REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DR. YAHIA FARES DE MEDEA
FACULTE DES SCIENCES



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention de diplôme de Master en sciences agronomiques

Option : phytopathologie

Thème :

ÉVALUATION DE L'EFFET INSECTICIDE ET FONGICIDE DES BIOPRODUITS SUR LES BIOAGRESSEURS DES CULTURES MARAICHÈRES

Présenté par :

- **Imane BOUARABA**
- **Esma HAMAIMI**

Soutenu publiquement le:12 Septembre 2018

Devant le jury composé de:

- **M^{me} H. MOSTEFAOUI**	M.C.B	Univ. Médéa	Présidente
- **M^{me} F.Z. TCHAKER**	M.A.B	Univ. Médéa	Promotrice
- **M^{me} M. CHABAANI**	M.A.A	Univ. Médéa	Examinatrice
- **Mr A. CHAOUCH**	M.C.B	Univ. Médéa	Examinateur

2017/2018

RÉSUMÉ

Évaluation de l'effet insecticide et fongicide des bioproduits sur les bioagresseurs des cultures maraîchères.

Les interventions phytosanitaires présentent des effets néfastes sur l'environnement et favorisent le développement des insectes nuisibles résistants aux matières actives utilisées. Face à cette situation, de copieux travaux se sont intéressés aux biopesticides qui constituent une bonne alternative à la lutte chimique et faisant partie des voies les plus explorées dans la régulation biologique des nuisibles.

La présente étude contribue à la valorisation d'une plante ornementale aromatique faux poivrier *Schinus molle* en les caractérisant par un screening phytochimique et une évaluation des activités biologiques.

Les différents phytopréparations l'huile essentielle, l'extrait éthanolique, l'extrait méthanolique et l'extrait aqueux, extraient à partir de *Schinus molle,* ont été testés *in vivo* et *in vitro* pour évaluer leur pouvoir antifongique sur la souche phytopathogène *Fusarium sp,* ainsi que leur pouvoir insecticide sur les larves de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta,* toutes en comparaison avec un fongicide chimique FOSETYL-ALUMINIUM et un insecticide chimique ACETAMIPRIDE respectivement.

Les résultats ont montré que la régie biologique et chimique, se sont révélées efficaces sur l'isolat fongique étudié se traduisant par une inhibition de la croissance mycélienne du *Fusarium sp* et une diminution de nombre des feuilles de la tomate infectées.

Les analyses étalent que, l'huile essentielle de *S. molle* présente un effet antifongique très élevé comparé à l'effet des différents extraits qui reste faible. En outre, l'effet de l'huile essentielle sur *Fusarium* est comparable à celui de produit de synthèse FOSETYL-ALUMINIUM. Dans le même contexte, les résultats illustrent que le tween affecte faiblement la croissance mycélienne.

Les résultats expriment une gradation positive de l'activité insecticide allant des extraits plante, de l'huile essentielle puis la matière active ACETAMIPRIDE sur l'abondance de *Tuta absoluta.* Les mêmes résultats renseignent que Tween n'affectent guère l'abondance de la mineuse de la tomate *T. absoluta.*

Mots clés:

Abondance, *ACETAMIPRIDE,* croissance mycélienne, extraits, huile essentielle, *in vivo, in vitro, FOSETYL-ALUMINIUM, Fusarium sp, Schinus molle, Tuta absoluta.*

Abstract

Evaluation of the insecticidal and fungicidal effect of bioproducts on the pests and diseases of vegetable crops.

Phytosanitary interventions have adverse effects on the environment and promote the development of pests resistant to the active ingredients used. Faced with this situation, a lot of work has been done on biopesticides, which is a good alternative to chemical control and one of the most explored pathways in the biological regulation of pests.

The present study contributes to the valorization of a *Schinus molle* artificial sweet pepper ornamental plant by characterizing them by a phytochemical screening and an evaluation of the biological activities.

The various essential oils, the ethanolic extract, the methanolic extract and the aqueous extract, extracted from *Schinus molle*, were tested *in vivo* and *in vitro* to evaluate their antifungal power on the phytopathogenic strain *Fusarium sp*, as well as their insecticidal activity on larvae of tomato leafminer *Tuta absoluta*, all in comparison with a chemical fungicide FOSETYL-ALUMINUM and a chemical insecticide ACETAMIPRIDE respectively.

The results showed that biological and chemical control proved effective on the fungal isolates studied, resulting in inhibition of *Fusarium sp* mycelial growth and a decrease in the number of infected tomato leaves.

The analyze show that the essential oil of *S. molle* has a very high antifungal effect compared to the effect of the various extracts which remains weak. In addition, the effect of the essential oil on *Fusarium* is comparable to that of FOSETYL-ALUMINUM synthesis product. In the same context, the results illustrate that tween weakly affects mycelial growth.

The results express a positive gradation of the insecticidal activity from the plant extracts, the essential oil and the active ingredient ACETAMIPRIDE on the abundance of Tuta absoluta. The same results indicate that Tween does not affect the abundance of tomato leafminer *T. absoluta.*

Key-words:

Abundance, *ACETAMIPRIDE*, mycelial growth, extracts, essential oil, *in vivo, in vitro, FOSETYL-ALUMINUM, Fusarium sp, Schinus molle, Tuta absoluta.*

ملخص

تقييم تأثير المبيدات الحشرية و الفطرية للمنتجات الطبيعية على أمراض محاصيل الخضر

التدخلات العلاجية للنباتات لها تأثيرات ضارة على البيئة وتشجع على تطوير مقاومة الحشرات الضارة و الأمراض للمكونات النشطة المستخدمة ضدها. في مواجهة هذا الوضع ، تم القيام بالكثير من العمل على المبيدات الطبيعية ، وهو بديل جيد للتحكم الكيميائي وأحد أكثر المسارات استكشافًا في التنظيم البيولوجي للآفات.

تساهم الدراسة الحالية في تثمين نبات الزينة العطري المصنوع من الفلفل المزيف *Schinus molle* من خلال فحص مكوناتها الكيميائية وتقييم أنشطتها البيولوجية.

تم اختبار الزيوت الأساسية المختلفة ، المستخلص الإيثانولي ، المستخلص الميثانولي والمستخلص المائي ، المستخلص من *Schinus molle* ، في الطبيعة وفي المختبر لتقييم قوتهم المضادة للفطريات على السلالة الفطرية للنبات .*Fusarium sp* بالإضافة إلى نشاطها المبيد للحشرات على يرقات حفارة الطماطم *Tuta absoluta*، كل ذلك بمقارنتها مع مبيد فطري كيميائي فوسيتيل الومينيوم ومبيد حشري كيميائي أسيتاميبريد .

أظهرت النتائج أن المكافحة الطبيعية والكيميائية أثبتت فعاليتها على السلالة الفطرية التي تمت دراستها ، مما أدى إلى تثبيط نمو الفطر.*Fusarium sp* وانخفاض عدد أوراق الطماطم المصابة.

أظهرت التحاليل أن الزيت الأساسي *S. molle* له تأثير مضاد عالي جداً مقارنة بتأثير المستخلصات الأخرى التي تبقى ضعيفة. بالإضافة إلى ذلك ، فإن تأثير الزيت الأساسي على ذلك يمكن مقارنته بتأثير المنتج الصناعي فوسيتيل ألومينيوم . في نفس السياق ، توضح النتائج أن التوين يؤثر بشكل ضعيف على نمو الفطر.

النتائج تعبر عن تدرج إيجابي لنشاط المبيدات من المستخلصات النباتية ، الزيت الأساسي والمكون النشط على عدد *T.absoluta* . نفس النتائج تشير إلى أن توين لا يؤثر على عدد يرقات حفارة الطماطم *Tuta absoluta*.

الكلمات المفتاح :

عدد, أسيتاميبريد , النمو الفطري , مستخلصات , الزيت الأساسي ,في الطبيعة , في المخبر , فوسيتيل ألومينيوم, *Tuta absoluta, Schinus molle, Fusarium sp*

Remerciement

*Avant tous, Nous tenons à remercie Dieu le Tout Puissant **ALLAH** de nous avoir donné les ressources morales, physiques, matérielles et intellectuelles pour accomplir cette thèse.*

*Ce travail n'aurait certainement pas pu voir le jour sans l'assistance de plusieurs personnes, nous citerons à leur tête notre promotrice **Mme Tchaker F.z** pour son bon encadrement, son aide précieuse Malgré la somme de ses responsabilités, sa disponibilité, et sa patience n'ont jamais manqué, nous profitons de l'occasion qui nous sommes ainsi donnée pour la remercier vivement de nous avoir accordé sa confiance et nous a fait l'honneur en acceptant la direction de notre thèse.*

*Nos vifs remerciements vont aussi aux membre des jury , **Mme MOSTEFAOUI H** qui nous fait l'honneur de présider le jury ainsi que **Mr CHAOUCH A** et **Mme CHABAANI M** pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions. Ainsi que touts les enseignants qui nous ont dirigé toute au long de notre parcours universitaire plus particulièrement **Mme K.CHAOUATI**, **Mr LICIR Mourad** et **Mr GHANNEM Kamel.***

*Nos sincères remerciements s'adressent également à tout le staff administratif de l'**ITCMI** à staouali/zeralda, l'**INPV** boufarik/elharrach pour leur bon accueil et pour leur aide.*

*Un remerciement particulier s'adresse à Le Doyen de la faculté des Sciences **Mr OMOUNA M** pour sa compréhension et sa gentillesse qui nous a donné la permission pour finir notre pratique durant toute la période des vacances.*

*Nous remercions aussi notre collègue **Melle TALEB Fella** pour tous les conseils qu'elle nous a donnée et pour son aide, ainsi que **Mr BETTACH Toufik** le responsable de maintenance d'université de Médéa.*

En fin nous remercions tous ce qui nous ont aidé et encouragé de prés ou de loin à la réalisation de cette thèse, même avec une bonne parole.

Merci

Dédicace

À mes parents que dieu vous protège, et vous donne une longue vie et du bonheur, Ce travail est le fruit de votre confiance, patience et vos sacrifices, que vous avez fournis pour mon éducation et ma formation.

À ma douce petite sœur ***Chaimaa*** *que dieu me garder toujours à tes cotés.*

À mes chères sœurs ***Mina, Yasmine*** *pour tout leur amour, patience, en souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble.*

À mes belles ***ihssane, houria, zoubida, nada,***

soumaia.

À toutes mes collègues de la poromotion.

À ma binôme ***Esma.***

Imane…

Dédicaces

Avec l'aide de ***dieu*** *tout puissant, j'ai pu achever ce modeste travail que je dédie :*

❖ ***À*** *mes* ***chers parents*** *que dieu les garde pour moi, qui n'ont pas cessé de me soutenir, de m'encourager et de prier pour moi durant toutes mes études, en souhaitant que dieu leur accorde santé et longueur vie.*

❖ *À mon cher* ***grand-père*** *qui n'est plus dans ce monde, que dieu le tout puissant, lui accorde sa sainte miséricorde et l'acceuille en son vaste paradis ;*

❖ ***À*** *ma chère* ***grand-mère****, que dieu la protège et la réserve une longue vie ;*

❖ ***À*** *mes chères sœurs* ***Nesrine*** *et* ***Aya*** *et mes chers frères* ***Yacine*** *et* ***Mohamed Abd Elmoïz****;*

❖ ***À*** *mon beau frère* ***Ayoub*** *;*

❖ *À mes chères nièces* ***Rayhana*** *et* ***Tasnim*** *;*

❖ *À mes cousins et mes cousines ;*

❖ ***À*** *tous les membres de ma famille paternelle* ***HAMAIMI*** *et maternelle* ***DAMARDJI*** *;*

❖ *À tous mes enseignants depuis le primaire Jusqu'à l'université ;*

❖ *À ma meilleure amie* ***Houria*** *que dieu le garde pour moi ;*

❖ *À ma chère binôme* ***Imane*** *et ma belle* ***sérine ;***

❖ ***À*** *mes amies de la promotion Master 2 (Phytopathologie) en prticulier* ***Ihssane****,* ***Nada****,* ***Nacera*** *et* ***Zoubida*** *;*

À tous ceux qui m'aime.

Esma

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ
ABSTRACT
ملخص
REMERCIEMENTS
DÉDICACES
TABLE DES MATÈRES
LISTE DES FIGURES
LISTE DES TABLEAUX
LISTE DES ABRÉVIATIONS
INTRODUCTION…… 1
Chapitre I: Synthèse bibliographique…….……..... 3
I.1 Généralité sur la tomate……..... 3
I.1.1. Classification……...…….. 3
I.1.2. Description morphologique……... 4
I.1.3. Cycle biologique……..... 5
I.1.4. La variété *Super Marmande*…… 6
I.1.5. Les maladies de la tomate……...……... 6
I.2. La mineuse de la tomate *Tuta absoluta*……..... 6
I.2.1. Origine et distribution géographique……..…..... 6
I.2.2. Classification…….. 7
I.2.3. Description morphologique…… 7
I.2.4. Biologie de la mineuse de tomate *Tuta absoluta* .……. 9
I.2.5. Plantes hôtes……..... 10
I.2.6. Symptômes et Dégâts……. 10
I.2.7. Les moyens de lutte…….……... 11
I.3. *Fusarium sp*……..... 11
I.3.1. Position systématique ……..…….. 12
I.3.2. Description des champignons……. 12
I.3.2.1. La flétrissure fusarienne de la tomate……...……... 12
I.3.2.1.1. Les symptômes externes…… 13
I.3.2.1.2. Les symptômes internes……..…… 15
I.3.2.2. La pourriture racinaire…… 14
I.3.2.2.1. Les symptômes externes……... 14
I.3.2.2.2. Les symptômes internes…… 15
I.3.3. Les moyens de lutte…… 15
I.3.3.1. La lutte culturale et agronomique……... 15
I.3.3.2. La lutte physique……..…… 15
I.3.3.3. La lutte biologique ……..……. 16
I.3.3.4. Lutte chimique ……..…….. 16
I.5. Notion de Lutte biologique…….. 16
I.5.1. Définition des biopesticides…….…... 16
I.5.2. Les différentes catégories des biopesticides…….…….. 17
I.5.2.1. Les biopesticides microbiens……... 17
I.5.2.1.1. Les bactéries…….…… 17

I.5.2.1.2. Les virus……..…..... 17
I.5.2.1.3. Les champognion……..…… 18
I.5.2.2. Les biopesticides animaux……..…… 18
I.5.2.3. Les biopesticides végétaux……..…… 19
I.5.2.3.1. Les extraits des plantes……..….. 19
I.5.2.3.2. Les huiles essentielles……..... 20
I.5.2.3.2.1. La composition chimique des huiles essentielles…. 20
I.5.2.3.2.2. L'utilisation des huiles essentielles en tant que biopesticides…….. 21
I.5.3 Les avantages des biopesticide…….…… 21
Chapitre II : Matériel et Méthode..... 22
Introduction……... 22
II.1. Objectif du travail…….…….. 22
II.2. Présentation de la chambre de culture……. 22
II.3. Matériel d'étude……..……. 23
II.3.1. Obtention du matériel biologique…….….. 23
II.3.1.1. culture des plantules de la tomate…….…….. 23
II.3.1.2. Obtention des populations infestantes de la mineuse de tomate *Tuta absoluta*……... 25
II.3.1.3. Obtention du micro-organisme *Fusarium Sp* …… 25
II.3.1.4. Récolte et conservation du Faux poivrier *Schinus molle*…… 25
II.3.1.5. Phytopréparation des bioproduits……...……. 28
II.3.1.5.1. Préparation de l'extrait aqueux……..... 28
II.3.1.5.2. Préparation de l'extrait éthanolique…… 28
II.3.1.5.3. Préparation de l'extrait méthanolique……. 29
II.3.1.5.4. Préparation d'huile essentielle…… 30
II.3.2. Matériel non biologique……...…… 30
II.3.2.1. Insecticide chimique……...…… 30
II.3.2.2. Fongicide chimique……. 31
II.3.2.3. Le Tween……. 32
II.4. Méthodologie de travail…… 32
II.4.1. Screening phytochimique…… 33
II.4.2. Détermination du taux de rendement de *Schinus molle* ……... 35
II.4.3. Détermination du taux d'humidité……... 35
II.4.4. Détermination de l'indice d'acidité PH……..... 35
II.5. Étude de l'effet fongicide des différentes régies appliquées……... 36
II.5.1. Étude in vitro de l'effet fongicide de la régie biologique et chimique…… 36
II.5.1.1. Préparation de milieu de culture (PDA)…….……. 36
II.5.1.2. Purification de souche fongique *Fusarium sp*……. 36
II.5.1.3. Application des traitements sur *Fusarium sp*…….. 38
II.5.1.4. Estimation de la concentration minimale inhibitrice(CMI)…… 39
II.5.2. Etude in vivo de l'effet fongicide et insecticide de la régie biologique et chimique……..... 40
II.5.2.1. L'inoculation du *Fusarium sp* sur la plante hôte……. 40
II.5.2.2. Dispositif expérimental et application des traitements…… 41
II.5.2.3. Estimation de l'évolution du champignon……... 41
II.6. Etude de l'effet insecticide des différentes régies appliquées sur *Tuta absoluta*…… 41

II.6.1. L'infestation du *Tuta absoluta* sur la plante hôte…… 41
II.6.2. Dispositif expérimental et application des traitements…… 42
II.6.3. Estimation de l'abondance……..……. 43
II.7. L'analyse statistique……..…….. 43
Chapitre III : **Résultats et discussions**……... 44
III.1 Test phytochimique……. 44
III.1.1. Rendement des extraits et d'huile essentielle de *Schinus molle*……... 44
III.1.2. Screening phytochimique……. 45
III.2. Évaluation de l'activité antifongique des phytopréparations…….. 46
III.2.1. Étude in vitro de l'effet fongicide de la régie biologique et chimique…… 46
III.2.1.1. Évolution temporelle de l'activité antifongique des phytopréparations sur la croissance mycélienne……. 46
III.2.1.2. Étude comparée de l'efficacité de différentes régies sur la croissance mycélienne du *Fusarium sp*……. 47
III.2.2. Étude in vivo de l'effet fongicide de la régie biologique et chimique..... 49
III.2.2.1. Évolution temporelle de l'activité antifongique des phytopréparations sur le taux d'infection des feuilles de la tomate…….. 49
III.2.2.2. Étude comparée de l'efficacité de différentes régies sur le taux d'infection des feuilles de la tomate …… 51
III.3. Évaluation de l'activité insecticide des phytopréparations…….. 52
III.3.1. Évolution temporelle de l'efficacité des phytopréparations et du produit de synthèse sur la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*…… 52
III.3.2. Étude comparée de l'efficacité de différentes régies sur l'abondance de *Tuta absoluta*……..... 54
Chapitre IV: Discussion……..… 56
IV.1. Rendement et screening chimique Schinus molle……..... 56
IV.2. Évaluation de l'activité antifongique des phytopréparations sur l'inhibition de la croissance mycélienne du *Fusarium sp*……..... 57
IV.3 Évaluation du potentiel insecticide des phytopréparations issus de faux poivrier *Schinus molle* sur l'abondance de *Tuta absoluta*…… 59
CONCLUSION GÉNÉRAL……. 61
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES……. 63
ANNEXEX…… 78

LISTE DES FIGURES

Figure.I.1. Différents organe de tomate…….. 5

Figure. I.2. Cycle de développement de la tomate..... 5

Figure. I.3 Les œufs de *Tuta absoluta*..... 8

Figure. I.4. Larve de *Tuta absoluta*..... 8

Figure. I.5. Chrysalide de *Tuta absoluta*..... 8

Figure. I.6. Adulte de *Tuta absoluta*..... 9

Figure. I.7. Cycle biologique de *Tuta absoluta*..... 9

Figure. I.8. Symptômes de *T. absoluta* sur feuilles et sur frits de tomate..... 11

Figure. I.9. Les symptômes externes et internes de la flétrissure fusarienne (*Fusarium* wilt)…….. 13

Figure.I.10 Les symptômes externes et internes de la pourriture racinaire et du collet (Fusarium crown ans root rot) ..……. 14

Figure .II.1. Présentation générale de la chambre de culture..... 23

Figure. II.2. Obtention du matériel végétal ……... 24

Figure. II.3. Les différents organes de *Schinus molle* ……. 26

Figure. II.4. L'arbre de *Schinus molle* ……... 27

Figure. II.5. Poudre des feuilles de faux poivrier…….. 27

Figure. II.6. Extraction éthanolique par rotavapor…… 39

Figure. II.7. Extraction méthanolique ……. 39

Figure. II.8. Montage d'hydro-distillation utilisé dans l'extraction des huiles essentielles……..... 31

Figure.II.9. Carte conceptuelle du travail expérimental réalise…….. 33

Figure.II.10. PH-mètre…….. 36

Figure.II.11. Coulage de milieu de culture dans des boîtes de pétri……. 37

Figure.II.12. Principales étapes de la purification de la souche fongique *Fusarium sp*… 38

Figure.II.13. Incubation des boites traitées …….. 39

Figure.II.14. Dépôt d'explant mycélien …….. 40

Figure.II.15. Infestation des plants sains par des feuilles mines …… 42

Figure.II.16. Dispositif expérimental des traitements appliqués……. 43

Figure. III.1. Rendement en huiles essentielles et en extraits de faux poivrier *Schinus molle* …….. 44

Figure.III.2. Evolution temporelle du pourcentage d'inhibition du développement mycélien de *Fusarium sp* sous l'effet de différentes molécules…….. 47

Figure III.3. Estimation de l'efficacité des molécules appliques sur le taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium sp*……..... 48

Figure III.4. Étude comparée des taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium sp* sous l'l'effet de différentes régies……..... 49

Figure III.5. Variation temporelle de taux d'infection des feuilles sous l'effet de différents traitements…… 50

Figure III.6. Estimation de l'efficacité des molécules appliquées sur le taux d'infection des feuilles de tomate…… 51

Figure III.7. Étude comparée de pourcentage d'infestation des feuilles de tomate sous l'effet de différentes régies……..... 52

Figure III.8. Variation temporelle des abondances de *Tuta absoluta* sous l'effet des 53

molécules appliquées…….
Figure III.9. Estimation de l'efficacité des molécules appliquées sur l'abondance de *Tuta absoluta*……. 54
Figure III.10. Etude comparée de l'effet des différentes régies sur l'abondance de *Tuta absoluta* ……..... 55

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1. Tableau synthétique de groupes chimiques, réactions d'identification et indicateurs utilisés……... 34

Tableau III.1. Résultats du screening phytochimique de la poudre végétal et l'extrait aqueux de *Schinus molle*…… 45

Tableau III.2. Effet antifongique de différentes molécules appliquées sur le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne…… 46

Tableau III.3. Effet antifongique de différentes molécules appliquées sur le nombre des feuilles infectées…… 50

Tableau III.4. Effet des phytopréparations sur l'abondance de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*…….…….. 52

LISTE DES ABRÉVIATIONS

- **% :** Pourcentage
- **°C** : Degré Celsius
- **CL_{50}** : Concentration Létale 50
- **cm** : Centimètre
- **cm^2** : Centimètre carré
- **cm^3** : Centimètre cube
- **CMI** : Concentration Minimale Inhibitrice
- **$C_6H_{18}AlO_9P_3$** : Aluminum; Hydroxymethyl (Methyl)Phosphinate
- **$C_{10}H_{11}ClN$** : 2-Chloro-N-methyl-N-prop-2-enylaniline
- **$C_{64}H_{124}O_{26}$**: Polyoxyethylene (20) sorbitan monooleate (le polysorbate 80)
- **Csa** : Climat *méditerranéen avec été chaud*
- **D1** : Dose complète (Dilution D1)
- **D2** : Demi- dose (Dilution D2).
- **E** : Est
- **FeCl3** : Chlorure de fer
- **g** : Gramme
- **h** : Heure
- **Hcl** : Acide Chlorydrique (Chlorure d'Hydrogène)
- **H2SO4** : Acide Sulfurique
- **ITCMI** : Institue Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles
- **KoH** : Hydroxyde de potassium
- **l** : Litre
- **MeOH** : Méthanol
- **mg** : Milligramme
- **min** : Minutes
- **ml** : Millilitre
- **mm** : Millimètre
- **mol** : La mole
- **N** : **N**ord
- **N** : Azote
- **NaOH** : Hydroxyde de sodium
- **PDA** : Potato Dextrose Agar
- **pH** : Potentiel d'Hydrogène
- **Rev** : Révolutions
- **SM :** *Schinus molle*
- **tr** : Le tour
- **WATT :** l'unité internationale de puissance ou de flux énergétique (dont le flux thermique).

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les plantes, comme tous les organismes vivants sont exposées et menacées par nombreux types de bio-agresseurs soit micro-organismes pathogènes (Champignons, bactéries, virus…), animaux (nématodes, acariens, insectes, rongeurs,…) ou végétaux (adventices). Ces organismes nuisibles ou phytophages s'attaquent directement aux tissus des plantes où ils leur font concurrence sur le plan des ressources (air, eau, éléments nutritifs du sol…) qui induisent des perturbations homéostatiques et affectent leur physiologie, leur morphologie, leur croissance… (Metcalf et Luckman, 1994 ; Bonnemain et chollet, 2003).

La tomate occupe une place privilégiée dans le secteur maraîcher de l'Algérie, est une culture particulièrement sujette aux attaques de ravageurs et de micro-organisme (Trottin-Caudal et *al*., 1995 ; FAO STAT, 2016).

Parmi ces micro-organismes pathogènes, on trouve des champignons telluriques appartenant au genre *Fusarium* présentant une spécificité parasitaire pour une large gamme de plantes hôtes d'intérêt économique (Ozenda, 1990) et responsables des maladies connues sous le nom de fusarioses causant des dégâts sur les cultures et par conséquent des pertes agricoles.

Depuis 2008, cette culture est attaquée par la mineuse *Tuta absoluta* Meyrick 1917 (Lepidoptera : Gelechiidae), dont la larve provoque d'importants dégâts sur les feuilles, les tiges, et les fruits de la tomate; ces dommages peuvent atteindre 100% de pertes dans certains cas (INPV, 2008 ; Badaoui et Berkani, 2008 ; 2011).

Pour diminuer les dégâts occasionnées sur les cultures, le recours aux pesticides de synthèse est considéré comme l'arme la plus efficace et la plus fiable pour faire face à la nuisibilité des bio-agresseurs des plantes (Caroline et michael, 2006).

Cependant, ces substances engendre des conséquences néfastes comme, la persistance dans l'environnement, la non sélective, l'apparition des mécanismes de résistance chez les nuisibles, le déséquilibre écologique, dû au fait que beaucoup de ces composés ont un large spectre d'action, détruisant non seulement les agents nuisibles, mais également les autres populations de l´écosystème (Ghormade *et al*., 2011) d'où la faune, la flore ainsi que l'homme constituent leur cible (Abeer et *al*., 2016).

Pour cela, depuis une trentaine d'années, chimistes, physiologistes, biochimistes, toxicologues et spécialistes de la protection des végétaux unissent leurs efforts pour trouver des solutions alternatives dans la recherche de nouvelles molécules d'origine végétale susceptibles de permettre à l'humanité de lutter efficacement contre les phytopathogènes tout réduisant l'utilisation systématique de ces produits chimiques et les remplacer par de nouvelles méthodes peu ou pas

dangereuses, avec un minimum de problèmes pour l'environnement tels que les biopesticides d'origine végétale (Grainge et Ahmed, 1988 ; karimi et al., 2010; faye, 2010).

Ces biopesticides d'origine végétale ont toujours constitué une source majeure pour l'élaboration de nouvelles substances aux propriétés biocides (Gomez et *al*., 1997). Des auteurs avancent que les huiles essentielles ou les extraits de plantes sont prometteurs pour la lutte contre les bio-agresseurs (Adjoudji et *al*., 2000).

Notre étude a porté sur la mise au point des biopesticides à base des plantes spontanées et de mettre au point des méthodes de lutte intégrées peu coûteuses, efficientes et facilement utilisables par les agriculteurs.

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à évaluer le pouvoir insecticide *in vivo* des phytopréparations (extraits aqueux, extraits méthanolique, extraits éthanolique et l'huile essentielle) issus de la plante aromatique *Schinus molle* sur l'abondance de la mineuse de tomate *Tuta absoluta* en comparaison avec un pesticide de synthèse ACETAMIPRIDE. Par ailleurs, nous avons étudié l'activité antifongique *in vitro* et *in vivo* de ces phytopréparations sur la souche fongique *Fusarium sp* (croissance mycélienne) en comparaison avec un fongicide de synthèse FOSETYL-ALUMINIUM.

Notre travail est structuré comme suit :

- Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique de la plante hôte, ces bio-agresseurs et les biopesticides comme un moyen de lutte efficace ;

- Le deuxième chapitre présent les différents matériels et méthodes utilisées au cours de cette investigation ;

- Les résultats et leur discussion sont exposés au troisième et au quatrième chapitre.

- En fin, une conclusion générale clôture le travail en présentant les principaux résultats obtenus et leurs perspectives.

Chapitre I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Généralité sur la tomate

La tomate *Lycopersicum esculentum* Mill, considérée comme fruit ou légume, compte parmi les cultures légumières les plus importantes du monde (Shankara, 2005). Elle occupe la deuxième place après la pomme de terre, que ce soit dans la production ou la consommation (Trichpoulou et Lagio, 1997; Pitrat et Foury, 2003**)**, en raison de sa richesse en minéraux, vitamines et certains composés naturels secondaires ayant un potentiel antioxydant important (Zidani, 2009).

La tomate est originaire des Andes (Nord-Ouest de Amérique du sud) entre les régions du Nord Chili, de la Colombie, l'Equateur, et du Pérou (Laumonnier, 1979**)**, mais sa domestication s'est effectuée dans le Sud du Mexique et au Nord Guatemala, formes sauvages de la "tomate cerise" (Jaramillo et *al*., 2007). La production mondiale de la tomate à été estimée à 159 millions de tonnes en 2011 (FAOSTAT, 2013).

En Algérie, elle est considérée comme culture stratégique. Elle fut introduite pour la première fois par les Espagnols en 1905 dans la région oranaise **(**Rey et Coste, 1965) puis, elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral Algérois **(**Latigui, 1984**).** Elle occupe une place privilégiée dans le secteur maraîcher (Ferrero, 2009), les principales wilayas productives de la tomate en Algérie sont : Annaba, Skikda, El Taref, Guelma, Tipaza et Chlef. Selon FAOSTAT (2013), la production nationale annuelle de ce légume fruit est de 7,9 millions de tonnes en 2012 et elle est cultivée sur 23500 ha. En 2013, cette production a dépassé les 975 mille tonnes (FAOSTAT, 2016).

I.1.1. Classification

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

- Règne : Plantae
- Sous-Règne : Trachenobionta
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliopsida
- Sous-Classe : Asteridae
- Ordre : Solanales
- Famille : Solanaceae
- Genre : *Solanum* (ancienne appellation) ou *Lycopersicum*
- Espèce : *Lycopersicum esculentum*

I.1.2. Description morphologique

La tomate est une plante herbacée appartenant à la famille des solanacées, vivace à l'état naturel, et annuelle en culture, autoféconde est propagée par la graine, elle peut atteindre une hauteur de plus de 2 mètres, cultivée pour son fruit (FAO, 2009; Chaux et Foury, 1994). Elle est climactérique, diploïde à 2n=24 chromosomes (Judd et *al.*, 2002).

La **racine** (Figure.I.1.a) de la tomate est pivotante, puissante, très ramifiée à tendance fasciculée (Chaux et Foury, 1994), pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus (Shankara et *al*, 2005).

La **Tige** (Figure.I.1.b) présente un port de croissance entre érigé et prostré, elle pousse jusqu'à une rongeure de 2 à 4 m, elle est pleine, fortement poilue et glandulaire **(**Shankara et *al.*, 2005; Naika et *al*., 2005).

Les **feuilles** (Figure.I.1.c) sont composées de 5 à 7 folioles principales et velues de couleur verte. Elle répand une odeur caractéristique, due à la solanine, si on la froisse (Shankara et *al.* 2005). Elles ont une disposition alterne sur la tige, en spirale sans stipule (Naika et *al.*, 2005).

Les **Fleurs** (Figure.I.1.d) sont bisexuées, régulières et entre 1,5 et 2 cm de diamètre. Elles poussent opposées aux - ou entre les feuilles. Le tube du calice est court et velu, les sépales sont persistants. En général il y a 6 pétales qui peuvent atteindre une longueur de 1 cm, qui sont jaunes et courbées lorsqu'elles sont mûres. Il y a 6 étamines et les anthères ont une couleur jaune vif et entourent le style qui a une extrémité stérile allongée. L'ovaire est supère avec entre 2 et 9 carpelles. En général la plante est autogame, mais la fécondation croisée peut avoir lieu. Les abeilles et les bourdons sont les principaux pollinisateurs (Naika et *al.*, 2005).

Le **fruit** (Figure.I.1.e) est une baie charnue à placentation centrale plus ou moins grosse, de forme variable (sphérique, oblongue, allongée), et de couleurs variées (blanches, rose, rouge, jaune, orange, verte, noire) selon les variétés (Renaud, 2003) avec un diamètre de 2 à 15 cm. Lorsqu'il n'est pas encore mûr, le fruit est vert et poilu, La couleur des fruits mûrs varie du jaune au rouge en passant par l'orange (Shankara et *al.* 2005).

Les **graines** sont nombreuses, en forme de rein ou de poire. Elles sont poilues, beiges, de 3 àki 5 mm de long et 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen (Shankara, 2005 ; Naika et *al*., 2005).

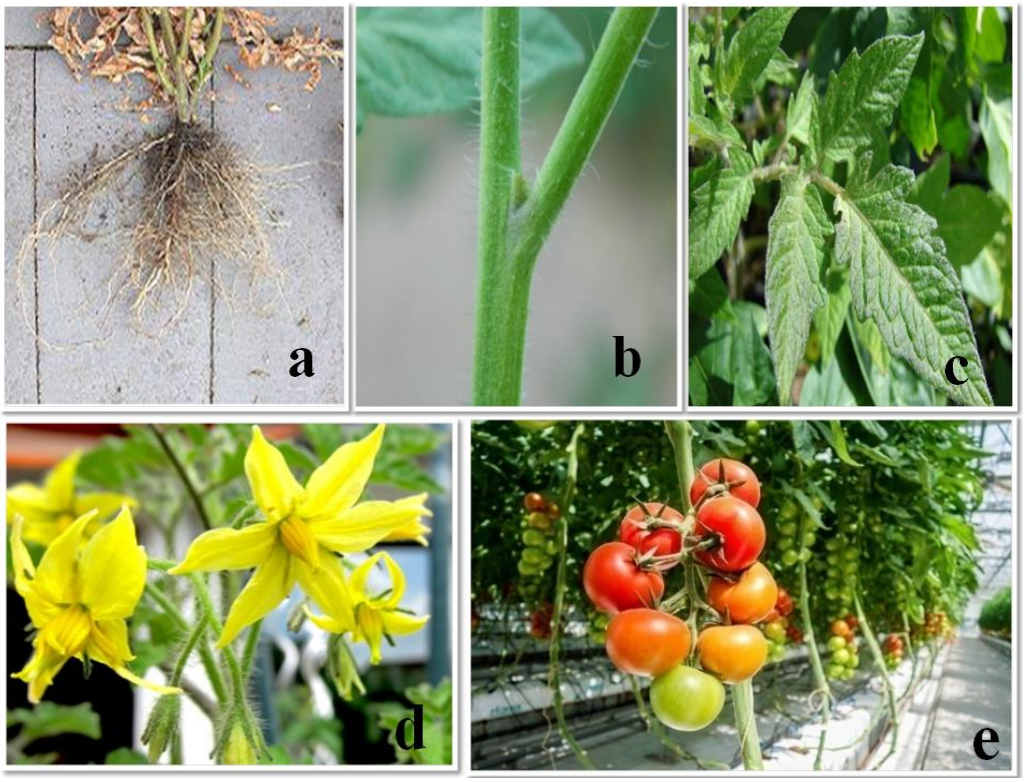


Figure. I.1. Différents organe de tomate **(**Chaux et Foury, 1994)
a: les racines du tomate; **b:** la tige du tomate; **c:** les feuilles du tomate; **d:** les fleurs du tomate; **e:** les fruits du tomate.

I.1.3. Cycle biologique

D'après Gallais et Bannerot (1992), le cycle végétatif complet de la graine à la graine de tomate varie selon les variétés, l'époque et les conditions de culture; mais il s'étend généralement en moyenne de 3,5 à 4 mois du semis, jusqu'à la dernière récolte (7 à 8 semaines de la graine à la fleur et 7 à 9 semaines de la fleur au fruit). Le cycle de développement d'un plant de tomate peut être décrit par trois grandes phases biologiques (Phase végétative, phase reproductive et phase de maturation) (Atherton et Rudich, 1986 ; Dumas, 1992 *in* Huat, 2008).

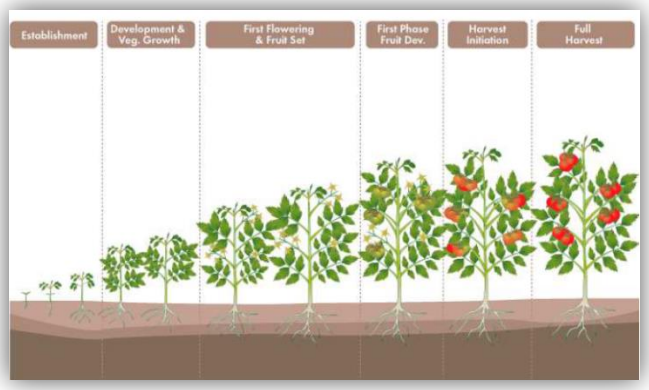


Figure.I.2. Cycle de développement de la tomate (Anonyme, 2016).

I.1.4. La variété Super Marmande

Il existe plus de 4000 variétés de tomate ; certaines sont résistantes aux maladies et au ravageurs, d'autres sont différentes par les caractéristiques de leurs fruits et leur précocité (Van Eck et *al*., 2006). Selon l'ITCMI, la semence utilisée en Algérie est de provenance totalement de l'étranger et principalement de Hollande, France et d'Amérique.

La tomate Super Marmande est une variété fixée de type de croissance indéterminé, très précoce à gros fruits ronds, un peu aplatis et côtelés de 140-170 g, à peau rouge, chair goûteuse consistante et très parfumée, d'excellente qualité gustative et bonne productivité.

I.1.5. Les maladies de la tomate

La prévention des maladies et des ravageurs est extrêmement importante pour la culture de la tomate. Selon Haut (2008), les principaux facteurs limitant la production de la tomate en plein champ sont l'alimentation hydrique, l'alimentation minérale, les maladies et les ravageurs. Les cultures de la tomates peuvent être affectées par diverses attaques de ravageurs (acariens, insectes et nématodes) tel que l'Aleurode, les thrips, la mineuse de la tomate, par des maladies cryptogamiques comme l'Alternariose, le mildiou, la fusariose, la verticilliose, l'oïdium, l'Anthracnose, la pourriture grise, par des maladies bactériennes dont les plus connus sont le chancre bactérien et le feu bactérien ainsi que les maladies virales comme TSWV (Tomato spotted Wilt Virus), PVMV (Pepperveinal Mottle Virus) (Anonyme, 1999; Ferrero, 2009; Naika et *al* ; 2005, Snoussi, 2010), par la concurrence de mauvaises herbes ainsi par des accidents de végétation ou des agressions abiotiques dont l'importance varie selon le type de culture et les conditions climatiques (Chibane, 1999).

I.2. La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae)

Les dégâts commis par les insectes, les maladies et les acariens constituent certes un lourd préjudice pour l'agriculture mais on peut néanmoins s'étonner que leur fréquence et leur intensité ne soient par considérées plus élevées quand on étudie la bio-écologie de certaines espèces nuisibles. La tomate, comme toute autre culture maraichère, est attaqué par certain nombre d'ennemis. Parmi les ravageurs les plus redoutables, *Tuta absoluta*, qui cause une véritable menace.

I.2.1. Origine et distribution géographique

La chenille mineuse de la tomate, Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera : Gelechiidae) est un insecte originaire de l'Amérique du sud précisément en Pérou, où a

été décrite pour la première fois en 1917. Il est signalé après en Argentine en 1964 puis dans tous les pays de l'Amérique du sud. Cette espèce a été trouvé puis en 2006 en Espagne, en 2008 au Maroc, en Algérie et en France. A partir de 2009, c'est tout le pourtour de la Méditerranée qui a été atteint. En 2010 la Turquie à déclarer l'existence du fléau. Il a été rencontré en Egypte 2011 au Soudan et en Ethiopie en 2012, En Afrique de l'Ouest, elle est arrivée en 2012 au Sénégal puis en 2013. La présence de T. absoluta a été marquée en 2014 au Kenya (koudjil et *al*., 2015; Haougui et *al*., 2017; Madougou et *al*., 2017; Fontaine et *al*., 2018).

I.2.2. Classification

La mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* Meyrick, originaire du Pérou, a été décrite pour la première fois en 1917 par l'entomologiste Meyrick. L'espèce a connu plusieurs appellations avant d'être nommée définitivement *Tuta absoluta* par Povolny en 1994 (Siqueira et *al.*, 2001). Depuis sa description, plusieurs noms ont été utilisés pour la désigner (Berkani et Badaoui, 2008 in Badaoui, 2018).

- *Phthorimaea absoluta* Meyrick (1917)
- *Gnorimoschema absoluta* Clarke (1965)
- *Scrobipalpula absoluta* Povolny (1964)
- *Scrobipalpuloides absoluta* Povolny (1987)
- *Tuta absoluta* Povolny (1994)

Selon Nel (2009), la position systématique de *Tuta absoluta* est comme suit :

- Règne : Animalia
- Phylum : Arthropoda
- Classe : Hexapoda
- Ordre : Lipedoptera
- Famille : Gelechiidae
- Genre : *Tuta*
- Espèce : *Tuta absoluta* (meyrick, 1917)

I.2.3. Description morphologique

Les **œufs** sont elliptiques de couleur varie du blanc d'huître au jaune vif, s'assombrissant dans la phase embryonnaire et devenant presque noire près de l'éclosion (Figure I.3.) (Imenes et *al*., 1990).

Les **larves** ou chenilles, pénètrent dans la plante dès l'éclosion (Collet et *al*., 2010 *in* Benchaabane-Boukhatem, 2016). Elles passent par quatre stades larvaires, reconnaissables à la couleur qui est blanchâtre au premier stade (L1 : 0,9 mm) et verte au deuxième et troisième stade (L2 :4,5 ; L3:5,6 mm); au stade (L4 : 7,5 mm), la larve présente une large bande rosâtre sur le dos ainsi qu'une bande noire derrière la tête. A la

fin de ce dernier stade, les larves cessent de s'alimenter et débutent la nymphose (Figure I.4.).



Figure. I. 3. Les œufs de *Tuta absoluta* (Méndez, 2013).



Figure I.4. larve de *Tuta absoluta* (IRAK, 2014).

La **chrysalide**, de forme cylindrique et de couleur marron, mesure de 4 à 5 mm de long, est recouverte par un cocon blanc et soyeux. A ce stade la distinction sexuelle est possible; en effet, les chrysalides mâles sont en taille et en poids inférieures (poids ~3 mg ; longueur ~ 4mm ; largeur ~ 1 mm) aux chrysalides femelles (poids ~ 4,5 mg ; longueur ~ 4,5 mm ; largeur ~ 1,3 mm) (Figure I.5.) (ONSSA, 2010, Benchaabane-Boukhatem, 2016**)**.



Figure I.5. chrysalide de *Tuta absoluta* (Anonyme, 2014)

Le **papillon,** mesure de 05 à 07 mm de long pour une envergure de 10 à 11mm. Il est de couleur grise argenté à marron avec des tâches noires sur les ailes antérieures. Il est muni d'antennes filiformes presque aussi longues que son corps. Le mâle est plus petit et moins volumineux que la femelle (Figure I.6.) **(**Anonyme, 2014 ; Badaoui, 2018).



Figure. I.6. L'adulte de *Tuta absoluta* (Méndez, 2013)

I.2.4. Biologie de la mineuse de tomate *Tuta absoluta* Meyrick

Le cycle de développement de Tuta comporte quatre stades: un stade œuf, un stade larvaire lui-même divisé en 4 phases (L1, L2, L3 et L4), un stade chrysalide (et cocon) et un stade adulte (Figure I.7.) **(**Tabone et *al*., 2014).



Cycle biologique				
30°C	4 jours	11 jours	5 jours	9 jours
15°C	10 jours	36 jours	20 jours	23 jours

Figure. I.7. Cycle biologique de *Tuta absoluta* (Blancard, 2013; Badaoui, 2018)

Le potentiel de reproduction est élevé, une même femelle peut pondre jusqu'à 260 œufs au cours de sa vie et 10 à 12 genres peuvent être produits chaque année. La dispersion et l'accouplement sont effectués le matin et les femelles s'accouplent une fois par jour durant plus de quatre heures; plusieurs accouplements, six au maximum peuvent avoir lieu au cours de leur vie. La ponte commence en général de 2 à 3 jours après l'émergence, de préférence à la face inférieure des organes (feuille, tige, fruit). Dès l'éclosion de l'œuf, la larve se déplace pendant plusieurs minutes avant de perforer l'épiderme des feuilles, des bourgeons ou les fruits pour vivre en endophyte dans des mines. Les chenilles sont très actives car elles se déplacent dans différents parties de la plante. Arrivé à la fin du 4ème stade larvaire, l'insecte cesse de s'alimenter et se prépare pour se métamorphoser. La larve peut quitter la galerie en se laissant transporter par un fil de soie sur le sol où se déroule la nymphose jusqu'à l'émergence. La chrysalide reste dans le substrat environ 6 à 10 jours avant l'émergence. Parfois la nymphose a lieu dans une cavité de la feuille de la plante (Figure I.7) (IRAC, 2011**;** Badaoui, 2018).

Les caractéristiques biologiques dépendent beaucoup de la température. Le cycle de l'œuf à l'adulte est d'environ **1 mois** à 25 °C et environ **3 semaines** à 30 °C. Lorsque la température est plus faible, la durée de développement est nettement plus longue. À 15 °C, elle est supérieure à **2 mois**. La période larvaire varie en fonction de la température, elle est de 12 à 14 jours. La longévité des adultes diminue également avec la température. Sachant que la longévité des femelles est d'environ deux semaines et celle des mâles, une semaine. Le seuil de développement du ravageur est de 7°C à 9°C selon les stades. Toutefois, à 4°C, des larves de *Tuta* se maintiennent en conditions de laboratoire (Figure I.7) (Tabone et *al*., 2014).

I.2.5. Plantes hôtes

Tuta absoluta attaque des plantes de la famille des solanacées. On la trouve sur les tomates, les aubergines, les poivrons, le tabac et les pommes de terre, mais aussi sur des plantes ornementales comme les brugmansias (trompettes des anges, *Brugmansia aurea*) et le tabac d'ornement (*Nicotiana affinis*), ou encore sur des plantes sauvages ou des mauvaises herbes comme la morelle noire (*Solanum nigrum*). Des attaques sur haricot nain ont aussi été signalées en Italie, mais c'est dans les tomates que cet insecte cause le plus de dégâts (Koller, 2013; Tabone et *al*., 2014).

I.2.6. Symptômes et Dégâts

Les dégâts qu'occasionne la mineuse à la culture de tomate peuvent atteindre 100 % de perte. Les larves pénètrent dans les feuilles, les tiges ou les fruits où elles creusent des galeries dans lesquelles elles se développent en mangeant le parenchyme (A la fin de son cycle, la larve aura consommé 2,8 cm² de surface foliaire, dont 2,2 cm² sont consommés par le 4ème stade). Elles sont très mobiles et peuvent creuser plusieurs galeries au cours de leur développement, ce qui augmente les dégâts. En début

d'attaque, on observe souvent des galeries sur feuilles, plutôt dans la moitié inférieure des plantes d'où les feuilles deviennent transparentes, seul l'épiderme subsiste, la partie verte étant consommée. Les feuilles deviennent sèches et portent les excréments de la chenille. Quand les populations et/ou les températures augmentent, les attaques se développent aussi dans la partie supérieure, sur les apex et les fruits. En cas d'attaque importante sur jeunes plants, *Tuta* cause de gros dégâts dans les apex, sur les feuilles et les bouquets. Les fruits sont attaqués dès la *nouaison* au niveau du pédoncule. Les fruits attaqués peuvent être envahis par des agents pathogènes secondaires et finir par pourrir (Terrentroy, 2012, INRA, 2017, Madougou et *al*., 2017 Badaoui, 2018) (Figure I.8.).



Figure I.8. Symptômes de *T. absoluta* sur feuilles et sur fruits de tomate (IRAP, 2014 ; Badaoui, 2018)

I.2.7. Les moyens de lutte

La lutte intégrée reste le meilleur moyen de se prémunir contre la mineuse de la tomate, elle consiste à conjuguer différentes stratégies de protection phytosanitaire, notamment, l'utilisation de tous les moyens, aussi bien culturaux tel que l'arrachage, l'élimination des plantes hôtes adventices et l'assolement en intercalant la culture avec d'autres cultures (Ramel et al, 2008; Dubon, 2010), lutte biotechnique (confusion sexuelle) par l'utilisation des pièges à phéromones (Monserrat, 2008), la lutte chimique qu'elle est base sur l'application de molécules détruisant ou limitant les populations de ce bioagresseur. C'est la principale mesure de contrôle utilisée par les agriculteurs afin de maintenir le nombre de ce ravageurs en dessous du seuil de nuisibilité **(**Doré et *al.*, 2006), ou la lutte biologique qui consiste à l'usage d'organismes vivants appelés auxiliaires, antagonistes ou agents de lutte ou de leurs produits tels que des lâchers de trichogrammes (*Trichogramma pretosium*, *T. bactrae*) ou de prédateurs (*Nesidiocoris tenuis*, Macrolophus caliginosus) (Motta *et al*., 2005), pour empêcher ou réduire les pertes ou dommages causés (Riba et *al*., 2008).

I.3. *Fusarium sp*

Selon Link en 1809 (Booth, 1984), le genre *Fusarium* tire son nom du latin fusus car ses spores en forme du fuseau, il est bien connu pour son rôle important en phytopathologie, ce dernier regroupe un grand nombre d'espèces **(**Messiaen et Cassini, 1968 *in* Belabid, 2003) présentant une spécificité parasitaire pour une large gamme de

plantes hôtes (Ozenda, 1990) et responsables des maladies connues sous le terme de **Fusarioses** telles que le flétrissement vasculaire ou la pourriture racinaire et du collet (Lepoivre, 2003).

La fusariose de la tomate *Lycopersicum esculentum*, causées par les agents pathogènes *Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici* (*Fusarium* wilt) (Synder et Hansen, 1940 *in* Belabid, 2003) responsable de la maladie de la Flétrissure Fusarienne classique et *Fusarium oxysporum f. sp. Radicis-lycopersici* (*Fusarium crown ans root rot*) (Jarvis et Shoemaker 1978, Katan et *al*., 1997) responsable de la maladie de la Pourriture des racines et du collet est connue parmi les maladies les plus dévastatrices de cette culture à travers le monde (Haas et défago, 2005). Ces derniers sont des champignons telluriques dotés d'une spécifité stricte d'hôtes. Ils sont capables d'envahir l'ensemble du système vasculaire de la plante provoquant ainsi son obstruction et par la suite l'affaiblissement de la plante qui finit par mourir (Snissi et *al*., 2006).

I.3.1. Position systématique

Fusarium oxysporum et considéré comme *Ascomycète* proche du groupe téléomorphique *Gibberella* que *Nectria* (Di Pietro et *al*., 2003, Michielse et Rep, 2009) et ayant plus de 120 formes spéciales. Sa classification est la suivante:

- Règne : Fungi
- Division : Ascomycota
- Classe : Hymenoascomycètes
- Sous-classe : Pyrenomycetideae
- Ordre : Hypocreales
- Famille : Nectriaceae
- Genre : *Fusarium*
- Espèce : *F. oxyporum*

I.3.2. Description des champignons

I.3.2.1. Flétrissure Fusarienne de la tomate

La flétrissure Fusarienne ou vasculaire **(**Figure .I.9.) est l'une des maladies les plus dévastatrice de la culture de la tomate qui provoque les plus grandes pertes et dans un grande nombre de plantes cultivées, telles que des légumes, des fleurs, et des cultures tropicales (Agrios, 2005). Fut, décrite pour la première fois en Europe à la fin du XIX^{ème} siècle. Ce champignon terricole (indigène du sol) qui pénètre dans la plante par les racines envahit les tissus ligneux et provoque le jaunissement, la flétrissure puis la mort de la plante (Blancard, 1997).

I.3.2.1.1. Les symptômes externes

C'est le flétrissement rapide, les parties des limbes touchés flétrissent comme par manque d'eau. Les feuilles asséchées gardent leur chlorophylle et apparaissent avec un aspect gris verdâtre **(**Figure .I.9.)(Laterrot et *al*., 1978).

Un jaunissement puis une nécrose d'une partie ou de la totalité du limbe avec des éclaircissements au niveau des nervures. Les feuilles qui se trouvent à la base de la plante sont déjà mortes (Messiaen, 1981).

I.3.2.1.2. Les symptômes internes

Une coloration brune sombre des tissus conducteurs au niveau de la tige des plantes atteintes présente dans la partie ligneuse et adjacente au cortex vert(suite d'une coupe longitudinale). Des tissus bruns foncés contenant souvent des fragments mycéliens (lors d'une coupe transversale) **(**Figure .I.9.)(Agrios, 2005; Blancard, 2013).

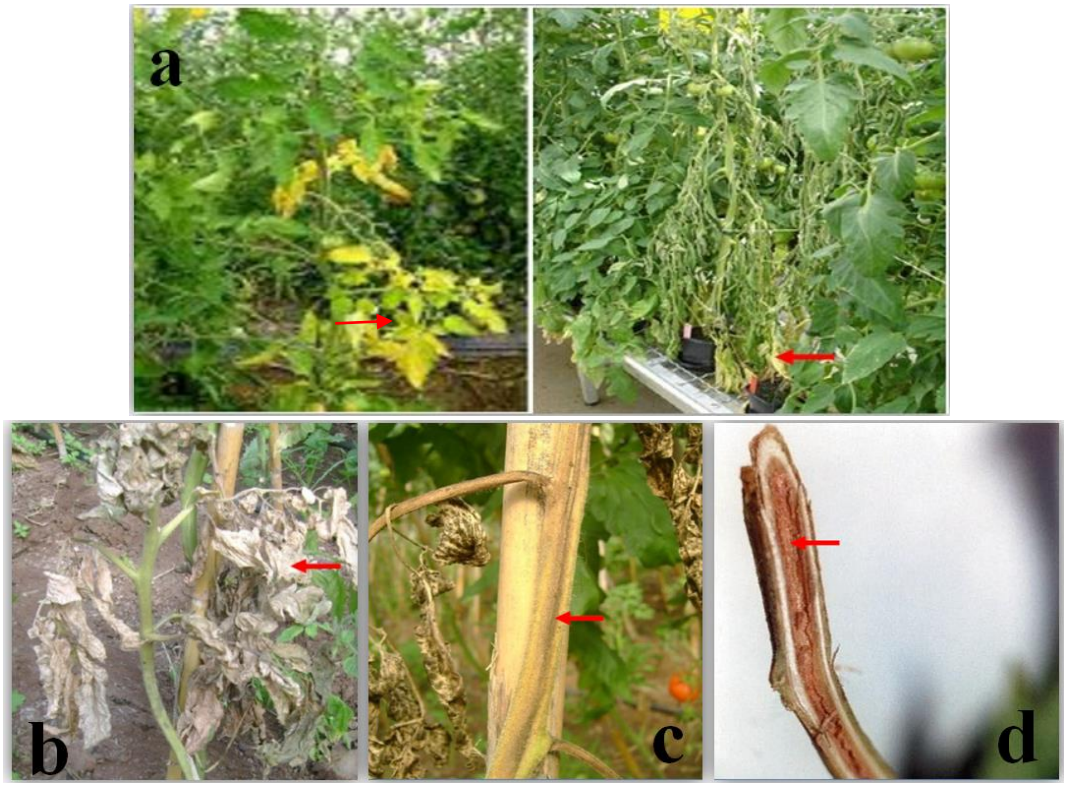


Figure .I.9. Les symptômes externes et internes de la flétrissure fusarienne (*Fusarium* wilt) (Agrios, 2005; Blancard, 2013).
a: jaunissement et flétrissement des feuilles ; **b**: dessèchement et mort des feuilles; **c:** brunissement longitudinal de la tige ; **d:** brunissement des vaisseaux.

I.3.2.2. La pourriture racinaire

La pourriture racinaire et du collet (Figure. I.10) est l'une des principales maladies des pertes économiquement importantes de la culture de tomate à été signalée dans plusieurs pays du bassin méditerranéen où elle est plus ou moins dommageable (Blancard, 1997). Cette maladie terricole s'attaque aux plantules et entraine leur mort (Henni, 1998). Elle peut s'exprimer surtout à maturité lorsque les plantes sont chargées de fruits (Blancard, 1997).

I.3.2.2.1. Les symptômes externes

Contrairement aux maladies vasculaires, des flétrissements plus ou moins importants apparaissent sur les folioles du sommet de la tige, dans cette zone la tige est fortement amincie. Ce champignon dévastateur inféodé avant tout au système racinaire et provoque de nombreuses lésions brun rougeâtres, humides évoluant rapidement en pourriture sur les racines suivi d'un développement d'un chancre brun sur seul coté de la tige et du collet en forme d'une flamme, des flétrissements peuvent être évoluer très rapidement vers l'apparition de jaunissements et le dessèchement des folioles situés à la périphérie du limbe des vieilles feuilles suivis de la nécrose des pétioles et de la chute des feuilles et peuvent aussi conduire à la mort des plantes (Blancard, 1997).

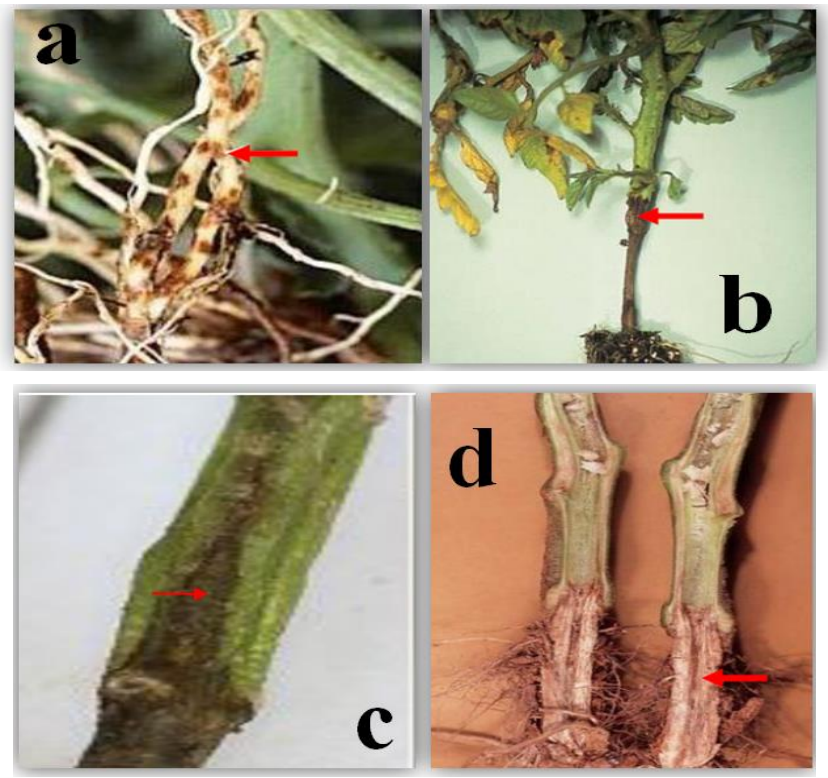


Figure. I.10. Les symptômes externes et internes de la pourriture racinaire et du collet (*Fusarium* crown ans root rot) (Agrios, 2005 ; Blancard, 2009).
a: nécrose racinaire; **b:** pourriture du collet**; c:** un chancre brun en forme d'une flamme sur seul coté de la tige et du collet**; d:** brunissement du pivot.

I.3.2.2.2. Les symptômes internes

Le cylindre central des grosses racines révèle des brunissements assez marqués peur s'étendre jusqu'à la tige sur plusieurs dizaines de centimètres au- dessus du collet. Des racines adventices se développent parfois sur la tige pour faire face à l'attaque du champignon (Blancard, 1997).

I.3.3. Les moyens de lutte

Il n'existe actuellement aucun moyen réellement efficace pour contrôler totalement ces maladies, comme c'est le cas pour l'ensemble des maladies parasitaires vasculaires, les méthodes de lutte appliquées pour contrôler ces deux fusarioses restent généralement d'ordre préventif et assez limitées à cause de leur pouvoir saprophyte, leur aptitude à coloniser les plantes hôtes et de survivre à des conditions défavorables, leur capacité de persister dans le sol infesté pendant plus de 10 ans en absence de la plante de la tomate (Rouxel et al, 1979 ; Benhamou et al, 1997).

I.3.3.1. La lutte culturale et agronomique

Les mesures préventives consistent à éviter les conditions qui favorisent la maladie telles qu'un sol léger et acide, un manque d'azote et de calcium et de lumière, des températures élevées supérieure à 28°C (température optimale du développement de Fusarium oxyporum), un stress thermique et hydrique (excès d'eau) (Blancard, 1997).

Maintenir une fertilisation azotée élevée surtout sous forme de nitrates (fumier) afin de produire beaucoup de pousses jeunes. La méthode la plus pratique, appelée aussi lutte par rotation et compagnonnage. Elle consiste à stopper la culture de la plante qui héberge le *Fusarium* pendant 4 à 5 années, diminue la densité de l'inoculum dans le sol ce qui permet de rompre le cycle du pathogène d'où il ne trouve plus son hôte favorable mais ne freine pas complètement la maladie (Besri, 1975 ; Henni, 1994; Bayaa et Erskine, 1998 *in* Belabid, 2003).

D'autre part l'accompagnage de la culture de la tomate par une autre culture ‹‹plante compagne» participent dans la protection contre la maladie en secrétant des substances liant le fer du sol de façon à ce qu'il ne soit plus disponible aux parasites (MAOC, 2006).

I.3.3.2. La lutte physique

Pour protéger les plants dans un sol où l'on sait la maladie présente, Anchisi et *al* (1985) ont développé un traitement consiste à stériliser le sol avant toute transplantation au moins 48 h par la chaleur, la solarisation ou le traitement des racines avec de l'eau chaude entre 48 et 49°C pendant 30 secondes, cela stimule la croissance des racines. La taille des racines procure aussi une protection contre la fusariose. Mais

généralement ni la stérilisation, ni la solarisation ne sont pas des solutions efficaces à long terme **(**Corbaz, 1990).

I.3.3.3. Lutte biologique

Cette méthode alternative consiste à utiliser différents microorganismes vivants (antagonistes microbiennes, ennemis naturels), appelés aussi auxiliaires ont fait l'objet de plusieurs études pour prévenir ou réduire les dégâts des bio-agresseurs (Fernandes, 2005). Parmi les microorganismes expérimentés avec succès, à l'égard des maladies d'origine tellurique, les *Pseudomonas spp. Fluorescents* et les *Fusarium* non pathogènes qui occupent une place de choix (Armstrong et Armstrong, 1981; Rouxel et *al*., 1979; Benchabane, 2005), d'où ils entrent en compétition pour les nutriments et la colonisation racinaire avec des souches de *F. oxysporum* pathogènes (Alabouvette et *al*., 2006).

I.3.3.4. La lutte chimique

C'est la méthode la plus utilisée, se fait par une désinfection du sol à l'aide de fongicide. Elle est efficace mais présente beaucoup d'effets néfastes sur l'environnement et la santé du consommateur. Les fongicides les plus utilisés reste le Triazole et ces dérivés qui sont des composés très actifs grâce à leur noyau qui possède une activité pharmacologique, antibactérienne, antifongique et hypoglycémique (Hamoir et *al,* 2001). Ces difficultés dans le contrôle du *Fusarium* ont stimulé la recherche vers la lutte biologique par l'utilisation de bio-fongicides (Fravel *et al,* 2003).

I.4. Notion de Lutte biologique

Le concept de lutte biologique n'est pas nouveau. Dès le 7ème siècle, des fermiers chinois utilisaient des plantes comme *Illicium lanceolatum* pour protéger leurs cultures contre les insectes (Leng et *al.,* 2011). De même, au Moyen-âge, des végétaux comme les aconits étaient utilisés contre les rongeurs et des récits indiens datant du 17ème siècle rapportent l'utilisation de racines de Derris et de Lonchocarpus pour leurs propriétés insecticides (Deravel et *al*., 2014). Dans un contexte d'agriculture durable, la lutte biologique peut offrir de nombreuses méthodes de lutte alternatives aux insecticides de synthèse (Vincent *et al*., 1992; Hokkannan, 1995). Plusieurs théories sont fondamentales en lutte biologique, notamment la théorie de la dynamique des populations et la théorie de la quête optimale de nourriture. En pratique, l'application de la lutte biologique repose souvent sur une multitude d'actions et d'informations complexes et fines (Caltagirone, 1989).

I.4.1. Définition des biopesticides

Parmi les méthodes de lutte biologique, les biopesticides occupent une place de choix car ils se prêtent souvent à la production de masse requise pour l'industrie et ils s'appliquent avec un pulvérisateur conventionnel ce qui en facilite l'adoption par les producteurs agricoles (Roger, 1994).

Les biopesticides pourraient être définis de la manière suivante: « *Organismes vivants ou produits issus de ces organismes ayant la particularité de limiter ou de supprimer les ennemis des cultures*» (Thakore, 2006), ils sont classés en trois grandes catégories selon leur origine (microbienne, végétale ou animale) et présentent de nombreux avantages. Ils peuvent être aussi bien utilisés en agriculture conventionnelle qu'en agriculture biologique, certains permettent aux plantes de résister à des stress abiotiques et d'une manière générale, ils sont moins toxiques que leurs homologues chimiques. Même s'ils ont souvent la réputation d'être moins efficaces que ces derniers (Deravel et *al*., 2014).

I.4.2. Différentes catégories des biopesticides

I.4.2.1. Biopesticides microbiens

Cette catégorie comprend les bactéries, champignons, oomycètes, virus et protozoaires. L'efficacité d'un nombre important d'entre eux repose sur des substances actives dérivées des micro-organismes. Ce sont, en principe, ces substances actives qui agissent contre le bioagresseur plutôt que le micro-organisme lui-même (Deravel et *al*, 2014)

I.4.2.1.1. Les bactéries

Les biopesticides à base de *Bacillus thuringiensis* sont les plus commercialisés. Ils ont une action insecticide (Rosas-Garcia, 2009). Des espèces bactériennes du genre *Bacillus* utilisant des mécanismes d'action autres que celui employé par *B. thuringiensis* peuvent également protéger les plantes. Il y a, parmi ces espèces, des souches de *Bacillus licheniformis, Bacillus amyloliquefaciens* ou *Bacillus subtilis*. *Bacillusamy loliquefaciens* et *B. subtilis* sont capables de coloniser les racines des plantes et de produire des molécules de nature lipopeptidique qui sont les surfactines, les iturines et les fengycines. Ces dernières peuvent soit activer les défenses des plantes, soit avoir un effet antibactérien ou antifongique direct (Pérez-Garcia et *al.*, 2011).

I.5.2.1.2. Les virus

Les Baculoviridae sont des virus à double brins d'ADN circulaire, ayant un génome compris entre 100 et 180 kb, protégés par une paroi protéique (Chen et *al*., 2002). Ils infectent les arthropodes insectes ou larves. Ils représentent un faible risque sanitaire car aucun virus similaire n'a. Ces virus sont classés en fonction de la morphologie particulière de leur corps d'inclusion. Ainsi, on retrouve les Granulovirus, comme *Cydia pomonellagranulosis*, inclus dans des granules de forme ovale ou ovoïde et les nucleopolyhedrovirus, comme *Helicoverpa zea* (HZSNPV) et *Spodoptera exigua* nucleopolyhedrosis qui sont inclus dans des polyhèdres de forme arrondie, cubique ou hexagonale (Chen et *al*., 2002).

I.5.2.1.3. Les champignons

Outre les bactéries et les virus, certains champignons présentent des activités contre les bio-agresseurs et sont exploités en tant que biopesticides. *Coniothyrium minitans* est connu pour parasiter les champignons du genre *Sclerotinia spp*. Ce genre fongique se retrouve dans le sol et est à l'origine de la maladie appelée pourriture blanche qui peut affecter de nombreuses cultures dont la carotte, le haricot, le colza ou le tournesol. *Coniothyrium minitans* est connu pour pénétrer dans les sclérotes de *Sclerotinia sclerotiorum* soit par des craquelures situées à l'extérieur de cette forme de conservation du champignon, soit en s'introduisant par l'écorce extérieure en suivant une voie intercellulaire. Il poursuit ensuite son chemin en intracellulaire en pénétrant le cortex et la médullaire (McQuilken et *al*., 2003).

Plusieurs souches du champignon filamenteux du genre *Trichoderma spp*. sont utilisées pour la protection biologique des plantes. Elles ont généralement une activité antifongique contre plusieurs pathogènes du sol ou contre des pathogènes foliaires (Dodd et *al*., 2003). L'activité de bio-contrôle de cette souche est attribuée à plusieurs mécanismes d'action qui agissent en synergie. Parmi ces mécanismes d'action, il y a la compétition pour les nutriments, l'antibiose, ou la production d'enzymes spécifiques de dégradation des parois cellulaires comme les chitinases ou protéases (Brunner et *al*., 2005).

I.5.2.2. Biopesticides animaux

Ces biopesticides sont des animaux comme les prédateurs ou les parasites, ou des molécules dérivées d'animaux, souvent d'invertébrés comme les venins d'araignées, de scorpions, des hormones d'insectes, des phéromones (Goettel et *al*., 2001; Saidemberg et *al*., 2009; Aquiloni et *al*., 2010). La coccinelle est l'insecte auxiliaire le plus connu. La coccinelle *Rodolia cardinalis* prélevée en Australie est couramment utilisée comme prédateur de la cochenille *Icerya purchasi* (Calderón Alvarez et *al*., 2012), Comme les coccinelles, les acariens utilisent la prédation pour se nourrir de certains insectes ravageurs des plantes. C'est l'activité parasitique des nématodes comme *Phasmarhabditis hermaphrodita* qui est utilisée pour la lutte contre les limaces et les gastéropodes en général (Grewal et *al*., 2003).

Les biopesticides d'origine animale qui sont des signaux chimiques produits par un organisme et qui changent le comportement d'individus de la même espèce ou d'espèces différentes sont également répertoriés sous l'appellation « sémiochimiques ». Les sémiochimiques ne sont pas à proprement parler des «pesticides ». En effet, ils ne vont pas provoquer la mort des bio-agresseurs, mais plutôt créer une confusion chez ces derniers. Cette confusion les empêchera de se propager dans la zone traitée (Deravel et *al*, 2014).

I.5.2.3. Biopesticides végétaux

En raison de la conjoncture actuelle, les biopesticides d'origine botanique sont appelés à un avenir meilleur, car la demande en produits phytosanitaires sans danger, de faible rémanence et qualifiés de produits verts est actuellement en hausse. (Roger, 2002)

Les plantes produisent des substances actives ayant des propriétés insecticides, aseptiques ou encore régulatrices de la croissance des plantes et des insectes. Le plus souvent, ces substances actives sont des métabolites secondaires qui, à l'origine, protègent les végétaux des herbivores. Le biopesticide d'origine végétale le plus utilisé est l'huile de neem, un insecticide extrait des graines d'*Azadirachta indica* (Schmutterer, 1990).

D'autres extraits de plantes ont des activités insecticides; ainsi, *Tanacetum* (*Chrysanthemum*) *cinerariaefolium*, plus communément appelé pyrèthre, est une plante herbacée vivace cultivée pour ses fleurs dont une poudre insecticide est extraite. Ses principes actifs, appelés pyréthrines, attaquent le système nerveux de tous les insectes. Cependant, ces molécules naturelles sont rapidement dégradées par la lumière. Certaines huiles végétales, qui n'ont pas d'activité antiparasitaire intrinsèque, peuvent être retrouvées sur le marché en tant que biopesticide. Dans ce cas, ce sont leurs propriétés physiques qui sont exploitées. Ainsi, l'huile de colza est l'ingrédient principal de quelques produits comme le VegOil® car, aspergée sur les feuilles et les ravageurs, elle forme un film huileux qui asphyxie ces derniers. (Deravel et *al*, 2014).

Les plantes à pesticides intégrés (*Plant Incorporated-Protectants*, PIPs) sont des organismes modifiés par génie génétique, capables de produire et d'utiliser des substances pesticides afin de se protéger contre des insectes, des virus ou des champignons. Les PIPs les plus connues sont des plants de pommes de terre, maïs et coton ayant la particularité de produire la protéine Cry de *B. thuringiensis*. Pour l'agence américaine de protection de l'environnement (*United States, Environmental Protection Agency*, US.EPA), les PIPs sont une catégorie de biopesticides (Shelton et *al*., 2002 ; Bates et *al*., 2005).

I.5.2.3.1. Les extraits des plantes

Un extrait végétal est une préparation naturelle à base des plantes. Le but de ce dernier est d'extraire les oligo-éléments et les principes actifs de certaines plantes pouvant avoir un effet bénéfique sur les plantes et le sol. Les principes actifs d'une plante sont les composants présents dans cette plante qui lui confère des propriétés intéressantes comme insecticides, fongicides ou stimulatrices de compost …. La concentration en principe actif peut varier très fortement selon le mode de préparation du produit utilisé et la quantité pulvérisée. Ces composants sont souvent en quantité

extrêmement faible dans la plante, ils représentent seulement quelques % de son poids total (le jardin d'Emile, 2017).

Le terme « extrait végétal » englobe quatre principaux types de préparations naturelles constituées d'extraits de plantes : les fermentations (purins), les macérations, les décoctions et les infusions (le jardin d'Emile, 2017). La distillation à la vapeur d'eau d'où la plupart des huiles essentielles sont obtenues par distillation à la vapeur d'eau (Fornara, 2015).

I.5.2.3.2. Huiles essentielles

Le terme huile provient du fait, que les substances volatile, sont visqueuses et hydrophobe et qu'elles ont la propriété de solubiliser dans l'alcool et huile grasse, mais pas dans l'eau. La dénomination « essentielles » reflète le caractère principal des plantes à dégager des odeurs agréables (Al Abed et *al*, 2003), il était définit par l'Agence nationale de sécurité du médicament (ANSM, 2008) comme « Produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement par la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, ou par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition».

I.5.2.3.2.1. Composition chimique des huiles essentielles

La composition des huiles essentielles est généralement très complexe, à la fois par la diversité considérable de leurs structures, et par le nombre élevé de constituants présents (ABID, 2008), ils appartiennent de façon quasi exclusive, à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpènoïdes d'une part et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane d'une autre part (Gariland, 1998).

La composition des huiles essentielles est déterminée soit par la chromatographie en phase gazeuse (CPG), c'est la technique la plus utilisée, car elle permet de faire une analyse complète de plus d'une centaine de molécules chimiques que contient l'huile. Ou par le spectromètre de masse (SM), qu'elle est associée souvent à la chromatographie (CPG-SM), qui lui permet d'obtenir la composition précise de l'huile essentielle (Bachelot et *al*., 2005). Soit par utilisation d'une méthode spectroscopique, dite résonance magnétique nucléaire du carbone-13 (RMN 13C) (Bekhechi, 2008).

Le rendement en huiles essentielles et sa composition chimique varient suivant divers facteurs, l'environnement, le génotype, origine géographique, le lieu et la période de récolte, la partie de la plante étudiée, l'âge de la plante, le séchage, lieu de séchage,

la température et la durée de séchage, les parasites, les virus et les mauvaises herbes (Smallfield, 2001; Merghache et *al*., 2009; Bekkara et *al*., 2007).

I.5.2.3.2.2. Utilisation des huiles essentielles en tant que biopesticides

L'utilisation répandue des insecticides synthétiques a mené à beaucoup de conséquences négatives (la résistance des insecticide, la toxicité sur la faune auxiliaire, les problèmes de résidu et la pollution environnemental) ayant pour résultat l'attention croissante étant donnée aux produits naturels (Isman, 2005).

Plusieurs études sont en cours pour évaluer l'intérêt des huiles essentielles dans la protection des cultures. Par exemple celles menées par l'ITAB (Institut Technique de l'Agriculture Biologique) qui en 2012, a travaillé sur l'inscription de certaines plantes en tant que substances de base, mais aussi celles menées par PO2 N (Pesticides Organiques d'Origine Naturelle), De son côté, l'iteipmai a, depuis quelques années, entamé un travail de prospection bibliographique sur les produits naturels en protection des cultures à l'issue duquel est né le programme « Green Protect ». Ce projet vise à explorer les potentialités biocides de substances naturelles pour des usages en protection des plantes et protection contre les moustiques (Iteipmai, 2013). Les huiles essentielles ont des effets antiappétants, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes et acariens (Roger et *al*, 1995), Certains auteurs pensent que la plante utilise l'huile pour repousser ou attirer les insectes, dans ce dernier cas, pour favoriser la pollinisation. D'autres considèrent l'huile comme source énergétique, facilitant certaines réactions chimiques, conservent l'humidité des plantes dans les climats désertiques (Belaïche, 1979).

D'un autre coté les huiles essentielles jouent un rôle important dans la protection de la plante contre la flore microbienne par leurs propriétés fongicides et bactéricides, et contre les herbivores par leur goût amer et leurs effets défavorables sur leur système nerveux (Porter ,2001).

I.5.3. Avantages des biopesticides

Plusieurs raisons justifient le choix des biopesticides: ils restreignent ou éliminent l'utilisation des pesticides chimiques, sont moins toxiques que les molécules synthétiques, diminuent les risques de développer de la résistance, ont une plus grande spécificité d'action. Par ailleurs, ils améliorent la qualité de vie des travailleurs agricoles, n'exigent pas de délai requis avant récolte, offrent aux consommateurs des produits sains qui ont une meilleure presse auprès des consommateurs. Ils se dégradent rapidement diminuant ainsi le risque de pollution. De plus l'utilisation des biopesticides offre la possibilité de produire des produits bios respectant les normes de Limite Maximale de Résidu (LMR) requises aux produits agricoles exportés (Thakore, 2006).

Chapitre II

MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE II

MATÉRIEL ET MÉTHODES

- **Introduction**

Les productions agricoles destinées à la consommation humaine ou animale ont besoin d'être protégées contre des maladies ou des ravageurs, qui sont susceptibles de provoquer des dégâts souvent irréversibles (Scholtus, 2004). Afin de lutter contre ces ennemis, le moyen de lutte le plus utilisé est le recours à des pesticides de synthèse. Ces pesticides étaient facilement disponibles et utilisables et leur efficacité a été pour plusieurs années fulgurantes. Cependant, si l'utilisation de ces substances actives apporte des bénéfices pour les systèmes de production agricole, elle est également à l'origine d'effets négatifs sur l'environnement.

Dans ce sens les options alternatives aux produits chimiques notamment, la lutte biologique par utilisation de bio-pesticides à base de substances naturelles et de micro-organismes, l'utilisation de prédateurs et de parasitoïdes peuvent diminuer les préoccupations mondiale majeure quant à la protection de l'environnement.

II.1. L'objectif du travail

Cette présente étude a pour objectifs d'estimer l'efficacité des bioproduits d'origine végétale et les comparer avec des pesticides de synthèses par:

- L'étude *in vivo* de leur pouvoir insecticide sur un ravageur redoutable de la tomate *Tuta absoluta* dite mineuse de la tomate.

- L'étude *in vitro* et *in vivo* de leur pouvoir fongicide sur une souche fongique phytopathogène *Fusarium sp.*

II.2. Présentation de la chambre de culture

Toutes les expérimentations ont été menées au Département des sciences de la vie et de la nature de l'Université **Dr. Yahia Farès de MÉDÉA**, dans une chambre de culture contrôlée. La température de l'enceinte est maintenue entre 25° et 35° C avec une hygrométrie comprise entre 40 et 50 %.

La chambre de culture est également équipée d'un système de photopériode alimenté par quatre lampes néon (**65 WATT**) allumées 24/24 h (Figure II.1).

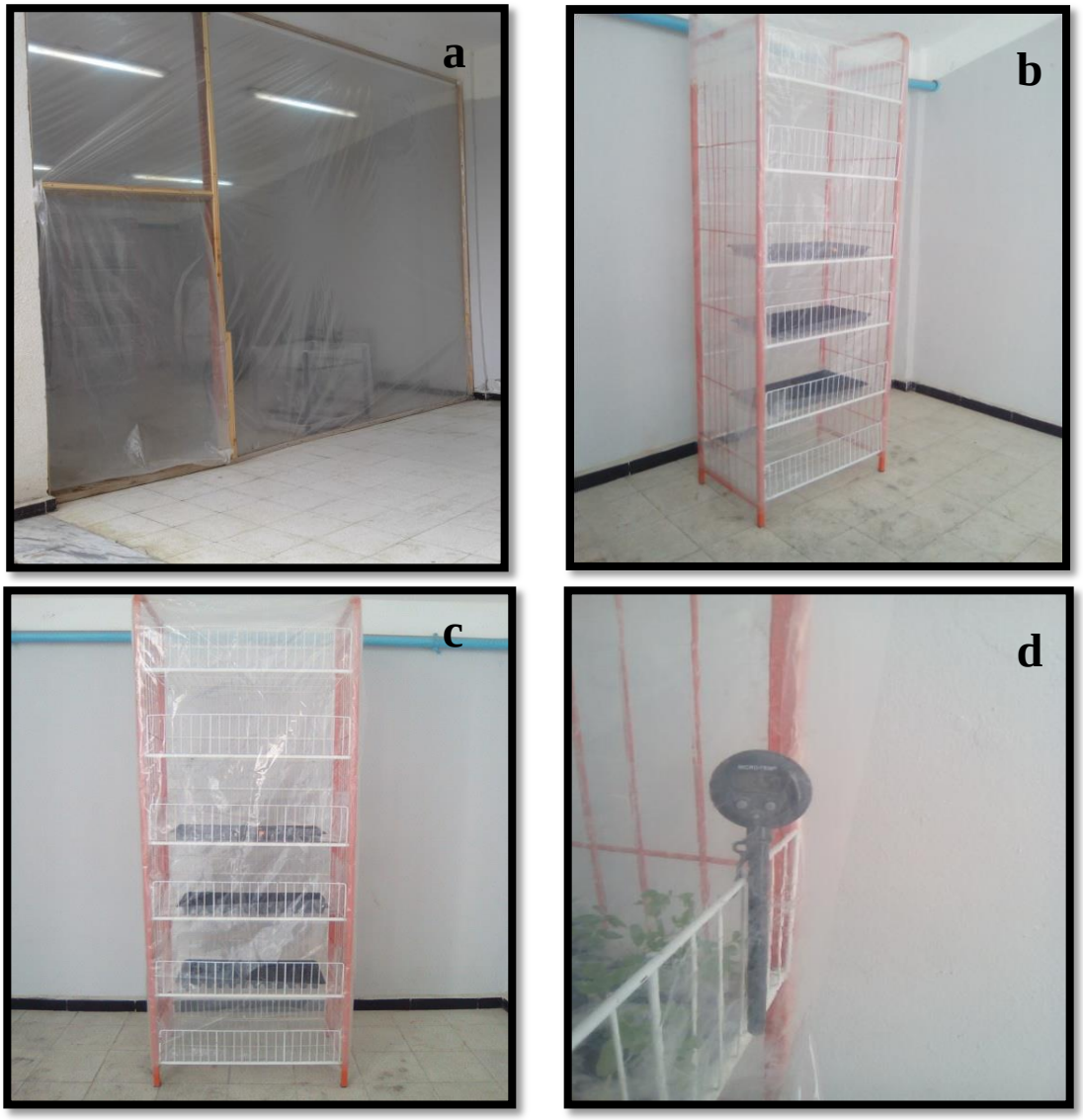


Figure .II.1. Présentation générale de la chambre de culture (Originale, 2018)
a : chambre de culture ; **b, c :** étager ; **d:** thermomètre.

II.3. Matériel d'étude

II.3.1. Obtention du matériel biologique

II.3.1.1. culture des plantules de la tomate

L'essai a été commencé par la réalisation d'un semis de tomate de variété **SUPER MARMANDE** au niveau de la serre. Cette variété à été choisis en raison de sa précocité et sa vigueur. Le semis a été effectué à la fin du mois de Mai dans des alvéoles en plastique remplies d'un substrat stérile composé d'un tiers de sable et 2 tiers de tourbe avec un nombre de 3 à 5 graines par alvéole (Figure. II.2). Au stade 3 feuilles les plants de tomate ont été repiqués dans des gobelets et des sachets remplis d'un mélange de tourbe et de sable auparavant stérilisé dans une étuve pendant 24 h à une température de 180°C. Les plants repiqués ont été régulièrement irrigués (tous les 2 à 3 jours) par l'eau de source naturelle.

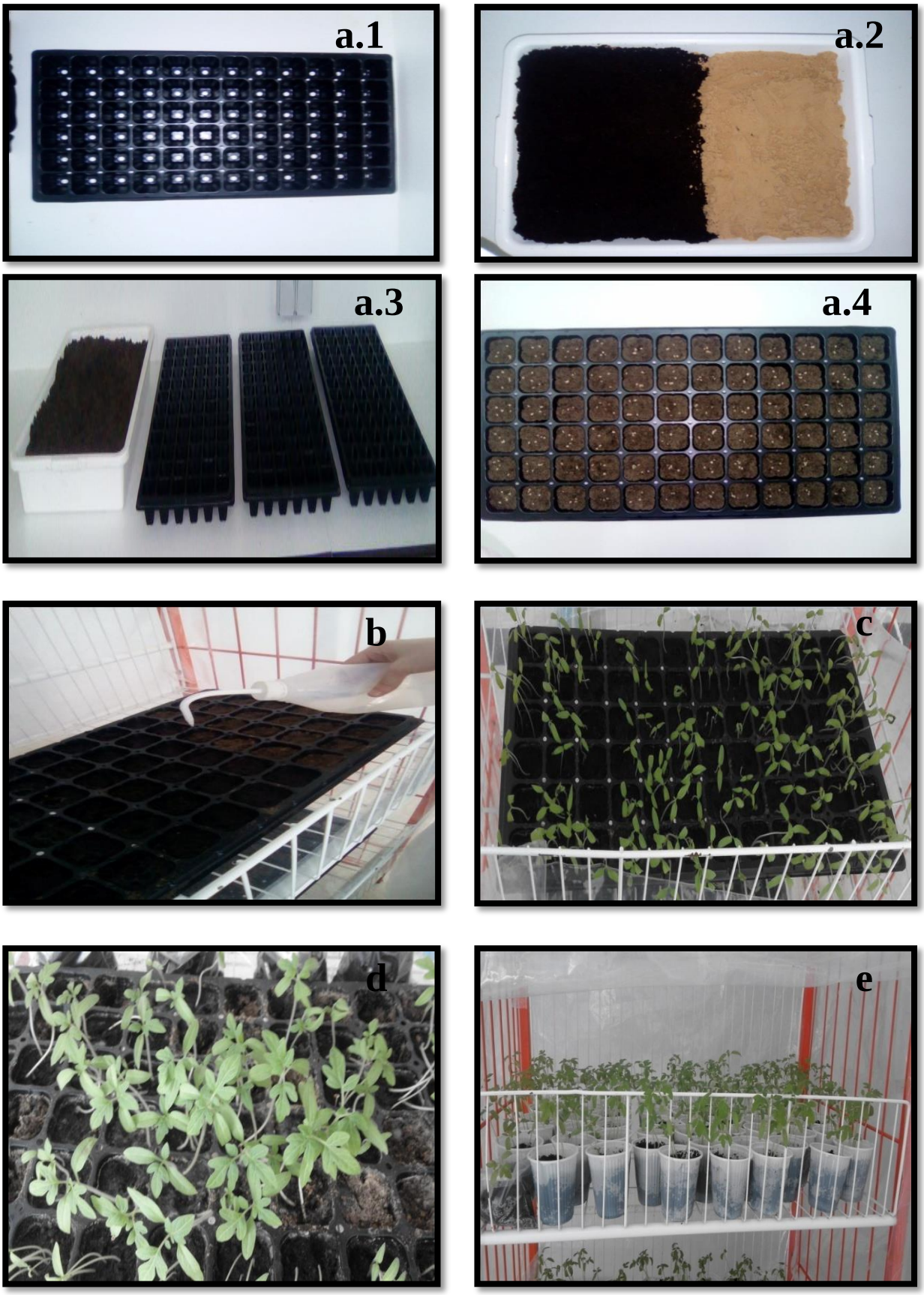


Figure. II.2. Obtention du matériel végétal (Originale, 2018).

a.1, a.3: alvéole **; a.2:** substrat (sable + tourbe) **; a.4:** Semis de la tomate **; b:** Irrigation des grains **; c:** Stade de levée de semis **; d:** Stade 3 feuilles de la tomate **; e:** Plants de tomate après repiquage**.**

II.3.1.2. Obtention des populations infestantes de la mineuse de tomate *Tuta absoluta*

Les individus de la mineuse de tomate *Tuta absoluta* ont été collecté auprès de l'**I**nstitue **T**echnique des **C**ultures **M**araîchères et **I**ndustrielles **ITCMI** de Zéralda pendant le mois de juin à partir des plantes de tomate infectées.

Les insectes ont été collectés à différents stades à savoir les trois stades larvaires (L2, L3, L4) ainsi le stade adulte. Les feuilles de la tomate infestées par le ravageur ont été conservés dans des bocaux en verre recouvertes par un tissu de mousseline pour assurer l'aération et dans une température ambiante jusqu'à son utilisation.

Au niveau de la chambre de culture, nous avons procédé à l'infestation par la mise en place de ces feuilles minées sur les plants de tomate sains déjà disposés sur les étagères.

II.3.1.3. Obtention du micro-organisme *Fusarium. Sp*

La souche fongique, *Fusarium sp*. utilisé dans cette étude a été fournis par le laboratoire de bactériologie (Université de Blida). Le champignon était en état de conservation sur un milieu de culture PDA dans des tubes Eppendorf.

Cette espèce fongique a été choisie à cause de sa disponibilité, de son pouvoir élevé à contaminer les cultures maraichères ainsi que pour sa pathogénicité chez les plantes aussi bien en plein champ qu'en conditions de stockage.

II.3.1.4. Récolte et conservation du Faux poivrier *Schinus molle*

Le matériel végétal qui a été retenu pour la préparation des phytopréparations s'est limité à des feuilles d'un arbre très fréquent en région méditerranéenne Faux poivrier ou Poivrier sauvage *Schinus molle* (Sapindales : Anacardiaceae).

Le faux poivrier *Schinus molle* est un arbre à feuilles aromatiques appartenant à la famille des Anacardiacées ou térébinthacées (sous-famille des Anacardioïdées) (Gaston, 1990). Cette dernière s'adapte à tous les climats, mais elle se plaît généralement bien sur le littoral méditerranéen (Taylor, 2005). Le faux poivrier a un tronc court de 5 â 10 m de hauteur, ramure arrondie, jeunes une écorce rugueuse, ses feuilles sont disposées de façon alterne sur les rameaux de couleurs vert sombre, aromatiques lorsqu'elles sont froissées, de 2 à 6 cm de longueur (Figure. II.3.b). Les fleurs sont petites, unisexuées suspendus en panicules peuvent atteindre 30 cm de long, disposées de grappes (Figure. II.3.a). Le nom commun «poivrier» est due au fait que les fruits contiennent des graines avec un goût piquant, utilisé pour l'assaisonnement comme poivre en substitution (Orwa et *al.*, 2009). Les fruits sont de petites drupes roses

rougeâtres rondes qui se développent du vert au rose ou rouge corail puis au noir qui ont une grosseur et une saveur rappelant celles du grain de poivre, très ornementaux, mesurent environ 8 mm de diamètre (Belot, 1978; Becker et *al*., 1982; Somon, 1987) (Figure. II.3.c et d). Les analyses photochimiques ont montré que le poivrier contient des composés aromatiques sous forme de tanins , alcaloïdes, flavonoïdes, saponines, stéroïdes et de grandes quantités d'huile essentielle , dont certaines pourraient avoir des effets allélopathique (Dikshit,1986; Hae,2008) . Les extraits de plantes et les huiles essentielles peuvent être obtenus à partir de différentes parties de l'arbre: feuilles, fruits mûrs et non mûrs. L'huile essentielle des feuilles se compose de 24 éléments selon Deveci et *al.* (2010). La composition peut diffère en fonction de la saison et la région où le matériel végétal est collecté (Abdel-sattar, 2010).

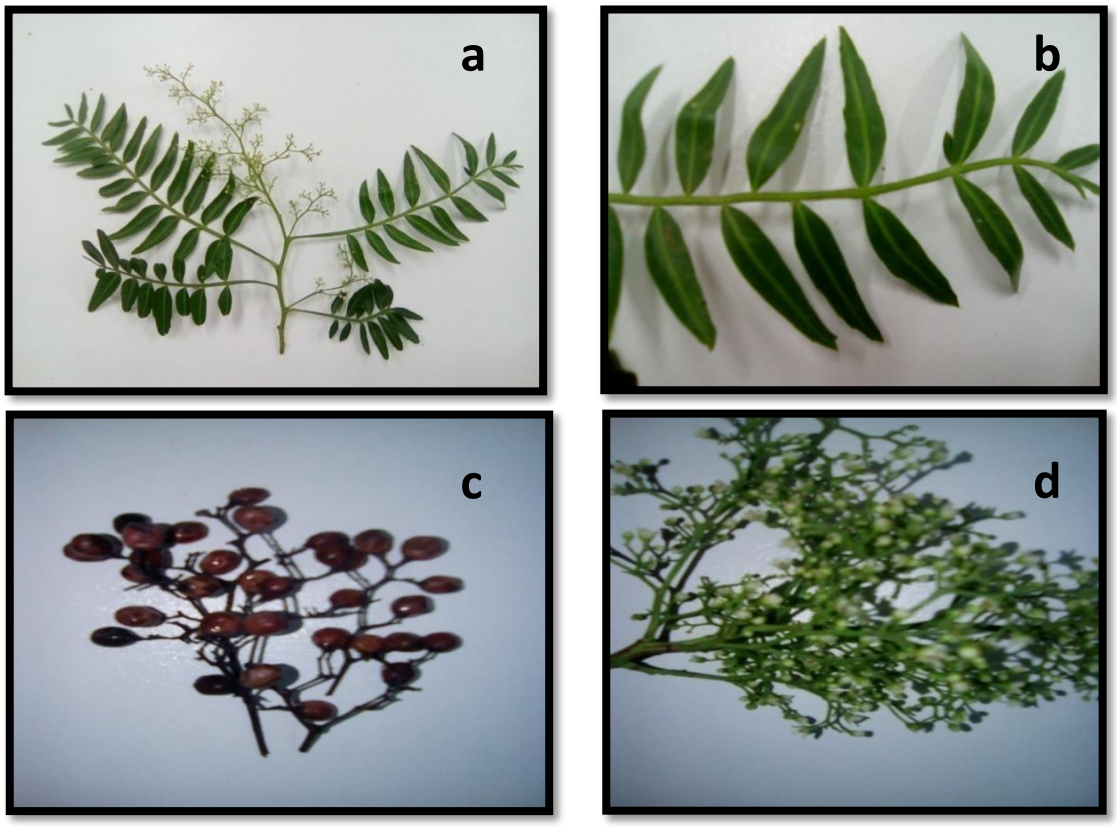


Figure. II.3. Les différents organes de *Schinus molle* (Original, 2018).
a: faux poivrier *Schinus molle***; b:** feuille de *Schinus molle***; c:** fruits de *Schinus molle***; d:** fleurs de *Schinus molle*

L'espèce *S. molle* a été utilisée comme principe actif, l'espèce a été récoltée au stade de floraison durant la période estivale (juin 2018) au niveau de la région Médéa **(Quartier de M'sallah)**.

La région de récolte (Médéa), située a une altitude de 981 m, une longitude 2°45′00″ E et une latitude 36°16′03″N; la température moyenne annuelle est de 14.4 °C, et les précipitations sont en moyenne de 736 mm. Compte tenu ces donnes, la région

fait partie au climat tempéré chaude de type **Csa** (méditerranéen avec été chaud) (D'après https:// www.climat-data.org).



Figure. II.4. L'arbre de *Schinus molle* (Originale, 2018)

Une partie des plantes récoltée à été utilisés en état fraiche pour l'hydro-distillation, tandis que l'autre partie à été séchée pendant 10 jours à l'air libre à l'abri de la lumière et de l'humidité. Les feuilles séchées ont été broyée en poudre fin par un mixeur à hélice puis criblée par un tamis pour les utiliser dans les préparations de différents extraits.



Figure. II.5. Poudre des feuilles de faux poivrier (Originale, 2018).

II.3.1.5. phytopréparation des bioproduits

II.3.1.5.1. Préparation de l'extrait aqueux

La méthode d'extraction utilisée dans notre expérimentation est une macération aqueuse qui admets à réserver la plante en contact avec l'eau à une température ambiante pendant un durée plus ou moins long, dans le but de faire libérer et extraire tout les composants actifs existants chez la plante à étudier.

Une décoction aqueuse a été effectuée où 20g de poudre de végétal a été additionné à 100 ml d'eau distillé stérile, disposée dans une erlenmeyer stérile, puis l'ensemble est porté à l'ébullition à 80°C pendant 3h. Les homogénats ont été filtrés d'abord à l'aide d'un tissu de mousseline stérile, puis par le biais du papier wattman (N°1). Les extraits bruts obtenus ont été ensuite préservés aseptiquement dans des bouteilles de Roux stériles de 25cm3, entourées par du papier aluminium afin d'éviter toute dégradation des molécules par la lumière puis conservées dans le réfrigérateur à 0°C pour une utilisation ultérieure (De Souza, et *al*., 1995 ; Midorikawa, et *al*., 2001).

A partir des extraits aqueux obtenus, nous avons choisi de tester la capacité biocide de *S. molle* à différente dose a savoir :

- **D1: Extrait aqueux pur;**
- **D2 : Extrait aqueux pur +eau distillé (V/V) (1/1)**

II.3.1.5.2. Préparation de l'extrait éthanolique

L'extraction éthanolique à été effectuée selon le protocole décrit par Raja (2012), mais avec quelques modifications. 20 g de poudre végétal ont été macérés dans 100 ml de l'éthanol à 70% dans une fiole Erlenmeyer stérile de 200 ml. La fiole à été recouvrée par un papier aluminium et soumise à une agitation de 150 tr/min à l'aide d'un agitateur magnétique **AGIMATIC** - N pendant 24h à la température ambiante. Le mélange à été filtré par un tissu de mousseline stérile ensuite un papier filtre Wathman (N°1). Le filtrat obtenu à été placé dans un ballon de rotavapor **RE3022C** sur un bain marie de 50 °C jusqu'à l'évaporation complète du solvant (Figure II.6). L'éxtrait pure à été retiré du ballon et conservé dans une température de 0 °C jusqu'à son utilisation.

A partir des extraits éthanolique obtenus, nous avons choisi d'effectuer la suite des analyses du pouvoir biopesticide avec deux concentrations pour l'évaluation de l'activité insecticide et antifongique vis-à-vis les cibles choisies. Les concentrations utilisées sont:

- **D1: Extrait éthanolique+ eau distillé stérile (1g+1ml);**
- **D2 : Extrait éthanolique +eau distillé (0,5 g+1ml).**

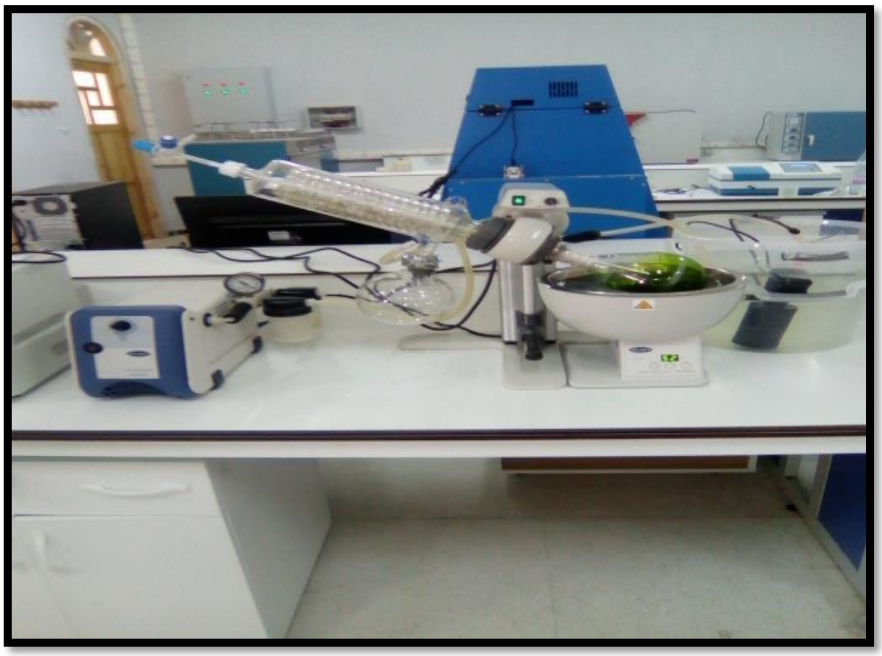


Figure. II.6. Extraction éthanolique par rotavapor (Originale, 2018).

II.3.1.5.3. Préparation de l'extrait méthanolique

Pour l'extraction méthanolique, 0.06g de poudre végétale ont été rajoutés à 2 ml de méthanol à 80% à température ambiante, Ces macérats a été homogénéisés pendant 2h sur un agitateur magnétique **AGIMATIC** - N à 150 tr/min, puis filtré par un papier filtre Wathman (N°1). Le filtrat à été centrifugé à 10.000 tr/min pendant 15 min. Les extraits obtenus ont été préservés dans des flacons, entourées par du papier aluminium puis conservées dans le réfrigérateur à 0°C pour une utilisation ultérieure (Figure. II.7) (Šamec et *al*., 2015).

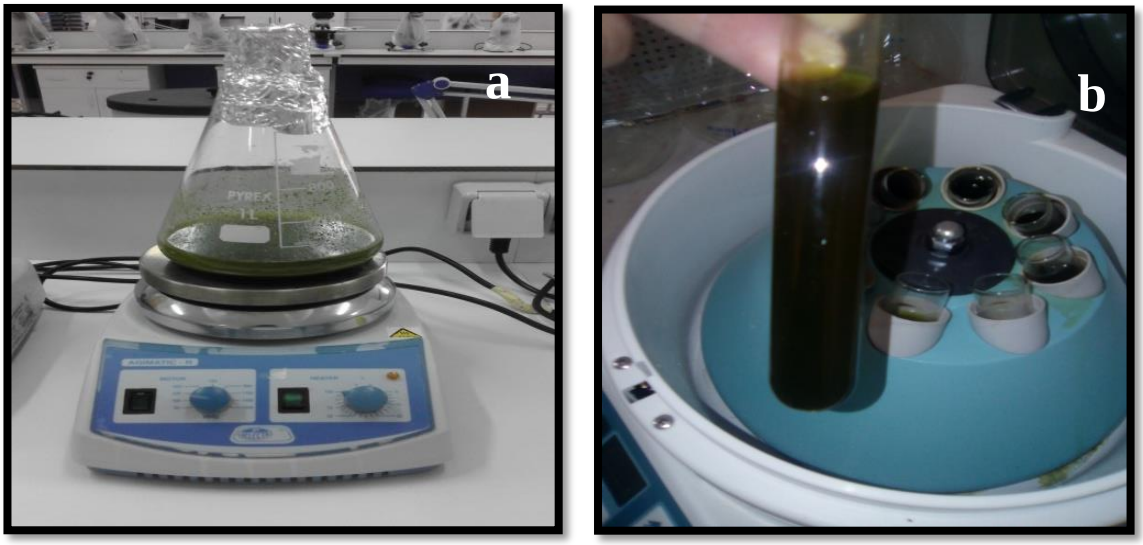


Figure. II.7 Extraction méthanolique (Originale, 2018).
a: Agitation du macérat **; b:** centrifugation du filtrat

Pour évaluer la toxicité des extraits méthanolique, nous avons adopté les doses suivantes :

- **D1 : Extrait éthanolique+ eau distillé stérile (1g+1ml);**
- **D2 : Extrait éthanolique +eau distillé (0,5 g+1ml)**

II.3.1.5.4. Préparation d'huile essentielle

L'extraction de l'huile essentielle dans le présent travail a été réalisée à l'aide d'un hydro-distillateur.

Environ 100 g de matière végétale fraîche de faux poivrier *Schinus molle* sont chargés dans un ballon de 1000 ml ensuite rempli par 500 ml d'eau distillé. Le ballon est relié à un réfrigérant et porté par la suite à l'ébullition à une température de 100°C à l'aide d'un chauffe- ballon pendant 40 min à 1 h. La chaleur intense fait exploser les petites poches qui contiennent des molécules volatiles. Elles sont ensuite canalisées par la vapeur d'eau vers le réfrigérant serpentin pour se liquéfier sous l'action du froid.
Le liquide coule alors dans la burette où il se sépare en deux phases. La phase aqueuse, plus lourde, reste en bas et l'autre plus légère, constituée principalement d'huile essentielle. L'huile essentiel obtenu a été récupérée dans un flacon stérile, entourées par du papier aluminium ensuite conservée dans le réfrigérateur à 4°C pour une utilisation ultérieure (Figure. II.8).

Pour l'application nous avons mélangé l'huile essentielle de *S. molle* avec le tween 80 et avec l'eau, à différentes concentrations a savoir :

- **D1: Tween 80+ huile essentielle + eau distillé (3ml/1ml/1000ml) ;**
- **D2 : Tween 80+ huile essentielle + eau distillé (3ml/0,5ml/1000ml).**

II.3.2. Matériel non biologique

II.3.2.1 Insecticide chimique

Les individus de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* ont été soumis à un pesticide de synthèse à base de la matière active **ACETAMIPRIDE (**20%) (Hadjeres, 2015).

La matière active est commercialisé sous le nom d'**ACEPLAN 20 SP**, de formule brut chimique $C_{10}H_{11}ClN$, fait partie de la famille des Chloronicotiniles, une famille d'insecticides neurotoxique pour les invertébrés; sa solubilité dans l'eau est de 4,25 $g \cdot l^{-1}$ à 25° C et une masse volumique 1,17 g/cm^3, avec un délai avant récolte de 14 jours.

La matière active agit par contact et ingestion sur un grand nombre d'insectes piqueurs suceurs (pucerons, mouches blanches), chenilles de papillons, et présente une

excellente efficacité de choc et une très bonne persistance d'action en agissant sur le système nerveux central des insectes.

- **Deux doses d'application ont été arrêtées à savoir la dose homologuée D1 (0.66 g/l) et D2 (1,32 g/l).**

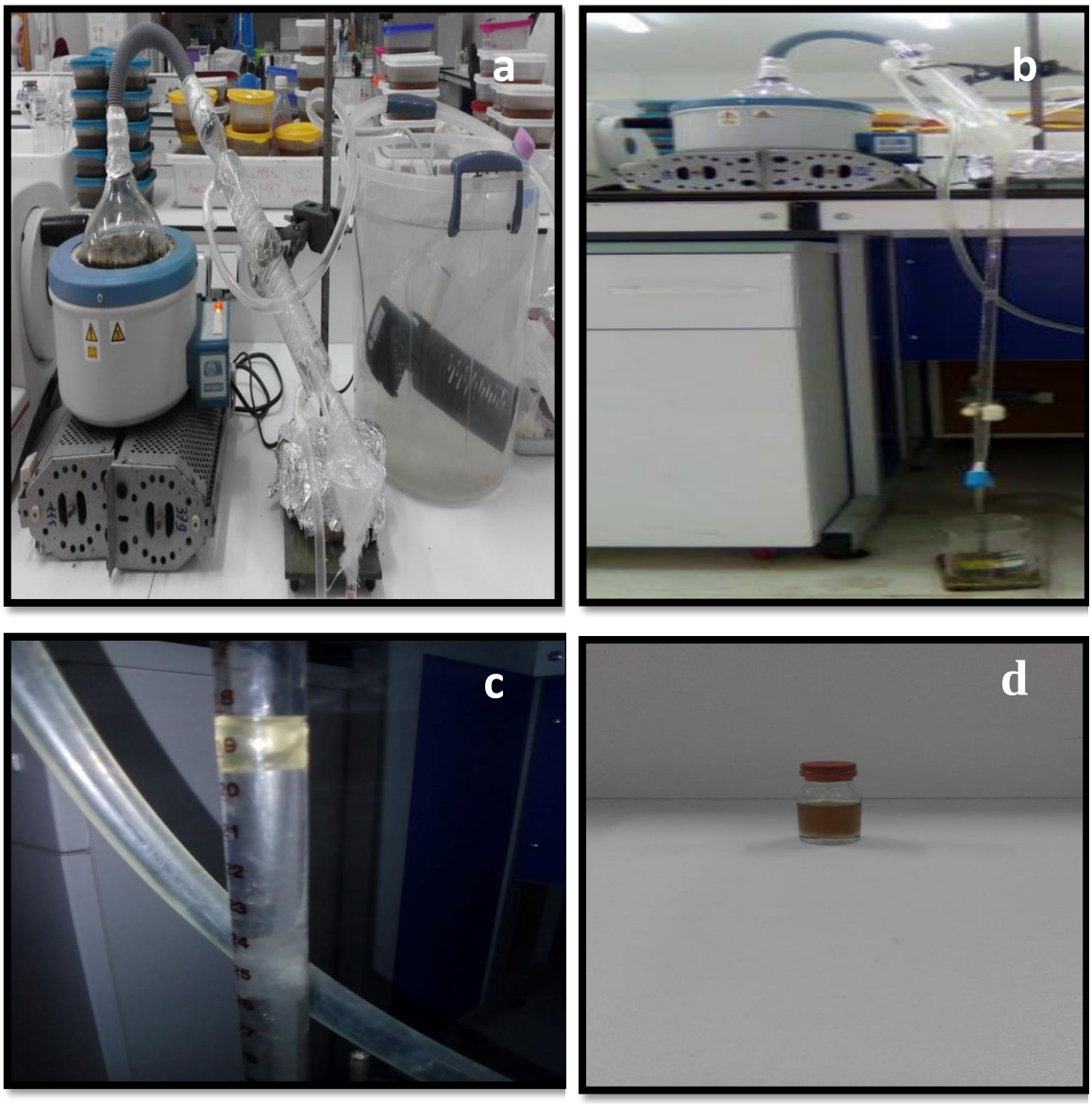


Figure. II.8. Montage d'hydro-distillation utilisé dans l'extraction des huiles essentielles (Originale, 2018).

a: dispositif d'hydro-distillateur**; b :** Méthode de séparation de l'hydrolat et l'huile dans une burette graduée **; c:** Les deux phases séparées de l'hydrolat et l'huile; **d:** l'huile essentielle récupérée.

II.3.2.2 Fongicide chimique

Le champignon *Fusarium sp*. a été exposé à un fongicide systémique qui appartient à la famille chimique des PHOSPHONATES, dont la matière active est de ***FOSETYL-ALUMINIUM*** *(80%*) et le nom commercial est **FOLIETTE** (Hadjeres, 2015).

Le principe actif FOSETYL-ALUMINIUM est un composé organométallique dont sa formule chimique brut est $C_6H_{18}AlO_9P_3$, qui a une solubilité dans l'eau de 111,3 $g \cdot l^{-1}$ à 20 °C et une masse molaire de 354,1045 ± 0,0088 g/mol et une température de fusion de 215 °C, avec un CL_{50} de 94,3-428 mg·l-1 et un délai avant récole de 14 jours et 7 jours pour certains maladies.

La matière active agit préventivement et curativement en inhibant la germination des spores bloquant le développement du mycélium et par systémie ascendante et descendante, il a une activité directe sur la maladie et indirecte en stimulant les défenses naturelles de la plante.

- **Deux doses d'application ont été arrêtées à savoir la dose homologuée D1 (1.44 g/l) et D2 (0.72 g/l).**

II.3.2.3. Tween

Tween 80 ou polysorbate 80 est un agent émulsifiant en agro-alimentaire, détergent non ionique et dispersant. Le tween a un aspect liquide visqueux de couleur jaune foncé, avec une masse moliare de 1310.00 g. mol^{-1} et une formule brute de $\mathbf{C_{64}H_{124}O_{26}}$.

- **D1 : Tween 80 + eau distillé (3 ml /l).**

II.4. Méthodologie de travail

Par la carte conceptuelle nous avons essayé de simplifier et d'expliquer le déroulement du travail expérimental réalisé (Figure II.9).

A partir du matériel biologique, nous avons essayé de vérifier et d'estimer l'efficacité de différentes régies: la régie biologique [Extrait aqueux, extrait méthanolique, extraits éthanolique et huile essentielle] et la régie chimique **(FOSETYL-ALUMINIUM et ACETAMIPRIDE)** sur les deux cible choisis *Tuta absoluta* et *Fusarium sp*.

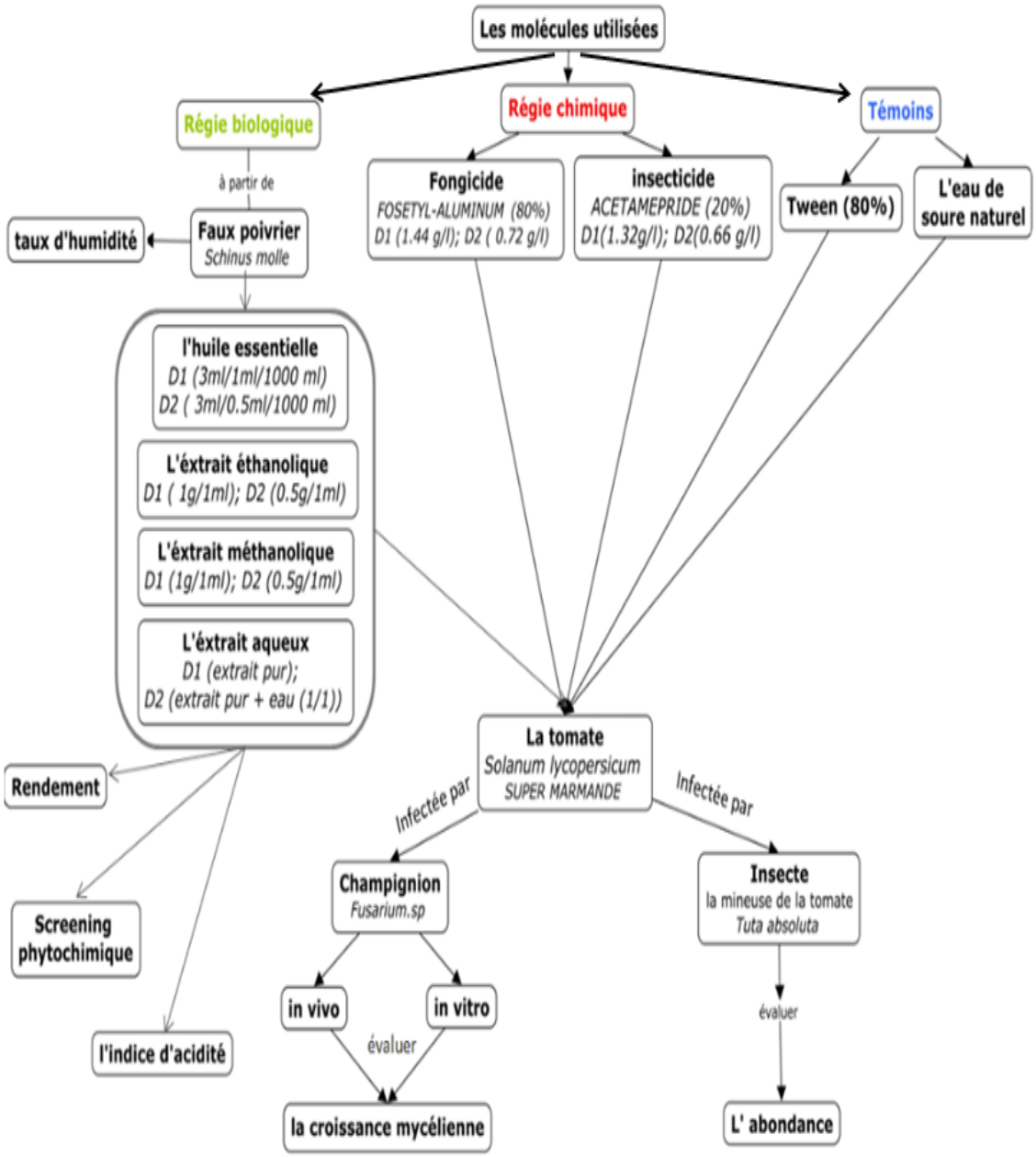


Figure. II.9. Carte conceptuelle du travail expérimental réalisé (Originale, 2018)

II.4. 1. Screening phytochimique

Screening phytochimique sont des techniques qui permettent de déterminer les différents groupes biochimiques (**métabolites secondaires**) contenus dans un organe végétal. Les résumés des réactions sont contenus dans le **(Tableau II.1)**.

Tableau II.1. Tableau synthétique de groupes chimiques, réactions d'identification et indicateurs utilisés

M. Secondaire	Protocole / Réactifs d'identification	Indicateur (Réaction +)
Quinones libres	1 g de poudre végétale est placé dans un tube avec 15 à 30 ml d'éther de pétrole. Après agitation et un repos de 24 h, les extraits sont filtrés et concentrés au rotavap. La présence de quinones libres est confirmée par l'ajout de quelques gouttes de NaOH 1/10.	Une phase aqueuse vire au jaune, rouge ou violet. (Dohou et *al*., 2003).
Tanins	1,5 g de M. V. sec sont placés dans 10 ml de MeOH 80 %. Après 15 minutes d'agitation, les extraits sont filtrés et mis dans des tubes. L'ajout de FeCl3 1 % permet de détecter la présence ou non de tanins.	La couleur vire au bleu noir en présence de tanins galliques et au brun verdâtre en présence de tanins catéchiques. (Dohou et *al*., 2003).
Polyphénols	La réaction au chlorure ferrique (FeCl3) a permis de caractériser les polyphénols. A 2 ml de chaque extrait (éthanolique, méthanolique et aqueux), nous avons ajouté une goutte de FeCl3 à 2%.	L'apparition d'une coloration bleu-noirâtre ou verte plus ou moins foncée fut le signe de la présence de polyphénols. (N'guessan et *al*., 2009).
Saponosides	Pour rechercher les saponosides, nous avons versé, dans un tube à essais, 10 ml de l'extrait total aqueux. Le tube était agité pendant 15 s puis laissé au repos durant 15 min.	Une hauteur de mousse persistante, supérieure à 1 cm indiquait la présence de saponosides. (N'guessan et *al*., 2009).
Terpénoïdes	5 ml d'extrait, sont ajoutés 2 ml de chloroforme et 3 ml d'H2SO4.	Le test positif est indiqué par l'apparition de deux phases et une couleur marron à l'interface. (Kablan et *al*., 2008).
Teste des glycosides	2 ml de chaque extrait a été dissous avec 2 ml de chloroforme et d'acide sulfurique concentré a été ajoutée avec précaution.	La formation d'une couche rougeâtre foncée de couleur brun à l'interface de l'anneau stéroïde indique la présence de glycosides (Harbarne, 1973).
Teste des alcaloïdes	Ajout de 2 ml de réactif de Wagner (2g d'iodure de potassium KI + 1,27 g d'iode I2 + 100 ml d'eau distillé) à 2 ml de chaque extrait.	L'apparition d'un précipité blanc jaune indique la présence des alcaloïdes (Benzahi, 2001).

II.4.2. Détermination du taux de rendement de *Shinus molle*

Le rendement en phytopréparations a été estimé par rapport au volume de chaque bioproduis et de la masse de matière végétale (fraîche / sèche). Il est exprimé en pourcentage et calculé selon la formule suivante (Goueh *et al.*, 2015):

$$\text{Rdt} = \frac{\text{VBP}}{\text{MVF}} \times 100$$

- Rdt : Rendement en phytopréparations (%).
- VBP : Volume en bioproduits (Extrait éthanolique, Extrait méthanolique, Extrait aqueux ou huile essentielle) en ml;
- MV: Masse de matériel végétal en g.

II.4.3. Détermination du taux d'humidité

Le taux d'humidité est défini comme le teneur en eau dans une plante donnée (La pharmacopée européenne, 2005).

$$\text{X}\,\% = \frac{\text{M} - \text{M}'}{\text{M}} \times 100$$

- X% : Taux d'humidité de la poudre.
- M : Masse de prise d'essai en gramme.
- M′: Masse de prise d'essai après séchage en gramme.

Pour cela, 3 essais ont été effectué d'où le poids dans chaque essai été 30 g des feuilles fraiches, après 10 jours de séchage le poids des feuilles sèches été 10 g, 12 g, 14g sur chacun des échantillons dont le taux moyenne d'humidité calculé été 59,99 %.

II.4.4. Détermination de l'indice d'acidité PH

L'indice d'acidité de différentes phytopréparations (Extraits éthanolique, Extraits Méthanolique, Extraits aqueux et Huile essentiel) de *S. molle* a été examiné à l'aide d'un PH-mètre digital **SELECTA** (Figure II.10). Le PH des bioproduits à été ajusté par KoH et Hcl pour que tous les bioproduits devient neutres.



Figure. II.10. PH-mètre (Originale, 2018)

II.5. Étude de l'effet fongicide des différentes régies appliquées

II.5.1. Étude *in vitro* de l'effet fongicide de la régie biologique et chimique

II.5.1.1. Préparation de milieu de culture (PDA)

Le milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar) à pH=6.5 à 7 est favorable pour la croissance des champignons phytopathogènes. Le protocole utilisé pour la préparation de milieu de culture pour la croissance du champignon est le suivant (Figure. II.11) (IMPION, 2010) :

- 200 gramme de pomme de terre ont été porté à ébullition dans 700 ml d'eau distillé pendant 50 min;

- Le mélange à été filtré, puis y ajouté 300 ml d'eau distillé, 20 g de glucose et 20 g d'agar-agar au filtrat qu'elle été porté à l'ébullition sous une température de 100 °C jusqu'à que l'agar-agar faire dissoudre;

- Le milieu de culture à été placé dans des flacons en verre de 200 ml;

- Les flacons ont été stérilisés par un autoclave **NUVE 0T 012** à 121°C ± 3°C sur une pression de 1 bar pendant 15 min;

- Le milieu obtenue a été coulé sur des boîtes de Pétri (environ 25 à 30 ml / boîte = 0,5 cm de hauteur) près d'un Bec Bunsen pour éviter les contaminations, puis ils ont été conservées dans un frigo avant utilisation.

II.5.1.2. Purification de souche fongique *Fusarium sp*

Le concept de purification de la souche fongique consiste à avoir une culture pure par repiquages successifs d'une colonie isolée, cette opération à été faite s'appuyant à la méthode suivante (Figure. II.12) (Ko et *al.*, 2001) :

- La paillasse a été nettoyée par l'alcool à 70° et de l'eau de Javel, ainsi que tout le matériel utilisé ;

- Avant toute manipulation, les mains ont été lavés soigneusement puis les passer à l'alcool à 70° et les laisser sécher ;

- Autour du bec Bunsen, les disques du mycélium issu de la culture fongique sont découpés à l'aide d'une pipette pasteur stérile;

- Les disques mycéliens prélevés ont été déposés de leur face inoculée contre la gélose, au centre de la boite pétri contenant du même milieu de culture PDA. Cette opération a été répété 3 fois (1 disque mycélienne/ boîte de pétri);

- Les boîtes de pétri ont été fermées et entourées d'un Ruban adhésif étirable pour éviter la déshydratation du milieu;

- La croissance se fait dans une étuve **MEMMERT** sous une température de 25°C à l'obscurité pendant 3 à 5 jours au maximum.

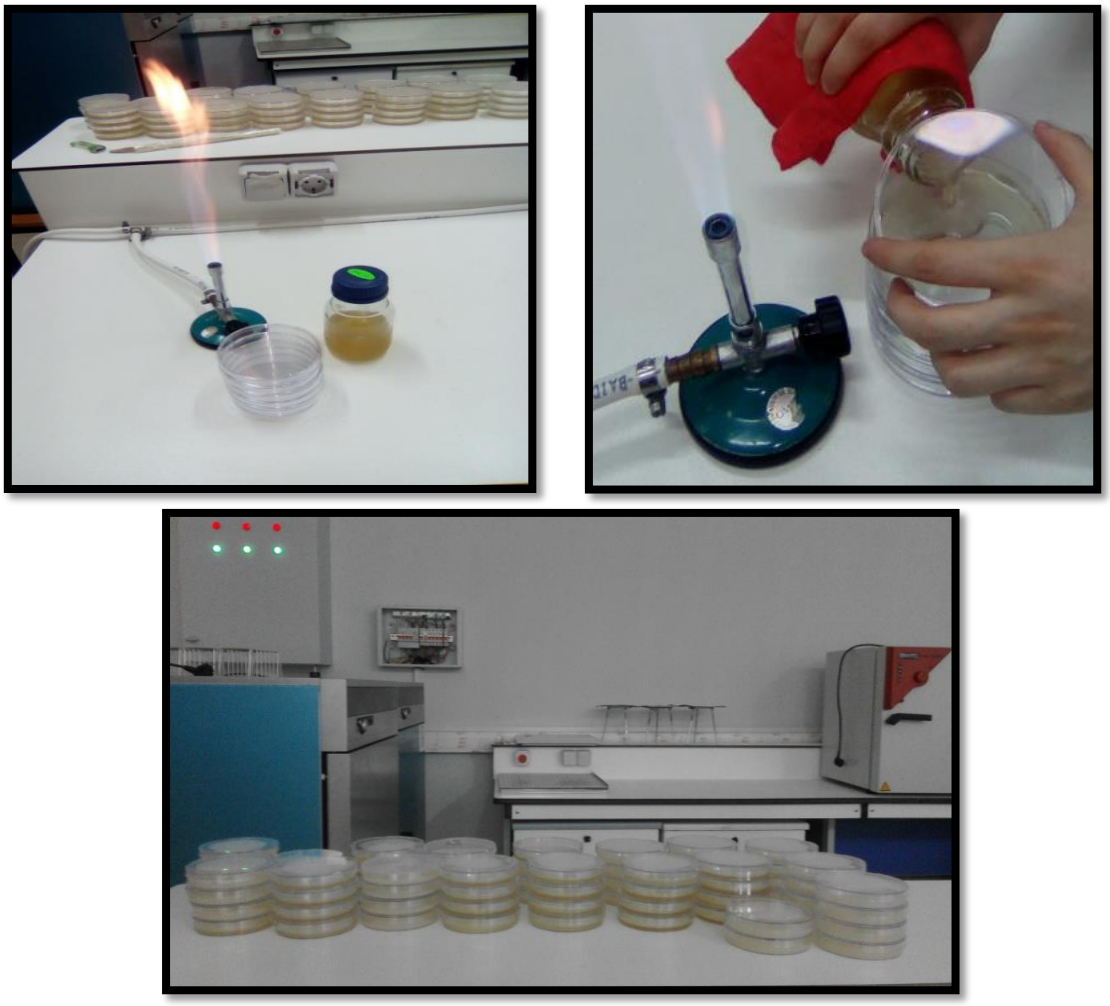


Figure. II.11. Coulage de milieu de culture dans des boîtes de pétri (Originale, 2018).

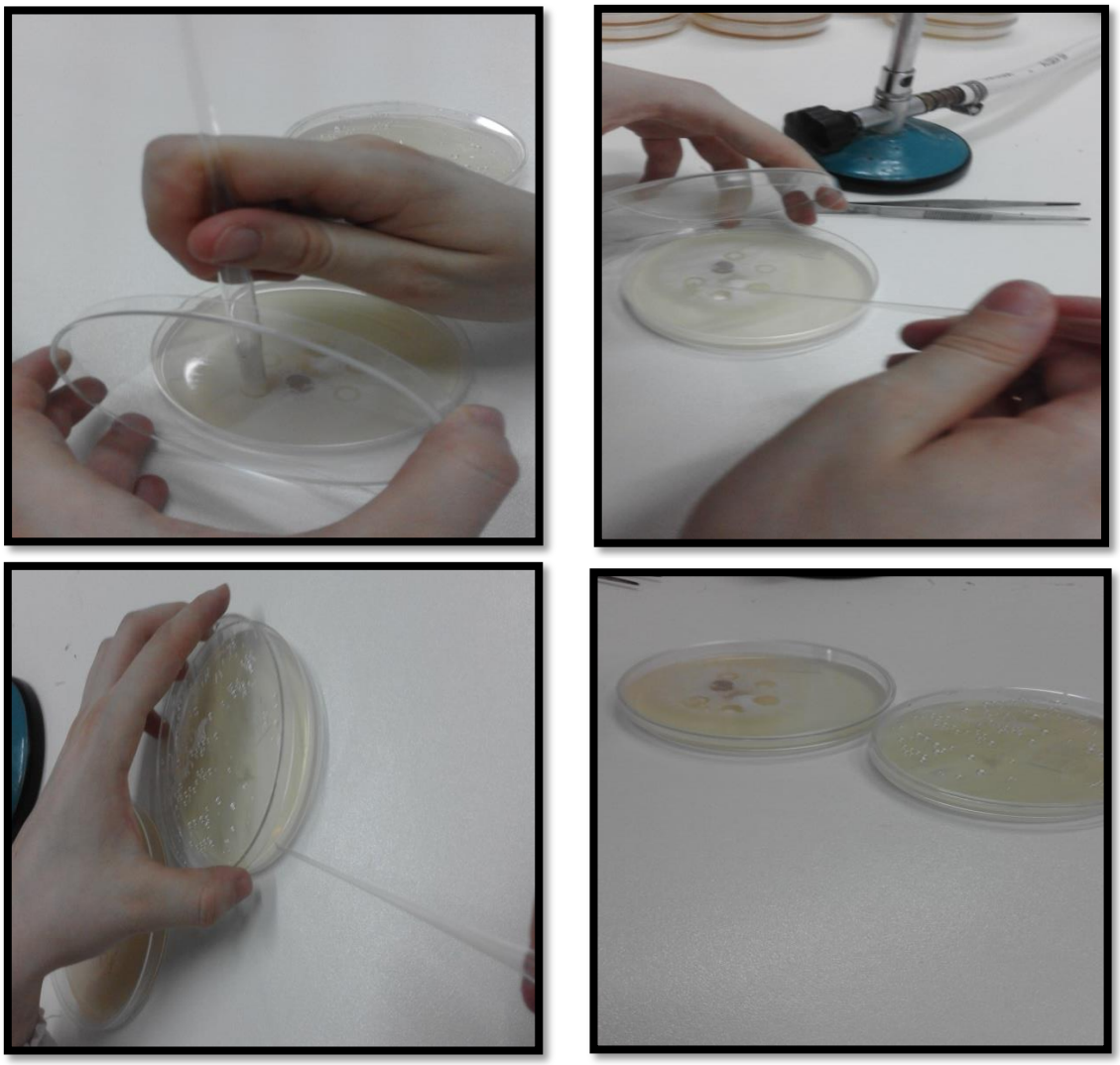


Figure. II.12. Principales étapes de la purification de la souche fongique *Fusarium sp.* (Originale, 2018).

II.5.1.3. Application des traitements sur *Fusarium sp.*

L'activité antifongique vis-à-vis la souche de champignon étudiée a été déterminée par le test d'activité volatile ou *volatile activity* (Sharma et Tripathi, 2006; Al-Reza et *al.*, 2010).

- Les disques en papier filtre de 8 mm de diamètre, préalablement stérilisés à l'autoclave (115°C pendant 20 min), sont d'abord imprégnés et saturés de chaque extrait végétal, de l'huile essentielle et du fongicide chimique selon les deux dose (D1, D2) ;

- Les trois disques de chaque régies biologique (Extrait aqueux, Extrait méthanolique, Extrait éthanolique et huile essentielle de *S. molle*) et chimique

(FOSETYL-ALUMINIUM) ont été déposés autour du disque mycélien dans les boites de Pétri gélosées à l'aide d'un pince ;

Pour les deux témoins, le premier consiste en des disques imprégnés avec le même volume d'eau distillée stérile tandis que le deuxième consiste en des disques imprégnés avec du tween.

Les boites de pétri traitées sont rapidement entourées du parafilm afin de conserver au maximum les molécules bioactives. Chaque test est répété 3 fois.

Les boites traitées sont incubées à l'obscurité à 27-28°C pendant une durée de temps de 10 jours. Après incubation, si la souche testée est sensible à l'effet des molécules (Extrait aqueux, Extrait méthanolique, Extrait éthanolique, huile essentielle et fongicide de synthèse) utilisées, l'effet antifongique est exprimé par une faible croissance mycélienne par rapport au témoin.



Figure. II.13. a: Les disques en papier filtre utilisés en traitement sur *Fusarium. sp* **; b:** incubation des boîtes traitées dans une étuve (Originale, 2018)

II.5.1.4. Estimation de la concentration minimale inhibitrice(CMI)

LA CMI est la plus base concentration en traitement qui permet d'inhiber la croissance du champignon. La lecture de l'activité antifongique des phytopréparations et du produits de synthèse vis-à-vis le champignon étudié a été enregistrée en mesurant à l'œil nu le diamètre en mm. La croissance radiale est exprimée en pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne en utilisant la formule décrite par Pandey et *al., (*1982).

$$PI = \frac{Dc - Dt}{Dc} \times 100$$

- PI : Pourcentage d'inhibition de la croissance des champignons testés (%).

- DC : le diamètre moyen de la croissance mycélienne du champignon non traité (eau distillée stérile) (mm).
- Dt : Le diamètre moyen de la croissance mycélienne du champignon traité (mm).

II.5.2. Etude *in vivo* de l'effet fongicide et insecticide de la régie biologique et chimique

II.5.2.1. L'inoculation du *Fusarium sp* sur la plante hôte

Ce test a pour principe de suivre l'évolution de la nécrose sur la feuille tout au long de la nervure principale, à partir du dépôt d'un explant mycélien à l'extrémité du limbe. Les disques mycéliens de *Fusarium sp* ont été prélevés à l'aide d'une pipette pasteur, puis déposer à l'extrémité de la nervure principale sur la face supérieure de la feuille de manière que le mycélium soit en contact direct avec le limbe (Walser, et *al.*, 2005).

Les feuilles ont ensuite couvert d'un papier aluminium qui permet un maintien optimum limbe/mycélium ainsi que des conditions favorables au développement de la maladie.



Figure. II.14. Dépôt d'explant mycélien (Originale, 2018).
a: Prélèvement d'un disque mycélien **; b:** dépôt de disque mycélien **; c:** la feuille recouverte par un papier aluminium **; d:** feuille de tomate nécrosée

Selon les conditions météorologiques la lecture s'effectue entre 10 et 20 jours après infection. Celle-ci est réalisée dès que les témoins très sensibles montrent des longueurs de nécroses d'une moyenne de 1 cm (Walser, et *al*., 2005). Cette opération a été réalisée sur environ 60 plantes.

II.5.2.2. Dispositif expérimental et application des traitements

Le fongicide de synthèse et les bioproduits [Extrait aqueux, extrait méthanolique, extraits éthanolique et huile essentielle] sont pulvérisés sur la fronde de *tomate* infestées par *Fusarium sp* a l'aide d'un pulvérisateur manuel.

Pour l'évaluation de l'effet antifongicide des produits, nous avons récupéré les 60 gobelets de plants déjà inoculés par le champignon.

Au niveau de dispositif expérimental, le premier bloc a subi un traitement biologique à base huile essentielle, tandis que le deuxième bloc, le troisième bloc et le quatrième bloc ont été pulvérisé par un extraits de *S. molle* à savoir l'extrait aqueux, l'extrait méthanolique et l'extraits éthanolique. Alors que le cinquième bloc a été traité par la matière active **FOSETYL-ALUMINIUM**. Pour les deux blocs qui ont été retenus témoin, une pulvérisation à l'eau courante a été appliquée sur le premier bloc de témoin, cependant le deuxième de a subi une pulvérisation au tween. Il faut noter, chaque produit contient deux doses la dose complète et la demi-dose (Figure II.16).

L'évolution de la maladie été suivie après 5 jour de traitement, puis ce procédé a été répété 10 jour après traitement. Cependant, tous les aspects d'évaluation ont été comparés à chaque fois à un lot témoin.

II.5.2.3. Estimation de l'évolution du champignon

A chaque étape d'observation, les nécroses nouvellement apparues ont été marquées avec des feutres indélébiles de couleurs différentes dans le but de pouvoir identifier leur date d'apparition. Elles ont ensuite été dénombrées feuille par feuille.

II.6. Etude de l'effet insecticide des différentes régies appliquées sur *Tuta absoluta*

II.6.1. L'infestation du *Tuta absoluta* sur la plante hôte

Au niveau de la chambre de culture, les plantules de tomates cultivées sont infestées par des feuilles minées, ces dernières sont placées au centre de chaque étage. Comme nous avons déjà dit que ces feuilles infestées nous ont été fourni par **ITCMI** de Zéralda. Au bout d'une semaine, les signes de la mineuse ont commencé à être visibles.

Avant l'infection Après l'infection



Figure .II.15. Infestation des plants sains par des feuilles minées (Originale, 2018).

II.6.2. Dispositif expérimental et application des traitements

Au niveau de chambre de culture, nous avons adopté la procédure expérimentale comme celle décrite dans la **section (II.5.2.2.)** (Figure II.16). Les traitements se sont focalisés sur les individus de *T. absoluta* évoluant sur *la tomate* durant la période estivale.

Pour l'estimation de l'effet insecticide des molécules, nous avons récupéré de 60 gobelets de plants infestés par le ravageur. Pour chaque sujet, nous avons examiné sous loupe binoculaire le degré infestations en prenant soin de marquer chaque feuille minée puis nous avons compté le nombre de larves existantes sur chacune d'elle.

Au niveau du bloc traité chaque transects a subit un apport pareille, régie biologique ou chimique. Pour la régie biologique, nous avons utilisé l'extrait aqueux, l'extrait méthanolique, l'extraits éthanolique et l'huile essentielle avec ses deux doses dose complète et la demi-dose. Concernant la régie chimique **ACETAMIPRIDE** nous avons utilisé la dose prescrite et la demi-dose. Tandis qu'aux blocs témoins ; une pulvérisation à l'eau courante et au tween ont été appliquées (Figure II.16).

L'évolution des infestations a été suivie pour chaque plant traité en comptant sous loupe binoculaire le nombre de larves vivantes après 24h en comparaison avec l'état d'infestation initiale (avant traitement). Ce procédé a été répété 48h puis 72h après traitement. Cependant, tous les aspects d'évaluation ont été comparés à chaque fois à un lot témoin.

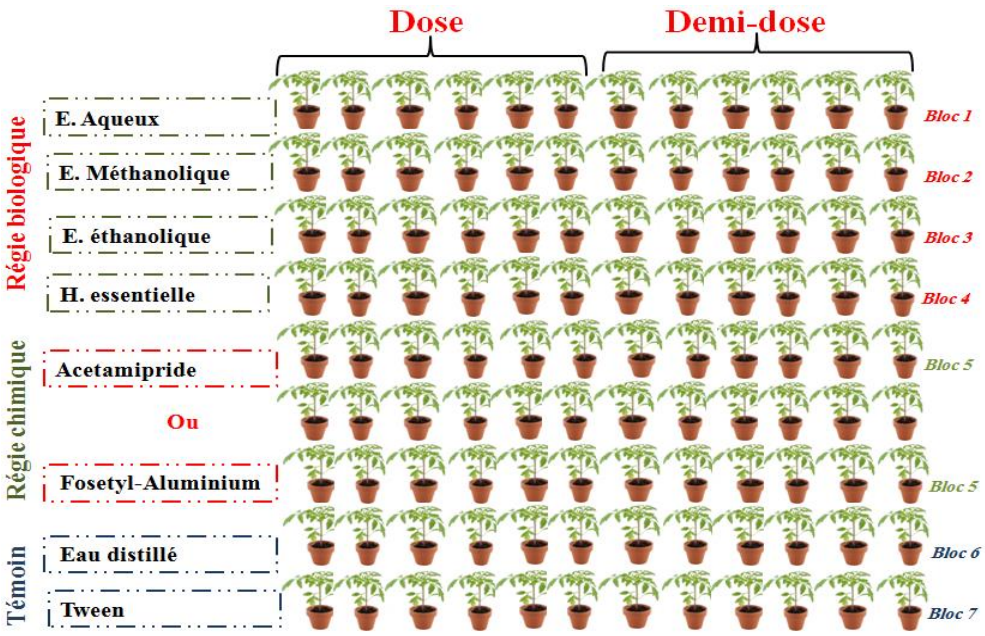


Figure. II.16. dispositif expérimental des traitements appliqués (Originale, 2018).

II.6.3. Estimation de l'abondance

La technique de dénombrement effectuée sur les individus de la mineuse *T. absoluta* obtenus par le biais des blocs végétal consiste à prélever des feuilles de chaque plant durant la période d'investigation.

II.7. L'analyse statistique

L'analyse statistique a concerné l'évaluation des effets des phytopréparations sur le modèle biologique Tomate *Lycopersicum esculentum* infestés respectivement par le ravageurs *Tuta absoluta* et *Fusarium sp.*

L'ensemble des tentatives ont été répétés au minimum trois fois. Les résultats, présentés sous forme de courbes ou d'histogrammes ont été réalisés par le logiciel Microsoft Excel.

La signification des comparaisons des moyennes a été confirmée par un test de comparaison par paire (Test ANOVA et le Test Newman- Keuls). Les contributions significatives et hautement significatives retenues sont respectivement au seuil d'une probabilité de 5% et de 1‰, les calculs ont été déroulés par le logiciel Past vers. 1.37 (Hammer et *al.*, 2001).

La description statistique des tendances de la variation temporelle des abondances, le pourcentage d'inhibition et du nombre des feuilles infectées sous l'effet des différentes régies ont été établies par une présentation en BoxPlot.

Les analyses de la variance type GLM ont été réalisées à l'aide du test F pour les variables suivant la loi normale à l'aide du logiciel SYSTAT vers. 12 .SPSS, 2009.

Chapitre III

RESULTATS

CHAPITRE III

RESULTATS

III.1. Test phytochimique

III.1.1. Rendement des extraits et d'huile essentielle de *Schinus molle*

Les extraits préparés des feuilles de faux poivrier *Schinus molle* par différentes méthodes d'extraction et différents solvants, nous ont permis de calculer le rendement de chaque extrait, notamment l'extraits aqueux, l'extrait méthanolique et l'extrait éthanolique. Les résultats obtenus fait ressortir que le rendement le plus élevé est obtenu dans l'extrait aqueux avec un rendement de 28% suivi de l'extrait méthanolique de16 % et en fin l'extrait éthanolique avec un rapport de 14% (Figure III.1).

Par hydro-distillation, nous avons extrait les huiles essentielles des feuilles de notre plante *Schinus molle*. Les résultats montrent que, le rendement en huile essentielle est de l'ordre de 0.5% (Figure III.1).

La figure III.1, montre clairement que le rendement le plus élevé a été observé dans les extraits de plant, par rapport à huile essentielle qui est plus faible.

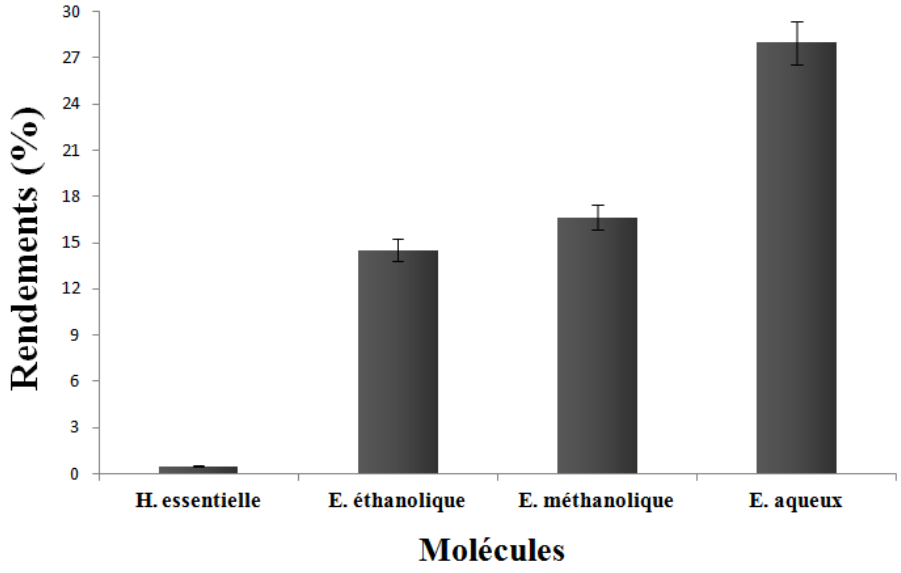
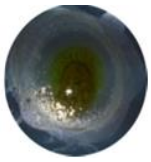
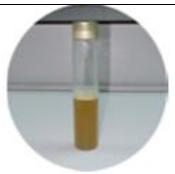
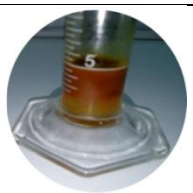


Figure. III.1 Rendement en huiles essentielles et en extraits de faux poivrier *Schinus molle*

III.1.2. Screening phytochimique

Les résultats du screening phytochimique de faux poivrier *Schinus molle* sont résumés dans le tableau III.1.

Tableau III.1. Résultats du screening phytochimique de la poudre végétal et l'extrait aqueux de *Schinus molle*

Métabolite secondaire	Présence/absence	Réaction / coloration	
Quinones libres	+++		**jaune**
Tanins	+++		**T. catéchique (brun verdâtre)**
	---	**Tanins galliques**	
Polyphénols	+++		**bleu-noirâtre**
Saponosides	++		**Une hauteur de mousse persistante**
Terpénoïdes	++		**deux phases et une couleur marron à l'interface**
Teste des glycosides	+		**couche rougeâtre foncée de couleur brun à l'interface de l'anneau**
Teste des alcaloïdes	+++		**précipité blanc jaune**

+ : Présence positive faible; ++ : présence positive moyenne; +++ : présence positive forte ; - : Absence

Les tests phytochimiques est une analyse qualitative qui nous permet à mettre en évidence les différentes classes de métabolites secondaires que contienne la plante. Ces réactions sont basées sur des phénomènes de précipitation ou de colorations par des réactifs spécifiques de chaque famille de composés. Les résultats des tests de caractérisation phytochimique pour l'espèce *S. molle* à permis de mettre en évidence la présence des Quinones libres, des tanins catéchiques, des polyphénols, des Saponosides, des Terpénoïdes, des glycosides et des alcaloïdes. Mais il a été observé l'absence des tanins galliques.

III.2. Évaluation de l'activité antifongique des phytopréparations

L'étude du pouvoir antifongique du bioproduits à base des extraits (extraits aqueux; extrait méthanolique; extrait éthanolique) et d'huile essentielle de *S. molle* a été évaluée *in vitro* et *in vivo* sur le champignon phytopathogène *Fusarium sp*.

III.2.1. Étude *in vitro* de l'effet fongicide de la régie biologique et chimique

III.2.1. 1. Évolution temporelle de l'activité antifongique des phytopréparations sur la croissance mycélienne

L'étude du pouvoir antifongique des phytopréparations issus de la plante aromatique *Schinus molle* (Extraits aqueux, Extrait méthanolique, Extraits éthanolique et l'huile essentielle) et de fongicide de synthèse (Dose homologue et la demi-dose de la matière active FOSETYL-ALUMINIUM) a été évaluée *in vitro* sur un isolat fongique en utilisant la méthode d'activité volatile.

Il apparaît d'après le tableau III.2, que les différentes régies, se sont révélées efficaces sur l'isolat fongique étudié se traduisant par une inhibition de la croissance mycélienne du champignon phytopathogène *Fusarium sp*. Ce tableau montre que l'huile essentielle de *S. molle* présente un effet antifongique très élevé dont le pourcentage d'inhibition dépasse les 57 % comparé aux extraits aqueux où nous enregistrons une inhibition de croissance plus faible. Notons que l'effet de l'huile est comparable à celui de produit de synthèse FOSETYL-ALUMINIUM. Dans le même contexte, le taux d'inhibition reste faible suite à l'application de tween 80%.

Tableau III.2 Effet antifongique de différentes molécules appliquées sur le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne

	Régie Biologique								Régie Chimique		Témoin
	H.E.D.	**H.E.D.d**	**E.E.D.**	**E.E.D.d**	**E.M.D.**	**E.M.D.d**	**E.A.D.**	**E.A.D.d**	**F.D.**	**F.D.d.**	**T.W**
M±E.S.	58,9±1,04	57,52±1,13	31,37±1,61	22,3±0,9	27,89±1,4	22,34±0,9	15,21±1,4	7,605±0,7	57,36±1,9	51,6±2,33	8,07±1,91
p-value	**ANOVA: p=0,000*** ;p=0,001 / KRUSKAL-WALLIS: p=1,18× 10^{-5}; p=0,001**										

F.D : Fongicide Dose complet ; **F.D.d :** Fongicide Demi Dose ; **H.E.D :** Huile essentielle Dose complet ; **H.E.D.d :** Huile essentielle Demi Dose **; E.E.D :** Extrait Ethanolique Dose complet **; E.E.D.d :** Extrait Ethanolique Demi Dose **; E.M.D :** Extrait Méthanolique Dose complet **; E.M.D.d :** Extrait Méthanolique Demi Dose **; E.A.D :** Extrait Aqueux Dose complet ; **E.A.D.d :** Extrait Aqueux Demi dose ; **T.W :** Témoin Tween, M± E.S. ; Moyenne± standard erreur.

Le champignon *Fusarium sp* traité avec l'huile essentielle et les extraits aqueux ; méthanolique et éthanolique de *S. molle* à différentes doses (dose complète ; demi-dose) montre une inhibition qui agrandit dans le temps et qui se traduit par le pourcentage d'inhibition de sa croissance mycélienne (PI) (Figure III.2.b).

Entre les deux observations réalisées (à 5 et 10 jours), nous constatons une augmentation du taux d'inhibition pour les différents traitements appliquées. Les résultats étalent que, l'huile essentielle de *S. molle* à différentes dilutions (Dose complète et Demi-dose) présente des effets antifongiques très élevés dont les pourcentages d'inhibition atteint les 60%, tandis que le pourcentage d'inhibition le plus faible est enregistré sous l'effet de l'extrait aqueux soit PI=8,68% (Figure III.2.b).

L'effet de la matière active FOSETYL-ALUMINIUM sur *Fusarium sp* montre une évolution progressive dans le temps (5 à 10 jours) du taux d'inhibition de la croissance mycélienne pour les différentes doses appliqués mais la dose homologue de la matière active révèle le pourcentage d'inhibition le plus important (PI=60,76 %) (Figure III.2.a). Le témoin à base de tween montre également une évolution dans le temps mais qui se traduit par des taux d'inhibition assez faibles comparé aux traitements appliqués (Figure III.2. a et. b).

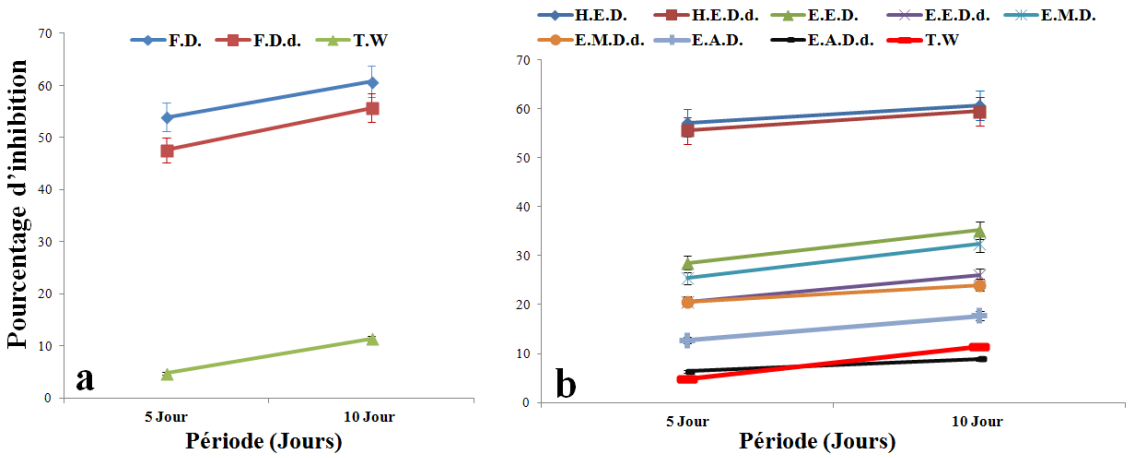


Figure III.2. Evolution temporelle du pourcentage d'inhibition du développement mycélien de *Fusarium sp* sous l'effet de différentes molécules

F.D : Fongicide Dose complet ; **F.D.d :** Fongicide Demi Dose ; **H.E.D :** Huile Essentielle Dose complet ; **H.E.D.d :** Huile Essentielle Demi Dose **; E.E.D :** Extrait Ethanolique Dose complet **; E.E.D.d :** Extrait Ethanolique Demi Dose **; E.M.D :** Extrait Méthanolique Dose complet **; E.M.D.d :** Extrait Méthanolique Demi dose **; E.A.D :** Extrait Aqueux Dose complet ; **E.A.D.d :** Extrait Aqueux Demi Dose ; **T.W :** Témoin Tween.

III.2.1.2 Étude comparée de l'efficacité de différentes régies sur la croissance mycélienne du *Fusarium sp*

Nous avons utilisé le modèle général linéaire (G.L.M.) de manière à étudier la variation des taux d'inhibition de la croissance mycélienne du *Fusarium sp* en fonction

des différentes régies appliquées ; la régie biologique (Extraits aqueux, Extrait méthanolique, Extraits éthanolique et l'huile essentielle de *S. molle* à différentes dilutions*)* et la régie chimique (Dose homologue et la demi-dose de la matière active FOSETYL-ALUMINIUM) (Figure III.3. a et. b).

Les résultats obtenus suite à l'application du model G.L.M. indiquent clairement l'existence d'une dissemblance significative (p< 1‰) suit à l'application de traitement (Figure III.3. a et. b).

Les résultats montrent que la matière active FOSETYL-ALUMINIUM provoque une réduction importante à l'égard de la croissance mycélienne en comparaison au témoin à base de tween (Figure III.3.a).

Les mêmes résultats obtenus présentent une efficacité remarquable des phytopréparation de *S. molle* (Huile essentielle ; extrait aqueux ; extrait méthanolique, extrait éthanolique) sur le taux d'inhibition de la croissance mycélienne du *Fusarium sp.* (Figure III.3.b). Cette efficacité se traduit par un pourcentage d'inhibition très important pour l'huile essentielle de *S. molle* (Dose complète et demi-dose) par rapport à celui enregistré avec les différents extraits (extrait aqueux ; extrait méthanolique, extrait éthanolique). En revanche, le plus faible pourcentage d'inhibition est enregistré suite à l'application de l'extrait aqueux à sa demi-dose (Figure III.3.b).

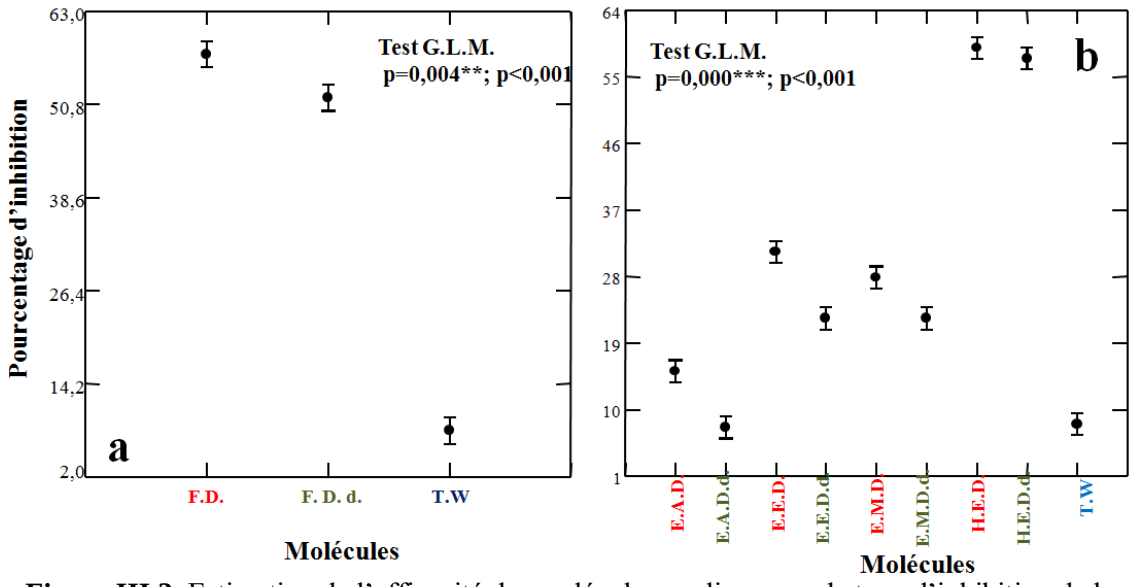


Figure III.3. Estimation de l'efficacité des molécules appliques sur le taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium sp.*

F.D : Fongicide Dose complet ; **F.D.d :** Fongicide Demi Dose ; **H.E.D :** Huile Essentielle Dose complet ; **H.E.D.d :** Huile Essentielle Demi Dose **; E.E.D :** Extrait Ethanolique Dose complet **; E.E.D.d :** Extrait Ethanolique Demi Dose **; E.M.D :** Extrait Méthanolique Dose complet **; E.M.D.d :** Extrait Méthanolique Demi Dose **; E.A.D :** Extrait Aqueux Dose complet ; **E.A.D.d :** Extrait Aqueux Demi Dose ; **T.W :** Témoin Tween.

Les boites à moustaches exposent ici la variation des valeurs expérimentales des essais. Elles ont été consolidées par le test ANOVA dans le but de confirmer les traitements qui ont participé à la signalisation des différences significatives. Ce test a permis de déduire que les effets antifongiques sont hautement significatifs sous l'effet de la régies biologique et chimique ainsi du témoin à l'égard du taux d'inhibition de croissance mycélienne ($p=0.004$; $p<0.05$) (Figure III.4.b). Cette différence est confirmée par le test NEWMAN KEULS qui indique la présence de trois groupes homogènes. Par rapprochement du taux d'inhibition des produits utilisés, il en ressort la suprématie du produit de synthèse FOSETYL-ALUMINIUM (groupe homogène a) par rapport aux phytopréparations (groupe homogène b) et au témoin a base de tween (groupe homogène c). Autrement dit, le *Fusarium sp* présente une sensibilité importante vis-à-vis la régie chimique, se traduisant par un pourcentage d'inhibition supérieur à 50% (Figure III.4.a).

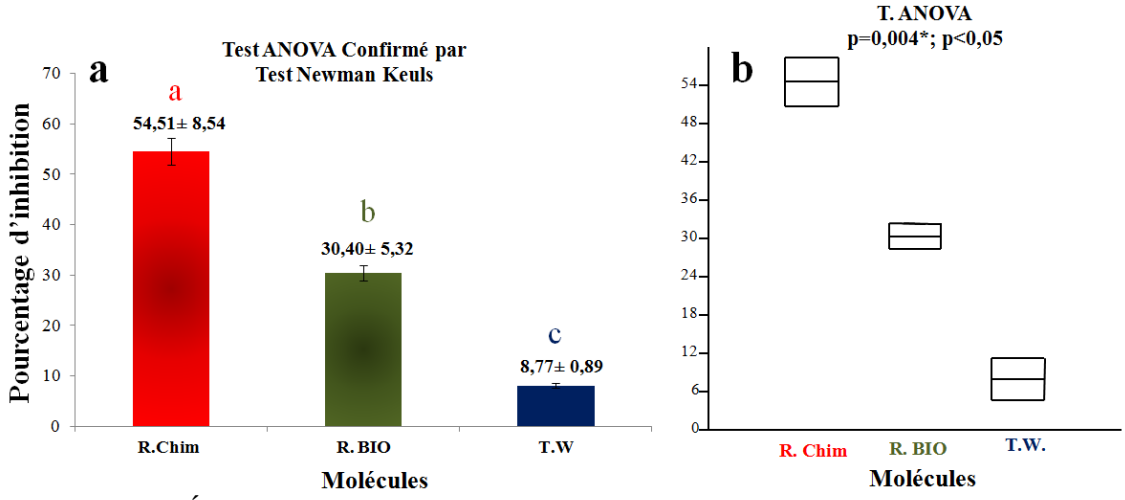


Figure III. 4 . Étude comparée des taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium sp* sous l'l'effet de différentes régies.

R. Chim : Régie Chimique ; **R. Bio :** Régie Biologique **; T.W** : Témoin Tween.

III.2.2. Étude *in vivo* de l'effet fongicide de la régie biologique et chimique

III.2.2.1. Évolution temporelle de l'activité antifongique des phytopréparations sur le taux d'infection des feuilles de la tomate (*Solanum lycopersicum*)

L'étude du pouvoir antifongique des molécules biologique (Extraits aqueux, Extrait méthanolique, Extraits éthanolique et l'huile essentielle *S. molle*) et chimique (dose et demi-dose de la matière active FOSETYL-ALUMINIUM) a été évaluée *in vivo* sur un isolat fongique en application foliaire.

D'après le tableau III.3, il apparaît que les différentes régies, se sont révélées actif sur l'isolat fongique étudié se traduisant par une diminution du nombre des feuilles infectées par le champignon phytopathogène *Fusarium sp*.

Le test ANOVA, nous permet de déduire en général que les activités fongicides des molécules appliquées (chimique, biologique) sur le champignon *Fusarium sp.* varient significativement (p=0,012 ; p<0,05). Les résultats montrent que, les deux doses de la matière active (Dose ; Demi-dose) et la dose complète de l'huile essentielle ont provoquent une diminution très remarquable des feuilles infectées (jusqu'à 4 %) par rapport aux autres molécules utilisées.

Tableau III.3. Effet antifongique de différentes molécules appliquées sur le nombre des feuilles infectées

	Régie Biologique								Régie Chimique		Témoin	
	H.E.D.	**H.E.D.d**	**E.E.D.**	**E.E.D.d**	**E.M.D**	**E.M.D.d**	**E.A.D**	**E.A.D.d**	**F.D.**	**F.D.d.**	**T.W**	**T.E**
M±E.S.	**4,7±2,4**	7,3±2,3	9,6±3,6	5,5±0,5	5,9±0,8	8,8±1,8	6,73±1,88	10,76±3,4	**5,6±2,7**	**4,3±2,1**	29,6±, 3	27,5±6,4
p-value	**ANOVA: p=0,012* ;p<0,05 / KRUSKAL-WALLIS:** p=0,06^{Ns}; p>0,05											

F.D : fongicide Dose complet ; **F.D.d :** Fongicide Demi Dose ; **H.E.D :** Huile Essentielle Dose complet ; **H.E.D.d :** Huile essentielle Demi dose **; E.E.D :** Extrait Ethanolique Dose complet **; E.E.D.d :** Extrait Ethanolique Demi Dose **; E.M.D :** Extrait Méthanolique Dose complet **; E.M.D.d :** Extrait Méthanolique Demi Dose **; E.A.D :** Extrait Aqueux Dose complet ; **E.A.D.d :** Extrait Aqueux Demi Dose ; **T.W :** Témoin Tween ; **T.E** : Témoin Eau ; M± E.S. ; Moyenne± standard erreur, Ns : non significative

Dans l'esprit de rationaliser l'utilisation des métabolites secondaires de plantes à activité antifongique, les plantes de tomate infectées par le *Fusarium* sont soumises à des applications par des extraits aqueux, des extraits méthanolique, des extraits éthanolique et par l'huile essentielle de *S. molle*.

L'évolution temporelle de nombre des feuilles infectées par le champignon montre une action progressive des phytopréparations qui tendent vers une similarité entre les différents extraits et l'huile essentielle s'étalant sur une période après traitement de 10 jours. Cependant, on note que l'effet antifongique des bioproduits se révèle efficacement faible au bout de 5 jours, s'accentue et atteindre son efficacité maximum qu'au bout de 10 jours (Figure III.5.b).

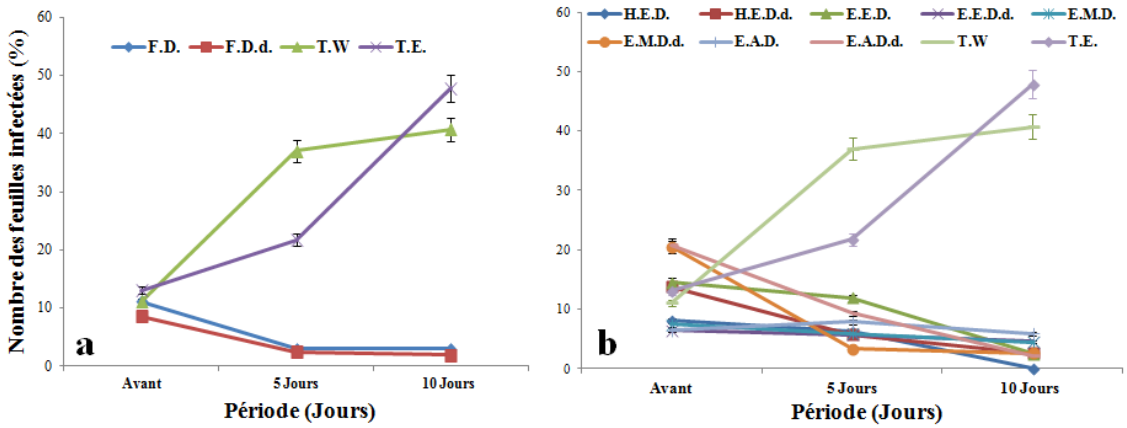


Figure III.5. Variation temporelle de taux d'infection des feuilles sous l'effet de différents traitements.

F.D : Fongicide Dose complet ; **F.D.d :** Fongicide Demi dose ; **H.E.D :** Huile Essentielle Dose complet ; **H.E.D.d :** Huile Essentielle Demi Dose **; E.E.D :** Extrait Ethanolique Dose complet **; E.E.D.d :** Extrait Ethanolique Demi Dose **; E.M.D :** Extrait Méthanolique Dose complet **; E.M.D.d :** Extrait Méthanolique Demi Dose **; E.A.D :** Extrait Aqueux Dose complet ; **E.A.D.d :** Extrait Aqueux Demi Dose ; **T.W :** Témoin Tween ; **T.E :** Témoin Eau.

Dans un autre contexte, l'application de la matière active FOSETYL-ALUMINIUM sous la dose homologue et la demi-dose montré un effet antifongique important sur le *Fusarium* de tomate se traduisant par une diminution du nombre des feuilles infectées (Figure III.5.a).

III.2.2.2. Étude comparée de l'efficacité de différentes régies sur le taux d'infection des feuilles de la tomate

L'application du modèle G.L.M (Figure III.6.b), a admis de retenir que les effets antifongiques des phytopréparations sont significatifs selon nature (Huile, extrait) et la concentration (Dose complète, demi-dose) (P=0.042 ; p<5%). Ces analyses montrent ainsi que l'effet antifongique le plus élevé est enregistré suite à l'utilisation de l'huile essentielle de *S. molle.*

Dans un autre sens le G.L.M, permet de déduire que la matière active FOSETYL-ALUMINIUM présente des effets antifongiques très importants sur *Fusarium sp* en montrant une diminution significative de nombre des feuilles de tomate infectées(Figure III.6.a).

Pour les deux témoins nous remarquons que le nombre des feuilles infectées reste a un niveau assez élevé comparées aux blocs traités (Figure III.6. a et b).

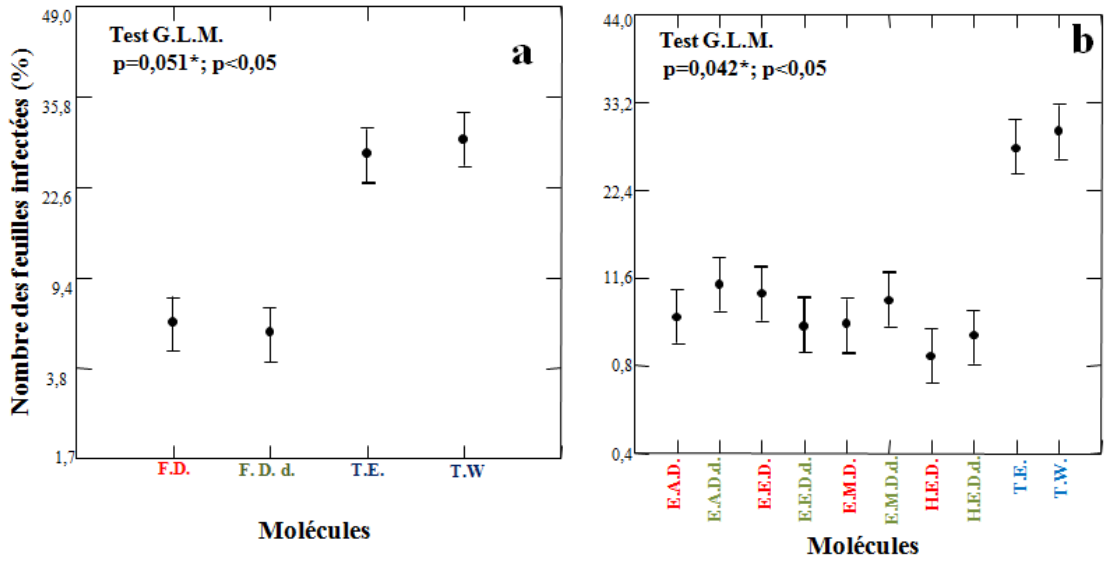


Figure III. 6. Estimation de l'efficacité des molécules appliquées sur le taux d'infection des feuilles de tomate.

F.D : Fongicide Dose complet ; **F.D.d :** Fongicide Demi Dose ; **H.E.D :** Huile Essentielle Dose complet ; **H.E.D.d :** Huile Essentielle Demi Dose **; E.E.D :** Extrait Ethanolique Dose complet **; E.E.D.d :** Extrait Ethanolique Demi Dose **; E.M.D :** extrait Méthanolique Dose complet **; E.M.D.d :** Extrait Méthanolique Demi Dose **; E.A.D :** Extrait Aqueux Dose complet ; **E.A.D.d :** Extrait Aqueux Demi Dose ; **T.W :** Témoin Tween ; **T.E :** Témoin Eau.

Par comparaison de l'effet antifongique des différentes régies utilisées sur le nombre des feuilles infectées par le *Fusarium*, il en ressort l'efficacité de la régie chimique et la régie biologique par rapport aux témoins où le pourcentage des feuilles

infectées reste important (Test ANOVA confirmée par le test NEWMAN KEULS) (Figure III.7.).

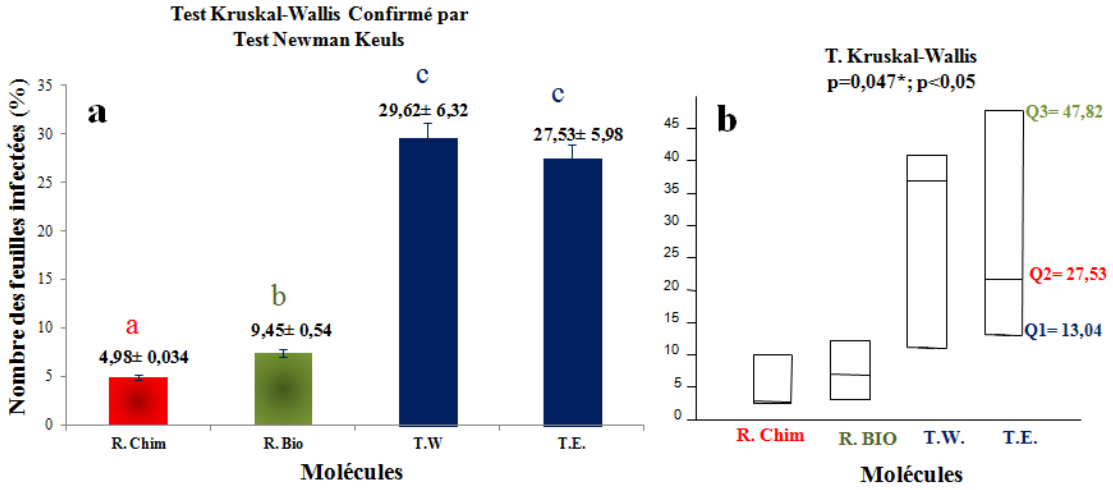


Figure III.7. Étude comparée de pourcentage d'infestation des feuilles de tomate sous l'effet de différentes régies.

R. Chim : Régie Chimique ; **R. Bio :** Régie Biologique **; T.W** : Témoin Tween ; **T.E** : Témoin Eau.

III.3. Évaluation de l'activité insecticide des phytopréparations

III.3.1. Évolution temporelle de l'efficacité des phytopréparations et du produit de synthèse sur la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*

Tableau III.4. Effet des phytopréparations sur l'abondance de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*

	Régie Biologique								Régie Chimique		Témoin	
	H.E.D.	**H.E.D.d**	**E.E.D.**	**E.E.D.d**	**E.M.D.**	**E.M.D.d**	**E.A.D.**	**E.A.D.d**	**I.D.**	**I.D.d.**	**T.W**	**T.E**
M±E.S	1± 0,09	1,16 ± 0,4	1,5 ± 0,5	1,58± 0,5	1,16±0,44	1,66±0,59	1,41±0,67	2,25±0,28	0,91 ±0,8	1,16±0,84	2,25±0,2	2,83±0,4
p-value	**ANOVA:** p=0,543* ;p>0,05 / **KRUSKAL-WALLIS:** p=0,394^{Ns}; p>0,05											

I.D : Insecticide Dose complet ; **I.D.d :** Insecticide Demi Dose ; **H.E.D :** Huile Essentielle Dose complet ; **H.E.D.d :** Huile Essentielle Demi Dose **; E.E.D :** Extrait Ethanolique Dose complet **; E.E.D.d :** Extrait Ethanolique Demi Dose **; E.M.D :** Extrait Méthanolique Dose complet **; E.M.D.d :** Extrait Méthanolique Demi Dose **; E.A.D :** Extrait Aqueux Dose complet ; **E.A.D.d :** Extrait Aqueux Demi Dose ; **T.W :** Témoin Tween ; **T.E** : Témoin Eau ; M± E.S. ; Moyenne± standard erreur, Ns : non significative

Le Tableau III.4, montre l'abondance de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* sous l'effet des différentes régies appliquées, la régie biologique (Extraits aqueux, Extrait méthanolique, Extraits éthanolique et l'huile essentielle *S. molle*) et la régie chimique (Dose homologue et la demi-dose de la matière active ACETAMIPRIDE). En référence aux abondances, les résultats indiquent que les différents traitements appliqués affichent une toxicité distincte en termes de réduction des individus de *T. absoluta* par rapport aux témoins.

Les valeurs des abondances les plus basses sont enregistrées sous l'effet l'huile essentielle, dont l'abondance le plus élevé est signalé sous l'effet d'extrait aqueux à la demi-dose. L'activité insecticide de la dose prescrite et de la demi-dose de la matière active ACETAMIPRIDE est très distinctive en termes de réduction des abondances de la mineuse par comparaison aux témoins où l'abondance reste élevé (Tableau III.4).

Les abondances sont évaluées à travers la distinction entre la disponibilité des individus avant et après traitement. Une projection a été réalisée en faisant ressortir la fluctuation des abondances en fonction du temps, des principes actifs et des doses d'applications (Figure III.8.).

Graphiquement, on peut observer une tendance à la diminution de l'abondance de *T. absoluta* sous l'effet des deux doses de la matière active ACETAMIPRIDE avec une forte action biocide de la dose par rapport à la demi-dose. Cependant, on remarque que l'effet des deux doses se révèle une efficacité importante au bout de 24h, s'accentue à 48h mais n'atteint son efficacité maximum qu'au bout de 72h (Figure III.8.a).

En référence aux abondances, les résultats indiquent que les différents phytopréparations appliquées affichent une toxicité distincte en termes de réduction des individus de Tuta absoluta par rapport aux témoins (Figure III.8.b). Les extraits (extrait aqueux, l'extrait méthanolique, l'extrait éthanolique) et l'huile essentielle démontrent une toxicité moyenne au début de l'application des traitements vers une forte toxicité à la fin du suivi. Nous constatons que l'huile essentielle à la dose complète étale une meilleure réduction d'abondances par comparaison aux autres bioproduits. Pour les témoins (tween, eau courante) l'abondance reste à un taux assez élevé (Figure III.8.a et b).

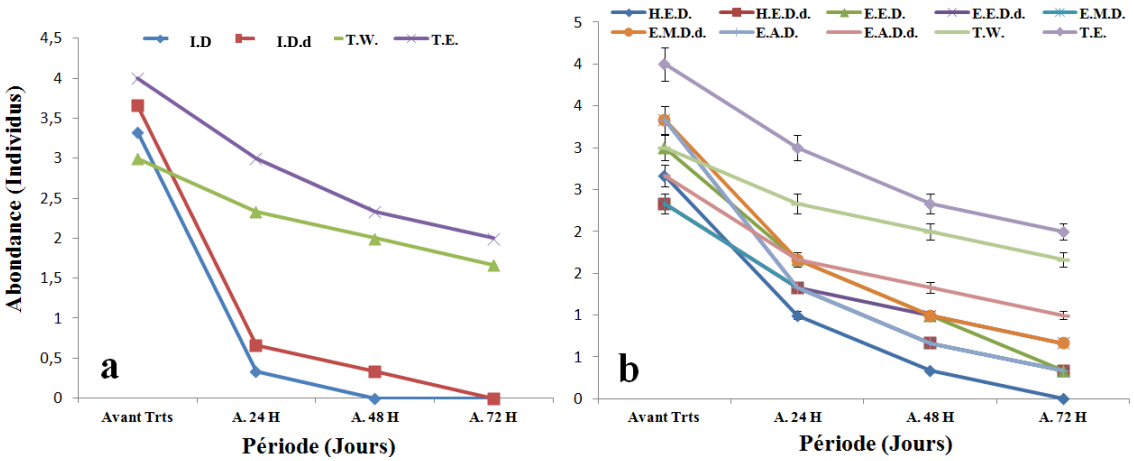


Figure III. 8. Variation temporelle des abondances de *Tuta absoluta* sous l'effet des molécules appliquées.

I.D : Insecticide Dose complet ; **I.D.d :** Insecticide Demi Dose ; **H.E.D :** Huile Essentielle Dose complet ; **H.E.D.d :** Huile Essentielle Demi Dose ; **E.E.D :** Extrait Ethanolique Dose complet ; **E.E.D.d :** Extrait Ethanolique Demi Dose ; **E.M.D :** Extrait Méthanolique Dose complet ; **E.M.D.d :** Extrait Méthanolique Demi Dose ; **E.A.D :** Extrait Aqueux Dose complet ; **E.A.D.d :** Extrait Aqueux Demi Dose ; **T.W :** Témoin Tween ; T.E : Témoin Eau.

III.3.2. Étude comparée de l'efficacité de différentes régies sur l'abondance de *Tuta absoluta*

Nous avons appliqué le modèle général linéaire (G.L.M.), aux individus de *T. absoluta* de manière à étudier l'influence des différentes molécules sur les abondances.

Les abondances *T. absoluta* montrent une différence significative durant toute la période d'exposition (test G.L.M ; p<1‰; p<5%). Nous remarquons que l'effet temporel des différentes molécules appliquées démontre une toxicité progressive durant la période de suivi (Figure.III.9.a et c).

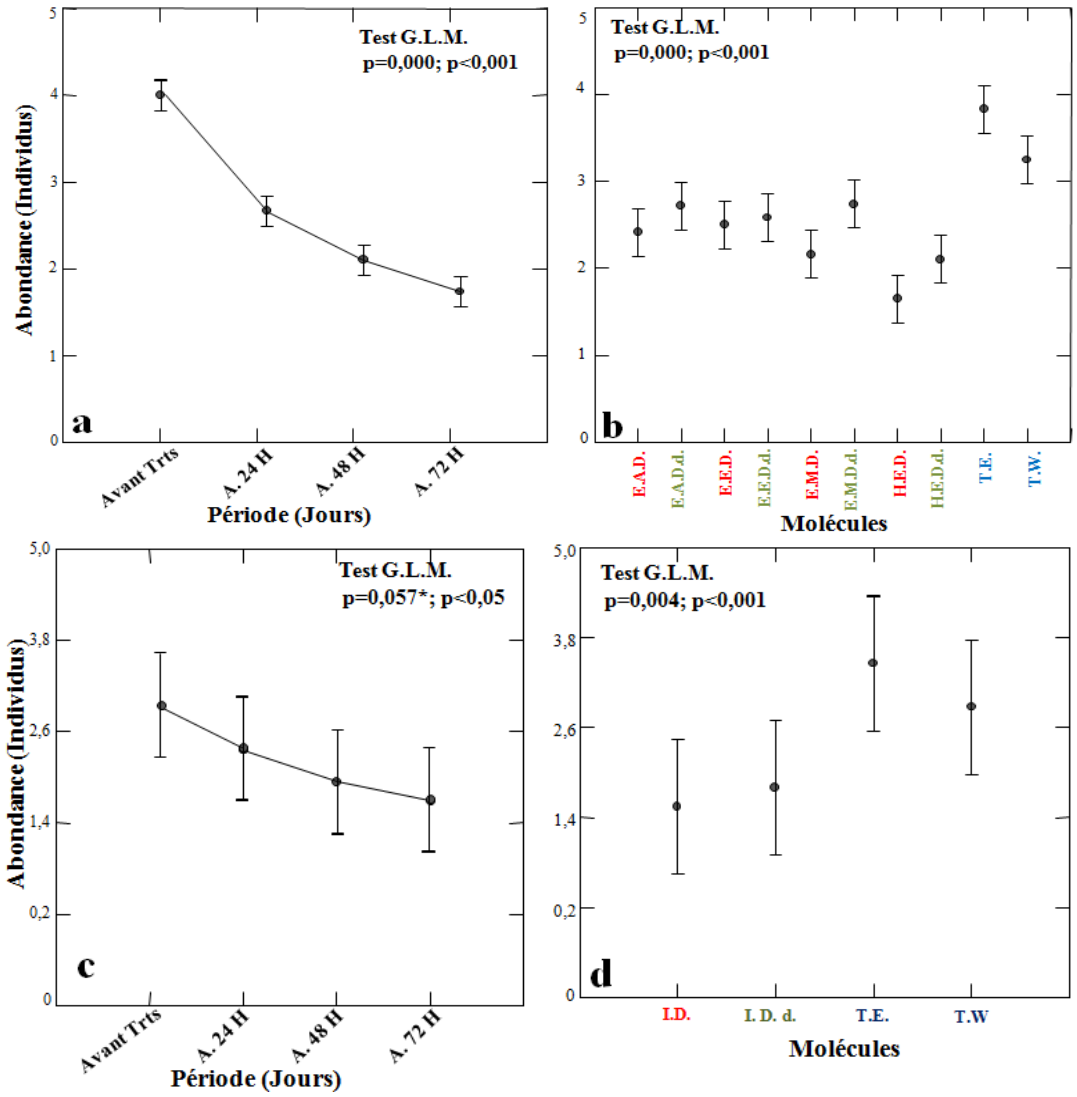


Figure III.9. Estimation de l'efficacité des molécules appliquées sur l'abondance de *Tuta absoluta.*

I.D : Insecticide Dose complet ; **I.D.d :** Insecticide Demi Dose ; **H.E.D :** Huile Essentielle Dose complet ; **H.E.D.d :** Huile Essentielle Demi Dose **; E.E.D :** Extrait Ethanolique Dose complet **; E.E.D.d :** Extrait Ethanolique Demi Dose **; E.M.D :** Extrait Méthanolique Dose complet **; E.M.D.d :** Extrait Méthanolique Demi Dose **; E.A.D :** Extrait Aqueux Dose complet ; **E.A.D.d :** Extrait Aqueux Demi Dose ; **T.W :** Témoin Tween ; **T.E :** Témoin Eau

La figure III.b, montre que tous les phytopréparations exercent une action toxique sur les abondances *T. absoluta,* avec une dissemblance très hautement significative (p=0,000; p<0,001). Le modèle linéaire expose que l'huile essentielle à la dose complète donne la meilleure toxicité, tandis que le reste des produits donnent un effet presque similaire (Figure.III.9.b). En outre, l'abondance *T. absoluta* reste très important chez les témoins (tween, eau courante) par comparaison aux traitées.

Par comparaison de la toxicité des produits utilisés, aucune variation significative n'est enregistrée sous l'effet des différentes régies à l'égard des abondances de *T. absoluta* (Boite a moustache; Test ANOVA, p>0,05) (Figure.III.10.b). Toutefois, nous notons la suprématie d'effet du produit de synthèse **ACETAMIPRIDE** par rapport aux bioproduits (huile essentielle; extraits) et aux témoins (Figure.III.10.a).

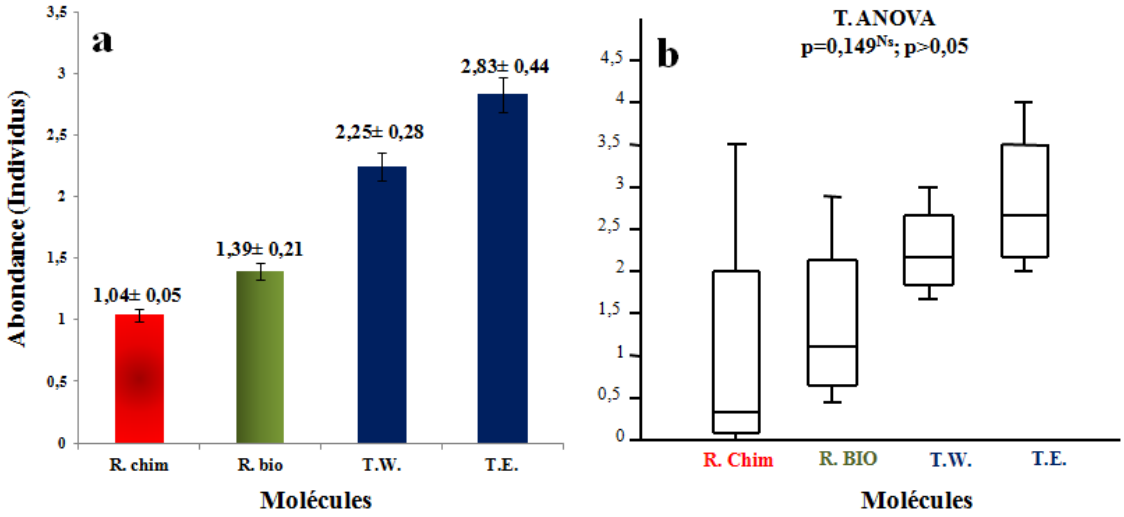


Figure III.10. Etude comparée de l'effet des différentes régies sur l'abondance de *Tuta absoluta.*

R. Chim : Régie Chimique ; **R. Bio :** Régie Biologique **; T.W** : Témoin Tween ; **T.E** : Témoin Eau.

Chapitre IV
DISCUSSION

CHAPITRE IV

DISCUSSION

Les bio-agresseurs (Ravageurs, champignon phytopathogènes), sont responsables de nombreux dégâts affectant les cultures maraichères. L'utilisation des pesticides chimiques efficace contre ces nuisibles à entraîné de multiples conséquences sur l'environnement. Il devient par conséquent, indispensable de contrôler biologiquement ces organismes. Le recours aux phytopréparations comme les extraits des plantes et les huiles essentielles peut avoir un intérêt très prometteur comme source potentielle de molécules naturelles bioactives sans danger et de faible rémanence. Ce travail s'affilie dans le cadre de l'exploitation de certaines nouvelles molécules bioactives issus de plantes facilement utilisables par les agriculteurs.

Dans ce contexte, la présente étude rentre dans le cadre de la recherche et l'inventaire de la flore naturelle locale pouvant présenter des effets biocides. Elle a pour objectifs de valoriser certaines nouvelles molécules bioactives issues de plantes facilement utilisables par les agriculteurs. Ce travail est basé sur l'étude de l'effet fongicide et insecticide des extraits (Extrait aqueux, extrait méthanolique, extrait éthanolique) et de l'huile essentielle issus de la plante aromatique *Schinus molle.*

Les bioproduits obtenus (E.X. et H.E.) avec les différentes concentrations sont testés *in vitro* et *in vivo* à l'égard d'un champignon phytopathogène *Fusarium sp* ainsi que l'activité insecticide de ces derniers est testé *in vivo* sur la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*. L'efficacité de ces phytopréparations a été comparée à deux produits de synthèses (FOSETYL-ALUMINIUM; ACETAMIPRIDE).

IV.1. Rendement et screening chimique *Schinus molle*

Nos résultats montrent que le rendement en huile essentielle de *Schinus molle* obtenus par l'hydro-distillation est de 0,5% ce qui est proche de celle obtenue par Seladji, (2015), où le rendement est de 0,60 à 0,90%. Bien que les résultats du rendement en huiles essentielles des feuilles et des fruits de *S. molle* sont très proches de la notre, avec 0.7% selon Marongiu et *al*. (2004) et 0.75% d'après Hayouni et *al.* (2008). L'étude d'AB1D (2009), sur l'huile essentielle montre que le rendement en huiles essentielles des feuilles de *Schinus molle* est de l'ordre de 1,11 % tandis que les fruits il est de l'ordre de 0,11%. Alors que Ennigrou et *al*. (2011) ont obtenu 1.06% de rendement extrait des feuilles de *S. molle* des souches de Tunisie. Un rendement de 2% est obtenu de la partie aérienne de *S. molle* selon Belemassoud (2013). L'étude de Rouibi et *al*., (2010) sur l'huile essentielle *S. molle* a permis d'avoir des rendements plus élevés que la notre dont le rendement des huiles essentielles des feuilles et des baies de S. molle sont respectivement de 2,22% et de 6,33%.

Cette distinction dans le rendement peut être est dû aux conditions environnementales, climatiques, géographiques, la période de récolte et la technique de distillation (Lahlou, 2004). Ainsi que, la qualité et la quantité de composants présents dans les huiles essentielles peuvent être affectées par plusieurs facteurs tels que le génotype, la situation géographique, la saison et l'état agronomique (Gumus et *al.*, 2010).

Nous constatons que l'extrait aqueux donne pratiquement les meilleurs rendements (28%) d'extraction par rapport à l'extrait méthanolique (16 %) et l'extrait éthanolique (14%). Ce qui corrobore avec les résultats de Seladji, (2015), qui démontre que les extraits aqueux des feuilles de *S. molle* enregistrent un rendement élevé de l'ordre 29,34 comparant a l'extrait méthanolique qui possède un rendement plus faible de 23,40%. Cette différenciation dans le rendement de *S. molle* peut être elle est en rapport avec la variété de la plante étudié, le cycle végétatif, les conditions écologiques et les méthodes d'extraction.

La distinction signalée au niveau des rendements des extraits peut être attribuée au degré de polarité des composés extraits et aux solvants utilisés, néanmoins la forte solubilité des pigments, des enzymes et des composés bioactives dans l'eau, témoigne son utilisation universelle dans les préparations des décoctions à base de plantes comme remèdes thérapeutiques (Hsu et Coupar, 2006 *in* Daghbouche et *al.*2017).

Les résultats de screening phytochimique de notre plante *S. molle* exhibent la présence de Quinone libre, de tanins catéchiques, de polyphénols, de Saponosides, de Terpénoïdes, de glycosides et des alcaloïdes. Nos résultats confirment avec d'autres résultats qui confirment la présence de ces composés chimique dans les fruits et les feuilles de S. molle avec différentes concentration (AB1D, 2009). De même Seladji (2015), dans leur étude a mis en évidence la présence de ces composés dans les feuilles et les fruits de *S. molle*. Selon Akkou (2015), l'extrait de SM riches en quantités importantes de substances organiques azotés et parfois oxygénés. Ces substances généralement sont hétérocycliques aromatiques tel que: Tanins, Saponosides et l'Alcaloïdes.

IV.2. Évaluation de l'activité antifongique des phytopréparations sur l'inhibition de la croissance mycélienne du *Fusarium sp.*

Les différents extraits (Extrait aqueux, extrait méthanolique, extrait éthanolique) et l'huile essentielle de *Schinus molle* ont montré un pouvoir antifongique important sur la souche étudiée *Fusarium sp,* donnant des résultats en pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne atteindre les 60 %. Ces résultats nous autorisent de suggérer que les bioproduits contiennent une grande diversité des composants bioactifs ayant été extériorisés pendant les différentes étapes de l'extraction. Cette hypothèse est consolée

par une littérature assez riche qui stipule que *Schinus molle* contient des substances naturelles défensives qui ont servi d'insecticide depuis longtemps.

Plusieurs études phytochimiques réalisées sur cette plante ont révélé la présence des composés phénoliques, des terpénoïdes, des saponosides, des Glucosides, des tanins, des Alcaloïdes, des et des Flavonoïdes (AB1D, 2009, Akkou, 2015, Seladji, 2015). L'activité biologique de *S. molle* a fait l'objet de nombreuses recherches. Elle est éprouvée pour ses activités toxicologiques (Martins Mdo R, et *al*., 2014), anti-oxydantes (Seladji, 2015), anti-inflammatoires (Yuequin et al, 2003), antimicrobiennes (Seladji, 2015), antibactériennes (Rouibi et *al.*, 2010), antivirale (Ducros et Favier, 2004), antifongique (Abid ,2009), antiparasitaire (Ferreroa et al.,2007), insecticides et allélopathique (Yuequin et *al*, 2003).

Nos résultats sont comparables à ceux obtenus par Gundidza (1993), qui a montré que l'huile essentielle de faux poivrier *S. molle* a une forte activité antifongique vis-à-vis le genre *Fusarium.*

Les mêmes résultats étalent que l'huile essentielle de *S. molle* provoque une activité inhibitrice remarquable par comparaison aux différents extraits appliqués. Abid (2009), confirme aussi l'effet drastique de l'huile essentielle par rapport aux extraits aqueux. Les résultats de l'activité antifongique des extraits *S. molle* présentaient une forte sensibilité de la souche fongique *Fusarium* envers les extraits testés avec la dominance de l'efficacité de l'extrait méthanolique et éthanolique. Les résultats montrent ainsi que l'extrait aqueux à la demi-dose avéré presque inactif contre le champignon phytopathogènes *Fusarium s.* Nous suggérons que l'activité biologique des extraits dépend largement de la méthode et la nature du solvant d'extraction. Molina-salinas et *al.*(2007), signalent que la souche *Streptococcus pneumoniae* s'est montrée une sensible remarquable vis-à-vis de l'extrait Hexanique des fruits de faux poivrier *Schinus molle.*

Dans le cas *in vivo*, les résultats obtenus montrent nettement que toutes les molécules testées (biologique ou chimique) ont révélé un effet antifongique important se traduisant par une diminution de nombre des feuilles infectées de la tomate, au fur et à mesure que la dose et le temps d'exposition augmentent. Ces résultats sont confirmés par Ana et *al*. (2010), qui prouvent l'effet antifongique *in vivo* de faux poivriers sur quatre souches fongiques *Alternaria sp*., *Botrytis sp*., *Colletotrichum sp*. et *Fusarium sp.* Une étude, montre qu'*Escherichia coli* est très sensible vis-à-vis des feuilles de *Schinus molle* (Abid ,2009).

L'espèce fongique étudiée présente une sensibilité vis-à-vis du fongicide FOSETYL-ALUMINIUM aussi bien in vitro qu'in vivo. Ces résultats confirmés par Hibar K. et *al*. (2007).qui ont montré que, les fongicides de synthèse (Hymexazol et Le- benomyl), ont été plus efficaces *in vitro* car ils entraînant un pourcentage d'inhibition de 80% de la croissance mycélienne de *Fusarium*. Toutefois, les essais de

lutte in vivo avec ces fongicides ont montré une efficace pouvant entraîner une réduction de l'incidence de la maladie de l'ordre de 76%.

IV.3. Évaluation du potentiel insecticide des phytopréparations issus de faux poivrier *Schinus molle* sur l'abondance de *Tuta absoluta*

Les résultats relatifs à la régie biologique par le biais des applications de l'extrait aqueux, l'extrait méthanolique, l'extrait éthanolique et l'huile essentielle de faux poivrier S. molle et de la régie chimique ACETAMIPRIDE ont montré une efficacité considérable sur le ravageur *Tuta Absoluta*. Cette action de choc ***(effet Knock- down)*** est bien visible sur les abondances *T. Absoluta*. Une gradation positive de toxicité allant des extraits de la plante entière, puis l'huile essentielle et enfin la matière active.

Les résultats avancées corroborent avec plusieurs études, qui ont montré que l'influence néfaste des pesticides pour l'organisme, qu'ils soient neurotoxiques, immunotoxiques ou encore reprotoxiques peut être le fruit de processus complexes et potentiellement cumulés (Langer, 2007). Beaucoup de chercheurs trouvent que l'impact des pesticides sur les organismes nuisibles vise l'intégrité de l'individu, donc un dysfonctionnement de l'ensemble de ses paramètres biologiques où chaque paramètre joue ainsi un rôle dans sa survie (Riba et Silvy, 1989).

Les résultats obtenus dans cette étude montre que l'huile essentielle du faux poivrier a un pouvoir insecticide très puissant contre la mineuse de la tomate *T. absoluta* par rapport aux extraits appliqués (Extrait aqueux, extrait méthanolique , extrait éthanolique) qui donnent un effet similaire sur la structure populationnelle de *T. absoluta* ce qui renverse les résultats obtenus dans une étude muni sur l'effet insecticide de *Schinus molle* sur les larve de *Gonipterus platensis* par Chifelle et *al* (2017) qui indique que l'extrait éthanolique de celle-ci a le plus fort pouvoir insecticide, au contraire des résultats publiés par Mercier (2018), qui indique qu'il avait un taux de mortalité de 100% sur *Ctenocephalides felis* avec une dose de 50 µg/cm^2 d'huile essentielle de *Schinus molle*, ce qui accord nos résultats. Lopez *et al.* (2014 in Chenni, 2016) ont démontré le potentiel insecticide de l'huile essentielle des feuilles de faux poivrier *Schinus molle* encapsulée contre *Haematobia irritans*. Les huiles essentielles des fruits et feuilles de *Schinus molle* ont montré une activité répulsive et insecticide contre *Trogoderma granarium* et *Tribolium castaneum.* Son efficacité contre ces deux insectes suggère qu'il soit une source d'insecticide potentiel (Abdel-Sattar, 2010 in Laouira, 2014).

Regnault- Roger et Philogène (2008) ont révélé que certains alcools, phénols, cétones, aldéhyde et terpènes produits en permanence par des plantes aromatiques vont agir sur le comportement d'un grand nombre d'insectes phytophages par des processus de répulsion ou d'anti-appétence. Leur toxicité s'exerce de façon sélective sur le système nerveux (neurotoxique), le système reproducteur (reprotoxiques) ou le système digestif des bioagresseurs.

Les résultats ont montrés que l'effet des extraits méthanolique à la dose complète provoque une action de choc importante a l'égard de *T. absoluta* par comparaison aux extraits éthanolique et aqueux où l'action reste moins importante. Cette variation dans l'efficacité de *S. molle* peut être elle est en rapport avec les méthodes d'extraction et les solvants utilisés.

Nos résultats sont conformes aux résultats d'autres études qui montrent que, la poudre des feuilles de *Schinus molle* cause une mortalité près de 73 % sur les Adultes *de Drosophila melanogaster* après 48 heures d'exposition (Laouira, 2014). Lannacone et Lamas, (2003 in Laouira, 2014) qui ont étudié l'effet d'extraits des feuilles de *S. molle* sur *Chrysoperla* (Neuroptera : Chrysopidae), *Trichogramma pintoi* (Hymenoptera : Trichogrammatidae), et *Copidosoma koehleri* (Hymenoptera : Encyrtidae). Ces auteurs, ont enregistré une mortalité pour *T. pintoi* de 55; 95 et 90% après 12 h d'exposition à l'extrait aqueux, hexanique, et acétonique respectivement à 10% de concentration.

L'effet toxique des feuilles du faux poivrier a été prouvé contre les différents stades de développement de *Schistocerca gregaria* à l'état grégaire où le taux de mortalité dépasse les 45% (Ben Hamouda, 1994 in Laouira, 2014).

L' extrait éthanolique et aqueux des feuilles de *Schinus molle* a été estimé, pour son effet insecticide sur les adultes de la chrysomèle de l'orme , *Xanthogaleruca luteola*, les deux extraits ont été efficaces et ont provoqué respectivement une mortalité supérieure à 97 et 27 % pendant 2 et 4 jours (Huerta, 2010). Selon Hassaine (2016), le faux poivrier *S. molle* possède un effet toxique très important contre les différents ravageurs en présentant un taux de mortalité 50% contre *Rhyzopertha dominica*, et de 46% contre les adultes de *Tribolium castaneum.*

Des extraits éthanoliques et hexaniques de feuilles de *Schinus molle* ont plus particulièrement été testés pour leur toxicité sur des rats afin d'évaluer leur toxicité cutanée (Ferreroa et *al*., 2007).

CONCLUSION

CONCLUSION GÉNÉRAL

La tomate, est aliment le plus consommé dans le monde après la pomme de terre, cette culture peu être attaquée par une large gamme de bioagresseurs, tel que la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* qu'elle est considérée comme un organisme de quarantaine à cause des pertes qu'elle occasionne qui peu être jusqu'à 100 % de rendement. De même, le *Fusarium sp* est l'un des champignons phytopathogène qui touche la tomate et qui occasionne un ralentissement de sa croissance, un flétrissement et un jaunissement des feuilles basses et un brunissement fort aux tissus vasculaires. Bien souvent, les plantes finissent par se dessécher et mourir. Face à cette situation alarmante, l'usage de produits phytosanitaire qui a été perçu comme un progrès considérable pour la maîtrise des ressources alimentaires. Mais le revers de la médaille est apparu rapidement avec des effets négatifs sur les écosystèmes. Pour répondre aux besoins alimentaires d'une population mondiale sans cesse croissante, une protection des cultures efficace est indispensable. C'est le défi que tente de relever le bio-contrôle.

Dans cette étude nous avons essayé de mettre en évidence l'effet insecticide et fongicide des extraits (E. aqueux, E. méthanolique, E. éthanolique) et de l'huile essentielle de faux poivrier *Schinus molle* sur la mineuse de la tomate *Tuta Absouta* et la souche Fongique *Fusarium sp*. tout en comparant avec des pesticides chimique FOSETYL-ALUMINIUM et ACETAMEPRIDE; dans le but de trouver d'autres alternatives à l'utilisation abusives des pesticides chimique afin de limiter les effets néfastes de ces derniers sur l'environnement et la santé humaine.

Les résultats de test phytochimique obtenus à travers notre étude démontrent, que les rendements en huile essentielle, extrait éthanolique, extrait méthanolique et extrait aqueux sont de l'ordre de 0.5%, 14%, 16% et 28% respectivement avec une richesse en quinone libres, tanins catéchique, polyphénols, alcaloïdes, une présence moyenne des terpénoïdes et saponosides et une présence faible des glycosides.

Les résultats relatifs aux applications des extraits aqueux, extraits méthanolique, extraits éthanolique et l'huile essentielle de *Schinus molle* et des produits chimique FOSETYL-ALUMINIUM et ACETAMIPRIDE ont montré une efficacité notable.

Les résultats du pouvoir antifongique *in vitro* des bioproduits issus de *Schinus molle* et de la matière active FOSETYL-ALUMINIUM vis-à-vis le champignon phytopathogène *Fusarium sp* expriment un effet antifongique remarquable se traduisant par le taux d'inhibition de la croissance mycélienne. Le pourcentage d'inhibition (PI) le plus élevé est enregistré suite a l'utilisation de l'huile essentielle et de la matière active tandis que le pourcentage d'inhibition (PI) le plus faible est celui enregistré suit à l'application de l'extrait aqueux.

Dans un autre contexte, les résultats du pouvoir antifongique *in vivo* des différentes molécules appliquées vis-à-vis le champignon phytopathogène *Fusarium sp* montrent un effet antifongique acceptable se traduisant par une diminution du nombre des feuilles de tomate infectées par ce champignon. Les résultats montrent que, les deux doses de la matière active et la dose complète de l'huile essentielle ont provoquent une réduction marquante des feuilles infectées par rapport aux autres molécules utilisées.

En outre, les résultats du pouvoir insecticide *in vivo* des extraits et de l'huile essentielle de *Schinus molle* et du principe actif ACETAMIPRIDE à l'égard de la mineuse de la tomate affichent une toxicité distincte en termes de réduction des individus de *T. absoluta* par rapport aux témoins. Nous remarquons que la matière active ACETAMIPRIDE exerce une pression importante sur la disponibilité *T. absoluta* par rapport aux bioproduits (huile essentielle; extraits) et aux témoins.

Pour conclure, l'huile essentielle de faux poivrier *Schinus molle* a un effet antifongique et insecticide important comparant aux différents extraits.

Au terme de cette approche nous suggérons:

- D'étudié l'effet insecticide d'huile essentielle et des extraits du faux poivrier contre d'autres ravageurs et champignons;

- De vérifier l'effet bactéricide, virocide de *Schinus molle*.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Abdel-Sattar, E., Zaitoun, .A.A., Farag, M.A., Gayed, S.H. et Harraz, F.M., 2010**. Chemical composition, insecticidal and insect repellent activity of *Schinus molle* L. Leaf and fruit essential oils against *Trogoderma granarium* and *Tribolium castaneum*. Department of Pharmacognosy, College of Pharmacy, University of Alexandria, Alexandria, Egypt Nat Prod Res. 24(3) p226-35.

2. **Abeer, F., Nahas, El., Mohamed, Abdel-Razek, A.S., Nashwa, M., Shawky, H., Haneen, M. et Ghazy, A., 2016.** Impaired antioxidant gene expression by pesticide residues and its relation with other cellular biomarkers in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) from Lake Burullus. Ecotoxicology and Environmental Safety 137 (2017) 202–209.

3. **Abid, L., 2008.** Recherche des activités antimicrobiennes et antioxydantes de *Schinus molle* L. et *Pistacia vera* L. de la région de Tlemcen. Thèse Magister. Univ. Tlemcen, 115 p.

4. **Abid, L., 2009.** Recherche des activités antimicrobiennes et antioxydantes de *Schinus molle L* et *Pistacia vera C* de la région de Tlemcen. Thèse doc., Univ. Tlemcen, Algérie, 115p.

5. **Adjoudji, O., Ngassoum, M.-B., Essia, Ngang, J.-J., Ngamo, L.S.T. et Ndjouenkeu, R., 2000.** Activité insecticide des huiles essentielles des fruits de *Piper nigrum* (Piperaceae) et de *Xylopia aethiopica* (Annonaceae) sur *Sitophilus zeamais* (Curculionideae). Biosciences Proceedings, 7, 511-517.

6. **Agrios, G.N., 2005.** Plant Pathology. Fifth Edition, Elsevier Academic Press, 525 B Street, Suite 1900, San Diego, California 92101-4495. pp. 524-525, 539.

7. **Akkou, N.E.H., 2015.** Etude de l'activité antioxydante, et des tests phytochimiques de la plante *Schinus-Molle*: application à l'inhibition de corrosion d'un l'acier au carbone dans Hcl 1M. Thèse doc., Univ. Saïda, Algérie, 45p.

8. **Al Abed, D. et Kambouche, N**., **2003**. « *Les huiles essentielles* », Editions Dar El Gharb.

9. **Alabouvette, C., Olivain, C., et Steinberg, C. 2006.** Biological control of plant diseases : the European situation. European Journal of Plant Pathology 114, 329-341.

10. **Al-Reza, S.M., Rahman, A., Ahmed, Y., Kang, S.G., 2010.** Inhibition of plant pathogens in vitro and in vivo with essential oil and organic extracts of *Cestrum nocturnum* L. Pesticide Biochemistry and Physiology 96: 86–92. Thèse Doc., FSB-UTHB, Alger, 235p.

11. **Ana, C., Atti dos Santos, I., Marcelo RossatoI, I., Luciana Atti SerafiniI, I., BuenoI, M., CrippaI, L. B. et SartoriI, V. C., 2010.** Efeito fungicida dos óleos essenciais de *Schinus molle L. e Schinus terebinthifolius Raddi*, Anacardiaceae, do Rio Grande do Sul. Revista .

12. **Anchisi, M., Gennari, M., et Matta, A., 1985.** Retardation of *Fusarium wilt* symptoms in tomato by pre- and post-inoculation treatments of the roots and aerial parts of the host in hot water. *Physiological Plant Pathology*, 26:175-183.

13. **Anonyme., 1999.** Tomate sous serre. *Bulletin Mensuel D'information et de Liaison du PNTTA*, N°57.4 p.

14. **Anonyme., 2014.** biocontrol. *INRA* .

15. **Anonyme., 2016.** Cycle de développement de la tomate**.** (https://www.google.dz/search?q=cycle). Date accès 17.4.2016

16. **ANSM., 2008.** Définition présente dans l'introduction des recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles. france.

17. **Aquiloni, L. et Gherardi, F., 2010.** The use of sex pheromones for the control of invasive populations of the craylish *Procambarus clarkia*: a field study. Hydrobiologia, 649, 249-254.

18. **Armstrong, G.N. et Armstrong, J.K., 1981.** Formae speciales and races of *Fusarium owysporum* causing wilt diseases, p. 391-399. *In* P.E. Nelson, T.A. Toussoun, and R.J. Cook (ed), *Fusarium* : diseases, biology, and taxonomy. Pennsylvania State University Press, University Park.

19. **Atherton, J. C., Rudich, J., 1986**. The tomato crop: a scientific basis for improvement. P56.

20. **Atik Bekkara, F., Bousmaaa, L., Taleb Bendiab, S. A., Boti, J. B., CASANOVA, J., 2007.** Composition chimique de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* L poussant à l'état spontané et cultivé de la région de Tlemcen. *Biologie et santé*, 7 (1), pp: 5-10

21. **Badaoui, M. I., 2018.** Contribution à l'étude de la dynamique des populations de *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera ; Gelechiidae) et essais de contrôle biologique sur la culture de tomate ». Univ. Mostaganem, Algérie, 151p.

22. **Bachelot, C., Blaise, A., Corbel, T., et Le Guernic, A., 2005.** Les huiles essentielles. Licence en BIOLOGIE, U.C.O Bretagne Nord, 27 p.

23. **Bates, S., Z. J.-Z., 2005**. Insect resistance management in GM crops: past, present and future. . *Nat. Biotechnol* , 23, 57-62.

24. **Bayaa, B., Erskine, W., 1998.** Diseases of lentil. In : Allen, D.J., Lenné, J.J. *The pathology of Food and Pasture legume*. CAB International, pp. 423-471

25. **Bekhechi, C., 2008.** Analyse des huiles essentielles de quelques espèces aromatiques de la région de Tlemcen par CPG, CPG-SM et RMN 13 C et étude de leur pouvoir antibactérien. Thèse Doctorat. Univ. Tlemcen, 205 p.

26. **Belabid, L., 2003.** La fusariose vasculaire de la lentille (*Lens culinaris* Med) dans le nord-ouest algérien : morphologie et diversité génétique chez *Fusarium oxysporum* (Schlecht). Emend. S&H. f.sp. *lentis* (Vasud & Srini) en relation avec la répartition géographique et le pouvoir pathogène. Thèse de Doctorat. Université d'Oran, 178p.

27. **Belaïche, P., 1979.** Traité de Phytothérapie et d'Aromathérapie. Tome I. l'"Aromathérapie. Ed. Maloine S.A. Paris

28. **Belemassoud, R., 2013.** Mise en valeur les huiles essentielles du faux poivrier. Thèse doc., Univ. Ouargla, Algérie, 21p.

29. **Belot, A., 1978.** Dictionnaire des arbres et arbustes de jardin. *Ed. Bordas*, Paris, 383p.

30. **Benchaabane-Boukhatem, S., 2016.** Effets du Spinosad sur différents aspects physiologiques d'un ravageur à intérêt agronomique *Tuta absoluta* (Lepidoptera Gelechiidae) : Toxicité, biomarqueurs enzymatiques, métabolisme et reproduction. Thèse doc. UNIV. Annaba, Algérie, 100p.

31. **Benchabane, M., 2005.** Caractérisation des effets d'antagonisme microbienne et de promotion de la croissance végétale de souche de *Pseudomonas* spp. *fluorescents*, Thèse de Doctorat d'Etat, FSB-UTHB, Alger, 235p.

32. **Benhamou, N., Rey, P., Cherif, M., Hockenhull, J., Tirilly, Y., 1997.** Treatment with the mycoparasite *Phythium ologandrum* triggers induction of defence-related reactions in tomato roots when challenged with *Fusarium oxysporum f. sp. Radicis- lycopersici. Phytopathology*. 87 : 108-121.

33. **Benzahi, K., 2001.** Contribution à l'étude des flavonoides dans la Plante *cynodn Dactylon-L* (chindent), mémoides de Magister. Université de Ouargla,P,15-17.N.

34. **Berkani, A. et Badaoui, M.I., 2008.** La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick 1917 (Lepidoptera: Gelechiidae). *Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie*, Juillet 2008. pp 16.

35. **Besri, M., 1975.** Recherche sur les fusarioses. Influence de précédent cultural sur l'évolution de la population de *Fusarium oxysporum* dans la rhizosphère de quelques plantes. 1-8.

36. **Blancard, D., 1997.** Les maladies de la tomate. Edition INRA, Paris, 212p. Édit. Quae, France. 679 p.

37. **Blancard, D., 2009**- Les maladies de la tomate : identifier, connaitre, maitriser.

38. **Blancard, D., 2013.** http://ephytia.inra.fr/fr/C.

39. **Boland, J. et al., 2004.** les pesticides compositions, utilisation et risques. Agrodok.

40. **Bonnemain, J-L. ET Chollet J-F., 2003 -** Biologie et pathologie végétales. L'arsenal phytosanitaire face aux ennemis des plantes. Considérations générales. *C. R. Biologies* 326, pp: 1-7.

41. **Booth, C., 1984**. The *Fusarium* problem : Historical, economic and taxonomic aspects. In The applied Mycology of *Fusarium*, Moss, M.O. and Smith, J. E. ED. Cambridge University Press, 1-13.

42. **Brunner,K et *al.*, 2005.** Improvement of the fungal biocontrol agent *Trichoderma atroviride* to enhance both antagonism and induction of plant systemic disease resistance. *Appl. Environ. Microbiol* , 71, 3959-3965.

43. **Caltagirone, L.E. ET Doutt R.L., 1989** -the history of the *vedalia beetle* importation to california and its impact on the development of biological control. annual review of entomology, 34, pp: 1-6.

44. **Caroline, Cox and Michael, Surgan., 2006**. Unidentified Inert Ingredients in Pesticides: Implications for Humanand Environmental Health. Environmental Health Perspectives • volume 114 | number 12.

45. **Chaux, C. et Foury, C., 1994.**Productions légumières, Tome III : légumineuses potagères, légumes fruits. Edition : Lavoisier tec et doc. Paris**.** 563p.

46. **Chen, X *et al*., 2002.** Comparative analysis of the complete genome sequences of *Helicoverpa zea* and *Helicoverpa armigera* single-nucleocapsid nucleopolyhedroviruses . *J. Gen. Virol* , 83, 673-684.

47. **Chenni, M., 2016.** Etude comparative de la composition chimique et de l'activité biologique de l'huile essentielle des feuilles du basilic "*Ocimum basilicum* L." extraite par hydro-distillation et par micro-ondes. Thèse, Doc., Univ. Oran, 166p.

48. **Chibane, A., 1999.**Tomate sous serre. Fiche Technique. Bulletin mensuel d'information et de liaison du P.N.T.T.A. N° 57, juin 1999, Edit M.A.D.R.P.M/D.E.R.D. Maroc, 4 p.

49. **Corbaz, R., 1990.** Principe de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes. Edition Presse polytechnique et universitaire romande. 286 p.

50. **Cornelissen, B.J.C., Melchers, L.S., 1993.** Strategies for control of fungal diseases with transgenic plants. *Plant Physiol*., 101, pp. 709-712.

51. **Daghbouche, S., Daghbouche, A. E. S., Boulessnam, A. E. M., Snoussi, S-A. et Djazouli, Z-E., 2017.** Variation phrénologique du contenu phytochimique et

de l'activité antibacteriènne de *cytisus triflorus* l'her. *Revue agrobiologia*, 7(2): 548-561.

52. **Deravel, J *et al.*, 2014**. Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ* , 18(2), 220-232.

53. **De Souza, C., Koumaglo, K. & Gbeassor, M., 1995.** Évaluation des propriétés antimicrobiennes des extraits aqueux totaux de quelques plantes médicinales. UNIVERSITE DU BENIN, LOME – TOG .Pharm. Méd. tra. afro, pp103-112.

54. **Deveci, .O., Sukan, A., Tuzun, N. and Esin Hames Kocabas, E., 2010** - Chemical composition, repellent and antimicrobial activity of *Schinus molle L*. Journal of Medicinal Plants Research Vol. 4(21), p. 2211-2216.

55. **Dikshit, A., Naqvi, AA., Husain, A., 1986.** *Schinus molle*: a new source of natural Fungitoxicant. Appl. Environ. Microbiol. 51(5): 1085 – 88.

56. **Di Piertro, A., Madrid, MP., Caracuel, Z., Delgado-Jarana, J., Roncero, MIG**., **2003**. *Fusarium oxysporum* : exploring the molecular arsenal of a vascular wilt fungus Molecular Plant Pathology(4) : 315-325.

57. **Dodd, S *et al.*, 2003**. *Hypocrea atroviridis sp. nov.*, the teleomorph of *Trichoderma atroviridis*. *Mycologia* , 95(1), 27-40.

58. **Dohou, N., 2003.** Screening Phytochimique D'une Endémique Ibéro-Marocaine, *Thymelaea Lythroides* (*)Bull. *Soc. Pharm* , 142, 61-78.

59. **Doré, T., Roger-estrade, J., Le Bail, M., et Ney B.M.P., 2006.** L'agronomie aujourd'hui,Quaeeds.384p.

60. **Dubon., 2010.** Tout reste à tester sur *Tuta absoluta*. Réussir fruits et légumes, n°291.

61. **Ducros, V. et Favier, A., 2004.** Métabolisme du sélénium. EMC-Endocrinilogie, 1(1), 19- 28.

62. **Dupont, F. et Guignard, J. L., 2012-** Botanique les familles de plante. Edition Elsevier Masson. France, 300 p.

63. **Eliane, L., 2011.** Les produits phytosanitaires : distribution et application (les différentes méthodes de lutter). france: educagri.

64. **Ennigrou, A., Hosni, K., Casabianca, H., Vulliet, E. et Smiti, S., 2011.** Leaf volatile oil constituants of *schinus terebinthifolius* and *schinus molle* from Tunisia.

65. **FAO., 2009.** L'actualité agricole en Méditerranée. Ed. CIHEAM : 33.

66. **FAOSTAT., 2013.**Organisation des nations unies pour l'alimentation et

l'agriculture.http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor

67. **FAO STAT., 2016-** (http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/F), Date accès 26/04/2016.

68. **FAYE, M**., **2010**. Nouveau Procède de Fractionnement de la graine de neem (*Azadirachta indica a.jussi*) senegalais : production d'un bio-pesticide d'huile et de tourteaux. Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse. 256p.

69. **Fernandes, B., 2005.** Lutte biologique. *PHM- Revue horticole*, 465, pp.31-34.

70. **Ferrero, A., Minetti, A., Bras, C. et Zanetti, N., 2007.** Acute and subacute toxicity evaluation of ethanolic extract from fruits of *Schinus molle* in rats. J Ethnopharmacol., 25;113(3):441-7.

71. **Ferrero, M., 2009.** le système tritrophique tomate-tetranyques-tisserands-*Phytoseiulus Longines.* Etude de la variabilité des comportements alimentaires du prédateur et conséquences pour la lutte biologique. Thèse de doctorat. Université de Valencia. 116 pp.

72. **Fontaine, R., Clain, C. et Albon B., 2018.** *Tuta absoluta,* la mineuse de la tomate. FDGDON**.**

73. **Fravel, D. Olivian, C. et Alabouvette, C., 2003.** *Fusarium oxysporum* its biocontrol. New Phytologist, (157) : 493-502.

74. **Gallais, A. et Bannerot, H., 1992.** Amélioration des espèces végétales cultivées, objectifs et critères de sélection. Ed. INRA, Paris. 382 p.

75. **Gaston, B., 1990.** La grande flore en couleurs. Ed Belin. Paris. France.

76. **Ghormade, V., Deshpande, M.V. & Paknikar, K.M., 2011.**Perspectives for nano biotechnology enabled protection and nutrition of plants. *Biotechnol Adv.* **29**(6):792–803.

77. **Gomez, P., Cubillo, D., Mora, GA. & Hilje, L., 1997.** Evolution de posiblies repelentes de *Bemisia tabaci*. II. Extractos vegetales. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* **29**: *17-25.*

78. **Goueh, G., Kouadio, B., Kiyinlma, C., 2015.** Etude botanique, screening phytochimique et activité anticandidosique in vitro de *pycnanthus angolensis* (welw.) Warb. (myristicaceae). European scientific journal ,vol.11, N° 36 ISSN: 1857 – 7881 (print) e - ISSN 1857- 7431.

79. **Grainge, M. ET Ahmed S., 1988 –** Handbook of plant with pest control properties. wiley, new york.

80. **Gumus, T., Demirci, A.S., Sagdic, O. et Arici, M., 2010.** Inhibition of heat resistant molds: *Aspergillus fumigatus* and *Paecilomyces variotii* by some plant

essential oils. Food Sci. Biotechnol. 19, 1241-1244.

81. **Haas, D., Défago, G., 2005.** Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent *Pdeusomonas. Nature Review Microbiology*, 10, pp. 1038-1129.

82. **Hadjeres ,N., 2015.** Index des produits phytosanitaires à usage agricole. *Insecticide*, 27p.

83. **Hammer, Ø., Harper, D.A.T. et Rayan, P.D., 2001**. Past : Paleontological Statistics Software package for Education and Data Analysis. Palaeont. Electron. 4(1) :9pp.

84. **Hamoir, J., Goret, M., Mignon, B. et Gustin, P., 2001.** Actualité sur les antifongiques enregistrés en Belgique dans le cadre du traitement des dematophytoses. *Ann. Med. Vet.* 145 :226-232.

85. **Haougui, A., Madougou, G., Mounouni, D. M., Basso, A., Salissou, O., Bague, G., Aissa, K., Moumouni, A. et Patrick, D., 2017.** Distribution géographique de la chenille mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera. Gelichiidae) au Niger. *Scholars Academic Journal of Biosciences (SAJB)* », 8p.

86. **Harbarne, J.B., 1973**. Phytochemical methods. *Chapman and Hall* , 49-188.

87. **Hassaine, S., 2016.** Activité biologique de quelques plantes sur les ravageurs des denrées stockées. Thèse Master. Université de Tlemcen, Algérie, 38-40.

88. **Hayouni, E., Chraief, l., Abedrabba, M., Bouix, M., Leveau, J-Y., Hammami, M. et Hamdi, M., 2008.** Tunisian *Salvia officinalis L*. and Schinus *molle L*. essential oils: Their chemical compositions and their preservative effects against *Salmonella* inoculated in minced beef meat. International Journal of Food Microbiology; 125; 242-251.

89. **Henni, J.E., 1988.** Morphologie, pouvoir pathogène et diversité génétique chez *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*. Thèse de Doctorat d'état. Université d'Oran. 171 p.

90. **Henni, JE., Boisson, C., Geiger, JP., 1994.** Variabilité de la morphologie chez *Fusarium oxysporum* f.sp *lycopersici*. Thèse de Doctorat en sciences de la nature (Phytopathologie), Phytopath medit. 51-58.

91. **Hibar, K., Daami-Remadi, M. et El Mahjoub, M., 2007.** Effets de certains fongicides de synthèse et biologiques sur la croissance mycélienne et l'agressivité de *Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici*. TROPICULTURA, 2007, 25, 3, 146-152.

92. **Hokkannen, H.M.T. ET Lynch, J.M., 1995** - biological control, benefits and risks. Cambridge university press, 304 P.

93. **Huat, J., 2008.** Diagnostic sur la variabilité des modes de conduite d'une culture

et de leurs conséquences agronomiques dans une agriculture fortement soumise aux incertitudes : cas de la tomate de plein champ à Mayotte. Thèse doctorat. L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Agro Paris Tech., 264 p.

94. **Huerta, A., Chiffelle, I., Puga, K., Azúa, F., Araya, J E., 2010.** Toxicity and repellence of aqueous and ethanolic extracts from *Schinus molle* on elm leaf beetle *Xanthogaleruca luteola*. Crop Protection 29 (2010) 1118-1123.

95. **Imenes ,SDL., 1990**. Aspectos biológicos e comportamentais da trata do tomateiro *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick, 1917), (Lepidoptera-Gelechiidae). *Arquivos do Instituto Biológico* , 57(1/2):63-68.

96. **Impion, F., 2010**. Etude de l'efficacité des extraits de *Curcuma longo, Tihonia diversifolia* et de *Zingiber officinale* sur les micro-organismes de l'air. Cas de l'*Aspergillus flavus* et *Aspergillus niger*.

97. **I.N.P.V., 2008**. Nouveau déprédateur de la tomate : Etat des lieux et programme d'action. Note de l'institut national de la protection des végétaux. Ministère de l'Agriculture, Algérie, Juillet. 11p.

98. **INRA., 2017**. Gestion intégrée des principaux ravageurs et maladies des cultures maraîchères au Niger. Niger.

99. **IRAC., 2011.** *Tuta absoluta*–The Tomato Leafminer or Tomato Borer.

100. **Ítalo Chiffelle, A. H., 2017**. Efecto insecticida de extractos de hojas de *Schinus molle* en larvas de *Gonipterus platensis*. *Revista* , 70(3): 8263-8270.

101. **Iteipmai., 2013.** Les huiles essentielles dans la protection des cultures : une voie en cours d'exploration.

102. **Isman., 2005**. Botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture and increasingly regulated world. *AnnuRev Entomol*, **50**p.

103. **Jaramillo, J., Rodriguez, V., Guzman, M., Zapata, M., 2007.** Technical manual: Good Agricultural Practices in the Production of tomato under protected conditions. FAO.

104. **Jarvis, W.R., Shoemaker, R.A., 1978.** Taxonomic statuts of *Fusarium oxysporum* causing foot and root-rot of tomato. *Phytopathology*, 68 :1679-1680.

105. **Judd, W.S., Cambell, C.S., A.K.E, P.S., 2002**. Botanique Systématique Une Perspective Phylogénétique Paris , De Boeck Université. . 467.

106. **KABLAN, B.J., ADIKO, M. et ABROGUA, D.P., 2008-**Evaluation in vitro de l'activité antimicrobienne de *Kalanchoe crenata* et de *Manotes longiflora* utilisées dans les ophtamies en côte d'Ivoire. Pharmacognosie. 6 : 282-288.

107. **Katan, T., Shlevin, E., Katan, J., 1997**. Sporulation of *Fusarium oxysporum f.*

sp lycopersici on stem surfaces of tomato plants ans aerial dissemination of inoculums. *Phytopathology* 87 : 712-719.

108. **Koffi ,N *et al.*, 2009**. Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Côte-d'Ivoire). *Sciences & Nature* , 1-15.

109. **Koller, M., 2013**. Un nouveau ravageur des tomates est là : *Tuta absoluta*.

110. **Koudjil, M, Boukabcha, F et Harichane, H., 2015.** Perte en rendement et déprédation par la mineuse, *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae) sur la culture de tomate, dans la wilaya de Chlef (Algérie). *Nature & Technologie, B-Sciences Agronomiques et Biologiques, N°12 :73- 85.*

111. **Lahlou, M., 2004.** Methods to study fifes phytochemislry and bioactivity of essential oils. Phytotherapy Research, 435-448.

112. **Langer, P.E., 2007.** Thyroid ultrasound volume, structure and function after long-term high exposure of large population to polychlorinated biphenyls and dioxin. *Chemosphere 69,118-27.*

113. **Laouira, S., 2014.** Contribution a l'étude de l'effet insecticide et comportemental des extraits de quelques plantes médicinales sur d*rosophila* m*elanogaster* et essai de lutte. Thèse Mag., E. N. S. A. El-Harrach, Algérie, 87p.

114. **Latigui, A., 1984.** Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. Thèse Magister. INA El-Harrach.

115. **Laumonnier, R., 1979.** Culture légumières et maraichères, tome III. Edition : Bailliere. Paris. 279p.

116. **Le jardin d'Emile., 2017**. *Les extraits végétaux - Jardin pédagogique de la Duchère*.,sur,http://duchere.pistyles.fr/wpcontent/uploads/sites/87/2017/06/Atelier-2-Tutoriel-Extraits-v%C3%A9g%C3%A9taux.pdf.

117. **Leng, P., zhiming, Z., Guangtang, P., Maojun, Z., 2011**. Applications and development trends in biopesticides. *Afr. J. Biotechnol.* 10(86) : 19864-19873.

118. **Lepoivre, P., 2003**. Phytopathologie : bases moleculaires de biologiques des pathsystemes et fondement des strategies de lutte. De Boeck & Presses Agronomiques de Gembloux (Eds).

119. **Longa, C et *al.*, 2009**. Evaluating the survival and environmental fate of the biocontrol agent *Trichoderma atroviride* SC1 in vineyards in northern Italy. *J. Appl. Microbiol* , 106(5), 1549-1557.

120. **Madougou, G., Haougui, A., Dan, M., Adamou, M., Salissou, O., Gougari, B., Kimba, A. et Delmas, P., 2017.** La Chenille mineuse de la tomate : *Tuta*

absoluta (Meyrick, 1917). ***DGPV/ INRAN/ DGPV/ RECA,*** 6p**.**

121. **Marongiu, B., Porcedda, A.P.S., Casu, R. et Pierucci, P., 2004.** Chemical composition of the ou and supercritical CO2 extract of *Schinus molle L.* Flavour and Fragr. J.; 19; 554-558.

122. **Martins Mdo , R., Arantes, S., Candeias, F., Tinoco, MT., Cruz-Morais, J., 2014.** Antioxidant, antimicrobial and toxicological properties of *Schinus molle* L. essential oils. J Ethnopharmacol. 2014;151(1):485-92.

123. **Materechera, .A.S. and Hae**, M.**E., 2008.** Potential of Aqueous Extracts from Parts of the Pepper Tree *(Schinus molle* L.*)* to Affect Emergence and Seedling Development of Wheat (*Triticum sativa L.*) and Weeds in a Manure Amended Soil, *The Open Agriculture Journal*, 2008, *2*, p 99-104.

124. **McQuilken, M *et al*., 2003**. Production of macrosphelide A by the mycoparasite *Coniothyrium minitans*. *FEMS Microbiol. Lett* , 27-31.

125. **Mercier, S., 2018.** Toxicité des huiles essentielles et répulsion envers les insectes nuisibles.

126. **Messiaen, C.M., 1981**. Les variétés résistantes. Méthodes de lutte contre les maladies et ennemies des plantes. Edition INRA. Paris. 374p.

127. **Metcalf, R.L. et Luckman, W.H., 1994.** introduction to insect pest management, 3ed ed. Wiley interscience, new york, 650 p.

128. **Michielse, CB. et Rep, M.** 2009. Pathogen profile update : *Fusarium oxysporum.* Molecular Plant Pathology, 10 (3) : 311-324.

129. **Midorikawa, K., Banskota, A.H., Tezuka, Y., Nagaoka, T., Matsushige, K., Message, D., Huertas, A.A.G. et Kadota, S., 2001.** Liquid chromatography-mass spectrometry analysis of propolis. *Phytochemical Analysis*. 12: 366-373.

130. **Monserrat Delgado, A., 2008.** La polilla del tomate "*Tuta absoluta*" en la región de Murcia:basespara su control, Consejería d£ Agricultura y Agua, Región de Murcia, 74 p.(http://www.itga.com/docs/Jornadas/Murcia_monografia_Tuta.pdf).

131. **Motta, M.M.M., Picanço, M.C., Zanuncio, J.C., Bacci, L. et Silva, E.M., 2005.** Impact of integrated pest management on the population of leafminers, fruit borers, and natural enemies in tomato. Ciencia Rural 35(1), p. 204-208.

132. **Naika, S., De Jeude, JVL., De Goffau, M., Hilmi, M. et Van Dam, B., 2005.** La culture de la tomate (production, transformation et commercialisation) cinquième édition. Edition : Wageningen. Pays-Bas. 105 p.

133. **ONSSA., 2010.** Mineuse de la Tomate *Tuta absoluta* (Meyrick).

134. **Orwa, .C., Mutua, A., Kindy, R., Jamnadass, R., Simons, A., 2009.** *Agroforestree Database*: a tree reference and selection guide version 04. parasitoid, *Encarsia formosa*. Journal of Chemical Ecology 29, p1589-1600.

135. **Ozenda, P., 1990**. Les organismes végétaux, tome I : Végétaux inferieurs, Masson, p.220.

136. **Pandey, D.K., Tripathi, N.N., Tripathi, R.D., Dixit, S.N., 1982-** Fungitoxic and phytotoxic properties of the essentiel oil of *Caesulia axillaris Roxb.* (Compositae). Angerwandte Botanik, 56 : 256-257.

137. **Pharmacopee Europeenne., 2005.** Tome I. conseil de l'Europe. Strasbourg. 3343p.

138. **Pérez-García, A et *al*., 2011**. plant protection and growth stimulation by microorganisms:biotechnological applications of Bacilli in agriculture. *Curr. Opin. Biotechnol* , 22(2), 187-193.

139. **Pitrat, Michel et Foury, Claude., 2003**. Histoires de légumes : Des origines à l'orée du XXle siècle ; Institut national de la recherche agronomique (France) ; Publié par Edition Quae, 2003 ; ISBN 2738010660, 9782738010667 : 410p.

140. **P.Olav Gariland.**, **1998.** «choosing the right positions for corrosion monitoring on oil and pipelines», corracean USA , paper n°83 , Nace, Houston, 83.

141. **Porter, N., 2001.** "Essential oils and their production". crop and food res. Vol 39. pp :32-38.

142. **Povolny, D., 1994.** On three neotropical species of *Gnorimoschemini* (*Lepidoptera*: *Gelechiidae*) mining Solanaceae. *Acta Universalis Agriculturae, 23, 379-393.*

143. **Protection Biologique Intégrée – Agriculture Biologique., 2014**. StratégieS de protection deS cultureS de tomateS SouS abri contre *Tuta absoluta.*

144. **Raja, N., 2012**. Evaluation of aqueous and ethanol extract of bioactive medicinal plant, *Cassia didymobotrya* (Fresenius) Irwin & Barneby against immature stages of filarial vector, *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). *asian pacific journal of tropical biomedicine* .

145. **Ramel, J.M. et Oudard, E., 2008.** *Tuta absoluta* (M£yrick, 1917) éléments de reconnaissance, 2p. pdf.

146. **Ramoska, W.A., 1984.** The influence of relative humidity on *Beauveria* bassiana infectivity and replication in the ching bug. *Blissus leucopterus. J. Invertebr. Pathol. 43 :389-394.*

147. **Regnault-Roger, C., 2002.** De nouveaux phytoinsecticides pour le troisième

millénaire ? *In*: Biopesticides d'origine végétales, ed Tec & doc. Londres-Paris-New York. pp: 19-39.

148. **Renaud, V., 2003**. Tomate. Tous les legumes courants, rares ou méconnus cultivables sous nos climats. Ulmer. Paris, Ulmer**:** 135-137.

149. **Rey, Y. et Costes, C., 1965**. La physiologie de la tomate, étude bibliographique. INRA .111p.

150. **Riba, G. et Silvy, C., 1989.** Combattre les ravageurs des cultures *: enjeux et perspectives*. Vol. I. INRA, Paris. 230p.

151. **Riba ,G., Sforza, R. et Silvy, C., 2008.** Lutte biologique. In : La Science au présent 2008. Une année d'actualité scientifique et technique. encyclopædia Universalis France, 201-213.

152. **Roger, C., Vincent, C. ET Coderre, D., 1995 -** mortality and predation efficiency of *coleomegilla maculata lengi* timberlake (coccinellidae) following application of neem extracts (*azadirachta indica* a. juss., meliaceae). *j. appl. entomol.* 119, pp: 439-443.

153. **Rosas-Garcia, N.M., 2009**. Biopesticide production from *Bacillus thuringiensis*: an environmentally friendly alternative. *Biotechnol* , 3(1), 28-36.

154. **Rouibi, A. Saidi F. Boutoumi, H., 2010.** Identification par CG/MS et Détermination des Effets Antimicrobiens des Huiles Essentielles du Faux Poivrier (*Schinus molle L.*). Acta horticulturae, 219-228.

155. **Rouxel, F., Alabouvette, C., et Louvet, J., 1979.** Recherches sur la résistance des sols aux maladies. IV : mise en évidence du rôle des *Fusarium* autochtones dans la résistance d'un sol à la fusariose vasculaire du melon. *Ann. Phytopathol*. 70 :412-417.

156. **Saidemberg, D. et al., 2009**. Monoamine oxidase inhibitory activities of indolylalkaloid toxins from the venom of the colonial spider *Parawixia bistriata*: functional characterization of PwTX-I. *Toxicon,* **54(**6): 717-724.

157. **Salvo, A. et Valladares, G.R.., 2007**. Leafminer parasitoids and pest management, *Ci£n.Inv.Agr*,34(3): 167-185.

158. **Šamec, D., Durgo, K., Gruz, J., Kremer, D., Kosalec, I., Piljac-Zegarac, J. & Salopek-Sondi, B., 2015.** Genetic and phytochemical variability of six *Teucrium arduini L.* populations and their antioxidant/prooxidant behaviour examined by biochemical, macromolecule- and cell-based approaches. *Food Chemistry*. 186: 298- 305.

159. **Schmutterer,H., 1990.** Properties and potentials of natural pesticides from neem

tree. *Annu. Rev. Entomol* , 35, 271-298.

160. **Seladji, M., 2015.** Etude phytochimique, activités antioxydantes et antimicrobiennes des extraits de cinq plantes médicinale et analyses de leurs huiles essentielles. Thèse doc., Univ. Tlemcen, Algérie, 155p.

161. **Shankara., Naika., Joep, van Lidt de Jeude., Marja, de Goffau., Martin, Hilmi., Barbara, van Dam., 2005**. La culture de la tomate production, transformation et commercialisation. P.105.

162. **Shankara, N., Jeude, J. V. L., Goffau, M., Hilmi, M., Dam, B. V., 2005** – *La culture de la tomate production, transformation et commercialisation.* Ed. Prota, 105 p.

163. **Sharma, N., Tripathi, A., 2006.**Fungitoxicity of the essential oil of *Cinensis citrus* on post-harvest pathogens. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 22(6) : 587-593.

164. **Shelton, A et *al* ., 2002**. Economic ecological, food safety, and social consequences of the deployment of BT transgenic plants. *Annu. Rev. Entomol* , 47, 845-881.

165. **Siqueira, H.A. A., Guedes, R.N.C., Fragoso, D.B et Magalhaaes, C., 2001.** Abamectin resistance and synergism in Brazilian populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lépidoptera: Gelechiidae), *International Journal of Pest Management*. *47(4) 247-251.*

166. **Smallfield, B., 2001.** Introduction to growing herbs for essential oils, medicinal and culinary purposes. *Crop & Food Research*, 45, pp: 4.

167. **Snissi, A., Ezzouhri, B., Rossi, D. and Lairini, K., 2006**. Contrôle biologique de la fusariose de la tomate causée par le *Fusarium oxysporum f. sp.lycopersici* et *Fusarium oxysporum f. sp. Radicis-lycopersici*. Biochimie, Substances Naturelles et Environnement. 352-356.

168. **Snoussi, S. A., 2010**. Etude de base sur la tomate en Algérie. Rapport de mission Programme régional de gestion intégrée des ravageurs pour le Proche-Orient. Rome, 52 p.

169. **Somon, A., 1987.** Arbes, Arbustes Et Arbissaux En Algérie. O.P.U, Alger.

170. **Spichiger, R. E., Vincent , V., Figeat, S. M. et Jeanmonod, D., 2004**. Botanique systématique des plantes à fleurs : une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales. 3eme édition. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, Français, 413 p.

171. **Synder, W.C. and H.N. Hansen., 1940**. The species concept *in Fusarium. American Journal of Botany* 27 : 64-67.

172. **Tabone, E., Lefèvre A., Goude, M., Terrentroy, A., Trottin, Y., Ginez, A., Goillon, C., Lambion, J., Giraud, M., Séguret, J., Rey, F. et Carrière, J., 2014.** Stratégies de protection des cultures de tomates sous abri contre *Tuta absoluta*. Protection Biologique Intégrée, Agriculture Biologique. Cahier technique TUTAPI, Paris, ITAB,16p.

173. **Taylor, L., 2005.** The healing power of rainforest herbs, a guide to understanding and using herbal medicinal. *Ed. Square One Publishers*, New York.

174. **Terras, F.R., Penninckx, I.A., Goderis, I.J., Broekaert, W.F., 1998.** Evidence that the role of plant defensins in radish defense responses is independent of salicyclic acid. *Planta*, 206, pp. 117-124.

175. **Terrentroy, A., 2012**. la protection des tomates contre *Tuta absoluta*. Rhône, france: Chambre d'Agriculture des Bouches du Rhône.

176. **Thakore Y., 2006 -** the biopesticides market for global agriculture use. Industrial biotechnology. 2 (3), pp: 203-294.

177. **Thiollet-Scholtus, M., 2004.** Construction d'un indicateur de qualité des eaux de surface vis-à-vis des produits phytosanitaires à l'échelle du bassin versant viticole. Thèse de doctorat, INPL, université de lorraine, 208p.

178. **Trichpoulou, A. et Lagio, P., 1997**. Healthy traditional Mediterranean diet : an expression of culture, hystory and lifesly.65p.

179. **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.

180. **Valpuesta, V., 2002.** Fruit and vegetable biotechnology. Woodhead Publishing Ltd. England, 332p.

181. **Van Eck, J., Kirk, D.D et Walmsley, A.M., 2006.** *Agrobacterium* Protocols : Second Edition Volum£ 1. Edit£d by Kan Wang. ISBN 1-58829-536-2. Humana Press Inc.507 pages.

182. **Vincent, C. et Coderre, D., 1992.** La lutte biologique. Tec et Doc Lavoisier,12 p.

183. **Walser, P., Serre, F. et Roche , S., 2005.** Test de resistance du tournesol au phomopsis. Dépôt d'un explant mycélien de *Diaporthe helianthi* sur feuille. *Méthodes d'appréciation du comportement variétal vis-à-vis des bioagresseurs, pp.55-160.*

184. Yuequin, Z, Recio, M.C, Manez, S, Giner, R.M, Cerda-Nicolas, M, Rios, J.L 2003. Isolation of *teo titerpinoids* and a biflavanone with anti-Inflammatory activity from *Schinus molle* fruits. Planta. Med., 69(10): 893-898.

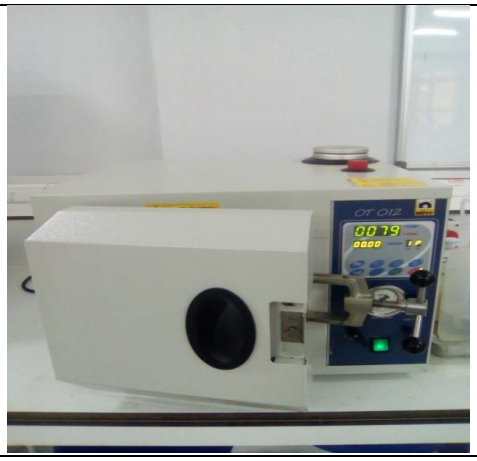
185. Zidani, S., 2009. Valorisation des pelures de tomates séchées en vue de leur incorporation dans la margarine. Thèse de magister, option : Technologie Alimentaire. Laboratoire de Recherche Technologie Alimentaire L.R.T.A, université M'hamed Bougara Boumerdes, 74 p.

ANNEXE 1

- Les appareils utilisés



Étuve



Autoclave



pH mètre



Centrifugeuse



Plaque chauffante



Balance



Agitateur Vortex



Micropipette



Thermomètre

ANNEXE 2

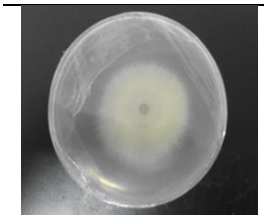
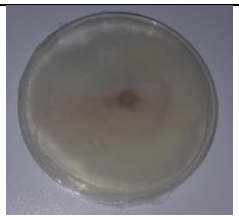
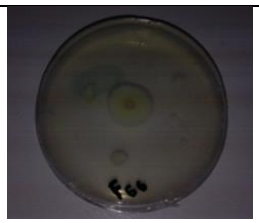
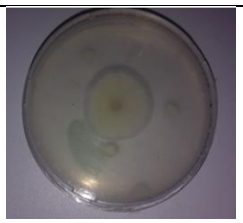
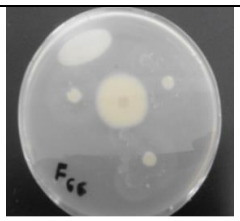
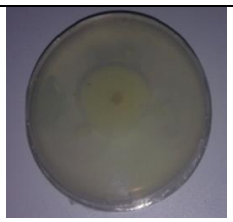
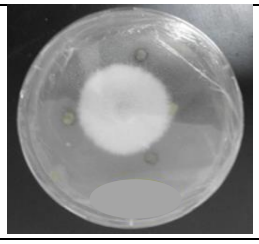
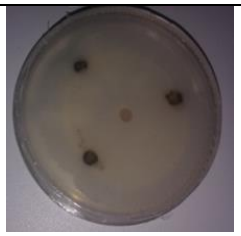
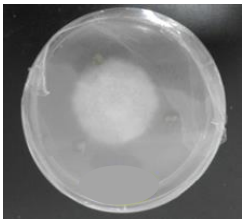
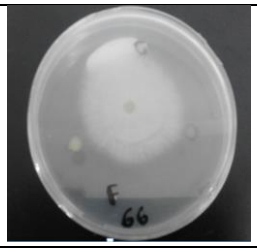
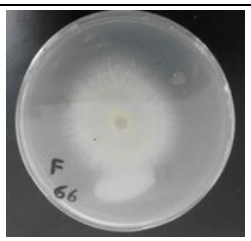
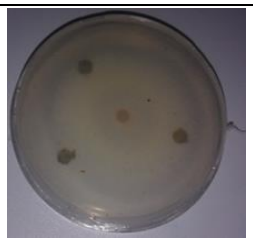
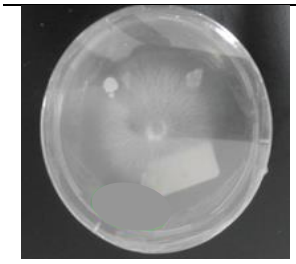
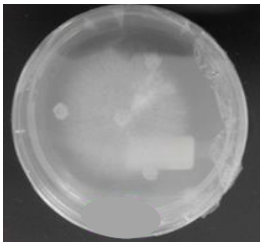
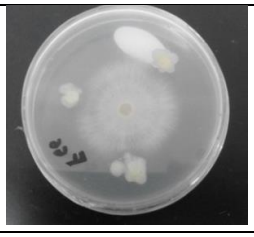
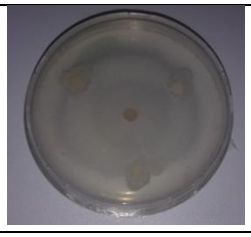
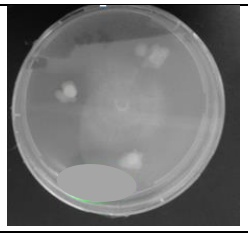
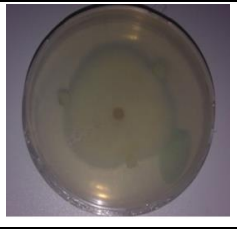
Après 5 jours	Après 10 jours	Après 5 jours	Après 10 jours
			
Témoin			
			
Huile essentielle Dose complète (100)		Huile essentielle Demi-dose (50)	
			
Extraits éthanolique Dose (100)		Extraits éthanolique Demi-dose (50)	
			
Extraits méthanolique Dose (100)		Extraits méthanolique Demi-dose (50)	
			
Extraits aqueux Dose (100)		Extraits aqueux Demi-dose (50)	
			
Fongicide Dose homologue		Fongicide Demi-dose	

Figure 1. Résultat *in vitro* de l'effet fongicide de la régie biologique et chimique**.**