

République Algérienne Démocratique et Populaire

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



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

KHOUSSA Mansauria

DEKKICHE Khadidja

Pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN BIOTECHNOLOGIE ET VALORISATION
DES PLANTES**

THÈME

**Etude *in vitro* de l'activité bioinsecticide de
l'huile essentielle de *Chrysanthemum
coronarum* L. sur les larves de *Tuta
absoluta***

Soutenue publiquement le ...14/10/2021.....

DEVANT LE JURY

Président :	M. BEKKADA Ahmed	Professeur	Unv. Mostaganem
Encadreur :	Mme BOUALEM Malika	MCA	Univ. Mostaganem
Examineurs :	Mme BRGHEUL Saida	MCA	Univ. Mostaganem
Co-encadreur :	Melle KRACHE Farial	Doctorante	Univ. Mostaganem

Année Universitaire 2020-2021

Remerciements

Avant tout nous remercions ALLAH qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à Mme BOUALEM Malika (maitre de conférences A), enseignante à l'Université Abdel Hamid Ibn Badis, qui nous a fait l'honneur de diriger ce travail. Ses conseils pertinents, ses encouragements et surtout son humilité, merci bien Madame.

Nous tenons à remercier également, notre Co-encadreur Melle KRACHE Fariâl pour avoir co-encadrer ce Travail, sa disponibilité, ses conseils et son aide durant toute la période du travail.

Nos sincères remerciements s'adressent aussi à Pr. BEKKADA Ahmed qui nous a fait l'honneur d'accepter de présider le jury. Nos vifs remerciements vont également à Dr. BERGHEUL Saida d'avoir accepté de faire partie de ce jury, de juger notre travail et de l'enrichir par des propositions.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragées au cours de la réalisation de ce mémoire.

Enfin, on remercie tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Merci à tous et à toutes.

Dédicaces

Il m'est agréable de dédier ce modeste travail :

- **A mes chers parents ; pour leurs tendresse et leurs soutiens continus.**
- **A mon oncle Pr. Kroudja et sa femme qui m'a donné l'occasion et le courage pour terminer mes études.**
- **A mes frères et sœurs et toute ma famille.**
- **A toutes mes amies surtout :**

Khadidja ; Manel ; Malika ; Imen ; Aziza

- **A tous ceux qui m'ont aidé pour la réalisation de ce travail.**

Dédicaces

Je dédie ce travail, fruit des sacrifices et des privations à :

A mes très chères parents qui ont toujours fait de l'instruction une priorité dans mon éducation: Affables, honorables, aimables : vous représentez pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation.

A mon très cher mari Seddik, toujours patient envers une « épouse étudiante » : Tes sacrifices, ton soutien moral, ta gentillesse sans égal, ton profond attachement m'ont permis de réussir mes études.

A mon prince Mohamed et chères princesses Bayan et Sofia : je t'aime mes enfants

A mes chers frère et sœurs : les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous. Mes fidèles compagnons dans les moments les plus délicats de cette vie mystérieuse. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A tous les membres de la famille Dekkiche, Ould khadda, et Kasmi petits et grands: Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection.

A mes chères amies et collègues et surtout a MANSOURIA et LATIFA : au nom des souvenirs et de tous les moments que nous avons passé ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

Résumé

La présente étude a pour objectif de proposer des solutions alternatives basées sur l'utilisation des produits naturels «bio insecticide», afin de lutter contre la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* Meyrick, qui est considérée comme une menace sérieuse pour la production de la tomate en Algérie.

Pour répondre à cet objectif, nous avons étudié l'effet bio-insecticide de l'huile essentielle extraite des feuilles de la plante *Chrysanthemum coronarium* L. sur les larves de *T. absoluta* Meyrick connue sous le nom de la mineuse de la tomate.

L'expérimentation a révélé que l'HE de la plante peut constituer un moyen de lutte intéressant dans un laps de temps assez court, en moyenne de 5 jours. En effet, la plante étudiée nécessite une DL50 égale 3.44% pour tuer 50% des larves traitées.

Mots clés : *Chrysanthemum coronarium* L, *Tuta absoluta*, l'huile essentielle, Bio insecticide

Abstract

The purpose of the current study is to suggest alternative solutions based on the use of natural products “Bio insecticides”, to control tomato leaf miner, *Tuta absoluta* Meyrick, which is considered as a serious threat of tomato production in Algeria.

To meet this objective, we have study the effectiveness of a bio-insecticide of essential oil extracted by leaves of *Chrysanthemum coronarium* L. against the larvae of *Tuta absoluta* Meyrick known as the tomato leaf miner. The experiment revealed that the essential oil of the plant can constitute an interesting means of biocontrol in a short time, in average in 5 days. Indeed, the plant studied required an LD50 that exceeds 3.44% to kill 50% treated insects.

Keywords: *Chrysanthemum coronarium* L, *Tuta absoluta*, Bio insecticide, essential oil

ملخص

تهدف الدراسات الحالية على اقتراح حلول مركزة على صنع منتجات طبيعية (مبيدات حشرية حيوية) من اجل القضاء على حافرة انفاق الطماطم *Tuta absoluta* التي تعتبر آفة خطيرة ضد محصول الطماطم في الجزائر.

للإجابة على هذا الهدف قمنا بدراسة فعالية المبيد الحشري الحيوي المتمثل في الزيت الاساسي لأوراق نبتة

الاقحوان التاجية المعروفة برزايمة *Chrysanthemum coronarium* L على يرقات الحشرة.

كشفت التجربة أن الزيت الاساسي للنبتة *coronarium* L .C يمكن أن تشكل وسيلة مثيرة للمكافحة في فترة زمنية قصيرة تصل إلى 5 أيام. إضافة إلى ذلك النبتة التي شملتها الدراسة تتطلب LD50 تساوي 3.44% لقتل 50 % من الحشرات المعالجة.

الكلمات المفتاحية: *Chrysanthemum coronarium* L, *Tuta absoluta*, الزيت الاساسي، مبيدات حشرية

حيوية .

Liste d'abréviations

- DL : Dose Létale
- HE : huiles essentielle
- J : Jour
- MC : Mortalité corrigées
- Ml : Millilitre
- R : Rendement
- T : Témoin

Liste des figures

Figure 1: Diffusion historique de la tomate dans le monde	4
Figure 2: Système racinaire du plant de tomate.....	6
Figure 3 : Tige de la tomate.....	6
Figure 4 : Feuille de la tomate	7
Figure 5 : Fleur de la tomate	7
Figure 6 : Fruit de la tomate	8
Figure 7 : Graines de la tomate	8
Figure 8 : Cycle de développement de la tomate.....	9
Figure 09: Distribution géographique de <i>Tuta absoluta</i>	16
Figure10 : Œuf de <i>T. absoluta</i>	17
Figure11 : Les stades larvaires de <i>T. absoluta</i>	18
Figure 12: l'adulte de <i>T.absoluta</i>	18
Figure 13 : Dégâts de la mineuse de tomate sur feuilles	22
Figure 14. Dégâts de la mineuse sur la tige de la tomate	22
Figure 15 : Dégâts de la mineuse sur fruits de tomate	23
Figure 16: <i>Chrysanthemum coronarium</i> L.	26
Figure 17 : <i>Chrysanthemum coronarium</i> L. : (a) plante entière, (b) face ventrale du capitule, (c) face dorsale du capitule, (d) akènes, (e) feuille	26
Figure 18 : Les étapes de l'extraction des huiles essentielles	31
Figure 19 : Structures chimiques de quelques exemples mono-terpènes rencontrés dans les huiles essentielles	34

Figure 20 : les champs de Chrysanthème à couronne	39
Figure 21 : Dispositif d'Entrainement à la vapeur	40
Figure 22 : L'extraction par l'entraînement à la vapeur	41
Figure 23 : Boite de Pétri préparée pour le test	42
Figure 24 : Boites du test	42
Figure 24 : l'huile essentielle de la plante <i>Chrysanthemum coronarium</i> L.....	45
Figure 25 : la mortalité cumulée larvaire du stade L1	46
Figure 26 : La mortalité corrigée larvaire du stade L1	46
Figure 27 : La mortalité cumulée du stade larvaire L2.....	48
Figure 28 : La mortalité corrigée du stade larvaire L2	48
Figure 29 : La mortalité cumulée chez le stade larvaire L 3.....	50
Figure 30 : La mortalité corrigée du stade larvaire L3	50
Figure 31 : La mortalité cumulée chez le stade larvaire L 4.....	52
Figure 32 : La mortalité corrigée du stade larvaire L4	52
Figure 33 : Taux de mortalité cumulée des larves (L1.L2.L3 et L4) de <i>T. absoluta</i> traitées à l'huile essentielle de <i>C. coronarium</i>	54
Figure 34 : Taux de mortalité corrigée des larves (L1.L2.L3 et L4) de <i>T. absoluta</i> traitées à l'huile essentielle de <i>C. coronarium</i>	54
Figure 35 : Courbe linéaire pour le calcul de la DL50 et la DL90 de l'huile essentielle de <i>C. coronarium</i>	55

Liste de tableaux

Tableau I : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate crue	11
Tableau II : Les premiers pays producteurs de tomate au monde	12
Tableau 3 . Principales maladies cryptogamiques de la tomate	13
Tableau 4 . Principaux Ravageurs de la tomate	14

Tables de matières

Remerciement	I
Dédicace	II
Résumé	III
Liste abréviation	VII
Liste des figures	VII
Liste des tableaux	X
Tables des matières	XI
Introduction	1

Partie I

Chapitre 01 : étude de la plante hôte

I-1-Origine et historique de la tomate:	4
I-2- Classification de la tomate	4
I-2-1- Classification botanique	4
I-2-2- Classification génétique	5
I-2-2-1- Variétés fixées	5
I-2-2-2- Variétés hybrides	5
I-3- Description botanique du plant de la tomate	5
I-3-1-Système racinaire	6
I-3-2- Tige	6
I-3-3- Feuilles	7
I-3-4- Fleurs	7

I-3-5- Fruit	8
I-3-6- Graines	8
I-4- Cycle biologique de la tomate	9
I-6- Culture de tomate	10
I-6-1- Culture en plein champ	10
I- 6-2- Culture sous serre	10
I- 7- Intérêt de la culture de la tomate	10
I- 7-1- Alimentation humaine	10
I-7-2- Phytothérapie	11
I-8- Importance économique de la culture de tomate	12
I-8-1- Dans le monde	12
I-8-2- En Algérie	12
I-9- Maladies et ravageurs de la tomate	13
9- 1- Principales maladies	13
I-9- 1-1 Maladies cryptogamiques	13
1.9.1.2. Ravageurs	14

Chapitre 02 : généralité sur la mineuse de la tomate

II-1- Origine et distribution géographique de <i>Tuta absoluta</i> ..	16
II-2- Position systématique	16
II-3- Description des stades de développement de <i>T. absoluta</i>	17
II-3-1- Œuf	17
II-3-2- Stades larvaires	17
II-3-3- Nymphe	18

II-3-4- Adulte	18
II-4- Comportement biologique	19
II-4-1-Le cycle de développement de <i>T .absoluta</i>	19
II-4-2- Accouplement	19
II-4-3. Ponte	20
II-5- Hibernation.....	20
II-6-Dissémination	20
II-7- plantes hôtes	21
II-7-1- plantes hôtes principales	21
II-7-2- Plantes Hôtes secondaires	21
II-8- Symptômes et dégâts	21
II-8-1-Sur les feuilles	21
II-8-2-Tige ou pédoncule	22
II-8-3-Fruits	22
II-9- Moyens de lutte contre la mineuse de la tomate	23
II- 9-1 Lutte biotechnique	23
II- 9-2- Lutte prophylactique	23
II- 9-3- Lutte chimique	24
II-9-4- Lutte biologique	24

Chapitre 03 : la plante médicinale

III-A-La plante étudiée <i>Chrysanthemum coronarium</i> L.	26
III-A-1- Description de la plante	26
III-A-2- Habitat et répartition géographique	27

III-A-3- Classification taxonomique	27
III-A-4- Synonymes botaniques du chrysanthème	27
III-A-5- Noms communs	27
III-A-6- Utilisation médicinale traditionnelle	28
III-B-Les huiles essentielles	28
III-B-1- Historique	28
III-A-2- Définition des huiles essentielles	29
III-B-3- Localisation et rôle physiologique pour la plante	30
III-B-4- Extraction	30
III-A-B-1- L'hydrodistillation	31
III-B-4-2- Entraînement par la vapeur	31
III-B-4-3- Extraction par solvants	32
III-B-5- Traitement des essences	33
III-B-6- La composition chimique des huiles essentielles	33
III-B-6-1- Les terpénoïdes	33
III-B-6-1-1- Les mono-terpènes	33
III-B-6-1-2- Sesquiterpènes	34
III-B-6-2- Les composés aromatiques	34
III-B-6-3- Les composés d'origines diverses	34
III-B-6-4- Les chémotypes	35
III-B-7- Rôle des composés terpéniques pour la plante	35
III-B-8- La conservation des huiles essentielles	36
III-B-9- Application des huiles essentielles	36

III-B-10- Effet insecticide des huiles essentielles	36
-----------------------------------------------------------	----

Partie II

Chapitre 01 : matériels et méthodes

I-1- Objectif	39
I-2. Matériel biologique	39
I-2-1- Matériel végétal	39
I-2-2- Matériel animal	39
I-3- Méthodologie d'étude	40
I-3-1- L'extraction	40
Entrainement à la vapeur	40
Mode opératoire	40
I-3-2- Le rendement d'extraction	41
I-3-3- L'activité insecticide	41
I-3-3-1- Préparation des dilutions	41
I-3-3-2- Test de contact	41
I-3-3-3- Paramètres étudiés	43
I-3-3-3-1- Le taux de mortalité	43
I-3-3-3-2- Détermination de la DL50, DL90 et DL100	43

Chapitre 02 : Résultat et discussion

II.1. Rendement de l'extraction	45
II.2. Résultats du test d'efficacité de l'huile essentielle de <i>C. coronarium</i> sur <i>T. absoluta</i>	45

II-2-1- La sensibilité des stades larvaires de <i>T. absoluta</i> traitées par l'HE	45
II-2-1-a-1 ^{er} stade larvaire.....	45
II-2-1-b- 2eme stade larvaire	47
II-2-1-c- 3eme stade larvaire	49
II-2-1-d- 4 ^{eme} stade larvaire	51
II-2-2-Mortalité cumulée et corrigée globale des populations larvaires de <i>T. absoluta</i>	53
II-3- Les doses létales 50 et 90 :	55
II – 4-Discussion	56
Conclusion	58
Bibliographies.....	59

Introduction

Introduction

La tomate, *Solanum esculentum* M. est cultivée sous presque toutes les latitudes, sur une superficie d'environ 3 millions d'hectares, soit environ un tiers des surfaces mondiales cultivées consacrées aux légumes (Laterrot et Philouze, 2003).

Les serres présentent des avantages non négligeables par rapport aux cultures de plein champ. Elles permettent en premier lieu de pallier aux difficultés liées aux fluctuations de température, de lumière et des conditions d'humidité de plein champ, ce qui a pour avantage d'étendre considérablement la période de production (près de 11 mois de cycle). D'autres avantages moins significatifs sont l'exclusion des ravageurs hors de la zone contrôlée (Pilkington et al., 2009).

La tomate est une culture particulièrement sujette aux attaques de ravageurs et de maladies. Les aleurodes, pucerons, mineuses, acariens, thrips, noctuelles et punaises constituent ses principaux ravageurs en serres (Trottin-Caudal et al., 1995).

Tuta absoluta, est le ravageur clé de la tomate dans son aire d'origine en Amérique latine. Il a été observé pour la première fois en Espagne en 2006 et de là s'est propagé vers la plupart des pays méditerranéens dont l'Algérie en 2008 (Lebdi et al, 2011).

Les pesticides chimiques synthétiques pour contrôler ce ravageur, produisent des effets néfastes sur tous les organismes, ils augmentent le taux de risque pour la santé publique et l'environnement. En lutte biotechnologique, il est utile d'identifier essentiellement la résistance des plantes hôtes, la lutte biologique, les phéromones, les pratiques culturales et enfin, les plantes biocides et répulsives d'insectes ravageurs (Iannacone et Lamas, 2003).

Récemment, de nombreux travaux ont étudié le pouvoir biocide des plantes, notamment aromatiques à travers leurs huiles essentielles. Les résultats sont très encourageants, ce qui nous a incités à effectuer cette étude dans l'objectif de savoir si la plante choisie a un pouvoir insecticide contre ce bioagresseur de la tomate « *Tuta absoluta* ».

Les travaux effectués dans le cadre de ce master ont pour objectif de vérifier si l'Huile Essentielle de la plante choisie *Chrysanthemum coronarium* a un pouvoir insecticide.

Le mémoire est structuré comme cité ci-dessous:

- La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique du ravageur, de la plante hôte et la plante étudiée ;
- La deuxième partie présente deux chapitres ;
 1. Le matériel et méthodes utilisés au cours de cette étude ;
 2. Les résultats et discussion.

Introduction

- Une conclusion générale clôture le travail en présentant les principaux résultats obtenus et leurs perspectives.

CHAPITRE I
ETUDE DE LA PLANTE HOTE

I-1-Origine et historique de la tomate:

Les solanacées constituent une famille de plus de 2500 espèces (Pitrat et Foury, 2003). La tomate, considérée comme fruit ou légume est l'un des produits agricoles le plus consommé dans le monde, elle constitue une source non négligeable de minéraux, vitamines et certains composés naturels secondaires ayant un potentiel antioxydant important (Freeman et Reimers, 2010).

La tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) est une plante annuelle, appartenant à la famille des solanacées, elle fut découverte pour la première fois par Malthiodis en 1519 (Anonyme, 1979). Originnaire d'Amérique du sud, la tomate fut domestiquée au Mexique. Son introduction en Espagne et en Italie, puis, de là, dans les autres pays européens, remonte à la première moitié au XVI^e siècle. A l'origine, elle était cultivée par les aztèques ; son nom provient de «tomatl» (Gallais et Bannerot, 1992).



Figure 1: Diffusion historique de la tomate dans le monde (Gallais et Bannerot ,1992)

En Algérie, ce sont les cultivateurs du Sud de l'Espagne (Tomateros) qui l'ont introduite, étant donné les conditions qui lui sont propices. Sa consommation a commencé dans la région d'Oran en 1905 puis, elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral Algérois (Latigui, 1984).

I-2- Classification de la tomate

I-2-1- Classification botanique

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

Cronquist (1981); propose la classification de la tomate qui est largement suivie :

Règne : Plantae ;

Sous règne : Trachenobionta ;

Division : Magnoliophyta ;

Classe : Magnoliopsida ;

Sous classe : Asteridae ;

Ordre : Solonales ;

Famille : Solonaceae ;

Genre : *Solanum* ou *Lycopersicon* ;

Espèce : *Lycopersicon esculentum* Mill.

I-2-2- Classification génétique

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

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

I-2-2-1- Variétés fixées :

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

I-2-2-2- Variétés hybrides :

Elles se caractérisent par un effet hétérosis particulièrement en conditions défavorables (Chaux et Fourry, 1994).

I-3- Description botanique du plant de la tomate

La tomate est une plante annuelle buissonnante, poilue et aux tiges plutôt grimpantes. Elle est aromatique lorsqu'on la froisse. Cette plante potagère herbacée voit sa taille varier de 40 cm à plus de 5 mètres selon les variétés et le mode de culture (Dumortier et al., 2010).

I-3-1-Système racinaire

Il est très développé et pivotant avec de nombreuses racines, la plus part des racines se situent à une profondeur de 30 à 40 cm, dans le cas où le semis est effectué directement en place, la racine centrale se développe relativement vite, elle peut atteindre une profondeur de 100 à 150 cm (KOLEV ,1976). (Fig. 2).



Figure 2: Système racinaire du plant de tomate (Originale, 2021).

I-3-2- Tige

Le port de croissance varie entre érigé et prostré. La tige pousse jusqu'à une longueur de 2 à 4 m.

La tige est pleine, fortement poilue et glandulaire (Naika et al., 2005). La tige porte deux types de poils, simple ou glanduleux. Ces derniers contenant une huile essentielle qui donne son odeur caractéristique à la plante (Figure 3) (Kolev, 1976) (Fig. 3).



Figure 3 : Tige de la tomate (Originale, 2021).

I-3-3- Feuilles

Les feuilles sont simples, composées, alternées, sans stipule, mesurant entre 15 et 50 cm de long et 10 et 30 cm de large, le pétiole mesure de 3 à 6 cm (Shankara et al., 2005) (fig.4)



Figure 4 : Feuille de la tomate (Originale, 2021)

I-3-4- Fleurs

Les fleurs sont les organes sexuels de la tomate. Elles sont regroupées sur le même pédoncule en bouquet lâche en inflorescences formant des grappes plus ou moins bifurquées de 3 à 8 fleurs chez les variétés fixées et au-delà chez les hybrides (Polese, 2007).

Les fleurs sont bisexuées, régulières et entre 1,5-2 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 ya 6 pétales qui peuvent atteindre une longueur de 1cm, qui sont jaune et courbées lorsqu'elles sont mûres. Il ya 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 (fig 5.)



Figure 5 : Fleur de la tomate (Originale, 2021)

I-3-5- Fruit

Le fruit est une baie à placentation centrale, elle comporte un nombre de loges carpellaires variables et supérieur à deux (Indrea, 1989). Un fruit charnu renferme des graines appelées pépins entourés d'une sorte de mucilage provenant de l'enveloppe de la graine (Polese, 2007). Les fruits sont généralement rouges, mais il existe des variétés jaunes violacés et même blanche (Roumane, 1993). (Fig. 6)



Figure 6 : Fruit de la tomate (Originale, 2021)

I-3-6- Graines

Dans chaque fruit, les graines sont petites, nombreuses (environ 300 à 350 graines/g), Elles sont de 3 à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large, 1000 graines pèsent approximativement 2,5 à 3,5g (Shankara et al., 2005).

Selon Rey (1965), les semences peuvent garder leur faculté germinative pendant 4 à 5 ans dans les conditions normales (Fig.7).



Figure 7 : Graines de la tomate (Originale, 2021)

I-4- Cycle biologique de la tomate

Selon Huat (2008), Le cycle biologique de la tomate comprend 4 phases essentielles.

Une phase de germination qui s'effectue dans des conditions de température comprise entre 18 et 24°C. Elle sera suivie d'une phase de croissance, où les deux premières vraies feuilles découpées apparaissent que vers le 11^{ème} jour ; et seront bien développées que vers le 20^{ème} jour. Au bout d'un mois environ, le jeune plant a 15 à 20 cm de hauteur en moyenne et c'est le moment de le repiquer, directement en place. La phase de floraison s'échelonne de bas en haut. La floraison dure un mois à un mois et demi, c'est-à-dire de deux mois et demi à trois mois et demi, ceci quatre mois après le semis.

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

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).

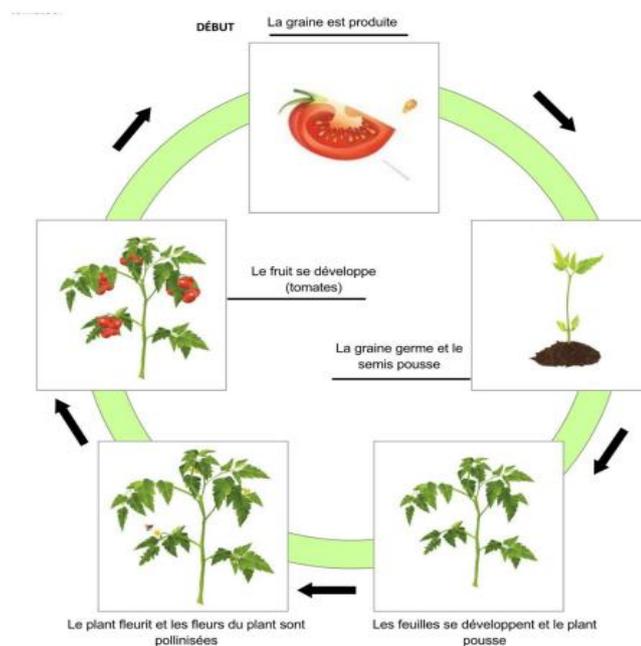


Figure 8 : Cycle de développement de la tomate (mémento de l'agronome, 2003).

I-6- Culture de tomate**I-6-1- Culture en plein champ**

La culture en plein champ est le système de culture le plus répandu. Si l'irrigation est disponible, les plantations peuvent être faites en saison sèche. La mécanisation est souvent réduite à la préparation du sol (Cirad et Gret, 2002).

I- 6-2- Culture sous serre

La culture sous serre est le système de culture qui vise à produire les tomates le long de l'année. Il permet de développer des productions hydroponiques, supprimant ainsi certaines contraintes liées au sol (Cirad et Gret, 2002).

La culture sous abri fournit aujourd'hui une part essentielle du marché de frais pour les légumes-fruits tels que la tomate (Jeannequin et al., 2005).

I- 7- Intérêt de la culture de la tomate**I- 7-1- Alimentation humaine**

La tomate est un aliment diététique, très riche en eau (93 à 95%), en éléments minéraux et en oligo-élément (Tab. I). Parmi les minéraux de la tomate, le potassium domine largement, suivi par le chlore, le phosphore et le magnésium. Parmi les oligoéléments, on peut noter des teneurs non négligeables en fer et en zinc, ainsi que des traces de cobalt, de nickel, de fluor, de bore et de sélénium. Les vitamines du groupe B sont assez abondantes et toutes représentées, y compris la vitamine B8 et l'acide folique (B9). Par contre ce fruit ne renferme que de faibles quantités de glucides (3%), de protéine (moins de 1%) et seulement des traces de lipides. De ce fait, elle est pauvre en calories (15Kcal pour 100g, soit 63 kJoules) (Favier et al., 2003).

Tableau I : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate crue (Favier et al., 2003)

Eau		93.30g
Eléments énergétiques	Protides	0.8g
	Glucides	3.5g
	Lipides	0.3g
Vitamines	Provitamines A	0.6mg
	Vitamine C	0.05mg
	Vitamine PP	0.05mg
	Vitamine B1	0.08mg
	Vitamine B2	18mg
	Vitamine 6	0.6mg
Minéraux	Fer	0.4mg
	Calcium	9mg
	Phosphore	11mg
	Potassium	226mg
	Sodium	5mg
Fibre		1.2mg

I-7-2- Phytothérapie

Les tomates sont les principales sources de lycopène, fournissant 85% de ce caroténoïde. Ce composé exerce une importante action antioxydante ainsi que d'autres fonctions dans l'organisme.

On lui attribue entre autres, des effets hypocholestérolémiant et anti-inflammatoires, ainsi que la capacité à empêcher la prolifération de certains types de cellules cancéreuses (Heber et Lu, 2002).

La tomate contient plusieurs nutriments essentiels (antioxydants, vitamines, minéraux, fibres) qui exercent différents effets sur la santé. Ces composés actifs agissent de façon synergique. Cet effet ne serait pas observé lorsque l'on consomme un supplément de lycopène. La consommation des tomates demeure donc le meilleur moyen de se prévaloir des bienfaits qui leur sont attribués (Basu et Imrhan, 2006)

I-8- Importance économique de la culture de tomate

I-8-1- Dans le monde

La tomate est cultivée dans presque tous les pays du monde, sa production est répartie dans toutes les zones climatique, y compris dans des régions relativement froides grâce au développement des cultures sous abri. A l'échelle mondiale, la tomate est classée deuxième culture légumière après la pomme de terre de par son volume de production. En effet, près de cinq millions d'hectares sont réservés annuellement à cette culture avec une production supérieure à 180 millions de tonnes et un rendement moyen de 28,3 tonne à l'hectare (FAO stat, 2019)(Tab, 2) .

Tableau II : Les premiers pays producteurs de tomate au monde

Pays	Volume (tonnes)
Chine	180766329
Turque	12841990
Etats-Unis	10858990
Italie	5252690
Espagne	5000560
Japon	714600
France	709280
Canada	490286
Belgique	270140
Suisse	38199

I-8-2- En Algérie

La production nationale de la tomate fraîche s'est établie à 1477878 millions de quintaux (qx) durant la campagne 2019 Le rendement a été de 428 qx/hectare pour la tomate plein champ, et 1.225 qx/hectare pour la tomate sous serre.

Les plus grandes wilayas productrices de la tomate fraîche sont Biskra avec une production de 2,33 millions de qx, Mostaganem avec une production de 1,33 million de qx, Tipaza avec 1,04 million de qx et Ain Defla avec 728.250 qx. (MADR, 2019).

I-9- Maladies et ravageurs de la tomate

La culture de tomate peut être affectée par diverses attaques de ravageurs ; insectes, acariens et nématodes et de maladies cryptogamiques; bactériennes ; virales et physiologique.

I- 9- 1- Principales maladies**I-9- 1-1 Maladies cryptogamiques**

Les principales maladies de la tomate sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau 3. Principales maladies cryptogamiques de la tomate (Naika et al., 2005)

	Maladies	Symptômes et dégâts	Moyens de lutte
Maladies cryptogamiques	Alternariose	Des tâches noirâtres sur les Feuilles. Des tâches chancreuses sur les tiges. Des nécroses sur fruits.	Utilisation des variétés résistantes. Rotation culturale. Traitement chimique.
	Oïdium	Apparition de tâches jaunâtres sur les feuilles.	Assurer une bonne aération de serres.
	Mildiou	Apparition de tâches Jaunâtres qui brunissent rapidement.	Éviter les excès d'azote et d'eau. Une bonne aération aussi.
Maladies bactériennes	Chancre bactérien	Flétrissement unilatéral sur feuilles. Des coupes longitudinales sur tige et pétioles montrent des stries brunâtres.	Eviter les terrains Infestés, aération convenable des serres. Éviter l'apport excessif d'azote et les excès d'eau. Appliquer des fongicides à base de cuivre. Utiliser des variétés résistantes et éliminer les plants malades.
Maladies Virales	Virose apicale – TomatoYellow Leaf Curl Virus (TYLCV)	Ralentissement de la croissance. Jaunissement des folioles. Fruit petits et nombreux.	Lutte préventive contre le vecteur <i>Bemisia tabaci</i> Utiliser les plants sains.

1.9.1.2. Ravageurs

Les principaux ravageurs de la tomate sont présentés selon leur importance dans le tableau récapitulatif suivant :

Tableau 4. Principaux Ravageurs de la tomate (Shankara et al., 2005 et GTZ, 1994)

Maladies	Symptômes et dégâts	Moyens de lutte
La mouche blanche <i>Bemisia tabaci</i>	Transmission des virus	Décaler les dates de semis par rapport à la période d'activité de l'insecte. Arracher les mauvaises herbes qui peuvent héberger les insectes et les virus.
Nématodes <i>(Meloidogyne incognita)</i>	Formation de galles Sur racines. Perturbation de l'absorption racinaire.	Désinfecter le sol. Utiliser des variétés résistantes.
Mineuse de feuille de tomate <i>(Tuta absoluta)</i>	Mines sur feuille causées par la larve. Attaque les jeunes fruits verts complète du limbe.	Installation des filets infect prof sur les ouvrants des multi chapelles, entre les bâches plastiques des tunnels

CHAPITRE II

Généralité Sur La Mineuse De La Tomate

Partie I : Chapitre 02 : généralité sur la mineuse de la tomate

II-1- Origine et distribution géographique de *Tuta absoluta*

T. absoluta est originaire de l'Amérique du sud. Première déclaration en 1964 en Argentine et propagation par la suite vers d'autres pays de l'Amérique latine. Cet insecte est apparu pour la première fois dans le Bassin méditerranéen, en Espagne en 2006. La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera : Gelechiidae) a été découverte en Algérie, dans des serres de tomates de la région de Mostaganem, en mars 2008 (Guenauoui, 2008).

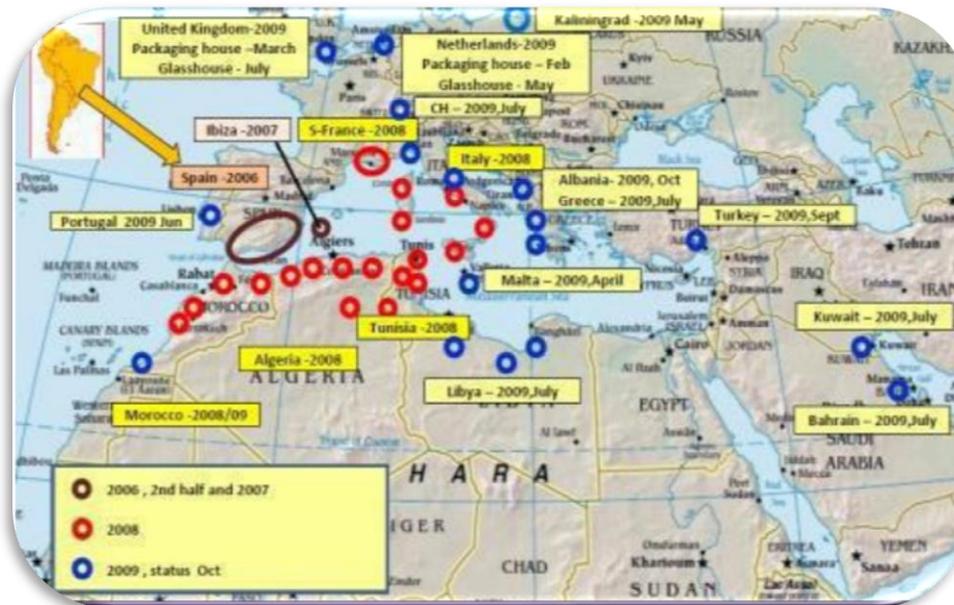


Figure 09: Distribution géographique de *Tuta absoluta* (EPPO, 2011)

II-2- Position systématique

La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* est un représentant de la famille des Gelechiidae, c'est un microlépidoptère néotropical qui se nourrit aux dépens des Solanacées (Polovny, 1994).

Cette espèce invasive a pour synonymes : *Phthorimaea absoluta* (Meyrick, 1917) ; *Gnorimoschema absoluta* (Clarke, 1962) ; *Scrobipalpa absoluta* (Povolny, 1975).

Le nom scientifique *Tuta absoluta* fut donné par Polovny en 1994 (Kiliq, 2010). D'après Povolny (1994), *T. absoluta* appartient à la famille des Gelechiidae.

Selon Polovny (1994), *T. absoluta* se classe comme suit :

Règne : Animalia ;

Embranchement : Arthropoda ;

Classe : Insecta ;

Ordre : Lepidoptera ;

Sous-ordre : Microlepidoptera ;

Super-famille : Gelechioidea ;

Famille : Gelechiidae ;

Sous-famille : Gelechiinae ;

Partie I : Chapitre 02 : généralité sur la mineuse de la tomate

Genre : *Tuta* ;

Espèce : *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) .

III-3- Description des stades de développement de *T. absoluta*

Tuta absoluta a un potentiel de reproduction élevé et un cycle de vie qui dure entre 24 et 76 jours en fonction des conditions environnementales. Le cycle de développement de *T. absoluta* comporte quatre stades : un stade œuf, un stade larvaire lui-même divisé en 4 phases (L1, L2, L3 et L4), un stade nymphe et un stade adulte (Salama et al., 2014).

II-3-1- Œuf

Les œufs sont de forme ovale, de couleur blanc crème juste après la ponte et deviennent orange marron juste avant éclosion. Ils sont déposés de façon isolée sur la face supérieure ou inférieure des feuilles, sur le tiers supérieur des plantes (Salama et al., 2014)



Figure10 : Œuf de *T. absoluta* (Originale, 2021)

III-3-2- Stades larvaires

Après éclosion, la larve passe par quatre stades larvaires : la larve du premier stade est de couleur blanchâtre, les larves du deuxième et troisième stade larvaire sont vertes et celle du quatrième stade est rouge. La pupa est de couleur marron. La nymphose peut avoir lieu au sol, sur les feuilles ou à l'intérieur des mines. Le nombre de générations est de 10 à 12 générations par an selon les régions. (Salama et al, 2014)

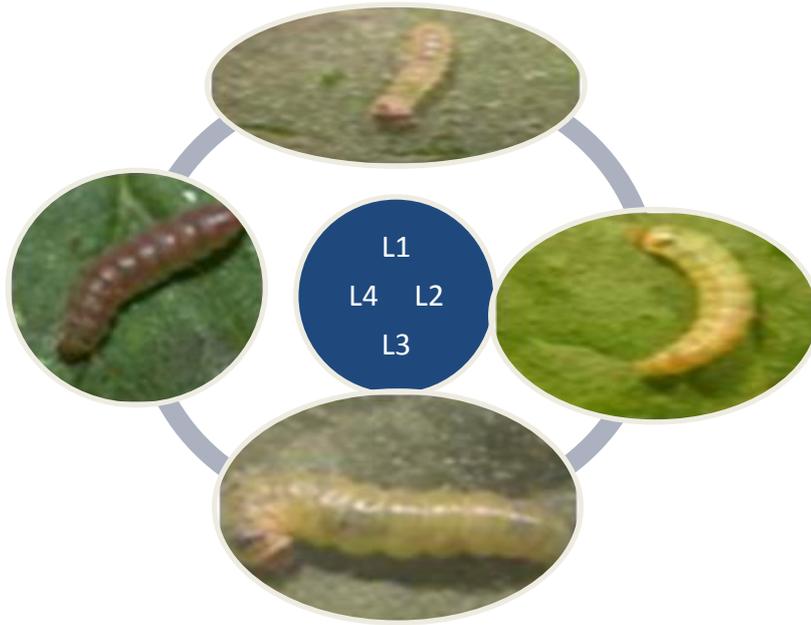


Figure11 : Les stades larvaires de *T. absoluta* (Originale, 2021)

II-3-3- Nymph

C'est le stade pendant lequel la larve cesse de s'alimenter. Elle est de forme cylindrique de 4,3 mm de large et 1,1 mm de diamètre. La nymphose peut avoir lieu au sol, sur les feuilles ou à l'intérieur des mines. Elle est couverte généralement par un cocon blanc et soyeux (Salama et al, 2014).

II-3-4- Adulte

C'est un petit papillon qui mesure 6-7 mm de long et environ 10mm d'envergure. Il est gris argenté avec des taches noires sur les ailes antérieures. Les antennes sont filiformes. Il s'active tôt le matin et au crépuscule. La ponte se fait généralement au niveau des jeunes bourgeons et des jeunes feuilles. Une femelle peut pondre jusqu'à 260 œufs durant sa vie. (Salama et al, 2014)



Figure 12: l'adulte de *T. absoluta* (Originale, 2021)

II-4- Comportement biologique :

II-4-1-Le cycle de développement de *T. absoluta*

T. absoluta a un potentiel de reproduction élevé et un cycle de vie qui dure entre 24 et 76 jours en fonction des conditions environnementales (Fig. 15). Le développement prend 76,3 jours à 14°C, 39,8 jours à 19,7°C et 23,8 jours à 27,1°C. *T. absoluta* est une espèce polyvoltine (Tab.07). Elle peut y avoir de 10 à 12 générations par an (Mahdi et al, 2011).

Selon Estay (2000), les femelles préfèrent pondre sur les feuilles (73%) et à moindre mesure sur les nervures des feuilles et des bords des tiges (21%), sur les sépales (5%) ou les fruits verts (1%). Les œufs sont déposés de façon isolés ou en petits groupes, dans la partie supérieure ou médiane de la plante. Il est important de souligner que la ponte est possible sur les tomates vertes seulement (Monserrat, 2009). La période la plus prolifique de ponte est de 7 jours après le premier accouplement et les femelles émettent 76% de leurs œufs à ce moment. Lorsque les femelles manquent de nourriture, elles pondent en moyenne 145 œufs, tandis qu'elles peuvent produire jusqu'à 262 œuf en présence de nourriture. Les femelles ne s'accouple qu'une fois par jour et elles sont capables de s'accoupler jusqu'à six fois au cours de leurs vie, avec un seul accouplement qui peut durer 4 à 5hs (Estay et Bruna, 2002).

Après l'éclosion, les jeunes larves pénètrent dans les feuilles, les tiges ou les fruits quelque soit le stade de développement du plant de tomate. Les chenilles creusent des galeries dans lesquelles elles se développent. (Bogorni et al., 2003), indiquant que la surface de la feuille peut être détruite entièrement par la chenille lors de son développement et peut atteindre une moyenne de 2.5cm². Les larves peuvent creuser plusieurs mines dans la même feuille ou pénétrer dans d'autres feuilles.

Les larves du dernier stade peuvent sortir d'une feuille et d'envahir d'autres organes de la plante. Une fois le développement larvaire achevé, les chenilles se transforment en chrysalides soit dans les galeries, soit à la surface des plantes hôtes ou bien dans le sol. Lorsque *T. absoluta* se nymphose dans le sol, un cocon est habituellement construit. Le pourcentage des larves qui se nymphosent dans les feuilles, les tiges et les fruits sont faibles (Coelho et Franca, 1987).

D'après (Vercher et al., 2010), dans les conditions méditerranéennes, les adultes de *T. absoluta* peuvent être détectés tout au long de l'année. Il peut avoir 10 à 12 générations par an en Amérique du sud. La durée de vie est comprise entre 10 et 15 jours pour les femelles et 6 à 7 jours pour les males selon Estay (2000). Cet insecte passe l'hiver au stade œuf, chrysalides ou adulte.

II-4-2- Accouplement

L'accouplement a lieu de 24 à 48h, après l'émergence des adultes et la plupart des œufs sont pondus quelques jours seulement après. Les adultes se cachent pendant le jour et se mettent à voltiger par fois dans tous les sens, si l'on remue les feuilles situées près du sol. Le vol des adultes et la ponte des

Partie I : Chapitre 02 : généralité sur la mineuse de la tomate

œufs commencent d'ordinaire à la tombée du jour et ce poursuivent toute la nuit, si la température reste supérieure à 16°C (Urbaneja, 2009).

II-4-3. Ponte

Chaque femelle peut émettre entre 40 et 200 œufs au cours de sa vie. Pour la plupart sur les feuilles du sommet du plant, les jeunes tiges tendres et les sépales des fruits immatures. Les œufs sont pondus préférentiellement sur la face inférieure des feuilles (Mahdi et al., 2011).

Tableau 4. Durée du cycle de développement de *T. absoluta* en fonction de la température

(Trottin Caudal et al., 2010)

T (°C)	Œufs(J)	Larves(J)	Chrysalides (J)	Total(J)	Adulte (j)
15	10	36	21	67	23
20	07	23	12	42	17
22	6.1	13.3	10.1	29.5	/
25	0.4	15	07	27	13
27	3.2	9.7	8.2	21.1	/
30	/	11	06	20	09

II-5- Hibernation

La mineuse de la tomate hiberne sous forme d'œuf, de larve ou de chrysalide, et son développement redémarre dès que les conditions sont plus favorables. Sa température minimale d'activation est de 9°C, mais elle supporte aussi des températures plus basses. Les expériences actuelles montrent qu'elle ne peut quasiment pas survivre à un hiver passé dans des tunnels plastiques non chauffés. Elles survivent par contre bien sur les plantes, les restes de plantes ou les fruits dans les serres gardées hors gel et à fortiori dans celles qui sont tempérées, par exemple dans les unités de production de plants maraîchers (Lutz et al., 2010).

II-6-Dissémination

La mineuse de la tomate voyage sur de grandes distances grâce aux organes contaminés des plantes attaquées, surtout les fruits et les jeunes plants. On suppose en outre, que ces petits papillons peuvent franchir un grand nombre de kilomètres en volant activement ou en se laissant porter par le vent (Lutz et al., 2010).

Partie I : Chapitre 02 : généralité sur la mineuse de la tomate

II-7- plantes hôtes

II-7-1- plantes hôtes principales

La plante hôte principale de *T. absoluta* est la tomate qui est considérée comme la plante hôte la plus appropriée pour ce ravageur et dispose d'une meilleure qualité nutritionnelle que la pomme de terre (Vargas, 1970 et Campos, 1976).

II-7-2- Plantes Hôtes secondaires

Bien que *T. absoluta* préfère la tomate, mais selon Vargas (1970) et Campos (1976), elle peut aussi se nourrir, se développer et se reproduire sur les autres solanacées comme l'aubergine *Solanum Melongena*, la pomme de terre *S. tuberosum*, le poivron *S. muricatum* et le tabac *Nicotiana tabacum*, ainsi que sur des solanacées non cultivées, tels que *S. nigrum*, *S. eleagnifolium*, *S. bonariense*, *S. sisymriifolium*, *S. saponaceum*, *Lycopersicum puberulum* etc., et d'autres plantes hôtes disponibles naturellement comme *Datura ferox*, *D. stramonium* et *Nicotiana glauca* sur pomme de terre, *T. absoluta* ne s'attaque qu'aux parties aériennes, ce qui n'est pas directement le rendement de pomme de terre, et sous des conditions climatiques appropriées, *T. absoluta* est devenue un ravageur de la pomme de terre (Pereyra et Sanchez, 2006). Depuis son arrivée en Europe, d'autres espèces végétales supplémentaires ont été signalées comme hôtes alternatifs. Il a été signalé par Tropea-Garzia (2009) dans une serre sicilienne de *Physalis peruviana* et a été trouvé en Italie sur l'haricot, *Phaseolus vulgaris* (Eppo, 2009 in Bouta, 2012) et sur le *Lycium* sp, et *Malva* sp. (Caponero, 2009). Ceci indique que *T. absoluta* montre qu'elle peut utiliser diverses plantes comme hôtes secondaires, notamment des espèces au sein de la famille des solanacées.

II-8- Symptômes et dégâts

Sur tomate, après un premier stade baladeur, la larve peut pénétrer dans tous les organes quelque soit le stade de la plante (Ramel et Oudard, 2008).

II-8-1-Sur les feuilles

L'attaque se caractérise par la présence de plages décolorées nettement visibles. Les larves dévorent seulement le parenchyme en laissant l'épiderme de la feuille. Par la suite, les folioles attaquées se nécrosent entièrement (Fig. 16). Les feuilles fortement attaquées peuvent se dessécher entièrement. En cas de dégâts sévères, les chenilles peuvent consommer tout le tissu foliaire, en laissant de grandes quantités d'excréments noirs (Ramel et Oudard, 2008).



Figure 13 : Dégâts de la mineuse de tomate sur feuilles (Ramel et Oudard, 2008)

II-8-2-Tige ou pédoncule

La nutrition et l'activité de la larve dans la tige perturbent le développement des plantes (Fig. 17) (Ramel, 2008)



Figure 14. Dégâts de la mineuse sur la tige de la tomate (Ramel, 2008)

II-8-3-Fruits

Les fruits sont susceptibles d'être attaqués dès leur formation jusqu'à la maturité. Une larve peut provoquer des dégâts sur plusieurs fruits d'un même bouquet (Fig. 34).

Les premiers dégâts de *T. absoluta* sont localisés préférentiellement sur les parties jeunes des plantes : apex, jeune fruit, fleur (Ramel et Oudard, 2008).



Figure 15 : Dégâts de la mineuse sur fruits de tomate (Originale, 2021)

II-9- Moyens de lutte contre la mineuse de la tomate

Plusieurs méthodes sont appliquées pour lutter contre ce ravageur afin de réduire son impact sur les productions de la tomate. Un aperçu sur ces techniques permet de constater qu'il n'y a pas de méthode miracle, car chacune présente des avantages et des inconvénients sans pour autant permettre l'éradication complète du ravageur (Pereira, 2008).

II- 9-1 Lutte biotechnique

Se base sur le piégeage massif des adultes mâles de *T. absoluta* à l'aide des pièges à Pheromones sexuelles, à glue, à eau et des pièges lumineux, Un entretien régulier est indispensable comme le changement des capsules à phéromones, nettoyage des pièges, remplacement du liquide. Les pièges sont idéalement repartis de manière homogène au niveau bas des plantes avec un piège/400m² (Iderenmouche, 2011).

II- 9-2- Lutte prophylactique

En Algérie, l'Institut National de la Protection des Végétaux (INPV) a adressé à tous les agriculteurs en 2008, une liste de précautions à prendre :

- Utilisation des plants indemnes, éliminer systématiquement les plants atteints ;
- Elimination des organes atteints en mettant dans des sacs noirs et en les exposants au soleil ;
- Entretien cultural par désherbage, à l'intérieur et aux alentours des serres cultivées pour éliminer les refuges naturels recherchés par les insectes ravageurs ;
- Installation d'un filet insect- proof, c'est la méthode la plus sûre, elle permet d'empêcher toute infiltration d'insectes dangereux nocifs aux cultures
- Tuteurage avec des fils métalliques ou en plastiques.

II- 9-3- Lutte chimique

Pour lutter contre ce fléau, les tomaticulteurs disposent de plusieurs armes, dont, en dernier recours, des insecticides visant les chenilles cheminant hors de leurs mines. Les populations de *T. absoluta* sont déjà résistantes à la plupart des insecticides à large spectre, un héritage de leur vie sud-américaine.

Outre qu'ils sont plus ou moins nocifs pour l'environnement et les applicateurs, les insecticides chimiques ne sont pas toujours efficaces. En effet, *T. absoluta* arrive à développer rapidement des résistances. De plus, les larves sont protégées dans les galeries situées au niveau des feuilles, des tiges et des fruits, ce qui les protège d'insecticides traditionnels. Enfin, l'application de certains produits nuit à la faune auxiliaire et peut ainsi aggraver le problème (Fraval, 2009).

II-9-4- Lutte biologique

Pour une bonne efficacité de la lutte biologique par lâcher des auxiliaires en serres et tunnels, il est recommandé de procéder à ces lâchers dès les premières captures de *T. absoluta*.

Pour assurer une bonne installation des prédateurs, il est conseillé de les lâcher tôt et les nourrir tant que la présence de la mineuse est faible (avec des œufs commercialisés d'*Ephestia kuehniella* par exemple).

Les auxiliaires les plus utilisés sont :

- Prédateurs : *Macrolophus pygmaeus* et *Nesidiocoris tenuis* ;
- Parasitoïde d'œufs : *Trichogramma achaeae*.

En Amérique du Sud, d'autres auxiliaires ont été utilisés :

- Prédateur : *Podisus nigrispinus* ;
- Parasitoïdes de chrysalides (*Cornua* sp.) ; de larves (*Pseudoapanteles dignus*, *Dineulophus phthorimaeae*, *Apanteles gelechiidivoris*) ; d'œufs (trichogrammes : *Trichogramma pretiosum*, *T. fastiatum*, *T. rojasi*, *T. bactrae*, *T. exiguum* et *T. nerudai*) (Anonyme, 2015).

CHAPITRE III

La Plante Médicinale

III-A-La plante étudiée *Chrysanthemum coronarium* L.

Figure 1: *Chrysanthemum coronarium* L. (Originale, 2021)

III-A-1- Description de la plante

C'est une plante annuelle, dont la taille varie entre 20-80cm pouvant parfois atteindre 100cm. C'est une herbacée, nue ou plus ou moins velue dégageant une forte odeur. Les tiges érigées sont très ramifiées et très feuillues. Les feuilles de *C. coronarium* L. sont alternées, sessiles et allongées, généralement bipennées à lobes pointus. Les capitules sont de 3-6cm, isolés, et présentent des pédoncules épaissis en massue à l'extrémité. Les fleurs sont tubulaires et ligulées, de couleur jaune. Les bractées sont ovoïdes. Il existe une autre variété qui se caractérise par des fleurs ligulées jaunes pales et jaunes plus foncés dans le fond (var. *discolor*, 1895) (Schonfelder et al, 1989) (Blamey, M. et al ,2000) (Couplan, F,2009).

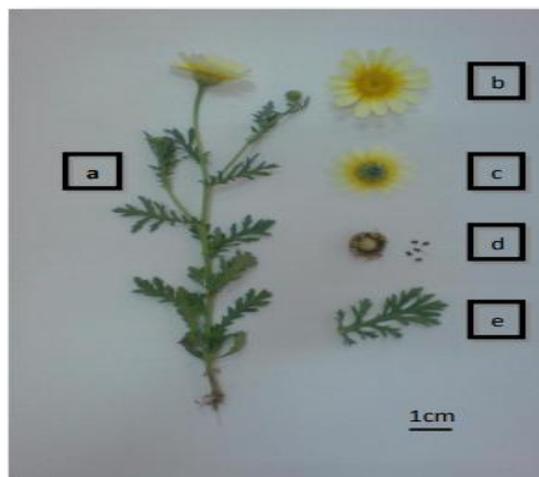


Figure 17 :*Chrysanthemum coronarium* L. : (a) plante entière, (b) face ventrale du capitule, (c) face dorsale du capitule, (d) akènes, (e) feuille (Photo originale, 2021)

III-A-2- Habitat et répartition géographique

C'est une plante qui pousse dans des terres cultivées ou en jachères, occupant souvent de grandes surfaces, elle est également cultivée dans les jardins. On la rencontre dans le Bassin méditerranéen, elle est également cultivée en Chine et au Japon (Schonfelder et al, 1989).

III-A-3- Classification taxonomique

Selon Judd et al. (2002) ; Spichiger (2002) ; Kowal et Muley et al. (2007), la classification taxonomique de *Chrysanthemum coronarium* L. est la suivante :

- **Règne** : Plantae
- **Sous-règne** : Tracheobionta
- **Division** : Magnoliophyta
- **Classe** : Magnoliopsida
- **Sous-classe** : Asteridae
- **Ordre** : Asterales
- **Famille** : Asteraceae
- **Tribu** : Anthemideae
- **Sous-famille** : Asteroideae
- **Genre** : *Chrysanthemum*
- **Espèce** : *Chrysanthemum coronarium* (Linné, 1753).

III-A-4- Synonymes botaniques du chrysanthème

- *Chrysanthemum spatiosum* (Seidemann, 2005);
- *Matricaria coronaria* (L.) DESR (Seidemann, 2005) ;
- *Pinardia coronaria* Lessing (Chooi Ong, 2008);
- *Xanthophthalmum coronarium* (L.) (Seidemann, 2005).

III-A-5- Noms communs

- **Français** : Chrysanthème à couronne, Chrysanthème des jardins, Chopsuy ;
- **Anglais** : Grown daisy, cooking chrysanthemum, garland chrysanthemum, garland, garland daisy, edible chrysanthemum, chop suey greens;
- **Arabe** : Mourara, Rezaïma ;
- **Russe** : Chrizanthema uventschannaja (Seidemann, 2005) (Staples et al., 1999) (Quezel, et al., 1963) (Munro et al., 1998).

III-A-6- Utilisation médicinale traditionnelle

Selon Roberts, (2000), l'infusion des feuilles et des fleurs possèdent un pouvoir légèrement diurétique, elle est utilisée dans les cas de cystite et de rétention d'eau. Une macération à base de fleurs et de quelques feuilles à une action sur la peau grasse ainsi que sur les tâches de la peau. En raison de ses propriétés toniques, le chrysanthème à couronne est très utilisé en Chine. De par sa richesse en sels minéraux, acides aminés et vitamines A, D et E, il purifie le sang, les reins et pallie les effets du froid, comme cela a été confirmé par les travaux d'Allimuthu et Vennila (2005), en le décrivant comme antipyrétique. Ainsi d'après Chooi Ong (2008), la décoction de cette plante est utilisée pour ses propriétés expectorantes des voix respiratoires et pour ses propriétés stomachiques en stimulant la digestion.

Au cours de notre étude, nous avons extrait et testé les huiles essentielles de cette plante médicinale à l'égard des larves de la mineuse de la tomate *T. absoluta* afin de vérifier son effet sur la mortalité de ces derniers.

Vue l'importance des huiles essentielles nous avons consacré une grande partie dans ce document à leur égard.

III-B-Les huiles essentielles**III-B-1- Historique**

Les huiles essentielles sont connues depuis des millénaires pour leur action bénéfique sur l'homme. Quatre mille ans avant J.C, les égyptiens utilisaient déjà les huiles comme parfums dans les momifications des corps. Il faudra attendre le XVI^{ème} siècle pour voir apparaître la généralisation de la production et de l'utilisation des huiles essentielles, grâce aux travaux sur les huiles essentielles de romarin, de bois de genévrier et de lavande (Lamaty et al., 1997).

Selon Ntezurubanza (2000), l'histoire de l'aromathérapie, qui est celle des huiles essentielles, peut se résumer en quatre époques suivantes :

1. L'époque au cours de laquelle étaient utilisées des plantes aromatiques telles quelles ou sous forme d'infusion ou de décoction ;
2. Celle dans laquelle les plantes aromatiques était brulée ou mises à infuser ou à macérer dans une huile végétale. A cette époque, intervient la notion d'activité liée à la substance odorante.
3. La troisième époque correspond à la recherche de l'extraction de cette substance odorante. Apparaît alors le concept d'huile essentielle qui aboutit à la création et au développement de la distillation ;

4. Enfin, la dernière qui est la période moderne dans laquelle la connaissance des composants des huiles essentielles intervient et explique les effets physiques, chimiques, biochimiques, physiologiques, voire électroniques des arômes végétales.

La méthode d'obtention des huiles essentielles intervient de façon déterminante dans le rendement en huile et dans la composition de cette dernière.

III-A-2- Définition des huiles essentielles

Selon AFNOR NF T 75-006 (février, 1998) : Huile essentielle: « Produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques, soit par distillation sèche. L'huile essentielle est ensuite séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques pour les deux premiers modes d'obtention; elle peut subir des traitements physiques n'entraînant pas de changement significatif de sa composition [par exemple, redistillation, aération, ...] ».

Le terme « huile » s'explique par la propriété que présentent ses composés de se solubiliser dans les graisses et par leur caractère hydrophobe. Le terme « essentielle » fait référence au parfum, à l'odeur plus ou moins forte dégagée par la plante et au fait qu'elles soient inflammables. Les différents procédés d'extraction des huiles essentielles permettent de définir plusieurs termes qui sont utilisés dans la pratique courante :

1) Concrète: extrait à odeur caractéristique, obtenu à partir d'une matière première fraîche d'origine végétale, par extraction au moyen d'un solvant non aqueux suivie d'une élimination de ce solvant par un procédé physique ;

2) Résinoïdes : extrait à odeur caractéristique, obtenu à partir de matière première sèche d'origine végétale, par extraction à l'aide d'un solvant non aqueux, suivie de l'élimination de ce solvant par un procédé physique ;

3) Pommade florale : corps gras parfumé obtenu à partir de fleurs soit par « enfleurage à froid » soit par « enfleurage à chaud » ;

4) Absolue: produit ayant une odeur caractéristique, obtenu à partir d'une concrète, d'une pommade florale ou d'un résinoïde par l'extraction à l'éthanol à température ambiante. La solution éthanolique obtenue est généralement refroidie et filtrée dans le but de supprimer les cires ; l'éthanol est ensuite éliminé par distillation ;

5) Eau florale : obtenue lors de la distillation des plantes par condensation de la vapeur d'eau chargée d'huile essentielle, et séparation des deux phases obtenues en HE et eau florale moins concentrée en composés odorants ;

6) **Hydrolat** : résulte de la macération d'une plante dans l'eau.

III-B-3- Localisation et rôle physiologique pour la plante :

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs, dont 10% contiennent des principes aromatiques ou essences. Les genres capables d'élaborer les constituants qui composent les huiles essentielles sont repartis dans un nombre limité de familles : Myrtacées, Lauracées, Rutacées, Lamiacées, Astéracées, Opiacées, Cupressacées, Zingibéracées, Pipéracées, ...etc.

Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux (Bruneton, 1993) :

- Dans les feuilles comme le basilic ;
- Dans les fleurs comme la rose ;
- Dans les fruits comme le citron ;
- Dans les graines comme la coriandre ;
- Dans l'écorce comme la cannelle ;
- Dans les racines pour certaines plantes.

Dans le cas le plus simple, les huiles essentielles se forment dans le cytosol des cellules ou, soit elles se rassemblent en gouttelettes comme la plupart des substances lipophiles, soit elles s'accumulent dans les vacuoles des cellules épidermiques ou des cellules du mésophile de nombreux pétales. D'autres structures histologiques spécialisées souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante sont impliquées dans l'accumulation des huiles volatiles. Ces structures regroupent les poils et canaux secteurs et les poches sécrétrices (Bruneton, 1999).

III-B-4- Extraction

L'analyse des huiles essentielles émises par une plante se déroule en trois étapes ; extraction des composés aromatiques, analyse de l'extrait et traitement des résultats pour identifier et quantifier les composés. Les composés organiques volatils sont généralement présents dans les matrices végétales à de très faibles concentrations, et sont de polarités, solubilités, volatilités et stabilités très variables. Les molécules odorantes sont constituées d'un squelette hydrocarboné qui peut être linéaires, cyclique ou aromatique. Presque toutes les fonctions chimiques portées par ces chaînes sont représentées : alcools, composés carbonylés (principalement les aldéhydes), esters, éthers, phénols et enfin dérivés soufrés et hétérocycles (Pollien, 1998).

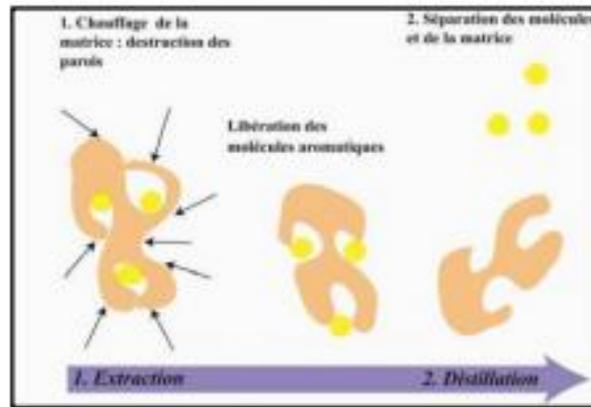


Figure 18 : Les étapes de l'extraction des huiles essentielles (Lucc, 2005)

Le choix de la technique dépend principalement de la matière première: son état originel et ses caractéristiques, sa nature proprement dite. Le rendement « HE/matière première végétale » peut être extrêmement variable selon les plantes (Desmares et al., 2008).

III-A-B-1- L'hydrodistillation

Le principe de l'hydrodistillation est celui de la distillation des mélanges binaires non miscibles. Elle consiste à immerger la biomasse végétale dans un alambic rempli d'eau, que l'on porte ensuite à ébullition. La vapeur d'eau et l'essence libérée par le matériel végétal forment un mélange non miscible. Les composants d'un tel mélange se comportent comme si chacun était tout seul à la température du mélange, c'est-à-dire que la pression partielle de la vapeur d'un composant est égale à la pression de vapeur de corps pur.

Cette méthode est simple dans son principe qui ne nécessite pas un appareillage coûteux. Cependant, à cause de l'eau, de l'acidité, de la température du milieu, il peut se produire des réactions d'hydrolyse, de réarrangement, de racémisation, d'oxydation, d'isomérisation, etc. qui peuvent très sensiblement conduire à une dénaturation (Bruneton, 1993).

III-B-4-2- Entraînement par la vapeur

Les méthodes d'extraction par l'entraînement à la vapeur d'eau sont basées sur le fait que la plupart des composés volatils contenus dans les végétaux sont entraînés par la vapeur d'eau, du fait de leur point d'ébullition relativement bas et de leur caractère hydrophobe. Sous l'action de la vapeur d'eau introduite ou formée dans l'extracteur, l'essence se libère du tissu végétal et est entraînée par la vapeur d'eau. Le mélange de vapeur est condensé sur une surface froide et l'huile essentielle se sépare par décantation (AFNOR, 2000).

En fonction de sa densité, elle peut être recueillie à deux niveaux :

- Niveau supérieur du distillat, si elle est plus légère que l'eau, ce qui est fréquent ;
- Niveau inférieur, si elle est plus dense que l'eau.

Les principales variantes de l'extraction par l'entraînement à la vapeur d'eau sont l'hydro distillation, la distillation à vapeur saturée et l'hydro diffusion (Teuscher et al., 2005). La production des huiles essentielles à partir des plantes aromatiques par entraînement à la vapeur d'eau, se ferait donc en deux étapes :

- La diffusion de l'huile essentielle de l'intérieur des tissus vers la surface du matériel végétal;
- L'évaporation et entraînement à la vapeur d'eau.

La diffusion est un processus relativement long. Les composés volatiles constitutifs de l'huile essentielle, sont retenus par la fraction lipidique de la plante, en particulier les hydrocarbures, ce qui ralentit leur entraînement par la vapeur d'eau (Koedan et al., 1979). C'est cette étape qui détermine la durée de la distillation.

Le matériel végétal est soumis à l'action d'un courant de vapeur sans macération préalable, qui traverse les végétaux et emporte avec elle les molécules aromatiques. La vapeur chargée de l'arôme se condense alors en traversant une cuve réfrigérante pour être récupérée en phase liquide dans un vase florentin (ou essencier) où l'huile essentielle est séparée de l'eau par décantation.

III-B-4-3- Extraction par solvants

La méthode de cette extraction est basée sur le fait que les essences aromatiques sont solubles dans la plupart des solvants organiques. L'extraction se fait dans des extracteurs de construction variée, en continu, semi-continu ou discontinu. Le procédé consiste à épuiser le matériel végétal par un solvant à bas point d'ébullition qui par la suite, sera éliminé par distillation sous pression réduite. L'évaporation du solvant donne un mélange odorant de consistance pâteuse dont l'huile est extraite par l'alcool. L'extraction par les solvants est très coûteuse à cause du prix de l'équipement et de la grande consommation des solvants, un autre désavantage de cette extraction par les solvants est leur manque de sélectivité, de ce fait de nombreuses substances lipophiles (huiles fixes, phospholipides, caroténoïdes, cires, coumarines, etc.) peuvent se retrouver dans le mélange pâteux et imposer une purification ultérieure (Shellie et al., 2004).

Le choix du solvant est influencé par des paramètres techniques et économiques. Le pouvoir du solvant à l'égard des constituants odorants (la stabilité, inertie chimique, température d'ébullition) pour permettre son élimination totale, pas trop faible pour éviter les pertes et donc une élévation des coûts, sécurité de manipulation. Les solvants les plus utilisés sous réserve de législations restrictives particulières. Ce sont les hydrocarbures aliphatiques : éther de pétrole, hexane, propane ou butane liquides, après l'extraction le solvant est distillé en fin de l'opération (Shellie et al., 2004).

III-B-5- Traitement des essences

Il est parfois nécessaire de décolorer, neutraliser et rectifier les essences obtenues. La rectification, à sec ou par un jet de vapeur d'eau sous pression réduite, permet d'éliminer les produits malodorants ou irritants et d'obtenir ainsi un produit final de « profil » déterminé. La déterpénation a pour but d'éliminer les carbures terpéniques. Elle n'est qu'un cas particulier de la Rectification, mais peut tout aussi bien être réalisée par d'autres procédés : par exemple extraction sélective des composés oxygénés de l'essence par des alcools dilués puis distillation. L'utilisation de techniques chromatographiques, en particulier la chromatographie d'exclusion en gel, autorise une bonne séparation des essences et des corps lipophiles non volatils (Catier et al., 2007).

III-B-6- La composition chimique des huiles essentielles

L'étude de la composition chimique des huiles essentielles révèle qu'il s'agit de mélanges complexes et variables de constituants appartenant exclusivement à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes ; les terpénoïdes et les composés aromatiques dérivés du phenylpropanes (Gildo, 2006).

III-B-6-1- Les terpénoïdes

Le terme terpène rappelle la toute première extraction de ce type de composé dans l'essence de térébenthine. Dans le cas des huiles essentielles, seuls les terpènes les plus volatils, c'est-à-dire, ceux dont la masse moléculaire n'est pas élevée sont observés. Ils répondent dans la plupart des cas à la formule générale $(C_5H_8)_n$. Les constituants des huiles essentielles sont très variés. On y trouve en plus de terpènes, des hydrocarbures, des esters, des lactones, des aldéhydes, des alcools, des acides, des acétones, des phénols, des oxydes, etc... (Seenivasan, 2006).

III-B-6-1-1- Les mono-terpènes

Les carbures sont presque toujours présents. Ils peuvent être acycliques (terpienne, cymène) ou bi-cyclique (pinène, camphène, sabinene). Ils constituent parfois plus de 90% de l'huile essentielle (Citrus, térébenthines) (Bruneton, 2008).

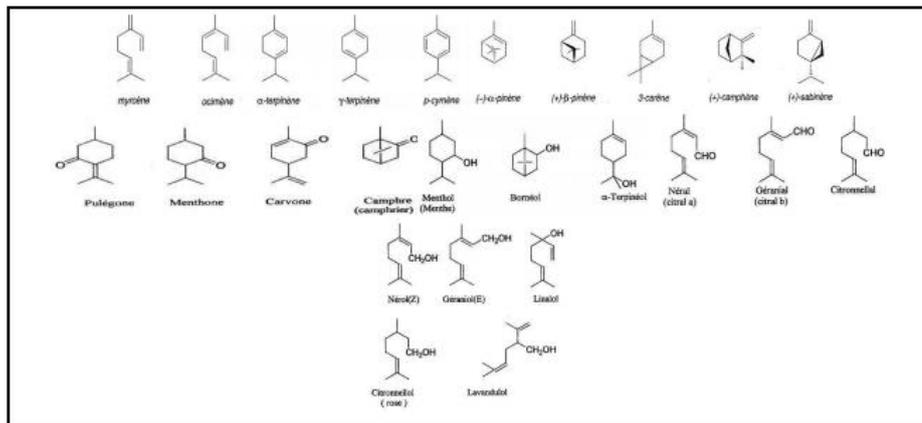


Figure 19 : Structures chimiques de quelques exemples mono-terpènes rencontrés dans les huiles essentielles (DJahra, 2014)

III-B-6-1-2- Sesquiterpènes

Les sesquiterpènes sont des structures très diverses (C₁₅) : les carbures, les alcools et les cétones sont les plus fréquents (Bruneton, 2008).

III-B-6-2- Les composés aromatiques

Contrairement aux dérivés terpéniques, les composés aromatiques sont moins fréquents dans les huiles essentielles. Très souvent, il s'agit d'allyle et de propénylphénol. Ces composés aromatiques constituent un ensemble important car ils sont généralement responsables des caractères organoleptiques des huiles essentielles. Nous pouvons citer en exemple l'eugénole qui est responsable de l'odeur du clou de girofle (Kunle et okogum, 2003).

III-B-6-3- Les composés d'origines diverses

Compte tenu de leur mode d'extraction, les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire, entraînés lors de l'hydrodistillation. Ces produits peuvent être azotés ou soufrés (Inouye et Abe, 2003) :

- **Alcools** : acyclique (géraniol, linalol, citronello), monocycliques (menthol, α-terpinéol, terpin-1-én-4-ol), bi-cycliques (bornéol, fencho) ;
- **Aldéhydes** : le plus souvent acycliques (géraniol, néral, citronellal) ;
- **Cétones** : acycliques (tagétone), monocycliques (menthone, isomenthone, carvone, pulégone), bi-cycliques (camphre, fenchone, thuyones) ;
- **Phénols** : thymol, carvacrol... ;

- **Esters** : acycliques (acétate ou propionates de linalyle, acétate de citronellule), monocycliques (acétate de menthyle, acétate d' α -terpinyle), bicycliques (acétate d'isobornyle) ;
- **Acides** : acide géranique... ;
- **Oxydes** : 1,8-cinéole... • Phénylpropanoïdes ; eugénol ;
- **Terpènes** : limonène, para-cymène... ;
- **Autres** : éthers, composés soufrés, composés azotés, sesquiterpènes...

III-B-6-4- Les chémotypes

La connaissance des chémotypes d'une huile essentielle et leur comportement sont fondamentaux car ils permettent d'envisager l'activité pharmacologique, de prévoir aussi la pharmacocinétique et la biodisponibilité. Pour une même espèce botanique, la composition chimique de l'huile essentielle n'est pas immuable. Les huiles essentielles sont élaborées par les plantes aromatiques au sein des cellules sécrétrices. Leur élaboration est totalement tributaire du rayonnement solaire en l'absence duquel le rendement en produits aromatiques et leur nature sont affectés. En sa présence, et tout particulièrement, en fonction de la présence de tel ou tel rayonnement, les types de composants pourront varier considérablement au sein d'une même espèce. Par exemple, le basilic cultivé à l'abri de la lumière en contient 74% (Franchomme et Penoel, 1990). Cette variabilité peut être influencée également par la composition du sol et la position géographique ; le lippiamutiflora récoltée au Togo a révélé les chémotypes à cristal, à thymol (acétate de thymyle), à para-cymène, à 1-8 cinéole (Inouye et Abe, 2003).

III-B-7- Rôle des composés terpéniques pour la plante

Les composés terpéniques sont induits et émis par la plante en réponse à des facteurs biotiques et abiotiques internes (génétique et biochimique) et externes (écologique) (Penuelas et al., 1995). Ils constituent un système de défense de la plante particulièrement contre les insectes herbivores (Kessler et Baldwin, 2001 ; Grodnitzky et Coats, 2002).

L'attaque par ces insectes va conduire à une augmentation de la libération des substances volatiles telles que le linalool et le farnésène par les feuilles de maïs, et/ou à la synthèse de nouveaux composés (E- β - ocimène par les feuilles de concombre) (Paré et Tumlinson, 1999 ; Birkett et al, 2000 ; Neveu et al, 2002 ; Pichersky et Gershenzon, 2002 ; Bouwmeester et al, 2003). La synthèse des terpènes à la suite d'une attaque par les insectes herbivores est provoquée par des éliciteurs, particulièrement la volicitine, présents dans la salive de ces insectes (Bonnemain et Chollet, 2003 ; Holopainen, 2004).

Les composés libérés vont inhiber la croissance des larves et attirer les prédateurs et les parasitoïdes des herbivores. En effet, les composés libérés, spécifiques à l'insecte agresseur, vont se comporter comme des signaux guidant les parasites vers l'agresseur, d'autant plus que la libération de

ces composés peut se faire uniquement sur la partie de la plante attaquée (Bouwmeester et al., 2003). Une plante peut ainsi indirectement réduire de plus de 90% les attaques d'insectes herbivores (Kessler et Baldwin, 2001 ; Holopainen, 2004). Sur une plante, les molécules volatiles libérées par les feuilles attaquées peuvent être différentes de celles libérées par les feuilles saines (Paré et Tumlinson, 1999). Les composés terpéniques ne servent pas uniquement à protéger la plante, certains composés tels que le linalool ou l'eugénol émis par les fleurs attirent les insectes pollinisateurs (Pichersky et Gershenson, 2002 ; Holopainen, 2004 ; Gerhenson et Dudareva, 2007).

III-B-8- La conservation des huiles essentielles

La plupart des molécules constitutives des huiles essentielles sont insaturées, ce qui les rend instables et sensibles à l'altération. Selon les conditions de conservation, les essences naturelles peuvent être sujettes à des réactions secondaires telles que: le réarrangement moléculaire, la polymérisation, l'oxydation, la fermentation, l'hydrolyse, etc. Il est possible de limiter ces dégradations en prenant certaines précautions (Bruneton, 1993) :

- L'utilisation des flacons de faible volume en aluminium, en acier inoxydable ou en verre brun, entièrement remplis et fermés de façon étanche;
- Le stockage à basse température;
- La conservation sous atmosphère d'azote;
- L'adjonction d'antioxydants, etc.

III-B-9- Application des huiles essentielles

Outre l'emploi strictement médical des huiles essentielles, celles-ci sont utilisées dans de nombreux domaines tels que la parfumerie, la cosmétologie, l'agro-alimentaire et l'industrie chimique. Deux industries se partagent ce marché mondial florissant : il s'agit de l'industrie agroalimentaire et la parfumerie.

Les huiles essentielles interviennent dans la fabrication :

- **Des produits alimentaires** : jus de fruits, crèmes glacées, bonbons, etc. ;
- **De tabac pour cigarettes** ;
- **Des produits d'hygiène et de beauté** ;
- **Des parfums, la désinfection des locaux (elles sont antiseptiques)** ;
- **Des colles et vernis dans l'industrie chimique.**

III-B-10- Effet insecticide des huiles essentielles

La mise en évidence du potentiel insecticide des huiles essentielles est un moyen non seulement de comprendre l'utilisation traditionnelle des plantes pour la protection des denrées mais aussi d'offrir des possibilités nouvelles par la mise en œuvre d'extraits de plantes. Desphande et Tipnis (1977) et Shaaya et al. (1997) ont montré la toxicité de certaines huiles essentielles dont *Ocimum basilicum* sur *Sitophilus oryzae* et sur *Tribolium castaneum*.

D'autres travaux récents (Sékou Moussa et al., 2000 ; Ngassoum et al., 2003 ; Sékou Moussa et al., 2001 ; Ngamo et al., 2001 ; Kim et al., 2003 ; Lee, 2002) mettent également en évidence la toxicité des huiles essentielles. Ces travaux révèlent que l'effet des huiles sur les insectes n'est pas systématique car on observe des réponses différentes suivant l'espèce d'insecte et d'huile essentielle. Ainsi d'après Shaaya et al. (1997) la concentration létale (LC50) de *Tribolium castaneum* (LC50=11,1 µL.L-1) est plus résistante que *Sitophilus oryzae* (LC50=7,5 µL.L-1) ou *Rizoperta dominica* (LC50=9,6 µL.L-1) à l'effet fumigant de l'huile essentielle de menthe, alors qu'il est deux fois plus sensible à l'huile essentielle d'*Eucalyptus nicholii* que *S. oryzae* (Lee, 2002).

Tous ces auteurs arrivent à la même conclusion sur la toxicité des composés des huiles essentielles :

Des taux de mortalité de 100% sont atteints et l'inhibition totale de ponte et d'émergence des insectes sur les grains traités est conservée. Cependant, l'action des composés est certes puissante mais de courte durée. Ainsi, Obeng-Ofori et al. (1996), prolongent l'activité de l'eugénol et de l'eucalyptol sur le maïs de 24h à 90 jours, en les combinant aux huiles végétales.

L'efficacité des huiles essentielles en tant qu'insecticides est la préoccupation de nombreux chercheurs. Les travaux effectués concourent à mettre en évidence les différents éléments pouvant accroître l'action des huiles essentielles contre les insectes ravageurs. Ces études constituent une étape indispensable pour le développement de l'utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre les ravageurs de grains. Pour tous ces auteurs, les huiles essentielles sont des substances fumigènes dotées de réelles potentialités insecticides à valoriser.

Pour la plante retenue pour cette étude est caractérisé par une diversité structural en métabolites secondaires riche en composé de type : terpénique ; flavonoïde ; stéroïde ; coumarines ; pyréthrinés ; purines ; des composés aliphatique ; sesquiterpènes ; les stéroïde ; et les HE (kumar et al., 2005) .

Sont HE est riche en monoterpénones (chrysethynon45-50% ; camphre) ; esters (acétates de chrysanthenyle15% et de bournyle 11%) ; monoterpènes(camphène ; &-pinéné) (thierry folliard, 2014).

PARTIE II

CHAPITRE I

Matériel Et Méthodes

I-1- Objectif

L'objectif de notre travail est de tester le pouvoir insecticide de *Chrysanthemum coronarium* L. sur une espèce d'insecte de la famille des Gelechiidae, *Tuta absoluta*, communément appelée la mineuse de la tomate. L'extraction a été réalisée par le biais de la méthode de l'entraînement à la vapeur pour l'obtention de l'huile essentielle de la plante médicinale *Chrysanthemum coronarium* L.

I-2. Matériel biologique

I-2-1- Matériel végétal

L'étude a porté sur une espèce de plante médicinales aromatiques ; *Chrysanthemum coronarium* L. (Chrysanthème à couronne), qui ont été identifiées en présence de Dr. BOUALEM Malika (Entomologiste à l'université de Mostaganem). Nous avons procédé à la récolte des plantes de mars à Mai 2021. La plante a été récoltée dans la région de Mazagran à Mostaganem



Figure20 : Champs de Chrysanthème à couronne (Originale, 2021)

I -2-2- Matériel animal

La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* a été récoltée dans les serres de tomate dans une ferme agricole privée à la commune de Sidi Ali de la wilaya de Mostaganem. Les insectes en question ont été identifiés en présence du Dr. BOUALEM Malika (entomologiste à l'université de Mostaganem).

I-3- Méthodologie d'étude

Pour tester l'activité insecticide des plantes étudiées nous avons utilisé l'huile essentielle de *Chrysanthemum coronarium* L. L'huile essentielle a été préparée au laboratoire pédagogique de Biochimie de la faculté des sciences de la nature et de la vie ; et nous avons utilisé la méthode d'entraînement à la vapeur. Alors que le test de l'activité biologique de l'HE sur les larves de *T. absoluta*.

I-3-1- L'extraction

- **Entraînement à la vapeur**

L'entraînement à la vapeur est l'un des procédés les plus anciens d'extraction des matières volatiles (Bernard et al., 1988). Cette technique d'extraction est basée sur le fait que la plupart des composés odorant volatiles contenus dans les végétaux sont entraînés par la vapeur d'eau. Cet entraînement dépend de plusieurs facteurs : le coefficient de partage des composés entre la vapeur d'eau et la plante, la vitesse de diffusion des composés, leur solubilité dans l'eau, la pression partielle de vapeur, la durée et la vitesse de transfert de chaleur (Boelens et al., 1990).

La distillation à vapeur saturée, le matériel végétal n'est pas en contact avec l'eau, il est placé sur une grille perforée au dessus de la base de l'alambic.

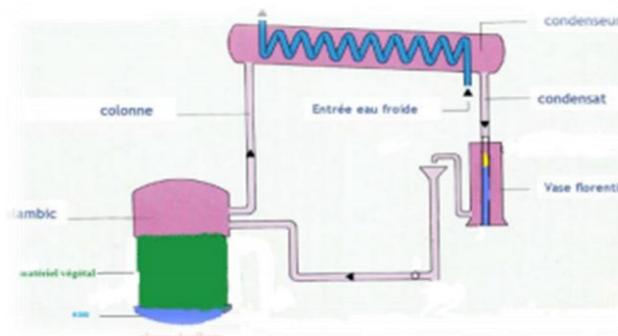


Figure 21 : Dispositif d'Entraînement à la vapeur (Boelens et al., 1990)

- **Mode opératoire**

Nous avons introduit 2 litres d'eau distillée et 403g de feuilles séchées de *C. coronarium* L. sur la grille perforée ; le but de cette méthode est d'entraîner avec la vapeur d'eau les constituants volatils des produits bruts. La vapeur détruit la structure des cellules végétales, libère les molécules contenues et entraîne les plus volatiles en les séparant du substrat cellulosique. La vapeur, chargée de l'essence de la matière première distillée, se condense dans

le serpentin de l'alambic avant d'être récupérée dans un essencier (vase de décantation pour les huiles essentielles). Les parties insolubles dans l'eau de condensation sont décantées pour donner l'huile essentielle surnageant (Fig. 04).



Figure 22 : L'extraction par l'entraînement à la vapeur d'eau (Originale, 2021)

I-3-2- Le rendement d'extraction

Après l'extraction, on calcule le rendement d'extraction ; le rendement exprimé en pourcentage par rapport au poids du matériel de départ est déterminé par la formule suivante :

$$R = \text{Mext} \times 100 / \text{Méch}$$

Où : R : rendement en % ;

Mext : est la masse de l'extrait après l'évaporation du solvant en gr. ;

Méch : est la masse de l'échantillon végétal en gr. (Clémence et Dongmo, 2009).

I-3-3- L'activité insecticide

Le test d'activité insecticide de l'huile essentielle du *Chrysanthemum coronarium* sur la mineuse de la tomate a été inspiré de la technique de l'organisation mondiale de la santé (OMS, 1963). Les tests ont été réalisés *in vitro* au laboratoire protection des végétaux.

I-3-3-1- Préparation des dilutions

Les préparations des dilutions ont été obtenues selon le protocole suivant : des concentrations de très faibles à très concentrés ont été retenues afin de tester le pouvoir insecticide de ces substances.

Pour l'huile essentielle, des solutions d'un volume de 10 ml de concentration croissantes ont été préparées par dilution dans l'acétone 10% de 0.1% - 0.2% - 0.3% - 0.4%-0.5% et un témoin positif avec l'acétone 10%. Ainsi qu'un témoin négatif avec de l'eau distillée.

I-3-3-2- Test de contact

Un volume de chaque dilution préparé est vaporisé par pulvérisation sur les feuilles saines (qui serviront de support de nourriture pour les larves de la mineuse). Cinq larves du même stade biologique ont été prélevées à l'aide d'un pinceau et mises dans des boîtes de pétri aérées de 9 cm de diamètre et de 1,8 cm de hauteur contenant du papier filtre imbibé de même diamètre que la boîte de pétri, ce dernier permet de garder l'humidité et la fraîcheur de la feuille le plus longtemps possible. Les observations sont faites sous loupe binoculaire. Le nombre de boîtes testées étaient de 60 avec 3 répétitions pour chaque stade aux différentes doses testées.



Figure 23: Boîte de Pétri préparée pour le test (Originale, 2021)

Le même nombre de larves a été placé dans les boîtes des témoins (positif et négatif) ; le témoin négatif est pulvérisé juste avec l'eau distillée, et le témoin positif a été pulvérisé avec l'acétone dilué. Pour chaque traitement, les tests ont été répétés 3 fois pour les différents stades biologiques de *T. absoluta* et les témoins ont servi de références. Après le traitement, les boîtes sont bien fermées par du parafilm.

Le test a été effectué dans des conditions de température moyenne de $24\pm 3^{\circ}\text{C}$ et d'une humidité relative moyenne de $51\pm 9\%$ avec une photopériode naturelle de 14 :10.



Figure 24 : Dispositif du test de contact (Originale, 2021)

I-3-3-3- Paramètres étudiés

Nous avons choisi essentiellement 1 seul paramètre : l'effet des différentes concentrations des extraits à l'échelle chronologique (après 24h, 48h, 72h jusqu'au J7) pour le suivi.

I-3-3-3-1- Le taux de mortalité

Le taux de mortalité (%) est déterminé pour chaque traitement après 24h, 48h, 72h jusqu'au 7^{ème} jour après la pulvérisation.

Un produit est dit efficace par l'évaluation de la mortalité ; le dénombrement des individus morts dans une population traitée par un toxique n'est pas le nombre réel des individus tués par ce toxique, si on prend en considération la mortalité naturelle qui était observée dans le témoin négatif. La mortalité après l'exposition doit être corrigée en utilisant la formule d'Abott (Bouras et Benhamza, 2013):

$$Mc\% = [(M0\% - MT\%) / (100-MT\%)] \times 100$$

Mc% : Mortalité corrigée exprimé en % ;

M0% : Mortalité observée après la pulvérisation ;

MT% : Mortalité observée dans le témoin.

I-3-3-3-2- Détermination de la DL50, DL90 et DL100

L'efficacité d'un toxique se mesure par sa DL50, DL90 et DL100 qui représentent les quantités de substance toxique entraînant la mort de 50%, 90% et 100% des individus d'un même lot respectivement. Elles sont déduites à partir de l'équation de la droite de régression ($y=a+xb$) correspondant aux taux de mortalité corrigée en fonction des concentrations de traitement (Waboponé, 2005).

CHAPITRE II

Résultats et discussions

II.1. Rendement de l'extraction :

Les rendements de l'huile sont définis comme étant les rapports de la quantité des substances végétales extraites sur la quantité de la matière végétale utilisée.

Le rendement d'extraction de la plante *C. coronarium* L. obtenu par la méthode d'entraînement à la vapeur a été de l'ordre de 0.15%.



Figure 24 :Quantité d'huile essentielle obtenu de *C. coronarium* L.

II.2. Résultats du test d'efficacité de l'huile essentielle de *C. coronarium* sur *T. absoluta*

Pour le test de l'efficacité de l'HE, plusieurs facteurs sont pris en considération comme l'huile, le temps d'exposition après traitement et les différentes doses appliquées.

II-2-1- La sensibilité des stades larvaires de *T. absoluta* traitées par l'HE**II-2-1-a-1^{er} stade larvaire**

La représentation graphique des figures 25 et 26 indique l'évolution des taux de mortalité cumulée et corrigée de L1 en fonction de la dose de l'HE utilisée et du temps d'exposition.

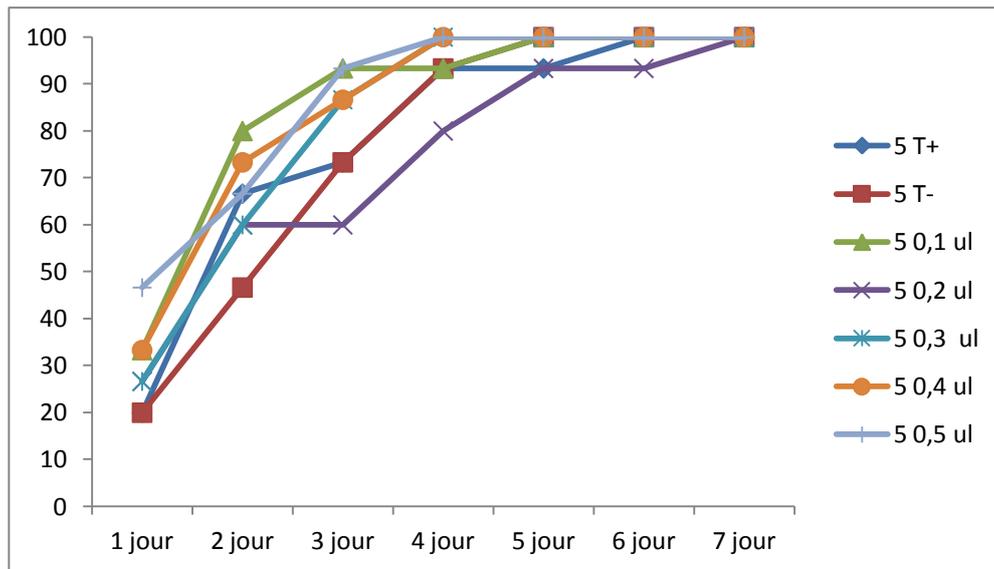


Figure 25 : la mortalité cumulée larvaire du stade L1

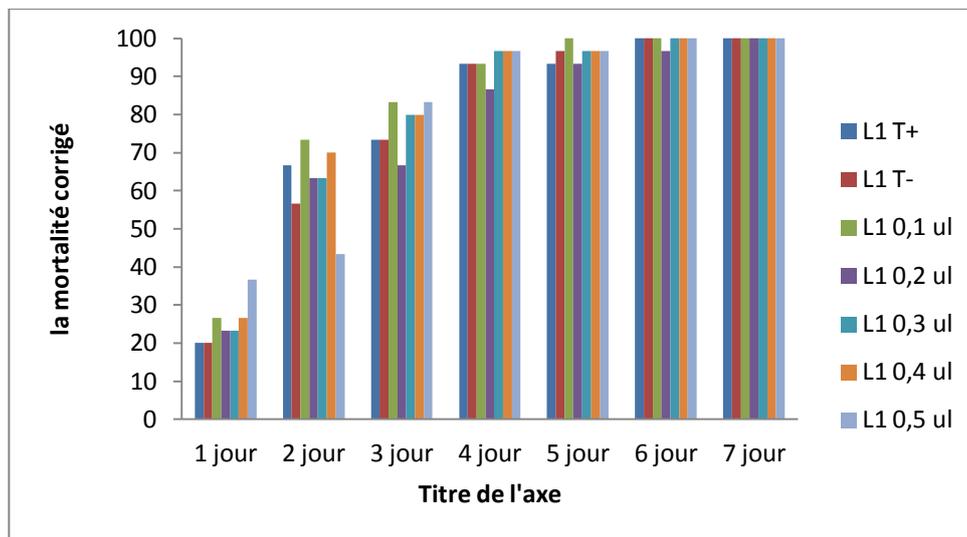


Figure 26 : La mortalité corrigée larvaire du stade L1

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

Il en ressort que les mortalités notées suite aux concentrations 0.1µl ont montré des taux assez remarquable, où il a été noté d'intéressants taux de mortalité dès le premier jour du test avec des taux de 26.66% pour atteindre 100% au cinquième jour. De même des taux de mortalité important furent relevés pour les concentrations 0.2µl avec 26,66% au J1 et 93.33% au J5.

A partir du 4^{ème} jour du traitement, les concentrations 0.3, 0.4 et 0.5µl ont enregistré des mortalités totales de l'ordre de 100% au sein des populations larvaires de *T. absoluta* (Fig. 25 et 26).

Des mortalités également élevées ont été constatées sur les témoins négatif et positif à partir du quatrième jour du traitement (93,33%) (Fig.25 et 26). La mortalité des larves observée sur le témoin négatif pourraient être du à la compétition et interaction entre les larves des différents stades. On pourrait aussi l'expliquer par la fragilité et la sensibilité de ce stade biologique aux différents facteurs naturels (Fig. 25 et 26).

II-2-1-b- 2eme stade larvaire :

La représentation graphique dans les figures 27 et 28 indique l'évolution des taux de mortalité cumulée et corrigée du L2 en fonction de la dose de l'HE utilisée et du temps d'exposition.

Les résultats illustrés sur la figure 27 et 28 montrent une mortalité assez différente selon les concentrations.

Contrairement au stade L1, le L2 a été sensible à la concentration 0.5µl qui a provoqué 40% de mortalité au premier jour du test ; et une mortalité totale à partir du cinquième jour. L'HE a eu un effet apparent sur les larves dès le deuxième jour d'exposition pour la dose 0.2µl et un taux de mortalité de 100% au quatrième jour. Les doses 0.1µl; 0.3µl et 0.4µl ont noté les taux les moins importants constatés jusqu'au 6eme jour (Fig. 27 et 28).

Dans les blocs témoins la mortalité a été observée également dès le premier jour du test, mais avec des taux moins importants. En effet, le témoin positif a noté un taux de mortalité nul au 1er jour d'exposition, alors que le témoin à l'eau distillée a révélé une mortalité de 6,66% (Fig. 27 et 28).

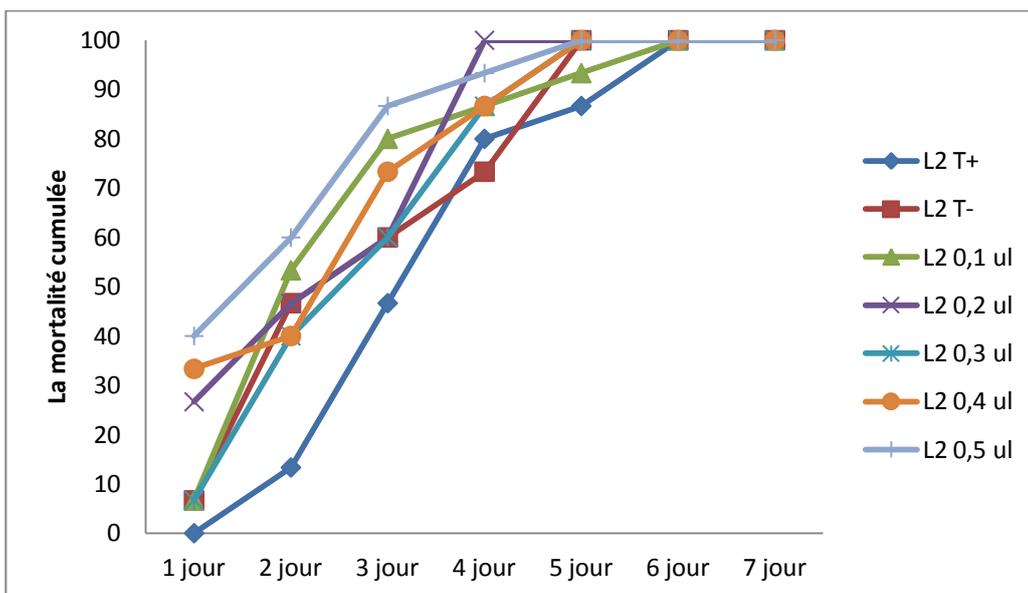


Figure 27 : La mortalité cumulée du stade larvaire L2

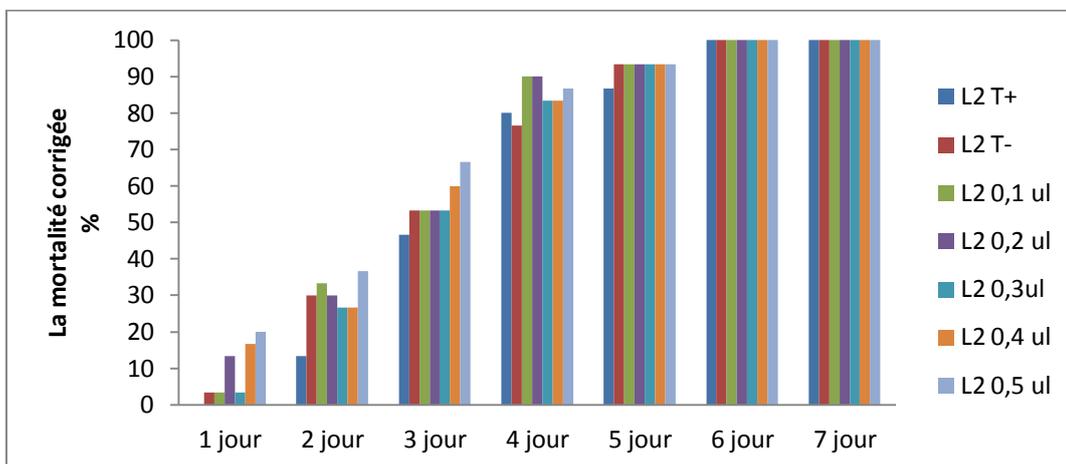


Figure 28 : La mortalité corrigée du stade larvaire L2

II-2-1-c- 3eme stade larvaire :

Les figures 29 et 30 indiquent l'évolution des taux de mortalité cumulée et corrigée du L3 en fonction de la dose de l'HE utilisée et du temps d'exposition.

Les résultats révélés pour ce stade larvaire ont montré une efficacité dès le deuxième jour pour la concentration 0.2µl avec 33,33%, pour atteindre les 86.66% au quatrième jour. Par ailleurs, la concentration 0.3µl a noté des taux de mortalité important de 13.33%, 40%, 66.66% et 80% respectivement du 1er au 4^{ème} jour (Fig. 29 et 30). A la concentration 0.4µl, une mortalité de 13.33% a été observée 24h après le traitement pour se stabiliser à un taux de 80% au 5^{ème} jour (Fig. 29 et 30). Le traitement à 0.5µl a enregistré un taux de mortalité de 20% pour se stabiliser au 4^{ème} jour à 53.33% (Fig. 29 et 30).

Les observations effectuées sur les deux tests témoins ont fait ressortir que le T⁻ a montré des mortalités dès le premier jour d'observation avec un taux de 13.33%, par contre, sur le T⁺ les mortalités n'ont pu être constatées qu'à partir du deuxième jour avec un taux de 6.66%. Ce dernier va montrer une augmentation pour atteindre un taux de 66,66% à la fin de l'expérimentation (Fig.29 et 30).

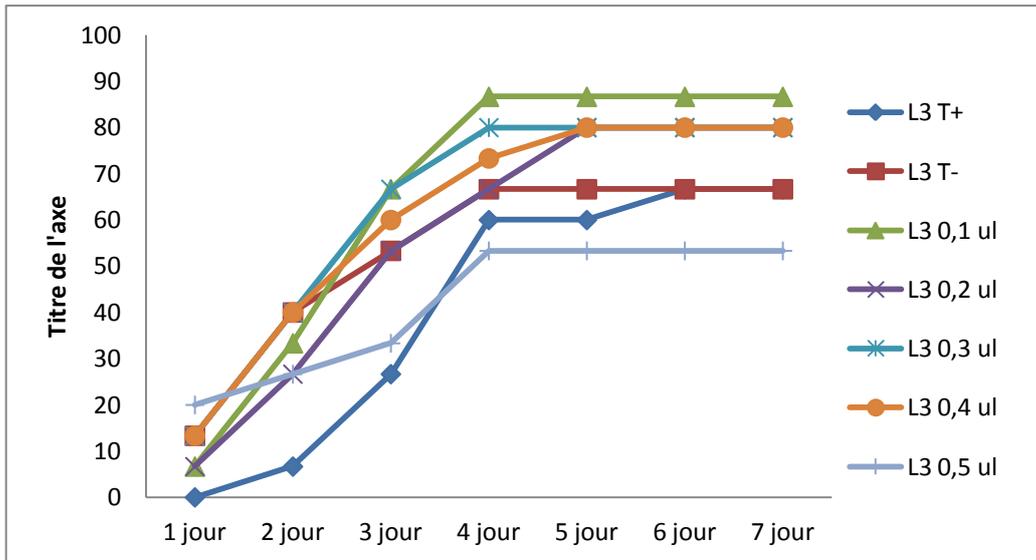


Figure 29 : La mortalité cumulée chez le stade larvaire L 3

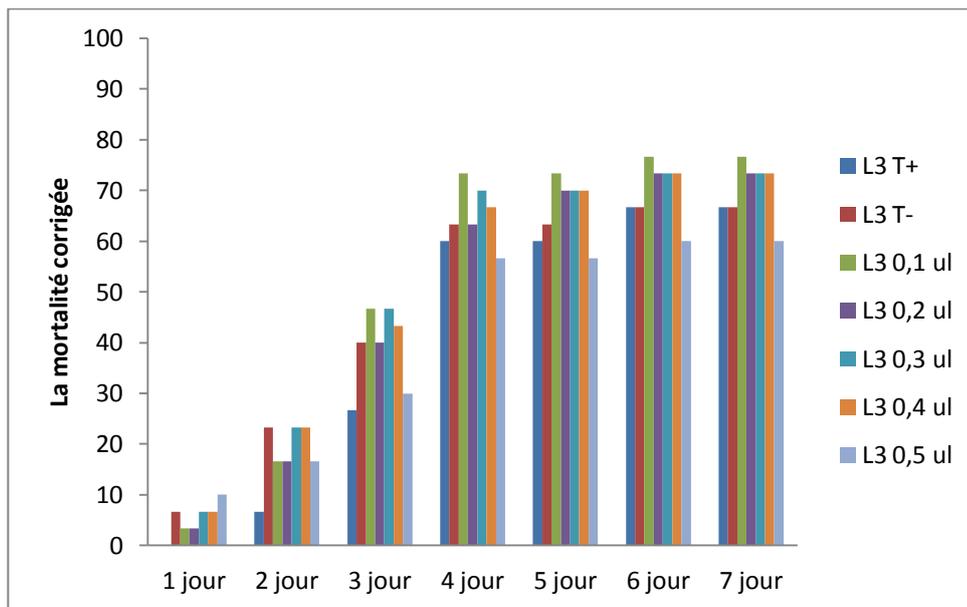


Figure 30 : La mortalité corrigée du stade larvaire L3

II-2-1-d- 4^{ème} stade larvaire :

Les résultats obtenus pour le L4 ont montré une évolution différente de ce stade larvaire en contact des différents traitements, nous poussons à supposer la présence d'une éventuelle résistance de ce stade vis-à-vis des différentes concentrations testées. En effet, une mortalité assez faible a été enregistrée au cours des deux premiers jours avec un taux de 6.66%, sous l'effet de la concentration 0.2µl, au 4^{ème} jour les deux concentrations (0.3µl et 0.4µl) ont marquées un même taux de mortalité 46.66% (Fig. 32 et 33). La concentration 0.1µl a enregistré un taux de mortalité stable à partir du 3^{ème} jour de traitement. (Fig.32 et 33).

Un taux de mortalité de 66.66% a été relevé au 4^{ème} jour pour le T+, et pour le T- (Fig. 32 et 33).

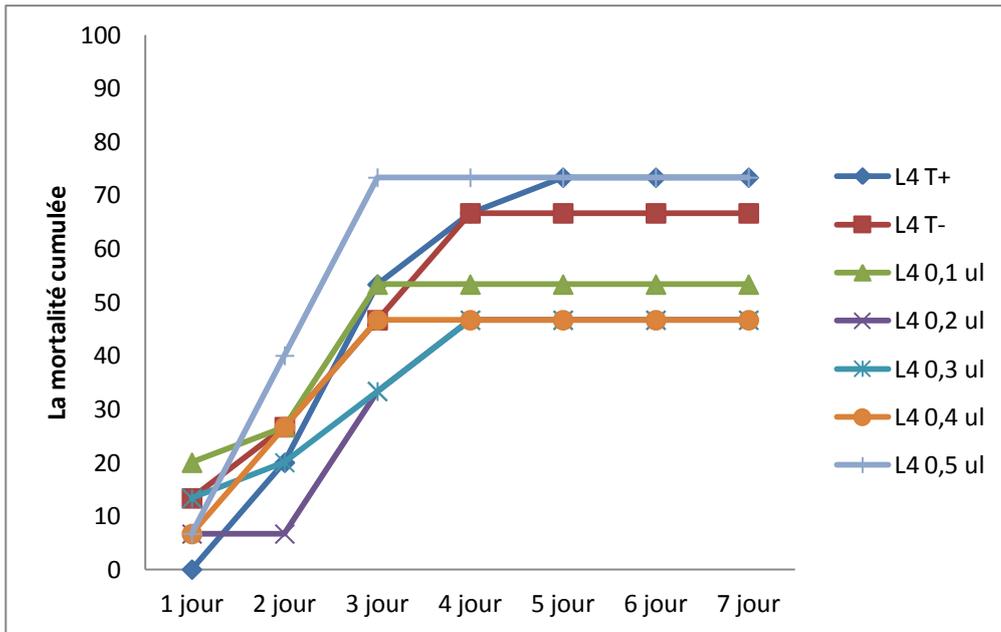


Figure 31 : La mortalité cumulée chez le stade larvaire L 4

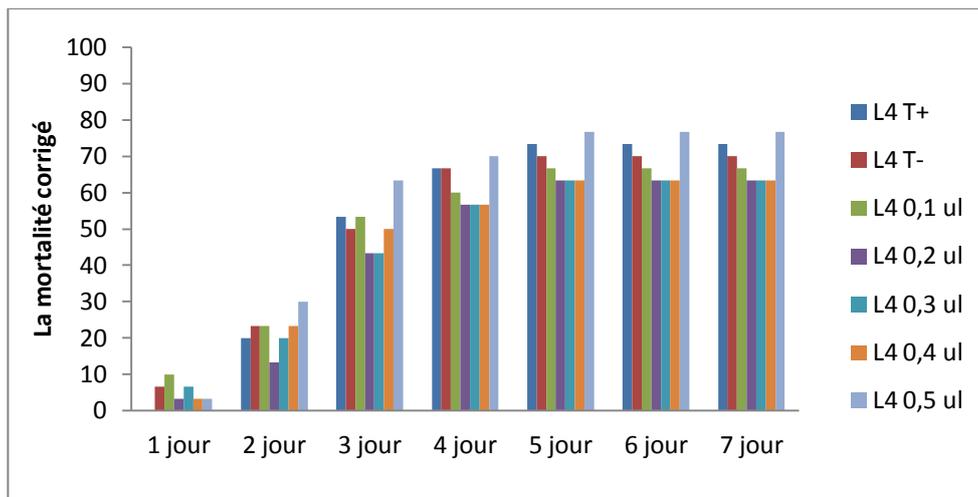


Figure 32 : La mortalité corrigée du stade larvaire L4

II-2-2-Mortalité cumulée et corrigée globale des populations larvaires de *T. absoluta*

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

Après 24h de traitement, les taux de mortalités enregistrées ont été de l'ordre de 16.66% pour la plus faible concentration 0.1µl ; et des taux de 16.66% ; 15% et 21.66% respectivement pour les concentrations de 0.2µl ; 0.3µl et 0.4µl. Les témoins négatif (T-) et positif (T+) ont notés des taux de mortalité faible comparativement aux boîtes traitées à l'huile essentielle de *C. coronarium* avec respectivement 13.33% et 5% (Fig. 33et 34).

Après deux jours de l'application de l'HE, les taux de mortalités enregistrées ont montré des proportions assez intéressantes pour les concentrations 0.1µl ; 0.4µl avec des taux de 48.33% 46.66% ; alors que les résultats obtenus pour les concentration 0.2µl ;0.3µl et 0.5µl ont été moins importants avec 35% ;40% et 40%. Les tests témoins ont révélés des taux de 26.66% et 24% respectivement pour les T+ et T- (Fig. 33 et 34).

A partir du troisième jour, il nous a été permis de constater une augmentation du taux de mortalité pour toutes les concentrations avec 73% pour les 0.1µl et 0.3µl et 51.66% ; 66.66% et 71.66% pour les concentrations respectives de 0.2µl, 0.4µl et 0.5µl. Alors que les témoins ont enregistré un taux de mortalité de 50% pour le T+ et 58.33% pour le T- (Fig.33et 34).

La mortalité s'est amplifiée au quatrième jour avant de marquer une stabilité aux derniers jours d'observation pour les blocs traités : 83.33% et 80% respectivement pour les doses 0.1µl et 0.2µl. Par ailleurs, les concentrations 0.3µl ; 0.4µl et 0.5µl ont enregistré une stabilisation dans les mortalités observées avec 81.66%. Les témoins (T+ ; T-) marquent une augmentation jusqu'au taux de 83,33% au J7 (Fig.33et 34).

Le test a fait ressortir que la concentration 0.1µl a été la plus efficace, avec des taux de mortalité les plus élevés enregistrés sur la durée du test comparativement aux autres concentrations (Fig. 33et 34).

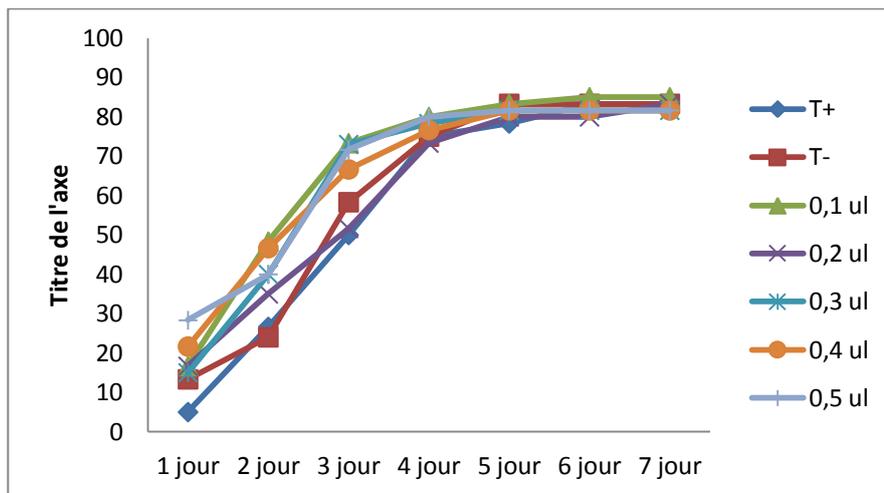


Figure 33 : Taux de mortalité cumulée des larves (L1.L2.L3 et L4) de *T. absoluta* traitées à l'huile essentielle de *C. coronarium*

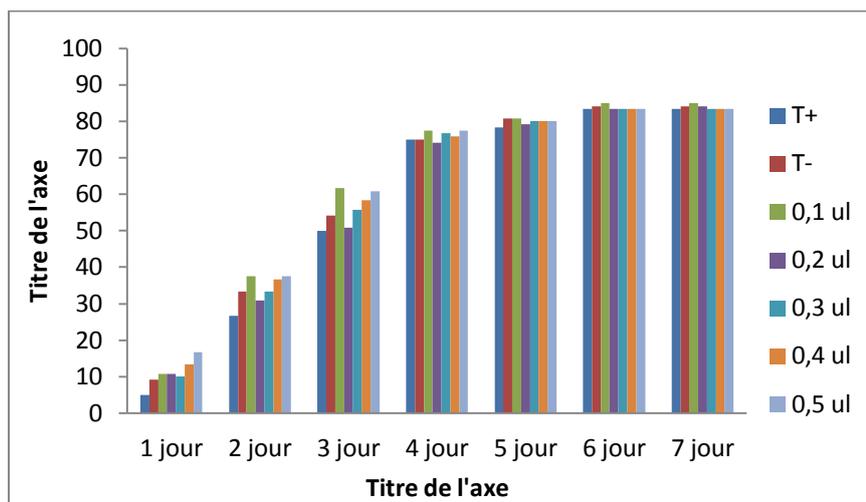


Figure 34 : Taux de mortalité corrigée des larves (L1.L2.L3 et L4) de *T. absoluta* traitées à l'huile essentielle de *C. coronarium*

II-3- Les doses létales 50 et 90 :

La détermination de la dose létale au sein d'une population de 50% et 90% permet de situer la toxicité et l'efficacité des produits testés dans l'étude bioactive.

Lors de notre étude nous avons fait ressortir une DL50 de 3.44% et d'une DL90 de 6.19% (Fig. 35).

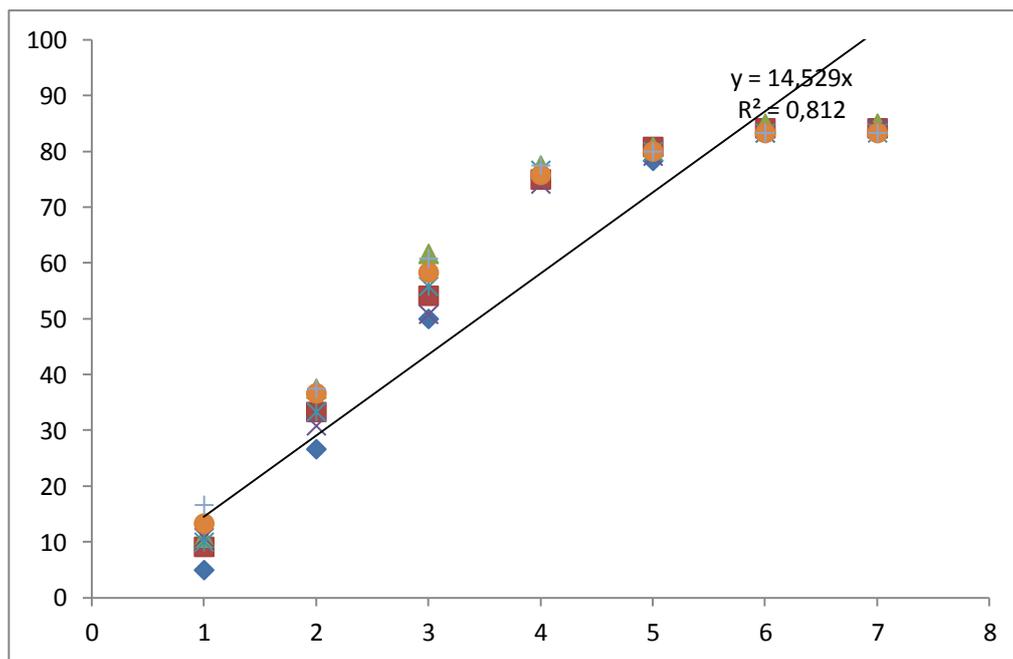


Figure 35 : Courbe linéaire pour le calcul de la DL50 et la DL90 de l'huile essentielle de *C.coraniam*

II – 4-Discussion :

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

L'ensemble des résultats obtenus dans nos conditions expérimentales montre que l'HE testé a présenté une nette action insecticide sur les larves de *T. absoluta*. Ce dernier a permis de causer des taux de mortalité avoisinant les 90%. Avec une constatations assez intéressante au sein des larves du premiers stade biologique du ravageur, ou des taux de mortalité de 100% ont relevé au J4 d'exposition à l'HE. Ce résultat est considéré prometteur pour cette huile essentielle de chrysanthème.

De même, une efficacité de cette HE a été mise en évidence contre *T. absoluta* en relation avec les différentes concentrations testées. Durant cette expérience, nous avons testé la technique d'activité par contact, les résultats ont montré des effets insecticides très probants variant en fonction des volumes utilisés et du temps. Une diminution graduelle de survie de l'insecte a été observée en fonction de l'augmentation des doses.

Les DL50 et DL90 obtenues confirment que l'HE de la plante a une activité insecticide par effet de contact.

Merabet (2016) a signalé dans des travaux réalisés sur la même thématique dans la région de Tlemcen (Algérie), des mortalités moyennes faibles, avec des taux variant entre 20 à 35% en fonction de l'H.E de *C. coronarium* utilisée sur la mineuse *Tuta absoluta*. Ces résultats reste moins compétitives que les notre, qui ont été plus intéressants de part les taux de mortalité enregistrés.

Conclusion

Conclusion

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

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

Notre étude s'inscrit dans le cadre de la valorisation des substances naturelles végétales dans la lutte contre les ravageurs, pour cela nous nous sommes intéressés à l'étude de l'efficacité d'huile essentielle de *C. coronarium* contre le ravageur de la tomate *T. absoluta*.

Les tests de l'huile essentielle de la plante *in vitro* ont fait résulter que l'insecte étudié a montré une sensibilité vis-à-vis de l'HE.

Selon les résultats, on constate que la sensibilité des larves de *T. absoluta* diffère d'un stade à un autre selon les concentrations.

Le test a fait ressortir que le stade larvaire L1 et le plus sensible envers toutes les concentrations, surtout la concentration 0.5µl qui a été la plus influente.

Au terme de cette étude et en fonction des résultats obtenus, l'huile essentielle de *C. coronarium* a montré un effet insecticide important, il peut être exploités comme source de traitement biologique et naturel contre la mineuse de la tomate, mais ce travail doit être reconduit pour retester et confirmer son efficacité *in vivo*.

Bibliographie

AFNOR, 2000. Huiles essentielles. Echantillonnage et méthodes d'analyse Monographie

Allimuthu, M. et Vennila, M., « Catalogue of Siddha Anti-Malarial Herbs », (2005), 2p

Birkett M.A., Campbell C.A.M., Chamberlain K., Guerrieri E., Hick A.J., Martin J. L., Matthes M., Napier J.A., Pettersson J., Pickett J.A., Poppy G.M., Pow E.M., Pye B.J., Smart L.E., Wadhams G.H., Wadhams L.J. & Woodcock C.M. 2000. New roles for cis jasmone as an insect semiochemical and in plant defense. Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America, 97 (16): 9329-9334.

Blamey, M. et Grey-Wilson, C., « Toutes les fleurs de Méditerranée : les fleurs, les graminées, les arbres et arbustes », Delachaux et Niestlé, Paris, (2000), 560p.

Blancard D., Latterot H., Marchaud G. et Candresse T. 2009. Les maladies de la tomate. Ed. Quae, Paris. 679p.

Bonnemain J.L. & Chollet J.F. 2003. Biologie et pathologie végétales / Vegetal biology and pathology. L'arsenal phytosanitaire face aux ennemis des plantes. Considérations générales. C. R. Biologies, 326 : 1-7.

Bonnemain J.L. & Chollet J.F. 2003. Biologie et pathologie végétales / Vegetal biology and pathology. L'arsenal phytosanitaire face aux ennemis des plantes. Considérations générales. C. R. Biologies, 326 : 1-7.

Bouwmeester H.J., Verstappen F.W.A., Aharoni A. Lücker J. & Jongsma M.A. 2003. Exploring multi-trophic plant-herbivore interactions for new crop protection methods. Proceedings of the International Congress Crop Science & Technology 2003, 10-12 November 2003, Glasgow, Scotland, 2 : 1123-1134.

Bruneton J. ; 1999. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Techniques et Documentation. 3ème Ed. Lavoisier. Paris, 199-388.

Bruneton J., 2008. Pharmacognosie-phytochimie, plantes médicinales, 2ème éd., Paris, Tec & Doc – Edition médicales internationales, p1188

Catier Odile et Danielle Roux. 2007. Botanique pharmacognosie phytothérapie, cahier du préparateur en pharmacie. Collection de PORPHYRE. 3 ème édition , Wolters Kluwer. France. 14, 15,

Chaux C.L. et foury C.L. (1994). Culture légumineuses potagères, légumes fruits. Tec et Doc. Lavoisier, Paris : 563p.

Bibliographie

Chaux C.L. et foury C.L. (1994). Culture légumineuses potagères, légumes fruits. Tec et Doc. Lavoisier, Paris : 563p.

Chibane (A.), 1999 – Tomate sous serre, Bulletin : transféré de technologie en agriculture, no57 Ed. P.N.T.T.A. Rabat.

Chooi Ong, H;« Vegetables for health and Healing », Utusam, (2008), 244p.

Cirad (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement France) et Gret (groupe de recherche et d'échanges technologique, ministère des affaires étrangères)., 2002. Mémento de l'agronomie. Ed Quae. p.1045-1046.

Clarke J.F.,1962. New species of microlepidoptera from Japan. Entomological News 73, 102p.

Couplan, F., « Véritable régime crétois », Editions Ellebore, (2009), 342 p.

Cronquist A., 1981. An inetgrated system of classification of following plants. Colombia University. 1256p.

Desmares C., Laurent A., et Delerme C., 2008. Recommandations relatives aux citères de qualité des huiles essentielles : Contribution pour l'évaluation de la sécurité des produits cosmétiques contenant des huiles essentielles. Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (Afssaps), France.

Desphande R.S. & Tipnis H.P. 1977. Insecticidal activity of Ocimum basilicum L. Pesticides, 11(1): 1-12.

DJahra A.B. 2014. Phytochimie, Cours. Master II. Université Echahid Hamma Lakhdar, El Oued. Pp 9, 21,31

Dumortier P., Evrad M., Maiche M., Nicolas A., De ridder C. et Costa Santos Baltazar S., 2010. Biodiversité chez la tomate, stratégie de conservation et valorisation de collection « luc fichot ». Rapport final, Phytotechnie et horticulture. Gembloux agro bio tech., 105 p.

Estay P., 2009. Polilla del Tomate Tuta. absoluta (Meyrick). docs/Informativos/Informativo09.pdf (accessed on 10th April 2009).

FAO, 2008. L'actualité agricole en Méditerranée. Ed. Ciheam, 33p.

FAO, 2019. L'actualité agricole en Méditerranée. Ed. Ciheam, 33p.

Favier J., Ireland-Rippert J., Toque C., et Feinberg M., 2003. Répertoire Général des Aliments. Ed. Ciquial. 40-48p.

Franchomme et Penoel, 1990. Aromatherapy for health professionals Hormonal essential oils a few essential oils which are hormonal but not neurotoxic. Journal of essential oil research. Vol 13 p102- 112

Bibliographie

- Fraval A., 2009. Un insecte à la page. La mineuse Sud Américaine de la tomate malvenue dans l'ancien monde. *Insecte* 12, N° 154, 23p.
- Gallais A. et Bannerot H., 1992- Amélioration des espèces végétales cultivées, objectifs et critères de sélection. Ed. INRA, Paris. 382 p.
- Gildo P., 2006. Précis de phytothérapie, Larousse Encyclopédie MEMO, Edition Alpen, p3-4
- Grodnitzky J.A. & Coats J.R. 2002. QSAR evaluation of monoterpenoids insecticidal activity. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 50 : 4576–4580.
- Holopainen J.K. 2004. Multiple functions of inducible plant Volatiles. *Trends in Plant Science*, 9 (11): 529-533.
- Iderenmouche S., 2011. Biologie et écologie de la mineuse de la Tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) dans la région Boumerdes.
- Inouye S., S. Abe, repot, 2003. Comparative study of antimicrobial and cytotoxic of selected essential oils by gaseous and solution contacts international *Journal of aromatherapy*, vol 13p33-41
- Jeannequin B., Dosba F. et Amiot-carlin MJ. 2005. Fruits et légumes caractéristiques et principaux enjeux. Collection « un point sur les filière ». INRA. Paris. 200p
- Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogg, E.A. et Stevens, P., « Botanique systématique : une perspective phylogénétique », De Boeck université S.A, (2002), 467p.
- Kessler A. & Baldwin I.T. 2001. Defensive function of herbivore-induced plant volatile emissions in nature. *Science*, 291 (5511) : 2141-2144.
- Kiliq T., 2010 : First record of *tuta absoluta* in Turkey. *Phytoparasitica*. 38(3) : 243-244.
- Kim D.O., Chun O.K., Kim Y. J., Moon H.Y., Lee C.Y. ; 2003. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. *J. Agric. Food Chem.*, 51(22), 6509-6515.
- Koedan A. J. J.C. Scheffer et A. B. Schendsen, 1979. Composition of Isolation Procedures for Essential Oils, I. Dill (*Anthem graveolens* L.), *Chem. Microbiol. Technol. Lebensm.*, 6, 1-7.
- Kolev N., 1976. Les cultures maraichères en Algérie. Tome I. Légumes fruits. Ed. Ministre de l'Agriculture et des Reformes Agricoles. 52p.
- Kowal, R-R., « Keys to the asteraceae of wisconsin », (2007).
- Kunle, O., Okahun, 2003. Antimicrobial activity of various extracts and carvacrol from *Lippia multiflora* leaf extract phytomedecine. Vol 10. P59-61

Bibliographie

- Lagnika, L., 2005. Etude phytochimique et activité biologique de substances naturelles isolées de plantes béninoises. Thèse doctorat .Université Louis Pasteur, Strasbourg.
- Lamaty; Jirovetz; Karawya, 1997. Chemical composition and antibacterial activities of the essential oils of *Lippia chevalieri* and *Lippia multiflora* from Burkina faso. Journal of chemistry of naturel compound. Vol 15, p429
- Lamaty; Jirovetz; Karawya, 1997. Chemical composition and antibacterial activities of the essential oils of *Lippia chevalieri* and *Lippia multiflora* from Burkina faso. Journal of chemistry of naturel compound. Vol 15, p429
- Laterrot H & Philouze J, 2003. Tomates. In Histoire de légumes des origines à l'orée du XXI siècle, INRA éditions, Paris, France : 266-276.
- 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.180p.
- Lebdi Grissa K., Skander M., Mhafdhi M. & BelHadj R., 2010. Lutte intégrée contre la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) en Tunisie.
- Lee S.E. 2002. Biochemical mechanisms conferring cross-resistance to fumigant toxicites of essential oils in a chloropyrifos-ethyl resistant strain of *Oryzaephilus surinamensis* L. (Coleoptera: Sylvanidae). Journal of Stored Products Research, 38 : 157-166.
- Margarida M.A., 2008. Meneira do romateira (*Tuta absoluta*). Uma nova amerça aproduçao del tomate.10p.
- MERABET B , 2016 ,Activités insecticides et antifongiques des huiles essentielles et hydrolats de *Chrysanthemum coronarium* et *Achillea compacta* sur les pathogènes de la tomate *Solanum esculentum* . Algerie ,
- Meyrick E., 1917. Descriptions of South American Micro-Lepidoptera. Trans. Ent. Soc, London, 1-52p.
- Muley, BP., Khadabadi, SS. et Banarase, NB., « Phytochemical Constituents and Pharmacological Activities of *Calendula officinalis* Linn (Asteraceae) », Tropical Journal of Pharmaceutical Research, Vol. 8, n° 5, (October 2009), 455-465.
- Munro, D.B. et Small, E., « Les légumes du Canada », NRC Research Press, (1998), 436p.
- 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.

Bibliographie

Naika S., De Jeud J.V.L., De Jeffeau M., Hilmi M. et Vandam B., 2005. La culture de tomate, production, transformation et commercialisation. Ed. Wageningen, Pays-Bas. 105p. Nyabyenda P., 2006. Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique. Edi

Neveu N., Grandgirard J., Nenon J. P. & Cortesero M. 2002. Systemic release of herbivore-induced plant volatiles by turnips infested by concealed root-feeding larvae *Delia radicum* L. *Journal of Chemical Ecology*, 28 (9) : 1717-1732.

Ngamo T.L.S., Ngassoum M.B., Jirovertz L., Ousman A., Nukenine E. & Moukala O.E. 2001. Protection of stored Maize against *Sitophilus zeamais* (Motsch) by use of essential oils of spices from Cameroon. *Medical faculty Landbouww University of Gent*, 66 (2a) : 473-478.

Ngassoum M.B., Ngamo T.L.S., Maponmetsem P.M., Jirovertz L. & Buchbauer G. 2003. Investigation of medicinal aromatic plants from Cameroon: GC/FID, GC/MS and olfactive analyses of essential oils *Ocimum suave* Willd. (Lamiaceae). *Acta Pharmaceutica Turcica*, 45 : 69-75.

Ntezurubanza L., 2000. Les huiles essentielles du Rwanda, Ed. Laseve, Quebec Canada. P88
Bruneton, J. 1993. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, techniques et documentation, 2ème édition. Lavoisier(France), 422-266.

Obeng-Ofori D., Reichmuth C.H., Bekele J. & Hassanali A. 1996. Efficacy of products derived from indigenous plants for the control of the larger grain borer (*Prostephanus truncatus*). *Proceedings of an International Conference: Brighton Crop Protection Conference: Pests and diseases, Brighton, UK, 18-21 November 1996*. 1: 379-384.

Paré P.W. & Tumlinson J.H. 1999. Plant Volatiles as a Defense against Insect Herbivores. *Plant Physiology*, 121 (2) : 325-331.

Penuelas J., Llusia . & Estiarte M. 1995. Terpenoids: a plant language. *Trends in Ecology & Evolution*, 10 (7): 289.

Pichersky E. & Gershenzon J. 2002. The formation and function of plant volatiles: perfumes for pollinator attraction and defense. *Plant Biology*, 5: 237-243.

Pilkington L.J., Messelink G., van Lenteren J.C. & Le Motee C., 2009. "Protected biological control". *Biological pest management in the greenhouse industry*. *Biological Control (Online First)* 2009.05.022.

Pitrat M., Foury C. et Coord. 2003. Histoire de légumes. Edition INRA. 415p.

Polese J.M., 2007. La culture de la tomate. Ed Arrtémis. 95p

Bibliographie

- Pollien, P. OH ; afay. L.B. Maignial ; chanitreau, Simutaneous, 1998. Distillation-extraction, preparatice recovery of volatiles under mild condition bach or continuous operations. Flavor and fragrance journal. Vol 17p50
- Polovny D., 1994. Gnorimoschemini of south America VI : identification keys checklist of Neotropical taxa and general considerations (Insecta, Lepidoptera, Gelechiidae). Steentrupia 20(1), 1-42p.
- Povolny D., 1975. On three neotropical species of Gnorimoschemini (Lepidoptera ; Gelechiidae). Mininy solanaceae. Acta universalis agriculturae, 393p
- Preira R .A.N., Ferreira W.M., Garcia S.K., perira M.N., Bertechini A.G., 2008.Digestibility Of sugar cane bagasse after a NaoH Treatment in growing rabbit.Gienciaeagrotechnologia ,32(2):pp573-577.
- Quezel, P. et Santa, S., « Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales », Centre national de la recherche scientifique, (1963), 1165p. relatives aux huiles essentielles (Tome2)
- Ramel J.M. et Oudard E., 2008. Tuta absoluta (Meyrick, 1917) Eléments de reconnaissance L.N.P.V, S.R.P.V. Avignon. 2p.
- Roberts, M.G.,« Edible & medicinal flowers », New Africa Books, (2000), 160 p.
- Salama H; M., Fouda, I. A., Ismail, I., and Shehata, I., 2014. Life Table Parameters and Fluctuations in the Population Density of the Moth Tuta absoluta (Meyrick) - (Lepidoptera: Gelechiidae). Current Science International 3(3): 252-259, 2014, ISSN: 2077-4435. .
- Salama H; M., Fouda, I. A., Ismail, I., and Shehata, I., 2014. Life Table Parameters and Fluctuations in the Population Density of the Moth Tuta absoluta (Meyrick) - (Lepidoptera: Gelechiidae). Current Science International 3(3): 252-259, 2014, ISSN: 2077-4435.
- Schonfelder, I. et Schonfelder, P., « Guide de la flore méditerranéenne », Hatier, (1989), 314p.
- Seenivasan Prabuseenvasan, 2006. In virto antibacterial activity of some plant essential oils. Journal of complementary and alternative medicine. Vol 9p6-39
- Seidemann, J., « World spice plants », Springer, (2005), 591p.
- Sékou Moussa K., Vincent C., Schmit J-P., Ramaswamy S. & Belanger A. 2000. Effect of various essential oils on Callobruchus maculatus. Journal of Products Research, 36 : 355-364.

Bibliographie

Shaaya E., Kostjukovski M., Eilberg J. & Sukprakarn C. 1997. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal of Stored Product Research*, 33 (1) : 7- 15.

Shaaya E., Kostjukovski M., Eilberg J. & Sukprakarn C. 1997. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal of Stored Product Research*, 33 (1) : 7- 15.

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

Shellie R, Marriott P, Chaintreau A., 2004. Quantitation of suspected allergens in ragrances : evaluation of comprehensive two-dimensional GC for quality control., *Flavour and fragrance Journal – Wiley online Library*, vol 19p91-8

Spichiger, R-E., « Botanique systématique des plantes à fleurs: une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales »,PPUR presses polytechniques, (2002), 413 p.

Staples,G. et Kristiansen, M.S., « Ethnic culinary herbs: a guide to identification and cultivation in Hawaii », University of Hawaii Press, (1999), 122 p.

Ternynck Arthur et Marseille Yannick, 2012. Quel est l'intérêt des huiles essentielles dans la santé et le bien-être? *SANTE ET BIEN-ETRE*. 98pp

Teuscher E., Anton R., Lobstein A., 2005. Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles. *Lavoisier Tec & Doc ; Paris*. 45, 96, 138-141