

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche scientifique
Université Blida1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Biotechnologies et Agro-écologie
MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE
Pour l'obtention du Diplôme de Master Académique
Option : « phytopharmacie et protection des végétaux »

Thème :

Etude de l'effet subléthal d'une combinaison de phyto-extraits à base de thym et d'origan sur un modèle d'insecte nuisible

Réaliser par :

Mlle MATOUB Mélissa Mme AMOURI Hanane

Mlle MOUHILLEBI Hadjer

Devant le jury :

Mr MOUSSAOUI K.	M.A.A.	U.S.D.B.1	Président
Mme DJENNAS K.	M.C.B.	U.S.D.B.1	Examinatrice
Mme ALLAL L.	Professeur	U.S.D.B.1	Promotrice
Mme MOHAMMED ALI L.	Doctorante	U.S.D.B.1	Co-Promotrice

Le : 15 /09/2022

2021/2022

Remerciements

Louange à **ALLAH**, nous le glorifions de nous avoir gardé en bonne santé et de nous avoir guidées vers cette issue. Nous remercions également nos familles pour les sacrifices qu'elles ont fait pour que nous terminons nos études.

Ce travail a été effectué au laboratoire de Recherche des Plantes

Médicinales et Aromatiques de l'université de Blida1

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à notre promotrice **Mme. Leila ALLAL**, pour nous avoir proposé ce sujet de mémoire, pour sa patience et ses conseils précieux. Permettez-nous Madame de vous exprimer nos remerciements les plus sincères pour votre encadrement scientifique.

D'une façon spéciale nous remercions notre Co-promotrice **Mme Leila MOHAMMED ALI**, qui a été présente avec nous et qui a été d'une aide précieuse du début jusqu'à la fin de notre travail.

Nous remercions également les membres des jurys **Mr K. MOUSSAOUI** d'avoir bien voulu présider ce jury et **Mme. K. DJENNAS**, examinatrice pour l'effort qu'ils feront dans le but d'évaluer et examiner ce modeste travail.

Nous remercions vivement **Mr MOUSSAOUI** d'avoir été présent avec nous tout le long de notre cursus et de nous avoir aidé

Un grand merci pour tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans la réalisation de ce mémoire, sans oublier nos camarades de la promotion de phytopharmacie et protection des végétaux 2022.

Dédicaces

Au début je commence par rendre grâce à dieu et sa bonté, pour la patience et le courage qu'il m'a donné pour achever mes études

*Je dédie ce travail : A la mémoire de **mon père « Farid »**, un incroyable homme qui ma guidée tout au long de mon parcours, qui a été mon pilier et ma force, à qui je dis je t'aime.*

*A ma force, celle qui m'a transmis la vie et l'amour, celle qui m'a appris le courage, la patience, la plus chère à mes yeux **ma Mère « Karima »**, tu es la bonté en excellence et une source de tendresse je ne pourrai jamais te remercier assez, je t'aime maman chérie.*

*A mon grand frère « **Yanis** » tu es et tu seras toujours mon soutien dans la vie, je te souhaite une bonne santé et que du bonheur dans ta vie.*

*A ma petite sœur « **Camelia** » que j'aime trop qui est toujours à mes côtés, je te souhaite une bonne santé et beaucoup de réussite et de bonheur dans ta vie.*

*A mes grand parents, mes grands-pères « **Azouaou et Hennie** » et mes grands mers « **Ouizna et Sadia** », je ne pourrai jamais vous remercier assez.*

*A tous les membres de ma famille « **MATOUB** » et « **MECHOU EK** »*

Petits et grands, veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection.

*A mes vrais amis « **Abdel Hadi , Tarek, zahia, nawel ,Nahla....** » et pleins d'autres amis sans même les citer.*

*A mes collègues de travail « **Wahid, Yacine** », je vous remercie pour votre aide et vos encouragements.*

*A mon camarade « **BOUMEDDANE Abdel Fettah** », je te remercie infiniment pour tout ton aide.*

*A « **Mr HADJEB Ayoub** » que je ne pourrais jamais remercier assez pour son aide précieuse.*

A tous mes enseignant(e)s qui ont contribué à ma formation.

MELISSA

Dédicaces

*Je dédie ce travail à mes très chers parents, qui m'ont toujours soutenu et encouragé durant toutes mes études, ma mère **Fatiha** que j'aime plus que tout qui est toujours présente et attentive, je lui souhaite longue vie et à mon défunt père **khoudir** paix à son âme. Qu'ils trouvent ici une infime représentation de ma gratitude et reconnaissance.*

*A ma sœur adorée **Assia**, chez qui j'ai toujours trouvé la force d'aller vers l'avant.*

*A mes sœurs merveilleuses **Amel** et **Narimene** pour leur disponibilité.*

*A mon mari attentif **Hamid**, et ma petite fille **Lina Dallal** que j'aime énormément, qui m'encouragent à tout instant.*

*A mes neveux **Arslan** et **Younes**, mes nièces **Lilia** et **Manel** adorables que j'aime trop.*

*A mes copines **Mona** et **Madjda** qui m'ont soutenu.*

A tous ceux et celles qui œuvrent de près ou de loin pour que brille la lumière du savoir.

HANANE

Dédicaces

*Grâce au Dieu, le tout puissant, nous avons pu terminer ce travail que
je dédie :*

*C'est avec un très grand honneur que je dédie ce modeste travail aux
personnes les plus chères au monde mes chers parents (ma mère
SAMIA et mon père DJAMEL) qui m'ont permis de continuer mes
études dans les meilleures conditions et qui m'ont appris à ne jamais
baisser les bras.*

*Qui sont toujours près de moi pour m'encourager, me soutenir et me
fournir tout le nécessaire pour réaliser ce mémoire, que ce soit
moralement ou matériellement. Vous êtes mon modèle de
persévérance pour aller toujours de l'avant. Là où je suis arrivée
aujourd'hui c'est à vous MES CHERS que je le dois.*

Vous resterez toujours dans mon Cœur

Que Dieu vous garde

A mon frère ABDESSALEM

*Qui m'a encouragé ; je le souhaite une bonne santé et plus de réussite
universitaire*

Ainsi que pour tous mes amis et mes collègues dans Facebook

Surtout mon amie Duaa ; et Hams

HADJER

Sommaire

Titre	page
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Résumé	
Introduction	1
Partie I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	
CHAPITRE I : présentation de la plante hôte (<i>lycopersicum esculentum</i>) (tomate)	
I.1. Introduction.....	04
I.2. Systématique	04
I.3. Description	04
I.4. Cycle biologique	05
I.4.1. Phase de germination	05
I.4.2. Phase de croissance.....	05
I.4.3. Phase de floraison et pollinisation.....	06
I.4.4. Phase de fructification et maturation.....	06
I.5. Importance économique.....	06
I.6. Maladies et ravageurs de la tomate	07
I.6.1. Les principales maladies	07
I.6.2. Les principaux ravageurs.....	09
CHAPITRE II : Généralité sur le ravageur <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick1917), la mineuse de la tomate.	
II.1. Répartition géographique.....	11
II.2. Taxonomie.....	11
II.3. Description.....	12
II.3.1 Œufs	12
II.3.2. Chenilles.....	12
II.3.3. Chrysalide.....	12
II.4. Cycle de développement.....	13
II.5. Mode de reproduction.....	14
II.6. Les dégâts sur tomate	14
II.6.1 Sur feuilles	14
II.6.2 Sur tiges	15
II.6.3. Sur fruits verts ou rouges	15
II.7. Stratégies de lutte	15
II.7.1. Lutte prophylactique	15
II.7.2. Lutte biotechnique	16
II.7.3. Lutte biologique	16
II.7.4. Lutte chimique.....	17
II.7.5. Stratégie de la lutte intégrée.....	18
II.7.6. Lutte variétale	18
CHAPITRE III : généralités sur La famille des <i>lamiacées</i> et Les huiles essentielles	
III.1. Présentations des lamiacées.....	19
III.2. Systématique.....	19
III.3. Distribution géographique.....	19
III.4. Présentation de l'espèce <i>Thymus fontanesii</i> Boiss. & Reut.....	20
III.4.1. Caractéristiques botaniques	20
III.4.2. Classification botanique.....	20

III.5. Présentation de l'espèce <i>Origanum floribundum</i> Munby.....	21
III.5.1 Caractéristiques botaniques.....	21
III.5.2. Systématique	22
III.6. Généralités sur les huiles essentielles	22
III.6.1. Définition	22
III.6.2. Localisation des huiles essentielles dans les organes de la plante.....	22
III.6.3. Propriétés physico-chimiques des huiles essentielle.....	23
III.6.4. Composition chimique des huiles essentielles.....	24
III.6.5. Les facteurs influençant la composition chimique des huiles essentielles.....	24
III.6.6. Procédés d'extraction des huiles essentielles.....	25
III.6.6.1. La distillation	25
III.6.7. Activités des huiles essentielles.....	25
III.6.8. Toxicités des huiles essentielles	26

PARTIE II : ETUDE EXPERIMENTALE

II.1. Matériels biologiques	
II.1.1. Matériel Végétal	29
II.1.2. Matériel Animal.....	29
II.2.3. Matériels non biologiques.....	31
II.2. Méthodes	
II.2.1. Echantillonnage	33
II.2.2. Récupération et trie des larves au laboratoire.....	33
II.2.3. Extraction des huiles essentielles	34
II.2.4. Elevage des larves de <i>Tuta absoluta</i> et infestation.....	35
II.2.5. Application des traitements.....	37
II.2.6. Paramètres étudiés et analyse des données.....	38

PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Résultats

III.1.1. Propriétés organoleptiques des huiles essentielles.....	41
III.1.2. Rendement en huiles essentielles des deux plantes étudiées.....	41
III.1.3. Analyse de l'effet des huiles essentielles bioformulés des deux plantes sur les larves L3 de <i>Tuta absoluta</i>	42
III.1.3.1. Analyse de l'effet du facteur temps sur les mortalités larvaires.....	43
III.1.3.2. Analyse de l'effet du facteur dose sur la mortalité larvaire	45
III.1.3.3. Analyse de l'effet seul ou combiné des huiles essentielles bioformulés étudiées sur les mortalités larvaires.....	47
III.1.3.4. Analyse des comparaisons des moyennes estimées des mortalités corrigées.....	49
III.1.4. Évaluation comparée de la toxicité des huiles essentielles bioformulés seules et combinées.....	51
III.1.5. Évaluation de l'effet subléthal des produits bioformulé.....	53

III-2- Discussion générale

III.2.1. Principaux composants des huiles essentielles des deux plantes étudiées.....	54
III.2.2. Effet des huiles essentielles bioformulées de <i>Thymus</i> et <i>Origanum</i> sur les jeunes larves de <i>Tuta absoluta</i>	55
Conclusion générale	60

Références bibliographiques

Annexe

Liste de figure :

Numéro	Titre	Page
Figure 1	Les différents stades phrénologiques de la tomate	6
Figure 2	Adulte ailé de <i>Tuta absoluta</i> .	12
Figure 3	Cycle de développement de <i>Tuta absoluta</i>	14
Figure 4	Répartition géographique de la famille des <i>lamiacées</i> dans le monde entier	20
Figure 5	Localisation géographique des serres de tomate ayant servi à la collecte du matériel biologique à ‘Rochet plat’, Wilaya de Tipaza	30
Figure 6	Échantillonnages des feuilles infestées. (Photo originale,2022)	33
Figure 7	Hydro distillateur. (Photo originale,2022)	35
Figure 8	Infestation du plant de tomate (Originale,2022).	36
Figure 9	Elevage des larves de la mineuse de la tomate (Originale,2022)	37
Figure 10	Application du traitement (Originale,2022)	38
Figure 11	Variation des pourcentages de mortalités corrigées des jeunes larves de <i>Tuta absoluta</i> en fonction du temps et des interactions temps x dose et temps x huile essentielle.	45
Figure 12	Variation des pourcentages de mortalités corrigées des jeunes larves de <i>Tuta absoluta</i> en relation avec les doses utilisées et des interactions temps x dose et dose x huile essentielle.	47
Figure 13	Variation des pourcentages de mortalités corrigées des jeunes larves de <i>Tuta absoluta</i> de l’effet seul ou combiné des huiles essentielles bioformulés.	49
Figure 14	Evolution temporelle des taux de populations résiduelles de <i>Tuta absoluta</i> selon le type d’huile essentielle utilisée	53
Figure 15	Dégâts de <i>T.absoluta</i> sur feuille de tomate (originale, 2022)	Annexe1
Figure 16	Dégâts de <i>T.absoluta</i> sur tige (originale, 2022).	Annexe1
Figure 17	Dégâts de <i>T.absoluta</i> sur fruit rouge, (originale, 2022).	Annexe1

Liste de tableau :

Numéro	Titre	Page
Tableau 1	Principales maladies cryptogamiques de la tomate.	08
Tableau 2	Maladies bactériens et fongiques.	08
Tableau 3	Principaux ravageurs de la tomate.	10
Tableau 4	Principaux produits chimiques utilisés en Algérie contre <i>T.absoluta</i>	18
Tableau 5	Matériels utilisé au laboratoire « appareillages et verreries »	32
Tableau 6	Les caractéristiques organoleptiques de <i>Thymus fontanesii</i> et <i>Origanum floribundum</i> .	41
Tableau 7	Rendement en huiles essentielles des espèces végétales utilisés.	41
Tableau 8	Analyse des différences de mortalités entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% pour le facteur Temps (Test de Tukey (HSD).	49
Tableau 9	Résultats du test de Tukey et groupes homogènes de la comparaison des mortalités larvaires temporelles de <i>T. absoluta</i> .	50
Tableau10	Analyse des différences de mortalités entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% pour le facteur huile essentielle (Test de Tukey (HSD).	50
Tableau11	Résultats du test de Tukey et groupes homogènes de la comparaison des mortalités larvaires de <i>T. absoluta</i> sous l'effet des huiles essentielles bioformulées seules ou combinées.	51
Tableau 12	Le nombre des survivants enregistrés chez les larves L3 de <i>tuta absoluta</i> après traitement	Annexe2
Tableau 13	le taux de mortalité corrigé (%) enregistrées chez les larves L3 de <i>tuta absoluta</i> traités par le produit bioformulé à base de <i>thymus fontanesii</i>	Annexe2
Tableau14	le taux de mortalité corrigé (%) enregistrées chez les larves L3 de <i>tuta absoluta</i> traités par le produit bioformulé à base de <i>origanum floribundum</i> .	Annexe2
Tableau15	le taux de mortalité corrigé (%) enregistrées chez les larves L3 de <i>tuta absoluta</i> traités par le produit bioformulé à base de (<i>thymus fontanesii</i> + <i>origanum floribundum</i>).	Annexe2
Tableau16	calcule du pourcentage des populations résiduelle (PR%) enregistrées chez les larves L3 de <i>tuta absoluta</i> traités par le produit bioformulé à base de <i>thymus fontanesii</i>	Annexe2
Tableau17	calcule du pourcentage des populations résiduelle enregistrées chez les larves L3 de <i>tuta absoluta</i> traités par le produit bioformulé à base de <i>origanum floribundum</i>	Annexe2
Tableau18	calcule du pourcentage des populations résiduelle enregistrées chez les larves L3 de <i>tuta absoluta</i> traités par le produit bioformulé à base de (<i>origanum floribundum</i> + <i>thymus fontanesii</i>)	Annexe2

Liste des abréviations :

°C : Degré Celsius.

μL : Microlitre.

Kg : Kilogramme.

mm : Millimètre .

ml : Millilitre.

He : Huile Essentielles.

m : Mètre.

Cm : centimètre.

qx : quintaux

J.C : Jésus- Christ.

T : Température.

PNC : Parc National de Chrèa.

% : Pourcentage.

OFC : Organisation Forestière de Chrèa.

OFHM : Organisation Forestière de Hammam Melouan.

INPV : Institue Nationale de la Protection des Végétaux.

AFSSAPS : Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des Produits de Santé.

P : Probabilité.

MC : Mortalité corrigé.

MT : Mortalité chez le témoin.

MO : Mortalité chez les individus traité.

PR : Population résiduelle.

GPA: Groupe phylogénique des Angiospermes

Résumé

Etude de l'effet sublétal d'une combinaison de phyto-extraits à base de thym et d'origan sur la mineuse de la tomate (*Tuta absoluta* Meyrick, 1917).

La tomate, *Solanum lycopersicum* L., est le fruit le plus cultivé sous serre ou en plein champ et consommé en Algérie. Elle est cependant attaquée par de nombreux nuisibles dont *Tuta absoluta* Meyrick, une mineuse qui en réduit les rendements. L'objectif général de cette étude était la recherche d'alternatives à la lutte chimique contre *T. absoluta*. Nous avons sélectionné deux plantes de la famille des Lamiacées *Thymus fontanesii* et *Origanum floribundum* pour extraire d'une part leurs huiles essentielles via l'hydrodistillateur et des dilutions de 1 et 5 μ L ont été préparées et formulées. Les résultats de l'extraction révèlent, que le rendement de l'Origan ($1,53 \pm 0,31\%$) est suivi de celui du Thym ($1,43 \pm 0,57\%$). D'autre part cette étude a visé l'évolution du pouvoir insecticide des huiles essentielles formulées par contact contre les larves L3 de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*.

Les résultats de cette étude ont révélé que les produits bioformulés à base de *Thymus fontanesii* et *Origanum floribundum* ont une activité insecticide aux deux doses testées. Les taux de mortalité corrigée sont variables pour les deux produits bioformulés à base des huiles essentielles. Ils correspondent à 59,25% pour les deux traitements à 1 μ L (D1) et un taux de 62,96% pour *Thymus fontanesii* et 66,66% pour *Origanum floribundum* à 5 μ L (D2) à 72 heures après application du traitement. L'effet synergique des deux huiles synergie induit des mortalités larvaires élevées après 72h de l'ordre de 77,77% à D1 et 81,48 % à D2 d'où une toxicité très élevée toxique de 22,22% à 1 μ L et 18,52% à 5 μ L, sur les larves L3 de *Tuta absoluta*. Après 72h et au bout de 10 jours d'observation nous avons constaté un effet sublétal avec les deux doses (1 et 5) μ L des deux bioproduits à base de *Thymus fontanesii* et *Origanum floribundum* caractérisé par une perturbation de l'alimentation et du développement larvaire.

Mots clés : *Tuta absoluta*, synergie, *Thymus fontanesii*, *Origanum floribundum*, Produit bioformulé, huile essentielle.

Summary:

Study of the sublethal effect of a combination of phyto-extracts based on thyme and oregano on the tomato leafminer (*Tuta absoluta* Meyrick, 1917).

The tomato, *Solanum lycopersicum* L., is the most widely cultivated fruit under glass or in the open field and consumed in Algeria. However, it is attacked by many pests, including *Tuta absoluta* Meyrick, a leafminer that reduces yields. The general objective of this study was to find alternatives to chemical control of *T. absoluta*. We selected two plants of the *Lamiaceae* family, *Thymus fontanesii* and *Origanum floribundum*, to extract their essential oils via hydrodistillation and dilutions of 1 and 5 μ L were prepared and formulated. The extraction results reveal that the yield of *Origanum* (1.53 \pm 0.31%) is followed by that of Thyme (1.43 \pm 0.57%). On the other hand, this study focused on the evolution of the insecticidal power of essential oils formulated by contact against the L3 larvae of the tomato leafminer *Tuta absoluta*.

The results of this study revealed that bioformulated products based on *Thymus fontanesii* and *Origanum floribundum* have an insecticidal activity at both doses tested. The corrected mortality rates are variable for the two bioformulated products based on the essential oils. They correspond to 59.25% for both treatments at 1 μ L (D1) and a rate of 62.96% for *Thymus fontanesii* and 66.66% for *Origanum floribundum* at 5 μ L (D2) at 72 hours after treatment. The synergistic effect of the two oils induced high larval mortality after 72h of the order of 77.77% at D1 and 81.48% at D2 resulting in a very high toxicity of 22.22% at 1 μ L and 18.52% at 5 μ L, on L3 *Tuta absoluta* larvae. After 72h and after 10 days of observation we observed a sublethal effect with both doses (1 and 5) μ L of the two bioproducts based on *Thymus fontanesii* and *Origanum floribundum* characterized by a disturbance of feeding and larval development.

Key words : *Tuta absoluta*, synergy, *Thymus fontanesii*, *Origanum floribundum*, Bioformulated product.

المخلص

دراسة التأثير شبه المميت لمزيج من المستخلصات النباتية القائمة على الزعتر والأريجان على منجم أوراق الطماطم (توتا أفسولوتا ميريك، 1917)..

الطماطم، *Solanum lycopersicum* L.، هي أكثر الفاكهة المزروعة في الدفينة أو في الحقل وتستهلك في الجزائر. ومع ذلك، فقد تعرضت للهجوم من قبل العديد من الآفات بما في ذلك *Tuta absoluta* Meyrick، وهو صغير تقلل الغلة. كان الهدف العام لهذه الدراسة هو البحث عن بدائل للمراقبة الكيميائية ضد *T. absoluta*. اخترنا نباتتين من عائلة *Lamiaceae Thymus fontanesii* و *Origanum floribundum* لاستخلاص زيوتهما الأساسية من ناحية عبر مقطر مائي وتم تحضير وصياغة تخفيفات 1 μ L5. تكشف نتائج الاستخلاص أن عائد الأريجانو (1.53 0.31%) يليه عائد الزعتر (1.43 0.57%). من ناحية أخرى، هدفت هذه الدراسة إلى تطور القوة المبيدة للحشرات للزيوت الأساسية التي تم صياغتها عن طريق ملامسة يرقات L3 من منجم أوراق الطماطم *Tuta absoluta*.

كشفت نتائج هذه الدراسة أن المنتجات المكونة حيويًا بناءً على *Thymus fontanesii* و *Origanum floribundum* لها نشاط مبيدات حشرية بجرعتين تم اختبارهما. تتغير معدلات الوفيات المصححة بالنسبة للمنتجين المكونين بيولوجيًا على أساس الزيوت الأساسية. وهي تتوافق مع 59.25% لكلا العلاجين (D11) μ L و 62.96% للثيموس فونتانيسي و 66.66% للأوريجانوم فلوريبيونوم في (D25) μ L في 72 ساعة بعد تطبيق العلاج. يتسبب التأثير التآزري للزيوت المتآزرة في حدوث وفيات عالية من اليرقات بعد 72 ساعة من الترتيب 77.77% في D1 و 81.48% في D2، مما يؤدي إلى سمية عالية جدًا تبلغ 22.22% في μ L1 و 18.52% في μ L5، على يرقات L3 *Tuta absoluta*. بعد 72 ساعة وبعد 10 أيام من الملاحظة وجدنا تأثيرًا شبه مميت بجرعتين (1 و 5) من المنتجين الحيويين استنادًا إلى *Thymus fontanesii* و *Origanum floribundum* يتميزان باضطراب في النظام الغذائي وتطور اليرقات

الكلمات المفتاحية: *Tuta absoluta*، تآزر، *Thymus fontanesii*، *Origanum floribundum*، المنتجين المكونين بيولوجيا

Introduction

La tomate est une culture maraichère de la famille des *Solanaceae* qui a une très grande importance économique dans le monde (Naika et al., 2020).

Au cours de son cycle végétatif, cette culture est continuellement menacée par les différentes maladies et ravageurs qui l'affectent aussi bien en termes de quantité qu'en terme de qualité. Cette situation se trouve aggravée sous serre par le fait que le système de production se caractérise par des conditions microclimatiques (chaleur et taux d'humidité élevés) qui favorisent le développement de différents bio-agresseurs (Eden et al., 1996 ; Baptista et al., 2012). Parmi les ennemis de cette culture figurent le mildiou et les pucerons, (Trottin-Caudal et al., 1995).

Un nouveau ravageur est observé ces dernières années, causant des pertes considérables aussi bien sous serre qu'en plein champ. Il s'agit de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* micro lépidoptère de la famille des *Gelechiidae*, redoutable ravageur des *Solanacées* signalé la première fois en Amérique du Sud puis il s'est propagé à travers le monde. Cet insecte a été découvert pour la première fois en Algérie en mars 2008 dans la région de Mostaganem (Guenoui, 2008) occasionnant ainsi des dégâts très importants avec des pertes allant jusqu'à 100% des récoltes (I.N.P.V, 2008).

Depuis longtemps, la lutte contre ces ravageurs des cultures est basée sur l'utilisation des pesticides de synthèse. L'usage de ces produits chimiques a cependant souvent causé beaucoup plus de problèmes (Chandrashekar et al., 2003), avec leur toxicité pour la végétation (Isman., 2002) ; ainsi que les divers et graves troubles qu'ils peuvent causer Ouedraogo (2004) et Camara (2009). L'Afrique utilise moins de 10% de la production mondiale de pesticides mais totalise 75% des cas de mortalité humaine dû à ces substances chimiques.

Partant de ce constat et ces conséquences écologiques et économiques, la nécessité de développer des méthodes de substitution aux pesticides de synthèse dans la protection des cultures a acquis un intérêt croissant. Dans ce contexte, plusieurs travaux sont orientés à présent vers la mise au point d'insecticides à base de plantes aromatiques locales (bio-insecticide), riches en principe actif aromatique avec un pouvoir olfactif, en particulier les huiles essentielles. Ces substances sont des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages (Cseke et al., 1999).

Introduction

Les bio-pesticides à base d'huiles essentielles occupent une place de choix (**Bambara et Tiemtore., 2008**). Ils peuvent être appliqués directement (**Ngamo et al., 2007; Goudoum., 2010**) pour les intérêts qu'ils présentent. Ces produits ont fait l'objet de nombreuses recherches en vue de réduire les pertes occasionnées par les insectes ravageurs des cultures par leurs effets insecticides (**Tanzubil., 1991 ; Don-pedro., 1995; Pemonge., 1997; Keïta et al., 2001 ; Kellouche et Soltani., 2004 ; Kellouche., 2005 ; Batish et al., 2008 ; Camara., 2009. Kellouche et al., 2010**).

L'objectif du présent travail est d'étudier l'effet sublétal des huiles essentielles de deux espèces de la famille des Lamiaceae *Thymus fontanesii* et *Origanum floribundum* endémiques à l'Algérie, sur le stade nuisible du ravageur *Tuta absoluta*.

Le document de ce mémoire s'articule autour de 4 chapitres répartis en une partie de synthèse bibliographique et une partie expérimentale.

Dans la première partie, nous avons présenté des données bibliographiques essentielles sur la tomate, plante hôte de *Tuta* dans le 1^e chapitre, suivies par des généralités sur le ravageur dans le 2^e chapitre puis des données générales sur les *Lamiaceae* et les huiles essentielles dans le 3^e chapitre.

Au niveau de la seconde partie, nous avons présenté les objectifs de notre étude avec les méthodologies d'étude et les différents résultats concernant les effets des huiles essentielles étudiées et leur discussion. Nous avons terminé ce document en y apportant une conclusion générale et des perspectives.

PARTIE I :
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Présentation de la plante hôte (*Lycopersicum esculentum*)

(La tomate)

I.1. Introduction :

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

C'est une plante annuelle, herbacée, de la famille des solanacées. Elle avait été reconnue par Linné en 1753, comme *Solanum lycopersicon*. D'autres botanistes lui ont attribué différents noms : *Solanum lycopersicum*, *Solanum esculentum*, *Lycopersicon licopersicum*; c'est finalement *Lycopersicon esculentum* attribué par Philip Miller en 1754, qui a été retenue (Chougar, 2011).

I.2. Systématique :

Selon Dupont et Guignard (2012), la tomate appartient à la classification suivante :

Règne : Plantae au **Sous règne** : Trachenobionta à la **Division** : Magnoliophyta de la **Classe** : Magnoliopsida et **Sous classe** : Asteridae à l'**Ordre** : Solanales de la **Fmille** : *Solanaceae* du **Genre** : *Lycopersicum* de l'**Espèce** : *Lycopersicum esculentum* L. 1753

I.3. Description :

La tomate est une plante annuelle buissonnante, poilue et aux tiges plutôt grimpantes.

C'est une espèce diploïde ($2n=24$). Sa taille varie de 40 cm à plus de 5 mètres selon les variétés et le mode de culture. La tomate a un système racinaire typiquement pivotant, avec de nombreuses racines secondaires, la plupart de celles-ci sont situées à une profondeur de 30 à 40cm. En sol de texture moyenne à légère, la longueur de ces organes est de 20, 75, 100 et 120cm respectivement après 2, 3, 4 et 5 semaines après plantation(Clause, 1987).

➤ Les feuilles sont indispensables pour la photosynthèse, elles sont persistantes. Les vieilles feuilles perdent leur pouvoir photosynthétique et deviennent même nuisibles pour la plante, responsables du retard de croissance des fruits. Les professionnels les coupent, ce qui est problématique en main-d'œuvre puisque cette opération doit se renouveler toutes les semaines (feuilles au-dessus des prochains fruits à récolter). les feuilles sont composées, de 5 à 7 folioles et sont alternées sur la tige(Clause, 1987).

➤ Les fleurs sont hermaphrodites et groupées en bouquet de 03 à 08 fleurs, elles sont composées de 05 pétales, 05 sépales de couleur jaune vif, de 05 étamines et de 2 carpelles (Clause, 1987).

➤ Les fruits sont en forme de grosses baies charnues à placentation centrale. Ils sont rouges à maturité, à peau lisse et plus ou moins arrondis suivant les variétés Ceux-ci contenant des semences blanches, plates, rondes, à albumen charnu et à embryon Dicotylédone compte de 2 à 3 grammes pour 1000 graines. Le nombre de graines dans un fruit varie de 50 à 350 graines (Clause, 1987)

I.4. Cycle biologique de la tomate :

Chez la tomate, la durée du cycle végétatif complet (de la graine) varie selon les variétés l'époque et les conditions de culture. Il s'étend généralement de 3,5 à 6 mois, du semis jusqu'à la dernière récolte (Gallais et Bannerot, 1992).

Le cycle de la tomate comprend cinq phases :

I.4.1. Phase de germination :

C'est le passage de la graine de la vie ralentie à la vie active qui se traduit par la sortie des racines radicales et l'émergence de l'hypocotyle en surface. Les réserves sont hydrolysées et fournissent à l'embryon les métabolites nécessaires à ses synthèses et ses divisions cellulaires.

La germination effectuée au bout de 6 à 8 jours après le semis à une température ambiante entre 18 et 24°C (Heller, 1996).

I.4.2. Phase de croissance :

Selon Laumonier (1979), la croissance déroule en deux phases dans deux milieux différents : à la pépinière et en plein champs ou sous serre.

✓ **En pépinière :** la croissance dure de la levée jusqu'au stade 6 feuilles, où la plante assure la formation de racines fonctionnelles qui vont assurer l'alimentation à la plante en eau et éléments nutritifs. A la partie aérienne, la tige s'allonge et forme des feuilles.

✓ **En plein champ ou serre :** A partir du stade six feuilles, la plante est transférée de la pépinière pour être repiquée en plein champ et continuer ainsi sa croissance. La tige augmente et le nombre de feuilles va progresser.

I.4.3. Phase de floraison et pollinisation :

La première inflorescence, apparaît deux mois et demi environ après le semis. Les autres inflorescences vont apparaître au-dessus de la première. La floraison s'échelonne de bas en haut (Chaux et Foury, 2003). En conditions favorables, 6 à 7 semaines après le semis apparaissent les bouquets floraux groupés en inflorescences, durant cette phase les températures nocturnes et diurnes doivent être 13°C et 23°C.

La pollinisation nécessite l'intervention des agents extérieurs, le vent ou certains insectes comme le bourdon qui provoque la vibration des anthères, libérant ainsi le pollen pour la pollinisation (Chaux et Foury, 1994).

1.4.4. Phase de fructification et maturation :

La fructification débute durant la phase de floraison. Elle commence par la nouaison des fruits de l'inflorescence de base et se poursuit par les inflorescences supérieures au fur et à mesure de l'apparition des inflorescences et de la fécondation des fleurs. Les fruits se développent, grossissent et après avoir atteint leur taille définitive, ils commencent par perdre leur coloration verte au profit du jaune puis au rouge de plus en plus accentué (Blancard *et al.*, 2009), (Figure1).

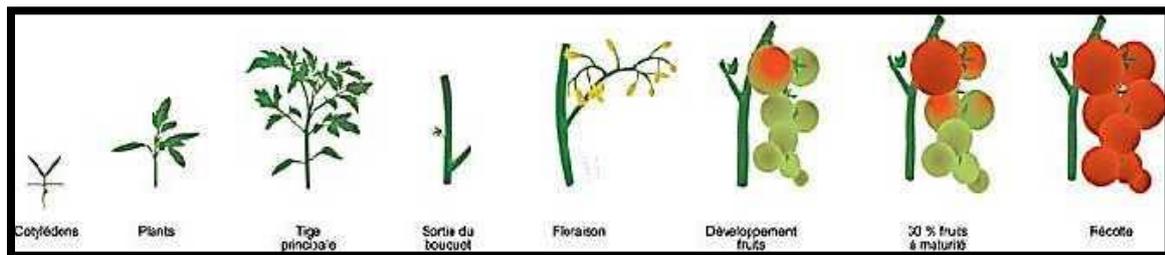


Figure 1: Différents stades phénologiques de la tomate (Gallais et Bannerot, 1992).

I.5. Importance économique :

Dans le monde : La tomate est après, la pomme de terre, le légume le plus consommé dans le monde, soit frais soit après la transformation. Elle est cultivée sous toutes les latitudes dans des conditions très variées (climats, mode de production...), ce qui démontre une grande plasticité originelle et témoigne de l'efficacité du travail des sélectionneurs. La production de la tomate a progressé régulièrement au cours de XX^e siècle et s'est accrue considérablement

durant les trois dernières décennies. Elle est passée de 48 millions de tonnes en 1978 et a atteint 124 millions en 2006. Parmi les 16 pays qui ont produit 1 million de tonnes en plus, 6 sont largement au-dessus de 5 millions de tonnes (**Blancard et al., 2009**).

En Algérie : la culture de tomate occupe une place prépondérante dans l'économie nationale. Sur une superficie globale de primeurs évaluée à plus de 292 000 ha, la tomate représente 51% de la production totale en produits maraîchers. En terme de consommation, l'Algérie est classée à la 16^{ème} place au niveau mondial avec 300,116 tonnes/an et un volume de 9,6 kg par habitant / an. Concernant la production globale de la tomate industrielle, elle a atteint 15,4 millions de quintaux en 2018, avec une hausse de 27% par rapport à la campagne précédente, tandis que la superficie plantée a augmenté à 23.702 hectares, en hausse de 17% par rapport à la campagne 2017 (**MARD, 2018**).

Les plus grandes wilayas productrices de la tomate fraîche sont Biskra avec une production de 2,33 millions de qx, Mostaganem avec une production de 1,33 million de qx, Tipaza avec 1,04 million de qx et Ain Defla avec 728.250 qx.

I.6. Maladies et ravageurs de la tomate :

Comme toute autre culture, la tomate est exposée à de nombreux bioagresseurs tels que les champignons, les bactéries, les virus et les déprédateurs (**Blancard, 2009 ; Naika et al., 2005**). Les ravageurs induisent souvent des dégâts très importants sur la culture (**Laumonnier, 1979**).

I.6.1. Principales maladies :

La culture de tomate peut être affectée par plusieurs maladies cryptogamiques, Bactériennes, virales et physiologiques.

I.6.1.1. Maladies cryptogamiques :

Tableau 1. Principales maladies cryptogamiques de la tomate (Naika et al. 2005)

Maladies	Symptômes et dégâts	Moyens de lutte
Alternariose	Des tâches noirâtres sur les Feuilles. Des tâches chancreuses sur les tiges. Des nécroses sur fruits.	Utilisation des variétés résistantes. Rotation culturale. Traitement chimique.
Oïdium	Apparition de tâches jaunâtres sur les feuilles.	Assurer unebonne aération de serres
Mildiou	Apparition de tâches Jaunâtres qui brunissent rapidement.	Éviter les excès d'azote et d'eau. Bien aérer.

I.6.1.2. Maladies bactériennes et virales :

Tableau 2 : Maladies bactériennes et virales de la tomate d'après Naika et al. (2005)

Maladies	Symptômes et dégâts	Moyens de lutte
Chancre bactérien	Flétrissement unilatéral sur feuilles. Des coupes longitudinales sur tige et pétioles montrent des stries brunâtres.	Éviter les terrains Infestés Aération convenable des serres. Éviter l'apport excessif d'azote Éviter les excès d'eau. Appliquer des fongicides à base de cuivre. Variétés résistantes Éliminer les plants malades
Virose apicale TomatoYellow Leaf Curl Virus (TYLCV)	Ralentissement de lacroissance. Jaunissement des folioles. Fruit petite et nombreux.	Lutte préventive contre le vecteur <i>Bemisia tabaci</i> Utiliser les plants sains.
Nécrose apicale	Observations de tâches brunâtres sur fruit qui se nécrose par la suite.	Irrigation régulière. Apport azoté à base de nitrate. Ebourgeonnage et effeuillage à temps.
Tomate cereuse	Fruits à forme triangulaire, avec loges vides et chair moins épaisse.	Fertilisation potassique avec une bonne maîtrise d'irrigation et bonne fermeture des abris pendant la nuit.

I.7. Les principaux ravageurs :

La tomate est une culture particulièrement sujette aux attaques des ravageurs (**Tableau 3**). Les aleurodes, pucerons, mineuses, acariens, thrips, noctuelles et punaises constituent ses principaux ravageurs en serres. D'après Ferrero, (2009), plusieurs ravageurs provoquent des dégâts importants en serres de tomate, dont *Tetranychus evansi*, la mineuse *Tuta absoluta*, ravageur de quarantaine apparu en 2006 en Europe et en Algérie en 2008, qui peut provoquer 100 % de pertes dans les serres touchées.

Tableau 3: Principaux ravageurs de la tomate (Blancard, 1988 ; Blancard et al., 1991 ; Chibane, 1999 ; Pyron, 2006).

Ravageurs	Symptômes	Agent causal
Nématodes à galles	Galles sur racines. Tige rabougrie, les feuilles jaunissent, puis le plant dépérit.	<i>Meloidogyne incognita</i> <i>Meloidogyne arenaria</i>
Acariens	La face inférieure des folioles devient brune à bronzée. Sur fruit, la peau devient suberifiée et présente des craquelures.	<i>Tetranychus urticae</i> <i>Tetranychus cinnabarinus</i>
Noctuelles	Les jeunes chenilles dévorent le collet et entraînent la mort de la plante. Sur fruit, les larves creusent des galeries qui évoluent en pourriture, puis une chute prématurée des fruits attaqués.	<i>Agrostis segetum</i> <i>Chloridea armigera</i> <i>Helicoverpa armigera</i>
Thrips	Plages de cellules mortes sur feuilles. Les piqûres entraînent des malformations sur jeunes feuilles. Sur jeunes pousse, la salive toxique induit un raccourcissement des entre nœuds. Sur fleurs : se nourrit de graines des coulures de pollen, détruit les étamines et entraîne des coulures de pollen. Par vection, il transmet le virus TSWV causant la maladie bronzée de la tomate.	<i>Thrips tabaci</i> (thrips de l'oignon) <i>Heliothrips haemorrhoidalis</i> (Thrips des serres)
Aleurodes	Rabougrissement des apex et développement de fumagine sur le miellat produit par les larves. Transmission des virus ToCV, TICV et TYLCV.	<i>Bemisia tabaci</i> <i>Trialeurodes vaporariorum</i>
Cicadelles	Transmission du stolbur, Mycoplasmosse.	<i>Hialestherobsoletus</i>
Mineuses	Les larves creusent dans le limbe des feuilles des galeries d'aspects blanchâtres, de forme ligneuse pour <i>Liriomyzaet</i> en plage pour <i>Tutaabsoluta</i> .	<i>Liriomyza bryoniae</i> <i>Liriomyza trifolii</i> <i>Tutaabsoluta</i>

Chapitre II : Généralités sur le ravageur *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917), la mineuse de la tomate

Tuta absoluta est l'un des ravageurs les plus importants en Algérie, du fait de son potentiel de multiplication, sa capacité d'adaptation et son énorme impact sur l'agriculture algérienne.

II.1. Répartition géographique :

La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera, Gelechiidae) a été signalée en Algérie pour la première fois au printemps 2008 (Guénaoui, 2008), au niveau du littoral ouest par les agriculteurs de la commune d'Achaacha dans la région de Mostaganem.

Selon Dehliz, (2016), ce ravageur a fait son expansion vers toutes les régions de production de la tomate du pays. *T absoluta* a été observé en 2009 dans la région sud-est algérienne (Biskra, Ouargla et El Oued). Depuis son introduction, cette mineuse cause chaque année d'importantes pertes dans les rendements de la culture de tomate. En 2009, 16 wilayas productrices de tomate ont été touchées par ce ravageur (Mostaganem, Chlef, El Taref, Oran, Ain Defla, Boumerdès, Alger, Bouira, Tizi -Ouzou, Bejaia, Jijel, Skikda, Mila, Tlemcen, M'Sila et Biskra).

II.2. Taxonomie :

La mineuse de la tomate *T. absoluta* autrefois appelée *Phthorimaea absoluta*, est un micro lépidoptère de la famille des Gelechiidae découvert par Edward Meyrick (Meyrick, 1917). (Figure 2).

Cet insecte appartient au **-Règne** Animalia au **Phylum** Arthropoda à la **Classe** Insecta, à l'**Ordre** Lepidoptera , au **Sous-ordre** Glossata **Super-famille** : Gelechioidea, **Famille** Gelechiidae, **Sous famille** Gelechiinae au **Genre** *Tuta* et à l'**espèce** *Tuta absoluta* Meyrick (1917).



Figure 2 : Adulte ailé de *Tuta absoluta* (SEDQ HEALTHY CROPS).

II.3. Description :

II.3.1. Les œufs :

Ils sont de petite taille (0,36mm de long, 0,22mm de large), de forme cylindrique et de couleur blanc crème à jaunâtre(Desneux et al., 2010).

II.3.2. Les chenilles ou larves de *T. absoluta* :

Elles passent par quatre stades de développement successifs, tous différents et identifiables. Les chenilles sont au départ de couleur crème (1^{er} stade) puis deviennent jaune tirant sur le vert. Une étroite bande noire venant faire son apparition à l'arrière de la tête, sur le pronotum (2^e stade) (Desneux et al., 2010).

Le stade L3 mesure 4,5-4,6 mm long et se caractérise par une couleur vert uni avec parfois quelques reflets violacés. Le stade L4 (dernier stade) mesure 7,3-7,7mm, il se caractérise par un thorax de couleur rose et par une taille plus grande (Desneux et al., 2010).

II.3.3. La chrysalide ou nymphe :

La chrysalide de la mineuse de la tomate est de couleur marron qui varie du marron clair au marron foncé. Elle mesure de 5 à 6 mm de longueur. À ce stade, les yeux et les ailes du futur imago sont nettement visibles par transparence. En observant l'extrémité de l'abdomen de la chrysalide, il est possible de différencier les deux sexes(Desneux et al., 2010).

Les deux sexes présentent un sillon. Le sillon génital de la femelle est une fente alors que celui du mâle comprend de part et d'autres deux boursouflures (**Genc, 2016**). Les adultes mesurent 6-7 mm de long et environ 8 à 10 mm d'envergure. Ils sont gris argenté avec des tâches noires sur les ailes antérieures. Les antennes sont filiformes faisant le 5/6 des ailes (**Desneux et al., 2010**).

Concernant le dimorphisme sexuel existant au sein de l'espèce, on constate principalement au stade adulte, la différence de largeur et de volume au niveau de l'abdomen, couleur crème, celui de la femelle étant habituellement plus imposant que celui du mâle (**Desneux et al., 2010**).

II.4. Cycle de développement :

La mineuse de la tomate hiverne sous différentes formes : œuf, larve ou adulte, selon le climat.

Après l'accouplement, les femelles pondent leurs œufs sur la surface inférieure des feuilles, des tiges ou des fruits. La femelle peut pondre jusqu'à 250 œufs durant son cycle.

Dès l'éclosion les jeunes larves pénètrent dans la feuille, la tige ou le fruit en y creusant des galeries. Elle passe, dans ces galeries, par quatre stades larvaires. A la fin du dernier stade, la larve sort de la galerie et se transforme en chrysalide sur la feuille ou dans le sol. La nymphose a lieu et les adultes émergents à nouveau.

Le cycle de vie de cet insecte peut durer de 29 à 38 jours selon les conditions environnementales. *T. absoluta* est une espèce polyvoltine. Il peut y avoir de 10 à 12 générations par an. (**Silva,2008 ; Barrientos et al. 1998**) estiment que le développement complet dure 76,3 jours à 14°C, 39,8 jours à 19,7°C et 23,8 jours à 27,1°C. (**Figure 3**)

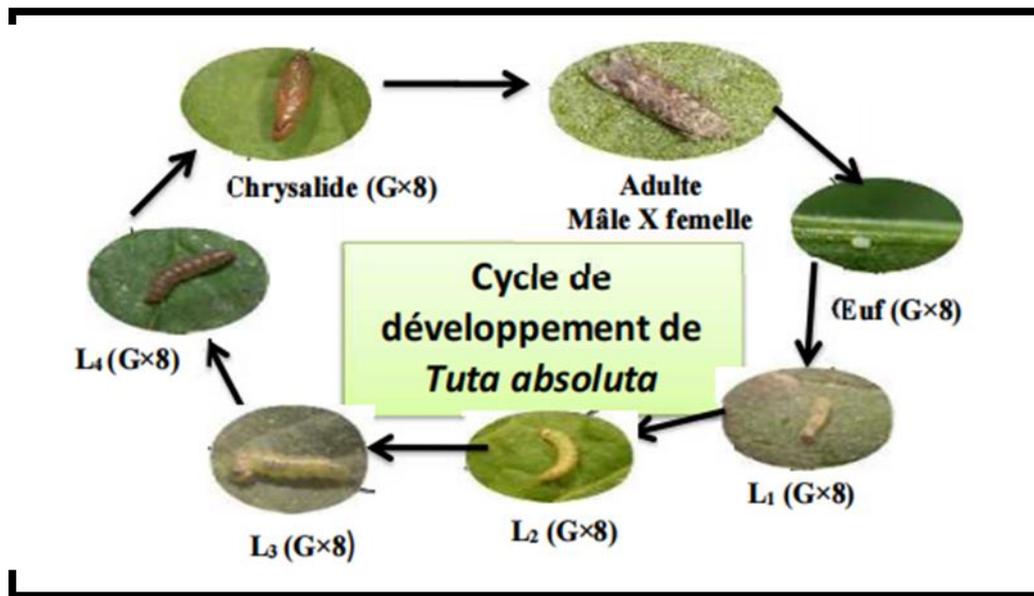


Figure 3 : Cycle de développement de *T. absoluta* (Chougar, 2015).

II.5. Mode de reproduction :

Le premier mode de reproduction de *T. absoluta* est sexué. Cependant, l'absence prolongée de mâles montre le développement d'une reproduction alternative parthénogénétique (Caparros Megido et al., 2013). Il y a peu de recherches à ce sujet car c'est quelque chose qui n'a été découvert que récemment, et c'est ce qui fait de l'invasion rapide de ce ravageur une question logique, et comme nous l'avons mentionné précédemment, cette espèce a une grande capacité d'adaptation.

II.6. Les dégâts sur tomate :

Les larves de *Tuta* creusent des mines dans les feuilles, les tiges, mais aussi dans les fruits en formation ou dans les fruits mûrs. Les premiers dégâts peuvent être discrets. L'incidence économique des dégâts de *Tuta* sur tomates peut être très forte. (Tabone et al., 2014)

II.6.1. Sur feuilles :

Les galeries formées sur les feuilles sont beaucoup plus larges que celles des mouches mineuses *Liriomyza* spp. Les deux épidermes de la face supérieure et de la face inférieure sont bien visibles. La mobilité des larves étant assez élevée, une larve peut créer plusieurs mines sur plusieurs folioles puis sur la plante entière, (Tabone et al., 2014)(annexe 1)

II.6.2. Sur tiges :

Des dégâts sur tiges peuvent être observés, notamment sur les parties hautes des plantes (perforations sur l'apex, dessèchement de folioles), (Tabone et al., 2014) (annexe 1)

II.6.3. Sur fruits verts ou rouges :

Les galeries et les mines superficielles peuvent être observées sur et surtout sous les sépales, de même que sur un ou plusieurs fruits verts ou à maturité d'un même bouquet. Les fruits attaqués doivent faire l'objet d'un tri rigoureux en raison des dégâts discrets. Ils doivent être détruits, (Tabone et al., 2014), (annexe 1).

II.7. Stratégies de lutte :

La protection efficace et durable contre ce fléau doit combiner plusieurs méthodes de lutte (Anonyme, 2010).

II.7.1. Lutte prophylactique :

Les mesures prophylactiques à prendre pour se protéger contre une éventuelle infestation par la mineuse de la tomate doivent être prises au préalable dès la fin de la culture en place et avant d'entamer la nouvelle saison et la mise en terre de la nouvelle culture, ainsi qu'au niveau des pépinières de production de plants de tomate (INPV, 2009).

Ces mesures consistent à :

- Utiliser des plants sains ;
- La surveillance des populations de *Tuta absoluta* par l'observation régulière des plants pour détecter d'éventuelles attaques de la mineuse ;
- Utilisation de pesticides;
- Tuteurage avec des fils en plastique ou métallique;
- Désherbage, binage et effeuillage ;
- L'hygiène des parcelles en éliminant les débris des cultures soit en brûlant immédiatement, soit en enterrant profondément à plus de 50 cm dans le sol ;

II.7.2. Lutte biotechnique :

C'est la mise en place des piègeages massifs, à raison d'un piège Delta ou à eau par serre et 20 à 25 pièges à eau en plein champ. Cette technique est d'autant plus efficace qu'elle est adoptée précocement lorsque le niveau de population est encore faible, 15 jours avant la plantation. Selon **Wang et al. (1998)**, l'entretien des pièges doit être assuré régulièrement par :

- Le renouvellement des plaques engluées dès leur saturation dans le cas des pièges Delta ;
- Le remplissage des bacs à eau jusqu'à la limite supérieure ;
- Le changement des capsules à phéromones chaque 4-6 semaines
- Rajouter des gouttes d'huile alimentaire ou de détergent domestique après chaque renouvellement d'eau ;

II.7.3. Lutte biologique :

Le principe de la lutte biologique se base sur l'action d'insectes ou tout autre être vivant antagoniste aux insectes ravageurs des cultures. Ce procédé de lutte non polluant permet de réguler les attaques d'un insecte ravageur donné, de façon efficace sans engendrer des effets néfastes à la santé humaine ni à l'environnement.

Les prédateurs et parasitoïdes appartenant aux insectes constituent en général le groupe le plus important qui cause la mortalité larvaire de la mineuse (**Miranda et al., 1998**). Ils ont une fonction clé dans le contrôle des populations de ce déprédateur (**Salvo et Valladares, 2007**).

Dans le cadre de la lutte biologique contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*, l'INPV a effectué, le 1^{er} lâcher d'insectes utiles sous serre de tomate le 20 octobre 2010 dans la commune de Dadess (Daira de Achaacha, Wilaya de Mostaganem). Cinq (05) autres lâchers ont succédé à celui ci, au niveau de Hassi Bounif (wilaya d' Oran en janvier 2011) , Souk ElTehnine et Brira (Wilaya de Chlef, Mars 2011) Douaouda et Fouka (Wilaya de Tipaza 20 octobre 2011).

Dans le même cadre deux opérations de lâchers de la punaise prédatrice *Nesidiocoris tenuis* ont été réalisées dans deux serres multichapelles durant le mois de Janvier 2013. Le premier lâcher a été réalisé le 09/01/2013 au niveau de L'ITCMI dans la commune de Staouali (Wilaya de /Tipaza) ; le deuxième lâcher a eu lieu le 23/01/2013 au niveau de CEVIAGRO dans la commune de Rouiba (Wilaya d'Alger) Le nombre total des punaises lâchées est de 600 individus, à raison de 0,5 individus par mètre carré.

II.7.4. Lutte chimique :

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

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

Des exemples concrets de l'application de certaines molécules insecticides (Abamectine, Cartap, perméthrine, Méthamidophos) ont été rapportés par **Suinaga et al. (2004)**. Ces derniers notent que l'inefficacité de ces molécules a conduit les agriculteurs à des applications intensives (36 pulvérisations par saison).

Ceci peut, selon **Pereira (2008)**, engendrer des phénomènes de résistance chez *T. absoluta*, en plus de l'augmentation du coût de production et de la destruction de la faune auxiliaire utile.

Malgré leurs effets néfastes sur la santé humaine et sur l'environnement, plusieurs insecticides appartenant à différents groupes chimiques ont été appliqués (**Luna et al., 2007**).

En Algérie, différentes matières actives sont utilisés sur la mineuse de la tomate (**Tableau 4**).

Tableau 4: Principaux produits chimiques utilisés en Algérie contre *T. absoluta* (Anonyme, 2011).

Faïlle chimique	Matière active
TRACER	Spinosad
VERTIMEC	Abamectine
AVERMECTINE	Abamectine
NOMOLT	Teflubenzuron
DECIS	Deltamethrine
ULTRACIDE	Methidathion
KARATE	Labacyhaclthrine
COMFIDOR	Imidaclopride

II.7.5. Stratégie de la lutte intégrée :

D'après **Corbaz (1990)**, la gestion intégrée du ravageur consiste dans l'emploi combiné et raisonné de toutes les méthodes pouvant exercer une action régulatrice sur *Tuta absoluta*, de façon à maintenir les populations en dessous du seuil de nuisibilité.

II.7.6. Lutte variétale :

Parmi les alternatives de la lutte chimique, l'utilisation de variétés résistantes est une suggestion testée ayant eu des résultats satisfaisants (**Leite, 2003**). Cet auteur ayant testé cet aspect sur des variétés ayant une faible quantité allélochimique. Il s'est avéré que ces dernières sont moins infestées par le microlépidoptère.

Chapitre III : Généralités sur les Lamiaceae et les huiles essentielles.

III.1. Présentation des Lamiaceae

La famille des Lamiacées est connue également sous le nom des Labiées, qui dérive du nom latin "labium" qui signifie lèvre, en raison de la forme particulière des corolles, (Bouhaddouda, 2016).

C'est l'une des familles les plus répandues dans le règne végétal, (Naghbi et al , 2005) exceptionnellement homogène, très facile à reconnaître (Guignard et Dupont, 2004). et l'une des premières familles à être distinguée par les botanistes. Ce sont des angiospermes dicotylédones appartenant à l'ordre des Lamiales comprenant près de 6700 espèces regroupées dans environ 250 genres (Miller et al., 2006) et à fleurs herbacées ou arborescentes très parfumées (Silvant, 2014).

La région méditerranéenne a été le centre principal pour la domestication et la culture des Lamiaceae, caractérisée par des plantes productrices d'huiles essentielles Naghbi et al (2005) et dont 40% des espèces de cette famille contiennent des composés qui possèdent des propriétés aromatiques (Verse, 2007).

III.2. Systématique:

Les Lamiaceae sont classées d'un point de vue systématique comme suit d'après Cronquist (1981) : Règne : Plantae, Sous –règne : Tracheobionta, Division : Magnoliophyta, Classe : Magnoliopsida, Sous-classe : Asteridae, Ordre : Lamiales, Famille : Lamiaceae.

III.3. Distribution géographique:

Dans le monde : Les lamiacées comprennent environ 3000 espèces (Figure 4) dont l'aire de dispersion est extrêmement étendue, mais avec une prépondérance pour les régions méditerranéennes : Thyms, lavandes, Romarins, qui caractérisent la flore des garrigues. Les Lamiacées sont rares, par contre, dans les régions arctiques et en haute montagne (Guignard et al., 2004) et ne se rencontrent que dans la région présaharienne (Ozanda, 1991, 2004).

En Algérie : Dans la flore de l'Algérie, les Lamiacées sont représentées par 28 genres et 146 espèces. Certains genres sont de détermination délicate en raison de la variabilité extrême des espèces (Bendif, 2017).



Figure 4 : Répartition géographique de la famille des Lamiacées dans le monde entier.
(D'après Tabti et Tahdjerit, 2017).

III.4. Présentation de l'espèce *Thymus fontanesii* Boiss. & Reut:

L'espèce *Thymus fontanesii* est une plante aromatique, spontanée appartenant à la famille des labiées et originaire d'Algérie et de Tunisie. (Quezel et al, 1963)

Appelée communément Zaâteur par les populations locales, la plante entière est très utilisée en médecine traditionnelle comme antispasmodique, carminatif, antitussif, antiseptique (Ghannadi et al, 2004). Ses huiles essentielles sont utilisées en particulier comme antiseptique. (Ghannadi et al, 2004).

III.4.1. Caractéristiques botaniques:

La Lamiceae *Thymus fontanesii* est un sous arbrisseau à tiges dressées et robustes, à feuilles oblongues- lancéolées, entières et glabres, de 10 à 12 mm de long et à fleurs blanches ou pales à peine plus longues que le calice.

La plante cueillie au mois de Février est séchée à l'ombre et à température ambiante entre 10 et 15 jours. Seules les feuilles sont utilisées pour l'extraction des huiles essentielles.

III.4.2. Classification botanique

D'après Quezel et Santa (1963), cette espèce de thym appartient à l'**Embranchement** : Spermaphytes au **Sous embranchement** : Angiospermes à la **Classe** des Eudicotes à la **Sous classe** : Astérides, à l'**Ordre** des Lamiales à la **Famille** des Lamiaceae, au **Genre** *Thymus* et à l'**Espèce** : *Thymus fontanesii*.

III.5. Présentation de l'espèce *Origanum floribundum* Munby

Il existe plusieurs versions sur les origines étymologiques du mot « Origanum ». La première viendrait du grec 'Ori-ganumai' qui veut dire se plaît dans la montagne, ou

'Ori-ganos' qui veut dire éclat de la montagne (Dubois et al., 2006).. Le mot désigne également une plante d'un parfum pénétrant.

Il était considéré comme panacée (Guerin, 1835 in Sari, 2018), puisqu'on l'utilisait comme anti-infectieux, bactéricide. L'origan est utilisé en inhalation depuis très longtemps pour soigner les infections respiratoires mais aussi diverses maladies de la peau avec ou sans infection, en Tisanes et inhalations, compresses, huile et décoction servant à l'extérieur comme à l'intérieur du corps. En cosmétique, il est utilisé industriellement pour la parfumerie (Sens-olive, 1979 in Sari, 2018).

En outre, l'origan était déjà connu de l'Égypte des pharaons pour ses vertus antiseptiques. Les médecins Chinois l'utilisèrent pendant des siècles pour soigner divers maux (Boullard, 2001). Au moyen âge, les pèlerins mettaient de l'origan dans leurs chaussures pour soulager leurs pieds, tout comme les centurions romains qui connaissaient déjà les propriétés antiseptiques et anti-inflammatoires de cette plante (Lemhadri et Zeggwagh, 2004).

III.5.1. Caractéristiques botaniques :

L'origan est un sous-arbrisseau vivace de 30 à 50 cm de hauteur, implanté sur les pentes escarpées du bassin Méditerranéen. Faisant partie de la famille des Lamiaceae, il est très proche de la marjolaine, avec laquelle il partage les mêmes propriétés ;

Ses rameaux rougeâtres, carrés, portent de petites feuilles duveteuses à la forme ovoïde se terminant en pointe .Ses fleurs vont du blanc au mauve selon les espèces (Quezel et Santa, 1962-1963).

Les caractères morphologiques végétatifs de l'espèce *Origanum floribundum* se particularisent par une tige, prostrée à la base, les jeunes tiges sont décombantes (Quezel et Santa, 1963), quadrangulaires et de courts rameaux ou semi persistantes et sont de couleur verdâtre et pubescente

Le rhizome (tige souterraine) est ligneux avec des rejets filamenteux (racine adventive) : ceci lui confère une bonne accroche, d'où son abondance dans les zones de hautes altitudes (Daoudi et Dahmani , 2013 in Mahfouf , 2018).

En ce qui concerne l'appareil reproducteur de cette plante, les fleurs sont hermaphrodites ; le calice a 5 dents courtes, la corolle est à lèvres sensiblement égales. Le fruit est un tetrakéne, ovoïde et lisse, de couleur noirâtre (Daoudi et Dahmani, 2031 in Mahfouf, 2018).

III.5.2. Systématique:

La classification botanique de *Origanum floribundum* (APG III, 2009) se décline comme suit :

Règne : Plantae **Sous-règne :** Tracheobionta **Embranchement :** Magnoliophyta **Sous -
embranchement :** Magnoliophytina **Classe :** Magnoliopsida **Sous-classe :** Asteridae **Ordre :**
Lamiales **Famille :** Lamiaceae **Genre :** *Origanum* **Espèce :** *Origanum floribundum* Munby

III.6. Généralités sur les huiles essentielles

III.6.1. Définition :

L'huile essentielle est un liquide hydrophobe (Ayaidia, 2011), un mélange de substances aromatiques présentes sous forme de minuscules gouttelettes (Aissani, 2015), odorant, volatil et qu'on obtient par extraction mécanique, distillation à la vapeur d'eau ou distillation à sec de plantes aromatiques (Bouhaddouda., 2016). Ce sont des substances de consistance huileuse mais sans corps gras, plus ou moins fluides (Jouault., 2012).

Les huiles essentielles (HE) sont issues de différentes voies de biosynthèse du métabolisme secondaire de la plante, un moyen de défense contre les ravageurs phytophages. Ces extraits contiennent en moyenne 20 à 60 composés qui sont pour la plupart des molécules peu complexes (monoterpènes, sesquiterpènes,...) (Ayaidia., 2011).

III.6.2. Localisation des huiles essentielles dans les organes de la plante :

Toutes les plantes possèdent la faculté de produire des composés volatils mais seulement à l'état de traces le plus souvent. Parmi les espèces végétales, 10% seulement sont dites « aromatiques ». La capacité à accumuler l'huile essentielle est cependant la propriété de certaines familles de plantes réparties au sein de l'ensemble du règne végétal, aussi bien représentées par la classe des gymnospermes Cupressaceae (bois de cèdre) et Pinaceae (pin et sapin) que celle des angiospermes.

Les familles les plus importantes sont les dicotylédones comme celles des *Apiaceae* (coriandre), *Asteraceae* (camomille), *Geraniaceae* (géranium), *Illiciaceae* (anis), *Lamiaceae* (menthe), *Lauraceae* (cannelle), *Myristicaceae* (noix), *Myrtaceae* (eucalyptus), *Oleaceae* (jasmin), *Rosaceae* (rose), *Sandatalaceae* (bois de santal) et *Rutaceae* (citron). Les monocotylédones sont principalement représentées par les familles *Poaceae* (vétivier) et *Zingiberaceae* (gingembre) (Spichiger, 2002 ; Khandelwal, 2008).

Les HE sont des sécrétions naturelles élaborées par le végétal et contenues dans les cellules ou une partie de la plante comme celles des fleurs (rose), sommités fleuries (lavande), feuilles (citronnelle), écorces (cannelier), racines (iris), fruits (vanillier), bulbes (ail), rhizomes (gingembre) ou graines (muscade). Pour certaines HE comme celles de lavande ou de sauge, c'est la plante entière qui est utilisée (Serrato-Valenti et al., 1997 ; Parthasarathy et al., 2008).

III.6.3. propriétés physico-chimiques des huiles essentielles :

Les huiles essentielles forment un Groupe très homogène selon Bernard et al., (1988) et Bruneton, (1993) et dont les principales caractéristiques physicochimiques sont indiquées:

- liquides à température ambiante.
- n'ont pas le toucher gras et onctueux des huiles fixes.
- volatiles et très rarement colorées.
- une densité faible pour les huiles essentielles à forte teneur en monoterpènes.
- un indice de réfraction variant essentiellement avec la teneur en monoterpènes et en dérivés oxygénés. Une forte teneur en monoterpènes donnera un indice élevé, cependant une teneur élevée en dérivés oxygénés produira l'effet inverse.
- solubles dans les alcools à titre alcoométrique élevé et dans la plupart des solvants organiques mais peu soluble dans l'eau.
- douées d'un pouvoir rotatoire puisqu'elles sont formées principalement de composés asymétriques.

- très altérables, sensibles à l'oxydation et ont tendance à se polymériser donnant lieu à la formation de produits résineux, il convient alors de la conserver à l'abri de la lumière et de l'air.

III.6.4. Composition chimique des huiles essentielles:

Plus de 60 molécules différentes peuvent entrer dans la composition chimique d'une huile essentielle. Les composés majoritaires peuvent représenter, à eux seuls, plus de 85% de l'huile alors que d'autres composés ne sont présents qu'à l'état de traces (**Senatore, 1996**).

L'ensemble de ces constituants appartient, de façon quasi exclusive à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpénoïdes d'une part et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane, beaucoup moins fréquents, d'autre part (**Bruneton, 1999 ; Baser et Buchbauer, 2010**). Les huiles essentielles peuvent également renfermer divers produits issus de processus dégradatifs mettant en jeu des constituants non volatils (**Bruneton, 1999**).

III.6.5. les facteurs influençant la composition chimique des huiles essentielles :

De nombreux facteurs exercent une influence sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles. Généralement, ces facteurs sont classés en deux groupes endogènes et exogènes. Ces deux groupes ont des effets extrêmement variables sur la quantité et la qualité de l'huile essentielle (**Lichtfouse, 2009**).

III.6.5.1. Facteurs endogènes :

Selon **Lichtfouse, (2016) ; Dris et Jain, (2004)**, ces facteurs comprennent toutes les caractéristiques naturelles de la plante, tel que sa constitution génétique, son âge, la partie végétale utilisée...

Les facteurs génétiques influencent fortement le rendement et la composition des huiles essentielles dans les plantes. L'effet génétique est assez fort pour créer des huiles essentielles qui diffèrent largement dans leur composition, même au sein de la même espèce, on parle du chémotype (**Havkin-Frenkel et Dudai, 2016**).

III.6.5.2. Facteurs exogènes:

Ils comprennent tous les facteurs externes que les plantes peuvent avoir pendant leurs cycles de croissance (**Lichtfouse, 2009**).

Les équipes de **Dris et Jain, (2004)** ; **Figueiredo et al., (2008)** ; **Preedy, (2009)** ; **Baser et Buchbauer, (2016)** ont mentionné les facteurs suivants : les facteurs environnementaux (température..), les facteurs édaphiques (texture du sol ...), les facteurs liés à l'agriculture (les engrais...).

III.6.5.3.Facteurs technologiques :

La composition de l'huile essentielle peut être influencée après la récolte de la plante. Il s'agit des conditions de transport, de séchage et de stockage de la matière végétale (**Preedy, 2009**). Le procédé d'obtention de l'huile essentielle peut également modifier sa composition chimique (**Flamini, 2003**).

III.6.6.Procédés d'extraction des huiles essentielles :

Le choix de la technique d'extraction des huiles essentielles dépend principalement de la matière première : son état original, ses caractéristiques et sa nature proprement dite. Ce choix conditionne les caractéristiques de l'huile essentielle, en particulier sa viscosité, sa couleur, sa solubilité, sa volatilité, et la diversité en certains de ses constituants (**AFSSAPS, 2008**).

III.6.6.1. La distillation:

Selon **Piochon (2008)**, il existe trois différents procédés utilisant le principe de la distillation : l'hydro distillation, l'hydro diffusion et l'entraînement à la vapeur d'eau.

III.6.7. Activité des Huiles Essentielles :

Les huiles essentielles interviennent dans la fabrication des produits alimentaires (jus de fruits, crèmes glacées, bonbons, etc.....) ; des produits d'hygiène et de beauté, des parfums et autres produits de désinfection. Elles sont utilisées également pour leurs différentes propriétés et divers effets thérapeutiques (**Deschepper , 2017**)

- **Les effets anti-infectieux** : notamment sur les souches résistantes à des antibiotiques récents. Parmi ces molécules antibactériennes les plus puissantes, nous pouvons citer : le carvacrol, le thymol, l'eugénol, le géraniol, le linalol, le terpéneol, le menthol, etc.
- **Des effets calmants et antispasmodiques** : les aldéhydes (citral de la verveine,), les esters (salicylate de méthyle,).
- **Des effets antiparasitaires** : surtout les phénols.
- **Des effets anti-inflammatoires** : selon le type de douleurs, on peut utiliser des esters, des alcools (menthol) ou des aldéhydes (cuminal).
- **Les huiles essentielles** possèdent aussi des propriétés antioxydantes, expectorantes, diurétiques, et antifongiques.
- Elles possèdent également des propriétés insecticides et insectifuges. L'effet insecticide des huiles essentielles est assuré par leur volatilité et leur petite taille. Beaucoup des constituants des huiles essentielles volatiles interagissent avec les récepteurs d'odeur des insectes, déclenchent des comportements variés : fuite, attraction, oviposition (**Regnault et al., 2012, Tripathi et al., 2009**).

III.6.8. Toxicité des huiles essentielles:

Bien qu'en vente libre, y compris en dehors du circuit officinal, les huiles essentielles ne sont pas des produits anodins et présentent certains risques de toxicité. Dans son exercice quotidien, le pharmacien doit s'assurer du bon usage des huiles essentielles par ses patients et du respect des précautions d'emploi et éventuelles contre-indications (**Robin, 2017**).

Rappelons que les huiles essentielles sont susceptibles d'entraîner plusieurs types de toxicité :

- Hépatotoxicité
- Dermotoxicité (irritations, brûlures, hypersensibilité, phototoxicité) et irritation des muqueuses exposées.
- Neurotoxicité (dépression ou excitation du système nerveux central, effet stupéfiant, convulsions)
- Néphrotoxicité

- Effets tératogènes et abortifs
- Propriétés cardiogéniques
- Hypersensibilité

Les intoxications aiguës graves restent relativement rares et sont souvent liées à l'ingestion accidentelle d'huiles essentielles par de jeunes enfants. La principale toxicité chronique observée en aromathérapie est liée à l'utilisation prolongée d'huiles essentielles phénoliques, dangereuses pour les hépatocytes sur le long terme. L'hypersensibilité à un ou plusieurs composés volatils se rencontre chez des personnes régulièrement exposées dans le cadre professionnel. Certaines huiles essentielles, sensibles par leur toxicité ou les usages détournés possibles, sont intégrées au monopole pharmaceutique. **(Robin, 2017).**

PARTIE II :
ETUDE EXPERIMENTALE

Cette étude consiste à évaluer l'effet subléthal de produits bioformulés à base d'huiles essentielles de deux espèces *Thymus fontanesii* et *Origanum floribundum* provenant de deux régions différentes Blida et Djelfa sur les larves (L3) du ravageur *Tuta absoluta*.

Les expérimentations ont été réalisées durant la période allant du mois de juin jusqu'à la fin du mois d'août 2022, au niveau du Laboratoire de recherche des plantes aromatiques et médicinales, Département de Biotechnologie et Agroécologie de l'Université de Blida 1. Nous avons procédé aux extractions des huiles essentielles des deux plantes, à l'élevage des populations larvaires de la mineuse de la tomate et à l'évaluation temporelle des solutions d'huiles essentielles seules et de leur synergie.

II.1. Matériels biologiques :

II.1.1. Matériel végétal :

Les plantes choisies pour l'étude des phytoextraits sont *Thymus fontanesii* et *Origanum floribundum* de la famille des Lamiaceae. Les plantes ont été récoltées dans les régions de Blida et Djelfa. La récolte a été faite d'une manière aléatoire en 2021. Les plantes fraîches ont été débarrassées des impuretés puis séchées à l'ombre à l'abri de la lumière dans un endroit sec et aéré.

II.1.2. Matériel animal :

Le ravageur ciblé est la mineuse de la tomate. Les larves de troisième stade ont été choisies sur la base de leur taille (4,5mm), de la facilité de leur manipulation.

Elles ont été collectées à partir des plants de tomate infestés, lors de sorties au niveau des serres de tomate de saison situées au niveau de la localité « Rocher plat » (Wilaya de Tipaza). Cette localité se trouve à une altitude de 70m, à environ 30 km de la ville de Ain Tagourait et de coordonnées géographiques 36°35'17''N 2°32'28''E), (**Figure 5**)



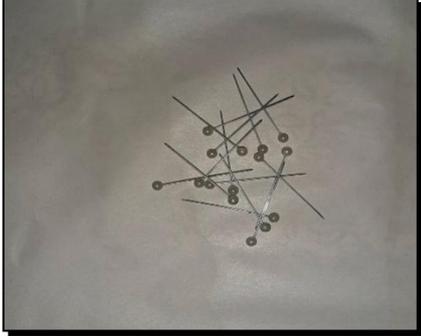
Figure 5: Localisation géographique des serres de tomate ayant servi à la collecte du matériel biologique à ‘Rochet plat’, Wilaya de Tipaza (**google earth, 2022**)

II.1.3. Matériel non biologique

D'autres matériels utilisés au laboratoire comme les appareillages, la verrerie etc. sont présentés en (Tableau 5)

Tableau 5 : Matériels utilisés au laboratoire « appareillages et verreries » :

Nom	Utilisation	Image
Clévenger	Pour l'extraction des huiles essentielles et l'hydrolat	
Eppendorf	Tube en plastique gradué avec un bouchon, pour la récupération des huiles essentielles	
Balance de précision	Pour peser le poids de l'eppendorf vide et plein et aussi la quantité de plante qui faut	
Bécher	Un récipient utilisé au laboratoire pour récupérer l'hydrolat ou l'huile	

<p>Seringue</p>	<p>Pour prélever l'hydrolat de l'eppendorf</p>	
<p>Epingles</p>	<p>Pour extraire les larves des mines</p>	
<p>Ballon</p>	<p>Ou on dépose la plante a extraire</p>	
<p>Chauffe-ballon</p>	<p>Il chauffe le ballon qui contient la plante</p>	
<p>Portoire valet</p>	<p>Pour déposer le ballon</p>	
<p>Boitte</p>	<p>Pour faire les testes</p>	

II.2. Méthodes :**II.2.1. Echantillonnage des feuilles infestées :**

➤ La collecte des feuilles infestées a été effectuée au mois de juillet 2022, tôt le matin lorsque les températures ne sont pas trop élevées à l'intérieur de la serre (**Figure 6**).

➤ L'échantillonnage s'est fait d'une façon aléatoire ; les échantillons de feuillage récoltés ont été placés dans des grands sacs en plastique laissés ouverts pour que les larves ne meurent pas, puis ont été acheminés au laboratoire.



Figure 6 : Echantillonnage des feuilles infestées (originale,2022)

II .2.2. Récupération et tri des larves au laboratoire:

Le tri du feuillage infesté pour obtenir les larves de la mineuse a été effectué au laboratoire.

D'une part, les larves ont été délogées à partir des mines des feuilles infestées à l'aide d'une aiguille entomologique sous une loupe binoculaire pour réaliser un élevage.

D'autre part, des parties de feuilles de tomate infestées ont été déposées à l'intérieur de petites boîtes transparentes contenant du papier absorbant imbibé d'eau ainsi qu'une feuille fraîche de tomate dans chaque boîte pour appliquer les phyto traitements.

II.2.3. Extraction des huiles essentielles :

L'extraction a été faite par hydro distillation en utilisant l'appareil Clévenger.

➤ Principe :

Cette méthode consiste à immerger directement la plante aromatique dans un volume d'eau. On porte le mélange à ébullition, puis les vapeurs qu'il dégage sont condensées. L'huile essentielle est récupérée à la surface de l'eau aromatique (ou phase aqueuse) ainsi obtenue. (Millet, 2013).

➤ Mode opératoire :

Une quantité de 30g de matériel végétal (dans notre cas le thym et l'origan séché) est introduite avec 500 ml d'eau distillée dans un ballon rond de 1000 ml (**Figure 7**), et le tout est chauffé avec un chauffe ballon jusqu'à la température d'ébullition 100°C. Lorsque l'ébullition de l'eau commence, on baisse la température pour que les cellules de la plante prennent le temps d'éclater et permettre ainsi la sortie d'essence aromatique. La vapeur se charge de substances volatiles qui vont être condensées grâce à un réfrigérant, et cela pendant deux heures. A la fin de chaque extraction, les huiles essentielles sont récupérées directement dans un eppendorf recouvert par du papier aluminium. Le volume global de l'huile essentielle est estimé en (ml). Les huiles essentielles obtenues sont conservées au réfrigérateur à +4 °C et à l'abri de la lumière jusqu'à leur utilisation pour les tests biologiques.

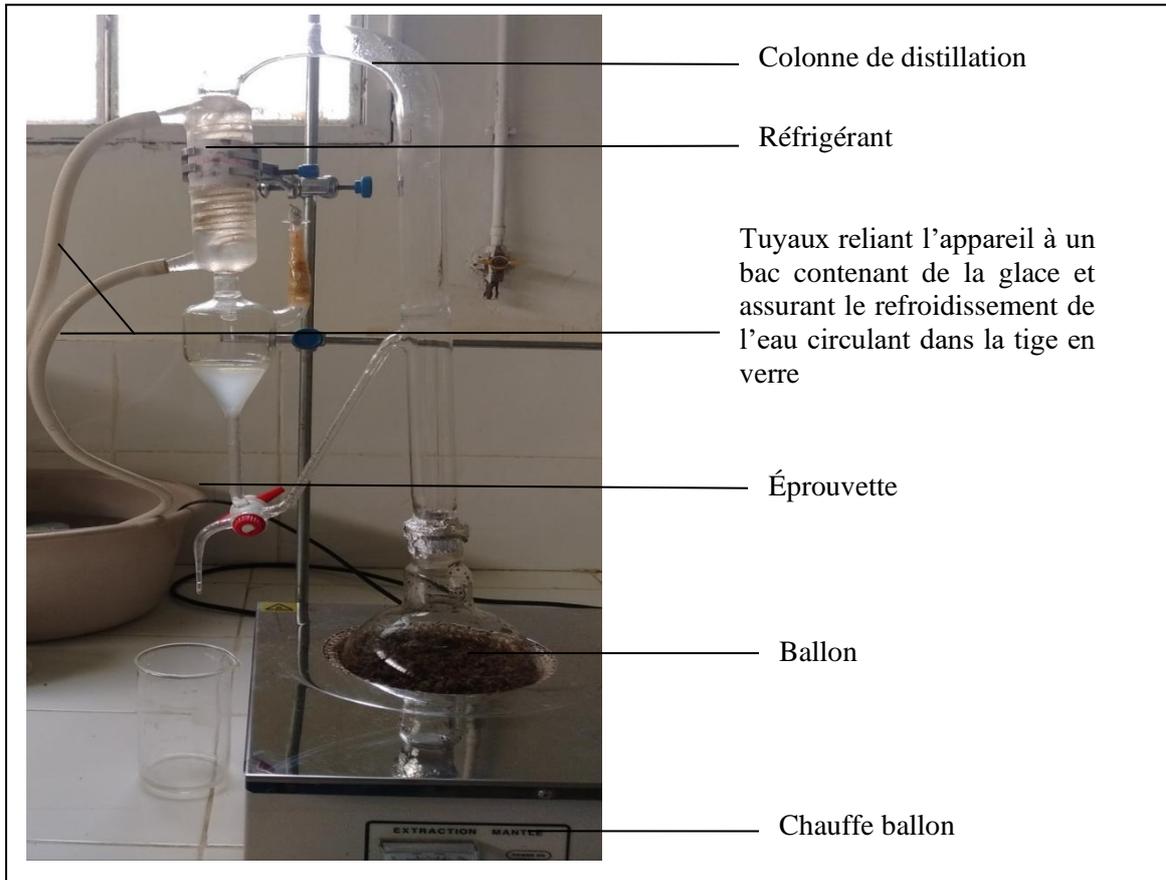


Figure 7 : Hydrodistillateur (originale ,2022)

II.2.4. Élevage des larves de *Tuta* et infestation :

L'élevage a été effectué de différentes manières ci présentées.

- En premier lieu, nous avons récupéré un plant de tomate ayant une hauteur de 45cm et portant 5 bouquets floraux à partir d'une serre au niveau de la station expérimentale de l'Université de Blida 1. Ce plant est mis dans une grande cage en maille tissée des deux côtés (gauche et droit) et en nylon (devant et derrière) de dimensions (L75× P75× H75) (**Figure 8**), à la base duquel nous avons déposé des chrysalides et des feuilles minées contenant des larves jeunes et âgées de *Tuta* (L3 et L4) d'une longueur variante entre 4,5 et 7,6 mm, ainsi que des papillons adultes capturés. Ce matériel biologique a été récupéré d'une serre de tomate à Tipaza.



Figure 8 : infestation du plant de tomate (Originale,2022).

- En second lieu, et de la même serre, d'autres feuilles infestées par des larves de différents stades (L1, L2, L3, L4) sont ramenés au laboratoire pour être triées et délogées. Ainsi, deux à trois larves récupérées sont mises dans des boîtes transparentes avec des feuilles fraîches de tomate et dont les couvercles ont été percés de petits trous pour permettre une aération (**Figure 9 A**). Les boîtes ont été laissées dans une chambre climatique à une température constante de 25°C pour permettre aux larves de se développer et obtenir un matériel d'élevage issu de la génération parentale. Les feuilles de tomate sont changées à chaque deux jours afin d'assurer une alimentation adéquate pour maintenir la survie des larves.

Les larves L1 et L2 de *Tuta* ont été laissées se développer jusqu'au stade L3 afin de les utiliser pour les traitements à base des huiles essentielles testées.

- Dans une autre étape, également pour maximiser les infestations et obtenir des larves et des chrysalides, deux petites cages d'élevage en tissu de dimensions L30 × H30 ont été utilisées, (**Figure 9 B**) dans lesquelles 10 plants de tomate d'une hauteur de 15cm ont été déposés puis 12 papillons ont été lâchés à l'intérieur.

- Enfin, dans une troisième étape, nous avons utilisé 40 plants de tomate de 25cm de hauteur, achetés d'une pépinière à Tipaza qui ont été déposées dans 4 cages d'élevage de dimensions L60×P60×H60 (**Figure 9 C**), à raison de 9 plants dans chacune des cages. Les papillons qui se trouvaient dans les petites cages ont été transférés dans ces nouvelles cages et des chrysalides ont été rajoutées.

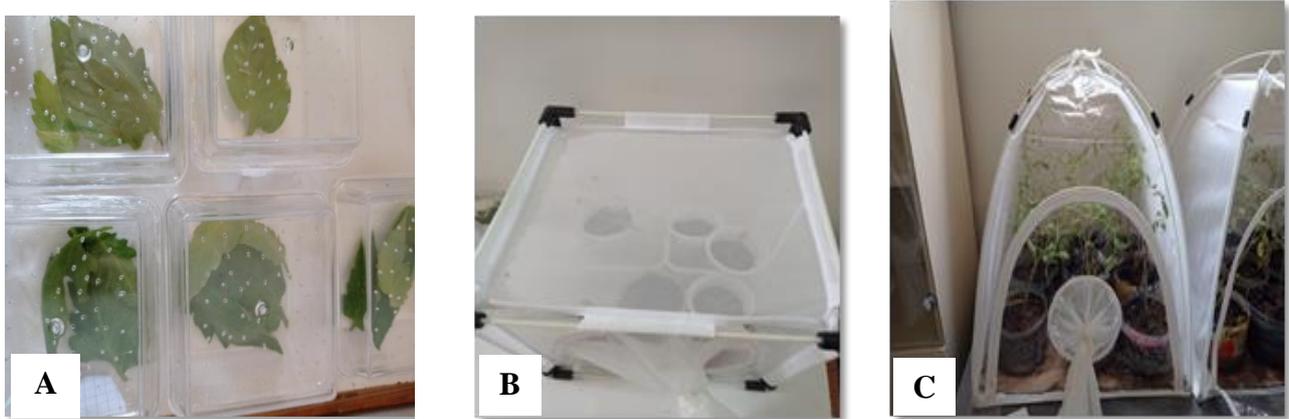


Figure 9 : Elevage des larves de la mineuse de la tomate (Originale,2022).

II.2.5. Application des traitements

Les traitements effectués sont des bioproduits à base d'huile essentielle extraite des deux plantes *Origanum floribundum* et *Thymus fontanesii*, formulés à 5% d'huile essentielle sous forme liquide.

Les traitements sont appliqués par contact à l'aide d'une micropipette de 100 μ l directement sur des feuilles infestées. La méthode consiste à pulvériser un volume de produit bioformulé directement en contact avec des larves de L3 de l'insecte qui ont été préalablement déposés dans une boîte transparente contenant un papier absorbant imbibé d'eau et une feuille de tomate fraîche portant 10 larves de stade L3.

Le comportement de l'insecte est observé par la suite après 24h, 48h et 72h. Parallèlement, la mortalité des individus est évaluée. La mortalité des larves chez les traités est comparée avec un témoin représenté par des feuilles infestées non traitées.

Deux doses ont été utilisées pour les deux produits bioformulés à base d'huile essentielle (1 et 5) μ l et (0,5 et 2,5) μ l de chaque bioproduit pour étudier la synergie, trois répétitions ont été effectuées pour chaque phyto traitement (**Figure 10**).

Pour étudier l'effet subléthal des bioproduits à base de *Thymus fontanesii* et *Origanum floribundum* avec les doses (1et 5) μ L, nous avons continué notre suivi pendant une durée de 10 jours. Nous avons observé le comportement des individus traités et témoins.



Figure 10 : application du traitement (Originale,2022).

II.2.6. Paramètres étudiés et analyse des données :

II.2.6.1. Détermination du rendement en huiles essentielles :

Le rendement est obtenu par rapport à la matière végétale sèche et exprimé selon la formule $RH = (V / MMV) \times 100$ Où : **RH** est le rendement des huiles essentielles en (ml) par rapport à 30g de matière sèche (%), **V** correspond au volume d'huile essentielle en (ml) et **MMV** est la masse de la matière végétale sèche (g).

Les rendements calculés de chaque huile essentielle sont donnés sous forme de moyennes et écartypes.

II.2.6.2. Détermination des mortalités corrigées

La mortalité des larves a été suivie sur une durée d'exposition au traitement de 3 jours après application, en observant à l'aide de la loupe binoculaire des échantillons foliaires traités et témoins prélevés quotidiennement. Nous avons calculé les pourcentages des mortalités observées par le rapport du nombre de larves mortes dans les lots traités sur le nombre de larves mortes dans les lots témoins rapporté à 100 selon chaque modalité et chaque répétition, selon la formule :

$$Mc (\%) = (Mo - Mt / 100 - Mt) \times 100$$

Où : M_t est la mortalité chez le témoin et M_o est la mortalité chez les individus traités.

Si le pourcentage de mortalité chez les témoins est compris entre 5% et 20% après exposition au traitement, la mortalité doit être corrigée en utilisant la formule d'**Abbott (1925) (Ndomo et al., 2009)**. Le test est considéré valide si le pourcentage de mortalité chez les témoins est inférieur à 5% ou compris entre 5% et 20% après 72h.

Nous avons utilisé l'analyse de la variance et les comparaisons multiples des moyennes de mortalités corrigées estimées pour mettre en évidence les différences des effets de chaque huile essentielle, des deux doses testées et de la durée d'exposition (XLSTAT 2022). Si l'effet d'un facteur n'est pas significatif ($P > 5\%$), les mortalités n'ont pas été comparées deux à deux. Le test de Tukey (HSD) a été utilisé dans le cas contraire. Les groupes homogènes comportant des moyennes estimées de la mortalité corrigée sont affectés de lettres différentes et les différences sont significatives, hautement significatives ou très hautement significatives si les probabilités (P) sont respectivement \leq à 0,05, \leq à 0,01 ou $<$ à 1‰.

II.2.6.3. Evaluation de la toxicité des huiles essentielles testées

L'estimation du degré de toxicité des huiles bioformulées testées a été appréhendée à travers le calcul du pourcentage des populations larvaires résiduelles (PR) de *Tuta absoluta* après 24h, 48h et 72h pour chaque traitement testé.

Le pourcentage des PR est exprimé par le rapport du nombre de formes vivantes dans les lots traités sur le nombre de formes vivantes dans les lots témoins. Selon les valeurs obtenues, nous pouvons évaluer la toxicité sur les larves. Lorsque le pourcentage des populations résiduelles est inférieur à 30%, l'huile essentielle est toxique, ou moyennement toxique si ce pourcentage est compris entre 30% et 60%, la et faible ou neutre s'il est évalué à plus de 60%.

La significativité des résultats a été testée par une analyse de variance, lorsque le problème était de savoir si la moyenne des pourcentages des populations larvaires résiduelles de *T. absoluta* variait significativement selon les conditions. Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu (temps après traitement, nature du traitement, plante et dose), nous avons utilisé le modèle linéaire global de l'ANOVA (GLM), pour connaître explicitement l'effet d'un facteur indépendamment (Systat, Vers.12).

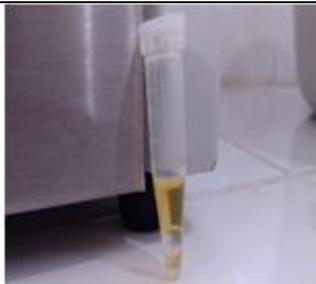
PARTIE III :
RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Résultats :

III.1.1. Propriétés organoleptiques des huiles essentielles :

Les caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles des deux plantes utilisées dans cette étude, extraites par hydrodistillation à partir des parties aériennes sont décrites dans le (Tableau 6).

Tableau 6 : Caractéristiques organoleptiques des plantes étudiées *Thymus fontanesii* et *Origanum floribundum*

Espèce	Aspect	Couleur	Odeur	Observation
<i>Thymus fontanesii</i>	Liquide, Visqueux, Mobile	Jaunâtre	Très forte et prononcée	
<i>Origanum floribundum</i>	Liquide Visqueux, Mobile	Jaune oranger	Très forte et prononcée	

III.1.2. Rendement en huiles essentielles des deux plantes étudiées

Les rendements en huiles essentielles obtenus (Tableau 7) varient d'une plante à une autre.

Tableau 7 : Rendement en huiles essentielles des espèces végétales utilisées

Plante	<i>Thymus fontanesii</i>	<i>Origanum floribundum</i>
Rendement %	1,43 ± 0,57	1,53 ± 0,31

Les résultats relatifs aux rendements en huiles essentielles des plantes utilisées d'une quantité de 420g pour l'Origan et 435g pour le Thym, montrent que le rendement le plus élevé a été obtenu pour l'origan (*Origanum floribundum*), pour lequel nous avons enregistré une valeur de $1,53 \pm 0,31\%$, suivi par celui de (*Thymus fontanesii*), avec un rendement de $1,43 \pm 0,57\%$.

Dans cette étude, pour l'Origan (*Origanum floribundum*), le rendement obtenu de 1,53 % est inférieur à celui obtenu par **Boulaghmen, (2012) ; Hadjadj et Hazzit, (2020)** qui est de 3%.

Daoudi-Merbah et al., (2016) et **Bouras (2014)** rapportent des rendements respectifs en huile d'origan de 1,21% et 0,82%, à partir d'échantillons de feuilles achetées dans la région d'Annaba, et traités par hydrodistillation.

Concernant l'huile essentielle des feuilles de Thym (*Thymus fontanesii*), le rendement enregistré de 1,43 % est inférieur à celui obtenu par **Hadduchi et al., (2009)** et **Ghannadi et al., (2004)** qui varie respectivement entre 2% et 1,9% après hydrodistillation des feuilles de la même espèce. Néanmoins, **Dob et al., (2006)** ont trouvé un rendement inférieur à celui obtenu dans notre étude, avec une valeur de 0,9%.

Les plantes étudiées *Thymus fontanessii* et *Origanum floribundum* ont des rendements différents. Ces différences peuvent être influencées par de nombreux facteurs tels les caractéristiques physiques, la composition chimique des huiles essentielles (**Giordani et al., 2008**), l'espèce de plante, les conditions environnementales, le séchage, la période de cueillette, le milieu de récolte, les pratiques culturales, l'âge du matériel végétal et la technique d'extraction (**Garnero, 1975 ; Bousbia, 2004 ; Chikhoun, 2004**). Ces facteurs peuvent expliquer la différence des rendements.

III.1.3. Analyse de l'effet des huiles essentielles bioformulées des deux plantes sur les larves L3 de *Tuta absoluta* :

Les résultats des tests de l'application par contact des produits bioformulés de *Thymus fontanesii* montrent que le taux de mortalité le plus faible (13,33%) des larves L3 de *Tuta absoluta* est enregistré après l'application des doses (1 μ l) et (5 μ l) après 24h. Ce taux augmente progressivement pour atteindre 44,82% après l'application des deux doses (1 μ l) et (5 μ l) respectivement pour une même période de traitement. Par l'application de la dose la plus forte, le taux de mortalité de (62,96%) est obtenu après 72h de traitement.

Les résultats des tests des produits bioformulés d'*Origanum floribundum* montrent que le taux de mortalité des L3 le plus faible (3,33%) est enregistré après l'application de la dose la plus faible (1 μ L) après une période de traitement de 24h. Ce taux augmente progressivement pour atteindre (41,37%) après l'application de la dose (5 μ L) respectivement pour une même période de traitement. Par l'application de la dose la plus forte, le taux de mortalité de (66,66%) est obtenu après 72h de traitement.

Les résultats des tests des produits bioformulés en mélange de *Thymus fontanesii* et *Origanum floribundum* montrent par ailleurs que le taux de mortalité des larves L3 de *Tuta absoluta* le plus faible (43,33%) est enregistré après l'application des doses les plus faible (1 μ L) et (5 μ L) après une période de traitement de 24h. Ce taux augmente progressivement pour atteindre (75,86%) après l'application de la dose (5 μ L) respectivement pour une même période de traitement. Par l'application de la dose la plus forte, le taux de mortalité de (81,48%) est obtenu après 72h de traitement.

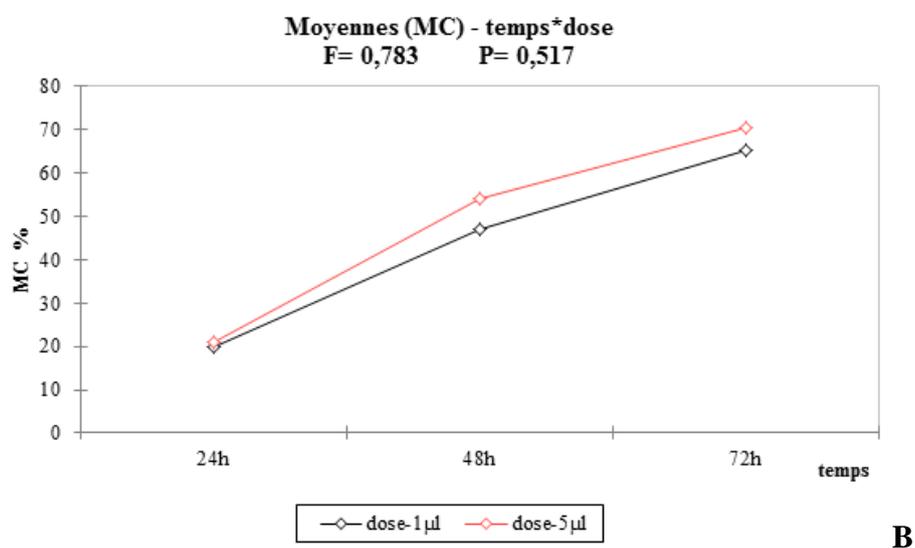
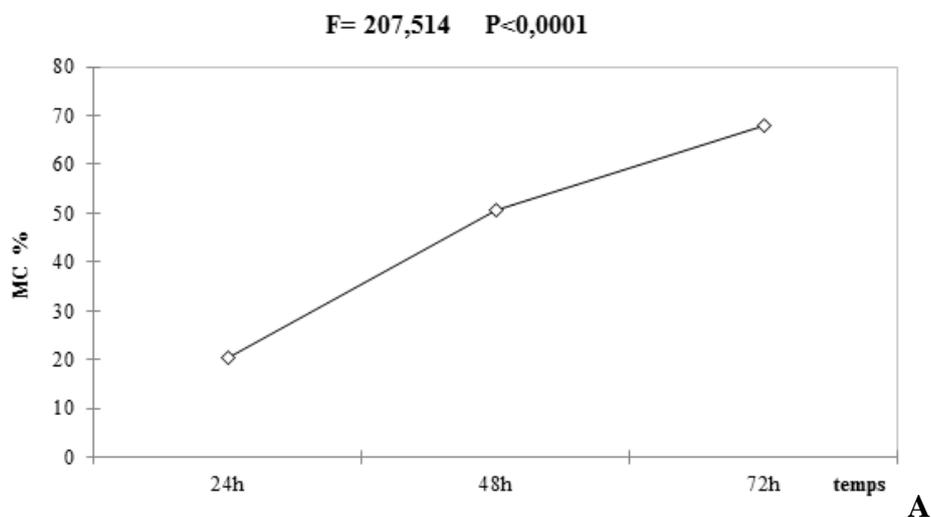
III.1.3.1. Analyse de l'effet du facteur temps sur les mortalités larvaires

De manière globale, les moyennes estimées des mortalités corrigées sont significativement différentes à 24h, 48h et 72h ($F = 207,51$, $P < 0,0001$). En effet, on peut remarquer que les mortalités des larves augmentent de 20,55% en 24h à 67,92% après 3 jours d'exposition (**Figure 11 A**).

La tendance des courbes d'évolution temporelle des mortalités larvaires sous l'effet des deux doses (1 et 5 μ l) semble similaire. Au bout de 24h après l'application du traitement, les mortalités sont les mêmes et varient entre 19,91% et 21,10% pour chaque dose respectivement. A 48h, les mortalités ont touché plus de la moitié de la population larvaire (54,01%), jusqu'à atteindre un pourcentage de 70,13% à 72h avec un effet marqué de la dose de 5 μ l. L'ANOVA n'a pas révélé de différence significative de l'effet de l'interaction dose x temps sur les mortalités larvaires ($F=0,78$, $P= 0,57 > 0,05$), (**Figure 11 B**).

Au niveau de la **figure 11 C**, on peut constater que l'effet temporel du mélange des deux huiles essentielles bioformulées est nettement plus élevé que celui enregistré séparément pour chaque huile essentielle. Néanmoins, les moyennes estimées de la mortalité corrigée ne sont pas significativement différentes si on tient compte de l'interaction huile x temps ($F= 0,35$, $P= 0,12 > 0,05$). Si 24h après l'application du biotraitement, les mortalités larvaires dues à l'effet

de l'huile essentielle bioformulée de *T.fontanesii* (13,33%) et à celui d'*O.floribundum* (4,99%), l'effet synergique des deux huiles se démarque nettement et induit une mortalité beaucoup plus élevée (43,33%) (**Figure 11 C**). Celle-ci augmente rapidement à 72h (79,62%).



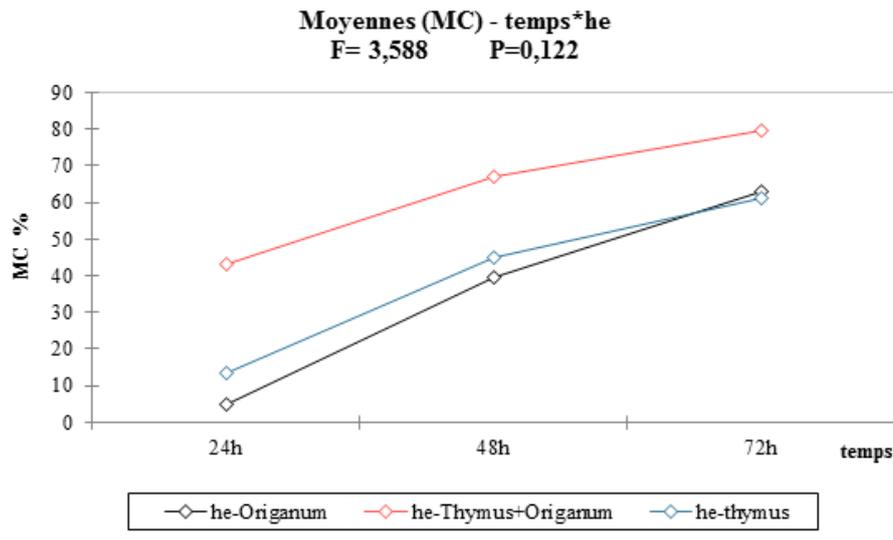


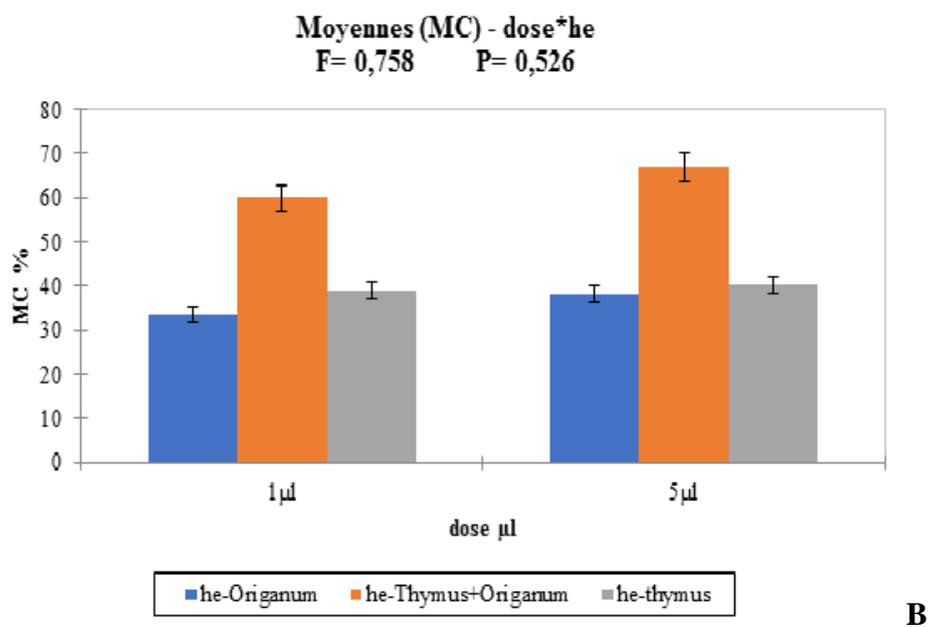
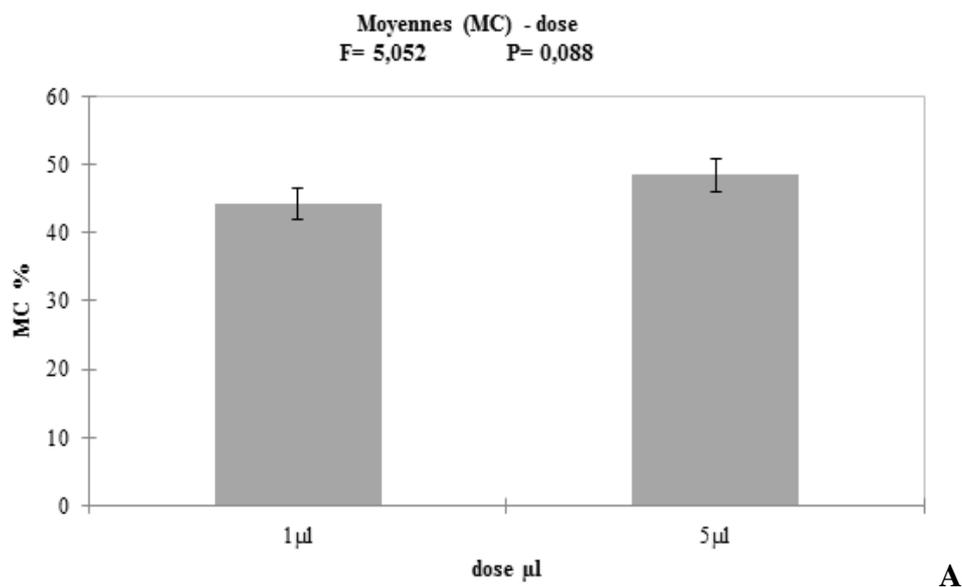
Figure 11 : Variation des pourcentages de mortalités corrigées des jeunes larves de *Tuta absoluta* en fonction du temps et des interactions temps x dose et temps x huile essentielle.

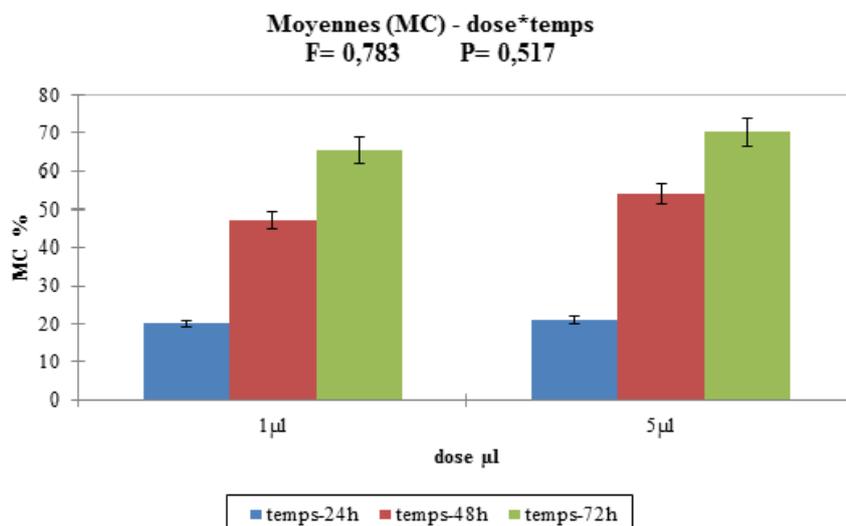
III.1.3.2. Analyse de l'effet du facteur dose sur les mortalités larvaires :

De manière globale, les moyennes estimées des mortalités corrigées sont pas significativement différentes à (1et5 μ l) (F = 5,052, P=0,088>0,05). En effet, on peut remarquer que les mortalités des larves augmentent légèrement de 45% (1 μ l) à 48% (5 μ l) (**figure 12 A**).

La tendance des histogrammes d'évolution des mortalités larvaires sous l'effet des deux doses (1 et 5 μ l) semble similaire. Après l'application des traitements, les mortalités sont les mêmes et varient entre 49,90% et 47,80% pour le Thym et L'origan respectivement. L'ANOVA n'a pas révélé de différence significative de l'effet de l'interaction dose x Huile sur les mortalités larvaires (F=0,75, P= 0,52 > 0,05), (**figure 12B**).

Au niveau de la **figure 12 C**, on peut constater que le taux de mortalité corriger augmente progressivement on faction du temp x dose. Néanmoins, les moyennes estimées de la mortalité corrigée ne sont pas significativement différentes si on tient compte de l'interaction temp x dose (F= 0,78, P= 0,51 >0,05). si a 24h après l'application du biotraitement , les mortalités larvaires due à l'effet des doses de 1et 5 μ l est de (21%), elle augmente après 48h jusqu'à (43%) puis 75% à 72h approximativement.





C

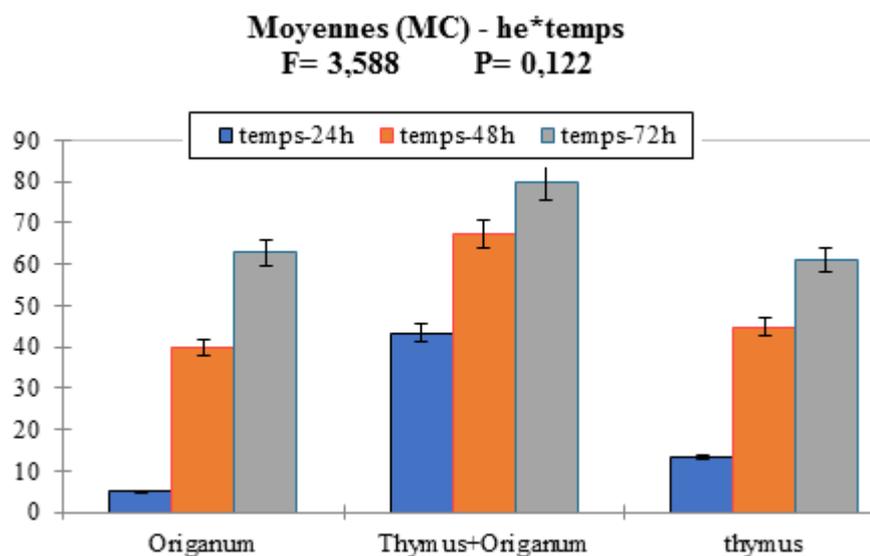
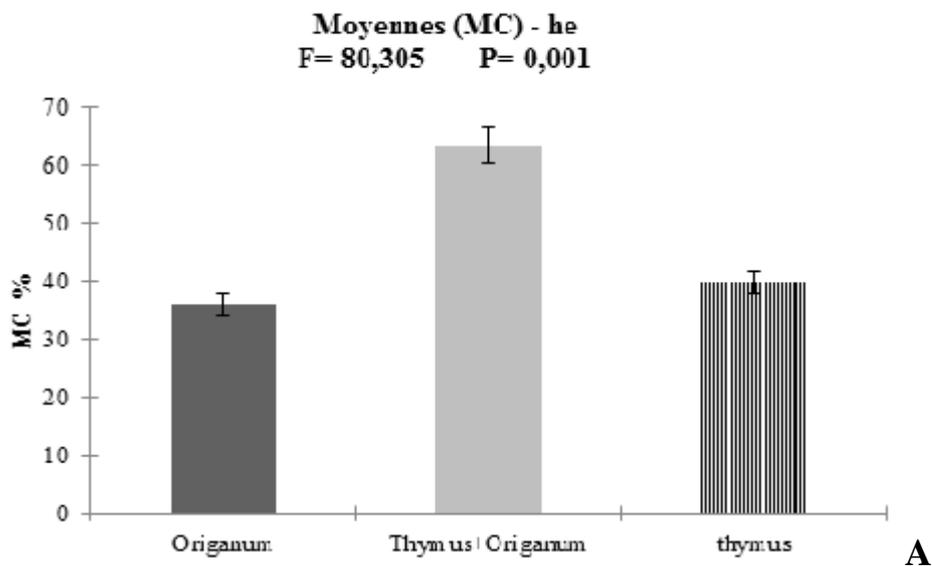
Figure 12 : Variation des pourcentages de mortalités corrigées des jeunes larves de *Tuta absoluta* en relation avec les doses utilisées et des interactions temps x dose et dose x huile essentielle.

III.1.3.3. Analyse de l'effet seul ou combiné des huiles essentielles bioformulées étudiées sur les mortalités larvaires

De manière globale, les moyennes estimées des mortalités corrigées sont significativement différentes ($F = 80,30$, $P=0,001 < 0,01$). En effet, on peut remarquer que les mortalités des larves sont de 36% et 38,70% chez le Thym et Origan respectivement, contrairement à celle combiné qui est de 67% (**figure 13 A**).

La tendance des histogrammes d'évolution temporelle des mortalités larvaires sous l'effet des traitements seul et combiné semble similaire. Au bout de 24h après l'application du traitement, les mortalités sont les mêmes et varient entre 13,33% et 6,66% pour le thym et origan respectivement et 43,33% pour la combinaison des huiles. A 48h, les mortalités ont touché presque la moitié de la population larvaire 44,82% et 41,37 pour le thym et origan respectivement. L'effet synergique des deux huiles essentielles se démarque nettement et induit une mortalité beaucoup plus élevée 75,86%. Celle-ci augment jusqu'à atteindre un pourcentage de 81,48% à 72h. L'ANOVA n'a pas révélé de différence significative de l'effet de l'interaction huile x temps sur les mortalités larvaires ($F=3,58$, $P= 0,12 > 0,05$), (**Figure 13 B**).

Au niveau de la **figure 13 C**, on peut constater que l'effet dose du mélange des deux huiles essentielles bioformulées est nettement plus élevé que celui enregistré séparément pour chaque huile essentielle. Néanmoins, les moyennes estimées de la mortalité corrigée ne sont pas significativement différentes si on tient compte de l'interaction huile x dose ($F= 0,75$, $P= 0,52 > 0,05$). Si après l'application des deux doses, les mortalités larvaires dues à l'effet des huiles essentielles bioformulés seul semble similaire, l'effet des deux doses des huiles combinés se démarque nettement et induit une mortalité beaucoup plus élevée (81,48%) (**Figure 13 C**).

**B**

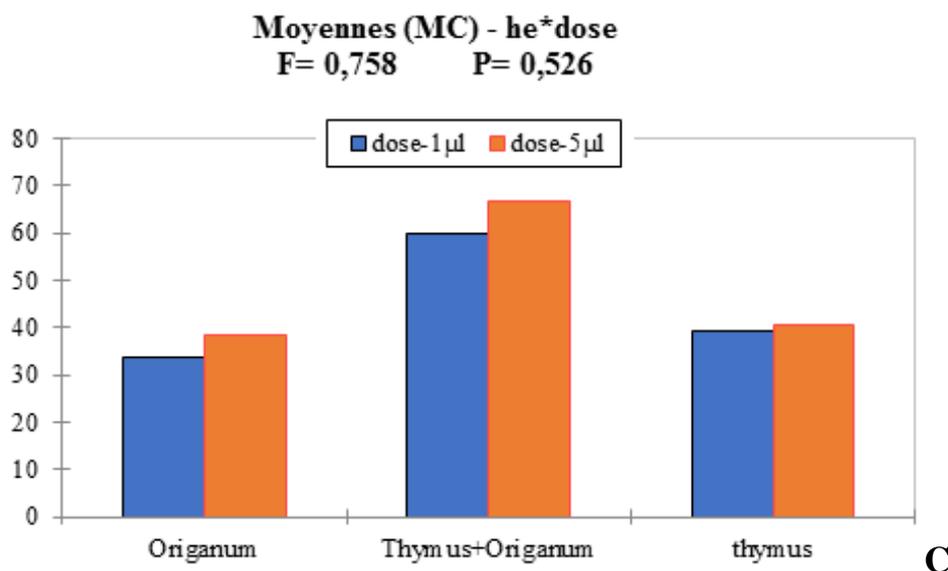


Figure 13 : Variation des pourcentages de mortalités corrigées des jeunes larves de *Tuta absoluta* de l'effet seul ou combiné des huiles essentielles bioformulés.

III.1.3.4. Analyse des comparaisons des moyennes estimées des mortalités corrigées

Les moyennes estimées des mortalités corrigées ont été comparées deux à deux sous l'effet seul des facteurs temps, dose, et huile ainsi que l'effet de leurs interactions.

Les résultats de l'analyse de ces comparaisons sont consignés dans les tableaux de 7 à 10.

Le tableau 7 montre les différences de mortalités entre les durées d'exposition aux produits biologiques. Toutes les mortalités larvaires à un temps donné sont très différentes, notamment entre 24h et 72h ($P < 0,0001$, **Tableau 8**).

Tableau 8 : Analyse des différences de mortalités entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% pour le facteur Temps (Test de Tukey (HSD)).

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
24h vs 72h	-47,343	-20,132	3,564	<0,0001	Oui
24h vs 48h	-30,018	-12,765	3,564	0,000	Oui
48h vs 72h	-17,325	-7,367	3,564	0,004	Oui

Le test de Tukey a permis de mettre en évidence 3 groupes homogènes différents : le groupe A comprend les moyennes estimées de la mortalité larvaire à 24h avec une valeur de 20,55%, le groupe B comprend les moyennes estimées de la mortalité larvaire à 48h avec une valeur de 50,57%, alors que le groupe C comprend les moyennes estimées de la mortalité larvaire à 72h avec une valeur estimée à 67,89% (**Tableau 9**).

Tableau 9 : Résultats du test de Tukey et groupes homogènes de la comparaison des mortalités larvaires temporelles de *T. absoluta*.

Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)	Groupes
24h	20,552	1,663	15,935	25,168	A
48h	50,570	1,663	45,953	55,187	B
72h	67,895	1,663	63,278	72,512	C

L'effet comparé des huiles essentielles bioformulées appliquées chacune séparément semble similaire. Ainsi, il n'y a pas de différence significative des mortalités sous l'effet de l'huile essentielle de *O.floribundum* ou celle de *T.fontanesii* ($P=0,32$). En revanche, les taux de mortalités corrigées induites par l'effet des mélanges des deux huiles sont significativement différents de ceux des huiles essentielles seules ($P=0,001$) (**Tableau 10**).

Tableau 10 : Analyse des différences de mortalités entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% pour le facteur huile essentielle (Test de Tukey (HSD)).

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
<i>Origanum</i> vs <i>Thymus+Origanum</i>	-27,532	-11,708	3,564	0,001	Oui
<i>Origanum</i> vs <i>Thymus</i>	-3,885	-1,652	3,564	0,327	Non
<i>Thymus</i> vs <i>Thymus+Origanum</i>	-23,647	-10,056	3,564	0,001	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			5,04		

Le test post hoc de Tukey a permis de classer les moyennes de mortalités estimées en 2 groupes. Le groupe A concerne des moyennes respectives variant de 35,86% à 39,75% pour les mortalités dues aux effets des HE seules aussi bien de l'*Origanum* que du *Thymus*. Le groupe B comprend les mortalités moyennes engendrées par l'effet synergique des deux huiles (**Tableau 11**).

Tableau 11 : Résultats du test de Tukey et groupes homogènes de la comparaison des mortalités larvaires de *T. absoluta* sous l'effet des huiles essentielles bioformulées seules ou combinées.

Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)	Groupes
<i>Origanum</i>	35,867	1,663	31,250	40,483	A
<i>Thymus</i>	39,752	1,663	35,135	44,368	A
<i>Thymus+Origanum</i>	63,398	1,663	58,782	68,015	B

III.1.4. Évaluation comparée de la toxicité des huiles essentielles bioformulées seules et combinées

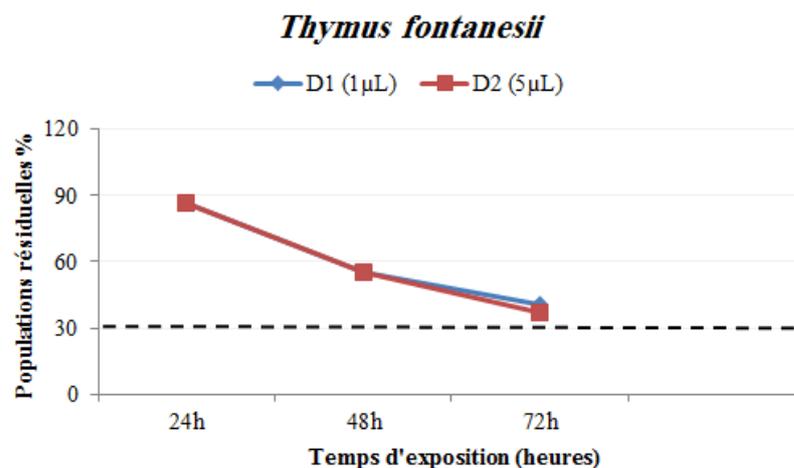
Nous avons représenté les variations dans le temps des taux de populations résiduelles larvaires pour chacune des doses des bioproduits formulés (seuls et combinés) (**figure 15**).

Les huiles essentielles des deux plantes appliquées seules ne deviennent toxiques qu'à partir de 72heures (**figure 14 A et B**). En effet, les taux de populations résiduelles restent supérieurs à 80% après 24h ce qui démontre d'un effet neutre sur les larves de chaque bioproduit neutre. A 48h, les PR ont des taux proches de 60% ce qui implique également un effet neutre pouvant devenir moyennement toxique, (**figure 14 A et B**), quel que soit la dose des traitements.

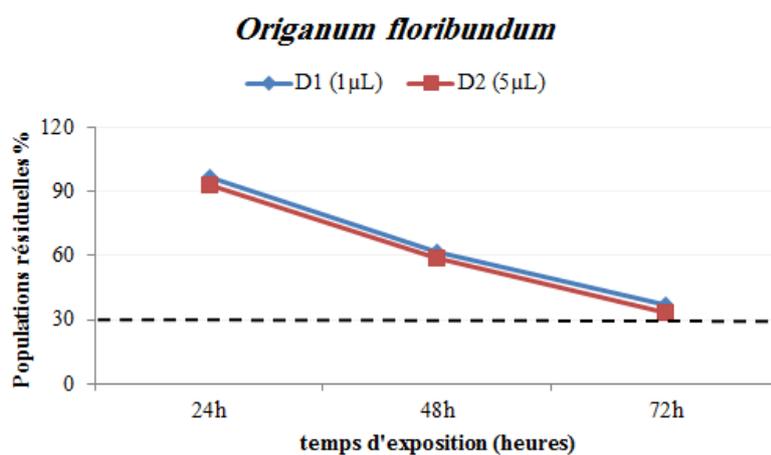
Les deux doses testées semblent avoir un effet similaire sur les PR de *Tuta*, signifiant un degré de toxicité similaire (**Figure 14 A, B**).

La combinaison des deux huiles a provoqué une diminution rapide des populations survivantes de *Tuta* de 24h à 48h puis de 48h à 72h (**figure 14 C**). On peut dire que le bioproduit à base du mélange des deux huiles a montré une augmentation du degré de toxicité à partir de 48h allant d'une toxicité moyenne à une toxicité élevée Selon nos observations, cette dernière se manifeste à 48h pour la dose D2 et à 72h pour la dose D1.

Le modèle linéaire global appliqué à l'analyse des moyennes des PR selon les facteurs temps, huile essentielle et dose a permis de mettre en évidence des toxicités différentes du traitement combiné sous l'effet du facteur temps ($F=106,20$, $P<1\%$) et sous l'effet du facteur huile ($F=38,78$, $P<1\%$), néanmoins l'effet des doses testées n'a pas montré de différence significative ($P=0,18$, $F=2,02$).



A



B

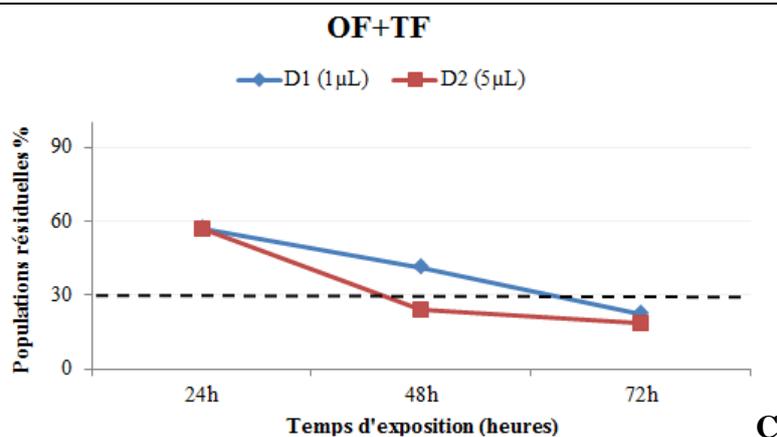


Figure 14 : Evolution temporelle des taux de populations résiduelles de *Tuta absoluta* selon le type d'huile essentielle utilisée

III.1.5. Évaluation de l'effet sublétal des produits bioformulés 0 base de *Thymus fontanesii* et *Origanum floribundum* sur les larves L3 de *Tuta absoluta* :

L'étude de l'effet sublétal des produits bioformulés à base des deux plantes *Thymus fontanesii* et *Origanum floribundum* avec des faibles doses (1 et 5) µL sur *Tuta absoluta* a montré que :

Les larves qui n'ont pas été en contact direct avec les traitements ont arrêté de s'alimenter.

Pour 1 µL de produit bioformulé à base de thym nous avons obtenu deux chrysalides après 72h et une larve du stade 4 après trois jours de suivi. La larve s'est transformée en chrysalide, au bout du 10^{-ème} jour l'émergence d'un papillon s'est effectuée.

Concernant le bioproduit à base d'origan à 1 µL nous avons une larve L4 qui est morte après 72h, et deux chrysalides desquelles ont émergé deux papillons.

Pour 5 µL des produits bioformulés à base de *Thymus fontanesii* et *Origanum floribundum* nous avons obtenu une larve L4 et une chrysalide pour chaque traitement après trois jours, les larves se sont transformées en chrysalide sans émergence de papillons au bout de 10 jours de suivi.

III.2. Discussion générale :

L'extraction, a pour but la désorption des molécules d'intérêt des sites actifs de la matrice végétale. Elle est primordiale puisqu'elle déterminera la nature et la quantité des molécules extraites et par conséquent le succès des étapes suivantes. L'extraction de produits naturels est généralement de type solide-liquide, c'est-à-dire qu'un solide, la matrice végétale, est mélangé avec un liquide, le solvant d'extraction. Des méthodes dites traditionnelles, comme la macération, l'hydrodistillation et l'extraction par percolation ou par reflux, étaient jusqu'ici utilisées et considérées comme techniques de choix pour extraire les composés naturels (Michel , 2011).

III .2.1. Principaux composants des huiles des deux plantes étudiées :

Les principaux composants chez *Thymus* sont le thymol et le carvacrol suivi par le linalol, p-cymène, γ -terpinène, borneol, terpi nen-4-ol et 1,8-cinéole (Guillen et Manzanos, 1998 ; Rustaiyan et al., 1999 ; Miri et al., 2002 , Stahl Biskup, 2002 ; Saj jadi, 2003 ; Sajjadi et Khatamsaz, 2003).

D'après les travaux de Ghannadi et al., (2004), les principaux constituants de l'huile de *Thymus* étaient le thymol (67,8 %), γ -terpinène (15,9 %), p-cymène (13,0 %) et le carvacrol (1,7 %). D'autres composants étaient présents dans des quantités égales ou inférieures à (0,3%). Leurs résultats indiquaient que la composition de l'huile essentielle de *T. fontanesii* est typique pour les espèces du genre *Thymus* et l'huile est dominée par une forte teneur en thymol et carvacrol (69,5 %).

Par contre **Rahim** en 2012, font remarquer que l'huile essentielle de *Thymus fontanesii*, est composé majoritairement par le thymol (77-63%) durant les mois de mars et mai, alors que le carvacrol n'est présent dans l'huile (13,27%) qu'au mois de mars.

Aussi, **Hadjadj et Hazzit**, (2020) ont mis en évidence 47composants à travers l'analyse chromatographique de l'huile essentielle d'*Origanum floribundum* des régions de Chréa et de Hammam Melouane avec des quantités proches de toutes les classes de composés phytochimiques dans les deux échantillons. Les sesquiterpènes oxygénés étaient les seuls composés absents dans l'origan récolté à Chréa. Dans les deux huiles (Chréa et Hammam Melouane), le principal composé était le p-cymène avec une teneur de 73,4% et 60,7% respectivement.

Par ailleurs, l'huile l'*Origanum floribundum* de la région de Chréa avait une teneur en carvacrol plus élevée que celle de la même plante récoltée à Hammam Melouane à savoir 9,5 contre 1,1% respectivement, contrairement à γ - terpinène présent entre 12,3% et 0,9% et au thymol avec des teneurs respectives de 6,1% et 2,5%.

III.2.2.Effet des huiles essentielles bioformulées de *Thymus* et *Origanum* sur les jeunes larves de *Tuta absoluta* :

Après l'application des doses 1 μ L et 5 μ L sur les larves L3 de *Tuta absoluta* de nos produits bioformulés pures à base de *Thymus fontanesii* et *Origanum floribundum* et de la synergie entre les deux plantes nous constatons que :

Le bioproduit à base de *Thymus fontanesii* a montré un effet insecticide graduel vis-à-vis des larves L3 de *T. absoluta* en fonction des doses 1 μ L et 5 μ L et du temps d'exposition de 24h, 48h et 72h. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par **Bouayed, (2015)**. Cet auteur a signalé une bonne activité larvicide des extraits de *Thymus capitatus*, sur la mineuse *Tuta absoluta* avec un taux de mortalité entre 70% et 90%. Tandis que (**Camara, 2019**), les résultats obtenus lors de l'exposition de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* sur les larves L3 de la mineuse de la tomate à une concentration de 1 μ L durant une heure d'exposition ont montré un taux de mortalité inférieur à 50%, et après 3h un pourcentage de 80%. Le taux de mortalité dépasse les 50% pour les concentrations de 3 μ L et 5 μ L à une heure et 3h de temps. Pour la dose de 10 μ L, toutes les larves du stade L3 sont mortes à 3h d'exposition. D'autre part, nous avons enregistré un taux de mortalité pour les larves L3 qui atteint les 100% à toutes les concentrations à 6h d'exposition par l'effet de *Thymus vulgaris*. L'existence de différences significatives entre les différents paramètres étudiés montre que l'huile essentielle de thym possède une bonne activité insecticide sur les larves de *Tuta absoluta*.

Le produit bioformulé à base d'*Origanum floribundum* à présenter une évolution du taux de mortalité des L3 de *Tuta absoluta* à des doses sublétals de 1 μ L et 5 μ L observer pendant trois jours. Par contre (**Bousnane, 2016**), a mené une étude sur une autre espèce d'origan : *Origanum vulgare*, dans la région de Mostaghanem, cet auteur signale que les extraits aqueux enregistrent une mortalité très faible de 17% avec une dose de 10mg/ml appliquée sur les larves de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*.

L'utilisation de *Thymus* et *Origanum* formulés aux doses testées nous montre que ces deux produits ont un effet insecticide sur les larves L3 de *Tuta absoluta* ce qui a été démontré par (**Roman,2012**) qui a étudié l'effet des doses sublétals des huiles essentielles de 13 plantes

aromatiques sur le développement et la fertilité d'un ravageur polyphage très important, *Spodoptera littoralis* (lépidoptère, Noctuidae) Les huiles essentielles ont été appliquées à des larves du 4^{ème} stade à des doses correspondant à la DL30 estimée. Toutes les huiles essentielles ont causé une mortalité totale significativement plus élevée que chez le témoin. Parmi ces huiles *Origanum vulgare* et *Thymus vulgaris* ont causé une mortalité totale supérieure à 70%. Une différence significative dans le nombre des adultes émergés a également été observée. Cependant, un nombre minimal d'adultes émergés après application de l'HE de *O. vulgare* (28,0 %) et *T. vulgaris* (30,7 %) a été observé. Ces HE ont causé la plus forte mortalité au cours du développement larvaire lorsqu'elles étaient appliquées à des doses sublétales, avec une réduction subséquente de la natalité adulte de plus de 75 % chez ce ravageur *S. littoralis*.

La combinaison entre *Thymus fontanesii* et *Origanum floribundum* montre une toxicité très élevée sur les larves L3 aux doses 1 µL et 5 µL qui sont sublétales de notre produit bioformulé pour 24h, 48h et 72h.

Ces plantes aromatiques ont une particularité : elles sont riches en composés phénoliques comme le carvacrol, thymol qui ont une forte activité insecticide ce qui a engendré, l'accroissement de l'efficacité du bioproduit. **Vinas et al., (2006)** ont prouvé que plus les teneurs en phénols (carvacrol et thymol) sont élevées plus les huiles essentielles sont efficaces, et ils ont un large spectre d'activité sur les insectes. La synergie entre ces deux phénols a été constatée dans plusieurs études (**Deferera et al., 2000**). D'après **Dorman et Deans, (2000)**, le principal facteur modifiant l'activité insecticide des HE est le type et la structure moléculaire des composants actifs présents. Cependant, ce constat ne doit pas amener à penser que la toxicité d'une plante est obligatoirement liée à la nature du composé dominant. La présence de composés synergiques peut renforcer l'activité du principe actif (**Nuto, 1995**).

Après les 72h les feuilles de tomate fanées ont été remplacées par d'autres feuilles fraîches sur lesquelles ont été déposés les chrysalides. Les larves de *T. absoluta* qui se sont réfugiées sous le papier absorbant (action répulsive due au traitement), ne s'alimentaient plus. Concernant la 1^{er} dose 1µL, trois chrysalides obtenues dont un papillon à émerger chez Thym et une larve du stade quatre morte et deux papillons.

Pour la 2^{ème} dose 5µL un papillon et une chrysalide sans émergence obtenues chez les deux phytoextraits.

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par **Laurain et al., (2001)**, qui ont étudié les effets aigus, sublétal, anti appétant et synergiques des composés d'huiles essentielles monoterpénoïdes sur le ver-gris du tabac, *Spodoptera litura* (Lépidoptère, Noctuidae).

Parmi les 10 composés trouvés, le thymol était le plus toxique avec une dose létale de (DL50) 25,4 µg/larve) provenant du thym de jardin (*Thymus vulgaris*).

Les composés ont ensuite été testés pour des effets sublétaux, en particulier l'inhibition de la croissance larvaire après l'application topique de faibles doses. Parmi les 6 composés testés, une dose de LD10 a réduit la croissance de 20 % en moyenne 3 jours après l'application.

Le composé le plus dissuasif était le thymol, avec une LC50 de 85,6 µg/cm². Étant donné que des constituants mineurs dans les huiles essentielles complexes ont été suggérés pour agir en synergie, des mélanges binaires de ces composés ont été testés pour la synergie vis-à-vis de la toxicité aiguë et de la dissuasion alimentaire.

Il y avait une synergie notable en termes de dissuasion d'alimentation dans certains des mélanges binaires, trans-anéthol plus thymol, thymol plus citronnelle, et R-terpineol plus citronnelle étaient plus dissuasifs que les composés purs.

D'après (**Enan et al,1998**), qui ont parlé de plusieurs composés d'huiles essentielles bloquent l'octopamine, qui est un neurotransmetteur propre aux insectes, qui fonctionne de manière similaire à l'épinéphrine (adrénaline) présent chez les vertébrés. Le système octopaminergique est d'un intérêt considérable en tant que site cible pour les agents de contrôle, agents de lutte. Les agonistes et les antagonistes de l'octopamine agissent comme des anti-appétant et peuvent avoir des effets négatifs profonds sur le comportement des insectes. Avec des symptômes tels que l'abattement, l'agitation, l'hyperactivité, les tremblements, la diurèse forcée, des convulsions et la mort. L'action des monoterpènes et des phénols bloquent le système nerveux octopaminergique chez les insectes (**Ratan, 2010**)

Conclusion

CONCLUSION

Les composants des pesticides chimiques ne permettent pas de sélectionner les insectes cibles, elles affectent toutes les espèces avoisinantes ce qui provoque entre autres la destruction d'insectes utiles (entomofaune, auxiliaire ou non cible) favorisant ainsi un déséquilibre de la chaîne alimentaire et la pullulation d'un certain nombre de ravageurs reconnus comme secondaires, (Sellami et al.,2015).

Les produits naturels par contre, sont une source inépuisable de structure complexe et diverse vu les rôles qu'ils peuvent jouer, en phytopharmacie, en industrie pharmaceutique, en parfumerie, etc.

Dans le présent travail, nous avons effectués une étude sur l'effet subléthal d'une combinaison de phytoextraits à base de *Thymus fontaneseii* et *Origanum floribundum* sur *Tuta absoluta* Meyrick,1917, principal ravageur de la tomate *Lycopersicon esculentum* Mill.

A partir des résultats de cette étude nous pouvons déduire les conclusions suivantes :

L'extraction par hydrodistillation des huiles essentielles de thym et d'origan montre que, rendement le plus élevé a été obtenu pour l'origan *Origanum floribundum*, pour lequel nous avons enregistré une valeur de $1,53 \pm 0,31\%$, suivi par celui de *Thymus fontaneseii*, avec un rendement de $1,43 \pm 0,57 \%$.

Concernant les essais de lutte par l'utilisation des produits bioformulés à base des plantes étudiées, nous remarquons une progression du taux de mortalité avec le thym plus rapide que celle de l'origan durant toute la période d'exposition considérée de 24 heures à 72 heures, contrairement à la synergie qui a démontré un taux de mortalité très élevé durant le même temps.

Quant à l'activité insecticide des produits bioformulés de thym et d'origan seuls, nos résultats ont révélé que l'origan est plus toxique que le thym et que leur synergie engendre une toxicité plus élevée.

Le suivi du comportement des individus traités à des faibles doses (1 μ L et 5 μ L) après 72h a permis d'observer un effet anti-appétant et un développement rapide des larves L3 jusqu'au stade chrysalide.

Grace à ces résultats qui semblent intéressants, on peut conclure que nos bioproduits ont un effet subléthal sur les larves L3 de *Tuta absoluta*.

CONCLUSION

Cependant, les doses à faible toxicité peuvent néanmoins protéger les cultures par une réduction de la capacité chez les insectes herbivores, et combinés à d'autres effets comme la dissuasion alimentaire qui peut suffire à protéger une culture à travers ses étapes vulnérables de croissance.

Comme perspectives à ce travail, certains paramètres à portée pratique méritent d'être approfondis à court terme parmi lesquels :

- Les effets sublétaux des doses induisant des taux de 10% et 25% des mortalités sur le développement des différents stades biologiques de la descendance du ravageur.
 - L'étude de l'effet des chémotypes des huiles essentielles testées avec d'autres huiles et leurs composés en combinaison ou seules.
 - L'étude des effets différés en conditions semi naturelles en relation avec la fréquence des biotraitements à différents stades phénologiques de la plante hôte.
 - La mise en place d'une stratégie de lutte biologique.
 - Pour minimiser la toxicité des produits chimiques et leurs effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement on doit voir d'autres manières de lutte moins dangereuse comme les produits bioformulés à base d'huile essentielle à faible dose.
 - Faire des analyses (CGMS ,HPLC...etc) pour voir les composants chimiques et leurs toxicités sur les ravageurs comme la mineuse de la tomate, homologué le produit bioformulé à base d'huile essentielle.
 - Voir l'effet de l'huile sur l'écologie de l'insecte (capacité de reproduction, voracité, développement..etc)
 - Etudier l'efficacité de ce produit contre d'autre ravageurs.
- Caractériser d'autres propriétés biologiques de ces produits.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

1. **Anonyme 2010** -Le piège à eau seul suffit-il pour lutter contre la mineuse de la tomate ? Bulletin d'informations phytosanitaires N°20, Catégorie : Dispositif de lutte contre la mineuse de la tomate : Le point de situation. Ed. Inst .Nat.prot.veg., 28/ 04/ 2010, El Harrach 127(1) : 345359.
2. **Abbott, W.S. 1925** - A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265-267.
3. **APGIII., 2009** - An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: apg iii. *Botanical journal of the linnean society*, 161 : 105-121 .
4. **Arantxa L., 2020** - *Guide à l'usage des huiles essentielles dans l'industrie cosmétique : comprendre les huiles essentielles de la plante au flacon, l'évaluation de leur sécurité et analyse des dispositions règlementaires*. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. Université Toulouse iii Paul Sabatier, 252p.
5. **Ayaidia B., 2011**- *Etude comparative de trois variétés d'huiles essentielles de menthe dans la région de Ouargla*. Mémoire de Magister., Université Kasdi Marbah, Ouargla.
6. **Bambara D. et Tientore J., 2008** - *Efficacité biopesticide de Hyptis spicigera Lam. ; Azadirachta indica A. Juss. Et Euphorbia balsamifera Ait. Sur le niébé Vigna unguiculata l. Walp. Tropicultura*, vol 26 (n°1): pp 53-55.
7. **Baptista F. J., Bailey B.J., Etmenses J F., 2012** - Effect of nocturnal ventilation on the occurrence of Botrytis cinerea in Mediterranean unheated tomato greenhouses. *Crop protection*, 32, pp 144-149.
8. **Barrientos R, Apablaza J., NoreroS et Estay PP, 1998**- Threshold temperature and thermal constant for development of the South American tomato moth, *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae). *Ciencia e Investigacion Agraria* 25, 133–137.
9. **-Baser K.H.C., Buchbauer G. 2010** - *Handbook of essential oils: science, technology, and applications*. Crc press, taylor and Francis group, LLC. Boca Raton. New York, 994p.
10. **Baser, K.H.C., Buchbauer, G. 2016**. *Handbook of essential oils: science, technology, and applications* (2ed.). Boca Raton: crc press.
11. **Baser, K. H. C., kürküoğlu, M., Houmani, Z. Andabed, L., 2000** - Composition of the essential oil of *Origanum floribundum* Munby from Algeria. *Journal of essential oil research*, 12, pp 753-756.

Références bibliographiques

12. **Baser K.H, Tumen G, Tabanca N. et Demirci F: 2001** - Composition and antibacterial activity of the essential oils from *Satureja wiedemanniana* (lallemand.) . Velen. Z. *Naturforsch*, 56c: pp731-738.
13. **Batish D. R, Singh H, Kholi R.K, Kaur S. 2008**- Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. *Forest ecology and management* vol 256: pp2166-2174.
14. **Benbadji H., 1977** - *Etude expérimentale de la croissance et de la production de la tomate sous l'action des concentrations différentes de NaCl et d'apport d'amendement*. Thèse de Magister. Institut national d'agronomie. Alger, 69p.
15. **Bendif H. 2017** - *Caractérisation phytochimique et détermination des activités biologiques in vitro des extraits actifs de quelques Lamiacées : Ajuga reptans (L.) Schreb., Teucrium polium L., Thymus munbyanus subsp. Coloratus (Boiss. & Reut.) Greuter & Burdet et Rosmarinus eriocalyx Jord & Fourr.* Thèse de doctorat, Ecole Normale Supérieure de Kouba Alger, département des sciences naturelles, biotechnologie végétale, p.26.
16. **Bernard T., Perinau F.B., Delmas M., Gase TA., 1988** - *Extraction des huiles essentielles*. *Chimie et technologie*. Information chimie
17. **Blancard D. 2009** - *Les maladies de la tomate : identifier, connaître, maîtriser*. Éd. Quae, France. 679 p.
18. **Blancard D., Laterrot H., Marchoux G., et Candresse T. 2009** - *Les maladies de la tomate, identifier, connaître et maîtriser*. Ed. Quae, Paris, 691p
19. **Bouhaddouda, N. 2016** - *Activités antioxydante et antimicrobienne de deux plantes du sol local : Origanum vulgare et Mentha pulegium*. Thèse doctorat, Univ. Annaba, p. 24
20. **Boullard, B. 2001** - *Plantes médicinales du monde-croyances et réalités* 660 pages, paris, ed. estem.
21. **Bruneton, J. 1993** - *Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales*. 2^e -ème éd. Tec. Et doc. Lavoisier, paris, France, 623p.
22. **Bruneton J. 1999** - *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. Ed. Tec & doc. Lavoisier, paris, 1120p
23. **Camara A. 2009** - *Lutte contre Sitophilus oryzae L. (Coleoptera, Curculionidae) et Tribolium castaneum herbst (Coleoptera, Tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en basse-guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales* thèse doctorat en sciences de l'environnement. Université du Québec à Montréal, p154.

Références bibliographiques

24. **Caparros Megido, R., De Backer, L., Ettaïb, R., Brostaux, Y., Fauconnier, M.-L., Delaplace, P., Lognay, G., Belkadhi, M.S., Haubruge, E., Francis, F., et al. 2014-** Role of larval host plant experience and solanaceous plant volatile emissions in *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) host finding behavior. *Arthropod-Plant Interact.*
25. **Chaux C.L. et Foury C.L., 1994** - Cultures légumières et maraichères. Tome III: *légumineuses Potagères, légumes fruit*. Tec et Doc Lavoisier. Paris. 563p.
26. **Chalchat J.K, Carry L.P, Menut C, Lamaty G, Malhuret R. et Chopineau J. 1997** - Correlation between chemical composition and antimicrobial activity. of some African essential oils *J. Essent. Oil res*; 9: pp 67-75.
27. **Chandrashekar K et Srinivasa N: 2003-** Residual toxicity of selected pesticides, against two spotted spider mites *tetranychus urticae* koch (acari: tetranychidae) infesting French bean. *J. Ent. Res.*27(n°3) : p197-201.
28. **Chougar S., 2011** - *Bio écologie de la mineuse de la tomate Tuta absoluta (Meyrick, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) sur trois variétés de tomate sous serre (Zahra, Dawson et Tavira) dans la wilaya de Tizi Ouzou.* Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 122P.
29. *CIEN. inv.agr*, 34 (3): 167-185.
30. **Corbaz R., 1990** - *Principes de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes*, Publié par PPUR presses polytechniques, 1990 ISBN 2880742013, 9782880742010, 286p.
31. **Cronquist A., 1981** - *An integrated system of classification of flowering plants*, New York, Columbia university press.
32. **Deans G.C, Noble C. R, Mac Person A, Penzes L I. et Hofecker G. 1994** - *Skalicky ageing series*, vol 4, facultas press, Vienna, p173
33. **Deschepper R., 2017** - *Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie. Thèse de doctorat en pharmacie.* Univ Aix Marseille., p 14-110.
34. **Desneux N., et al, 2010** - Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion, and prospects for biological control. *Journal of pests Sciences* 83, 197-215.
35. **Don-Pedro K, 1995** - Fumigeant toxicity of citrus peel oils against adult and immature stages of storage insect pests. *Pistic. Sci*, (vol 47): pp213-223.
36. **Dris, R., Jain, S.M. 2004** - Production practice and quality assessment of food crop. *Quality handling and evaluation*, vol. 3. London : Kluwer academic publication.

Références bibliographiques

37. **Dubois, J. Miyrand, H. et Dauzat, A. 2006** - *Dictionnaire étymologique et historique du français*, Ed. Larousse, 1442 pages
38. **Dupont F. et Guignardj. I., 2012** - *Botanique. Les familles des plantes*, 15ème Edition, Elsevier Masson, 300p.
39. **Eden A., Hill A. et Stewart A. 1996** - Biological control of Botrytis stem infection of greenhouse tomatoes, *plant pathology*, 45, pp276–284.
40. **Enan E, 2005** - Molecular and pharmacological analysis of an octopamine receptor from American cockroach and fruit fly in response to plant essential oils. *Arch. Lsectide biochemistry physiology*. vol .59(3) : pp161-171.
41. **Enan, E., Beigler, M.; Kende, A. 1998** - Insecticidal action of terpenes and phenols to cockroaches: effects on octopamine receptors. *Paper presented at the International Symposium on Plant Protection*, Ghent, Belgium.
42. **Figueredo, A.C., Barroso, J.G., Pedro, L.G., Scheffer, J.J.C. 2008** - Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour and fragrance journal*, 23, 213–226
43. **Flamini, G. 2003** - Acaricides of natural origin, personal experiences and review of literature (1990–2001). *Studies in natural products chemistry*, 28, 381–451
44. **Gallais A. et Bannerot H. 1992** - *Amélioration des espèces végétales cultivées*. Objectif et critères de sélection. INRA, Paris.765p
45. **Genc, H. 2016**. *The tomato leaf miner Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae): pupal key characters for sexing individuals*. Turk. J. Zool.
46. **Ghannadi A., Sajjadi S.E., Kabouche A., Kabouche Z., 2004**. *Thymus fontanesii* boiss. & reut. A potential source of thymol-rich essential oil in North Africa. *Journal Zeitschrift fuer Naturforschung C*, ISSN: 0939-5075, Volume 59, Issue 3-4, 187-189.
47. **Goudoum A., 2010** - *Impact des huiles essentielles sur le potentiel technologique et nutritionnel des grains et farine de maïs au cours du stockage*. Thèse de doctorat, ENSAI, Université de Ngaoundéré, Cameroun, p180.
48. **Guenaoui Y., 2008**. *Nouveau ravageur de la tomate en Algérie*. Phytoma : N°617 juillet Aout 2008. P18-19
49. **Guignar D.J.L., Dupont, F., 2004** -. *Botanique systématique moléculaire*, 13^{ed} Masson, Belgique, p 234-237.
50. **Guenaoui Y. et Ghelamallah A., 2008** - *Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera : Gelechiidae) nouveau ravageur de la tomate en Algérie, premières données sur sa*

Références bibliographiques

- biologie en fonction de la température*. AFPP- 8^{ème} conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Montpellier Sup Agro, France, pp 645-651.
51. **Guenaoui Y., Labdaoui M et Hamou K., 2014** - *Influence de la biodiversité végétale aux abords de la culture de tomate sur les entomophages de Tuta absoluta Meyrick (Lepidoptera : Gelechiidae)*. AFPP, dixième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Montpellier (France). 22 et 23 octobre 2014
52. **Guignar D.J.L., Dupont, F. 2004** - *Botanique systématique moléculaire*, 13ed Masson, Belgique, p234-237
53. **Hadjadj, N. Ethazzit, M. 2020** - Analysis and antioxidant activity of essential oils and methanol extracts of *Origanum*. *Journal of essential oil-bearing plants*, 23, 85-96
54. **Hazzit, M., Baaliouamer, A., Leonor, M. et Faliero, M. G. M., 2006** - Composition of essential oils of Thymus and Origanum species from Algeria and their antioxidant and antimicrobial activities. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(17), 6314-6321.
55. **Hamrouni I., Maamour I.E., Chahed, T ., Aidi Wannes, W., Kchouk, M.E. et Marzouk, B., 2016** - Effect of growth stage on the content and composition of the essential oil and phenolic fraction of sweet marjoram *Origanum majoranal* , industrial crop and products, (2009), 30, pp 395-402-Havkin-Frenkel, D., Dudai, N. *Biotechnology in flavor production* (2ed.). Uk: Wiley Blackwell.
56. **Heller R., 1996** - *Physiologie végétale. Tome I : nutrition of Origanum floribundum* Munby. 2^{ème} Ed. Masson, Paris, p208.
57. **Houmani, Z., Azzoudj, S., Naxaki S, G. Andmel Pomeni, S., 2002** - The essential oil composition of Algerian zaâtar: *Origanum* spp and *Thymus* spp. *Journal of herbs, spices & medicinal plants*, volume9, issue 4, pp275.
58. **INVP., 2008** - *Nouveau déprédateur de la tomate : état des lieux, programme d'action*. Note du Ministère de l'Agriculture, Institut national de la protection des végétaux Algérie, 11p
59. **INPV., 2009** - *La mineuse de la tomate*. Institut National De La Protection Des Végétaux
60. **Isman M. B. 2002** - *Problèmes et perspectives de commercialisation des insecticides d'origine végétale*. pp3031.
61. **Jouault S. 2012** - *La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité*. Thèse doctorat, Université de Lorraine, France.

Références bibliographiques

62. **Kellouche A. 2005** - Etude du bruche du pois-chiche, *Callosobruchus maculatus* (F) (*Coleoptera : Bruchidae*) : *biologie, physiologie, reproduction et lutte*. Thèse. Doc d'état. Univ. Tizi-Ouzou, p154.
63. **Kellouche A. et Soltani N. 2004** - Activité biologique des poudres de cinq plantes et de l'huile essentielle d'une d'entre elles sur *Callosobruchus maculatus* (F.) *International journal of tropical insect science*. Vol. 24(n° 1) : pp184-191
64. **Kellouche A, et al., 2010** - Bbiological activity of ten essential oils against cowpea beetle, *Callosobruchus maculatus* fabricius (Coleoptera: Bruchidae), *int. J. Integ. Biol*; 2010, vol 10(n° 2): pp 8689
65. **Keïta S.M., Vincent C, Schmit J.P et Arnason J.T. 2001** - Insecticidal effects of *Thuja occidentalis* (Cupressaceae) essential oil on *Callosobruchus maculatus* [Coleoptera: Bruchidae], *Canadian journal of plant science*, vol 81: (n° 1): pp173-177.
66. **Ketoh G. K, Koumaglo H.K, Glithoi A. et Huignard J. 2006** - Comparative effects of *Cymbopogon schoenanthus* essential oil and piperitone on *Callosobruchus maculatus* development. *Fitotherapie*. Vol.77: pp50651
67. **Khandelwal, K. 2008** - *Practical pharmacognosy*. Pragati books
68. **Khellaf N., 2017** - *Contribution à la lutte intégrée contre la mineuse de la tomate tuta absoluta (Meyrick, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) sous serre*. Thèse en vue de l'obtention du Diplôme de Magister en sciences agronomiques, Ecole nationale supérieure Agronomique. Mostaganem.96P.
69. **Laumonier M. 1979** -. *Cultures légumières et maraichères* 3^{ème} Ed, TIII , paris, 246p.
70. **Leite G.L.D., 2003** - *Intensity of Tuta absoluta (Meyrick,1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) and Liriomyza spp. (Diptera: Agromyzidae) attacks on Lycopersicon esculentum Mill. Leaves*. Cienc. Agrotec, Larvas, Vol (28), no1: 4248
71. **Lemhadri , A. et Zeggwagh, NA. 2004** - Anti-hyperglycaemic activity of the aqueous extract of *Origanum vulgare* growing wild in Tafilalet region. *j. ethnopharmacol*, 92, 251-256.
72. **Lichtfouse, E. 2016** - *Climate change, intercropping, pest control and beneficial microorganisms*. Springer Dordrecht Heidelberg London New york.
73. **Madr, 2018** - *Cultures maraichères sous serres*. Ministère de l'Agriculture et Développement Rural (S. D.S.). Série B, p. 24
74. **Miguel m. g, et al., 2003** - Effect of the volatile constituents isolated from thymus albicans, t. Mastichina, t. Car nosusandt. Capiata in sunflower oil. *Nahrung food*, 47(6): pp397402.

Références bibliographiques

75. **Mimeche F., Ziden A. Et Droual H.,2021** - Comparaison de deux parasitoïdes : bracon hebetor say et phanerotoma flavitestacea fisch dans la lutte contre l'ectomyeloides cereatoniae Zell. Dans les oasis des zibas (Algérie). Numéro spécial –actes du 6^{ème} réunion international "agriculture oasienne et développement durable zarzis, revue des région sarides. Institut des région sarides-médenine-tunisie.2(46). Pp. 335 -335.
76. **Miri R., Ramezani M., Javidnia K., And Ahmadi L. (2002)** - *composition of the volatile oil of thymus transcaspicus klokov from iran.* Flav. Fragr.J.17, 245-246.
77. **Naghbi F, Mohammadi M. S Et Ghorbani A., (2005)** - *Labiatae family in medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology-Iranian journal of pharmaceutical search;* vol. 2; pp63-79.
78. **Naika S., et al., 2020** - La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation. *Agrodok 17*, 5e Edition, CTA ISBN 92-9081-300-8, 105 P.
79. **-Ngamo I.S. et Tethance T, 2007-** diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. *Tropicultura*, vol 25(n°4) : pp215-220.
80. **Ndomo A.F., et al., 2009** - Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae). *TROPICULTURA*, 2009, 27, 3, 137-143.
81. **- Ouedraogo E., 2004** - *l'utilisation des insectes ci des naturels dans la protection des cultures au Burkina Faso.* Communication faite au ctr de l'i nra di. 20-22 déc. 2004.
82. **Ouagadougou , Bambara D et Tientore J., 2008** - efficacité biopesticide de *hyptis spicigera* lam; *Azadirachta indica* a. Juss. Et *euphorbia balsamifera* ait. Sur le niébé *vigna unguiculata* l. *Walp.Tropicultura*, vol 26(n°1), pp5355.
83. **Ozenda P., (1991, 2004)** - *Flore et végétation du Sahara.* 3ème Ed. CNRS édition, paris.P.399.
84. **Parthasarathy, V. A., Chempakam, B., Et Zachariah T.J, (2008)** - *Chemistry of spices.* Edition cabi, londres, royaume-uni
85. **Pereira (G.V.N.), 2008** – *Selecao para alto teor de Acilaçucares em genotipos de tomateiro e sua relacao com a resistencia ao acaró vermelho (Tetranychus evansi) e a traça (Tuta absoluta).* tese apresentada a Universidade Federal de Lavras Como parte des exidgencia do programa dePos-graduacao em Agronomia, area deconcentrao e Melhoramentosn de Plantasn para a obtencao do ti ltulo de<<Dout or >>.82
86. **Preedy, V. R., (2009)** - *Beer inhealth and disease prevention.* London : academic press.

Références bibliographiques

87. **Quzel P., Santa S., (1963)** - *Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertique méridionales.* tome 2, centre national de la recherche scientifique (Cnrs), paris 7 France), 1170p, 804-807
88. **Rattan, R.S. (2010)** - *Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin.* Crop Prot. 29 : 913-920.
89. **Ragnalt-Roger,C., Vincent, C., Arnason, Jt. 2012** - *essential oils insect control : low-risk products in a high-stakes word.*annu.rev.ent omol.57: 405-425
90. **Rey f., et al.,** - *Stratégies de protection des cultures de tomates sous abri contre tuta absoluta-protection biologique intégrée, agriculture biologique.* Cahier technique tutapi, paris, itab, 2014, 16p.
91. **Robin, N., (2017)** - *Phytochemical techniques.* New India publishing, new Delhi, index
92. **Roman P,** «Sublethal Effects of Some Essential Oils on the Cotton Leafworm *Spodoptera litoralis* (Boisduval)», *Journal of Essential Oil-Bearing Plants* (2012), 15: 1, 144156,
93. **Rustaiyan A., Lajevardi T., Rabbani M., Yari M., And Massoudi Sh. (1999),** *chemical constituents of the essential oil of thymus. kotschyanus boi ss. &hohen.* From iran. Daru 7, 27-28
94. **Sajjadi s. E., 2003** - Aromatic biodiversity among three endemic thymus species of iran. In: *biodiversity-bio-molecular aspects of biodiversity and in novative utilization (senerb., ed.). Kluwer academic/plenum pub., New York, pp.315-317.*
95. **Sajjadi S. E. et Khatamsaz M., 2003** - *Composition of the the essential oil of thymus daenensis celak. Ssp. Lan-cifolius (celak.) Jalas .J .* Essent. Oil res.15, 34-35
96. **Salvo A. et Valladares G. R., 2007** - *Leaf miner parasitoids and pest management ,*
97. **Sari, 2018** - *Etude biologique et phytochimique de l'organ origanum vulgare l. ssp glandulosum desf. Ietswaart) espèce endémique d'Algérie-Tunisie.* Thèse de doctorat en biologie, université Ferhat Abbas Sétif
98. **-Sellami S., Tounsi S., Jamoussi K. 2015** - La biologie, alternative aux produits phytosanitaire chimiquesjournal of new sciences, *Agriculture and Biotechnology*, 19 (5), 736-743
99. **Senatore f., 1996** - Influence of harvesting time on yield and composition of the essential oil of thyme (*thymus pulegioides* l.) Growing wild in campania (southern Italy). *J. Agric. Food. Chem.*, 44: 1327-1332p
100. **Silva (S.S.), 2008** – *Fatores biologia reproductiva que influenciam o manejo compartmental de Tuta absoluta (Meyrick); 2008, Reproductive biology factors*

Références bibliographiques

- influcing the behavioral management of Tuta absoluta; dissertacao apresentada aoprograma de pas Graduacao em Entomologie Agricola da universidade Federal Rural de Pernambuco, come parte dos requisistes para obtencao de grau de Mestre em Entomologia Agricola: RECIFE6PE*
101. **Silvant, c., 2014** - *L'aromathérapie la nature au service de l'humanité*, ed. Publibook, paris
102. **Spichiger, r. E., 2002** - *Botanique systématique des plantes à fleurs : une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales*. Pour presses polytechniques, lausanne, suisse
103. **Stahl-biskupe., 2002** - *Essential oil chemistry of the genus thymus-a global view. In: thyme the genus thymus (stahl-biskup e. And saez f., eds.)*. Francis & taylor, London, pp.75-124
104. **Tabti, M.E., Tahdjerit, O., 2017** - *Étude taxonomique de quelques populations de Salvia verbenaca ssp. Euverbenaca et ssp. Clandestina (lamiaceae) du golfe de Bejaia et de la vallée de la summam*. Mémoire de l'obtention du diplôme master on taxogénétique végétale et évolution . Univ. Bejaia.
105. **Tabone E., Do ThiKhanh H., Bodendörfer J., et Rey F. (2014** - Contre Tuta absoluta, vive la protection intégrée. Dossier Cultures spécialisées, Phytoma, 650 :45-47
106. **Tanzubil P ,B., 1991-** Control of some insect pests of cowpea (vigna unguiculata) with neen (azadiachta indica a juss.) In northern ghana. *Tropical pest management*, vol 37 (n°3): pp216-217
107. **Trottin-Caudal Y., Grassel Y . Et Millot P.,1995** - *maitrise de la protection sanitaire. Tomate sous serre et abris*. Centre technique inter professionnel des fruits et légumes. France, 87p.
108. **Wang(Y.H.), Garvin(D.F.) , Kochian(L.V.) , 1998** – Nitrate induced genes in tomato roots . Array analysis reveals novel genes that may play a role in nitrohene nut ration. *Plant physiol* .127(1) : 345-359.
109. **Ziri S., 2011** - *Contribution à la lutte intégrée contre tuta aboluta sur tomate en plein champ*. Thèse en vue de l'obtention du diplôme de magister en science agronomique, Ecole nationale supérieure agronomique El harrach. 92.

ANNEXES

Annexes

Annexe 1 : les dégâts de *Tuta absoluta* sur la tomate.



Dégâts de *T.absoluta* sur feuille de tomate (**originale, 2022**)



Dégâts de *T.absoluta* sur tige (**originale, 2022**).

Annexes



Dégâts de *T. absoluta* sur fruit rouge, (**originale, 2022**).

Annexes

Annexe 2

Tableau12 : Le nombre des survivants enregistrés chez les larves L3 de *tuta absoluta* après traitement.

Dose	Formule thym			Formule organ			Synergie thym + organ			Témoin			
		24h	48h	72h	24h	48h	72h	24h	48h	72h	24h	48h	72h
1 μ L	R1	9	5	3	10	6	4	6	4	2	10	9	9
	R2	9	5	4	10	5	3	6	4	2	10	10	9
	R3	8	6	4	9	7	4	5	4	2	10	10	9
5 μ L	R1	9	5	3	9	5	3	6	3	2	/	/	/
	R2	8	6	4	9	5	3	5	2	2	/	/	/
	R3	9	5	3	10	7	3	6	2	1	/	/	/

Tableau 13: le taux de mortalité corrigé (%) enregistrées chez les larves L3 de *tuta absoluta* traités par le produit bioformulé à base de *thymus fontanesii*

Durée d'exposition	D1 (1 μ)	D2 (5 μ)
24h	13,33	13,33
48h	44,82	44,82
72h	59,25	62,96

Tableau 14 : le taux de mortalité corrigé (%) enregistrées chez les larves L3 de *tuta absoluta* traités par le produit bioformulé à base de *origanum floribundum*.

Durée d'exposition	D1 (1 μ)	D2 (5 μ)
24h	3,33	6,66
48h	37,93	41,37
72h	59,25	66,66

Annexes

Tableau 15 : le taux de mortalité corrigé (%) enregistrées chez les larves L3 de *tuta absoluta* traités par le produit bioformulé à base de (*thymus fontanesii* + *origanum floribundum*).

Durée d'exposition	D1 (1 μ L)	D2 (5 μ L)
24h	43,33	43,33
48h	58,62	75,86
72h	77,77	81,48

Tableau 16 : calcule du pourcentage des populations résiduelle (PR%) enregistrées chez les larves L3 de *tuta absoluta* traités par le produit bioformulé à base de *thymus fontanesii*

Durée d 'exposition	D1 (1 μ L)	D2 (5 μ L)
24h	86 ,67%	86,67%
48h	55,17%	55,17%
72h	40 ,74%	37,03%

Tableau 17 : calcule du pourcentage des populations résiduelle enregistrées chez les larves L3 de *tuta absoluta* traités par le produit bioformulé à base de *origanum floribundum*

Durée d 'exposition	D1 (1 μ L)	D2 (5 μ L)
24h	96,67%	93,33%
48h	62,07%	58,62%
72h	36,67%	33,33%

Tableau 18 : calcule du pourcentage des populations résiduelle enregistrées chez les larves L3 de *tuta absoluta* traités par le produit bioformulé à base de (*origanum floribundum* + *thymus fontanesii*)

Durée d 'exposition	D1 (1 μ L)	D2 (5 μ L)
24h	56,67%	56,67%
48h	41,38%	24,14%
72h	22,22%	18,52%