



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

Mémoire

Pour l'obtention du Diplôme de Master en Sciences

Filière: Biologie

Option : biotechnologie et valorisation des plantes

Présenté par: M^{elle} Keddar Fayza

THÈME

Etude de l'activité insecticide d'extrait hydro-alcoolique de *Pelargonium zonale* sur les larves de *Tuta absoluta*

DEVANT LE JURY

Président Mr CHADLI Rabah

Pr. U. Mostaganem

Examineur Mm SAÏAH Farida

MCB. U. Mostaganem

Encadreur Mm BOUALAM Malika

MCA. U. Mostaganem

Année universitaire 2017/2018

Remerciements

*Mes vifs remerciements s'adressent à Dr. BOUALLEM
Malika ma directrice de mémoire*

*Aux membres de jurer Pr. CHADLI Rabah et
Dr. SAÏAH Farida, merci beaucoup d'accepter de juger
mon travail.*

*Je remercie chaleureusement les responsables de
laboratoire de protection des végétaux et de biochimie.*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour
la réalisation et l'aboutissement de ce modeste travail.*

Dédicace

*J'ai le grand plaisir de dédier ce mémoire à tous qui
sont chers.*

A mon père, pour son soutien et son amour.

*A ma mère je dédier ma vie toute entière car son toi je
n'aurais été ce que je suis aujourd'hui.*

*A mes frères pour leur amour, leur encouragement,
leur patience, leurs conseils, et leur confiance
indéfectible en moi*

A ma belle-sœur Hayet ; je t'adore

A ma nièce Rania et le petit Rayene

*A ma cousine et mon encadreur Melle BOUALEM
MALIKA pour sa sympathie, sa gentillesse et sa
disponibilité merci beaucoup.*

A mes ami(e)s et mes collègues de travail.

A mes camarades de promotion.

Fayza

Résumé :

Cette étude consiste à déterminer l'efficacité d'un traitement bio-insecticide d'origine végétal issu de l'extraction des feuilles de *Pelargonium zonale* issu de la région de Mostaganem à l'égard des larves de *Tuta absoluta* (Meyrick) connue sous le nom de la mineuse de la tomate. Le rendement d'extraction obtenue a été de 3.6%. L'expérimentation a révélé que l'extrait aqueux de *P. zonale* peut constituer un moyen de lutte très intéressant car il a enregistré une forte toxicité plus de 80% contre les larves L1 de *T. absoluta* dans un temps court et avec une faible concentration. En revanche la plante étudiée nécessite une DL50 qui dépasse 32% et une DL90 qui dépasse les 52.71% pour tuer 50 et 90% des insectes traitées.

Mots clés: *Pelargonium zonale*, *Tuta absoluta*, Métabolite secondaire, Lutte biologique.

Summary:

This study aims to determine the efficacy of the treatment of *Tuta absoluta* (Meyrick) known as tomato leafminer with the bio-insecticide of plant origin derived from zonal pelargonium extraction in the Mostaganem region. The extraction yield obtained is 3.6%. The experiment revealed that the aqueous extract of *P. zonal* can constitute a very interesting means of control because it recorded a high toxicity of more than (80%) against the larvae L1 of *T. absoluta* in a short time and with low concentration. On the other hand, the studied plant requires an LD50 which exceeds 32% and an LD90 exceeds 52.71% to kill 50 and 90% of the treated insects.

Key words: *pelargonium zonale*, *Tuta absoluta*, secondary metabolite, biological control

Introduction général	1
Résumé	
Partie I : Etude bibliographique	
Chapitre I : Généralité sur la tomate	
I. Présentation de la culture de tomate	3
I.1 .Systématique	3
I.2. Description de la tomate	3
I.3.Cycle phénologique de la tomate	5
II. Maladies et ravageurs de la tomate.....	6
II.1.Les maladies	6
II.1.1.Les principales maladies physiologiques	8
• Marbrure physiologique des fruits (Blotchy ripening)	8
• Eclatement	9
• Tomate creuse	9
• Nécrose apicale	9
II.1.2. Ravageurs de la tomate	9
• La mineuse de la tomate	9
• Les noctuelles	9
• Les aleurodes	9
• Les pucerons	10
• Les thrips	10
• Les acariens	11
Chapitre II : Ravageur de la tomate, lamineuse de la tomate <i>Tuta absoluta</i>	
II.1. Origine et répartition géographique de la mineuse de la tomate	12
II.2.1.Position taxonomique	13
II.2.2.Caractéristiques de la mineuse de la tomate <i>Tuta absoluta</i>	13
a) L'adulte	14
b) L'œuf	14
c) Les larves	15
d) La nymphe	15
II.2.3. Cycle biologique	16
II.2.4.Plantes-hôtes	16
II.2.5. Dégâts	16
II.2.6. Moyens de lutte	17
a) Lutte agro et biotechnique	17
b) Lutte biologique	18
c) Lutte chimique	19

Chapitre III : *Pelargonium zonale*

I. Introduction	20
II. Description de la plante	21
III. Classification de la plante	23
IV.1. Conditions climatiques	23
IV.2. Période de culture	23
IV.3. Coupe du feuillage	23
V. Les maladies de géranium rosat	24
VI. Les applications de géranium	25

Chapitre IV : Les métabolites secondaire et la lutte biologique

I. Les métabolites secondaires	26
I.1. Définition des métabolites secondaires	26
I.2. Classification des métabolites secondaires	26
I.2.1. Définition des polyphénols	26
I.2.2. Rôle des polyphénols chez la plante	27
I.2.3. Activités biologiques des composés phénoliques	29
I.3.1. Définition des caroténoïdes	29
II. Les méthodes d'extraction des métabolites secondaires	30
II.1. Définition	30
II.2. Les types d'extraction	30
II.2.1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau	30
II.2.2. Extraction par hydrodistillation	30
II.2.3. L'expression à froid	30
II.2.4. Extraction par solvant organique	31
II.2.5. Extraction par fluide à l'état supercritique	31
III. La lutte biologique	31
III.1. Définition	31
III.2. Les grands types de lutte biologique	32
III.2.1. La lutte biologique par introduction ou acclimatation	32
III.2.2. La lutte biologique augmentative	32

III.2.3. La lutte biologique par conservation	33
III.2.4. La lutte biologique par les extraits végétaux	33

Partie II : Etude expérimentale

Chapitre I : matériel et méthodes

I. Objectives de travail	34
I.1. Méthode d'étude	34
II. Matériel utilisés	35
II.1. Matériel biologique	35
Matériel animal	35
Matériel végétal	35
III. Méthodologie de travail au laboratoire	36
III.1. Protocole d'extraction des polyphénols	36
➤ le choix du solvant, température et durée d'extraction	36
➤ l'évaporateur rotatif	36
➤ Le principe de l'évaporateur rotatif	37
IV.2. Mode opératoire	37
IV.3. Le rendement d'extraction	40
IV.4. Préparation des dilutions	40
IV.5. Test biologique	41
V. Détermination du taux de mortalité.....	43
VI. Détermination des doses létales 50 et 90	43

Chapitre II : Résultat et discussions

I. Etudes des extraits	44
I.1. Rendement	44
I.2. L'influence du solvant d'extraction sur le rendement	44
II. L'activité insecticide	45
II.1. L'activité insecticide de <i>Pelargonium zonale</i> sur les larves de <i>T. absoluta</i>	46
II.2. Les doses létales 50 et 90	49
III. Impact de l'eau sur l'efficacité des traitements	49
IV. Discussions	50
Conclusion général	51

Référence bibliographique

Les annexes

Liste des Abréviations

°C : degré Celsius

µl : microlitre

FAO : Food Agriculture Organisation

Fig. : Figure

g : gramme

h : heure

l : litre

ml : millilitre

N° : numéro

Hcl : acide chlorhydrique

H : humidité

M.S : métabolites secondaires

Liste des Figures

Figure 01 : tige et feuille de la tomate.....	04
Figure 02 : les fleurs de la tomate	04
Figure 03 : Les fruits de la tomate	05
Figure 04 : Cycle de développement de la tomate.....	06
Figure 05 : Répartition géographique de <i>Tuta absoluta</i> en Algérie.....	13
Figure 06 : <i>Tuta absoluta</i> stade adulte	14
Figure 07 : <i>Tuta absoluta</i> stade œuf.....	14
Figure 08 : <i>Tuta absoluta</i> stade larvaire.....	15
Figure 09 : nymphe de <i>T. absoluta</i>	15
Figure 10 : dégat de <i>T.a</i> sur les feuilles.....	17
Figure11 : dégat de <i>T.a</i> sur les fruits.....	17
Figure 12 : <i>pélargonium zonale</i>	22
Figure 13 : Organigramme de la méthodologie de l'étude.....	34
Figure 14 : Les larves de <i>Tuta absoluta</i>	35
Figure 15 : Geranium (Photo originale, 2018).....	36
Figure16 : <i>pélargonium zonale</i>	36
Figure 17 : L'évaporateur rotatif BUCHE R-210.....	38
Figure 18 : Les étapes d'extraction des polyphénols	39
Figure19 : les dilutions (5% 10% 15% 20% 25% 30% 35% et 40%).....	41
Figure 20 : Boites de Pétri confectionnées pour le test biologique.....	41
Figure 21 : boite pétri contiens de feuille plus les larves de <i>Tuta absoluta</i>	42
Figure 22 : pulvérisation de produit sur les larves	42
Figure 23 : Expérience lancée à 18.5°C et 70% d'humidité.....	42
Figure 24 : comparaison de rendement d'extraction (2016) et le rendement l'expérimentale	44
Figure 25 : Effet d'extrait utilisé sur les larves.....	45
Figure 26 : L'évolution du taux de mortalitécumulée de <i>P.zonale</i> sur les larves de <i>T.absoluta</i>	47
Figure 27 : L'évolution de la mortalité corrigée de l'extrait polyphénolique de <i>p. zonale</i> sur les larves de <i>T.absoluta</i>	48
Figure 28 : L'évolution de la mortalité corrigée de l'extrait sur les larves	48
Figure 29 : L'évolution de la mortalité corrigée de <i>Pelargonium zonale</i> sur <i>T. absoluta</i>	49

Liste des Tableaux

Tableau 01 : Les maladies cryptogamiques de la tomate	07
Tableau 02: Les maladies bactériennes de la tomate.....	07
Tableau 03: Les maladies virales de la tomate.....	08
Tableau 04 : La durée de cycle de développement de <i>T. absoluta</i> en fonction de la température	16
Tableau 05 : Résultats d'une chromatographie en phase gazeuse de Géranium.....	24
Tableau 06: Les différentes classes d'acides phénoliques	28
Tableau 07: Les activités biologiques des composés phénoliques	29

Introduction

La tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) est une plante de la famille des Solanacées. Elle est originaire des Andes d'Amérique et elle est très cultivée pour son fruit consommé à l'état frais ou transformé (Chaux et Foury, 1994). Cette solanacée occupe une place privilégiée dans le secteur maraîcher de l'Algérie. La production nationale annuelle en ce légume fruit a dépassé les 975 mille tonnes en 2013 (FAO Stat, 2016).

Parmi les ravageurs de la tomate, un nouveau ravageur est observé ces dernières années, il cause des pertes considérables aussi bien sous serre qu'en plein champ, c'est la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Chougar, 2011). *T. absoluta* est un microlépidoptère de la famille des Gelichiidae (Desneux *et al.*, 2010).

En Algérie sa première apparition fut à Mostaganem au mois de Mars 2008, ensuite elle s'est propagée dans le reste du pays (Guentaoui, 2008 et Berkani et Badaoui, 2008). Ce ravageur se caractérise par un potentiel de reproduction élevé et son hôte principal est la tomate, mais il s'attaque aussi aux autres cultures de Solanacées. Les plantes de tomates peuvent être contaminées de l'état de plantule à celui de plante mature (Arno et Gabarra, 2011).

La lutte contre ces deux ravageurs est limitée à l'application des insecticides chimiques bien que ce moyen de lutte présente un grand danger pour l'environnement et le consommateur. Les extraits des végétaux peuvent constituer une importante alternative à cette méthode de lutte. En fait, notre pays dispose d'un grand patrimoine de plantes médicinales (Lakhdari *et al.*, 2016; Ozenda, 1983).

Le géranium rosat est un exemple éloquent d'espèce qui contient des métabolites secondaire utilisé en médecine et en cosmétologie. Originaire du Cap, cette plante a été introduite en Algérie au 19ème siècle où elle a acquis des proportions gigantesques durant la période coloniale (Heuze, 1859).

La distillerie locale « Extral Bio » située dans la Wilaya de Blida, en exploite seulement quelques hectares de géranium destiné à l'extraction des huiles essentielles (HE), substances aromatiques sécrétées par les plantes, référencées par la médecine traditionnelle et supposant ainsi d'intéressantes activités biologiques (antimicrobienne, antiinflammatoire, hémostatique et cicatrisante) (Lis-Balchin, 2002).

Selon AFNOR (2000), le géranium rosat (*Pelargonium zonale*) se caractérise par la composition chimique suivante : Citronellol 22%, Géraniol 19%, Formate de Citronellyle 10%, Guaia-6,9-diène.

Introduction

L'objectif principal de notre travail est de valoriser les plantes spontanées par l'identification et l'étude de leur effet insecticide sur *T. absoluta*. A cet effet, notre choix s'est axé sur cette plante pour des essais insecticide contre les larves de la mineuse de la tomate *in-vitro*.

Notre travail s'est scindé en deux parties. Il s'agit d'une synthèse bibliographique divisées en quatre chapitres : le 1^{er} est une généralité sur la culture d'étude "la tomate" ; les 2^{eme} et 3^{eme} résument une présentation de *T. absoluta* et de la plante insecticide le géranium rosat ; le 4^{eme} chapitre a concerné les méthodes d'extraction.

La seconde partie a été réservée au matériel et méthodes utilisés dans nos essais expérimentaux et les résultats obtenus sont accompagnés d'une discussion générale, terminée par une conclusion.

I. Présentation de la culture de tomate

Ci-après, sont présentées quelques données bibliographiques sur la tomate (*Lycopersicum esculentum*) morphologie et son cycle phénologique.

I.1 .Systématique

Selon Dupton et Guignard (2012) et Spichiger la classification de la tomate est la suivante :

Règne : Planta

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Famille : Solanacae

Genre : *Lycopersicon*

Espèce : *esculentum*

I.2. Description de la tomate

La tomate est une plante annuelle buissonnante, poilue et aux tiges plutôt grimpantes. C'est une espèce diploïde ($2n=24$) (Guy, 1967). Ce végétal potager herbacé aromatique lorsqu'on le froisse. Il voit sa taille varier de 40 cm à plus de 05 mètres selon les variétés et le mode de culture (Dumortier, 2010). Ne végète que sur un ou deux axes, les bourgeons anticipés étant supprimés (Claude, 1972).

La tomate a un système racinaire typiquement pivotant, avec de nombreuses racines secondaires, la plus part de celles-ci sont situées à une profondeur de 30 à 40cm. En sol de texture moyenne à légère, la longueur de ces organes est de 20, 75, 100 et 120cm respectivement après 2, 3, 4 et 5 semaines après plantation (Becker, 1956).

Quand la tige de cette plante est grosse, verdâtre et sarmenteuse, elle est en position décalée par rapport à l'aisselle des feuilles, l'apparition des bouquets à inflorescence est en grappes plus ou moins bifurquées portant un nombre de fleurs très variable compris entre 3 et 8 (Clause, 1987) (Fig. 01).



Figure 01 : Tige et feuille de la tomate (photo originale, 2018)

Les feuilles sont de couleur jaunâtre, alternes et composées et sont ailées à folioles ovales, dentées et odorantes. La pubescence est variable selon les variétés (Anonyme, 1998).

Les fleurs sont hermaphrodites et groupées en bouquet de 03 à 08 fleurs, elles sont composées de 05 pétales, 05 sépales de couleur jaune vif, de 05 étamines et de 2 carpelles (Fig. 02).



Figure 02 : Les fleurs de la tomate (Anonyme, 2013)

Les fruits sont en forme de grosses baies charnues à placentation centrale. Ils sont rouges à maturité, à peau lisse et plus ou moins arrondis suivant les variétés (Clause, 1987). Ceux-ci contenant des semences blanches, plates, rondes, à albumen charnu et à embryon

dicotylé ; on compte de 2 à 3 grammes pour 1000 graines. Le nombre de graines dans un fruit varie de 50 à 350 graines (Anonyme, 1976) (Fig. 03).



Figure 03 : Les fruits de la tomate (photo originale, 2018).

I.3.Cycle phénologique de la tomate

Le cycle complet de la tomate s'étend en moyenne de 3,5 à 4 mois du semis jusqu'à la dernière récolte (7 à 8 semaines de la graine à la fleur et de 7 à 9 semaines de la fleur au fruit) (Gallais et Bannerot, 1992).

Le cycle de développement d'un plant de cette espèce peut être décrit par trois grandes phases biologiques :

- La phase végétative qui correspond à la production phénologique exclusive d'organes végétatifs (feuilles et tiges) et elle est comprise entre la levée et l'apparition de la première inflorescence ;
- La phase reproductive qui correspond à la période de production des fleurs et des fruits et qui démarre à la floraison pour s'achever à la fin de la culture ;
- La phase de maturation des fruits qui démarre sept à dix jours avant la récolte des premiers fruits et se termine à la récolte (Atherton et Rudich, 1986 ; Dumas, 1992 in Huat, 2008).

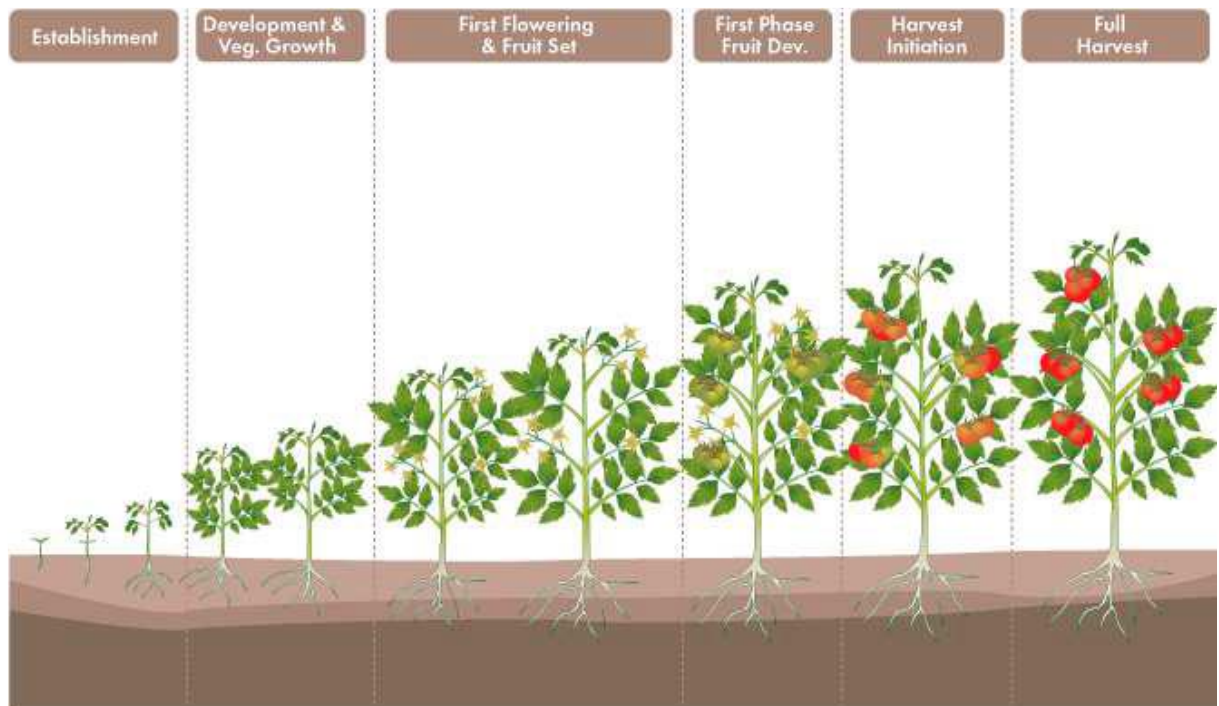


Figure 04 : Cycle de développement de la tomate (Anonyme, 2016)

II. Maladies et ravageurs de la tomate :

La tomate peut être sujette à diverses attaques de ravageurs (acariens, insectes et nématodes) et de maladies cryptogamiques, bactériennes ou virales. Elle peut être également concurrencée par des mauvaises herbes et agressée par des facteurs abiotiques dont l'importance varie selon le mode d'installation de la culture et des conditions climatiques (Chibane, 1999).

II.1. Les maladies

La tomate peut être affectée par plusieurs agents cryptogamiques, bactériens, viraux ou physiologiques. Les principales maladies de cette culture sont présentées dans les Tableaux ci-après.

Tableau 01 : Les maladies cryptogamiques de la tomate (Snoussi, 2010)

Maladies	Symptômes et dégâts
Mildiou	Grandes taches brunes sur les feuilles et les tiges
Alternariose	Taches noires de taille variables sur les feuilles
Fusariose	Flétrissement des feuilles avec brunissement des vaisseaux et pourriture des racines unilatérale suivi de dessèchement des feuilles de la base.
Verticilliose	Flétrissement des feuilles accompagné d'un jaunissement
Anthraxose	Taches circulaires de 05 à 10 mm sur les fruits rouges
Oïdium	Oïdium Feutrage blanc sur feuilles
Pourriture grise	Feutrage gris sur les feuilles et sur les fruits

Tableau 02: Les maladies bactériennes de la tomate (Snoussi, 2010)

Maladies	Symptômes
Moucheture et gale bactériennes	Taches nécrotiques noires sur les feuilles et sur les fruits
Moelle noire	Tige molle colorée en brun
Chancre bactérien	Tiges spongieuses avec présence de cavités d'air ; Petites taches chancreuses sur les folioles de couleur blanc marron ; Jaunissement de la moelle en bordure des vaisseaux sur les tiges ; Présence de petites taches blanches, brunes au centre sur les fruits.

Tableau 03: Les maladies virales de la tomate (Idrenmouche, 2011)

Maladies	Symptômes
CMV (Cucumber Mosaic Virus)	Lorsque l'infection est précoce, on peut observer une stérilité des plantes ou une malformation des fruits.
TICV (Tomato Infectious Chlorosis Virus)	Une jaunisse généralisée et un retard du développement de la plante avec apparition de nécroses ce qui entraîne de grandes pertes de rendement.
TMV (Tobacco Mosaic Virus)	Le virus de la mosaïque du tabac est caractérisé par une mosaïque verte ou blanche, des folioles gaufrées devenant filiformes qui ont tendance à s'enrouler, les fruits encore vert présentent une surface légèrement bosselée avec des plages nécrotiques brunes ; Les fruits murs sont parsemés de plages vertes.
TOCV (Tomato Chlorosis Virus)	Le virus de la jaunisse de la tomate est caractérisé par un jaunissement généralisé à l'ensemble des folioles un retard du développement de la plante.
TSWV (Tomato Spotted Wilt Virus) ou virus de la maladie bronzée de la tomate	Il est caractérisé par des mouchetures en mosaïque avec une décoloration des feuilles. Sur les tiges et pétioles, il y a apparition de taches nécrotiques. Par contre sur les fleurs, on observe un nanisme, une déformation et une décoloration. La maladie peut entraîner un rabougrissement du plant.
TYLCV (Tomato Yellow Leaf Curl Virus) ou maladie des feuilles jaunes en cuillères de la tomate	La croissance des plantes atteintes est fortement perturbée. Les feuilles sont de tailles réduites et présentent un jaunissement ou un enroulement en forme de cuillères. En cas d'infection précoce, les plantes sont naines et ne produisent plus de fruits.

II.1.1. Les principales maladies physiologiques

- **Marbrure physiologique des fruits (Blotchy ripening)**

Les fruits affectés présentent des plages verdâtres irrégulières qui persistent même à maturité complète. Une coupe longitudinale du fruit montre un brunissement du péricarpe avec des vaisseaux liquéfiés (Anonyme, 1999).

- **Eclatement**

Au cours du grossissement du fruit, on observe des gerçures au niveau du collet qui peuvent évoluer si les conditions deviennent favorables en éclatement circulaire ou radial (Anonyme, 1999).

- **Tomate creuse**

Le fruit prend une forme triangulaire ou cordiforme. Les loges sont vides, présentant parfois peu de graines. La chair est moins épaisse (Anonyme, 1999).

- **Nécrose apicale**

Sur fruit, on observe une tache brunâtre qui se nécrose par la suite et provoque le dessèchement pistillaire du fruit qui devient sujette aux attaques des champignons. Les 2 ou 3 premiers bouquets sont les plus touchés par cette anomalie (Chibane, 1999).

II.1.2. Ravageurs de la tomate

Les ravageurs de la tomate sont nombreux mais les principaux sont:

- **La mineuse de la tomate**

Depuis 2008, c'est la mineuse de la tomate (*T. absoluta*) qui est le principal ravageur de cette culture dépassant les autres espèces au cours des premières années. Ce déprédateur constitue un grand obstacle pour la production de la tomate sous abri comme en plein champ. En effet, des pertes de 100% ont été signalées la première année de son introduction en Algérie (Guenauoui, 2008 et Berkani et Badaoui, 2018).

- **Les noctuelles**

L'espèce *Helicover armigera* (Hübner), constitue un problème supplémentaire pour la culture de la tomate qui peut dans certaines zones dépasser celui de *T. absoluta* (Dahliz, com. Pers.). Les chenilles de ces lépidoptères endommagent le feuillage et pénètrent dans les fruits détériorant leur qualité. Les fruits deviennent invendables et impropres à la consommation (Mazoullier *et al.*, 2001).

- **Les aleurodes**

Deux espèces d'aleurodes sont très abondantes en cultures de tomate :

L'aleurode des serres (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) et l'aleurode du tabac (*Bemisia tabaci* Gennadius). Les larves et les adultes prélèvent une grande quantité de sève brute (Oriani *et al.*, 2011) le miellat excrété salit les plantes et favorise la formation de fumagine due à *Cladosporium* sp. Qui entrave la photosynthèse et empêche la respiration des

feuilles (Smith, 2009). En plus de leur action de spoliation de la sève, ces insectes peuvent transmettre des virus phytopathogènes redoutables tels que le virus de la maladie des feuilles jaunes en cuiller de la tomate (TYLCV: *Tomato Yellow Leaf Curl Virus*) (Berlinger et Dahan, 1987 ; Jiang *et al.*, 2004) ou le virus de la chlorose de la tomate (TICV) (Fraval, 2009; Melouk *et al.*, 2013; Cavalierier *et al.*, 2014).

- **Les pucerons**

Trois espèces de pucerons sont régulièrement observées en culture de tomate : le puceron vert du pêcher (*Myzus persicae* Sulzer), le puceron de la pomme de terre (*Macrosiphum euphorbiae* Thomas) et accessoirement le puceron du cotonnier (*Aphis gossypii* Glover). La ponction de la sève engendre des perturbations qui se manifestent par la crispation des feuilles ou déformation des organes attaqués (Leclant, 1999 ; Van Emden et Harrinton, 2007 ; Civolani *et al.*, 2010 ; Rondoni *et al.*, 2014) qui affaiblissent la plante. Le miellat excrété par les pucerons favorise le développement de la fumagine qui gêne la photosynthèse et la respiration du végétal (Vayssieres *et al.*, 2001). Les pucerons peuvent transmettre des virus aux plantes visitées (Vayssieres *et al.*, 2001 ; Shankara *et al.*, 2005).

On évalue à 30% les virus des plantes transmis par différentes espèces de pucerons (Moriones et Luis-Arteaga, 2002). A titre d'exemple, *M. persicae* peut transmettre plus de 100 viroses (Fraval, 2006). Les dommages dus aux viroses peuvent être plus importants que ceux occasionnés par la spoliation de la sève (Maison et Massonie, 1982).

- **Les thrips**

Les thrips sont des insectes polyphages qui peuvent s'attaquer à différentes familles botaniques (Morse et Hoddle, 2006). Ces ravageurs ont également la capacité de transmettre des phytovirus aux plantes visitées au moment de la prise de nourriture (Mailhot *et al.*, 2007). La gravité de la virose provoquée par le virus de la mosaïque bronzée de la tomate (TSWV: *Tomato Spotted Wilt Virus*) est bien connue puisque les pertes en culture de tomate ont été estimées à 09 millions de dollars américains dans le monde en 10 années seulement (Riley *et al.*, 2011). Le principal vecteur de cette maladie est le thrips californien (*Frankliniella occidentalis*) qui cause de plus en plus de dommages dans les cultures de tomate en Algérie depuis son introduction (Houamel, 2013) (Riley *et al.*, 2011).

- **Les acariens**

Les acariens peuvent être d'une grande importance économique pour la culture de la tomate. L'espèce *Tetranychus evansi* (Baker et Pritchard) a été détectée pour la première fois en Algérie sur tomate en 2009 dans la région de Mostaganem (Guentaoui, 2010). Les dégâts peuvent aller de la chute des feuilles au dépérissement des plantes attaquées (Ferrero, 2009). Actuellement, les agriculteurs se plaignent de plus en plus d'attaques d'acariens sur tomate.

II.1. Origine et répartition géographique de la mineuse de la tomate

Tuta absoluta est un microlépidoptère phytophage de la famille des Gelechiidae et originaire de l'Amérique latine (Barrientos *et al.*, 1998). Il a été introduit accidentellement dans plusieurs pays du Bassin méditerranéen dès l'année 2006 (Urbaneja *et al.*, 2007). Après un premier signalement en 2006, dans la province de Castellon (Espagne), plusieurs foyers sont repérés l'année suivante le long de la côte dans la province de Valence et aux Baléares. En 2008, on signale des dégâts au Maroc (dans 3 régions distantes), en Algérie et en France (Corse, Var et Bouches-du-Rhône) (Fraval, 2009).

En effet, ce ravageur a été signalé pour la 1ère fois en Algérie dans la région de Mostaganem en mai 2008 (Guenauoui, 2008 et Berkani et Badaoui, 2008), puis il a fait son expansion vers toutes les régions de production de la tomate du pays. *Tuta absoluta* a été observé en 2009 dans la région sud-est algérienne (Biskra, Ouargla et El Oued) (Bellabidi, 2009). Depuis son introduction cette mineuse cause chaque année d'importantes pertes dans les rendements de la culture de tomate (Dehliz, 2016).

En 2009, 16 wilayas productrices de tomate ont été touchées par ce ravageur (Mostaganem, Chlef, El Taref, Oran, Ain Defla, Boumerdès, Alger, Bouira, Tizi -Ouzou, Béjaïa, Jijel, Skikda, Mila, Tlemcen, M'Sila et Biskra) (Fig. 05) et actuellement ce ravageur s'est propagé dans toutes les wilayas productrices de tomate (Snoussi, 2010).

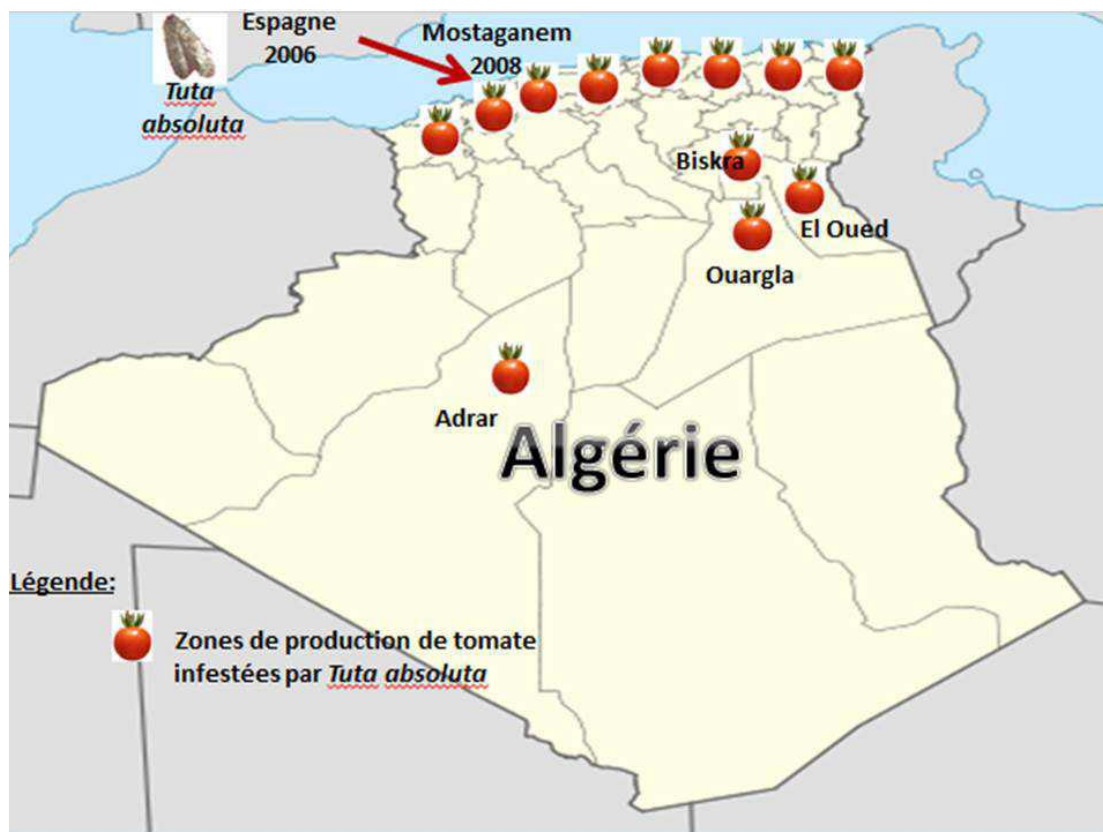


Figure 05: Répartition géographique de *Tuta absoluta* en Algérie (Dehliz, 2016)

II.21. Position taxonomique

Selon Polonvy (1975), *T. absoluta* se classe comme suite :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Ordre : Lepidoptera

Sous-ordre : Microlepidopter

Super-famille : Gelechioidea

Famille : Gelechiidae

Sous famille : Gelechiinae

Genre : *Tuta*

Espèce : *Tuta absoluta*

II.2.2. Caractéristiques de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*

T. absoluta (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae), ravageur de tomate et autres Solanacées, est un micro lépidoptère, dont les caractéristiques sont les suivantes :

a) L'adulte :

L'adulte mesure environ 10 mm d'envergure, il est gris argenté porte des taches noires sur les ailes antérieures. Les antennes sont filiformes, présentant des anneaux caractéristiques de l'espèce. Les adultes sont actifs au moment du lever et du coucher du soleil et ils restent cachés dans les feuillages pendant le jour. La longévité des adultes est de 10 à 15 jours pour les femelles et de 6 à 7 jours seulement pour les mâles (Dehliz, 2016) (Fig. 06).



Figure 06 : *Tuta absoluta* stade adulte (photo originale, 2018)

b) L'œuf :

Les œufs sont de très petite taille (environ 0,3 mm), de forme cylindrique et de couleur crème à jaunâtre ils sont pondus isolément ou en petits groupe. La fécondité des femelles est très variable, elle est de 72 à 270œufs/ femelles (Reda et Hatem, 2012 et Dehliz, 2016) (Fig. 07).



Figure 07 : *Tuta absoluta* stade œuf (photo originale, 2018)

c) Les larves :

Cette espèce présente quatre stades larvaires: L1, L2, L3 et L4. Les larves qui mesurent entre 01 et 09 mm sont au départ de couleur crème (1^{er} stade puis deviennent verdâtres et rose claire ou dernier stade (Fig. 08).



Figure 08: *Tuta absoluta* stade larvaire (photo originale, 2018)

d) La nymphe :

La nymphose se déroule dans le sol ou bien sur les feuilles. La chrysalide est de forme cylindrique et elle est verdâtre au début puis devient progressivement marron à l'approche de l'émergence généralement protégée par un cocon blanc et soyeux (Arno et Gabarra, 2011) (Fig. 09).



Figure 09 : Nymphe de *T. absoluta* (Fredon, 2010)

II.2.3. Cycle biologique :

Chaque femelle peut émettre entre 40 et 200 œufs au cours de sa vie. Son cycle de développement se présente en quatre stades larvaires et un état nymphal qui se fait généralement dans le sol. Le cycle biologique est achevé en 29 à 38 jours. Selon les conditions environnementales, le développement prend 76,3 jours à 14°C, 39,8 jours à 19,7°C et 23,8 jours à 27,1°C (Barrientos *et al.* 1998).

T. absoluta est une espèce polyvoltine. Il peut y avoir de 10 à 12 générations par an (Mahdi *et al.* 2011).

Tableau 04 : La 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	04	15	07	27	13
27	3,2	9,7	8,2	21,1	/
30	/	11	06	20	09

II.2.4.Plantes-hôtes

T. absoluta c'est une espèce qui se développe essentiellement sur la tomate (*L. esculentum*), mais d'autres plantes de la famille des Solanacées tels que la pomme de terre (*Solanum tuberosum*), l'aubergine (*Solanum melongena*) la morelle noire (*Solanum nigrum*) et la stramoine (*Daturas tramonium*) peuvent être attaquées par ce déprédateur (Vergas, 1970; Pereyra et Sanchez, 2006). D'autres plantes appartenant à différentes familles botaniques ont également été signalées comme plantes-hôtes secondaires à ce ravageur comme *Vicia faba* L., *Convolvulus arvensis* L. et *Chenopodium album* L. (Portakaldali *et al.*, 2013).

II.2.5. Dégâts

Ce sont les stades larvaires qui provoquent les dégâts. Dès l'éclosion des œufs, les larves creusent des galeries sous l'épiderme des feuilles et se nourrissent du limbe (Matta et Ripa, 1981).

Sur tomate, après un premier stade baladeur, la larve peut pénétrer dans tous les organes, quel que soit le stade de la plante :

- Sur feuille, 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., 10) ;
- Sur tige ou pédoncule, la nutrition et l'activité de la larve perturbent le développement des plantes ;
- Sur fruits, les tomates présentent des nécroses sur le calice et des trous de sortie à la surface. 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 (Ramel et Oudard, 2008) (Fig. 11).



Figure 10 : Dégât de *T. absoluta* sur feuilles (Photo originale, 2018)



Figure 11 : Dégât de *T. absoluta* sur fruits

II.2.6. Moyens de lutte :

La protection devra intégrer tous les moyens permettant un contrôle de cet insecte et une protection de la culture qui respectera aussi bien l'agriculteur, le consommateur et l'environnement par l'emploi raisonné et complémentaire des mesures culturales, prophylactiques, biologiques et phytopharmaceutiques (Anonyme, 2009 in Chenouf, 2011).

a) Lutte agro et biotechnique :

Il existe plusieurs moyens agro et biotechniques qui ont été employés pour combattre la mineuse de la tomate, on cite :

- les pièges à phéromones sexuelles (Filho *et al.*, 2000 ; Abbes et Chermiti, 2011 ; Delrio *et al.*, 2012) qui attirent les mâles et les tuent, l'installation des filets anti-insectes (Insect proof) au niveau des ouvertures des serres (Blom *et al.*, 2011) pour empêcher la pénétration des adultes à l'intérieur des abris ;
- l'effeuillage et la destruction des organes de la plante attaquée (Baspinar *et al.*, 2014) et l'attraction des adultes par des sources lumineuses (Kiliç *et al.*, 2014) pour les éliminer ;
- Des recherches ont également été menées sur l'installation des effets répulsifs envers le déprédateur (Medeiros *et al.*, 2009) ou on attirent les ennemis naturels de *T. absoluta* (Guenauoui *et al.*, 2014). ;
- D'autres ont essayé de connaître les effets de l'irrigation et de la fertilisation sur la réduction des attaques de la mineuse de la tomate (Han *et al.*, 2014) ;
- Des études ont également été menées sur la résistance variétale de la tomate à ce phytophage (Thomazini *et al.*, 2001 ; Sobreira *et al.*, 2009).

b) Lutte biologique :

Les auxiliaires autochtones présentent un grand intérêt dans la lutte contre *T. absoluta*. Citons les trois punaises prédatrices que l'on peut favoriser en laissant aux abords des parcelles cultivées l'Inule visqueuse par exemple :

- *Macrolophus* sp. (si la température est comprise entre 15 et 28°C).
- *Nesidiocoris* sp.
- *Dicyphus* sp.

Certaines sociétés (Biotop, Syngenta bioline) proposent *Trichogramma achaea*, parasite des œufs de *T. absoluta*. D'après les essais réalisés en 2010, le Trichogramme apparaît comme un bon outil en complément des lâchers de *Macrolophus*. La stratégie reste à préciser (Risso *et al.* 2011).

Au sud-est algérien, de nombreux ennemis naturels de ce ravageur existent. Ils sont représentés par les prédateurs, *Macrolophus pygmeus*, *Nesidiocoris tenuis* (Heteroptera Meridae) et *Orius* sp. (Heteroptera, Anthocoridae) ainsi que des parasitoïdes comme *Necremnus artynes*, *Stenomesus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae) et *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) (Dehliz et Guenaoui, 2015). Néanmoins, l'activité de ces

antagonistes reste limitée à cause des conditions climatiques difficiles notamment les grandes chaleurs estivales (Dehliz, 2016).

c) **Lutte chimique :**

Malgré leurs effets néfastes sur la santé humaine et sur l'environnement, plusieurs insecticides appartenant à différents groupes chimiques sont appliqués contre *T. absoluta*. Il s'agit des organophosphorés, des carbamates, (Contardo, 2010; Braham et Hajji, 2012), ou de flube diamides et autres nouvelles molécules (Hand *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2011; Berima et Osmane, 2014). Toutefois, ce ravageur a manifesté des formes de résistance contre plusieurs matières actives très utilisées (Hadii, 2011 ; Konus, 2014). En plus, l'emploi excessif des pesticides est à l'origine de l'élimination d'ennemis naturels de la mineuse.

I. Introduction

Le genre *Pélargonium* constitue un groupe important de plantes aromatiques et médicinales appartenant à la famille des Géraniacées. Sur les 25 espèces du genre, seulement quatre sont importantes pour la production des huiles essentielles. Il s'agit de *Pélargonium asperum*, *P. odoratissimum*, *P. capitatum* et *P. radens* (Weiss, 1997). *P. asperum* Ehrh. (syn. *Pélargonium graveolens*), appelé aussi géranium Bourbon ou géranium rosat, appartient à la catégorie des géraniums à petites fleurs et feuillage odorant (Juliani *et al.*, 2006 ; Tian *et al.*, 2003).

Il a été découvert au XVII^e siècle en Afrique du Sud (van Damme, 2001). Il se développe sous forme de buisson à port érigé, d'environ 1,30 m de hauteur. Les tiges sont vertes et tendres ; elles se lignifient et deviennent plus foncées avec l'âge. Les feuilles sont opposées, odorantes et découpées en cinq à sept lobes. L'inflorescence est terminale et constituée de trois à dix semi-ombelles de couleur rose. Les feuilles persistantes sont un peu coriaces et couvertes de poils microscopiques parsemés de glandes qui libèrent leur parfum au toucher ou à la chaleur. Les fleurs roses maculées de pourpre et de grenat s'épanouissent tout au long de l'année et sont la plupart du temps stériles (Watt & Breyer-Brandwijk, 1962 ; Rajeswara *et al.*, 1993, 1994 ; Kulkarni *et al.*, 1997 ; Hammer *et al.*, 2003).

Idéalement, il croit dans des conditions climatiques et édaphiques ni humides ni trop sèches. En revanche, des conditions trop sèches entraînent un retard de croissance. Le géranium croit sur les sols légers, friables et perméables. Il peut être propagé par graine ou par bouture (Watt & Breyer-Brandwijk, 1962).

De nombreuses espèces sont cultivées pour leurs huiles essentielles et vendues sous le nom de géranium rosat. Certaines espèces de géranium sont cultivées pour l'ornement, l'alimentation et la médecine traditionnelle : acné, brûlure, eczéma, plaie, impétigo, mycoses cutanées, arthrites, tendinites, épistaxis, hémorroïdes, couperose, phlébite, asthénie profonde, anti diarrhéique, antidiabétique (Watt & Breyer-Brandwijk, 1962 ; Akdemir *et al.*, 2001 ; Yi *et al.*, 2008). Selon Peterson (2005), l'huile de géranium est utilisée pour des problèmes de vésicule biliaire, les ulcères gastriques, la jaunisse, le foie, des problèmes de stérilité, de calculs urinaires, d'inflammations et

de flux menstruels trop abondants. Les feuilles sont utilisées sous forme de tisane pour lutter contre le stress, combattre l'anxiété, apaiser les tensions, améliorer la circulation et guérir les amygdalites.

L'huile essentielle de géranium Bourbon possède des vertus antimicrobiennes, insecticides, antiseptiques et cicatrisantes (Guenther, 1950 ; Chaumont & Leger, 1989 ; Lis-Balchin & Deans, 1996 ; Matsuda *et al.*, 1996 ; Chang *et al.*, 2001 ; Baydat *et al.*, 2004 ; Burt, 2004 ; Zhiri & Boudeaux, 2005 ; Prabuseenivasan *et al.*, 2006 ; Kelen & Tepe, 2008).

Le géranium est aussi utilisé pour aromatiser le thé et pour le traitement de la fièvre et des maux de tête (Adjanohoun *et al.*, 1982 ; CNDRS, 1992-1993 ; PLARM, 1990-1997 ; Faujour, 2004). Pour leurs effets antibactériens, les huiles essentielles de *Pélargonium asperum* sont utilisées en cosmétique, en phytosanitaire et en alimentation.

En général, les deux principales utilisations de cette huile essentielle sont la médecine et la parfumerie. Elle est très prisée dans la parfumerie, la savonnerie et les cosmétiques à cause de son odeur puissante. On s'en sert aussi comme source de rhodinol qui entre dans la composition des parfums *High grade* (Dorman & Deans, 2000 ; Rajeswara *et al.*, 1996)

II. Description de la plante

Pélargonium zonale est à l'état sauvage un sous-arbrisseau d'environ 1 m de haut (Diana meller ;1996) , mais pouvant aussi ramper sur le sol.

Les tiges semi-succulentes se lignifient en vieillissant (Ebrahim Lawrence 2002). Les feuilles sont cordiformes, à marge crénelée, en général traversées par une bande annulaire brune, de 2 à 8 cm de diamètre. Le pétiole fait environ 5 cm et les stipules sont assez grandes et membraneuses.

L'inflorescence est une pseudo-ombelle, portant jusqu'à 50 fleurs. Celles-ci sont généralement rose pale, parfois blanches ou rouges. Les pétales oblancéolées, veinés de trainées sombres, sont plus ou moins de tailles semblables, les 2 supérieurs érigés, les 3 inférieurs étalés. Il y a 7 étamines fertiles et 2 très courtes.

En Afrique du Sud, la floraison se fait toute l'année, avec un pic au printemps (Ebrahim Lawrence ;2002)



Fig n°12 : *pélargonium* Zonale



Fig n° 13 : *pélargonium* zonale (photo original)

III. Classification de la plante

- **Embranchement** : Spermaphytes
- **Sous embranchement** : Angiospermes
- **Règne** : Plantae
- **Division** : Magnoliophyta
- **Classe** : Magnoliopsida
- **Ordre** : Géraniales
- **Famille** : Géraniaceae
- **Genre** : *Pelargonium*
- **Espèce** : *zonale*

IV. Culture de *pélargonium zonale*

IV.1. Conditions climatiques :

Les conditions climatiques ont une forte influence sur le développement du *Pélargonium*, qui demande un climat chaud, sec, sans vent nuisible. L'exposition, l'altitude et la lumière ont une action marquée sur la qualité de l'huile essentielle et de son rendement. La température doit rester supérieure ou égale à 35°C. Les faibles gelées sont à craindre d'autant que les plantes soient plus jeunes. Il résiste à la sécheresse, l'humidité atmosphérique lui étant nuisible (Rivière, 1889).

IV.2. Période de culture

La culture spéciale des *pélargoniums* en trois sections, sans toutefois suivre le même ordre que lui. Ces sections comprennent le traitement des *Géraniums* en hiver, leur traitement en été, et enfin leur multiplication, soit par semis ou par marcottes ou par greffes ...etc. (Lemaire et Chauvière, 1842).

IV.3. Coupe du feuillage

La coupe sur la base d'un an est assurée à partir du 15 septembre et en octobre par temps sec ensoleillé. Une deuxième coupe en octobre – novembre n'est pas souhaitable, les rendements en huile essentielle et polyphénols étant trop faible. On peut aussi faucher, dès que les feuilles perdent leur éclat le soir par temps sec, pour éviter la dessiccation.

Transport rapide aux distilleries, un léger départ de fermentation conduisant à une importante diminution quantitative et qualitative de l'huile essentielle (Rivière, 1889).

La première récolte peut avoir lieu 6 mois après la plantation. Ensuite les récoltes se succèdent tous les 2 mois environ. « En effet l'huile essentielle est très tôt élaborée dans la jeune feuille. (Bedier Jean François).

A La Réunion on distinguera cependant 2 grandes saisons de récolte :

- En été (Novembre à Mars), récolte la + substantielle, la + menacée par les cyclones,
- En hiver, entre Août et Septembre.

« La récolte d'été étant plus importante que celle d'hiver puisqu'elle représente les 4/5 de la quantité totale distillée dans l'année. (Roger Lavergne ; 1980)

V. Les maladies de géranium rosat

« Dans *Pélargonium* Groupe Rosat, les maladies causent en général plus de dégâts que les ravageurs. Les plus dommageables sont les maladies foliaires comme l'anthracnose, les taches foliaires, et la rouille.

Pélargonium vitifolium (L.) L'Hér. Présente une bonne résistance à l'anthracnose et a été utilisé dans des programmes de sélection à la Réunion.

Les plantes de *Pélargonium* cultivées pour leur huile essentielle sont beaucoup moins affectées par les insectes que les cultivars ornementaux.

VI. Les applications de géranium**Tableau 05 : Synthèse des résultats d'une chromatographie en phase gazeuse****Géranium** (Distillerie Vitry, Saint Gilles les Hauts, Réunion)

Nom du Constituant	Pourcentage	Famille du composé
Citronellol	22.79	Monoterpénol
Géraniol	15.28	Monoterpénol
Formiate de citronellyle	7.8	Esters monoterpénique
Isomenthone	7.5	Monocétone monoterpénique
69 guaiadiène	6.3	Sesquiterpène
Formiate de géranyl	4.73	Esters monoterpénique
Acide citronellique	5.2	Acide monoterpénique
Linalol	3.25	Monoterpénol
Oxydes de rose	0.76	Oxydes monoterpéniques

Pour repousser rapidement les moustiques, essayez l'huile essentielle de géranium rosat. Extraite des feuilles de la plante, cette solution 100% naturelle est très efficace.

Mettre 1 goutte d'huile essentielle de géranium rosat mélangée à 10 gouttes d'huile végétale à 10 % et appliquer sur les parties exposées du corps (bras, jambes, torse). Renouveler toutes les 4 heures.(Danièle Festy), l'huile essentielle de géranium rosat peut aussi être utilisée pour soulager une piqûre (moustique, araignée, guêpe) à raison d'une goutte pure sur le bouton

I. Les métabolites secondaires

I.1. Définition des métabolites secondaires

Le terme «métabolite secondaire», qui a probablement été introduit par Albrecht Kossel en 1891, est utilisé pour décrire une vaste gamme de composés chimiques dans les plantes, qui sont responsables des fonctions périphérique indirectement essentielles à la vie des plantes. Telles que la communication intercellulaire, la défense, la régulation des cycles catalytiques (Guillaume, 2008).

Les métabolites secondaires (SM) sont présents dans toutes les plantes supérieures, et ayant une répartition limitée dans l'organisme de la plante. Dont plus de 200.000 structure ont été définies (Hartmann, 2007) et sont d'une variété structurale extraordinaire mais sont produits en faible quantité. Ces molécules marquent de manière originale, une espèce, une famille ou un genre de plante et permettent parfois d'établir une taxonomie chimique.

I.2. Classification des métabolites secondaires

On peut classer les métabolites secondaires en trois grands groupes : les composés phénoliques, les terpènes et les alcaloïdes. Chacune de ces classes renferme une très grande diversité de composés qui possèdent une très large gamme d'activités en biologie humaine (Krief, 2003 et Haven *et al.*, 2000).

Notre étude est basé sur les polyphénols.

I.2.1. Définition des polyphénols

Les composés phénoliques ou les polyphénols (PP) constituent une famille de molécules très largement répandues dans le règne végétal. Sont des produits du métabolisme secondaire des plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits. Ce qui signifie qu'ils n'exercent pas de fonctions directes au niveau des activités fondamentales de l'organisme végétal, comme la croissance, ou la reproduction (Fleuriet, 1982 ; Yusuf, 2006).

Les polyphénols sont des produits de la condensation de molécules d'acétyl-coenzyme A et de phénylalanine. Cette biosynthèse a permis la formation d'une grande diversité de molécules qui sont spécifiques d'une espèce de plante, d'un organe ou d'un tissu particulière (Nkhili, 2009).

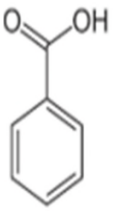
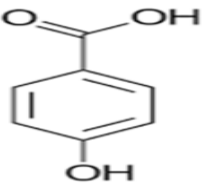
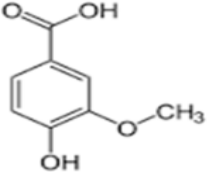
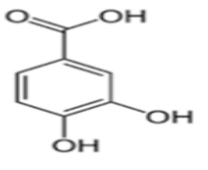
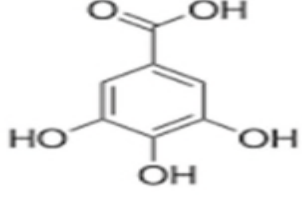
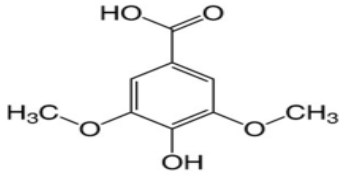
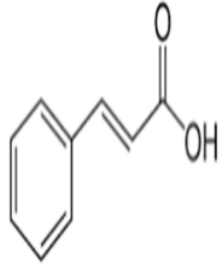
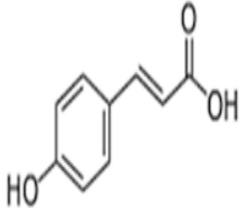
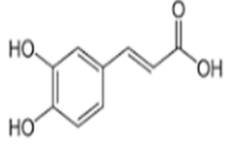
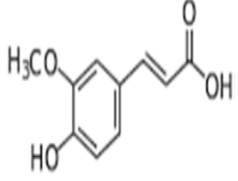
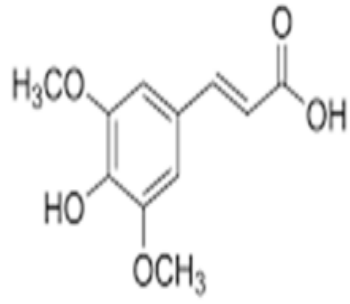
Ils sont largement distribués et comportant au moins 9000 différentes structures connues (Bahorun, 1997). Ces corps jouent un rôle fondamental car ils sont des éléments importants de qualités sensorielles (couleur et caractères organoleptiques) et nutritionnelles des végétaux, tels que les légumes, les fruits, les céréales ou les fruits secs, ainsi que dans les boissons, le café, le cacao ou le thé. Une alimentation équilibrée fournit à l'Homme environ un gramme de polyphénols chaque jour, soit dix fois plus que de vitamine C et 100 fois plus que de caroténoïdes ou vitamine E (Scalbert *et al.*, 2005).

I.2.2. Rôle des polyphénols chez la plante

Une des fonctions majeures des flavonoïdes est de contribuer à la couleur des plantes notamment à celle des fleurs. Or, c'est par la couleur de ses fleurs que la plante exerce un effet attracteur sur les insectes et les oiseaux pollinisateurs, assurant par ce biais une étape, fondamentale de sa reproduction. On peut également noter que les flavonoïdes, en repoussant certains insectes par leur goût désagréable, peuvent jouer un rôle dans la protection des plantes (Maillard, 1996).

Les flavonoïdes montrent d'autres fonctions intéressantes dans le contrôle de la croissance et du développement des plantes en interagissant d'une manière complexe avec les diverses hormones végétales de croissance. Certains d'entre eux jouent également un rôle de phytoalexines, c'est-à-dire de métabolites que la plante synthétise en grande quantité pour lutter contre une infection causée par des champignons ou par des bactéries. D'autre part, les composés phénoliques possèdent souvent une activité antimicrobienne (Maillard, 1996).

Tableau 06: Les différentes classes d'acides phénoliques Bravo (1998)

	Mono-hydroxyles	Di-hydroxyles	Tri- hydroxyles
<p>Acide benzoïque</p> 	<p>Acide p-hydroxybenzoïque</p> 	<p>R=H acide Protocatéchique</p>  <p>R=CH3 acide vanilique</p> 	<p>R1=R3=OH acide gallique</p>  <p>R1=R3=OCH3 acide syringique</p> 
<p>Acide Cinnamique</p> 	<p>Acide P-coumarique</p> 	<p>R=H acide caféïque</p>  <p>R=CH3 acide ferulique</p> 	<p>Acide Sinapique</p> 

I.2.3. Activités biologiques des composés phénoliques

Le tableau ci-dessous résume selon Bahorun (1997) les principales activités biologiques des polyphénols.

Tableau 07: Les activités biologiques des composés phénoliques selon Bahorun (1997)

Polyphénols	Activités
Acides phénols (cinnamiques et benzoïques)	Antibactériennes Antifongiques Antioxydants
Coumarines	Protectrices vasculaires antioedémateuses
Flavonoïdes	Anti tumorales Anti carcinogènes Anti inflammatoires Hypotenseurs et diurétiques Anti oxydantes
Anthocyanes	Protectrices capillaroveineux
Pronthocyanidines	Effets stabilisants sur le collagène Anti oxydantes Anti tumorales Antifongiques Anti-inflammatoires
Tannins galliques et catéchiques	Anti oxydantes

I.3.1. Définition des caroténoïdes

Ce sont des pigments liposolubles de couleur jaunes et rouge présent dans les fruits et légumes comme les carottes et les tomates (Marc *et al.*, 2004), elles possèdent une propriété anti-oxydante qui s'exerce au travers d'une fonction de filtre de lumière bleue prévenant ainsi la dégénérescence première cause de cécité chez les personnes âgé (Blumberg, 1997 ; Landrum *et al.*, 1997).

II. Les méthodes d'extraction des métabolites secondaires :

II.1. Définition :

L'extraction est utilisée pour extraire sélectivement un ou plusieurs composés d'un mélange initial, sur la base de propriétés chimiques ou physiques. L'homme utilise des colorants, des parfums, des arômes, et des extraits de produits naturels depuis la haute Antiquité, par différentes techniques, l'extraction proprement dite, appelé hydrodiffusion conduisant au relargage des composés de métabolite secondaire dans le milieu aqueux (Romdhane et Tizaoui, 2005 ; Kubátová *et al.* 2002, Perineau, 1992).

II.2. Les types d'extraction

II.2.1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

Dans ce système d'extraction, le matériel végétal est soumis à l'action d'un courant de vapeur sans macération préalable. Les vapeurs saturées en composés volatils sont condensées puis décantées. L'injection de vapeur se fait à la base de l'alambic (Richard et Peyron, 1992).

II.2.2. Extraction par hydrodistillation

L'hydrodistillation consiste à immerger la matière première dans un bain d'eau. L'ensemble est porté à ébullition. Elle est généralement conduite à pression atmosphérique. La distillation peut s'effectuer avec ou sans cohobée des eaux aromatiques obtenues lors la décantation (Garnero, 1985).

- ✓ Hydrodistillation sous pression (Bocchio, 1985) ;
- ✓ Le système de thermopompage (Tournaire, 1980) ;
- ✓ Turbodistillation (Ganou, 1993) ;
- ✓ L'hydrodistillation assistée par micro-ondes (Wang *et al.*, 2006) ;
- ✓ L'hydrodistillation assistée par ultrasons (Vinatoru, 2001).

II.2.3. L'expression à froid :

L'expression à froid est réservée à l'extraction des composés volatils dans les péricarpes des hespéridés. Il s'agit d'un traitement mécanique qui consiste à déchirer les péricarpes riches en cellules sécrétrices. L'essence libérée est recueillie par un courant d'eau et reçoit

tout le produit habituel de l'entraînement à la vapeur d'eau, d'où la dénomination d'huile essentielle (AFNOR, 2000).

II.2.4. Extraction par solvant organique :

L'extraction par solvant organique volatil reste la méthode la plus pratiquée. Les solvants les plus utilisés à l'heure actuelle sont l'hexane, cyclohexane, l'éthanol moins fréquemment le dichlorométhane et l'acétone (Kim et Lee, 2002 ; Dapkevicius *et al.*, 1998 ; Legrand, 1993).

Selon la norme AFNOR (2000), on obtient en fonction de la technique et du solvant utilisé les solutés suivants :

- ✓ Des hydrolysats : extraction par solvant en présence d'eau ;
- ✓ Des alcoolats : extraction avec de l'éthanol dilué ;
- ✓ Des teintures ou solutions non concentrées obtenues à partir de matières premières traitées par l'éthanol ou des mélanges éthanol/eau ;
- ✓ De résinoïdes ou extraits éthanoliques concentrés ;
- ✓ Des oléorésines qui sont respectivement des extraits à froid et à chaud au moyen de solvants divers.

L'emploi restrictif de l'extraction par solvants organiques volatils se justifie par son coût, les problèmes de sécurité et de toxicité, ainsi que la réglementation liée à la protection de l'environnement.

II.2.5. Extraction par fluide à l'état supercritique

L'extraction par gaz liquéfié ou par fluide à l'état supercritique met en œuvre généralement le dioxyde de carbone (Khajeh *et al.*, 2005 ; Braga *et al.*, 2005; Carvalho *et al.*, 2005, Moura *et al.*, 2005, Khajeh *et al.*, 2004 ; Aghel *et al.*, 2004 ; Baysal et Starmans, 1999).

III. La lutte biologique

III.1. Définition

Le concept de la lutte biologique sous sa forme « scientifique » contre les ravageurs est connu pratiquement depuis plus d'un siècle. Pendant cette période, des efforts

considérables ont été réalisés pour développer cette méthode de lutte contre les ravageurs (Hoffmann *et al.*, 1994).

Il existe de nombreuses définitions de la lutte biologique mais nous nous en tiendrons à une définition générale telle que celle proposée par Van Driesche et Bellows (1996) : « La lutte biologique est un processus agissant au niveau des populations et par lequel la densité de population d'une espèce est abaissée par l'effet d'une autre espèce qui agit par prédation, parasitisme, pathogénicité ou compétition ».

La lutte biologique est donc l'utilisation d'organismes vivants dans le but de limiter la pullulation et/ou la nocivité des divers ennemis des cultures « rongeurs, insectes, nématodes, maladies des plantes et mauvaises herbes » (Vincent et Coderre, 1992; Eilenberg *et al.*, 2001; Jourdeuil *et al.*, 2002; Altieri *et al.*, 2005). Cela implique que nous avons affaire à des systèmes biologiques complexes qui varient dans le temps et dans l'espace (Fimab, 2004).

III.2. Les grands types de lutte biologique

On reconnaît classiquement trois types de lutte biologique (Vincent et Coderre, 1992; Van Driesche et Bellows, 1996; Boivin, 2001; Altieri *et al.*, 2005; Winkler, 2005):

III.2.1. La lutte biologique par introduction ou acclimatation

Où des auxiliaires exotiques sont introduits pour contrôler les ravageurs exotiques. Cette approche a été utilisée avec succès dans les champs ouverts (Winkler, 2005). Cette tactique a conduit à la réduction permanente de plus de 165 espèces de ravageurs dans le monde entier (Van Lenteren et Colazza, 2006).

III.2.2. La lutte biologique augmentative

Les auxiliaires exotiques ou indigènes sont périodiquement libérés à des périodes choisies, soit en inondant un champ avec un grand nombre d'individus sans que l'établissement et la reproduction de ceux-ci soient visés (lutte biologique inondative), soit en inoculant de relatives faibles quantités d'auxiliaires qui doivent s'établir, se multiplier et coloniser une zone donnée et c'est donc leur descendance qui sera efficace (lutte biologique inoculative).

Cependant cet établissement n'est généralement pas permanent et des introductions doivent être faites une ou plusieurs fois par saison. Cette technique est employée souvent dans des systèmes agricoles fermés comme les serres (Winkler, 2005).

D'après Van Lenteren et Colazza (2006), la lutte biologique augmentative a été employée depuis 90 années, et plus de 150 espèces d'auxiliaires sont disponibles commercialement pour la lutte contre environ 100 espèces de ravageurs.

III.2.3. La lutte biologique par conservation

La lutte biologique par conservation tend à manipuler l'habitat afin d'augmenter l'impact des auxiliaires déjà présents dans la culture, en utilisant les pesticides au minimum et en fournissant les ressources écologiques principales (infrastructures écologiques). L'Organisation Internationale de Lutte Biologique (**OILB**) définit l'Infrastructure écologique comme « toute infrastructure, dans une ferme ou dans un rayon d'environ 150 m, qui a une valeur écologique, telle que la haie, la prairie, la bande florale, le tas en pierre, etc. » et juge que son utilisation judicieuse augmente la biodiversité fonctionnelle de la ferme (Boller *et al.*, 2004).

III.2.4. La lutte biologique par les extraits végétaux

L'utilisation des extraits de plantes comme insecticides est connue depuis longtemps, en effet le pyrèthre, la nicotine et la roténone sont déjà connus comme agents de lutte contre les insectes (Crosby, 1966). Dans des travaux encore plus récents, les propriétés insecticides de certaines plantes ont été testées sur les larves d'insectes.

I. Objectif de travail

Le but de ce travail consiste à évaluer le pouvoir insecticide d'extrait phénolique de *Pelargonium zonale* vis-à-vis de *Tuta absoluta* dans le cadre de la valorisation des substances naturelles végétales.

I.1. Méthode d'étude :

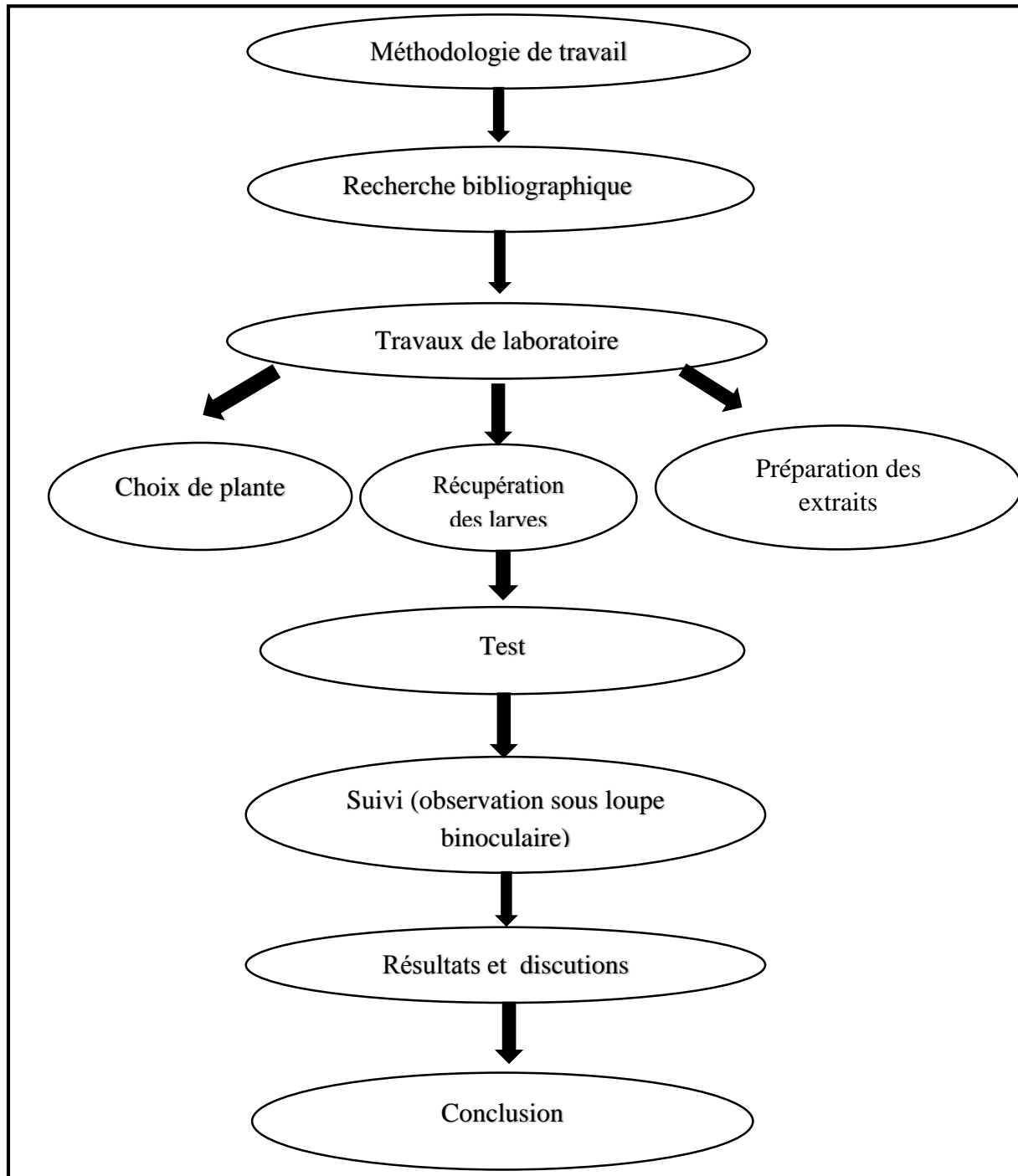


Figure 14 : Organigramme de la méthodologie de l'étude

II. Matériel utilisés

II.1. Matériel biologique

- Matériel animal :

Le matériel animal est représenté par les stades larvaires de la mineuse de la tomate *T. absoluta* (Fig. 15). Ces derniers ont été récoltés sur des feuilles de tomate infestées poussant sous serre dans la ferme expérimentale de l'université de Mostaganem, située entre la commune de Mostaganem au nord, Mazagran à l'ouest, hassi Mameche au sud et douar Djedid à l'est.



Figure 15 : Les larves de *Tuta absoluta*

- Matériel végétal :

Pelargonium zonale a été récoltée dans le but de l'utiliser dans les bio-essais sur la mineuse de la tomate. Cette plante est connue dans la région, par ses effets bénéfiques pour l'homme, soit autant que traitements contre des maladies ou produits répulsifs aux insectes et animaux comme nous l'avons cité dans la partie bibliographique.

La récolte de la plante a été réalisée au cours du mois de mars, d'un jardin de la commune de Sidi Ali, wilaya de Mostaganem (Fig. 16 et 17).

L'extraction des polyphénols a été effectuée au laboratoire de recherche protection des végétaux situé au site II (Ex. INES de chimie).



Figure 16: *Pelargonium zonale* (Photo original, 2018)

III. Méthodologie de travail au laboratoire :

III.1. Protocole d'extraction des polyphénols

➤ le choix du solvant, température et durée d'extraction

Le choix du ou des solvants est très important. Il doit être d'une grande pureté et un faible point d'ébullition pour pouvoir être éliminé facilement en limitant la perte de composés volatils. Il ne doit pas interférer avec la méthode d'analyse utilisée. Il doit pouvoir extraire les composés polaires et apolaires ou bien être sélectif.

Le choix est fonction de la matrice et des composés à étudier. Il faut tenir compte de la polarité des composés, de leurs températures d'ébullition et de la miscibilité avec les autres solvants (Cicile, 2002), parmi les solvants les plus étudiés à l'heure actuelle nous pouvons citer le Méthanol, l'hexane, le cyclohexane, le di-chlorométhane et l'acétone. Les solvants purs ou en mélange sont choisis en fonction de leurs propriétés, la polarité, la température d'ébullition, la réactivité et la possibilité d'être recyclés (Nguemtchouin, 2012).

➤ l'évaporateur rotatif

L'étape qui suit l'extraction est l'élimination du solvant par l'évaporateur rotatif. C'est un appareil couramment utilisé pour éliminer un solvant d'un mélange, appelé souvent

(rotavapor). L'évaporateur rotatif utilisé lors de l'expérimentation est de type Buchi R-210, ses caractéristiques sont représentées dans l'annexe.

➤ **Le principe de l'évaporateur rotatif**

Le mélange de solvant et de soluté est placé dans le ballon de droite. Celui-ci est plongé dans un bain-marie. Il est incliné et animé d'un mouvement de rotation de manière à créer un film de liquide et ainsi accroître la surface d'évaporation du solvant. La pression à l'intérieur du montage est abaissée au moyen d'une trompe à eau ce qui augmente la vitesse d'évaporation. Après condensation dans le réfrigérant, le solvant est récupéré dans le ballon de gauche (Ould Amar, 2013) (Fig. 18).



Figure 17 : L'évaporateur rotatif BUCHE R-210

IV.2. Mode opératoire

L'extraction des polyphénols a été inspirée selon le protocole de travail de Mokhtar *et al.* (2014). L'extraction a été réalisée selon les étapes suivantes :

Pour 100g de plante fraîche et broyée, on ajoute 150ml de solvant en raison de (10/90) ; 10% Hcl à 0.05% et 90% de Méthanol, avec ce protocole le solvant va contenir 135ml de Méthanol et 15ml de Hcl.

On couvre le mélange avec du papier aluminium pour éviter la dégradation des polyphénols par la lumière et on le place sous agitation à froid pendant 30 minutes. On va filtrer le mélange pour obtenir la première solution.

Le reste de la plante récupéré après filtration est ajouté à un solvant de (10/90), toujours 15ml de HCl à 0.05% et 135ml d'Acétate d'Éthyle, on couvre le mélange avec du papier aluminium et on le place sous agitation à froid pendant 30 minutes, après filtration on obtient une deuxième solution. La première et la deuxième solution sont mélangées pour être passé au rotavapor à 45°C, ceci afin de séparer les polyphénols.

Après évaporation on récupère les polyphénols et on les met dans des tubes à essais pour être conservé à moins de 4°C.



A : Plante fraîche broyée



B: Mélange plante+solvant



C : Agitation du mélange à T° ambiante



D: Filtration de mélange



E : Placement de solution au rotavapor



F: Le produit final

Figure 18 : Les étapes d'extraction des polyphénols

IV.3. Le rendement d'extraction

Selon Clémence et Dongmo (2009), le rendement exprimé en pourcentage par rapport au poids du matériel de départ, est déterminé par la relation suivante :

$$R(\%) = (M_{\text{ext}}) \times 100 / M_{\text{ech}}$$

- R : Rendement (en %)
- M_{ext} : est la masse de l'extrait après l'évaporation du solvant en g
- M_{ech} : est la masse de l'échantillon végétal en g

IV.4. Préparation des dilutions

Les dilutions retenues pour cette étude ont été de huit dosage à savoir ; 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35% et 40%.

La préparation de la solution mère a nécessité l'utilisation de la règle de 1/10 c'est-à-dire pour 1gr de polyphénol il faut 10ml de solution pour obtenir une solution concentré à 100%. On a pesé 1gr de polyphénol et on l'a dissout dans 10ml d'eau distillée, après agitation on obtient une solution mère concentrée, qui nous permettra de réaliser les huit dilutions selon la formule ci-dessous :

$$\begin{array}{ccc} 100 & \longrightarrow & 10\text{ml} \\ 05\% & \longrightarrow & X \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{ccc} 100 & \longrightarrow & 10\text{ml} \\ 05\% & \longrightarrow & X \end{array}} \right\} \begin{array}{l} X = 5 \times 10 / 100 \\ X \text{ ml} = 0.5 \text{ ml} \end{array}$$

Comme exemple, nous citons ici la méthode de calcul de la dilution 5%, pour l'obtention de la concentration 5%, on ajoute 0.5 ml de solution mère à 9.5 ml d'eau distillée et avec la même méthode on calcule le reste des concentrations (Fig. 19).



Figure 19 : Les dilutions (5%,10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35% et 40%)

Le test a été réalisé *in vitro* dans des boîtes Petri, ces dernières doivent être aérées pour éviter l'asphyxie des larves testées. Les couvercles des boîtes ont été confectionnés de manière à permettre l'aération par la présence d'un tulle à maille fine (Fig. 20).



Figure 20 : Boîtes de Pétri confectionnées pour le test biologique

IV.5. Test biologique :

Pour ce faire, dans chaque boîte de Pétri, nous avons déposé des feuilles de tomate saine sur des disques de papier absorbant imbibé d'eau minérale sur lesquelles ont été mis trois larves de *T. absoluta* (Fig. 21).

A l'aide d'un pulvérisateur, notre extrait à chaque dilution est pulvérisé sur les larves de *T. absoluta* (Fig. 22).

Les boîtes de Pétrie sont bien fermées, les feuilles de tomate sont changées une fois sur deux, tout en s'assurant d'imbiber le papier absorbant qui se trouve dans la boîte afin d'assurer la source d'alimentation et d'humidité nécessaire pour les larves ainsi on évite tout facteur de mortalité.



Fig 21 : boîte de Pétrie contenant de feuille avec les larves de *T. absoluta*



Fig 22 : pulvérisation de produit sur larves de *T. absoluta*

Le suivi des larves s'est fait chaque jour sur une durée de 8 jours successifs, où a été noté le nombre de larves vivants et morts (Fig. 23).

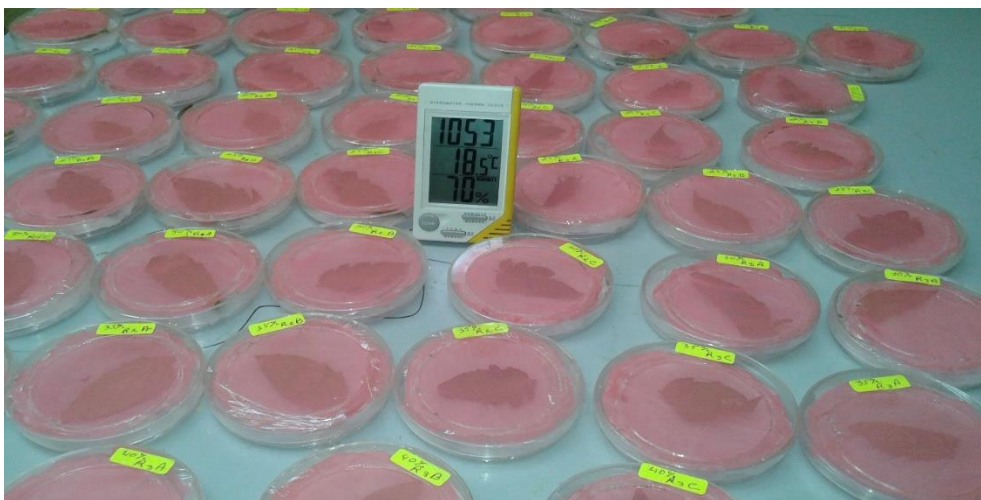


Figure 23 : Dispositif du test biologique

V. Détermination du taux de mortalité

Selon Benazzeddine (2010), l'efficacité d'un produit est évaluée par la mortalité. Le nombre d'individu dénombré mort dans une population traitée par un toxique n'est pas le nombre réel d'individus tués par ce toxique. Il existe, en fait dans toute population traitée une mortalité naturelle qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par ce toxique, les pourcentages de mortalité doivent être corrigés par la formule d'Abbot :

$$\text{Mortalité corrigée (\%)} = (\text{Mortalité dans le groupe traité} - \text{Mortalité dans le groupe témoin} / 100 - \text{Mortalité dans le groupe témoin}) \times 100$$

VI. Détermination des doses létales 50 et 90

La DL50 et DL90 sont dans leur forme la plus simple, les doses d'un composé qui provoquent une mortalité de 50% et 90% dans une population d'insectes mais en expérience. C'est-à-dire ayant reçus une administration unique d'un produit dans des conditions expérimentales bien définies. Cette détermination est fondée sur l'évaluation des réponses de tout ou rien : mort ou survie des insectes (Wallace, 2008). L'efficacité d'un toxique se mesure par sa DL50 et DL90 qui représentent les quantités de substance toxique entraînant la mort de 50% et 90% d'individus d'un même lot respectivement. Elles sont déduites à partir du tracé de régression des mortalités corrigées (Benazzeddine, 2010).

I. Etudes des extraits

I.1. Rendement

Les rendements des différents extraits sont définis comme étant les rapports de la quantité de la substance végétale extraite sur la quantité de la matière végétale utilisée (Clémence et Dongmo, 2009).

Le rendement obtenus des extraits phénoliques des feuilles fraiche de *Pelargonium zonale* est de 3.6% respectivement, cette valeur est bien inférieure à celle obtenues par Fornet (2016) on peut dire que notre résultat reste assez faible. Il faut noter que les différences aussi minime quelles soit sont due essentiellement à plusieurs facteurs à savoir le milieu de culture et le mois de récolte, la récolte de géranium s'est fait aux mois d'aout, septembre, octobre et novembre (Roger Lavergne ; 1980). Alors que notre prélèvement d'échantillon c'est fait au mois de février, sans oublier également le type d'extraction utilisé.

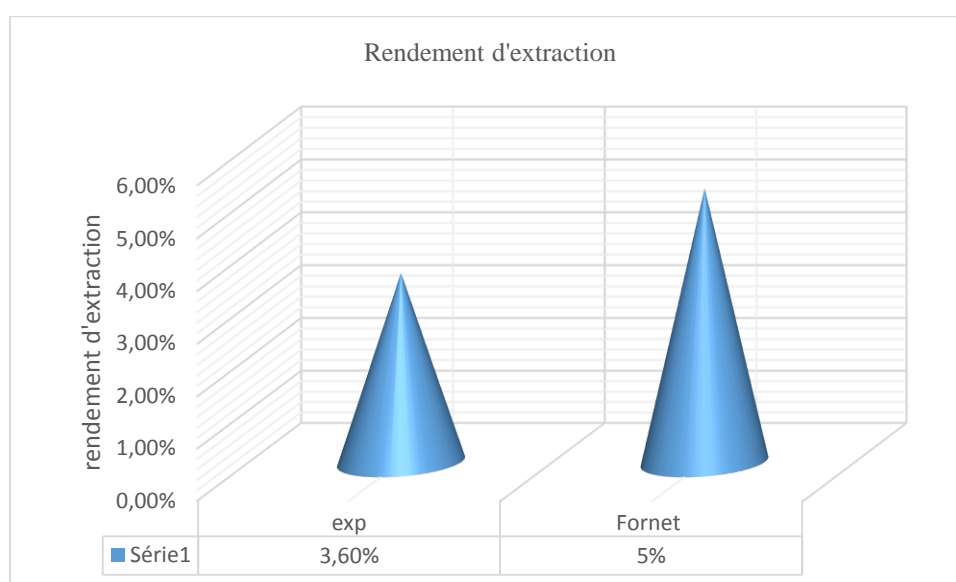


Figure 25 : Comparaison de notre résultat avec le rendement d'extraction de Fornet (2016)

I.2. L'influence du solvant d'extraction sur le rendement

Le solvant d'extraction utilisé dans ce travail est en accord avec le choix de Ait Taadaoui *et al.* (2011) qui expliquent l'utilisation du méthanol comme solvant d'extraction. Selon la littérature, le méthanol a été recommandé et fréquemment employé pour l'extraction des principes actifs surtout les composés phénoliques. En effet, le méthanol est utilisé pour l'extraction suite à un rôle protecteur. Il peut empêcher certains principes actifs de la plante comme les composés phénoliques d'être oxydés par les enzymes (Fellah *et al.*, 2008).

Mohadjerani (2012) a démontré que le méthanol aqueux et le méthanol pur ont été les solvants les plus efficaces pour l'extraction des composés phénolique. En effet, Vuorela (2005) signale que le méthanol aqueux 70% est deux fois plus efficace que le méthanol pur, pour l'extraction des composés phénoliques de grains de colza, il apparaît que la grande majorité des polyphénols ne sont pas hydrosolubles. Les travaux de ces auteurs confirment notre choix pour l'utilisation de méthanol qui permet d'obtenir des résultats plus importants et plus fiables par rapport aux autres choix.

II. L'activité insecticide

Les larves de *T. absoluta* sont exposées à un traitement d'extrait végétal (extrait de *P. zonal*), le suivi des résultats a été fait chaque 24 heures pendant une période de 09 jours.

La mortalité des larves a été observée après les première 24 heures dans toutes les concentrations d'extrait, en revanche la mortalité dans le témoin négatif a débuté après 72 heures du traitement.



Figure 26 : Effet d'extrait utilisé sur les larves (photo originale, 2018)

Les recherches qui ont été réalisé par Trotin Caudal *et al.* (2010) sur les conditions favorables de la vie des larves de *T. absoluta* est de 23 jours à 20°C et 15 jours à 25°C.

Dans notre expérience la température enregistrée durant la période du teste a été estimée entre 17±3°C et 20±3°C, valeur favorable pour le développement et la multiplication des

larves ce qui justifie la présence des chrysalides de *T. absoluta* dans les boîtes de Pétrie traitées par l'extrait de plante au cours de l'expérience.

D'après les observations, l'extrait utilisé n'affecte pas le développement et la croissance des larves, mais il présente un autre effet, il s'agit de la modification des cellules nerveuses. C'est un phénomène par lequel les substances végétales contenues dans l'extrait sont capables, même à une faible concentration, de ralentir ou d'arrêter le fonctionnement des organes des larves de *T. absoluta*. Par conséquent après leur exposition à l'extrait, les larves n'arrivent plus à se nourrir et présentent une hypoactivité presque ne bougent plus, autrement dit, elles perdent leur activité et mouvement, elles montrent une nette paralysie. Les larves de *T. absoluta* sont restées sur cet état avec un changement de couleurs (du vert au marron foncé) jusqu'à 48 heures avant leur mort.

II.1. L'activité insecticide de *Pelargonium zonale* sur les larves de *T. absoluta*

La figure 27, illustre l'évolution des taux de mortalités cumulées des larves de *T. absoluta* par rapport aux témoins en fonction du temps et de la dose de l'extrait des feuilles de *Pelargonium zonale* utilisé. On observe une variation du taux de mortalité avec les doses de l'extrait testé et le temps.

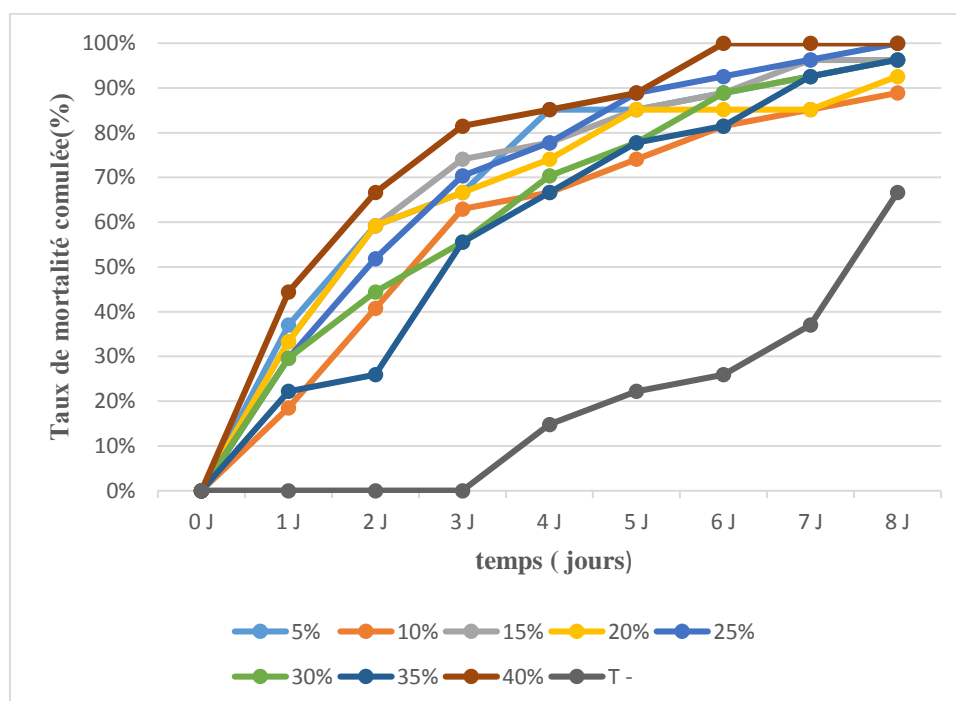


Figure 27 : L'évolution du taux de mortalité cumulée de *Pelargonium zonale* sur les larves de *T. absoluta*

Comparativement au témoin, les 8 doses choisies montrent un effet insecticide plus ou moins important après 72 heures de l'exposition. Le taux de mortalité de 65% a été estimé pour la dose 5%, 66% pour la dose 10%, 77% pour la dose 15%, 74% pour la dose 20%, 77% pour la dose 25%, 70% pour la dose 30%, 66% pour la dose 35%, 85% pour la dose 40%, en revanche la mortalité de témoin a été estimée à 14% après 72 heures de l'exposition.

La figure 28 illustre l'évolution des pourcentages des mortalités corrigées des larves de *Tuta absoluta* en fonction du temps et de la dose de l'extrait des feuilles de *Pelargonium zonale* utilisé. La plus forte dose (40%) occasionne une mortalité totale (100%) des larves aux sixièmes jours suivi par la dose (25%) aux huitièmes jours et finalement le reste des doses (5%,10%,15%,20%,30 et 35%) au neuvième jour de l'exposition.

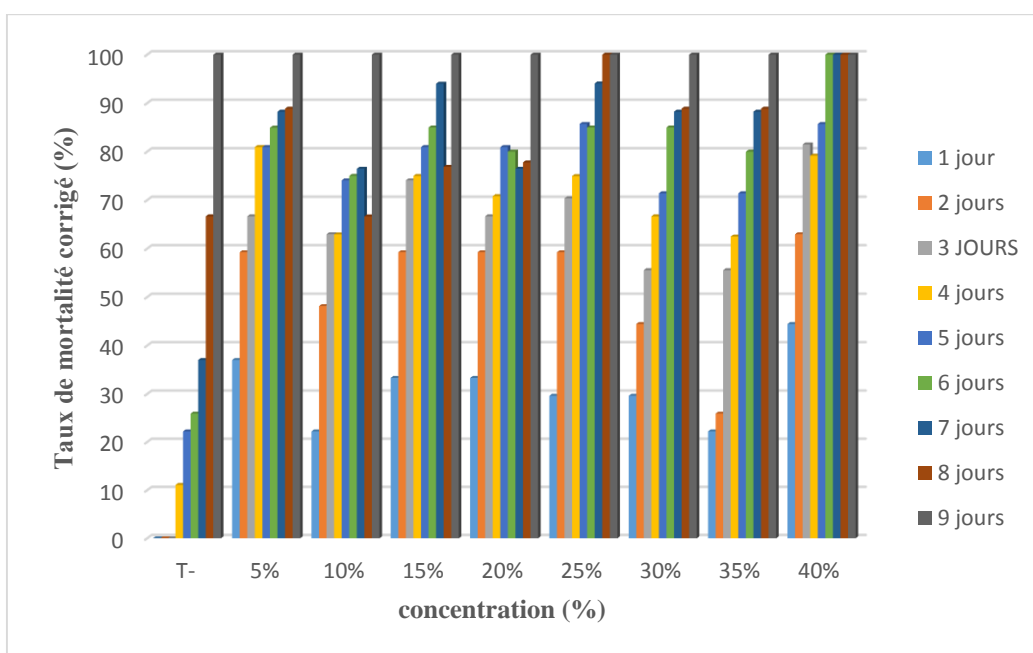


Figure 28 : L'évolution de la mortalité corrigée de l'extrait polyphénolique de *pelargonium zonale* sur les larves de *Tuta absoluta* (Photo originale).

On a remarqué que les doses 40% et 25% sont les plus efficaces et entraîne une mortalité importante après 48 heures et atteint les 100% après les huitièmes jours d'exposition ou traitement (fig 29).

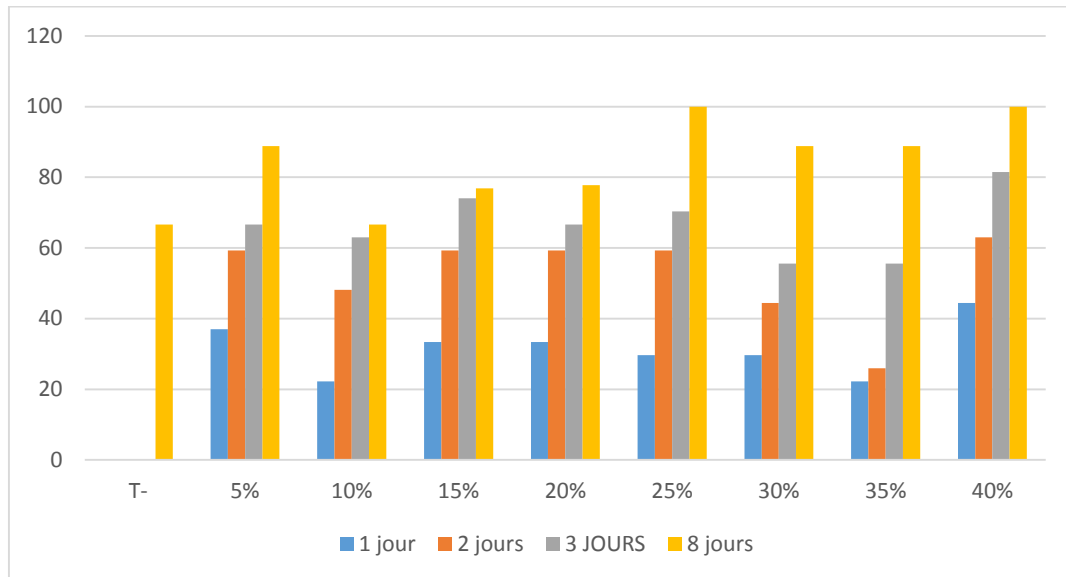


Figure 29 : L'évolution de la mortalité corrigée de l'extrait sur les larves

II.2. Les doses létales 50 et 90

A partir de l'équation de la droite de régression représentée dans la figure 30 qui correspond à la mortalité corrigée en fonction des concentrations de l'extrait de *Pelargonium zonale* sur les larves de *Tuta absoluta*, la DL50 obtenue a été égale à 32% et la DL90 à 57.71%.

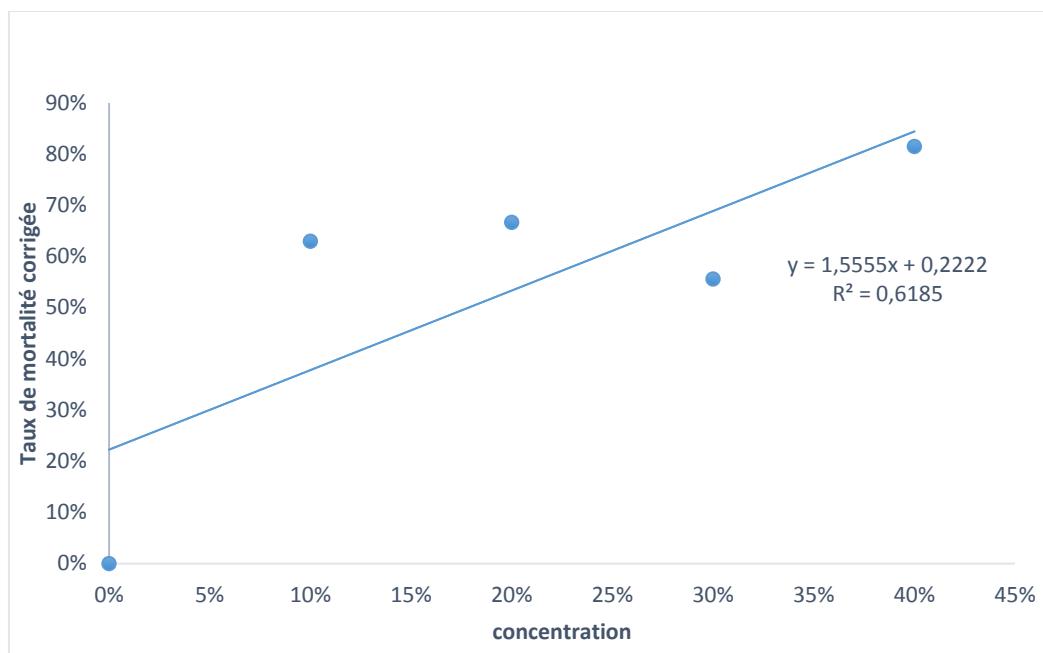


Figure 30 : L'évolution de la mortalité corrigée de *Pelargonium zonale* sur *Tuta absoluta*

Ces résultats montrent que *Pelargonium zonale* nécessite une dose moyenne pour tuer 50% c'est 32% et une dose forte pour tuer 90% de la population des larves traité était estimé à 57.71%, ce qui signifie que l'extrait de *Pelargonium zonale* est moyennement efficace pour le traitement des larves de *Tuta absoluta*.

III. Impact de l'eau sur l'efficacité des traitements

Les résultats obtenus laissent supposé que la quantité de l'eau puisse avoir un effet sur l'efficacité du traitement utilisé. En effet, lors des tests expérimentaux il a été noté que l'extrait de *Pelargonium zonale* était plus efficace à la concentration 5% après 24 heures que celles de 15 et 20%. Cela pourrait être expliqué par :

- La composition chimique des extraits hydro-alcoolique
- La propriété de solvabilité de l'eau. Selon une explication moderne, la nature extrêmement polaire de l'eau fait qu'elle est un excellent solvant des substances ionisable comme les sels, et non ionisables mais polaire (les oses, les alcools simple, et les molécules à fonction carbonyle, aldéhydes et cétones) (Reginald, *et al.*, 2000).

IV. Discussions

Le contrôle chimique est une stratégie efficace utilisée de manière intensive dans la vie quotidienne (Pavela, 2009). Cependant, l'utilisation généralisée des insecticides synthétiques a eu de nombreuses conséquences négatives (Pavela, 2008), ce qui a accru l'attention portée aux produits naturels (Pirali-Kheirabadi et da Silva, 2010). L'utilisation de plantes comme insecticides peut minimiser là les dangers des pesticides synthétiques. (Ghnimi *et al.*, 2014).

Plusieurs substances d'origine végétale ont été testées sur la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*. Ait Taadaouit *et al.* (2011) ont étudié l'effet des extraits éthanoliques de l'*Argania spinosa* et *Thymus vulgaris* sur les larves de ce dernier micro-lépidoptère, un taux de mortalité très important (90 %) a été enregistré avec la 1^{ère} plante. Allal-Benfkih *et al.* (2011) ont obtenu une toxicité de plus de 75 % en utilisant les extraits aqueux de l'*Inula viscosa*, *Salvia officinalis* et *Urtica urens* pour combattre ce ravageur. Berima et Osman (2014) ont obtenu une toxicité de 63 % parmi les adultes de *T. absoluta* traités par l'extrait éthanolique de *Jatropha curcus*. De même, Konan *et al.* (2014) ont obtenu une mortalité de 100 % parmi les populations larvaires de *T. absoluta*, après 04 jours seulement de l'application des extraits éthanoliques d'*Azadirachta indica* et *J. curcus* sur celles-ci

Pelargonium zonale semble être une plante intéressante car elle a montré une toxicité contre les larves de *T. absoluta* dans un temps court et concentration faible pour les stades L1 et L2, dans cette expérimentation semble avoir des toxicités rapprochent de l'étude de Ghanim et Abdel Ghani (2014) qui avancé le taux de toxicité de 84 %, avec *Pelargonium zonale*

Les résultats obtenus dans ce travail montrent que l'extrait de cette plantes de la région méditerranéenne de l'Algérie, *Pelargonium zonale* connue par le Géranium pourrait constituer des matières premières très intéressantes pour la formulation de bio-insecticides pour lutter contre le ravageur de la tomate *T. absoluta*. Néanmoins, des essais au champ seront nécessaires pour confirmer l'intérêt pratique de ces résultats.

Conclusion générale

Depuis sa première signalisation en Algérie au printemps 2008, *Tuta absoluta* a causé par son œuvre dévastatrice d'innombrables dégâts dans les champs de tomate, en brûlant le feuillage et en piquant les fruits, provoquant jusqu'à 100% de pertes de cultures sous serres et en plein champ. Une multitude de produits phytosanitaires ont été utilisés abusivement sans tenir compte de la biologie de l'insecte.

Les différentes études menées en Algérie portent sur un réajustement de la stratégie de lutte, tendant vers une lutte intégrée basée essentiellement sur les mesures prophylactiques et le développement de méthodes alternatives à la lutte chimique.

L'utilisation de bio-insecticides a montré des résultats assez intéressants dans certains pays, tels que l'Egypte, où Bekheit (2011) signale l'efficacité d'une gamme d'insecticides biologiques dont le Spinosade, le Benzoate Emamectine, *Bacillus thuringiensis* et *Metarhizium anisoplae*. De même en Espagne, Gonzalez-Cabrera et al. (2011) fait part de l'efficacité des traitements avec *Bacillus thuringiensis* dans le contrôle de la mineuse de la tomate.

Dans ces dernières années et face à une législation de plus en plus restrictive sur l'application des pesticides de synthèse, la recherche des phyto-insecticides s'inscrit dans une stratégie particulièrement adaptée aux exigences du consommateur tout en préservant l'environnement. Ainsi, les instances internationales comme l'OMS ont interdit l'usage de certains produits insecticides synthétisés chimiquement comme les organochlorés. D'autre ont imposé l'arrêt de la production du bromure de méthyle en 2005 puisqu'il est toxique pour la santé humaine et polluante pour l'environnement. En particulier, il contribue à la destruction de la couche d'ozone (EPA, 2001).

Les plantes synthétisent plusieurs substances de métabolisme secondaire. Ces molécules peuvent avoir différents effets chez les insectes : répulsif, attractif, perturbateur du développement, inhibiteur de la reproduction, etc. Leur toxicité peut être directe ou indirecte sur les organes cibles (organes sensoriels, système nerveux, système endocrines, appareil digestif et appareil reproducteur, etc.).

Le travail de recherche entrepris dans le cadre de la valorisation de l'utilisation des substances naturelles végétales dans la lutte contre les ravageurs. Nous nous sommes intéressés à l'étude de l'activité insecticide d'extrait de *Pelargonium zonale* contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*.

Conclusion générale

Les résultats obtenus lors de cette étude montrent que le rendement d'extraction estimé pour *P. zonale* est de 3,6%.

Concernant l'effet insecticide de cette plante sur *T. absoluta*, l'extrait hydroalcoolique présente une activité insecticide faible pour les stades larvaires avancé et efficace sur les L1et L2 même à une concentration faible de 5%.

A travers cette étude, il a été constaté que la plante étudiée nécessite une DL50 qui dépasse les 32% et une DL90 dépassant les 57.71%.

Au terme de ce travail nous pouvons conclure que la plante *P. zonale* manifeste une activité insecticide à l'égard des larves de *T. absoluta*. Cette dernière contient des produits chimique naturels connue citez dans la partie bibliographie. Ceci nous amène à dire que la plante étudiée est prometteuse comme source de bio-insecticides et se prêtent bien à des investigations dans le domaine de la lutte biologique.

- **Adjanohoun E.J., L. Aké Assi, A. Ali, J. Eymé, S. Guinko, A. Kayonga, A. Keita et M. Lebras, 1982.**- Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques aux Comores. ACCT, Paris, 217 p. (*Euphorbiacées*) et *Tristemonanthus pentandrus* (*Mélastomatacées*). Université de Dschang- Master en biochimie. P 34.
- **Abbott W. A., 1925-** method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of economic Entomology* 18: 265-267.
- **AFNOR.** « Recueil de normes : les huiles essentielles. Tome 2. Monographies relatives aux huiles essentielles ». AFNOR, Paris, 2000, 661-663.
- **Aghel N., Yamini Y., Hadjiakhoondi A., Mahdi Pourmortasavi S. 2004.** Supercritical carbon dioxide extraction of *Mentha pulegium* L. essential oil. *Talanta*. 62: 407-411.
- **Ait Taadaouit N., Nilahyane A., Hsaine M., Rochdi A., Hormatallah A., Bouharoud R. 2011-** l'effet des extraits végétaux sur la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae) acte de premier congrès International de l'Arganier, Agadir 15 – 17 Décembre 2011. 411-417.
- **Akdemir Z.S., I.I. Tatli, I. Saracoglu, U.B. Ismailoglu, I. Calis et S.E. Inci, 2001.** Polyphenolic compounds from *Geranium pratense* and their free radical scavenging activities. *Phytochemistry*, **56**, 189-193.
- **Allal L., Benfekhifi., Bellatreche M., Bounaceur F. et Tail G., 2011-** Première approche de l'utilisation d'extraits aqueux d'*Inula viscosa*, *Salvia officinalis* et *Urtica urens* contre les stades endophytes de *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae) ravageur tomate en algérie, 683p.
- **Altieri, M.A., Nicholls, C.I., Fritz, M.A., 2005.** Manage insects on your farm: a guide to ecological strategies. Sustainable Agriculture Network, Beltsville, MD.
- **Anonyme, 2013-** photo de fleur de tomate 03 juillet 2013 , date d'axée 21 juin 2018.
- **Anonyme 2010.** Revue « Nature et Technologie ». n° 03/Juin 2010
- **Anonyme, 2009** - Un nouveau bio-destructeur de la culture de tomate en Algérie, la Mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick). *Green Algérie*, ISSN N°1112-5063- N°28, p.p, 28-31
- **Anonyme, 1999-** Tomate sous serre. Bulletin Mensuel D'information et de Liaison du PNTTA, 57: 4 p.
- **Anonyme, 2016-** Cycle de développement de la tomate. (<https://www.google.dz/search?q=cycle>). Date accès 17.4.2016

- **Arno J. and Gabarra R., 2011-** Side effects of selected insecticides on the *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) predators *Macrolophus pygmaeus* and
- **Arno J. and Gabarra R., 2011-** Side effects of selected insecticides on the *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) predators *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae). *J Pest Sci.*, 84(4): 513-520.
- **Bahorun, T. (1997).** Substances Naturelles actives. La flore Mauricienne .une source d'approvisionnement potentielle. Food and Agricultural Research council Mauritiass. p83-94.
- **Bahorun, T. (1997).** Substances Naturelles actives. La flore Mauricienne .une source d'approvisionnement potentielle. Food and Agricultural Research council Mauritiass. p83-94.
- **Barrientos Z.R., Apablaza H.J., Norero S.A. et Estay P.P., 1998** -Threshold temperature and thermal constant for development of the South American tomato moth *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Cienciae Investigacion Agraria*, Pp. 133-137.
- **BARrientos Z.R., Apablaza H.J., Norero S.A., Estay P.P., 1998** – Threshold temperature and thermal constant for development of the South American tomato moth *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Cienciae Investigacion Agraria*, p.p, 133-137
- **Baspinar H. E. M. Yildirim and Senel M., 2014-** The effect of removing injured leaves and azadirachtin spray on fruits combination on the control of tomato moth, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Turkiye V. BitkiKorumaKongresi*, 3-5 Subat 2014, Antalya, 49p.
- **Baydar H., O. Sagdic, G. Ozkan & T. Karadogan, 2004.-** Antibacterial activity and composition of essential oils from *Origanum*, *Thymus* and *Satureja* species with commercial importance in Turkey. *Food Control*, **15**, 169-172
- **Baysal T, Starmans DAJ. 1999.** Supercritical carbon dioxide extraction of carvone and limonene from caraway seed. *Journal of Supercritical Fluids*. 14 :225-234
- **Bellabidi., 2009-** Inventaire et caractérisation de la faune arthropodologique associé à la culture de tomate (*lycopersicum esculentum*) dans la zone de M'Rara (Région d'Oued Righ). *Mém. Ing. Agro. Univ. Ouargla*, 69p.

- **Bennazedine. S . 2010.** Activité insecticides de cinq huiles essentielles vis-a-vis de *Sipophuloryzae* (Coleoptera ; Cuculionidea) et *Tribolium cofusum* (Coleoptera ; Tenebrionidae). Ecole nationale supérieure agronomique El Harrache. Alger.
- **Berkani A. et Badaoui M.I, 2008-** La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick 1917 (Lepidoptera: Gelechiidae). Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie, Juillet 2008. pp 16.
- **Berima E.M. et Osman A.A., 2014-** The Impact of Hexane and Ethanol Extracts of Jatropha Seeds, Arqel Stems and Malathion on Mortality and Fecundity of Tomato Leaf Miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), 93p.
- **Berima E.M. et Osman A.A., 2014-** The Impact of Hexane and Ethanol Extracts of Jatropha Seeds, Arqel Stems and Malathion on Mortality and Fecundity of Tomato Leaf Miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), 93p.
- **Berlinger M. J. and Dahan R., 1987-** *Bemisia tabaci*, the vector of tomato yellow leaf curl virus: A challenge to Southern European entomologists. Porceedings of the CEC/IOBC Experts' Group Meeting/ Cabrils 27-29 May 1987. Pp. 67-71. Bioresource Techn., **99** (10), 4096-4104.
- **Blumberg J. (1997).** Nutritional Needs of seniors. *Journal of the American College of Nutrition*, **16** (6), 517-523.
- **Bocchio E. 1985.** Natural essentials oils. Parfums Cosmét. Arômes. 63 : 61
- **Boelens M.H., Valverde F., Sequeiros L., Jimenez R. 1990.** Parfum. Flavor.,15 : 11.
- **Boivin, G., 2001.** Parasitoïdes et lutte biologique: paradigme ou panacée? Centre de Recherche et de développement en Horticulture, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Vertigo - La revue en sciences de l'environnement sur le web 2
- **Boller, E.F., Häni, F., Poehling, H.-M., 2004.** Ecological infrastructures: ideabook on functional biodiversity at the farm level, temperate zones of Europe. IOBCwprs, Commission on Integrated Production Guidelines and Endorsement, Switzerland
- **Braga M.E.M., Ehlert P.A.D., Ming L.C., Meireles M.A.A. 2005.** Supercritical fluid extraction from *Lippia alba*: global yields, kinetic data, and extract chemical composition. *The Journal of Supercritical Fluids*. 34: 149-156.
- **Braham M., Glida-Gnidez H. and Hajji L., 2012-** Management of the tomato borer, *Tuta absoluta* in Tunisia with novel insecticides and plant extracts. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 42 (2): 291–296.

- **Bravo L. (1998).** polyphenols; dietary source, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition*, **56** : 317-333.
- **Burt S., 2004.-** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods. *Int. J. Food Microbiol.*, **94**, 223-253
- **Carvalho Jr. R.N., Moura L.S., Rosa P.T.V., Meireles M.A.A. 2005.** Supercritical fluid extraction from rosemary (*Rosmarinus officinalis*):
- **Cavaliere V., Mangli A., Tiberini A., Tomassoli L. and Rapisarda C., 2014-** Rapid identification of *Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci* and tomato-infecting *criniviruses* in whiteflies and tomato leaves by real-time reverse transcription-PCR assay. *Bulletin of Insectology*, **67** (2): 219-225.
- **Chang S.T., P.F. Chen & S.C. Chang, 2001.-** Antibacterial activity of leaf essential oils and their constituents from *Cinnamomum osmophloem*. *J. Ethnopharmacol.*, **77** (1), 123-127.
- **Chaumont J.P. et D. Léger, 1989.-** Propriétés antifongiques de quelques phénols et composés chimiquement très voisins. Relations structure-activité. *Plant Med. Phytother.*, **23** (2), 124-126.
- **Chaux et Foury., 1994-** Cultures légumières et maraichères. Tome III. : Légumineuses potagères, légumes fruites. Tec et Doc Lavoisier, Paris 563p.
- **Chibane A., 1999-** Tomate sous serre. Fiche Technique. Bulletin mensuel d'information et de liaison du P.N.T.T.A. N° 57, juin 1999, Edit M.A.D.R.P.M/D.E.R.D. Maroc, 4 p.
- **Chougar S., 2011-** Bioécologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (MEYRICK,1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) sur trois variétés de tomate sous serre (Zahra, Dawson et Tavira) dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Memoire de Mag. Universite de Tizi-Ouzou, 122p
- **Civolani S., Marchetti E., Chicca M., Castaldelli G., Rossi R., Pasqualini E., Dindo M. L., Baronio P. and Leis M., 2010-** Probing behavior of *Mysus persicae* on tomato plants containing Mi gene or BTH-treated evaluated by electrical penetration graph. *Bulletin of insectology*, **63** (2): 265-271.
- **Clémence, R., Dongmo, M. 2009-** clinique et pharmacologie évaluation de l'activité antidermatophytique des extraits au méthanol et fonction d'*Acalyphaman niana*

- **CNDRS (Centre national de documentation et de la recherche scientifique des Comores), 1992-1993.-** Quelques données sur la flore endémique des Comores. L'Herbier National, 4 p.
Comores. Bilan de la phase pilote du projet. CNDRS, 248 p.
- **Contardo P. I. P., 2010-** Susceptibilidad a insecticidas de diferentes grupos químicos en poblaciones de *Tuta absoluta* (Meyrick). Memoria de Ingeniero agronomo. Univ. Austral de Chile. 44 p.
- **Crosby DG.** Natural pest control agents. In Gould, R.F. (Ed.). Natural Pest Control Agents (1966). *Adv. Chem. Ser.* 53, p. 1-16
- **Dapkevicius A., Venskutonis R, Van Beek T.A., Linssen J.P.H. 1998.** Antioxidant activity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbs grown in Lithuania. *Journal of Science Food and Agriculture* 77(1): 140-146.
- **Dehliz A. and Guénaoui Y., 2015-** Natural enemies of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Oued Righ region, an arid area of Algeria. *Academic Journal of Entomology* 8 (2): 72-79.
- **Dehliz A., 2016-** Etude des potentialités des entomophages autochtones en vue de lutter contre le nouveau ravageur de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep. : Gelechiidae) dans la région du sud-est algérien, Thèse Doctorat, 08-09p.
- **Desneux N., Wajnberg E., Wyckhuys K., Burgio G., Arpaia S., Narvaez-Vasquez C., Gonzalez-Cabrera J., Catalan-Ruescas D., Tabone E., Frandon J., Pizzol J., Poncet C., Cabello T., Urbaneja A., 2010-** Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science* 3:197–215.
- **Dorman H.J.D. et S.G. Deans, 2000.-** Antimicrobial agent from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *J. Appl. Microbiol.*, **88** (2), 308-316.
- **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 « lucfichot ». Rapport final, Phytotechnie et horticulture. Gembloux agro biotech., 105 p.
- **Dupon F. et Guignard J. L., 2012-** Botanique les familles de plante. Edition Elsevier Masson. France, 300 p.

- **Eilenberg, J., Hajek, A., Lomer, C., 2001.** Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl* 46, 387–400.
- **Fao Stat., 2016-** (<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/F>), Date accès 26/04/2016
- **Faujour A., 2004.-** Contribution à l'amélioration des soins de santé primaires par une investigation scientifique de la pharmacopée traditionnelle populaire des
- **Fellah, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Boulaaba, M., Abdelly, C., 2008-** Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L . organs, and their biological activities *compt. Rend. Boil.* Vol. 372-379p.
- **Ferrerom., 2009-** Le système tritrophique tomate-tétranyques tisserands-*Phytoseiulus longipes*. Etude de la variabilité des comportements alimentaires du prédateur et conséquences pour la lutte biologique. Thèse Doctorat, 228 p.
- **Filho M. M., Vilela E. F., Jham G. N., Attygalle A., Svatos A. and Meinwald J., 2000-** Initial studies of mating disruption of the tomato moth, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) using synthetic sex pheromone. *J. Braz. Chem. Sco.*, 11 (6): 621-628
- **FIMAB** (Fédération Internationale des Mouvements d'Agriculture Biologique), 2004. Manuel de formation de l'IFOAM sur l'agriculture biologique dans les pays tropicaux. FIBL, Institut de recherche de l'agriculture biologique, Frick, Suisse.
- **Fleuriet, A. (1982).** Thèse Doc. Etat, Montpellier
- **Fralval A., 2006-** Les aleurodes. *Insecte* 31, N° 155 (4), 05 p.
- **Fralval A., 2009-** Les aleurodes. *Insecte* 31, N° 155 (4), 05 p.
- **Gallais A. et Bannerot H., 1992-** Amélioration des espèces végétales cultivées, objectifs et critères de sélection. Ed. INRA, Paris. 382 p.
- **Ganou L. 1993.** Thèse de doctorat n° 689, Institut National Polytechnique de Toulouse.
- **Ghanim N.M. and S.B. Abdel Ghani., 2014-** Controlling *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) and *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) by aqueous plant extracts. *Life Science Journal*, 11(3): 299-307.
- **Ghnimi W., Dicko A., Khouja M., Larbi. 2014-** Larvicidal activity, phytochemical composition, and antioxidant properties of different parts of live population of *Ricinus communis* L. industrial crops and products, Vol. 56. 43-51p.
- **Guenaoui Y., 2008-** Première observation de la mineuse de la tomate invasive, dans la région de Mostaganem, au printemps 2008. *Phytoma*, N°:617, p.p.18 -19.

- **Guenaoui Y., 2010-** Première observation de la mineuse de la tomate invasive, dans la région de Mostaganem, au printemps 2010. *Phytoma*, N°:617, p.p.18 -19.
- **Guenaoui Y., Labdaoui M et Hamou K., 2014-** Influence de la biodiversité végétale aux abords de la culture de tomate sur les entomophages de *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae). AFPP, Dixième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Montpellier (France). 22 et 23 octobre 2014.
- **Guy D., 1967-** Classification Ed d'enseignement supérieur Sorbonne paris431p.
- **Haddi K., 2011-** Studies on insecticide resistance in *Tuta absoluta* (Meyrick), with special emphasis on characterization of two target site mechanisms. Thesis in entomological Sciences of the University of Catania, 148 p.
- **Hammer K.A., C.F. Carson et T.V. Riley, 2003.-** Antifungal activity of the components of *Melaleuca alternifolia* (Tea tree) oil. *J. Appl. Microbiol. Immunol.*, **95** (4), 853-860.
- **Han P., Lavoit A.V., Le Bot J., Amiens-Deneux E. and Desneux N., 2014-** Nitrogen and water availability to tomato plants bottom up effects on the leaf miner *Tuta absoluta*. 15th International Symposium on Insect-Plant relationships. 17-22 August 2014, Univ. of Neuchâtel (Switzerland) Abstract Book, 111p.
- **Hand S., Companys V and Lamprecht S., 2010-** Flubendiamide: an effective tool to control tomato leaf miner (*Tuta absoluta*). IHC Lisboa, Integrated pest management session, Abstract book, 116p.
- **Hartmann, T. (2007).** From waste products to ecochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry*. p68, 2831–2846
- **Heuze G.** « Les plantes industrielles ». Librairie de L.Hachette et Cie, 1859, Paris, pp : 282-285 http://www.ummo.dz/IMG/pdf/Tuta_absoluta.pdf
- **Hoffmann, G.M., Nienhaus, F., Schönbeck, F., Weltzien, H.C., Wilbert, H., 1994.** Lehrbuch der Phytomedizin. Blackwell Wissenschafts Verlag, Berlin
- **Houamel S., 2013-** Etude bioécologique des thrips inféodés aux cultures sous serre dans la région d'El Ghrous (Biskra). Mémoire de Magister en sciences agronomiques de l'université de Biskra, 68 p.
- **Huat J., 2008-** Diagnostic sur la variabilité des modes de conduite d'une culture et de leurs conséquences agronomiques dans une agriculture fortement soumise aux

incertitudes : cas de la tomate de plein champ à Mayotte. Thèse doctorat. L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Agro Paris Tech., 264 p.

- **Iderenmouche S., 2011-** Biologie et écologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) dans la région de Boumerdes. Mémoire Magistère en Sciences Agronomiques. E.N.S.A. El Harrach, 103p.
- **Jean François**, « Le géranium bourbon et ses applications en aromathérapie », Thèse « U.E.R des sciences pharmaceutiques », Président du jury : M. Jacques PELLECUER, Faculté de pharmacie Montpellier, Novembre 1982
- **Jiang Y. X., C. de Bals, Bedford I. D., Nombela G. and Muniz M., 2004-** Effect of *Bemisia tabaci* biotype in the transmission of Tomato Yellow Leaf Curl Sardinia Virus (TYLCSV-ES) between tomato and common weeds. Span. J. Agric. Res. 02 (1): 115-119.
- **Jourdheuil, P., Grison, P., Fraval, A., 2002.** La lutte biologique: un aperçu historique. INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), Laboratoire de Zoologie, Le Courrier de l'Environnement de l'INRA n°15.
- **Juliani R.H., A. Koroch, J.E. Simon, N. Hitimana, A. Daka, L. Ranarivelo et Langenhoven, 2006.-** Quality of geranium (*Pelargonium* sp.): case studies in Southern and Eastern Africa. J. Ess. Oil Res., 18, 116-121.
- **Kaibeck J. Adoptez la slow cosmétique. Paris: Leduc. S., 2012, p.224-225.**
- **Weiss E.A., 1997.-** Essential oil crops. Centre for Agriculture and Biosciences (CAB) International, NewYork and UK, 24-50.
- **Kelen M. & B. Tepe, 2008.-** Chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of the essential oils of three *Salvia* species from Turkish flora.
- **Khajeh M., Yamini Y., Bahramifar N., Sefidkon F., Bahramifar N. 2004.** Comparison of essential oil composition of *Carum copticum* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrodistillation methods. Food Chemistry. 86: 587-591.
- **Khajeh M., Yamini Y., Bahramifar N., Sefidkon F., Pirmoradei M.R. 2005.** Comparison of essential oils compositions of *Ferula assa-foetida* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrodistillation methods. Food Chemistry. 91: 639-644.

- **Kiliç T., Uysal D., Guvenand B., Kaya E., 2014-** Mass trapping studies against Tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi, 3-5 Şubat 2014, Antalya, Abstract book, 03p.
- **Konan. E. M., A.K.C Taha and M. E. E. Mahmoud., 2014-** Effects of Botanical Extracts of Neem (*Azadirachta indica*) and Jatropha (*Jatropha curcus*) on Eggs and Larvae of Tomato Leaf Miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Persian Gulf Crop Protection, 3 (3): 41-46.
- **Konus M., 2014-** Analyzing resistance of different *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae) strains to abamectin insecticide. Journal of Biochemistry-Turk J Biochem, 39 (3): 291-297.
- **Krief, S. (2003).** Métabolites secondaires des plantes et comportement animal, thèse doctorat, muséum national d'histoire naturelle. 32p.
- **Kulkarni N., K. Baskani, S. Raresh & S. Kumar, 1997.-** Intra-clonal variation for essential oil content and composition in plants derived from leaf cuttings of rosescented geranium (*Pelargonium* sp). Industrial Crops Products, 6 (2), 107-112.
- **Lakhdari W., Dehliz A., Acheuk F., Mlik R., Hammi H., Doumandji-Mitiche B., Gheriani S., Berrekbia M., Guermit K.et Chergui S., 2016-** Ethnobotanical study of some plants used in traditional medicine in the region of Oued Righ (Algerian Sahara). Journal of Medicinal Plants Studies 2016; 4(2): 204-211.
- **Nesidiocoris tenuis** (Hemiptera: Miridae). J Pest Sci., 84(4): 513-520
- **Landrum J. T., Bone R. A., Joa H., Kilbum M. D., Moore L. L., Sprague K. E. (1997).** A One Year Study of the Macular Pigment: The Effect of 140 Days of a Lutein Supplement. Exp. Eye Res., 65: 57-62.
- **Leclant F., 1999-** Les pucerons des plantes cultivées. Clefs d'identification. II Cultures maraichères. ACTA – Séverine PELOQ. 98 p.
- **Legrand G. 1993.** Manuel de préparateur en Pharmacie. Masson, Paris.
- **Lemaire C., Chauvière A.** Traité de la culture des Géraniums, des calcéolaires, des verveines et des cinéraires. Paris: Cousin, 1842, p.36.
- **Lis-Balchin M.** « Geranium and pelargonium: the genera *Geranium* and *Pelargonium* ». CRC Press, Taylor & Francis, London, 2002, pp: 116-131, 147-165, 184-217.
- **Locaste S.** Ma bible de la phytothérapie. Paris: Leduc. S, 2014, p.206-207.

- **Mailhot D., Marois J. and Wright D., 2007-** Arthropod management and applied ecology: Species of thrips associated with cotton flowers. *Journal of Cotton Science*, 11:186-198.
- **Maillard, M. N., (1996).** Thèse Doct., E.N.S.IA., Paris. 148p.
- **Maison P. et Massonie G., 1982-** Premières observations sur la spécificité de la résistance du pêcher à la transmission aphidienne du virus de la Sharka. *Agronomie*, 2 (7): 681-683maraîchère. (<http://www.oocities.org/huprdc/ppi/naturel/guide.htm>)
- **Marc F., Davin A., Deglène-Benbrahim L., Ferrand C., Baccaunaud M., Fritsch P. (2004).** Méthodes d'évaluation du potentiel antioxydant dans les aliments. *Médecine/Sciences*, 20 : 458-63.
Master II Chimie Université ABB Tlemcen.
- **Matta A. and Ripa R., 1981-** Contribution to the control of the tomato fruit moth *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick) I. Population studies. *Agricultura Technica* (Chile), 41(2): 73-77
- **Mazollier C., Oudard E. et Beliard E., 2001-** Les lépidoptères ravageurs en légumes biologiques. Fiche 01, TECHNITAB, FLASHMEN GAP, 04 p.
- **Medeiros M., Sujii R. and Morais H. C., 2009-** Effect of plant diversification on abundance of the South American pinworm and predators in two cropping systems. *Horticultura Brasileira*, 27: 300-306 mite of date palm *Oligonychus afrasiaticus* Meg. *Journal of Medicinal Plants Studies* 2015; 3(6): 113-117,113p.
- **Melouk S., Bounaceur F. and Guendouz-Benrima A., 2013-** Natural enemies of *Bemisia tabaci* (Hemiptera :Aleyrodoidea) at Biskra crop area in South Algeria. *Archives of Applied Science Research*, 05 (6): 222-226.
- **Mokhtar M., Soukup J., Donato P., Cacciola F., Dugo P., Riazi A., Jan-dera P., Mondello L. (2014)-** Determination of the polyphenolic content of a *Capsicum annum* L. extract by liquid chromatography coupled to photodiode array and mass spectrometry detection and evaluation of its biological activity. *Journal of Separation Science* (37) : 1–25.
- **Moriones E. and Luis-Arteaga M., 2002-** Integrated pest and disease management in greenhouse crops. Kluwer academic publishers. p.: 16-33 *Science*, 11:186-198.
- **Morse J. G. and Hoddle M. S., 2006-** Invasion biology of thrips. *Annu. Rev. Entomol.*, 51 : 67-89

- **Moura L.S., Carvalho Jr. R.N., Stefanini M.B., Ming L.C., Meireles M.A.A. 2005.** Supercritical fluid extraction from fennel (*Foeniculum vulgare*) global yield, composition and kinetic data. The Journal of Supercritical Fluids. Article in press
- **Oriani M. A. G., Vendramin J. D. and Vasconcelos C. J., 2011-**Biology of *Bemesia tabaci* (Genn.) B biotype (Hemiptera, Aleyrodidae) on tomato genotype. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), V. 68 (1): 37-41.
- **Ould Amar, B. 2013-** Investigation des taux de HAP dans les sols avoisinant les centres de stockage et/ou de distribution des hydrocarbures. Mémoire de fin d'étude
- **Ozenda P., 1983-** Flore du Sahara. Paris: CNRS, 622 p. Lis-Balchin (ed.), *GERANIUM AND PELARGONIUM, the genera Geranium and Pelargonium*, CRC Press, 2002.
- **Peterson A., M. Goto, S.B. Machmuah, B.C. Roy, M. Sasaki & T. Hirose, 2005.** Extraction of essential oil from geranium (*Pelargonium graveolens*) with supercritical carbon dioxide. J. Chem. Technol. Biotechnol., **81**, 167-172.
- **PLARM (Plantes aromatiques et médicinales), 1990- 1997.-** Rapport ethnobotanique et phytochimique sur le projet: Inventaire et étude des plantes médicinales et aromatiques, des états de l'océan Indien. Plantes médicinales des Comores, de Madagascar, des Mascareignes (Maurice et Rodrigues) et des Seychelles. COI / UE, 94 p
- **Portakaldali M., Öztemiz S. and Kutuk H., 2013-** Anew host for *Tuta Absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae) in Turkey. J. Entomol. Res. Sco., 15 (3): 21-24.
- **Prabuseenivasan S., M. Jayakumar & S. Ignacimuthu, 2006.-** *In vitro* antibacterial activity of some plant essential oils. BMC Complem. Altern. Medicine, **6** (1), 39.
- **Rajeswara Rao B.R., A.K. Bhattacharya, P.N. Kaul, S. Chand & S. Ramesh, 1993.** Changing in profiles of essential oil rose sented geranium (*Pelargonium* sp.) during leaf ontogeny. *J. Ess. Oil Res.*, **5**, 301-304.
- **Rajeswara Rao B.R., K.P. Sastry, E.V.S. Prakasa Rao & S. Ramesh, 1994.-** Variation in yield and quality of geranium (*Pelargonium graveolens*) under varied climatic and fertility conditions. *J. Ess. Oil Res.*, **2**, 73- 79
- **Rajeswara Rao B.R., P.N. Kaul, G.R. Mallavarapu & S. Ramesh, 1996.-** Effect of seasonal climatic changes on biomass yield ans terpenoid composition of

rosescented geranium (*Pelargonium* species). *Biochem. Syst. Ecol.*, **24** (7-8), 627-635.

- **Reda A. M. A. and Hatem A. E., 2012-** Biological and eradication parameters of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) affected by two bioinsecticides. *Bol. San. Veg. Plagas*, 38: 321-333
- **Reginald H. Garret, Charles M. Grisham. 2000-** biochimie. Tradition de la 2^{em} édition américaine par Bernard Lubochinsky (1999). Ed de Boeck Supérieur, 2000. P 35-38. ISBN : 2744500208, 9782744500206.
- **Richard Hubert. 1992.** Epices et aromates. Tec et Doc – Lavoisier, APRIA., Paris
- **Riley D. G., Joseph S. V., Srinivasan R. and Diffie S., 2011-**Thrips vectors of tospoviruses. *J. Integ.PestMngmt*, 1 (2), 10.
- **Riviere C.** Algérie: horticulture générale, végétation, cultures spéciales, acclimatation. Paris : Hachette, 1889, p.67.
- **Romdhane M., Tizaoui C. 2005.** The kinetic modeling of a steam distillation unit for the extraction of aniseed (*Pimpinella anisum*) essential oil. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 80: 759-766.
- **Rondoni G., Ielo F., Ricci C. and Conti., 2014-** Intraguild predation responses in tow aphidophagous coccinellids identify differences among juvenile stages and aphid densities. *Insectes* (5): 974-983.
- **Santos A.C., Oliveira R. C., Silva S. and Freitas A., 2011-** Efficacy of insecticides on *Tuta absoluta* (Meyrick) and other pests in pole tomato. *BioAissay*, 6:4 (www.bioassay.org.br, 06/12/2014)
- **Scalbert, A., Manach, C., Morand, C., Rémésy, C. (2005).** Dietary Polyphenols and the Prevention of Diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. p45, 287–306.
- **Shankara N., Dejeude. J. L., Degoffau M., Hilmi M. et Van Da B., 2005-** La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation. Digigrafi, Wageningen, Pays-Bas, 105 p.
- **Snoussi S. A., 2010-** Etude de base sur la tomate en Algérie. Rapport de GTFS/REM/070/ITA, 52 p.
- **Sobreira F. M., Andrade G. S., G. D. de Almeida and F. de PinaMatta., 2009-** Sources of resistance to tomato leafminer in cherry tomatoes. *Scientia Agraria*, Curitiba, 10 (3): 327-330.

- **Thomazini A. P. B. W., Vendramim J. D., Brunherotto R. and Lopes M. T.R., 2001-** Effect of *Lycopersicon* spp. Genotypes on biology and oviposition of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera, Gelechiidae). *Neotropical Entomol.* 30 (2): 283-288.
- **Tian C., P. Nan, J. Chen & Y. Zhong, 2003.-** Volatile composition of Chinese *Hippophae rhamnoides* and its chemotaxonomic implications. *Biochem. Syst. Ecol.*, 32, 431-441.
- **Tournaire G. 1980.** Parfums Cosmét. Arômes. 35: 43
- **Trottin Caudal Y., Chabriere C., Terrentroy A., 2010-** *Tuta absoluta* Biologie du ravageur et stratégies de protection: Situation actuelle et perspectives. *Carquefou*, 29p.
- **Urbaneja A., Vercher R., Navarro V., Garcia Marif. E J. L. et Porcuna., 2007-** La polilla del tomate, *Tuta absoluta*. *Phytoma España* 194:16-23.
- **Van Driesche, R.G., Bellows, T.S., 1996.** Biological control. Chapman and Hall, New York.
- **Vayssieres J. F., Delvare G., Maldas J. M. et Aberlenc H. P., 2001-**Inventaire préliminaire des arthropodes ravageurs et auxiliaires des cultures maraichères sur l'île de la Réunion. *Inesct Sc. Applic.* Vol. 21(1): 01-22
- **Vinatoru M. 2001.** An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrasonic Sonochemistry.* 8: 303-313.
- **Vincent, C., Coderre, D., 1992.** La lutte biologique. Gaëtan Morin, Québec, Canada.
- **Vuorela, S. 2005-** Analyse, isolation, and bioactivities of rapessed phenolics. D octoral dissertation. University of Helsinki, Faculty of Agriculture and Forestry, applied Chemistry and Microbiology. ISBN: 952-102722-3.
- **Wallace Hayes, A., 2008-** principle and methods of toxicology, fifth edition, ed *Tayler end Francis*, New York. ISBN: 084933778X, 9780849337789. 2296p .
- **Wang Z., Ding L., Li T., Zhou X., Wang L., Zhang H., Liu L., Li Y., Liu Z., Wang H., Zeng H., He H. 2006.** Improved solvent-free microwave extraction of essential oil from dried *Cuminum cyminum* L. and *Zanthoxylum bungeannum* Maxim. *Journal of Chromatography A*, 1102: 11–17.
- **Watt J.M. & M.G. Breyer-Brandwijk, 1962.-** The medicinal and poisonous plants Southern and Eastern Africa, 2nd ed. Edinburgh, E&S Livingstone Ltd., 449- 455.

- **Winkler, K., 2005.** Assessing the risks and benefits of flowering field edges: strategic use of nectar sources to boost biological control. Memoir de Thesis, Wageningen University, Laboratory of Entomology, The Netherlands
- **Yi Z., Y. Yu, Y. Liang & B. Zeng, 2008.-** In vitro antioxidant and antimicrobial activities of the extract of *Pericarpium citri reticulatae* of a new Citrus cultivar and its main flavonoids. LWT, **41**, 597-603.
- **Yusuf, Y. (2006).** Trends Food Sci. Tech. p17, 64-71.
- **Zhiri A. et D. Boudeaux, 2005.-** Huiles essentielles chémotypées et leurs synergies Aromathérapie scientifique, 80 p.

Tableau 01 : Effectif des larves vivantes sur témoin

heurs	T/H	R1			R2			R3		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
24h	17.5°C 61%	3	3	3	3	3	3	3	3	3
48h	18°C 66%	3	3	3	3	3	3	3	3	3
72h	18°C 69%	3	3	3	3	3	3	3	3	3
96h	19°C 69%	3	2	3	3	3	2	3	2	3
120h	20°C 71%	2	2	3	3	2	2	2	2	3
144h	19.5°C 71%	2	2	2	3	2	2	2	2	3
168h	21°C 64%	2	2	1	3	2	2	2	1	2
192h	21°C 63%	2	1	0	2	1	1	1	0	1

Tableau 02 : nombre des larves qui restent en vie après un traitement par l'extrait de *P. Z* a concentration de 5%

Heurs	T/H	R1			R2			R3		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
24h	17.5°C 61%	2	2	2	2	3	2	2	2	0
48h	18°C 66%	1	2	1	2	1	0	2	2	0
72h	18°C 69%	1	1	1	2	1	/	2	1	/
96h	19°C 69%	1	1	0	1	0	/	1	0	/
120h	20°C 71%	1	1	/	1	/	/	1	/	/
144h	19.5°C 71%	1	1	/	0	/	/	1	/	/
168h	21°C 64%	1	0	/	/	/	/	1	/	/
192h	21°C 63%	0	/	/	/	/	/	1	/	/

Tableau 03 : nombre des larves qui restent en vie après un traitement par l'extrait de *P. Z* a concentration de 10%

Heurs	T/H	R1			R2			R3		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
24h	17.5°C 61%	3	3	3	1	3	2	1	3	2
48h	18°C 66%	2	1	1	1	3	1	1	3	1
72h	18°C 69%	2	1	0	1	2	1	1	1	1
96h	19°C 69%	2	1	/	1	1	1	1	1	1
120h	20°C 71%	1	1	/	1	1	1	0	1	1
144h	19.5°C 71%	0	1	/	1	1	1	/	0	1
168h	21°C 64%	/	1	/	1	0	1	/	/	1
192h	21°C 63%	/	1	/	0	/	1	/	/	1

Tableau 04 : nombre des larves qui restent en vie après un traitement par l'extrait de *P. Z* a concentration de 15%

Heurs	T/H	R1			R2			R3		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
24h	17.5°C 61%	2	2	1	3	1	3	1	3	2
48h	18°C 66%	0	2	0	2	0	3	1	2	1
72h	18°C 69%	/	0	/	2	/	2	1	1	1
96h	19°C 69%	/	/	/	2	/	2	1	0	1
120h	20°C 71%	/	/	/	1	/	2	1	/	0
144h	19.5°C 71%	/	/	/	1	/	1	1	/	/
168h	21°C 64%	/	/	/	1	/	0	0	/	/
192h	21°C 63%	/	/	/	1	/	/	/	/	/

Tableau 08 : nombre des larves qui restent en vie après un traitement par l'extrait de *P. Z* a concentration de 30%

heurs	T/ H	R1			R2			R3		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
24h	17.5°C 61%	2	2	1	3	2	2	3	2	2
48h	18°C 66%	1	2	1	2	1	2	2	2	2
72h	18°C 69%	0	1	1	2	1	2	2	2	1
96h	19°C 69%	/	0	1	2	0	2	1	2	0
120h	20°C 71%	/	/	1	2	/	1	1	1	/
144h	19.5°C 71%	/	/	0	0	/	1	1	1	/
168h	21°C 64%	/	/	/	/	/	0	1	1	/
192h	21°C 63%	/	/	/	/	/	/	0	1	/

Tableau 09 : nombre des larves qui restent en vie après un traitement par l'extrait de *P. Z* a concentration de 35%

heurs	T/H	R1			R2			R3		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
24h	17.5°C 61%	3	3	3	3	2	2	2	1	2
48h	18°C 66%	3	3	3	3	2	2	1	1	2
72h	18°C 69%	0	2	3	2	1	1	1	1	1
96h	19°C 69%	/	2	3	1	1	1	0	0	1
120h	20°C 71%	/	1	2	0	1	1	/	/	1
144h	19.5°C 71%	/	1	0	/	1	1	/	/	1
168h	21°C 64%	/	1	/	/	1	0	/	/	0
192h	21°C 63%	/	1	/	/	0	/	/	/	/

**Annexe 1 : la mortalité corrigée des larves de *T. absoluta* par l'extrait de
*Pelargonium Zonale***

Temps	dose	Nbr des larves	Taux de mortalité %	Taux de mortalité % (témoin)
24 Heures	5%	27	37.03	0.00
	10%	27	22.22	0.00
	15%	27	33.33	0.00
	20%	27	33.33	0.00
	25%	27	29.62	0.00
	30%	27	29.62	0.00
	35%	27	22.22	0.00
	40%	27	44.44	0.00
48 heures	5%	27	59.25	0.00
	10%	27	48.14	0.00
	15%	27	59.25	0.00
	20%	27	59.25	0.00
	25%	27	59.25	0.00
	30%	27	44.44	0.00
	35%	27	25.92	0.00
	40%	27	62.96	0.00
72 heures	5%	27	66.66	0.00
	10%	27	62.96	0.00
	15%	27	74.07	0.00
	20%	27	66.66	0.00
	25%	27	70.37	0.00
	30%	27	55.55	0.00
	35%	27	55.55	0.00
	40%	27	81.48	00.00
96 Heures	5%	27	80.94	11.11
	10%	27	62.49	11.11
	15%	27	74.99	11.11
	20%	27	70.82	11.11
	25%	27	74.96	11.11
	30%	27	66.66	1111
	35%	27	62.49	11.11
	40%	27	79.16	11.11
120 Heures	5%	27	80.94	22.22
	10%	27	74.07	22.22
	15%	27	80.94	22.22
	20%	27	80.94	22.22
	25%	27	85.70	22.22
	30%	27	71.41	22.22
	35%	27	71.41	22.22
	40%	27	85.70	22.22
144 heures	5%	27	84.98	25.92
	10%	27	75.00	25.92
	15%	27	84.98	25.92
	20%	27	79.99	25.92

	25%	27	84.98	25.92
	30%	27	84.98	25.92
	35%	27	79.99	25.92
	40%	27	100.00	25.92
168 heures	5%	27	88.23	37.03
	10%	27	76.46	37.03
	15%	27	94.10	37.03
	20%	27	76.46	37.03
	25%	27	94.06	37.03
	30%	27	88.23	37.03
	35%	27	88.23	37.03
	40%	27	100.00	37.03
192 heures	5%	27	88.87	66.66
	10%	27	66.64	66.66
	15%	27	76.87	66.66
	20%	27	77.77	66.66
	25%	27	100.00	66.66
	30%	27	88.87	66.66
	35%	27	88.87	66.66
	40%	27	100.00	66.66

Annexe 2 : la fiche technique de l'évaporateur rotatif BUCHI R-210.

Référence	BUC-23011A000
Affichage	Température, eau/huile
Type d'élévateur	Motorisé
Vitesse de rotation	20-280 Tour/minute
Puissance consommée	1360 W
Taille du ballon	50-4000 ml
Poids maximum du ballon	3 kg
Dimensions (L×H×P)	550×575×415 mm
poids	19 – 21 kg avec le bain
Volume du bain	4 litres
Gamme de température du bain	20 – 180 °C
Pression	+/- 2°C
Dimension du bain chauffant (L×H×P)	285 ×240×300
Poids du ballon chauffant	4kg
Protection IP	IP 21
Conformité	CE
Alimentation	100 -240 V / 50 – 60 Hz

Annexe 3 : Calcul de rendement

Poids de ballon vide	Poids de ballon après évaporation	Poids d'extrait
173.98g	177.58g	3.6g

$$R\% = (3.6 / 100) \times 100$$

$$R\% = 3.6 \%$$