



Laboratoire de Biotechnologie des
Productions Végétales

RÉPUBLIQUE ALGERIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB BLIDA 1

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE ET AGRO-ÉCOLOGIE

Mémoire fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme

Master académique en sciences de la nature et de la vie

Option : phytopharmacie et protection des végétaux

Thème

**Effet comparé de l'activité biologique d'une huile
essentielle de *Pistacia lentiscus* (L., 1753) et d'un produit
de synthèse à l'égard de la mineuse de la tomate *Tuta
absoluta* (Meyrick, 1917)**

Présenté par :

GASMI MOHAMED

Devant le jury composé de :

M^r Moussaoui	Kamel	M.A.A	U. Blida 1	Président
M^{me} Baba-Aissa	Karima	M.A.A	U. Blida 1	Promotrice
M^{me} Remini	Louiza	M.C.B	U. Blida 1	Co-promotrice
M^{me} Allal	Leila	professeur	U. Blida 1	Examinatrice

Remerciements

À l'issue de ce travail, je tiens d'abord à remercier notre éternel tout puissant (ALLAH), source de volonté, de patience, et de courage.

*J'adresse l'expression de ma très vive gratitude et respect, à l'adorable ma promotrice **M^{me} BABA-AISSA K.** qui m'a encadrée durant la réalisation de mon projet et je la remercie pour son appui, sa disponibilité, ses critiques merci aussi pour ses précieux conseils et surtout sa patience et merci pour le temps et les efforts qu'elle m'a consacrés et surtout pour le respect que vous m'avez témoigné durant tout ce temps.*

*Je remercie vivement **M^r MOUSSAOUI K,** qui m'a fait l'honneur de présider ce Jury, et pour avoir été tout le temps disponible pour moi.*

*Je tiens également à remercier les membres du jury. **M^{me} ALLAL L,** d'avoir bien voulu accepter d'examiner ce travail. et à l'adorable **M^{me}. REMINI L.** ma Co-promotrice pour ses conseils, son aide et sa disponibilité durant toute mon étude.*

*Mes vifs remerciements vont également pour **M^{me} BRAHIMI L** et **M^r DJAZOULI Z,** pour leur aide précieuse et leurs conseils.*

Dédicaces

Je dédie ce Travail à :

Ma très chère mère

Mon cher père

**Mes frères : Yacine, Abdeljalil, boukhari et ma sœur la
princesse sarah**

**Toute ma famille et Tous (tes) mes amis (es)
Spécialement sofian n, oussama l, yacine h, youcef b
Tous mes collègues**

Tous mes enseignants

**Enfin, à toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de
loin à la réalisation de ce travail.**

Gasmi mohamed

Résumé

Résumé

Effet comparé de l'activité biologique d'une huile essentielle de *Pistacia lentiscus* (L., 1753) et d'un produit de synthèse à l'égard de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (meyrick, 1917)

L'étude vise à proposer une alternative à la lutte chimique adoptée comme principale méthode depuis l'invasion en Algérie de la mineuse de la tomate.

Le présent travail porte sur l'évaluation de l'effet insecticide d'une bioformulation d'huile essentielle de lentisque de la région de Blida comparée à un produit chimique (TC) et biologique (TB) homologués à l'égard des larves de *Tuta absoluta*.

Après formulation à 10% de l'huile essentielle extraite par entraînement à la vapeur à partir des feuilles de *Pistacia lentiscus*, les essais sont réalisés au niveau d'une exploitation agricole dans la région de khmisti (Wilaya de Tipaza) sur une culture de tomate sous serres de 400 m² de superficie. Les doses testées du bioproduit sont de l'ordre de D1=1,4g ; D2=2,9g et D3=4,3g diluées chacune dans 16Ld'eau. Les traitements T1, T2 et T3 ainsi obtenus sont appliquées à l'aide d'un pulvérisateur manuel et la fluctuation de la population du ravageur cible est suivie durant 12 jours après traitement.

Les résultats de l'analyse statistique de cette étude confirment l'existence d'une différence hautement significative des taux de populations résiduelles (PR%) avec une probabilité de P=0.000 pour le facteur temps et de P=0.004 pour les doses avec (P≤5%).

Comparé aux témoins T0+ et T0- et aux traitements T1 et T2 du bioproduit formulé, le T3 de la forte dose D3 se révèle plus efficace au 3^{ème} jour après traitement en enregistrant un PR de (52,3%) correspondant à une toxicité moyenne. Néanmoins, au même moment, ce dernier reste moins efficace que le TB qui se montre toxique avec un PR de (31,2%) et le TC qui s'affiche fortement toxique avec un taux de PR réduit (12,5%).

Mots clés : Bioinsecticide ; huile essentielle ; lentisque ; toxicité ; *Tuta absoluta*.

ملخص

مقارنة تأثير الزيت الأساسي لنبته (*Pistacia lentiscus* (L., 1753)

مع مبيد صناعي على النشاط الحيوي لحشرة حفارة أنفاق الطماطم

Tuta absoluta (meyrick, 1917)

تهدف الدراسة إلى اقتراح بديل للمكافحة الكيميائية المعتمدة كطريقة رئيسية منذ غزو حفارة أنفاق الطماطم للجزائر.

يركز هذا العمل على تقييم تأثير المركب البيولوجي للزيت الأساسي لنبات الضرو الذي تم جمعه من مناطق ولاية البليدة وذلك بالمقارنة مع مبيدين حشريين مسجلين الأول كيميائي والثاني بيولوجي على يرقات (*Tuta absoluta*).

بعد تركيب 10% من الزيت الأساسي المستخلص من أوراق نبات الضرو بواسطة تقنية ضغط البخار، يتم إجراء الاختبارات على الطماطم المزروعة في البيوت المحمية البلاستيكية تبلغ مساحتها 400 متر²، وذلك على مستوى مستثمر فلاحية في منطقة خميستي التابعة لولاية تيبازة، يكون تركيز الجرعات المختبرة من المركب الحيوي بترتيب D1= 1.4 g , D2= 9 g , D3= 4.3 g كل منها مخفف في كمية من الماء تقدر ب 16 ل بعد ذلك يتم تطبيق الجرعات الناتجة T1.T2.T3. ليتم مراقبة عدد اليرقات لمدة 12 يوما بعد تطبيق العلاج.

أكدت نتائج التحليل الإحصائي لهذه الدراسة وجود فرق كبير للغاية في معدلات الأفراد المتبقية (PR%) مع احتمال $p=0.000$ بالنسبة لعامل الوقت و $p=0.004$ بالنسبة لعامل الجرعات مع $p \leq 5$. بالمقارنة مع الشواهد T0+ و T0- مع العلاج T1 و T2 للمركب الحيوي يظهر لنا أن العلاج T3 ذو التركيز الأعلى D3 هو الأكثر فعالية حيث سجل نسبة أفراد متبقية تساوي PR=52.3% ما يجعله تحت تصنيف متوسط السمية إلا أنه يبقى أقل فعالية بالنسبة للعلاج ذو التصنيف سام TB والذي سجل نسبة أفراد متبقية تساوي PR=31.2% وأقل من العلاج TC ذو التصنيف عالي السمية بنسبة أفراد متبقية PR=12.5%.

كلمات المفتاح: زيت أساسي , السمية, مبيد حيوي, نبات الضرو, حفارة أنفاق الطماطم.

Summary

Comparative Effect of the Biological Activity of a *Pistacia Lentiscus* (L., 1753) Essential Oil and a Synthetic Product on Tomato Miner *Tuta Absoluta* (meyrick, 1917)

The study aims to propose an alternative to chemical control adopted as the main method since the invasion of tomato miner in Algeria.

This work focuses on the evaluation of the insecticide effect of a bioformulation of lentisque essential oil from Blida region compared to a registered products one of them chemical (TC) the other one is biological (TB) for *Tuta absoluta* larvae.

After formulating 10% of the essential oil extracted by water evaporation transport from the leaves of *Pistacia lentiscus*, the tests in a private farm in the Khmisti region (Wilaya of Tipaza) on greenhouses tomatoes cultivation of 400 m² of area, the tested doses of the bioproduct are in the order of D1=1.4g; D2=2.9g and D3=4.3g each diluted in 16L of water. The resulting T1, T2 and T3 treatments are applied with a manual sprayer and the population of the target pest is monitored for 12 days after treatment.

The statistical analysis results of this study confirm the existence of a highly significant difference in residual population rates (PR %) with a probability of P=0.000 for time factor and P=0.004 for the doses with (P 5%).

Compared to T0+ and T0- and the T1 and T2 treatments of the formulated bioproduct, the T3 of the high D3 dose is more effective on the 3rd day after treatment by recording an PR of (52.3%) corresponding to average medium toxicity, at the same time, this latter remains less effective than TB which is toxic with a PR= (31.2%) and TC which is highly toxic with a reduced PR = (12.5%).

Keywords: Bioinsecticide; essential oil; P, Lentisqus; toxicity; *Tuta absoluta*.

Table des matières

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Table des matières

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale	1
Chapitre I Synthèse bibliographique	3
1.1. Données bibliographiques sur la tomate	3
1.1.1. Origine et historique	3
1.1.2. Classification botanique	3
1.1.3. Les modes de Culture de la tomate	4
1.1.3.1. Culture de plein champ	4
1.1.3.2. Culture protégée	4
1.1.4. Importance économique de la tomate	4
1.1.4.1. Dans le monde	4
1.1.4.2. En Algérie	5
1.1.5. Maladies et ravageurs de la tomate	6

1.1.5.2. La mineuse de la tomate : <i>Tuta absoluta</i>	8
1.2. Données bibliographiques sur la mineuse de la tomate	9
1.2.1. Généralités sur <i>Tuta absoluta</i>	9
1.2.2. Origine et répartition dans le monde	10
1.2.3. En Algérie	10
1.2.4 Position systématique	11
1.2.5. Cycle biologique	11
1.2.6. Biologie	12
1.2.7. Les plants hôtes	12
1.2.8. Dégâts	13
a. Sur feuille	13
b. Sur tige ou pédoncule	13
c. Sur fruits	14
1.2.9. Les méthodes de lutte contre <i>Tuta absoluta</i>	14
1.2.9.1 Mesures prophylactiques	14
1.2.9.2. La lutte chimique	14
1.2.9.3. Lutte biotechnique	15
1.2.9.4. Lutte variétale	15
1.2.9.5. Lutte biologique	15
1.2.9.5.1. Utilisation des auxiliaires	15
1.2.9.5.2. Les stimulateurs de défense naturelle	16
1.2.9.5.3. Les biopesticides	17

1.2.9.5.4. Les huiles essentielles	17
1.3. Données bibliographiques sur les huiles essentielles	17
1.3.1. Définition d'une huile essentielle	17
1.3.2. Le rôle des huiles essentielles chez les plantes	17
1.3.3. Techniques d'extraction des huiles essentielles	18
1.3.3.1. La distillation	18
1.3.3.1.1. Hydrodistillation	18
1.3.3.1.2. Distillation par entraînement à la vapeur d'eau	19
1.3.3.1.3. Distillation à la vapeur directe (Hydrodiffusion)	19
1.3.3.2. Extraction par solvants	20
1.3.3.3. L'expression à froid	20
1.3.3.4. Extraction par micro-ondes	21
1.3.3.5. Extraction par le CO2 supercritique	21
1.3.4. Localisation des huiles essentielles dans les plantes	22
1.4. Données bibliographiques sur la plante étudiée Pistacia lentiscus (L., 1753).	22
1.4.1. Généralités	22
1.4.2. Classification systématique	22
1.4.3. Caractéristiques botaniques	23
1.4.4. Répartition géographique de Pistacia lentiscus L.	25
1.4.5. Exigences écologiques du pistachier lentisque	25
Chapitre II Matériel et méthode	27

2.1. Objectif de l'étude	
2.2. Présentation de la région d'étude	27
2.2.1. Situation géographique et climatique	27
2.3. Lieu de l'expérimentation	28
2.4. Matériel utilisé	28
2.4.1. Matériel de laboratoire	28
2.4.2. Matériel végétal	29
2.4.2.1. Extraction de l'huile essentielle	30
2.4.3. Matériel animal	32
2.4.3.1. Prélèvement des échantillons	32
2.5. Méthodes	33
2.5.1. Estimation du rendement en huile essentielle	33
2.5.2. Formulation	33
2.5.3. Préparation des traitements	33
2.5.4. Essais de traitements chimiques et biologiques sous serre	34
2.5.5. Application des traitements	35
2.5.6. Analyse des données	37
2.5.6.1. Dénombrement	37
2.5.6.2. Estimation de l'activité biologique des différentes doses du bioproduit formulé de l'huile essentielle de lentisque et des produits chimique et biologique homologuées	37
2.5.6.3. Analyse de la variance	37
Chapitre III Résultats	38
3.1. Rendement en huile essentielle	38

3.2. Évaluation de l'activité insecticide de la bioformulation de lentisque et des produits chimique et biologique homologués par rapport aux doses et au temps	38
3.2.1. Evolution temporelle de la toxicité de la bioformulation de lentisque par comparaison au produit chimique	38
3.2.2. Test ANOVA ONE WAY appliqué aux essais de l'évaluation de la toxicité du bioproduit formulé par rapport au produit biologique homologué	40
3.3.1. Evolution temporelle de la toxicité de la bioformulation de lentisque par comparaison au produit biologique homologué	40
3.3.2. Test ANOVA ONE WAY appliqué aux essais de l'évaluation de la toxicité du bioproduit formulé par rapport au produit biologique homologué	42
Discussion	45
Conclusion	49
Références bibliographiques	51

Liste des figures

Figure 1.1	Evolution des quantités transformées par la filière algérienne au cours des trente dernières années	5
Figure 1.2	Gelechiidae type	11
Figure 1.3	Cycle de développement de <i>Tuta absoluta</i>	11
Figure 1.4	Larve L1 de <i>Tuta absoluta</i>	12
Figure 1.5	Dégâts de <i>Tuta. Absoluta</i> sur feuille de la tomate	13
Figure 1.6	Dégâts de <i>Tuta absoluta</i> sur tige de la tomate	13
Figure 1.7	Dégâts de <i>Tuta absoluta</i> sur fruits de tomate	14
Figure 1.8	Principe schématisé de l'appareillage d'hydrodistillation	18
Figure 1.9	Principe schématisé de l'appareillage d'entraînement à la vapeur d'eau	19
Figure 1.10	Principe schématisé de différentes étapes d'hydro-diffusion	19
Figure 1.11	Technique d'extraction par solvant	20
Figure 1.12	Extraction assisté par micro-ondes	21
Figure 1.13	Montage d'extraction par les fluides supercritiques	21
Figure 1.14	Arbuste de <i>Pistacia lentiscus L.</i>	23
Figure 1.15	Feuilles de <i>Pistacia lentiscus L.</i>	24
Figure 1.16	Fruits de <i>Pistacia lentiscus L.</i>	24
Figure 1.17	Distribution géographique du genre <i>Pistacia</i>	25
Figure 2.1	Localisation de la commune de Khmisti dans la wilaya de Tipaza	27
Figure 2.2	Matériel de laboratoire utilisé dans l'expérimentation	28
Figure 2.3	Matériel utilisé pour collecte de données sur site d'étude	29
Figure 2.4	Site de récolte de lentisque Ghabet ezzaouch	29
Figure 2.5	Disruption du matériel végétal <i>Pistachia lentiscus</i>	30
Figure 2.6	Dispositif d'extraction par entraînement à la vapeur d'eau	31
Figure 2.7	Mise dans l'extracteur de la matière végétale	31
Figure 2.8	Rendement en huile essentielle	31

Figure 2.9	Différents stades de <i>Tuta absoluta</i>	32
Figure 2.10	Bioformulation à base d'huile essentielle de <i>Pistacia lentiscus</i>	33
Figure 2.11	Des échantillons collectés	34
Figure 2.12	Dispositif expérimental	35
Figure 2.13	Dispositif expérimental	35
Figure 2.14	Application des traitements à l'aide d'un pulvérisateur manuel	35
Figure 2.15	Schéma directeur des différents traitements appliqués sur les larves de <i>Tuta absoluta</i>	36
Figure 3.1	Evolution temporelle de la toxicité de la bioformulation de lentisque et du produit chimique	39
Figure 3.2	Evaluation de l'efficacité de la bioformulation de lentisque par rapport au produit biologique homologué	41
Figure 3.3	Evaluation globale de la toxicité des différents traitements appliqués	42
Figure 3.4	Effet comparé des populations résiduelles de <i>Tuta absoluta</i> sous l'effet des différentes doses du produit formulé et des produits homologués	44

Liste des tableaux

Tableau 1.1	Les premiers pays producteurs de tomate au monde	5
Tableau 1.2	Les principales maladies fongiques et bactériennes	6
Tableau 1.3	Les maladies virales	7
Tableau 1.4	Les ravageurs	7
Tableau 1.5	Les principaux ennemis de <i>Tuta absoluta</i> dans le bassin méditerranéen	16
Tableau 1.6	Taxonomie de <i>Pistacia lentiscus L</i>	24
Tableau 3.1	Test ANOVA ONE WAY appliqué aux essais de l'évaluation de la toxicité du bioproduit formulé par rapport au produit biologique homologué	39
Tableau 3.2	Test ANOVA ONE WAY appliqué aux essais de l'évaluation de la toxicité du bioproduit formulé par rapport au produit biologique homologué	41
Tableau 3.3	Modèle G.L.M. appliqué aux essais de traitements sur les populations résiduelles de <i>Tuta absoluta</i>	43

Introduction générale

Introduction générale

En Algérie, la tomate a une place très privilégiée dans le secteur maraîcher. (Ferrero, 2009). Elle est classée comme second produit après la pomme de terre, de par la place qu'elle occupe dans les habitudes alimentaires Algériennes (Baci, 1995). Les plus grandes wilayas productrices de la tomate fraîche sont Biskra avec une production de 2,33 million de qx, Mostaganem avec une production de 1,33 million de qx, Tipaza avec 1,04 million de qx et Ain Defla avec 728.250 qx (MADR, 2017)

Selon l'ITCMI (2021), la surface totale cultivée sous serres multi chapelles est de 781,62 Ha avec une production de 1 330 445 T/Ha alors que pour les serres tunnels elle est de 4687,98 Ha avec une production de 4 817 138 T/Ha.

Les tomates sont produites en vue de la consommation en frais ou en fruits transformés. Cependant, la production de la tomate industrielle s'est élevée à plus de 23 millions de quintaux en 2021, enregistrant une croissance de plus de 17% (François-Xavier, 2021).

Néanmoins, la culture de la tomate sous abris et en plein champs fait l'objet de plusieurs maladies bactériennes, fongiques et des ravageurs notamment des insectes, causant un impact négatif sur le rendement des producteurs (Anonyme, 2021). Parmi ces insectes, la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* doté d'un grand potentiel de dissémination lié principalement à ses caractéristiques biologiques, sa capacité d'acclimatation et aussi aux échanges commerciaux (Blanca rd et al. 2009) est considérée comme l'un de ses ravageurs les plus redoutables en engendrant des dégâts considérables.

A cet effet, les pesticides chimiques de synthèse ont pris une importance particulière dans la lutte contre ces ennemies ; mais leur emploi abusif cause non seulement des nuisances sanitaires et des désordres écologiques mais aussi l'apparition d'espèces résistantes à certains insecticides (Siqueira et al., 2000). De même l'emploi intensif et inconsidéré de ces insecticides a provoqué une contamination de la chaîne alimentaire et une éradication des espèces non cibles telles que la faune auxiliaire (Soejarto et al., 1989)

Ainsi, dans le but de préserver l'environnement et de ne pas nuire la santé humaine et animale, la recherche de méthodes de lutte biologiques devient impérative

(Andry, 2010). Toutefois la lutte par le biais de biopesticides d'origine végétale constitue l'une des alternatives prometteuses à l'utilisation massive des produits phytosanitaires de synthèse (Chiasson, 2007).

Selon Gomez et *al.* (1997). ces biopesticides d'origine végétale ont toujours constitué une source majeure pour l'élaboration de nouvelles substances aux propriétés biocides.

Pistacia lentiscus est un arbrisseau dioïque thermophile d'origine méditerranéenne, qui pousse à l'état sauvage dans tout type de sols (Djerrou, 2011). Les feuilles sont pourvues d'activité anti-inflammatoire, antibactérienne, antifongique, antipyrétique, astringente, hépato-protective, expectorante et stimulante (Kordali et *al.*, 2003).

De même, l'extrait du *Pistacia lentiscus* est connu pour son activité insecticide (Chouder., 2019). Des auteurs avancent que les huiles essentielles ou les extraits de plantes sont prometteurs pour la lutte contre les bio-agresseurs (Adjoudji et *al.*, 2000).

La question traditionnellement posée par les producteurs est de savoir, comment protéger naturellement leurs cultures des ravageurs et maintenir la nuisibilité à un seuil économiquement acceptable pour éviter la perte de la production et atteindre des rendements élevés ?

Toutefois pour lutter contre *Tuta absoluta* et dans la perspective de contribuer à une agriculture saine et respectueuse de l'environnement, notre choix s'est porté sur la valorisation d'une plante médicinale (*Pistacia lentiscus*) poussant spontanément dans l'Atlas Blidéen

L'objectif de ce travail réside dans l'étude de l'effet temporel du pouvoir insecticide d'une bioformulation d'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* (L., 1753) comparées à deux produits homologués l'un biologique et l'autre chimique vis à vis des larves de *Tuta absoluta* et cela par l'estimation de l'évolution des populations résiduelles.

Chapitre I

Synthèse

bibliographique



1.1. Données bibliographiques sur la tomate

1.1.1. Origine et historique

La tomate du genre *Lycopersicon* est une plante cultivée dans le monde entier pour son fruit. Elle est originaire des régions Andines côtières du Nord-Ouest de Chili, et de la côte Pacifique aux contreforts des Andes (Equateur, Pérou). C'est dans ces régions, que des plantes spontanées de diverses espèces, de l'ancien genre *Lycopersicon*, notamment *Solanum lycopersicum ceraciforme* (la tomate cerise) ont été découvertes (**Kolev, 1976**).

1.1.2. Classification botanique

Les botanistes modifièrent à plusieurs reprises les noms de genre et d'espèces attribués à la tomate. Elle a été classée par Linné en 1753, comme *Solanum lycopersicon*, c'est finalement *Lycopersicon esculentum* attribué par Philippe Mill en 1754, qui a été retenue (**Munro et Small, 1997**).

Spichiger et al. (2004) ; Dupont et Guignard (2012) rappellent la systématique de la tomate comme suit :

Règne : *Plantae*

Sous règne : *Trachenobionta*

Division : *Magnoliophyta*

Classe : *Magnoliopsida*

Sous classe : *Asteridae*

Ordre : *Solanales*

Famille : *Solanaceae*

Genre : *Lycopersicum*

Espèce : *Lycopersicon esculentum* L. 1753.



1.1.3. Les modes de Culture de la tomate

1.1.3.1. Culture de plein champ

La culture de plein champ encore appelée culture de saison, est réalisée à une période de l'année qui permet à la plante, à partir de sa mise en place dans le lieu de production considéré, d'arriver au stade où elle doit être récoltée pour être consommée, sans l'utilisation d'artifices de culture **(Péron, 2004)**.

Les producteurs cultivent surtout des variétés de type déterminé. Ainsi, l'agriculteur n'a pas la maîtrise de certains facteurs du milieu tels que la température, la teneur en CO₂, et doit par ailleurs adapter la gestion de l'irrigation et de la nutrition minérale en fonction des caractéristiques physico-chimiques du sol. Les rendements en plein champs de la tomate peuvent varier de 20 à 100 t/ha, alors que les rendements sous serre peuvent excéder 500 t/ha avec des maximas de 700 t/ha **(Heuvelink et Dorais, 2005)**.

1.1.3.2. Culture protégée

La culture protégée (abritée) fait appel à l'utilisation de matériaux de couvertures des plantes durant la totalité ou une partie de la culture et, éventuellement à l'utilisation de chaleur artificielle. Les cultures sous bâches à plat, sous petits tunnels, en grands tunnels, en bi tunnels ou en abris multi chapelle à couverture plastique ainsi qu'en serre, constituent l'ensemble des cultures protégées **(Polese, 2007)**.

1.1.4. Importance économique de la tomate

1.1.4.1. Dans le monde

La tomate est la troisième espèce cultivée au monde, après la pomme de terre et la patate douce, et le deuxième légume le plus consommé (De Broglie et Guérout, 2005). Ce légume représente donc un enjeu économique, et est soumis à une concurrence importante. Cent cinquante millions de tonnes de tomates sont produites annuellement dans le monde **(F.A.O, 2006) (Péron, 2006)**. Cette production se répartit sur tous les continents : 44% en Asie, 22,5% en Amérique, 21,5% en Europe, 12% en Afrique **(Grasselly et al., 2000)**. **(Tab. 1)**.



Tableau 1.1. Les premiers pays producteurs de tomate au monde

Pays	Volume (tonnes)
Chine	33,6 millions
États-Unis	11,5 millions
Turquie	10 millions
Italie	6 millions
Espagne	3,6 millions
Grèce	1,4 millions
France	750 000
Canada	608 000
Belgique	245 000
Suisse	27 000

(Anonyme, 2019)

1.1.4.2. En Algérie

La tomate occupe une place très importante dans le secteur maraîcher en Algérie, elle est considérée à juste valeur que la pomme de terre, l'ail et l'oignon, qui forment un groupe d'espèces prioritaires **(F.A.O, 2008)**.

Selon les sources locales, la saison 2021 aurait affiché « une croissance de plus de 17% par rapport à l'exercice précédent (19 millions de quintaux), ce qui a permis à l'Algérie d'assurer son autosuffisance **(Branthôme, 2021)**.

1.1.5. Maladies et ravageurs de la tomate

Le nombre de maladies et parasites qui peuvent affecter une culture de tomate étant très élevé, les plus importants sont mentionnés dans les tableaux suivants :



Tableau 1.2. Les principales maladies fongiques et bactériennes

Maladie	Agent phytopathogène	Symptômes
Chancre bactérien	<i>Clavibacter michiganensis</i>	Flétrissement unilatéral sur feuille,
Anthraxose	<i>Colletotrichum coccodes</i>	Tâches plus ou moins circulaires de 1 cm avec un centre noirâtre sur les fruits mûrs.
Mildiou	<i>Phytophthora infestans</i>	Légères tâches foncées avec un point jaune dans leur centre
Alternariose	<i>Alternaria solani</i>	Tâches rondes et brunes avec des cercles concentriques sur les feuilles
Verticilliose	<i>Verticillium albo- atrum</i>	Jaunissement en forme de V des feuilles de bas en haut suivi d'un flétrissement
Oïdium	<i>Leveillulataurica, Oidiopsistaurica</i>	Apparition de taches jaunes sur la face supérieure des feuilles, et d'un duvet blanc sur la face inférieure

(Kouamé et *al.*, 2008).



Tableau 1.3. Les maladies virales

Maladie virale	Symptômes et dégâts
Virus de la mosaïque du tabac (TMV)	des plages vert clair et vert foncé sur feuilles jeunes.
Tomato chlorosis crinivirus et Tomato infectious chlorosis crinivirus (TICV), Tomato spotted, wilt virus ou maladie bronzée Tomato yellow leaf –cruf (TYLCV)	provoquant la crispation et jaunissement des feuilles.
Virus Y de la pomme de terre (PYN)	des nécroses sur feuilles avec dessèchement.

(Snoussi, 2010).

Tableau 1.4. Les ravageurs

Insectes et ravageurs	Nom scientifique	Symptômes et dégâts
Acariens	<i>T.cinnabarinus</i>	La face inférieure des folioles devient brune à bronzée
Pucerons	<i>Macrosiphome eneuphorbiae</i>	Enroulement des feuilles
Aleurodes	<i>Trialeurodes vavariorum</i>	Rabougrissement des apex et développement de fumagine
Noctuelles terricoles	<i>Chloridea armigera</i>	Les jeunes chenilles dévorent le collet et entraînent la mort de la plante.
Nématodes à galles	<i>Meloidogyne incognito</i>	Des galles sur les racines les feuilles jaunissent puis la plante dépérit.
Thrips	<i>Frankliniella occidentalis,</i> <i>Thrips tabaci</i>	chute des fleurs ou la déformation nécrotique des fruits

(Shankara et al., 2005).



1.1.5.2. La mineuse de la tomate : *Tuta absoluta*

La mineuse attaque les feuilles et les fruits de la tomate, ainsi que d'autres Solanacées. La lutte contre ce nouveau ravageur passe, outre les mesures de prophylaxie, par des pièges à phéromones et l'emploi d'auxiliaires parasitoïdes, des œufs et des larves. La mineuse de la tomate provoque des galeries sinueuses entre les épidermes. En cas de forte attaque, il y'a un dessèchement total du feuillage (Snoussi, 2010). (Chougar, 2011).

1.2. Données bibliographiques sur la mineuse de la tomate

1.2.1. Généralités sur *Tuta absoluta*

Depuis 2008, un ravageur originaire d'Amérique du sud a fait son entrée sur le territoire algérien. Il s'agit de *Tuta absoluta* Meyrick (*Lepidoptera* : *Gelechiidae*) un micro-lépidoptère phytophage dont les larves causent d'importants dégâts sur tomate et autres Solanacées (Pires et al., 2008). Cette mineuse constitue un facteur limitant du développement de la culture puisqu'elle peut causer entre 70 % et 100% de pertes (Oliviera et al., 2007).

Il est estimé qu'un total de 84,9 % (3,7 M ha) et 87,4 % (133,7 M tonnes) de la surface mondiale cultivée en tomates et de la production mondiale de tomates, respectivement, sont maintenant directement menacées par *T. absoluta* et pourraient être infestés dans un futur proche (Caparros et al., 2012).

Tuta absoluta est un ravageur qui infeste une large gamme de cultures Solanacée, y compris le poivron (*Capsicum annuum* L.), l'aubergine (*Solanum melongena* L.) et la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.). Malgré sa nature sténophage, il a été signalé que ce ravageur peut étendre sa gamme d'hôte. En effet, *T. absoluta* a été signalée sur d'autres cultures non-Solanacées comme la pastèque (*Citrullus lanatus* L.) de la famille des Cucurbitacées et la fève (*Vicia faba* L.) de la famille des *Fabaceae* (Mssissi et al., 2020). *T. absoluta* est très invasive et peut produire jusqu'à 12 générations par an et on estime que la femelle peut pondre jusqu'à 300 œufs au cours de sa vie. Le ravageur est devenu le principal goulot d'étranglement dans la production de tomates dans le monde entier en raison de son



caractère invasif. Diverses études ont indiqué que s'il n'est pas contrôlé, il peut causer jusqu'à 100% de perte (**Aigbedion-Atalor et al., 2011**).

La mineuse de la tomate est également appelée selon **Eppo, (2005)** : *Phthrimaea absoluta* (Meyrick, 1917), *Gnorimoschema absoluta* (Clarke, 1962) et *Scrobipalpula absoluta* (Povolný, 1964).

1.2.2. Origine et répartition dans le monde

Selon **Mugniery et al., (1996)**, *Tuta absoluta* est présente dans des zones tempérées de haute altitude d'Amérique du Sud. Elle est signalée, d'après **Urbaneja et al ; 2007 in Berkani et Badaoui (2008)**, en Argentine en 1964, puis s'est propagée vers d'autres pays de l'Amérique latine : Bolivie, Brésil, Chili, Colombie, Equateur, Paraguay, Uruguay et Venezuela. D'après **Amazouz (2008)**, elle a été déclarée au Japon en 1962.

Ce Lépidoptère allochtone signalé la première fois dans la zone Euro-méditerranéenne à la fin 2006 (**Eppo, 2007**), mis en évidence au Maroc et l'Algérie au printemps 2008 (**Germain et al., 2009**), est détecté en 2010, en Italie, Suisse, Portugal, Hollande, Malte, Tunisie et Lybie (**Anonyme, 2010**).

1.2.3. En Algérie

Le ravageur a été signalé pour la première fois à la fin de l'hiver 2008 à Mostaganem (côte Ouest de la zone côtière), dans les cultures de tomate sous serre, puis s'est étendu dans les régions littorale et sublittoral vers l'Est (**Berkani et Badaoui, 2008 ; INPV, 2008 ; Guenaoui, 2012**).

En effet, au printemps 2008, les premiers foyers ont été observés dans les serres de tomates dans la commune de Mazagran (prés de Mostaganem) et rapidement étendus, aux communes Mitoyennes. Les dégâts sur les feuilles ont été signalés en Mars et sont apparus sur fruits en Mai. D'autres foyers ont également été signalés dans la commune de Hassi Bounif (prés d'Oran). La direction d'avancement du ravageur à travers le territoire national est illustrée dans la carte ci-dessous (**INPV, 2008**).



En 2009, 16 wilayas productrices de tomate ont été touchées par ce ravageur (Mostaganem, Chlef, El Taref, Oran, Ain Defla, Boumerdès, Alger, Bouira, Tizi-Ouzou, Bejaia, Jijel, Skikda, Mila, Tlemcen, M'Sila et Biskra) (**Chougar, 2011**).

1.2.4 Position systématique

La position systématique de *Tuta absoluta* Meyrick 1917 établie par Bourgogne en 1951, reprise par Sefta, (1999) montre que cette espèce appartient à :

L'embranchement :	<i>Arthropoda</i>
Le sous-embranchement :	<i>Uniramia</i>
La classe :	<i>Insecta</i>
L'ordre :	<i>Lepidoptera</i>
La famille :	<i>Gelechiidae</i>
La sous-famille :	<i>Gellechiinae</i>
Le genre :	<i>Tuta</i>
L'espèce :	<i>T.absoluta</i> (Povolný, 1964).



Figure 1.2. Gelechiidae type (Povolny, 1994).



1.2.5. Cycle biologique

Le cycle biologique de la mineuse de la tomate commence par la ponte des œufs par les femelles et fini par l'émergence des imagos.

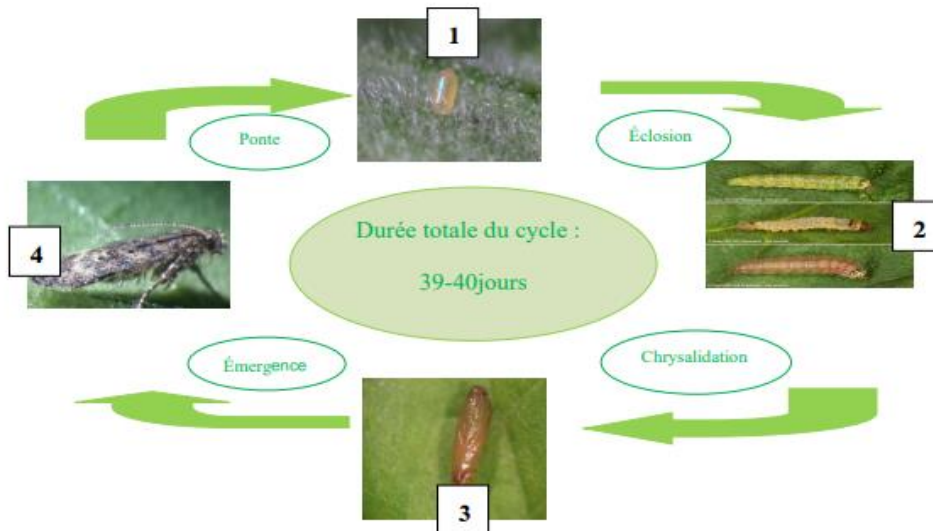


Figure 1.3. Cycle de développement de *Tuta absoluta* (C.S.A.N, 2017).

1 : Incubation. 2. Développement larvaire.

3. Métamorphose. 4. Adulte.

1.2.6. Biologie

Le cycle biologique est accompli en 29-38 jours selon les conditions environnementales (Eppo, 2007).

Une femelle peut pondre isolément, de 40 à plus de 200 œufs de préférence à la face inférieure des feuilles ou au niveau des jeunes tiges tendres et des sépales des fruits immatures. Après l'éclosion, les jeunes larves (Fig. 4.) Pénètrent dans les feuilles, les tiges ou les fruits quel que soit le stade de développement du plant de tomate. Les chenilles creusent des galeries dans lesquelles elles se développent. Une fois le développement larvaire achevé en 4 stades successifs, les chenilles se transforment en chrysalides soit dans les galeries, soit à la surface des plantes hôtes ou bien dans le sol.

Cet insecte passe l'hiver à l'état d'œuf, chrysalide ou adulte. Les adultes mâles vivent 6-7 jours et les femelles 10-15 jours. Cet insecte n'est pas présent à des altitudes supérieures à 1000m (limite climatique) (Anonyme, 2008).





Figure 1.4. Larve L1 de *Tuta absoluta* (INRA, 2008).

1.2.7. Les plants hôtes

Il est évident que dans la nature, les insectes phytophages ne pondent pas leurs oeufs de façon aléatoire sur toutes les plantes qu'ils rencontrent dans l'habitat. Certaines femelles Lépidoptères sont effectivement capables de détecter à distance les arômes émanant des plantes hôtes (Fraval, 2009).

Peyrera et Sanchez (2006) rappellent que *Tuta absoluta* se développe principalement sur la tomate mais aussi sur diverses autres espèces de Solanacées cultivées telles que la pomme de terre (*Solanum tuberosum*), et l'aubergine (*Solanum melongena*), ainsi que plusieurs autres espèces sauvages ou ornementales comme les morelles noires et jaunes (*Solanum elaeagnifolium* et *Solanum nigrum*), la stramoine épineuse (*Datura ferox*), le datura (*Datura stramonium*), et le tabac (*Nicotina glauca*).

En effet, des espèces appartenant aux familles des Solanacées, Amarantacées, euphorbiacées, Cucurbitacées, Géraniacées, Fabacées, Astéracées, Malvacées, et aux Chenopodiacées peuvent permettre un développement partiel ou complet du ravageur (Ouedraogo, 2020).

1.2.8. Dégâts

Après un premier stade baladeur, la larve peut pénétrer dans tous les organes, quel que soit le stade de développement de la plante.

a. 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. (**Ramel et Oudard, 2008**).



Figure 1.5. Dégâts de *Tuta. Absoluta* sur feuille de la tomate (**DFP, 2008**).

b. Sur tige ou pédoncule, la nutrition et l'activité de la larve perturbent le développement des plantes.



Figure 1.6. Dégâts de *Tuta absoluta* sur tige de la tomate (**Mahmoud et al., 2008**).

c. Sur fruits, les tomates présentent des nécroses sur le calice et des trous de sortie à la surface (Fig.7). 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 ; Monserrat Delgado, 2009**).



Figure 1.7. Dégâts de *Tuta absoluta* sur fruits de tomate (**Mahmoud et al., 2008**).



1.2.9 Les méthodes de lutte contre *Tuta absoluta* :

1.2.9.1 Mesures prophylactiques

Frey et al., (2014) proposent des mesures prophylactiques préventives notamment pour la brûlure des plants suspects et les organes atteints afin d'éviter la propagation de la contamination, la rotation avec des cultures non hôtes (laitues) et l'intervention pendant l'inter-culture (solarisation). Le travail du sol et le désherbage de l'intérieur et les alentours des serres et les parcelles de plein champ a pour but de supprimer les plantes refuges. Quant à sous-serre la première mesure de protection est de mettre en place des plants sains en parallèle avec la désinfection du sol entre deux plantations pour supprimer les pupes. Deux autres étapes aussi très importantes qui sont la protection des ouvertures des serres avec des filets insectes-proof qui empêchent l'entrée des Insectes (maille minimale 9*6 fils/cm²) et l'aménagement d'un système de doubles portes pour que les serres soient bien isolées.

1.2.9.2. La lutte chimique

Les ravageurs similaires à *T. absoluta* avec une capacité élevée et des générations plus courtes, représentent un risque majeur de développement de la résistance ; il serait facile de générer une population résistante à partir de quelques individus résistants. En plus les insecticides efficaces sont peu nombreux ce qui amplifie la fréquence de leur utilisation et donc, l'augmentation de la pression de la sélection et le risque de l'apparition de la résistance (**Guenaoui, 2008**). **Cependant,** la lutte chimique est un élément incontournable pour le programme de lutte contre la mineuse de la tomate, il rentre dans le concept global de la lutte intégrée. C'est la principale mesure de contrôle utilisée par les agriculteurs afin de maintenir le nombre de ravageurs en dessous du seuil de nuisibilité (**khellaf, 2017**).

Elle a donné des résultats très variables selon les matières actives, tout en restant inefficace pour l'éradication complète du ravageur (**Chougar, 2011**).



1.2.9.3. Lutte biotechnique

La lutte biotechnique se base sur le piégeage massif des adultes mâles de *T. absoluta* à l'aide des pièges à phéromones sexuelles. (**Collavino et Gimenez, 2008**), à glue, à eau et des pièges lumineux (**Idrenmouche, 2011**). Un entretien régulier est indispensable (changement des capsules de phéromones, nettoyage du piège, remplacement du liquide). Les pièges sont idéalement repartis de manière homogène au niveau bas des plantes avec un piège/400 m² (**Bodendörfer et al., 2011**).

1.2.9.4. Lutte variétale

Parmi les alternatives de la lutte chimique, l'utilisation de variétés résistantes est une suggestion testée ayant eu des résultats satisfaisants, (**Leite, 2003**).

1.2.9.5. Lutte biologique

1.2.9.5.1. Utilisation des auxiliaires

Plus de 20 espèces de parasites ont été décrits pour *T. absoluta* (**Luna et Wada, 2006**). (Tab. 5). Plusieurs essais de lutte biologique contre ce ravageur sont connus en Amérique du Sud, particulièrement avec le parasitoïde des œufs *Trichogramma* (**Medeiros et al., 2006**). L'efficacité de ces agents biologiques contre *T. absoluta* est inconnue, bien que les meilleurs résultats soient bons pour *Trichogramma* et *Macrolophus*. (**Potting, 2009**).



Tableau 1.5. Les principaux ennemis de *Tuta absoluta* dans le bassin méditerranéen

Ordre	Famille	Espèces	Stade biologique
<i>Hymenoptera</i>	<i>Eulophidae</i>	<i>Necremnus artynes</i>	L ₂ –L ₃
	<i>Braconidae</i>	<i>Braconidae sp.</i>	Larve
	<i>Trichogrammatidae</i>	<i>Trichogramma sp.</i>	œuf
<i>Hemiptera</i>	<i>Miridae</i>	<i>Nesidiocoris tenuis</i>	Œuf
<i>Hemiptera</i>	<i>Nabidae</i>	<i>pseudoferus ibericus</i>	larve

(Desneux *et al.*, 2010).

1.2.9.5.2. Les stimulateurs de défense naturel

Les stimulateurs des défenses naturelles des plantes (SDN) sont une famille particulière de pesticides, ce sont des molécules biologiques d'origine naturelle ou de synthèse capables de déclencher les événements moléculaires, biochimiques et cytologiques menant à l'expression de la résistance chez une plante. Il s'agit donc d'une sorte de « vaccin » susceptible d'activer le « système immunitaire » de la plante de telle sorte qu'une plante initialement sensible à un agent pathogène ou un bioagresseur devienne résistante (Blancard, 2019).



1.2.9.5.3. Les biopesticides

Les pesticides naturels d'origine végétale, constituent une alternative intéressante face aux insecticides conventionnels pour contrôler les nuisibles. Ils sont considérés comme écologiques et facilement dégradables (**Soares et al., 2019**). L'attention, aujourd'hui, semble se porter sur l'utilisation des biopesticides comme une alternative plus viable que les pesticides chimiques. Ce vocable désigne les pesticides d'origine biologique, c'est-à-dire des organismes vivants ou substances d'origine naturelle synthétisée par ces derniers et plus généralement tout produit de protection des plantes qui n'est pas issue de la chimie (**Rochefort et al., 2006**). En raison des nombreux désordres écologiques, l'une des alternatives prometteuses au recours massive à l'utilisation de produits phytosanitaires de synthèse est la lutte à base de biopesticides d'origine végétale. (**Chiasson, 2007**).

1.2.9.5.4. Les huiles essentielles

Pour lutter contre *T. absoluta*, la capacité insecticide des huiles essentielles d'extrait des plantes locales ou en formulation commerciale a été évaluée au laboratoire et en serre avec des résultats mitigés, l'efficacité dépend de la famille de la plante et du type d'extrait utilisé (**Mimiche et al., 2021**).

1.3. Données bibliographiques sur les huiles essentielles

1.3.1. Définition d'une huile essentielle

L'huile essentielle désigne le produit obtenu à partir d'une matière première d'origine végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe, soit par distillation sèche, elle est ensuite séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques (**Afnor, 2000**).

1.3.2. Le rôle des huiles essentielles chez les plantes

Dans la physiologie de la plante reste encore mal connu. Toutefois, Elles sont en général considérées comme des déchets du métabolisme ou des sous-produits de l'activité métabolique d'une plante (**Amiot, 2005**). Plusieurs de leurs effets utiles ont été décrits telles que la réduction de la compétition des autres espèces de plantes (allélopathie) par inhibition chimique de la germination des graines. Les



huiles essentielles pourraient avoir un rôle attractif vis-à-vis des insectes, favorisant la pollinisation (**Guignard, 2000**). Certains auteurs affirment que les huiles essentielles jouent un rôle hormonal, régulateur et catalyseur dans le métabolisme végétal, assurant leur défense et aidant la plante à s'adapter à son environnement (**Fouché, 2000**). Des travaux sont effectués dans ce contexte et ont montré une efficacité des extraits des plantes (**Guarrera, 1999**).

1.3.3. Techniques d'extraction des huiles essentielles

1.3.3.1. La distillation

La distillation est un procédé qui utilise la nature volatile des composants aromatiques pour les séparer du reste de la plante. L'association à l'eau s'appuie sur la théorie des liquides mélangés mais non miscibles, découverte par **Berthelot (1863)**, c'est l'azéotropisme. La distillation du mélange eau-essence végétale s'effectue à une température inférieure à 100°C à pression atmosphérique normale, minimisant les dénaturations de l'huile essentielle qu'une température supérieure ne manquerait pas de provoquer (**Piochon, 2008**).

Il existe trois différents procédés d'extraction utilisant le principe de distillation : l'hydrodistillation, l'hydro-diffusion et l'entraînement à la vapeur d'eau.

1.3.3.1.1 Hydrodistillation

L'hydrodistillation est la méthode la plus employée pour extraire les huiles essentielles. Cette méthode consiste à immerger directement la partie de la plante à extraire dans l'eau chauffée jusqu'à l'ébullition pendant 3 heures. L'huile essentielle est évaporée avec la vapeur d'eau. Ces derniers sont hétérogènes sont alors condensées à l'aide d'un réfrigèrent. Le distillat est ensuite récupéré dans un erlenmeyer (Fig. 8), (**Jouault, 2012**)

1.3.3.1.2. Distillation par entraînement à la vapeur d'eau

L'entraînement à la vapeur d'eau est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des huiles essentielles des plantes aromatiques. A la différence de l'hydrodistillation, cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter (**Luicita, 2006**).



1.3.3.1.3. Distillation à la vapeur directe (Hydrodiffusion)

C'est une variante de l'entraînement à la vapeur. Elle consiste à faire passer un courant de vapeur d'eau à très faible pression à travers la masse végétale du haut vers le bas, en utilisant la pesanteur comme force de déplacement de la vapeur. La composition des produits obtenus est qualitativement différente de celle des produits obtenus par les méthodes classiques. Le procédé permet un gain de temps et d'énergie ; ce procédé est appelé distillation par hydrodiffusion (**Bruneton, 1999 ; Benjlali, 2004**) (fig 12).

1.3.3.2. Extraction par solvants

Cette méthode est utilisée pour les organes végétaux présentant une concentration en essence relativement faible ou pour les essences que l'on ne peut extraire par distillation. Elle est basée sur le pouvoir qu'ont certains solvants organiques à dissoudre les composants des huiles essentielles. Grâce à des lavages successifs, le solvant va dissoudre et extraire les constituants solubles contenus dans la plante avant d'être envoyé au concentrateur pour y être distillé à pression atmosphérique dont l'évaporation laisse un résidu cireux, très coloré et très aromatique appelé «concrète». Le traitement de cette concrète par l'alcool absolu conduit à « l'absolue » (**Belaïche, 1979 ; Mebarka, 2007**) (Fig.11).

1.3.3.3. L'expression à froid

Les huiles essentielles de fruits d'agrumes sont des produits fragiles en raison de leur composition en terpènes et aldéhydes. C'est pourquoi, spécifiquement pour cette catégorie de matière première et utilisé un procédé totalement différent d'une distillation classique qui est l'expression à froid Le principe de cette technique est basé sur la rupture des sacs oléifères contenues dans l'écorce des fruits ; cette essence entraînée par un courant d'eau froide. L'émulsion d'essence et d'eau isolée par décantation ou centrifugation (**Lucchesi, 2005**).



1.3.3.3.4. Extraction par micro-ondes

Le pouvoir énergétique des micros-ondes a été mis en évidence à la fin de la seconde guerre mondiale, d'une façon anecdotique par un physicien, le Dr Spencer, suite à l'oubli de son sandwich sur un émetteur d'ondes, alors que jusqu'ici, les micros-ondes étaient uniquement utilisées comme vecteur d'information, elles investirent les laboratoires de chimie dans les années 80 (**Mengal et al., 1993**).

1.3.3.3.5. Extraction par le CO₂ supercritique

Il s'agit du procédé le plus récent d'extraction à froid, des matières premières végétales utilisant le gaz carbonique sous pression et à température supérieur à 35°C, le dioxyde de carbone est employé principalement comme un fluide supercritique parce que c'est un solvant sain, non combustible, peu couteux, inodore, sans couleur, insipide, non-toxique, et aisément disponible. Sa viscosité basse lui permet de pénétrer la matrice pour atteindre le matériel à extraire, et sa basse chaleur latente d'évaporation est un moyen élevé de volatilité qui peut être facilement enlevé sans laisser un résidu de solvant. Cette technique présent d'avantage énorme car le CO₂ est naturel, non toxique, disponible et peu couteux et il s'élimine de l'extrait sans laisser de résidus mais l'unique point de faible c'est le cout de l'installation (**Pellerin, 1991**).

1.3.4. Localisation des huiles essentielles dans les plantes

Localisation des huiles essentielles Les (H.E) sont largement réparties dans le règne végétal ; certaines familles en sont particulièrement riches (labiées). Elles peuvent se rencontrer dans tous les organes végétaux : sommités fleuries (Menthe), écorces (cannelier), racines (vétiver), rhizomes (gingembre), fruits (Anis, fenouil, badianier)... dans une même plante, elles peuvent être présentes à la fois dans différents organes, la composition des essences peut alors varier d'un organe à l'autre. Les essences peuvent être localisées dans des cellules sécrétrices isolées (Lauracées), mais on les trouve le plus souvent dans des organes sécréteurs : poche sécrétrices schizogènes (rutacées), canaux sécréteurs (conifères, ombellifères), poils sécréteurs (labiées, composées) (**Bruneton, 1999**).



1.4. Données bibliographiques sur la plante étudiée *Pistacia lentiscus* (L., 1753).

1.4.1. Généralités

Le genre botanique *Pistacia* appartient à une famille assez nombreuse qui comporte 875 espèces distribuées dans 70 genres, il s'agit de la famille des Anacardiaceae (Gaussen et al.; 1982). Les principaux centres de diversité se situeraient maintenant d'une part dans les régions méditerranéennes du sud de l'Europe, le nord de l'Afrique et le moyen orient et d'une autre part entre l'est et le centre d'Asie (Al saghir et al., 2010).

1.4.2. Classification systématique

Pistacia Lentiscus L. est une espèce appartenant à la famille des Anacardiaceae (Isserin, 2007). Le nom *P. lentiscus* vient de mot latin " pistakia" constitue une altération du mot "foustak", nom arabe de l'espèce principale, et Lentiscus, vient du mot latin "lentiscus" nom de l'arbre au mastic (Garnier et al., 1961). Elle est reconue sous le nom: Derou en Arab; Lentisco en Espagne; Lentischio en Italy et Arbre au mastic en France et aussi Mastic Tree ou Lentiskn en Anglais.

1.4.3. Caractéristiques botaniques

Pistacia lentiscus L. est un petit arbuste qui peut atteindre 2 à 3 mètres de haut, vivace, fortement ramifié à partir de la base (Alloune et al., 2012).



Figure 1.14. Arbuste de *Pistacia lentiscus* L. (Hemida et al., 2021).



Il est caractérisé par une écorce de couleur brun rougeâtre sur les jeunes branches, lisse vire au gris puis sont tortueuses et pressées, formant une masse serrée, une résine appelée également mastic, il s'agit d'une substance aromatique et résineuse de couleur jaune, les feuilles persistantes, composées avec 4 à 10 paires de folioles ovales, les fleurs se présentent sous forme de grappes spiciformes, les fruit: des baies ronds de 2 à 3 mm, monosperme, rouges, puis noirs à maturité, la fructification est à l'automne, son odeur est très forte avec une saveur amère, écailleuse avec le temps, Le bois, de couleur blanc, puis jaune, puis rosé et parfois veiné de jaune (Iserin, 2001; Delille, 2007; Benoît Bock, 2009).

Tableau 1.6. Taxonomie de *Pistacia lentiscus* L

Règne	Plantae, (végétal)
Sous-règne	<i>Tracheobionta</i>
Embranchement	Spermaphyte, Angiospermae ou Phanérogames
Sous-embranchement	Angiosperme
Division	<i>Magnoliophyta - plantes fleuries -</i>
Classe	<i>Magnoliopsida, Dicotyledones ou Eudicots</i>
Sous-classe	<i>Rosidae ou Dialypétales</i>
Série	<i>Disciflores</i>
Ordre	<i>Sapindales ou Térébinthales</i>
Famille	<i>Anacardiaceae, Pistaciaceae Martin ou Térébinthacées Juss - La famille du sumac</i>
Genre	<i>Pistacia</i>
Espèce	<i>Pistacia lentiscus</i> L. -Arbre de mastic-

(Quezel et Santa, 1963).



1.4.4. Répartition géographique de *Pistacia lentiscus* L.

Pistacia lentiscus est un arbrisseau que l'on trouve couramment en sites arides d'Asie et la région méditerranéenne d'Europe et d'Afrique, jusqu'aux Canaries (Bellakhdar, 2003). Le pistachier pousse à l'état sauvage dans la garrigue et sur les sols en friche. On le retrouve sur tout type de sol dans l'Algérie, subhumide et semi-aride (Smail-Saadoun, 2005), plus précisément dans le bassin du Soummam en association avec le pin d'Alep, le chêne vert et le chêne liège. (fig. 17.) (Belhadj, 2000).

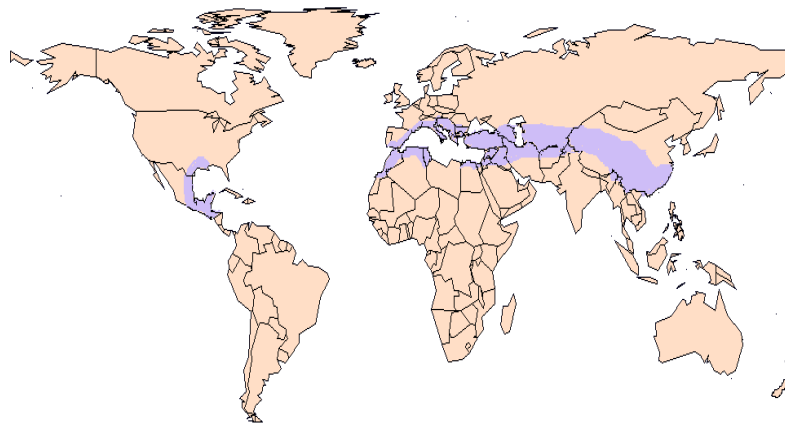


Figure 1.17. Distribution géographique du genre *Pistacia* (Mabberley, 1987)

1.4.5. Exigences écologiques du pistachier lentisque

L'étude phytodermologique de *Pistacia lentiscus* L. a permis de constater la grande adaptation de cette espèce au manque d'eau. Cela a été expliqué par une absence totale de stomates au niveau de la face supérieure des feuilles ; et la présence des stomates du type paracytiqué méso-pirégène au niveau de la face inférieure de la feuille. Ainsi, la puissance de son système racinaire favorise leur accrochement sur les pentes rudes et les terrains rocheux (Smail-Saadoun, 2002).

Cette espèce régresse à des températures de -12°C à -14°C et discontinue de -15°C à -20°C (Larcher, 1981). En effet, *Pistacia lentiscus* L. est un arbuste des maquis et des garrigues de toute la région Méditerranéenne à l'étage thermo-méditerranéen et méso-méditerranéen, elle occupe toutes les altitudes entre 0 à 1200 m. Il est généralement aperçu sur les différents substrats calcaires, calcaire-



marneux, marnes ou calcaires compacts, les schistes, siliceux.... Cette plante pousse sur différents types de sols tels que le sablo-argileux-limoneux, argilolimoneux, sableux et argileux texture. Les sols ne sont pas une solution saline, avec un pH modérément et légèrement alcalin, préfèrent les sols à faible teneurs en phosphore et en potassium, mais avec des carbonates de calcium et d'azote contenu (**Abbas et Bessaoudi, 2018**).



Chapitre II

Matériel et méthodes



2.1. Objectif de l'étude

L'objectif de l'étude vise à estimer dans le temps le pouvoir insecticide d'un bioproduit formulé à base d'une huile essentielle de Lentisque (*Pistachia lentiscus*) vis-à-vis d'un ravageur de la tomate *Tuta absoluta* par l différentes doses en comparaison avec un produit de synthèse et un produit biologique de commerce.

2.2. Présentation de la région d'étude

2.2.1 Situation géographique et climatique

La commune de Khemisti est située au nord-est de la wilaya de Tipaza, à environ 40 km au Sud-ouest d'Alger et à environ 20 km à l'est de Tipaza. Sa superficie est de 8,74 km² avec une Altitude de. 280 m. Elle est caractérisée par un climat tempéré méditerranéen divisé en deux saisons, un hiver doux et pluvieux d'Octobre à Mars et un été chaud et sec d'Avril à Septembre. La saison sèche est caractérisée par une longue période de sécheresse qui peut durer de trois à quatre mois. Les précipitations moyennes enregistrées par la station de Meurad font ressortir une pluviométrie moyenne annuelle de 600 mm, la température varie entre 33 C° pour les mois chauds de l'été (juillet, août) à 5,7 C° pour les mois les plus froids (décembre à février). Les vents sont de fréquences différentes durant l'année et les vents dominants sont de direction sud-ouest et ouest. Sur la cote (au nord) les vents soufflent de nord-est et d'est et sont prédominants pendant la saison chaude. Pendant les mois de Novembre à Avril ce sont les vents d'ouest qui dominent ; la vitesse moyenne du vent est estimée à 6m/s (22km/h). L'humidité relative mesurée au niveau des stations de MEURAD et BOUKOURDANE, où des mesures régulières ont été effectuées se situe dans la fourchette 69-80%. Elle est de 70% au milieu de la journée **(Hybaco in Baleh et Azib, 2016)**.



Figure 2.1. Localisation de la commune de Khmisti dans la wilaya de Tipaza
(Journal officiel de la topgraphie, 1984).



2.3. Lieu de l'expérimentation

Les traitements ont été réalisés au niveau de la commune de khmisti (tipaza) alors que les observations et le dénombrement ont été faits au sein du laboratoire de zoologie du département de biotechnologie et agro-écologie de la faculté SNV de l'université Blida 1.

2.4. Matériel utilisé

2.4.1. Matériel de laboratoire

Le matériel utilisé lors de cette expérimentation sont consignés dans l'annexe.

De même, d'autres appareils tels que le pH-mètre, le thermomètre, le compteur de vitesse de vent ainsi que le conductimètre ont été utilisés lors de cette étude. En effet, nous avons collecté plusieurs données relatives à la température de la serre, la vitesse du vent ainsi que le pH et la conductivité de l'eau utilisée pour les traitements pouvant ainsi nous aider à mieux estimer l'efficacité des produits testés.

2.4.2. Matériel végétal

Les feuilles de *Pistacia lentiscus* ont été collectées le mois de (février 2022) au niveau de (ghabet ezzaouch) située dans les montagnes de Chréa de la wilaya de Blida. Les feuilles fraîchement collectées ont été séparées de leurs tiges pour diminuer leur volume et charger le maximum de feuilles dans l'extracteur des huiles essentielles avec une capacité de 200L.

2.4.2.1. Extraction de l'huile essentielle

L'extraction de l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* a été réalisée par la technique d'entraînement à la vapeur d'eau au niveau d'une exploitation privée spécialisée dans l'extraction des huiles essentielles au niveau de la commune de Mouzaia la wilaya de Blida avec un distillateur de capacité de 200L de marque (cominox) avec un system de remplissage et vidange d'eau automatique.



À la différence de l'hydrodistillation, la technique d'entraînement à la vapeur d'eau ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale. Cependant, la cuve a été remplie de 80 kg de matériel végétale avec 10 litres d'eau (avec la séparation entre les deux) puis mis à ébullition pendant une durée de 3h de temps permettant l'obtention de la vapeur. Les molécules constituant l'huile essentielle sont entraînées par la vapeur d'eau, on obtient donc un mélange d'hydrolat et d'huile essentielle celle-ci est refroidie dans un condensateur et récupérés séparément dans la verrerie de laboratoire, l'huile essentielle a été conservée dans des flacons en verre foncé à 4 C°.

2.4.3. Matériel animal

Le ravageur étudié est la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*. Cependant, l'étude a été menée sur des plants de tomate infestés sous serres chez un exploitant maraicher privé au niveau de la commune de khmisti de la wilaya de Tipaza.

2.4.3.1. Prélèvement des échantillons

Un échantillonnage est une procédure de prélèvement pour constituer un échantillon **(Coleacp, 2012)**. Ce dernier est la quantité de produit prélevé d'un lot et soumis à des analyses en laboratoire **(Leaa, 2013)**. Les prélèvements sont réalisés au sein d'exploitations agricoles sur une culture de tomate sous serres. La serre occupe 400 m² de superficie et contient environ 700 plants distribués sur 7 lignes contenant chacune 90 plants de tomate.

L'échantillon consiste à prélever aléatoirement 20 feuilles de tomate sur l'étage médian du plant **(Rego, 1992, In Lebdi Grissa Kaouthar et al., 2011)**. En même temps, les feuilles basales du plant de tomate ont été évitées car elles vieillissent rapidement et sont plus sujettes aux attaques par les champignons et les mouches mineuses; ce qui contraint les agriculteurs à les effeuiller régulièrement, le conditionnement des échantillons est effectué dans de petits sacs sur lesquels des références permettant de remonter aux informations descriptives de l'échantillon (localisation, date de prélèvement, masse) sont notées. Ainsi, à l'aide d'une aiguille fine et d'une pince l'observation et l'identification du ravageur ont été réalisées sous loupe binoculaire au niveau du laboratoire de zoologie département de biotechnologie afin de confirmer la présence de la mineuse de la tomate au niveau des feuilles .



2.5. Méthodes

2.5.1. Estimation du rendement en huile essentielle

L'huile essentielle obtenue à partir des feuilles de lentisque est limpide ; elle présente un aspect liquide, de coloration jaune clair possédant une odeur proche de l'arôme original de la plante fraîche utilisée pour l'extraction. Le rendement en huile essentielle est le rapport entre le poids de l'huile extraite et le poids de la matière sèche de la plante (**Afnor, 2000**), le rendement, exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$\text{Rd HE (\%)} = (V / M \text{ MV}) \times 100$$

Rd : Rendement en huile en %.

V : volume de l'huile en g.

M MV : volume de la matière sèche de la plante en g.

2.5.2. Formulation

À partir de l'huile essentielle obtenue, nous avons procédé à une formulation mère liquide dont la Matière active (10% H.E) a été additionnée à un tensioactif naturel et à un protecteur synergique qui va faciliter son utilisation et assurer son activité vis à vis du ravageur cible. La formulation du bioproduit a été préparée au niveau de laboratoire phytopharmacie du département de biotechnologie et agro-écologie de la faculté SNV de l'université Blida 1 selon le protocole établi par **Moussaoui et al. (2014)**.

2.5.3. Préparation des traitements

De la solution mère formulée à 10% de la matière active de l'huile essentielle de *Pistachia lentiscus*, 3 doses ont été précotionisées pour l'application des traitements.

La première préparation consiste à prélever 1.4 g de la matière active de l'huile essentielle à laquelle on rajoute 16 litre d'eau, la quantité à été calculée par un essaie



préliminaire afin de déterminer la quantité d'eau consommée par l'espace foliaire cible, correspondant ainsi à la dose faible D1 relative au traitement (T1) , de la même façon, la D2 correspond à la dose moyenne avec 2.9 g/16 l d'eau (T2) et la forte dose est relative à la D3 avec 4.3 g/16 l d'eau correspondant au traitement (T3). ces traitement sont comparés à deux témoins l'un positif (T0+) constitué d'une solution sans matière active ne contenant que de l'eau et des additifs utilisés dans la bioformulation de l'huile essentielle de lentisque et l'autre négatif (T0-) composé que de l'eau.

2.5.4 Essais de traitements chimique et biologiques sous serre

Les traitements retenus ont été réalisés le 18 avril 2022 dans deux serres au niveau de la région de khmisti (Tipaza). La séparation des traitements chimique et biologique est préconisée pour éviter toute interaction entre les matières actives. Cependant, chaque serre, le dispositif expérimental est réparti en 7 blocs dont 6 sont traités avec les différentes doses du bioproduit formulé de lentisque (T1, T2, T3) plus les témoins (T0+) (T0-) et un non traité séparant le bloc ayant subit le traitement chimique à base de (Chlorotraniliprole + Abamectine) ou le traitement biologique homologué à base de (Cinamaldehyde) du reste des blocs traités (Fig.29 et 30). Avant l'application des traitements, un 1^{er} échantillonnage a été réalisé afin d'estimer la population initiale du ravageur cible *Tuta absoluta*. Cependant, après traitement, le même procédé d'échantillonnage a été suivi et réalisé dans le temps à savoir 3, 6, et 12, jours après traitement.



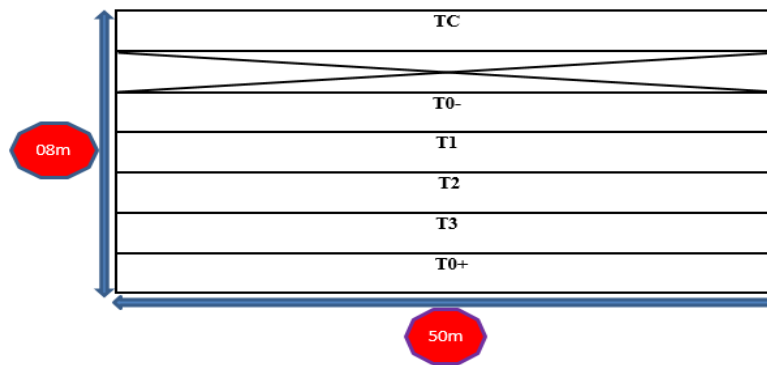


Figure 2.12. Dispositif expérimental (**serre 1**).

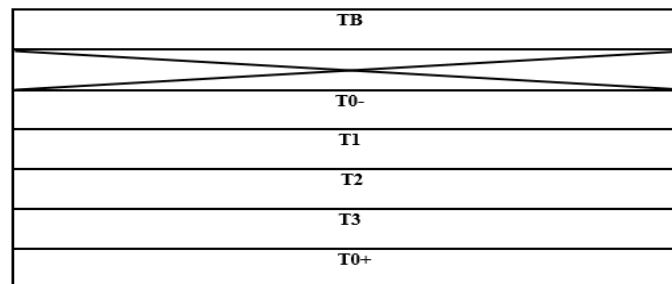


Figure 2.13. Dispositif expérimental (**serre 2**).

T0- : Témoin négatif ; **T0+** : Témoin positif ; **T1** : Dose 1 du bioproduit à base d'HE ; **T2** : Dose 2 du bioproduit à base d'HE ; **T3-** : Dose 3 du bioproduit à base d'HE ; **TB** : Traitement biologique **TC** : Traitement chimique.

2.5.5. Application des traitements

Les différents traitements ont été appliqués à l'aide d'un pulvérisateur manuel de capacité de 16L en respectant les techniques d'application telles que la Constance de la vitesse d'avancement, l'utilisation des buses Lechler à jet plat à injection d'air. La vérification du débit de sortie ainsi que la pression du pulvérisateur (influençant le débit des sorties) sont à surveiller avant chaque traitement afin d'éviter d'éventuels problèmes techniques.



2.5.6. Analyse des données

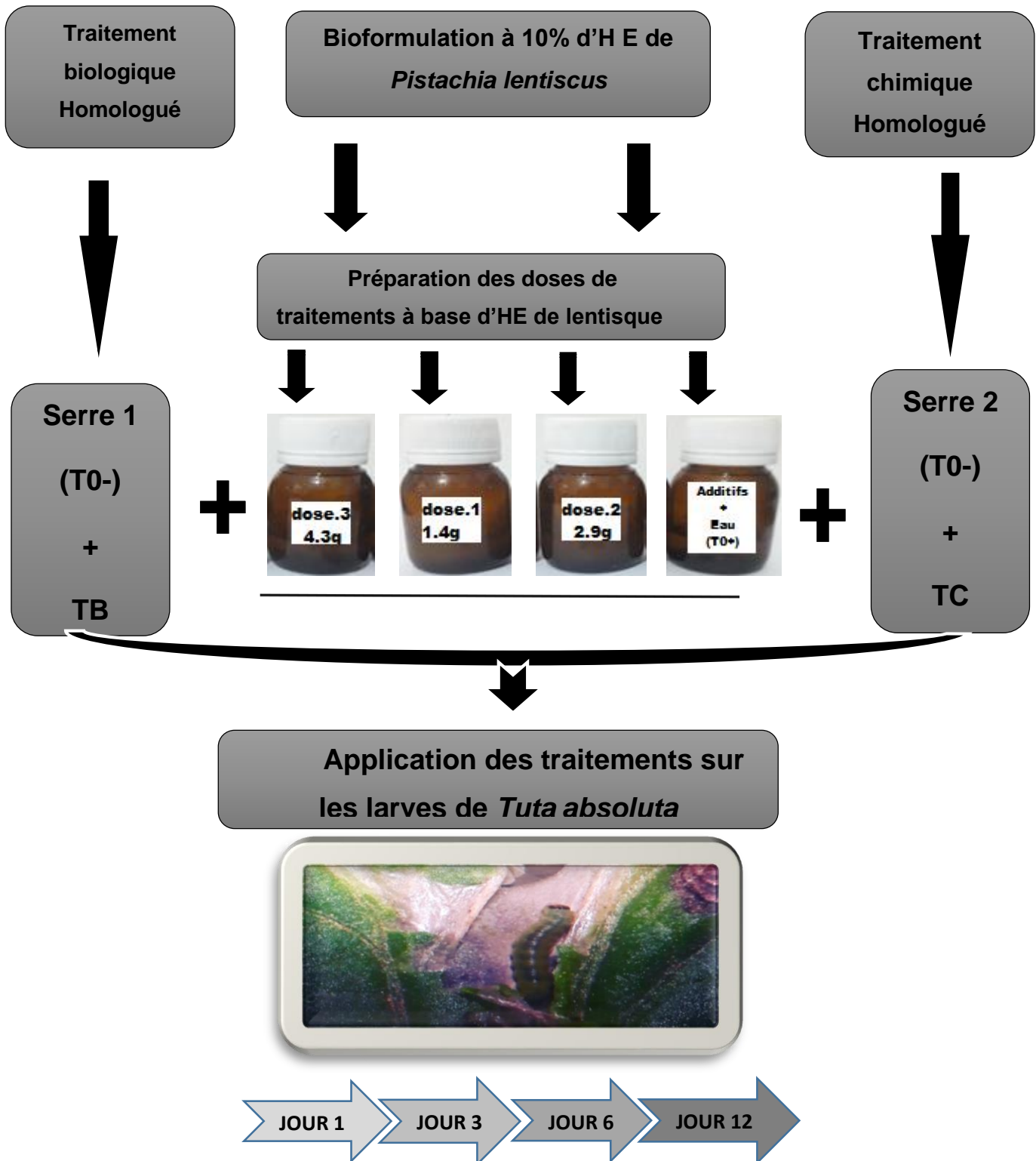


Figure 2.15. Schéma directeur des différents traitements appliqués sur les feuille infesté par les larves de *Tuta absoluta*.

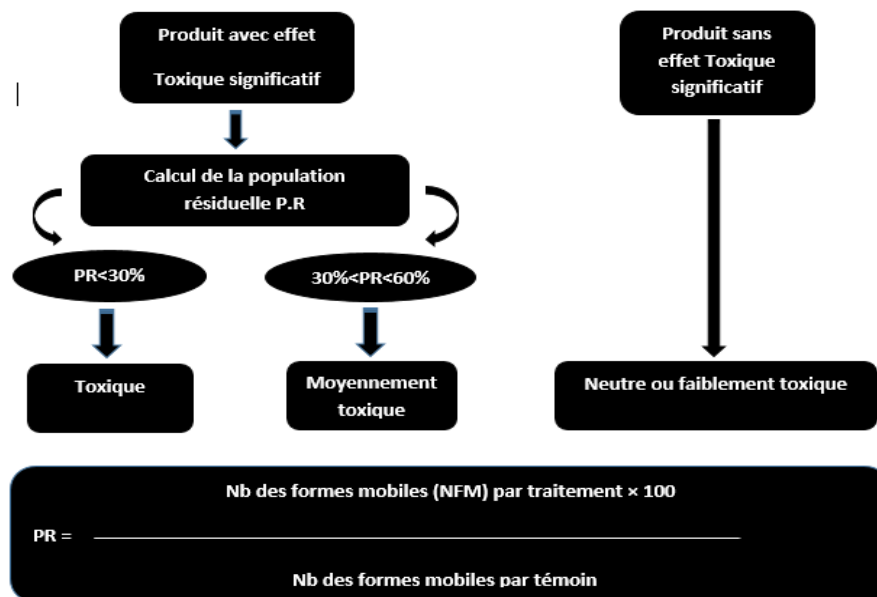


2.5.6.1. Dénombrement

Le taux de mortalité des larves de *Tuta absoluta* est estimé dans le temps à savoir j1, j3, j6 et j12 en fonction des traitements T1, T2, T3, Tb et Tc, par rapport aux témoins T0- et T0+.

2.5.6.2. Estimation de l'activité biologique des différentes doses du bioproduit formulé de l'huile essentielle de lentisque et des produits chimique et biologique homologuées

L'effet des traitements appliqués est estimé par la comparaison des populations résiduelles (P.R) selon le Test de DUNNETT Avec: P.R.> 60 % molécule neutre ou faiblement toxique, 30% < P.R <60% molécule moyennement toxique, P.R. <30% molécule toxique.



2.5.6.3. Analyse de la variance

La variance est déterminé par l'utilisation de logiciel SYSTAT version.7.0.SPSS 2004.à l'aide de GLM (General Linear Model) et logiciel PAST (PAleontological Statistics, ver, 1.81) à l'aide de Test de Tukey et test One-way ANOVA la significativité des différences entre les traitements est exprimée en fonction de la probabilité, P< 0.05 coïncidant à une différence significative, P> 0.05 correspond à la différence non significative.



Chapitre III

Résultats

3.1. Rendement en huile essentielle

L'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* a été extraite par la technique d'entraînement à la vapeur d'eau, le rendement exprimé en pourcentage est de 0.07% pour 500g de matière végétale fraîche.

3.2. Évaluation de l'activité insecticide de la bioformulation de lentisque et des produits chimique et biologique homologués par rapport aux doses et au temps

L'efficacité des trois doses D1, D2, D3 relatives aux traitements T1, T2 et T3 de la bioformulation de lentisque et celles du produit chimique (TC) et biologique (TB) homologués est évaluée par le test de Dunnett représenté par le taux des populations résiduelles (PR%) dans le temps j1, j3, j6 et j12 en estimant la différence des larves vivantes de *Tuta absoluta* avant et après traitement.

3.2.1. Evolution temporelle de la toxicité de la bioformulation de lentisque par comparaison au produit chimique

Une projection a été réalisée pour ressortir la fluctuation des populations résiduelles des matières actives et des doses d'applications dans le temps.

Les résultats graphiques relatifs à l'évolution temporelle de la toxicité de la bioformulation de lentisque et du produit chimique homologué ont montré que l'effet du traitement T1 de la faible dose et des témoins T0+ et T0- sur les populations résiduelles des larves de *Tuta* reste insignifiant à J3 (PR>80%) puis atteint 100% à J6 par rapport au traitement chimique qui a montré une toxicité progressive dès le 1^{er} jour d'application pour atteindre son maximum à J3 (PR<20%) et la maintenir jusqu'à la fin du suivi mais avec une légère hausse du taux fig. (3.1. a) De même que pour le T1, le T2 suit la même évolution et se révèle faiblement toxique mais se démarque des deux témoins après le 3^{ème} jour pour n'atteindre une toxicité neutre (PR=100%) qu'au 12^{ème} jour fig. (3.1. b) Quant à la forte dose du T3, cette dernière se révèle plus intéressante que les autres doses testées en étant moyennement toxique à J3 (PR<60%) puis devient faiblement toxique à J6 et neutre à J12 fig. (3.1. c).

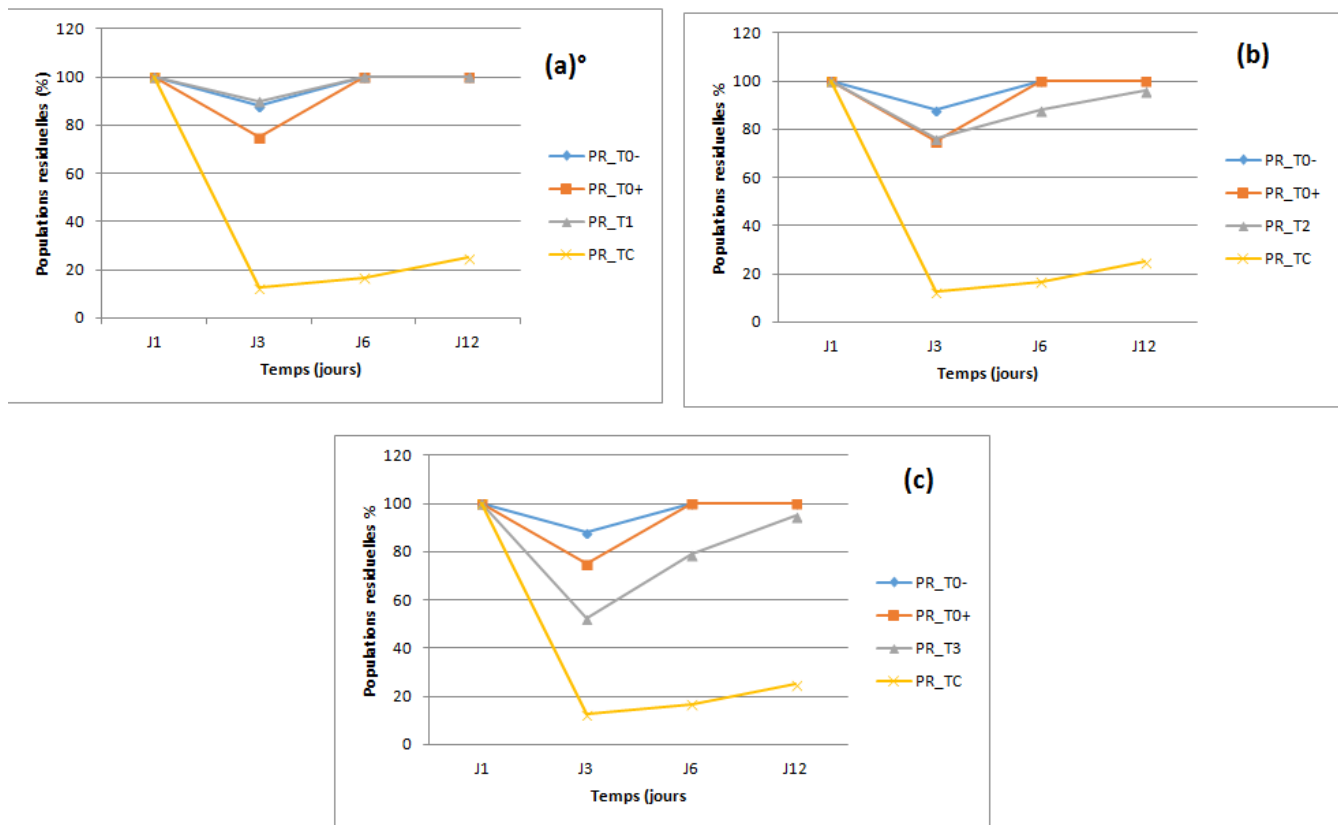


Figure 3.1. Evolution temporelle de la toxicité de la bioformulation de lentisque et du produit chimique (a) traitement 1 (b) traitement 2 et (c) traitement 3.

Tableau 3.1. Test ANOVA ONE WAY appliqué aux essais de l'évaluation de la toxicité du bioproduit formulé par rapport au produit biologique homologué (a) traitement 1 (b) traitement 2 et (c) traitement 3.

	PR_T0-	PR_T0+	PR_T1	PR_TC
PR_T0-		0,9966	1	0,01243
PR_T0+	0,2964		0,9948	0,01789
PR_T1	0,0456	0,342		0,01176
PR_TC	5,333	5,036	5,378	

(a)

	PR_T0-	PR_T0+	PR_T2	PR_TC
PR_T0-		0,9968	0,9701	0,01434
PR_T0+	0,2899		0,9951	0,02049
PR_T2	0,6244	0,3345		0,03095
PR_TC	5,216	4,926	4,592	

(b)

	PR_T0-	PR_T0+	PR_T3	PR_TC
PR_T0-		0,9975	0,8029	0,02343
PR_T0+	0,2677		0,8893	0,03259
PR_T3	1,279	1,011		0,1102
PR_TC	4,817	4,549	3,538	

(c)

3.2.2. Test ANOVA ONE WAY appliqué aux essais de l'évaluation de la toxicité du bioproduit formulé par rapport au produit biologique homologué

Le recours au test 'One-way ANOVA appliqué sur les populations résiduelles nous révèle que seul le traitement T3 à forte dose ne présente pas de différence significative avec le traitement chimique ($p=0,11$; $p>0,5\%$) alors qu'il y a une différence significative entre le T0- et T0+ avec ($p=0,02$; $p=0,03$; $p<0,5\%$) Tab. 3.1. (C). Les valeurs des populations résiduelles obtenues présentent également une différence significative entre le traitement chimique TC et le traitement à faible dose T1 ($p=0,01$; $p<0,5\%$) Tab.3.1. (a), et le T2 à moyenne dose avec une probabilité de ($p=0,03$; $p<0,5\%$) Tab.3.1. (b).

La comparaison par paires réalisée par le Test de Tukey sur les populations résiduelles informe que les taux enregistrés entre le témoin négatif T0- et le témoin positif T0+ ne présentent pas de différence significative avec une valeur de ($p=0,99$; $p>0,5\%$) ce qui nous permet d'avancer que les bioadjuvants utilisés dans la formulation n'ont pas d'influence sur l'efficacité du bioproduit testé Tab. 3.1. (a,b,c).

3.3.1. Evolution temporelle de la toxicité de la bioformulation de lentisque par comparaison au produit biologique homologué

Les résultats graphiques correspondant à l'évolution temporelle de la toxicité de la bioformulation de lentisque et du produit biologique homologué ont montré que l'effet du traitement T1 est presque nul sur les populations des larves de *Tuta absoluta* ($PR\approx 100\%$) dès le J3 par rapport au TB qui a montré une augmentation de la toxicité dès le 1^{er} jour d'application pour atteindre son maximum à J3 ($30\%<PR<40\%$) puis devient moyennement toxique à J6 ($40\%<PR<60\%$) et faiblement toxique à la fin du suivi avec un taux ($PR>60\%$) figure (3.1. a). Le T2 suit la même évolution que les témoins et se révèle faiblement toxique figure (3.1. b) Quant au T3, celui-ci enregistre une faible toxicité au J3 et J6 ($80\%<PR<90\%$) puis devient neutre à la fin du suivi ($PR=100\%$) fig (3.1. c).

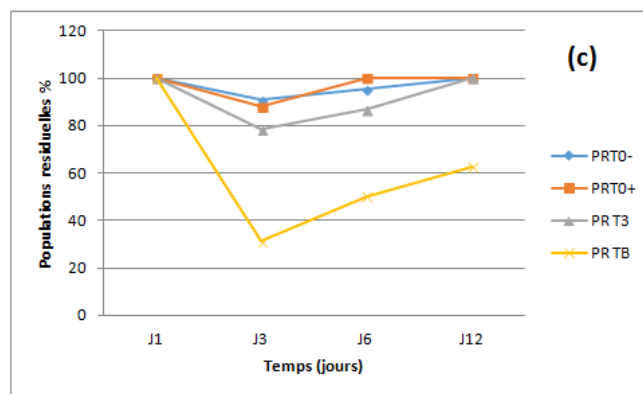
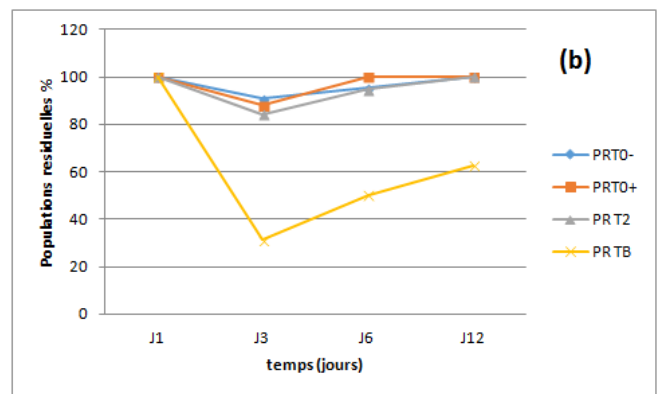
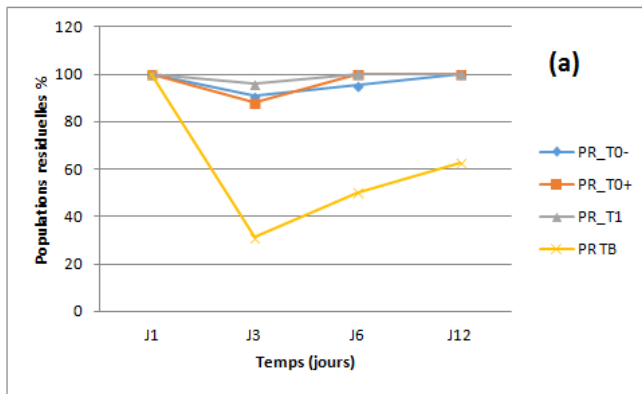


Figure 3.2. Evaluation de l'efficacité de la bioformulation de lentisque par rapport au produit biologique homologué (a) traitement 1 (b) traitement 2 et (c) traitement 3.

Tableau 3.2. Test ANOVA ONE WAY appliqué aux essais de l'évaluation de la toxicité du bioproduit formulé par rapport au produit biologique homologué (a) traitement 1 (b) traitement 2 et (c) traitement 3.

	PR_T0-	PR_T0+	PR_T1	PR_TB
PR_T0-		1	0,9957	0,02552
PR_T0+	0,05494		0,9976	0,02385
PR_T1	0,3213	0,2664		0,01717
PR_TB	4,748	4,803	5,069	

(a)

	PRT0-	PRT0+	PR_T2	PR_TB
PRT0-		1	0,9982	0,02995
PRT0+	0,05344		0,9967	0,02804
PR_T2	0,24	0,2934		0,04023
PR_TB	4,618	4,672	4,378	

(b)

	PRT0-	PRT0+	PR_T3	PR_TB
PRT0-		1	0,9643	0,03534
PRT0+	0,05188		0,956	0,03316
PR_T3	0,6647	0,7166		0,07919
PR_TB	4,484	4,536	3,819	

(c)

3.3.2. Test ANOVA ONE WAY appliqué aux essais de l'évaluation de la toxicité du bioproduit formulé par rapport au produit biologique homologué

De même, les résultats relatifs au test 'One-way ANOVA appliqué sur les populations résiduelles nous révèle que les traitements T1, T2, T0- et T0+ présentent tous une différence significative avec le traitement biologique homologué avec les valeurs respectives de ($p=0,01$; $p=0,04$; $p=0,02$; $p=0,02$ $p<0,5\%$) Tab. 3.2. (a) et (b) ; néanmoins le traitement T3 de la bioformulation de lentisque présente un effet marginalement significatif sur la variabilité des taux avec le traitement biologique homologué TB ($p=0,07$; $p\geq 0,5\%$) Tab. 3.2. (C).

Les résultats graphiques dévoilent que parmi les doses testées de la bioformulation de lentisque seule la forte dose D3 a eu une efficacité moyenne qui reste inférieure à celle du TB sur les larves traitées alors que le traitement chimique TC présente la plus forte toxicité. Ces mêmes résultats montrent l'effet net du facteur temps. Cependant, les traitements utilisés présentent une faible toxicité les deux premiers jours après leur application puis s'accroît au 3^{ème} jour notamment pour l'effet des produits homologués sur les populations résiduelles des larves de *Tuta absoluta*.

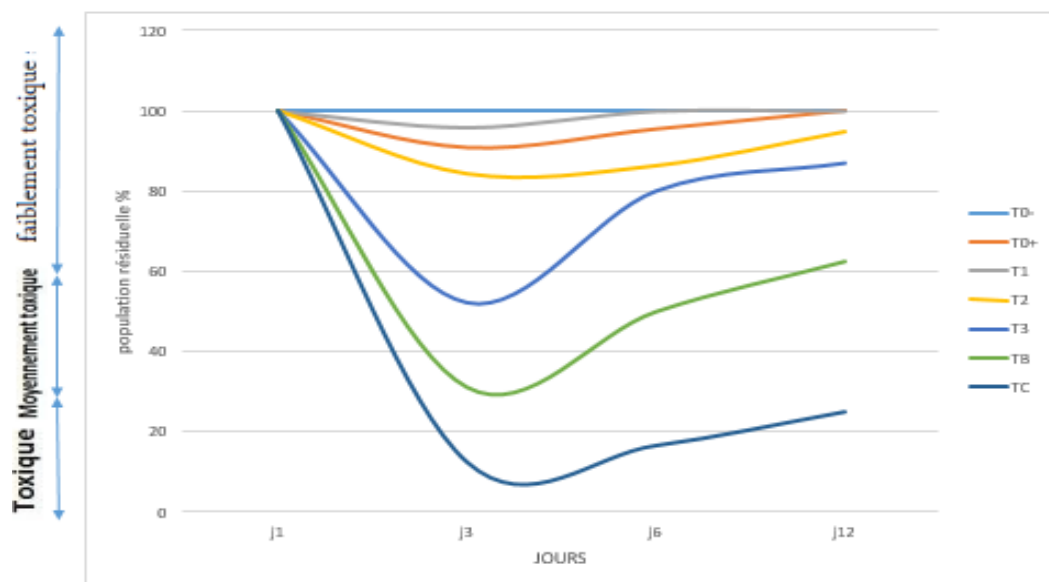


Figure 3.3. Evaluation globale de la toxicité des différents traitements appliqués

Nous avons utilisé le modèle général linéaire (G.L.M.) de manière à évaluer la variation temporelle des populations résiduelles en fonction des doses de la bioformulation d'HE de lentisque et de produit chimique (Chlorotraniiprole + Abamectine) et biologique (TB) (Cinamaldehyde). Ce modèle permet d'étudier l'effet des différents facteurs sans faire intervenir les interactions entre les facteurs. L'ensemble des résultats d'analyse est consigné dans le Tab. 3.3, et la Fig. 3.3.

Tableau 3.3. Modèle G.L.M. appliqué aux essais de traitements sur les populations résiduelles de *Tuta absoluta*

Analysis of Variance					
Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
JOUR	37985.414	3	12661.805	68.907	0.000
BLOC	5277.697	5	1055.539	5.744	0.004

Le tableau ci-dessus désigne que la nature biologique et chimique des matières actives a un effet hautement significatif sur la variabilité des taux des populations résiduelles par rapport au temps et par rapport aux doses des traitements avec des probabilités respectives de ($p=0.000$; $p<5\%$) et ($p=0,004$; $p>5\%$).

Les résultats rapportés graphiquement dans la Fig. 3.4. révèlent que les traitements T1 et T2 présentent la même évolution que celle des témoins à savoir une très faible toxicité en enregistrant des taux de PR très élevés ($PR>80\%$) alors que le T3 de la forte dose D3 se révèle plus efficace qu'au 3^{ème} jour après traitement en enregistrant un PR de (52,3%) correspondant à une toxicité moyenne. Néanmoins, au même moment, ce dernier reste moins efficace que le TB qui se montre toxique avec un PR de (31,2%) et le TC qui s'affiche fortement toxique avec un taux de PR réduit (12,5%). Le TB reste moyennement toxique au 6^{ème} jour pour devenir faiblement toxique au 9^{ème} jour après traitement alors que le TC garde sa forte toxicité jusqu'à la fin du suivi en affichant un taux de PR de (25%).

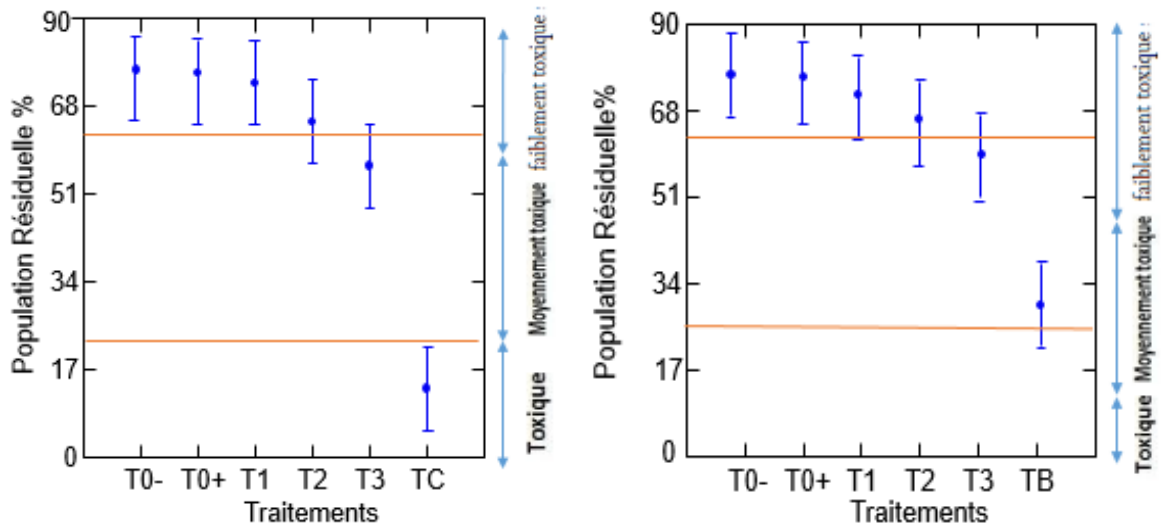


Figure 3.4. Effet comparé des populations résiduelles de *Tuta absoluta* sous l'effet des différentes doses du produit formulé et des produits homologués

Discussion

Discussion

À l'heure actuelle, la technique la plus utilisée pour lutter contre la mineuse de la tomate est l'utilisation des insecticides chimiques. Cependant le recours aux extraits végétaux tels que l'utilisation des huiles essentielles apparaît comme une bonne alternative

À travers cette étude, nous avons essayé d'estimer le pouvoir insecticide d'une bioformulation d'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* connu en Algérie sous le nom de **Drou ou Darw**, communément appelé arbre de mastic ou lentisque sur la mineuse de la tomate. Toutefois les résultats semblent être intéressants

1- Rendement en huile essentielle

Nous rappelons que le rendement d'extraction en huile essentielle de *Pistacia lentiscus* a été de 0,07% pour 500g de matière végétale extraite par la technique d'entraînement à la vapeur. Ces résultats sont nettement inférieurs à ceux reportés par **Delazar et al. (2004)** qui ont un rendement de 31.5% pour 280g de matière végétale.

Nos résultats concordent avec ceux trouvés par **Benhammou et Bekkara, (2009)** qui ont obtenu des teneurs en huile essentielle de l'ordre de 0.05% et 0.07% respectivement pour deux stations différentes qui sont Oum El Alou et Ain Fezza.(Tlemcen)

Selon **Lahlou, (2004)** les raisons de cette variabilité quantitative des teneurs en huiles essentielles peuvent être expliquées par les différences des conditions environnementales (climat et situation géographique), la période de la récolte et la technique d'extraction.

2- Évaluation de l'activité biologique de la bioformulation de lentisque par rapport aux doses

Nos résultats portant sur les tests de l'efficacité de la bioformulation de lentisque de la région de Blida révèlent un effet insecticide qui se traduit par la sensibilité des larves au traitement. Ce qui suggère que cette huile essentielle possède des molécules à caractère insecticide. Ceci est confirmé par **Koul et al. (2008)** qui stipule

que les principaux composés détectés dans *Pistacia lentiscus* sont connus pour leurs activités insecticides.

De même, **Chouder et Drici, (2019)** rapportent que l'extrait de *Pistacia lentiscus* a une activité insecticide vis-à-vis de *Rhyzopertha dominica*. Plusieurs chercheurs relient le pouvoir toxique des huiles essentielles à leur composition chimique. Selon **Regnault-Roger et al. (1993)**, les monoterpènes des huiles essentielles exercent des effets insecticides et réduisent ou perturbent la croissance de l'insecte.

Les doses testées du bioproduit de l'ordre de D1=1,4g ; D2=2,9g et D3=4,3g diluées chacune dans 16L d'eau sont relatives aux traitements T1, T2 et T3. En comparaison aux témoins T0+ et T0- et aux traitements T1 et T2 du bioproduit formulé, les résultats ont montré que le traitement T3 de la forte dose D3 se révèle le plus efficace, en enregistrant un taux de PR de (52,3%) correspondant à une toxicité moyenne. Cette dernière reviendrait sûrement à la concentration du bioproduit en huile essentielle qui semble trop réduite donc faible par rapport à la quantité d'eau (16L) ce qui nous permet de dire qu'il y a une relation dépendante entre la dose et la toxicité du bioproduit. Nos résultats rejoignent ceux de **Bouzouita et al. (2008)** qui stipulent que l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea*, à une concentration de 0.2%, possède des propriétés insecticides plus élevées vis-à-vis du *Tribolium confusum* qu'avec une concentration de 0.1%. De même **Aiboud, (2011)** a montré que les huiles essentielles exercent une activité larvicide très hautement significative proportionnellement à l'augmentation de la dose.

3- Évaluation de l'activité biologique de la bioformulation de lentisque par rapport au temps

La fluctuation des populations larvaires du ravageur cible est suivie durant 12 jours après traitement. Cependant, les résultats ont montré que c'est au 3^{ème} jour que l'efficacité a atteint son maximum pour la forte dose du T3 du bioproduit formulé en étant moyennement toxique alors qu'elle est pratiquement neutre pour la faible et moyenne dose du T1 et T2 en enregistrant des (PR>80%). Au 6^{ème} jour, le T3 perd également de son efficacité et devient faiblement toxique. Cette perte de toxicité reviendrait probablement à la volatilité des huiles essentielles qui octroie une courte

rémanence pour le bioproduit formulé. En effet, la composition chimique de lentisque contient entre 55% et 82% de monoterpènes qui sont très volatils.

Cependant, nos résultats sont nettement supérieurs à ceux trouvés par **Aissous et Morsli, (2016)** qui indiquent que l'huile essentielle de *P. lentiscus* a provoqué une mortalité faible dans la population d'*Aphis pomi*, avec un taux de mortalité de 3,25% et que les doses de l'huile essentielle occasionnent un minimum de mortalité de la population après 48 heures d'exposition.

Ces hypothèses rejoignent également ceux de **Mahmoudi et Dahmane, (2017)** qui déclarent que l'effet de l'huile essentielle de *Pistachia lentiscus* testée par répulsion s'est avéré efficace sur les adultes de bruche avec un taux de répulsion de 67,5%, et rapportent que l'augmentation des doses en corrélation avec la durée d'exposition de ces adultes est enregistrée, jusqu'à ce qu'elle arrive à un taux de 100% à la dose de 0.8µl après 96 h d'exposition.

3- Évaluation de l'activité biologique des produits chimique et biologique homologués par rapport à la bioformulation de lentisque

comparées à l'efficacité du produit biologique (TB) et du produit chimique (TC) homologués, les trois doses de notre bioformulation restent inférieures pendant toute la période de l'étude, à celle du TB qui se montre toxique avec un PR de (31,2%), reste moyennement toxique au 6^{ème} jour pour devenir faiblement toxique au 12^{ème} après traitement, alors que le traitement chimique TC présente la plus forte toxicité avec un taux de PR réduit (12,5%) et garde sa forte toxicité jusqu'à la fin du suivi en affichant un taux de PR de (25%). Néanmoins nous constatons que la forte dose de la bioformulation de lentisque suit la même trajectoire que les deux produits homologués. Nos résultats concordent avec ceux trouvés dans une étude similaire sur l'effet comparé de deux biopesticides formulés sur *Tuta absoluta* réalisée par **Baba-aissa, (2011)** qui déclare que le biopesticide à base de crucifères présente un taux de population résiduelle (PR≤30%) donc moyennement toxique et que le Thiaméthoxam appliqué à la dose homologuée se révèle fortement toxique avec un taux de population résiduelle (PR≤15%).

La différence de toxicité par rapport au temps entre le produit bioformulé et le produit chimique pourrait être liée à la vitesse de métabolisation, ceci est confirmé par **Pilling et al. (1995)** qui déclarent que des travaux antérieurs indiquent que les arthropodes métabolisent en quelques heures la plupart des matières actives des pesticides de synthèse. Ainsi, l'action des produits phytosanitaires sur les déprédateurs des cultures peut occasionner divers changements internes une fois le produit chimique dans l'organisme en altérant directement le système endocrinien ou indirectement l'attribution d'énergie, ce qui affecte la capacité reproductrice de l'individu qui engendrera des perturbations sur le plan individuel et interindividuel **(Mayer et al.,1992)**

Aussi la différence de l'efficacité des huiles essentielles pourrait s'expliquer par la nature de leurs composés chimiques, les résultats d'analyses d'une étude similaire a montré que l'huile essentielle de *Pistachia lentiscus* est caractérisée par des constituants majeurs de faibles proportions, ce qui expliquerait le manque d'activité ou toxicité de l'huile du lentisque **(Aissous et Morsli., 2016)**.

Conclusion

Conclusion

Afin de sécuriser au mieux la production en réduisant les dégâts causés par la mineuse de la tomate, et dans le but de réduire l'utilisation des pesticides de synthèse et par conséquent, limiter les effets néfastes de ces derniers sur l'environnement et la santé humaine nous nous sommes proposés d'étudier l'activité biologique dans les conditions naturelles de l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus*, une plante médicinale très répandue en Algérie pour l'utiliser comme biopesticide

L'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* extraite par la technique d'entraînement à la vapeur d'eau a exprimé un rendement en pourcentage de 0.07% pour 500g de matière végétale fraîche.

La forte dose D3 de la bioformulation de l'huile essentielle de lentisque se révèle la plus efficace par rapport aux témoins et aux autres doses testées D1 et D2 en enregistrant un taux de populations résiduelles de (52,3%) correspondant à une toxicité moyenne au 3^{ème} jour après traitement. En revanche le produit biologique homologué s'avère plus efficace que l'huile essentielle de lentisque mais reste moins toxique que le produit chimique qui affiche une forte toxicité dans le temps sur les populations larvaires de *Tuta absoluta*.

Au terme de ce travail, nous pouvons déduire que le lentisque est une plante à intérêt phytosanitaire qui mérite beaucoup d'attention. Toutefois les résultats de ce travail semblent être intéressants et confirment le pouvoir biocide de l'huile essentielle de *Pistachia lentiscus* contre les larves de *Tuta absoluta* par rapport au produit biologique et au produit chimique homologués. Néanmoins, nous pensons qu'ils serait indispensable d'améliorer la bioformulation par l'augmentation de la concentration des doses et la fréquence des traitements pour atteindre une meilleure efficacité.

En perspectives, il serait intéressant de

- faire la caractérisation des molécules de l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* L.
- de travailler sur la modélisation des concentrations afin d'évaluer au mieux l'activité insecticide
- Améliorer la formulation pour élargir au plus le temps d'action.

De même, aucune étude n'a encore été faite sur la métabolisation des molécules bioactives des huiles essentielles. Il serait donc très intéressant d'étudier plus finement cet aspect afin d'expliquer le mode d'action et le devenir de ces produits biocides

Références Bibliographiques

Amazouz S., 2008 - Gestion en lutte intégrée de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae). Ed. KOPPERT, Maroc, p133.

Aigbedion-Atalor P.O., Oke A., Oladigbolu A., Layade A., Igho B.I. et Mohamed S.A., 2011-*Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) invasion in Nigeria: first report of its distribution. *Journal of Plant Diseases and Protection*. p60.

Adjoudji, O., Ngassoum, M.-B., Essia, Ngang, J.-J., Ngamo, L.S.T. et Ndjouenkeu, R., 2000- Activité insecticide des huiles essentielles des fruits de *Piper nigrum* (Piperaceae) et de *Xylopia aethiopica* (Annonaceae) sur *Sitophilus zeamais* (Curculionidae). *Biosciences Proceedings*, Vol. 7, p517.

François-Xavier B., 2021- Tomato news online, Algérie enfin autosuffisante www.algerie-eco.com, www.aps.dz, Trade Data Monitor, 1p. Consulté 21h 28/06/2022.

AFNOR., 2000- Recueil de normes: les huiles essentielles. Monographies relatives aux huiles essentielles (H à Y). T. 2, p284.

Al-Saghir M. G., 2010- Perspective on chromosome numbers in the genus *Pistacia* L. (Anacardiaceae). *J. Plant Breed Genet*, 4 (3): p153.

Alloune R., Liazid A. et Tazerout M., 2012- Etudes comparatives de deux plantes oléagineuses locales pour la production du biodiesel en Algérie. *Revue des Energies Renouvelables SIENR*, 12, Ghardaïa, p 22.

Amiot J., 2005- *Thymus vulgaris*, un cas de polymorphisme chimique pour comprendre l'écologie évolutive des composés secondaires. Thèse Doctorat, Ecol. Nat. Sup. Agro., Montpellier, 136 p.

Abbas Z. et Bessaoudi T., 2018- *Etude de l'effet acaricide de l'huile essentielle de feuilles de lentisque pistachier (Pistacia lentiscus)*. Thèse Master., Univ. Akli Mohand Oulhadj, Bouira, 30p.

Andry A., (2010)- *Contribution à l'étude comparative des produits d'origines biologique et chimique pour la lutte contre l'alter-nariose de la tomate «Lycopersicum esculentum»*. Thèse de doctorat, Univ d'Antananarivo, p79.

Abbas Z et Bessaoudi T., 2018- *Etude de l'effet acaricide de l'huile essentielle de feuilles de lentisque pistachier (Pistacia lentiscus)*. , Thèse de Master Univ. Akli Mohand Oulhadj – Bouira Fac. SNV. Depart de Biologie. p40.

Aissous N., Morsli A., 2016- *Activité insecticide des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques et médicinales sur les pucerons verts : Aphis pomi*, thèse de master Univ Mohamed Sedik Ben Yahya, JIJEL, 61p.

Aiboud K., 2011- *Etude de l'efficacité de quelques huiles essentielles à l'égard de la bruche de niébé Callosobrucus maculatus (Coleoptera : Bruchidae) et impacts des traitement sur la germination des graines de Vigna unguiculata*, Memoire de Magister en sciences écologie. U.M.M.T.O.58p.

Baci L., 1995- *Les contraintes au développement du secteur des fruits et légumes en Algérie : faiblesse des rendements et opacité des marchés. Les agricultures Maghrébines à l'aube de l'an 2000. Options méditerranéennes, Etudes et Recherches (Série B) n°14, CIHEAM, p272.*

Baleh F et Azib F., 2016- *Etude du renforcement de l'est de Tipaza (Douaouda, Fouka, Bou ismail, Khemisti, Bouharoun, Ain tagourait)*. Mém. Master., Fac. Tech., Dépt.Hydrau., Lab. Rech. Hydrau. Appl. Envir., Univ. Abderrahmane MIRA de Bejaia, 48p.

Benjlali B., 2004- *Extraction des plantes aromatiques et médicinales cas particulier de l'entraînement à la vapeur d'eau et ses équipements Manuel pratique. Huiles essentielles de la plante à la commercialisation*, p59.

Bellaiche, Gilbert, et al., 1979- *Plongées en submersible dans les canyons méditerranéens: principaux résultats de la campagne Cyaligure*. Bulletin de la Société Géologique de France, Vol 21, N°5, p543.

Blancard D., Latterot H., Marciiaud G. et Candresse T., 2009- *Les maladies de la tomate, identifier connaitre et maitriser*. Ed. QUAE. 157p.

Branthôme F., 2021- Algérie enfin autosuffisante, tomato news, 30/11/2021, <https://www.tomatonews.com/>, 18/05/2022, 22 :15.

Bruneton J., 1999- Pharmacognosie. Phytochimie. Plantes médicinales. Ed (3^{ème}) *Techniques et documentations*, Paris, p488.

Benhammou N., Bekkara, F. A., 2009- *Activité antibactérienne de l'huile essentielle de Pistacia lentiscus L. de deux stations de la région de Tlemcen (Algérie)*. , Univ. Aboubekr Belkaïd , Départ de Biologie, Fac des Sciences, Tlemcen, ALGÉRIE. p65.

Barra, A., Coroneo, V., Dessi, S., Cabras, P., and Angioni, A. 2007- *Characterization of the volatile constituents in the essential oil of Pistacia lentiscus L. from different origins and its Antifungal and antioxidant activity*. Journal of Agriculture and Food Chemistry 55: p7098.

Baba-aïssa K., 2011- *L'effet comparé de deux biopesticides formulés sur Tuta absoluta et sur une gamme de champignons phytopathogènes*. Mém. Magister., Univ. SAAD DAHLAB., Blida, 179p

Bouzouita, N., Kachouri, F., Ben Halima, M., & Chaabouni, M. M., 2008- *Composition chimique et activités antioxydante, antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de Juniperus phoenicea*. Journal de la Société Chimique de Tunisie, 10, p125.

Chougar. S., 2011- *Bioécologie de la mineuse de la tomate Tuta absoluta (Lepidoptera : Gelechiidae) sur trois variétés de tomate sous serre (Zahra, Dawson et Tavira) dans la wilaya de Tizi-Ouzou.* Mém de magister. Univ. Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 98p.

Caparros Megido R., Haubruge F et Verheggen F.G., 2012- *First evidence of deuterotokous parthenogenesis in the tomato leafminer, Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae).* J Pest Sci.85, p 412.

Clarke J.F., 1962- *New species of microlepidoptera from Japan.* Entomol vol N°3, p102.

Chiasson, H., Beloin, N., 2007- *Les huiles essentielles, des biopesticides" Nouveau genre. Bulletin de la Société d'Entomologie du Québec, Vol 14, N°1, p20.*

Chouder C., Drici O., 2019- *Etude de l'activité insecticide des extraits du pistacchier lentisque pistacia lentiscus I.contre Rhyzopertha dominica (Coloeoptera :Bostrichidae).* Univ. Mohamed El Bachir El Ibrahimi, Fac. SNV. Bordj Bouaariridj, p33.

Dupont F. et Guignard J.I., 2012- *Botanique. Les familles des plantes.* Ed. (15^{ème}) Masson, Paris, 300p.

Brogie L A, Guérout D., (2005). *Tomates d'hier et d'aujourd'hui.* Hoëbeke, Paris, p143.

Desneux N., Wajenberg E., Wyckhuys K., Burgio G., Arpaia S., NARVAEZ-Vasquez C., Pizzol J., Cabrera J., Ruescas D., Tabone E., Frandon J., Poncet C., Cabello T. et Urbaneya A., 2010- *Biological invasion of European tomato crops by Tuta absoluta : ecology, geographic expansion and prospects for biological control.* J. Pest. Sci., Vol 83, p215.

Delille L., (2007)- *Plantes médicinales d'Algérie*. Ed. Berti, Alger, p148.

Damalas C., (2018)- Koutroubas SD État actuel et développements récents dans l'utilisation des biopesticides. *Agriculture*. Vol. 8, N° 1, p13.

Djerrou Z., (2011)- *Etude des effets pharmaco-toxicologique de plante médicinales d'Algérie:l'activité cicatrisante et innocuité de l'huile végétale de Pistacialentiscus L.*
Thèse de Doctorat en sciences. Univ. Mentouri, Fac. SNV. Constantine, 156 p.

Duru, M.E., Cakir, A., Kordali, S., Zengin, H., Harmandar, M., Izumi, S., and Hirata, T., 2003- *Chemical composition and antifungal properties of essential oils of three Pistacia species*. *Fitoterapia* vol. 74, p 176.

Delazar A., Reid RG., Sarker SD., 2004- GC-MS analysis of the essential oil from the oleoresin of *Pistacia atlantica* var. *mutica*. *Chemistry of Natural Compounds* 40(1): 27 p.

EPPO, 2007 - European and Mediterranean Plant Protection Organization. Distribution Maps of quarantine Pests for Europe: [Http://www.appo.org / quarantine /Insects /Tuta_absoluta/DSGNORAB_Map.ht](http://www.appo.org/quarantine/Insects/Tuta_absoluta/DSGNORAB_Map.ht): p2.

Elhadji S., 2018- *La chenille mineuse (Tuta absoluta) : une menace sérieuse pour la culture de la tomate au Niger*. Thèse de Doctorat., Univ. Cheikh Anta Diop de Dakar.,Fac. Des Sciences et Techniques, 61P.

Fouché JG, Marquet A and Hambuckers A. 2000. Les Plantes Médicinales, de la plante au médicament Observatoire du Monde des Plantes Sart-Tilman, Liège, pp. 1- p180.

Ferrero, M., 2009- *Le système tritrophique tomate-tetranyques-tisserandsPhytoseiulus Longines. Etude de la variabilité des comportements alimentaires du prédateur et conséquences pour la lutte biologique*. Thèse de doctorat. Univ de Valencia. p116.

GAllais A. et Bannerot H., 1992- Amélioration des espèces végétales cultivées objectif et critère de sélection. INRA, Paris, 765p.

Grasselly, D., Letard, M., Navez, B., Bertin, N., & Aubert, C., 2000- *Tomate: Pour un produit de qualité.* CTIFL.

Germain JF, Lacordaire AI, Cocquempot C, Ramel JM et Oudard E, 2009 - Un nouveau ravageur de la tomate en France: *Tuta absoluta*. PHM-Revue Horticole 512: p 41.

Guignard JL and Potier P., 2000- Biochimie végétale, 2ème ED, ed. T. 2. : Dunod. P160.

Gausсен H., Leroy J.F., Ozenda P., 1982- Précis de Botanique. Les Végétaux Supérieurs, Ed. Masson, Paris, 579 p.

Guarrera, Paolo Maria., 1999- Traditional antihelmintic, antiparasitic and repellent uses of plants in Central Italy. *Journal of ethnopharmacology*, 1999, vol. 68, no 1-3, p192.

Heuvelink et Dorais., 2005. Diagnosis on the variability of the management of a crop and their agronomic consequences in an agriculture strongly subjected to uncertainties., case of open-field tomato in Mayotte p107.

Hemida, H., Doukani, K., Zitouni, A., Miloud, B., Beggar, H., & Bouhenni, H., 2021- Assessment of wound healing activity of ethanolic extracts of *Pistacia lentiscus* L. leaves and *Quercus ilex* L. bark in full thickness skin excision in rats. *Advances in Traditional Medicine*, p 9.

Gomez, P., Cubillo, D., Mora, GA. & Hilje, L., 1997- Evolution de posibles repelentes de *Bemisia tabaci*. II. Extractos vegetales. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 29, p25.

INPV., 2008- Nouveau déprédateur de la tomate : etas des lieux et programme d'action
» Note de L'Institut National de la Protection des Végétaux, Ministère de l'Agriculture,
Algérie, Juillet 2008. 11P.

**Iserin P., Masson M., Restellini J. P., Ybert E., Laage M. A., Moulard F., Zha E.,
Roque R., Roque O., Vican P., Deelesalle F.T., Biaujeaud M., Ringuet J., Bloth J.,
Botrel A. 2001-** Larousse encyclopédie des plantes médicinale identification,
préparations, soins.21 rue de Montparnasse 75283 Paris, 2ème Edition, p250.

Liu X., Cao A., Yan D., Ouyang C., Wang Q., Li Y. 2021. Aperçu des mécanismes
et des utilisations des biopesticides. *Int. J. Pest Manag.* ; 67 : p 72.

Jouault S. 2012- La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité
et sur leur toxicité. Thèse de doctorat d'état en pharmacie. Faculté de pharmacie.
Université de Lorraine, France, p 147.

Kouamé C., Kamga R., Wanduku N. et Chendjou R., 2008- Legume fruit: La tomate.
The World Vegetable Center, Regional Center for Africa, AVRDC; p 220.

Kumar, J., Ramlal, A., Mallick, D. et Mishra, V., 2021- Un aperçu de certains
biopesticides et de leur importance dans la protection des végétaux pour une
acceptation commerciale. *Plants (Bâle, Suisse)*, 10 (6), 1185.

Kordali.S., Cakir, A., Zengin, H., Duru, M.E., 2003- Antifungal activities of the leaves
of three Pistacia species grown in turkey. *Fitoterapia* Vol 74:p 167.

Koul, O., Walia, S., and Dhaliwal, G.S. 2008- Essential oils as green pesticides:
Potential and constraints. *Biopesticides International* 4: 63- 84.

Luna MG., Wada V., 2006- Ectoparasitoides (Hymenoptera: Eulophidae) de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae): Abundancia estacional y biología en el laboratorio. 1ra Reunión Argentina de Parasitoides-Sección Ecología de poblaciones y comunidades Bariloche.

Luicita LR., 2006- Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffe par induction thermomagnétique directe. Thèse de l'institut national polytechnique de Toulouse, France. 335p.

Lucchesi ME., 2005- Extractions sans solvants assistée par micro-onde conception et application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de doctorat en chimie. Faculté des Science et Technologies. Université de la Reunion, 147p.

Lahlou, M., 2004- Methods to study the phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 18(6), p448.

Mahmoud et al ; 2008- *gestion phytosanitaire de la mineuse de la tomate Tuta absoluta Meyrick, Maroc* p22.

MADR, 2017- Cultures maraichères sous serres. Ministère de l'Agriculture et Développement Rural (S.D.S.). Série B, p.24.

Msissi D., Nicodemus D. et Kimbokota F., 2020. Attraction of female tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera:Gelechiidae) to shared compounds from hosts. *Phytoparasitica*. 10P.

Mugnieri D., Robert Y. et Blanc M in Rousselle P., Robert Y. et Crosnier J.C., 1996- *la pomme de terre*. Ed. INRA-ITPT-ITCF., Paris, 607p.

Munro B et Small E., 1997- Les légumes du Canada. Ministère des Approvisionnements et Services Canada, 436p.

Medeiros, M.A.DE, Vilela, N.J. et Franca, F.H., 2006- [Technical and economic efficiency of biological control of the South American tomato pinworm in protected environment.] Horticultura Brasileira 24: 180-184.

Mimeche F., Ziden A. et Droual H., 2021- Comparaison de deux parasitoïdes: *Bracon hebetor* Say et *Phanerotoma flavitestacea* Fisch dans la lutte contre l'*Ectomyelois cereatoniae* Zell. Dans les Oasis des Zibans (Algérie). Numéro spécial – Actes du 6ème Meeting International "Agriculture Oasienne et Développement Durable Zarzis, Revue des régions arides. Institut des régions arides- Médenine-Tunisie. 2 (46). p335.

Mebarka L. 2007- Contribution à l'étude de la composition chimique et de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Tinguarra sicula*. Mémoire de Magister, Université Ferhat Abbas-Setif. P76.

Mengel P, Beh D, Bellido GM et Monpon B. 1993- VHMD : extraction d'huile essentielle par micro-ondes .Parf .Cosm .Arom .114 : p67.

Montserrat-Delgado A., 2009- La pollilla del tomate *Tuta absoluta* en la región de Murcia : Bases para su control. Técnica 34, Consejería de Agricultura y Agua, Región de Murcia, España. p 112.

Mayer, L., Piasias, N., Janecek, T., et al., 1992- Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports, Vol. 138 <http://dx.doi.org/10.2973/odp.proc.ir.138.1992>

Oliviera C., Matos C. et Hatano E., 2007- Occurrence of pyemotes sp. On *Tuta absoluta* (Meyrick). Bras,arch,boil,technol. 50(6). p932.

Pires LM., Marques E.J., Oliveira J.V. et Alves S.B., 2008- Selection of Isolates of entomopathogenic Fungi for Controlling *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) and their Compatibility with Insecticides Used in Tomato Crop. Neotropical entomology. 39(6). p984.

Péron, J. Y., and E. Geoffriau., 2006- Characteristics and sustainable development of peri-urban vegetable production in Europe. *XXVII International Horticultural Congress-IHC2006: International Symposium on Horticultural Plants in Urban and Peri-Urban* p762.

Povolný, D., 1964- Gnorimoschemini trib. nov.—eine neue Tribus der Familie Gelechiidae nebst Bemerkungen zu ihrer Taxonomie (Lepidoptera). *Acta entomologica bohemoslovaca*, 61, 330-359.

Povlovny D., 1994- *Gnorimo shemini* of South America VI: Identification keys checklist of neotropical taxa and general considerations (Insecta, Lepidoptera: Gelechiidae). *Streens trupia* 20, (1), p42.

Potting, 2009- Pest risk analysis, *Tuta absoluta*, tomato leaf miner moth. Plant protection service of the Netherlands, p24.

Piochon M. 2008- Étude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne: composition chimique, activités pharmacologiques et hémi-synthèse, Mémoire de la maîtrise en ressources renouvelables, Université du Québec A Chicoutimi. p 213.

Pérez-sánchez J., De francesco M., Parisi G., Gomez-réquenl P., 2007- Biological properties of extracellular vesicles and their physiological function. *Journal of Extracellular*. Vol. 4., Issue. 1., 4p.

Quezel, p. ; Santa, s. 1963- Nouvelle flore de l'algerie et des regions desertiques méridionales ; Editions du Centre National de la Recherche Scientifique : Paris, p1090.

Rochefort S ; Lalancette R ; Labbe R. & Brodeur J ; 2006- Recherche et développement de biopesticides et pesticides naturels à faible toxicité pour les organismes non ciblés et respectueux de l'environnement. Rapport final, Projet PARDE, Volet Entomologie, Université Laval. Pp.10- 28.

Ramel J.M et Oudard E., 2008- Tuta absoluta (Meyrick), Eléments de reconnaissance. Fiche technique, L.N.P.V et S.R.P.V Avignon, Décembre 2008, PDF, p60.

Regnault-Roger C. et Hamraoui A., 1994- Inhibition of the reproduction of *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera), a kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) bruchid, by aromatic essential oils. *Crop Protection* 13, p624.

Regnault-Roger C., Hamraoui A., Hotelman M., Theron E. et Pineal R., 1993- Insecticidal effect of essential oils from Mediterranean plants upon *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera, Bruchidae) a pest of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L) J. Chem.Ecol.19: p240.

Sefta., 1999- Contribution à l'étude de l'influence des extraits foliaires de *Lantana camara* et de *Ipomoea leari* sur le comportement de ponte *Phthorimaea operculella* Zeller (*Lepidoptera, Gelechiidae*) en milieu de stockage, *Thèse ing, INA, El Harrach, Algérie, 56p.*

Spichiger., Calenge. et BISE., 2004- Geographical zonation in the neotropics of tree species characteristic of the Paraguay paranà basin. *Journal of Biogeography*, 31 (9) ,1489-1501.

Shankara. et al 2005- La culture de la tomate, production, transformation et commercialisation, cinquième édition révisée. Agronisa Foundation, coll., Wageningen, p105.

Shankara et al 2005- La culture de la tomate production, transformation et commercialisation p54.

Snoussi., 2010- Étude de base sur la Tomate en Algérie. Rapport de mission .FAO. Rome. 53p.

Smail-Saadoun, N., 2005- "Réponse adaptative de l'anatomie des Chénopodiacées du Sahara algérien à des conditions de vie d'aridité extrême." *Science et changements planétaires/Sécheresse* 16.2 (2005): p124.

Smail-Saadoun, N., 2002- Types stomatiques du genre *Pistacia*: *Pistacia atlantica* Desf. ssp. *Atlantica* et *Pistacia lentiscus* L., P369.

Soares., Campos., Passos., Carvalho., Violette., Antonio., Lucia. et Nicolas., 2019- Botanical insecticide and natural enemies: a potential combination for pest management against *Tuta absoluta*. *Journal of Pest Science*, 92(4). Pp. 1433–1443.

Schorderet WS, Kaminski KP, Perret J.-L., Leroy P., Mazurov A., Peitsch MC, Ivanov NV, Hoeng J. 2019- Propriétés antiparasitaires d'extraits de feuilles dérivés d'espèces sélectionnées de *Nicotiana* et de variétés de *Nicotiana tabacum*. *Chimie alimentaire. Toxicol.* 2019 ; 132 :110660. doi : 10.1016/j.fct.2019.110660.

Siquieira H.A.A., Guedes R.N.C. et Picanço M.C., 2000- Insecticid resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Agricultural and Forest Entomology*. p153.

Urbaneja A., Vercher R., Navarro V., Garcia Mari F. et Porcuna JL. , 2007 in Berkani A. et Badaoui M., 2008- La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera; Gelechiidae). Ed. INRAA, Algérie, 16p.

Annexe

Matériel de laboratoire

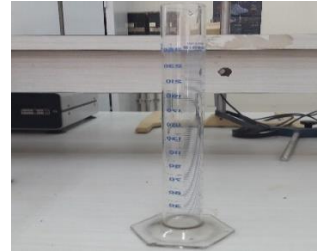
Le matériel utilisé lors de cette expérimentation est représenté par les figures ci-dessous



Loupe binoculaire



Bécher



éprouvette graduée



Fiole jaugée



Flacons en verre foncé



Pince



Ampoule à décanter



Essencier en verre

Figure 2.2. Matériel de laboratoire utilisé dans l'expérimentation (**original**).

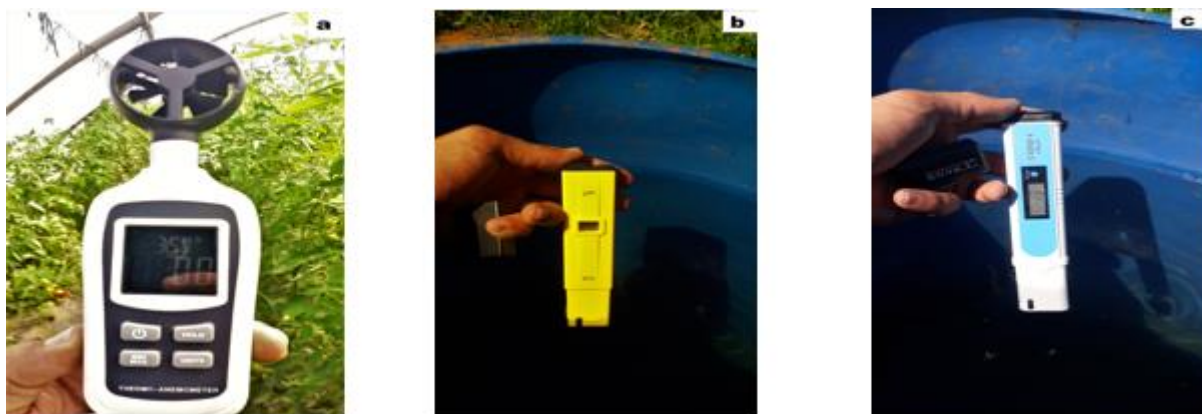


Figure 2.3. Matériel utilisé pour la collecte de données sur site d'étude (**Original**).

a : Thermometre compteur de vitesse du vent. b : pH mètre. c : Conductimètre.

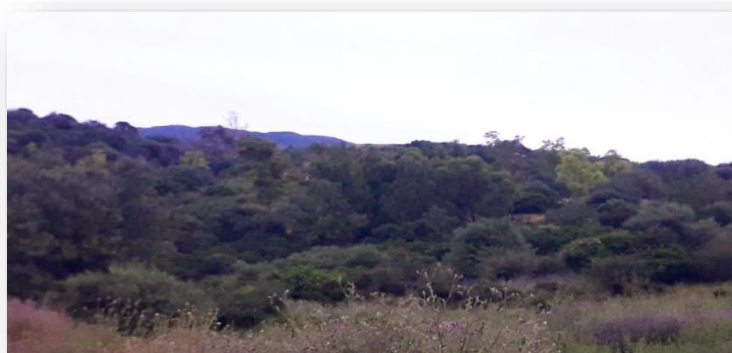


Figure 2.4. Site de récolte de lentisque Ghabet ezzaouch (**Original**).



Figure 2.5. Description du matériel végétal *Pistachia lentiscus* (Original).

a : L'arbuste. b : Les feuilles. c : Les fruits. d : La tige.



Figure 2.6. Dispositif d'extraction par entrainement à la vapeur d'eau (Original)



Figure 2.7. Mise de la matière végétale dans l'extracteur (original).

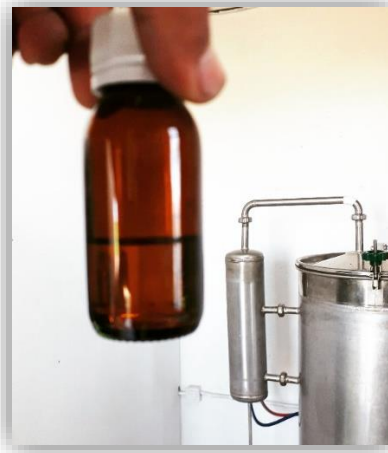


Figure 2.8. Rendement en huile essentielle (original).



Figure 2.9. Différents stades de *Tuta absoluta* (Original).

a : Larve, b : Chrysalide, c :Adulte .



Figure 2.10. Bioformulation à base d'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* (Original).



Figure 2.11. Echantillons collectés (Original).



Figure 2.14. Application des traitements à l'aide d'un pulvérisateur manuel (original)

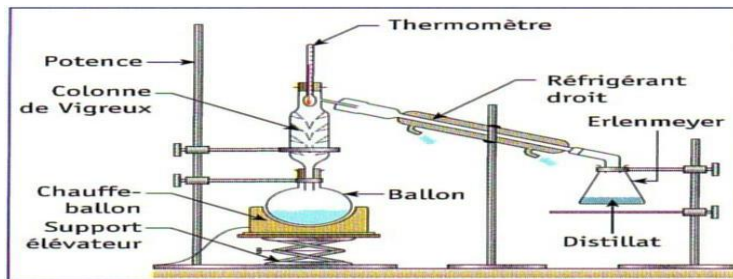


Figure 1.8. Principe schématisé de l'appareillage d'hydrodistillation (Jouault, 2012).

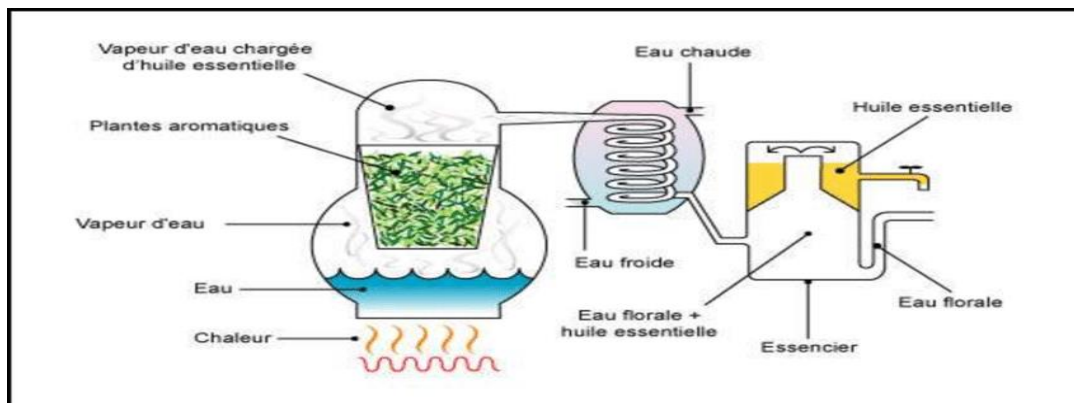


Figure 1.9. Principe schématisé de l'appareillage d'entraînement à la vapeur d'eau (Luchesi, 2005).



Figure 1.10. Principe schématisé de différentes étapes d'hydro-diffusion (Luchesi, 2005).

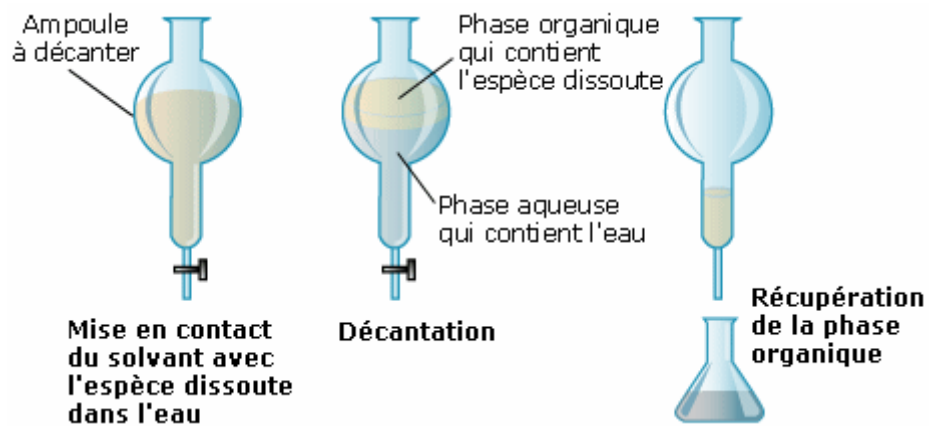


Figure 1.11. Technique d'extraction par solvant (Lucchesi, 2005).

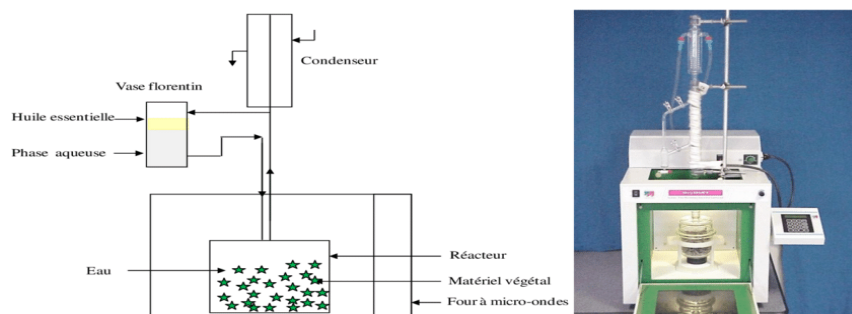


Figure 1.12. Extraction assisté par micro-ondes (Chemat et al., 2006).

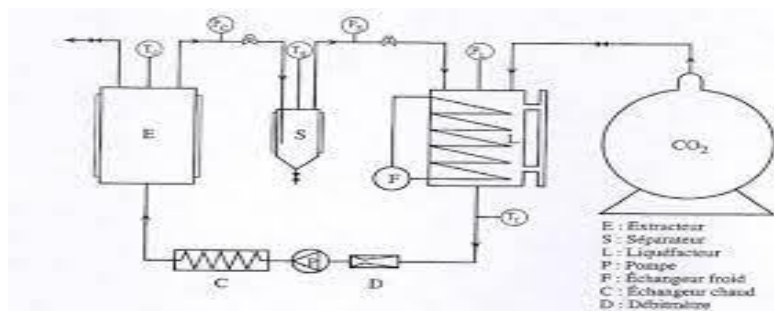


Figure 1.13. Montage d'extraction par les fluides supercritiques (Pellerin, 1991).



Figure 1.15. Feuilles de *Pistacia lentiscus* L. (Hemida et al., 2021).



Figure 1.16. Fruits de *Pistacia lentiscus* L. (Hemida et *al.*, 2021).