne (Les feuilles)

3. Procédé d'extraction de l'huile essentielle

Les huiles essentielles sont extraites par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger (Pharmacopée Européenne, 2004) (Figure 23).

L'extrait d'huile essentielle d'*Aloysia citriodora Palau* a été préparé à partir de 400 g de plante (feuilles), placé dans un ballon rempli de 6 L d'eau distillée et porté à ébullition pendant cinq heures. Les vapeurs chargées de volatils traversent un condenseur où elles sont condensées puis recueillies dans une ampoule à décanter. Les eaux aromatiques et les huiles essentielles

sont séparées par des différences de densité ; ont été extraits 2,15g de l'huile essentielle.

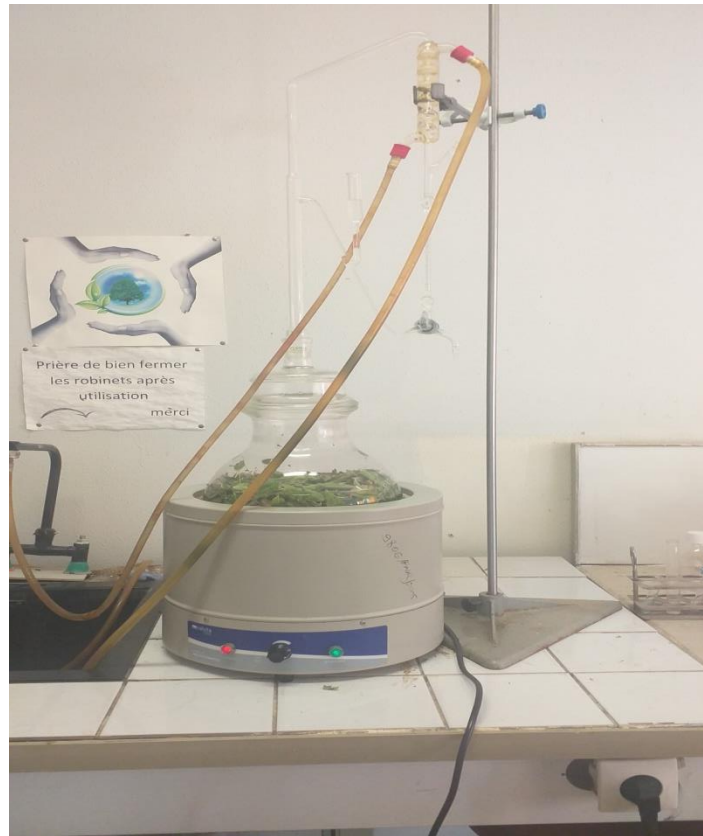


Figure 23: Montage de dispositif d'hydrodistillation de type Clevenger

Une fois les huiles essentielles extraites, elles sont stockées à 4°C dans des piluliers en verre, sous aluminium pour les protéger de l'air, de la lumière et des changements de température.

4. Détermination du rendement en huiles essentielles

La détermination du rendement des huiles essentielles se fait par le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue et la masse sèche de la matière végétale à traiter :

$$\mathbf{Rdt = M/M_0 \times 100}$$

Rdt : Rendement en huile essentielle en (%)

M : Masse d'huile essentielle en (g).

M₀ : Masse de matière végétale à traiter en (g).

IV. ÉTUDE MICROBIOLOGIQUE

1. Matériel fongique

Les champignons utilisés dans cette expérience sont définis comme des espèces fongiques provoquant des pourritures. L'isolement des champignons a été effectué directement sur les plants de tomate, prélevés au niveau de la serre étudiée à Fellaoucene (site d'étude), nous avons étudié ceux qui semblaient provoquer le plus de dégâts :

-*Aspergillus sp*

-*Alternaria sp*

-*Alternaria alternaria*

Ces différentes souches ont été isolées à partir de feuilles de tomate et repiquées en sur milieu PDA (Potato Dextrose Agar).

2. Identification

2.1. Identification des genres par la technique de micro-culture

Selon **Harris (1989)**, la technique de micro-culture consiste à inoculer des souches sur de petites lames carrées de milieu PDA et à les recouvrir par une lamelle. Ces souches sontensemencées sur les limites périphériques du milieu de culture pour leur fournir un potentiel d'oxygène pour la germination. L'ensemble est conditionné dans une chambre stérile et humide à 25C° pendant 24 à 72 heures. Après incubation, appliquer 2 gouttes de bleu de coton pour permettre le gonflement du mycélium et faciliter l'observation microscopique.

2.2. Identification des espèces fongiques

L'identification des moisissures a été faite avec l'aide de monsieur le Professeur **Larbi Belyagoubi**, enseignant à l'Université ABOU BEKR BELKAID (Tlemcen).

3. Matériels et produits chimiques

3.1. Matière végétale

- Huile essentielle d'*Aloysia citriodora Palau*.

3.2. Matières chimiques

- Eau distillée.
- PDA (Potato Dextrose Agar).
- Bleu de coton : Bleu de méthyle (10g) + Lactophénol :
- Phénol (20g),
- Acide lactique (2ml),
- Glycérol (20ml),
- Eau distillée (40ml).

3.3. Matériel

- Pipette Pasteur ;
- Agitateur chauffant ;
- Autoclave ;
- Etuve universelle « basic » (Memment) ;
- Anse de platine ;
- Bec Bunsen ;
- Agitateur Vortex (Velp Scientifica),
- Micropipette (Accumax pro),
- Microscope optique (Top View 4000).

4. Méthode de contact direct

Nos études et expérimentations ont été réalisées au sein du Laboratoire d'Ecologie et de Gestion des Ecosystèmes Naturels, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers à Université ABOUBAKR BELKAÏD – TLEMCEM.

4.1. Mode opératoire

La technique de contact direct mesure le diamètre du champignon après avoir appliqué l'huile essentielle sur le champignon (**Figure 24**).

- Verser 10 ml Du milieu de culture PDA dans un tube puis ajouter les différentes concentrations de l'huile essentielle avec une micropipette (5 μ l, 10 μ l, 20 μ l ...) ;

- agiter le tube à l'aide d'un agitateur Vortex (25 Hertz) pour homogénéiser la solution et la verser directement dans une boîte de Pétri ;
- après avoir attendu que la solution sèche (PDA + huile), à l'aide d'une pipette Pasteur et de son disque inférieur, prélever un petit champignon et le déposer au centre de la boîte de Pétri ;
- les souches sont conservées dans une étuve universelle à 30-35 °C pendant 7 jours ;
- après cette période (7 jours), mesurer la taille ou le diamètre du témoin et des autres boîtes et inscrire les résultats dans un tableau.

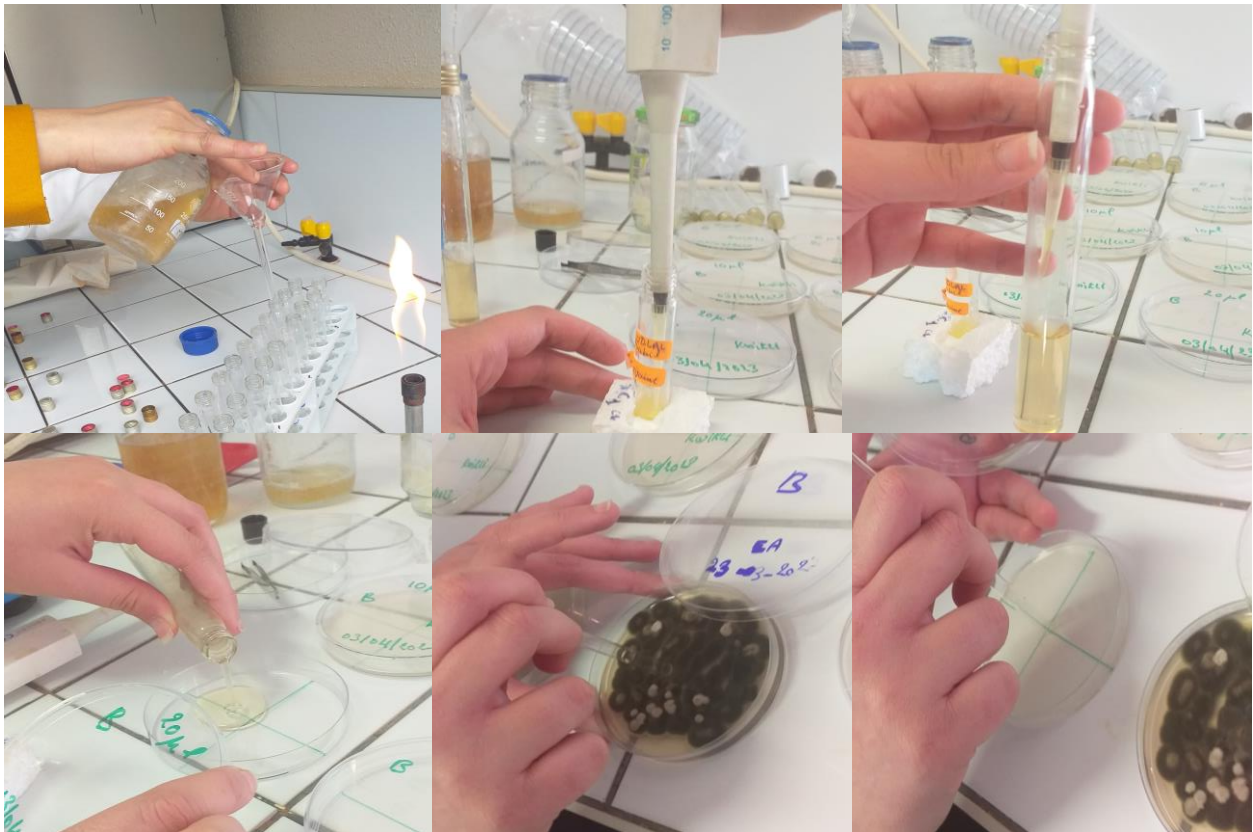


Figure 24: Différentes étapes de la méthode de contact direct

CHAPITRE 3

Résultat Et Discussion

I. RESULTATS

Dans notre étude, nous nous sommes intéressés à la lutte biologique contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*. Dans cette optique, nous avons utilisé l'huile essentielle (HE) de la plante médicinale et aromatique *Lippia citriodora* (Louisa) à l'état pur, pour tester son efficacité insecticide dans la lutte contre les différents stades de la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta*. Nous avons également vérifié son éventuelle activité fongicide sur les principaux champignons pathogènes, isolés à partir de nos échantillons : *Aspergillus sp*, *Alternaria alternaria* et *Alternaria sp*. Les activités biologiques de notre HE de *Lippia citriodora* ont été évaluées et comparées.

1. Etude phytochimique

L'huile essentielle de *Lippia citriodora* obtenue par hydrodistillation est de couleur jaune clair, ayant une odeur agréable citronnée et un rendement de $(3,45 \pm 0,86\%)$ (**Tableau 9**).

Tableau 9: Caractéristiques de *Lippia citriodora*

HE de <i>Lippia citriodora</i>	Caractéristique organoleptique				Rendement
	Aspect	Couleur	Odeur	Saveur	
	Liquide	Jaune	Agréable	Douce	3,45±0,86%
	Mobile		Citronnée		

Ces caractéristiques sont en accord avec celles rapportées par **Taleb-Toudert et al. (2002)** qui ont analysé les huiles essentielles de *Lippia citriodora*.

L'extraction de notre plante aromatique et médicinale effectuée par hydrodistillation a fourni un rendement moyen de $(3,45 \pm 0,86\%)$, obtenu après deux extractions. Ce rendement est nettement plus important que celui enregistré par **Evelyn Ivana et al. (2010)** qui ont travaillé sur *Lippia grandis* d'Amazonie brésilienne et qui est de l'ordre de 2.1%.

Selon **Saidi (2014)**, l'extraction de son échantillon effectué par hydrodistillation a fourni un rendement moyen de $(0,195 \pm 0.0007) \%$, plus faible que le nôtre.

2. Activité insecticide de l'huile essentielle de *Lippia citriodora*

Ces dernières années, l'utilisation des huiles essentielles (HE) issues de plantes aromatiques a donné des résultats significatifs et positifs comme alternative aux pesticides jusque-là utilisés en agriculture. Avec la disponibilité de la plante étudiée *Lippia citriodora*, et son rendement intéressant en quantité suffisante de son huile essentielle, la lutte biologique contre le ravageur de la tomate peut facilement être effectuée.

2.4. Après 6 heures d'exposition à l'huile essentielle de *Lippia citriodora*

L'efficacité larvicide de l'huile essentielle de *Lippia citriodora* a été testée en soumettant les larves des différents stades L1, L2 et L3 de *Tuta absoluta* aux différentes doses de l'HE.

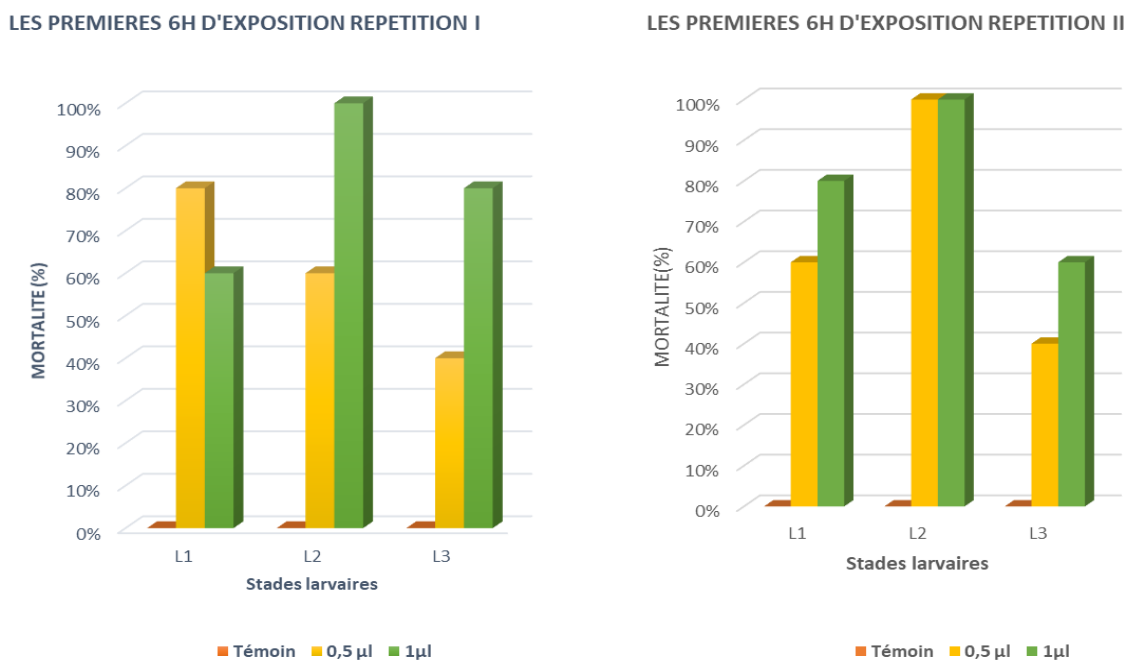


Figure 25: Effet de l'H.E. de *Lippia citriodora* sur les différents stades de larves de *T. absoluta* après 6 heures d'exposition

❖ Interprétation

Les résultats obtenus après 6 heures d'exposition ont montré clairement que les pourcentages de mortalité des témoins de chaque stade larvaire (L1, L2 et L3) sont nuls alors que l'effet de l'HE est très actif sur les larves, aux différentes doses de 0,5µL et 1µL, pour les deux répétitions.

Le taux de mortalité était supérieur à 50% pour les stades larvaires L1, L2 à la concentration de 0,5µL sauf pour les L3 qui ont présenté une mortalité de 40% pour les deux répétitions.

A la concentration de 1µL, la mortalité larvaire se situait entre 50% et 80% pour les trois stades larvaires. Cependant le taux de mortalité a atteint les 100% à la concentration de 1µL pour les larves L2 pour les deux répétitions.

2.5. Après 12 heures d'exposition à l'huile essentielle de *Lippia citriodora*.

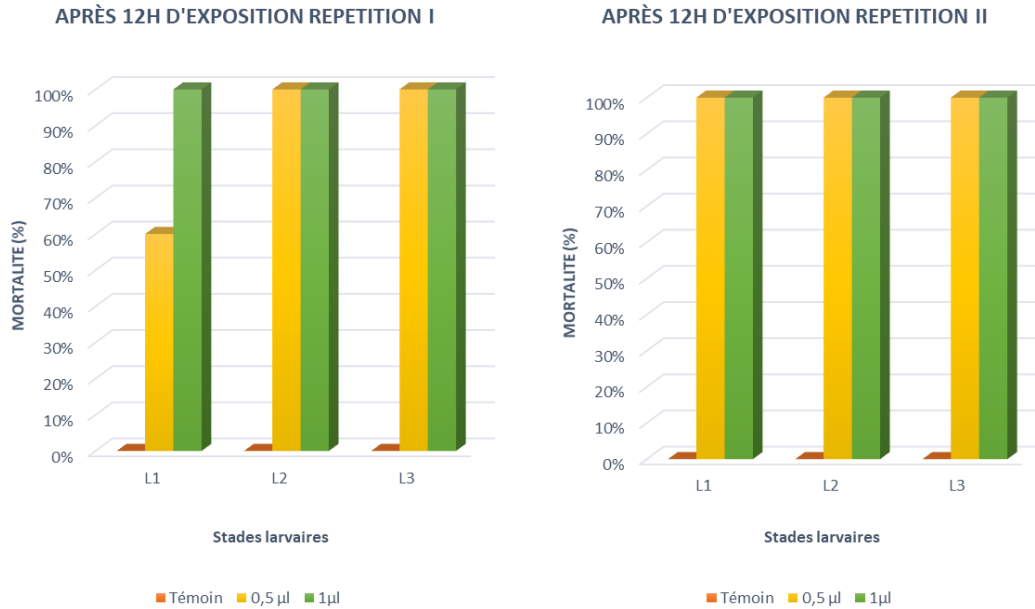


Figure 26: Effet de l'H.E. de *Lippia citriodora* sur les différents stades de larves de *T. absoluta* après 12 heures d'exposition

❖ Interprétation

Après 12 heures d'application de l'huile essentielle de *Lippia citriodora*, le taux de mortalité était nul encore une fois pour les témoins, alors que la mortalité a atteint les 100% aux concentrations de 0,5µL et 1µL pour les trois stades L1, L2 et L3 pour les deux répétitions sauf pour la première répétition où le taux de mortalité était de 60% à la concentration 0,5 µL au stade L1.

3. Activité fongicide de l'huile essentielle de *Lippia citriodora*

Avant de tester l'efficacité fongicide de l'HE de *Lippia citriodora*, nous avons procédé à l'identification des champignons que nous avons isolés à partir de nos échantillons de tomate.

a. Identification des champignons

Après avoir isolé puis purifié les champignons de nos échantillons de tomate, nous les avons observés au microscope à GX10, puis nous les avons identifiés (avec l'aide précieuse du Professeur Belyagoubi L.). Les résultats obtenus se présentent comme suit :



Figure 27: Photos du champignon *Aspergillus sp* (A) en culture et sur microscope

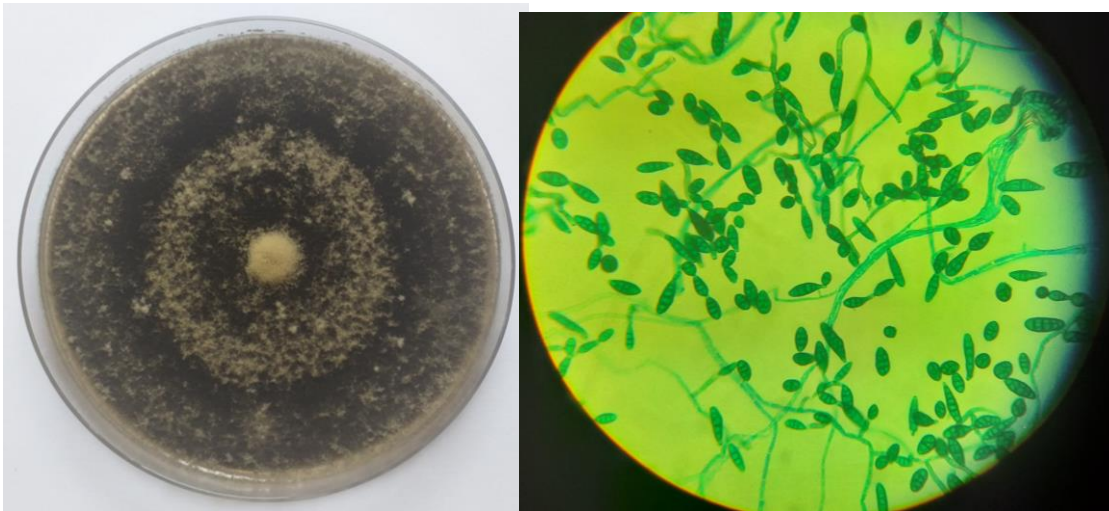


Figure 28:Photos du champignon *Alternaria alternaria* (B) en culture et sur microscope

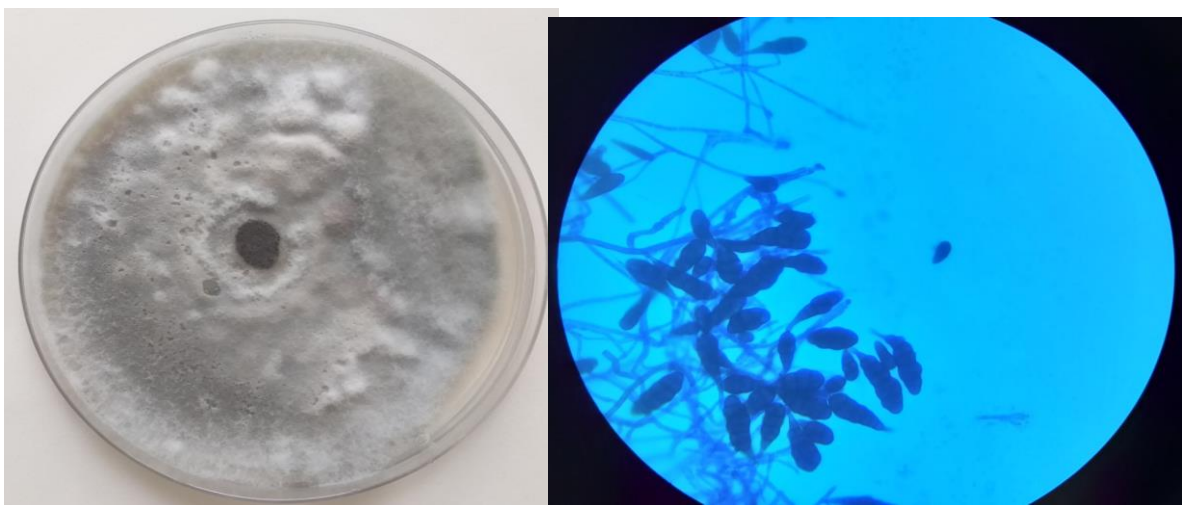


Figure 29:Photos du champignon *Alternaria sp* (C) en culture et sur microscope

b. Activités antifongiques de l’HE par la méthode de contact direct

Les données présentées dans le tableau 10 illustrent les activités antifongiques de l’huile essentielle de la plante étudiée *Lippia citriodora*, contre le développement des champignons isolés de nos tomates, que nous avons soumis aux différents doses d’HE : *Aspergillus sp* (A), *Alternaria alternaria* (B) *Alternaria sp* (C) (Tableau 10).

Tableau 10: diamètres d'inhibition de la croissance mycélienne à différents doses de l'huile essentielle de *Lippia citriodora*.

	<i>Aspergillus sp</i> (A)			<i>Alternaria alternaria</i> (B)			<i>Alternaria sp</i> (C)		
TEMOINS	8,5cm			5,5cm			5,5cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
5MI	2,6	3,4	3	0,6	0,6	0,6	0	0	0
10MI	2,5	1,8	1,9	0	0	0	/	/	/
20MI	0	0	0	/	/	/	/	/	/

❖ Interprétation

L'effet antifongique de l'huile essentielle de *Lippia citriodora* sur le développement des moisissures a été étudié en relation avec les trois champignons isolés de nos tomates, responsables de la pourriture de la tomate.

Pour tester l’efficacité de notre huile essentielle jusqu’à élimination totale des mycéliums nous les avons soumis aux différentes doses. A la concentration de 5µL d’HE, nous avons mesuré les diamètres des champignons : *Alternaria sp* a été complètement inhibé pour chacune des trois répétitions alors que pour *Alternaria alternaria* (B) il était de 0,6 cm aux trois répétitions. Nous avons augmenté la concentration à 10µL, les résultats étaient probants pour *Alternaria alternaria* (B) puisque aucune pourriture n’était présente. L’élimination totale de *Aspergillus sp* (A) a été observée à la concentration létale de 20µL.

II. Discussion

Les études menées ont porté sur l'efficacité insecticide et fongicide de l'huile essentielle de *Lippia citriodora* contre les bioagresseurs de la tomate *Lycopersicon esculentum* en vue d'une lutte biologique. Nous en avons testé l'efficacité sur la mineuse *Tuta absoluta*, l'un des principaux ravageurs, qui cause de grandes pertes aux cultures de la tomate ainsi que sur les champignons responsables de sa pourriture dans notre région.

Le moyen de lutte biologique proposé est naturel, pour cela nous avons extrait l'huile essentielle d'une plante aromatique et médicale *Lippia citriodora*, une plante endémique de notre région, dont nous avons testé les différentes activités biologiques : insecticide et fongicide.

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

L'huile essentielle de *Lippia citriodora* a été testée sur les différents stades larvaires L1, L2 et L3 de *T. absoluta* (le stade L4 était très éphémère) l'ensemble des résultats a montré une efficacité impressionnante pour les trois stades.

Pendant les durées d'exposition, les taux de mortalité les plus élevés variaient de 80 à 100% pour les différentes concentrations, prouvant ainsi l'efficacité insecticide (dans ce cas larvicide) de cette huile essentielle sur 80% des larves, en provoquant leur létalité.

Ces résultats sont en accord avec ceux de **Rabhallah et Aouachria, 2020** qui ont montré un effet insecticide très élevé sur les larves de *Culex pipiens* de la même HE de *Lippia citriodora*.

Djebri et Touahria (2019) ont testé la même huile essentielle de *Lippia citriodora* sur les larves des deux espèces de moustiques *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*, ils ont prouvé que cette huile avait une forte activité insecticide.

Bouayad Alam (2014) a montré que les deux huiles essentielles de *Thymus capitatus* et *Tetraclinis articulata* avaient présenté une forte activité sur *Tuta absoluta*.

Par ailleurs, l'huile essentielle de *Lippia citriodora* a un effet fongicide remarquable sur les champignons *Alternaria sp* (C) dès la concentration de 5 µl. Le diamètre d'inhibition était de 0,6 cm pour *Alternaria alternaria* (B) à 5µl aux trois répétitions ; l'élimination complète du mycélium a été réalisée à la concentration de 10 µl. Pour *Aspergillus sp* (A) les concentrations de 5µl et 10 µl l'ont peu inhibé, la dose létale était de 20 µL.

Tabti (2014) a montré que L'huile essentielle de *Thymus capitatus* a complètement inhibé toutes les souches étudiées. L'activité la plus élevée est observée contre *Penicillium sp* avec une valeur de concentration minimale provoquant 100% d'inhibition de la croissance mycélienne à 0,1 µg/mL.

Conclusion

Ce travail a été effectué dans le cadre de la recherche des produits naturels qui peuvent substituer les produits chimiques utilisés dans le traitement de la tomate, dénoncés à cause de leurs effets néfastes sur l'environnement et la santé de l'homme.

Après avoir testé l'huile essentielle de *Lippia citriodora*, ce produit s'est avéré efficace vis-à-vis des différents stades larvaires de *Tuta absoluta* ainsi que de la mycoflore qui lui est associée, nous le conseillons vivement à nos agriculteurs.

Conclusion

CONCLUSION

Afin de réduire et de minimiser les problèmes et les impacts néfastes sur la santé et l'environnement, causés par l'utilisation de pesticides chimiques sur les cultures dont la tomate, l'utilisation des biopesticides est orientée vers des méthodes de lutte plus naturelles, qui remplissent les mêmes fonctions que ces pesticides synthétiques. Cette méthode de lutte consiste à utiliser les huiles essentielles des plantes aromatiques, souvent médicinales aussi, qui ont une importance écologique et des bénéfices économiques.

Les études réalisées nous ont permis de définir l'efficacité insecticide de l'huile essentielle obtenue à partir de la verveine *Lippia citriodora*, en estimant le taux de mortalité pour chaque stade larvaire de la mineuse *Tuta absoluta*, l'insecte ravageur le plus destructeur de la tomate.

Nous avons également testé l'efficacité fongicide de cette HE sur les principaux champignons pathogènes, isolés à partir de nos échantillons de tomate : *Aspergillus sp* : *Alternaria alternaria* et *Alternaria sp*.

L'huile essentielle de *Lippia citriodora* appliquée aux concentrations de 0,5 μ L et 1 μ L sur les trois stades larvaires (L1, L2 et L3) de la mineuse, a provoqué, après 6 heures d'exposition, la mortalité de plus de 80% de la population et 100% après 12 heures d'exposition.

L'huile essentielle de *Lippia citriodora* a entraîné une inhibition de la croissance des mycéliums de *Aspergillus sp*, *Alternaria alternaria* et *Alternaria sp*. L'inhibition totale de *Aspergillus sp* a été réalisée à la concentration 20 μ L alors que celle de *Alternaria alternaria* 10 μ L et *Alternaria sp* à 5 μ L.

Enfin, pour un avenir sans pesticides, des recherches approfondies devront être effectuées sur l'huile essentielle de *Lippia citriodora*, et les huiles essentielles en général, pour protéger la production des tomates et d'autres légumes et fruits contre leurs nombreux bioagresseurs, en Algérie et partout dans le monde.

Référence bibliographique

1. **Aboughe S Angone R. R. Aworet Samseny C. Eyele Mve Mba**2015, Quelques propriétés des huiles essentielles des plantes médicinales du Gabon *Phytothérapie*13, (5), 283–287.
2. **Argyropoulou, C., Akoumianaki-Ioannidou, A., Christodoulakis, N. S., & Fasseas, C. (2010)**. Leaf anatomy and histochemistry of *Lippia citriodora* (Verbenaceae). *Australian Journal of Botany*, 58(5), 398-409.
3. **Belabbas, I., & Kechad, M. (2017)**. Extraction, modification et application antibactérienne des huiles essentielles de la Verveine" *Lippia citriodora*".
4. **Belaiche P. (1979)** - Traité de phytothérapie et d'aromathérapie. Tome 1 : l'aromatogramme .éd. Maloine. Paris.
5. **Belkamel, A., Bammi, J., Janneot, V., Belkamel, A., Dehbi, Y., & Douira, A. (2018)**. Contribution to the study of the chemical composition of Lemon Verbena: *Aloysia triphylla* (Hert). *Britt. cultivated in Morocco. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 3(2)
6. **Bellakhdar, J., Idrissi, A. I., Canigual, S., Iglesias, J., & Vila, R. (1994)**. Composition of lemon verbena (*Aloysia triphylla* (L'Herit.) Britton) oil of Moroccan origin. *Journal of Essential Oil Research*, 6(5), 523-526.
7. **Benton (J.J.)**, 1999- *Tomato plant culture : In the Field, Greenhouse and home garden : ISBN0-8493-2025-9 by CRC press LLC. 183p.*
8. **Binet P. et, Brunel J. P. (2000)** - *Physiologie Végétale. Tome II. Edit., Doin. p54.*
9. **Bonjean, A., (2001)**. « *Aloysia triphylla*-Verveine odorante (Verbenaceae), systématique et répartition géographique, combinaison spécifique, morphologie, histoire, culture et récolte
10. **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 (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 87, 56-61.
11. **Bouklikha A., Gaouar Benyelles N. * and Sampietro D. (2018)**. Effects of tomato leaves allelochemicals on tomato borer (*Tuta absoluta* Meyrick) in Tlemcen region, Algeria *Allelopathy Journal* 43 (1) : 131-138 (January, 2018) *International Allelopathy Foundation* 2018
12. **Bruneton (J.)**, 1999- *Pharmacognosie, Phytochimie. Plantes médicinales. Eddition Techniques et documentation. 3ème Edition Lavoisier, Paris. 1120.*
13. **Chaker et Kalamounni. (2010)** - Thèse sur: Caractérisations chimiques et biologiques d'extraits de plantes aromatiques oubliées de Midi-Pyrénées, l'Institut National

14. **Chibane (A.), 1999** - Tomate sous serre, Bulletin: transfère de technologie en agriculture, n° 57. Ed. P.N.T.T.A. Rabat, 4p.
15. **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.
16. **Djebri, S., & Touahria, L. (2019).** *Effet de l'huile essentielle d'une plante larvicide Lippia citriodora sur deux espèces de moustiques Culex pipiens et Culisetalongiareolata* (Doctoral dissertation, Universitelaarbitebessitebessa).
17. **Evelyn Ivana T., Joyce Kelly R., Eloisa Helena A., Pergentino José C., José Guilherme S. (2010)** : Antioxidant capacity and larvicidal activity of essential oil and extracts from - *Lippia grandis*. *Revista Brasileira de Farmacognosia. Brazilian Journal of Pharmacognosy.* 21(1): 78-85.
18. **FAO, 2019.** <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC>
19. **FAO., 2008** - L'actualité agricole en Méditerranée. Ed. CIHEAM ,33 p.
20. **Faoast, 2010** – Données de la base statistique de l'organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture sur site : <http://apps.fao.org>
21. **Ferreres F., Taveira M., Gil-Izquierdo A., Oliveira L., Teixeira T. and Valentão 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.
22. Françoise Couic-Marinier., A
23. **Friedman M. (2002).** Tomato glycoalkaloids: role in the plant and in the diet. *J. Agric Food Chem* 2002 Oct; 50 (21): 5751-80.
24. **Ghédira K., & Goetz P. (2017).** Verveine odorante *Aloysia citriodora* Paláu (*Lippia citriodora*). *Phytothérapie*, 15(1), 33.
25. **Guenaoui Y., 2008-** Nouveau ravageur de la tomate en Algérie, *Phytoma* : N°617 juillet-août 2008.18-19p
26. **Huat J., 2008-** Diagnostic sur la variabilité des modes de conduire d'une culture et de leurs conséquences agronomiques dans une agriculture fortement soumise aux incertitudes : cas de tomate de plein champ à Mayotte. Thèse présentée pour obtenir le grade de docteur à l'institut des Sciences et Industries du Vivants et de l'Environnement (Agro Paris Tech) Spécialité : Agronomie.256p.
27. **Lacroix M., 1998-** Système racinaire de la tomate sous serre, champignons phytopathogènes et environnement. Agronome-phytopathologiste, laboratoire de diagnostic et

REFERENCE BIBLIOGRAPHIE

- phytoprotection. Direction de l'innovation scientifique et technologie. Ministère de l'Agriculture, des pêcheries et de l'Alimentation. Québec.17p.
28. **Lambert L., (2006)**- Lutte anti insectes appliquée aux tomates de serre, MAPAQ ; (Qc). Profil de la culture des tomates de serre au Canada Programme de réduction des risques liés aux pesticides Centre pour la lutte antiparasitaire. Agriculture et Agroalimentaire Canada. Aout2006.
 29. **Leboeuf J., Shorti R., Tan C., Verhallel A., (2008)**- Etablissement d'un calendrier d'irrigation pour les tomates-Introduction. Spécialiste de culture des légumes, MAAARO, Ridgeway Bureau régional du Nord de l'Ontario. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des affaires rurales. Note technique.12p.
 30. **Leila Tabti, Mohammed El Amine Dib*, Nassira Gaouar Benyelles, Julien Paolini, Jean Costa, Alain Muselli** Control of fungal pathogens of *Citrus sinensis* L. by essential oil and hydrosol of *Thymus capitatus* L. **Journal of Applied Botany and Food Quality 87, 279 - 285 (2014),**
 31. **Lovett J.V (1991)**- allelopathy and weed management in cropping systems. In: proceeding IX Asian- pacific weed science conference, Asia- Pacific weed science society, Manila Philippines, pp 31-46
 32. **Madr, 2009** – Ministère de l'agriculture et du développement rural. Direction des statistiques.
 33. **Morad p. et Martinez S.,(1999)** – Tomate Progres. Un nouveau système de recyclage des solutions nutritives. Laboratoire d'Ingenierie Agronomique, ENSAT, BP107, 31320. Catanel Tolosan, INP/Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie Toulouse. Note technique 5p.
 34. **Naika, S., De Jeude, J. V. L., de Goffau, M., Hilmi, M., & van Dam, B., (2005).** Cultivation of tomato. *Production, processing and marketing, Agromisa/CTA. Revised edition.*
 35. **Lobstein, N., (2013).** Composition chimique des huiles essentiellesChemical composition of essential oils *Actualités Pharmaceutiques* 52(525), 22- 25 .
 36. **Papadopoulos (A.X.), 1991**- Growing greenhouse tomatoes in soil in soilless media : 3minister of Supply and Services Canada 1991 Cat.n°.A53-186511991E ISBN O-662-18859- 4, 77p.
 37. **Pereira 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.
 38. **Perrot.E et Paris.R .,(1974)** « Les plantes médicinales » ; Presses universitaires ; France ; pp 244.
 39. **Philouse J. et Laterrot H., 1992** – La tomate. Ed. Masson, Paris, 588p.

40. **Pitrat Michel et Foury Claude, 2003** – Histoires de légumes : Des origines à l'orée du XXI^e siècle ; Institut national de la recherche agronomique (France) ; Publié par Edition Quae, 2003 ; ISBN 2738010660, 9782738010667 : 410p.
41. **Rabhallah, C., & Aouachria, A. (2020).** *Etude De L'huile Essentielle De Lippia Citriodora Et Leur Bioactivite Sur L'espece De Moustique Culex Pipiens* (Doctoral Dissertation, Universitelaarbitebessitebessa).
42. **Rice, E. L., (1984).** Allelopathy. 2nd Edition, Academic Press, INC, Orlando, Florida.
43. **S. Bouayad Alam S., N.G. Benyelles, M. El Amine Dib*, D. Nassim, L. Tabti, J. Paolini, A. Muselli, J. Costa ; 2014.** Antifungal activity of essential oils of tree aromatic plants from western Algéria against five fungal pathogens of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) **Journal of Applied Botany and Food Quality 87, 1 - (2014),**
44. **Saidi, S. 2014** Etude de l'effet antioxydant des huiles essentielles de Lippia citriodora de la région de Tlemcen (Doctoral dissertation).
45. **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.
46. **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.
47. **Skaltsa, H., & Shamma, G., (1988).** Flavonoids from Lippia citriodora. Planta medica, 54(05), 465-465.
48. **Slimani.N., & Dahmane.M., (2013)** ; « Effet des huiles essentielles extraites a partir des feuilles de Mentha Spicata, Mentha pulegium, Eucalyptus camaldulensis, Lippia citriodora, Ocimum basilicum sur quelques bactéries pathogènes » ; thèse de master ; université de Hassiba Ben Bouali-Chlef .
49. **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.
50. **Taleb-Toudert K., Bellanteur K., Haddad N., Ouazzoug T., Kellouche A., (2002)** :Extraction et caracterisation de l'huile essentielle de aloysia triphylla. evaluation in vitro de son effet sur la croissance de certains agents pathogenes de l'homme.Département de biologie Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou Algérie. p.14.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIE

51. **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.
52. **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 applicate* **126**, p. 326-332.
53. **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 Investigationes Agrarias. Valencia. Espagne. Hortícolas. Phytoma. Espana, n°194 Déc 2007 : 16-23.
54. **Valnet J. ,(1984)** - Aromathérapie. Traitement des maladies par les essences des plantes. Maloine S.A. éditeur. Paris p 544
55. **Wichtel M. et Anton R., (1999)** - Plantes thérapeutiques: tradition, pratiques officinales, science et thérapeutiques. Ed. Tec et Doc

الملخص

الهدف من هذه الدراسة هو السيطرة على حفارة أوراق الطماطم وبعض الفطريات التي تسبب الأمراض التي تهدد إنتاج الطماطم في الجزائر. استخدمنا الزيت العطري المستخرج من النبات الطبي العطري *Lippia citriodora* عن طريق تقطير الماء باستخدام جهاز من نوع Clevenger ، وحصلنا على عائد بنسبة 0.8%. تم اختبار فاعلية هذا الزيت العطري على مراحل مختلفة من اليرقات ، حيث أظهرت النتائج أنه بعد 6 ساعات من التعرض لهذا الزيت العطري يصل معدل النفوق إلى 100% من يرقات L1 ميكرو لتر ليرقات L2 و 50% لمراحل اليرقات L1 و L2 و L3 بتركيز 0.5 ميكرو لتر. أظهرت النتائج أن الزيت العطري من *Lippia citriodora* له نشاط مبيد للفطريات مما يبطئ نمو الفطريات الثلاثة المدروسة ، تثبيط نمو *Alternaria alternaria* عند 10 ميكرو لتر و *Alternaria sp* عند 5 ميكرو لتر و *Aspergillus sp* عند 20 ميكرو لتر.

الكلمات المفتاحية: الزيت الأساسي، اللوزة، حفارة أوراق، نشاط مبيد فطريات، حشري

Summary

The objective of this study is to use a natural means of control against the tomato leafminer *Tuta absoluta* and other pathogens that threaten tomato production in Algeria. The essential oil extracted from the aromatic and medicinal plant, the fragrant verbena *Lippia citriodora*, by hydrodistillation using a Clevenger-type device made it possible to obtain a yield of 0.86%. Larvicidal activity tests were carried out on the different larval stages showing that after a period of 6 hours of exposure the mortality rate reached 100% at the concentration of 1µL for L2 larvae and 50% for larval stages L1, L2 and L3 at the concentration of 0.5µL. The results showed that the essential oil of *Lippia citriodora* also has fungicidal activity that inhibits the growth of mycelia of the three fungi studied, *Alternaria alternaria* at 10µL and *Alternaria sp* at 5µL and *Aspergillus sp* at 20µL.

Key words: *Tuta absoluta*; essential oils; *Lippia citriodora*; Larvicidal activity; fungicide activity

Résumé

L'objectif de cette étude est d'utiliser un moyen de lutte naturelle contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* et d'autres agents pathogènes qui menacent la production de la tomate en Algérie.

L'huile essentielle extraite de la plante aromatique et médicinale, la verveine odorante *Lippia citriodora*, par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger a permis d'obtenir un rendement de 0,86%.

Les tests d'activité larvicide ont été réalisés sur les différents stades larvaires montrant qu'après une durée de 6 heures d'exposition le taux de mortalité a atteint les 100% à la concentration de 1µL pour les larves L2 et 50% pour les stades larvaires L1, L2 et L3 à la concentration de 0,5µL.

Les résultats ont montré que l'huile essentielle de *Lippia citriodora* a également une activité fongicide qui inhibe la croissance des mycéliums des trois champignons étudiés, *Alternaria alternaria* à 10µL et *Alternaria sp* à 5µL et *Aspergillus sp* à 20µL.

Mot clés : *Tuta absoluta* ; huiles essentielles ; *Lippia citriodora* ; Activité larvicide ; activité fongicide