

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

Université SAAD DAHLAB de Blida

Faculté des Sciences Agro-Vétérinaire

Département des Sciences Agronomiques

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE
L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER ACADEMIQUE EN SCIENCES DE LA
NATURE ET DE LA VIE
Option : phytopharmacie appliquée

Thème

**EFFET BIOCIDES DE THYM (*THYMUS FONTANESII*) ET DE THYMOL
SUR *TUTA ABSOLUTA* (Meyrick, 1917)**

Par

RAHIM Nouredine

Devant le jury composé de :

Z.DJAZOULI	M.C.A U.S.D. Blida.	Président
A.GUENDOZ-BENRIMA	Professeur U.S.D.Blida.	Promotrice
F.AMMAD	M .A. A U.S.D. Blida	Co-promotrice
K .DJENNAS	M.A.A U.S.D. Blida.	Examinatrice
O. KHALADI	Post doctorant U.S.D. Blida.	Examineur

Résumé

Cette étude a pour objectifs d'évaluer l'efficacité insecticide *in vitro* de l'huile essentielle d'une espèce spontanées ; *Thymus fontanesii*, et de thymol pur sur la mineuse de la tomate (*Tuta absoluta* Meyrick, 1917), principal ravageur de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill).

Le *Thymus fontanesii* utilisé dans cette étude a été collecté durant deux périodes ; Mars et Mai.

Les résultats de l'extraction par hydrodistillation ont montré que le meilleur rendement en huile essentielle de *Thymus fontanesii* a été obtenu en pleine floraison (Mai ; 1,8%), cependant les récoltes précoces du mois de Mars sont caractérisées par de faibles rendements (1,1%). L'analyse par la chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG-SM) nous a permis de connaître la composition chimique de l'huile essentielle du mois de mars et mai. Selon cette analyse, le *Thymus fontanesii* étudié est du chémotype à thymol.

Les deux huiles essentielles de *Thymus fontanesii* ont montré un effet toxique sur les larves de *Tuta absoluta*, le plus important est enregistré avec l'huile essentielle du moi de Mai. Tandis que le thymol a révélé une très faible toxicité.

Les résultats obtenus ont montré que la toxicité des différents traitements (huiles essentielles) évolue avec l'augmentation de la concentration des doses appliquées d'une part, et une efficacité relativement progressive par rapport au temps (durée après traitement) qui se traduit par une meilleure efficacité d'autre part.

Mots clé : efficacité insecticide, *Thymus fontanesii*, thymol, thymol, *Tuta absoluta*, *Lycopersicon esculentum* Mill, hydrodistillation, huile essentielle.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the insecticidal efficacy in vitro of the essential oil of a species spontaneous *Thymus fontanesii*, and pure thymol on tomato leafminer (*Tuta absoluta* Meyrick, 1917), the main pest tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill).

Thymus fontanesii used in this study was collected during two periods, March and May.

The results of the extraction hydrodistillation showed that the best yield of essential oil of *Thymus fontanesii* was obtained in full bloom (May, 1.8%), however, the early crops of March are characterized by low yields (1.1%). The analysis by gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS) allowed us to know the chemical composition of the essential oil, respectively, March and May. According to this analysis, the *Thymus fontanesii* was studied of chemotype thymol.

The results of both studies showed that the toxicity of the different treatments (essential oils) vary with increasing concentration of applied doses on the one hand, and a relatively gradual efficiency versus time (time after treatment) which results in improved efficiency on the other.

Key words: insecticidal activity, *Thymus fontanesii*, thymol, *Tuta absoluta*, *Lycopersicon esculentum* Mill, hydrodistillation, essential oil.

الملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم مخبري لفعالية مضاد حشري باستعمال الزيت الأساسي لنبتة برية؛ *Thymus fontanesii* وتمول (thymol), على يراقات *Tuta absoluta*, الآفة الرئيسية لطماطم (*Lycopersicon esculentum* Mill).

وقد تم جمع نبتة الزعتر (*Thymus fontanesii*) المستخدمة في هذه الدراسة خلال فترتين، مارس وماي

أظهرت نتائج الاستخلاص أن مرودية الزعتر (*Thymus fontanesii*) تكون أفضل خلال فترة الإزهار (ماي 1,8%)، بالمقارنة مع فترة ما قبل الإزهار التي يكون فيها المردود منخفض (مارس، 1,1%). وقد سمح تحليل الزيوت الأساسية بواسطة جهاز الكروماتوجرافي الغازي (CPG) من التعرف على التركيب الكيميائي للزيت أساسي. وفقا لهذا التحليل فان العنصر الكيميائي الغالب في هذه الزيت هو التيمول (thymol).

وأظهرت كل من الزيوت الأساسية لنبتة *Thymus fontanesii* آثار سمية على يرقات *Tuta absoluta* ، حيث تم تسجيل الزيت الأساسي لشهر ماي افضل فعالية سمية بالمقارنة مع المتحصل عليه في شهر مارس. في حين أظهر التيمول (thymol) سمية منخفضة للغاية.

و أظهرت كل من الدراستين أن سمية العلاجات المختلفة تتزايد مع زيادة تركيز الجرعة التي تم تطبيقها من جهة و فعالية نسبية متزايدة مع مرور الوقت التي تترجم بأفضل فعالية من جهة أخرى.

كلمات مفتاحية : *Thymus fontanesii* قوة السامة ، thymol ، *Tuta absoluta* ، *Lycopersicon esculentum* Mill ، الاستخلاص ، المائي الزيت الأساسي للزعتر

EMERCIEMENTS

Tout d'abord, je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, la force et la volonté pour bien mener ce travail.

J'exprime mes vifs remerciements et ma grande considération à ma promotrice Pr GUENDOUZ-BENRIMA A.

Je tiens à exprimer ma gratitude, mes sincères remerciements, ma reconnaissance et mes respects à ma co-promotrice Mme AMMAD.F. de m'avoir dirigée, orientée et aidée par ses précieux conseils tout le long de ce travail, ses qualités humaines, sa présence, sa rigueur, sa patience, ainsi que sa disponibilité.

Mes vifs remerciements et mes respects vont au Docteur DJAZOULI Z., qui me fait l'honneur de présider le jury. Qu'il me soit permis de lui témoigner mon profond respect pour ses enseignement, sa sagesse et surtout son écoute et sa compréhension. Un homme qui n'a jamais lésiné de son temps pour orienter et conseiller tous ses étudiants sans exception.

Je voulais remercier amplement monsieur KHALADI O., d'avoir bien voulu accepter d'être membre de jury et d'examiner ce travail.

Je tiens à remercier Madame DJENNAS.K, pour avoir accepté de juger ce travail. Symbole de l'enseignante dévouée, son amabilité et sa sagesse exemplaires. Qu'elle trouve ici l'expression de mon profond respect.

Je ne pourrais également oublier de remercier tous ceux qui m'ont facilité la tâche pour la réalisation de ce travail, en l'occurrence :

Madame AISSANI N., ingénieur au sein de l'entreprise ALPHYT de Beni Mered. Je tiens à la remercier d'avoir mis à ma disposition tous les moyens nécessaires pour la réalisation de la partie extraction de l'huile essentielle.

4. Enseignant au département du chimie à l'U.S.D.Blida, je tiens à le remercier pour m'avoir fait confiance en m'ouvrant les portes de son laboratoire et en ayant mis à ma disposition les moyens nécessaires pour la réalisation de ce travail. Je le remercie également pour m'avoir consacré de son temps afin de mieux réaliser la partie «Extraction de thymol »

Monsieur ALHADJ, agriculteur à DOUAOUDA, pour m'avoir accueilli au sein de son exploitation. Un homme généreux, qui n'a pas su cacher ses larmes face aux dégâts occasionnés par la mineuse de la tomate, et qui malgré tout persévère dans son noble métier pour pouvoir approvisionner le marché en légumes.

Je tiens à remercier tout le personnel de l'ITCMI de Staouali, en particulier, Monsieur RAKA de m'avoir accueilli au sein de son unité, pour la réalisation de mon échantillonnage.

A tous mes enseignants et mes professeurs qui ont assuré ma formation sans oublier les personnels du département d'agronomie de Blida.

A DJEMAI Y. la technicienne du laboratoire de zoologie pour sa gentillesse, son aide et sa disponibilité.

Je tiens à remercier aussi toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Noureddine R.

Dédicace

C'est avec un très grand honneur que je dédie ce modeste travail aux personnes les plus chères au monde mes chers parents qui m'ont permis de continuer mes études dans les meilleures conditions et qui m'ont appris à ne jamais baissé les bras.

A la mémoire de mon grand-père, que dieu le tout puissant l'accueille en son vaste paradis.

Je dédie aussi cette modeste réalisation à :

- A ma grand-mère qui m'a toujours aimé et comblé par ses bénédictions, que dieu tu garde pour moi.
- Mes très chers frères Mohamed, Rabah, Sidali et Karim.
- Mes très chères sœurs adorables Djamila et Asma
- tous mes chers amis en qui j'ai trouvé le soutien, et surtout:

Zaki, Bilel, Lakhdar, Ahmed, Ferhat, Amine Boulahia, Amine, Abdou, Farouk, Achour, Rachid, Kamel, Faouzi, Rafik, Amine Makh, Asma, Dalila, Chafia, Zahra et surtout à toi Hanane.

A tous les étudiants de département des sciences Agronomiques.

NOUREDDINE

RÉSUMÉ

ABSTRACT

ملخص

REMERCIEMENTS

DÉDICACES

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES ILLUSTRATIONS ET GRAPHIQUES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION 16

CHAPITRE 1 : DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES SUR LA TOMATE

1.1.	Historique et origine de la tomate	18
1.2.	Classification botanique	19
1.3.	Intérêt économique de la tomate	20
1.3.1.	Situation économique de la tomate maraichère dans le monde	20
1.3.2.	Situation économique de la tomate maraichère en Algérie	20
1.4.	Maladies et ravageurs de la tomate sous abris.	21
1.4.1	Maladies d'origines telluriques.	22
1.4.1.1.	Principaux pathogènes telluriques de la tomate	23
1.4.1.2.	Maladies d'origines non telluriques	24
1.4.2.	Alternariose (<i>Alternaria solani</i> Ell et Mart.)	25
1.4.2.1.	Cladosporiose (<i>Fulvia fulva</i> Cooke)	25

		25
	1.4.2.2. Mildiou (<i>Phytophthora infestans</i> Mont de Bary)	26
	1.4.2.3. Oïdium (<i>Leveillula taurica</i>)	26
	1.4.2.4. Pourriture grise (<i>Botrytis cinerea</i> Pers)	28
1.4.3.	Maladies bactériennes	28
	1.4.3.1. Moucheture de la tomate (<i>Pseudomonas syringae</i>)	28
	1.4.3.2. Gale bactérienne (<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i> Diodge)	28
	1.4.3.3. Chancre bactérien (<i>Clavibacter michiganensis</i> <i>subsp. michiganensis</i> David)	28
1.4.4.	Maladies virales	29
	1.4.4.1. Virus Y de la pomme de terre (PVY)	29
	1.4.4.2. Virus de la mosaïque du concombre (CMV)	29
	1.4.4.3. Virus de la mosaïque du tabac (TMV) et le virus de la mosaïque de la tomate (TOMV)	30
1.4.5.	Ravageurs	31
	1.4.5.1. Acariens	31
	1.4.5.2. Aleurodes	31
	1.4.5.3. Mouches Mineuses	31
	1.4.5.4. Pucerons	32
	1.4.5.5. Thrips	32
1.6.	Mineuse de la tomate <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick)	34
	1.6.1. Origine et Répartition géographique	34
	1.6.2. Classification	36
	1.6.3. Morphologie	36
	1.6.4. Biologie du ravageur	37
	1.6.5. Plantes hôtes	39
	1.6.6. Moyens de dissémination	40
	1.6.7. Dégâts	40

1.6.7.1.	Sur les feuilles	40
1.6.7.2.	Sur les tiges	41
1.6.7.3.	Sur fruits	41
1.6.8.	Les moyens de lutte	42
1.6.8.1.	Mesures prophylactiques	42
1.6.8.2.	La lutte biotechnologique	43
1.6.8.3.	La lutte curative	43
1.6.8.4.	Méthode chimique	44
1.6.8.5.	Lutte biologique	44
CHAPITRE 2 : DONNÉES GÉNÉRALES SUR LES HUILES ESSENTIELLES ET SUR LA PLANTE UTILISÉE		51
2.1.	Les huiles essentielles	51
2.1.1.	Définition	51
2.1.2.	Histoire de leur utilisation	51
2.1.3.	Localisation	52
2.1.4.	Fonction biologique des huiles essentielles	54
2.1.5.	Propriétés des huiles essentielles	54
2.1.6.	Composition chimique des H.E	54
2.1.7.	Les facteurs de variabilité des huiles essentielles	55
2.1.7.1.	Facteurs d'origine naturelle intrinsèques	56
2.1.7.2.	Facteur d'origine naturelle extrinsèque	56
2.1.7.3.	Facteurs d'origines technologiques	57
2.1.8.	Domaines d'utilisation des huiles essentielles	57

2.1.9.	Activité insecticide des huiles essentielles et mécanismes d'action	58
2.1.10.	Les méthodes d'extraction	59
2.1.11.	Les facteurs à considérer pour la mise en œuvre des procédés d'extraction.	61
2.2.	Le thym	62
2.2.1.	Historique	62
2.2.1.	Habitat	63
2.2.2.	Caractéristiques botaniques	63
2.2.3.	Ses principaux constituants	64
2.2.4.	Répartition géographique	65
2.2.5.	Huile essentielle du thym	66
3.1.	Matériel d'étude.	68
3.1.1.	Matériel animal	69
3.1.2.	Matériel végétal.	70
3.2.	Procédé d'extraction de l'huile essentielle.	72
3.3.	Calcul de rendement	74
3.4.	Extraction de thymol	74
3.5.	Analyse chromatographique de l'huile essentielle et de thymol extrait.	75
3.6.	Etude <i>in vitro</i> du pouvoir insecticide d'HE de <i>Thymus fontanesii</i>, et du thymol extrait.	77
3.7.	Estimation de l'activité insecticide d'huile essentielle de thym, et de thymol extrait.	79
3.8.	Analyse des résultats obtenus	79

INTERPRETATIONS	80
4.1. Résultats d'extraction de l'huile essentielle	80
4.2. Résultat de l'extraction de thymol	83
4.3. Évaluation de l'activité insecticide de deux huiles essentielles de thym, et du thymol extrait.	84
4.3.1. Évaluation de l'activité insecticide d'huile essentielle de thym du mois de mars.	84
4.3.2. Évaluation de l'activité insecticide d'huile essentielle de thym du mois de mai	89
4.3.3. Étude comparée de l'efficacité des traitements à base des deux huiles essentielle de thym, et du thymol extrait	93
CHAPITRE 5 : DISCUSSION GÉNÉRALE	96
CONCLUSION	103
ANNEXES	106
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	111

ISTRATIONS ET GRAPHIQUES

Figure 1.1.	Diffusion de la tomate dans le monde	19
Figure 1.2.	Évolution des superficies et de la production de la tomate sous serres de 2000 à 2009	21
Figure 1.3.	Principaux pathogènes telluriques de la tomate	24
Figure 1.4.	Maladies d'origine non telluriques de la tomate	27
Figure 1.5.	Symptômes d'origine bactériens sur fruits	29
Figure 1.6.	Différents virus affectant la tomate	30
Figure 1.7.	Adulte d'Aleurode	33
Figure 1.8.	Adulte de la mouche mineuse	33
Figure 1.9.	Adulte d'un puceron vert	33
Figure 1.10.	Larve de thrips	33
Figure 1.11.	Années et zones d'apparition de <i>Tuta absoluta</i> dans les pays du bassin méditerranéen et en Europe	35
Figure 1.12.	Années et zones d'apparition de <i>Tuta absoluta</i> en Algérie	35
Figure 1.13.	Cycle de vie de <i>Tuta absoluta</i> Meyrick, 1917	38
Figure 1.14.	Symptômes de <i>Tota absoluta</i> sur pomme de terre	39
Figure 1.15.	Symptômes <i>Tota absoluta</i> sur aubergine	39
Figure 1.16.	Symptômes <i>Tota absoluta</i> sur <i>morelle noire</i>	39
Figure 1.17.	Symptômes <i>Tota absoluta</i> sur <i>Nicotiana glauca</i>	39
Figure 1.18.	Dégât <i>Tota absoluta</i> sur feuilles de tomate	41
Figure 1.19.	Dégât <i>Tota absoluta</i> sur tiges de tomate	42
Figure 1.20.	Dégât <i>Tota absoluta</i> sur fruit de tomate	42
Figure 1.21.	Oeuf de <i>Tuta absoluta</i> totalement colonisé par le mycélium du champignon <i>Metharizium anisopliae</i>	45
Figure 1.22.	Adulte de <i>Necremnus artynes</i> et larve de <i>Tuta absoluta</i> parasité	47
Figure 1.23.	<i>Pseudapanteles dignus</i> parasitant une larve de <i>Tuta absoluta</i>	47
Figure 1.24.	Trichogramme parasitant un oeuf d'insecte	48
Figure 1.25.	Adulte de <i>Nesidiocoris tenuis</i>	49
Figure 2.1.	Anatomie d'un trichome glandulaire de <i>Thymus vulgaris</i>	53

	Trichome sessile sur la face inférieure de la feuille	53
	remplie d'huile	
Figure 2.3.	Trichome glandulaire avec tête unicellulaire sur la face supérieure de la feuille d'Origan	53
Figure 2.4.	Aspects morphologiques de <i>Thymus vulgaris</i>	63
Figure 2.5.	Distribution du genre <i>Thymus</i> dans le monde	65
Figure 3.1.	Larves L3 et L4 de <i>Tuta absoluta</i>	69
Figure 3.2.	Serre multi chapelle, ITCM de Staoueli	69
Figure 3.3.	Vue d'ensemble d'un pied de <i>Thymus fontanesii</i>	71
Figure 3.4.	Sommités fleuries de <i>Thymus fontanesii</i>	71
Figure 3.5.	Disposition des feuilles et des inflorescences au niveau de la tige	71
Figure 3.6.	Opération de Séchage du <i>Thymus fontanesii</i>	72
Figure 3.7.	Feuilles séchées de <i>Thymus fontanesii</i>	72
Figure 3.8.	Hydrodistillateur, type Clevenger	73
Figure 3.9.	Appareillage de la (C P G)	76
Figure 3.10.	Boîtes de pétri, contenant les feuilles fraîches de tomate infestées par les larves de <i>Tuta absoluta</i> subissant les différents traitements	78
Figure 4.1.	Evolution du rendement en huiles essentielles en fonction du temps d'extraction	80
Figure 4.2.	Variation des teneurs relatives en huiles essentielles du thym	81
Figure 4.3.	Résultats d'extraction du thymol	84
Figure 4.4.	Évolution temporelle des populations résiduelles de <i>Tuta absoluta</i> sous l'effet des traitements à base d'HE de thym du mois de mars	85
Figure 4.5.	Effet comparé de la variation temporelle des populations résiduelles de <i>Tuta absoluta</i> sous l'effet d'HE du mois de mars (a: produits, b: doses, c: périodes).	87
Figure 4.6.	Effet comparé des populations résiduelles de <i>Tuta absoluta</i> sous l'effet des différentes doses d'HE de thym du mois de mars (a : après 24h, b : après 48h, c : après 72h)	88
Figure 4.7.	Évolution temporelle des populations résiduelles de <i>Tuta absoluta</i> sous l'effet du traitement à base d'HE du mois de Mai	89

	le la variation temporelle des populations résiduelles de <i>Tuta absoluta</i> sous l'effet d'HE du mois de Mai (a: produits, b: doses, c: périodes).	91
Figure 4.9.	Effet comparé des populations résiduelles de <i>Tuta absoluta</i> sous l'effet des différentes doses des traitements à base d'HE de thym du mois de Mars (a : après 24h, b : après 48h, c : après 72h).	92
Figure 4.10.	Effet comparé de la variation temporelle des populations résiduelles de <i>Tuta absoluta</i> sous l'effet des différents traitements ; HE de Mars, HE de Mai et de thymol extrait (a : produits, b : doses, c : périodes).	94
Figure 5.1.	Biosynthèse de thymol et carvacrol à partir γ -terpène (Koba et al., 2006)	98

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1.	Production mondiale de la tomate en 2007	20
Tableau 1.2.	Importance des ravageurs et maladies de la tomate sous abris rencontrés durant la campagne 2008/2009	22
Tableau 1.3.	Durée de développement (en jours) de <i>Tuta absoluta</i> de l'œuf à l'émergence de l'adulte	37
Tableau 2.1.	Localisation des principales espèces du thym en Algérie	66
Tableau 2.2.	Composition de l'huile essentielle de quelques espèces du thym	67
Tableau 3.1.	Situation géographique de la région de récolte	82
Tableau 4.1.	Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Thymus fontanesii</i> .	86
Tableau 4.2.	Modèle G.L.M. appliqué aux essais de traitements sur les populations résiduelles de <i>Tuta absoluta</i>	88
Tableau 4.3.	Test ANOVA appliqué aux essais de traitements sur les populations résiduelles de <i>Tuta absoluta</i>	90
Tableau 4.4.	Modèle G.L.M. appliqué aux essais de traitements sur les populations résiduelles de <i>Tuta absoluta</i>	92
Tableau 4.5.	Test ANOVA appliqué aux essais de traitements sur les populations résiduelles de <i>Tuta absoluta</i>	92
Tableau 4.6.:	Modèle G.L.M. appliqué aux essais des traitements à base des deux HE, et de thymol sur les populations résiduelles de <i>Tuta absoluta</i> .	93

INTRODUCTION

Avec la révolution dans le domaine agro-alimentaire, l'espèce humaine doit maximiser sa production alimentaire afin d'assurer une alimentation adéquate de la population mondiale. Pour se faire elle doit réduire l'abondance des espèces qui sont en compétition alimentaire avec elle. Parmi ces animaux, les invertébrés dont les insectes représentent le groupe le plus diversifié et le plus riche en nombre d'espèces.

Les pertes dues, aux insectes, aux pathogènes et aux mauvaises herbes correspondent à 35% de la production agricole ; si l'on y ajoute les pertes après récolte, on estime à 45% les pertes dues à ces ravageurs et micro-organismes (Vincent et Coderre, 2002).

En raison de son efficacité et de son application facile et pratique, l'utilisation d'insecticides chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée pour lutter contre les insectes nuisibles. Cependant, l'emploi intensif et inconsidéré de ces insecticides a provoqué une contamination de la biosphère et de la chaîne alimentaire, une éradication des espèces non cible telles que la faune auxiliaire et l'apparition d'insectes résistants. Ces dangers ont conduit l'OMS à interdire l'usage de certains insecticides chimiques, d'autres vont être prohibés dans un futur proche (Bajpai, 2007).

Il est donc nécessaire de poursuivre la recherche de molécules nouvelles en prenant en compte d'autres critères que l'efficacité. Cette recherche s'est orientée vers la lutte biologique par l'utilisation de substances naturelles actives, non polluantes et s'utilisant dans une lutte moins nocive et plus raisonnée. La lutte

is, mais celle qui retient l'attention des chercheurs à l'heure actuelle est la lutte biologique par l'utilisation de substances naturelles d'origines végétales.

Les plantes se défendent par divers moyens physiques et chimiques en synthétisant des métabolites secondaires extraordinairement diversifiés. Ces derniers sont souvent connus pour leur toxicité pour les herbivores, et ils affectent profondément le comportement des insectes phytophages. De nombreuses molécules, qui présentent une action défensive du végétal contre les ravageurs, ont été identifiées. Ainsi plus de 2000 espèces végétales dotées de propriétés insecticides ont été répertoriées. Les Plantes Aromatiques et Médicinales (PAM) constituent une véritable banque de ces molécules bioactives (Regnault et *al.*, 2005).

Dans le cadre de la recherche sur les procédés de lutte biologique basés sur l'utilisation de nouvelles molécules naturelles de plantes contre certaines maladies de la tomate, nous nous sommes intéressés à l'étude *in vitro* de l'effet insecticide de l'huile essentielle de thym, et de son composé majoritaire, le thymol sur les larves de *Tuta absoluta* (mineuse de la tomate).

CHAPITRE 1 :

Description générale de la plante hôte : la tomate

(Lycopersicon esculentum Mill.).

1.1. Historique et origine de la tomate

La tomate est une plante cultivée dans le monde entier pour son fruit. Elle est originaire des régions Andines côtières du Nord-ouest de l'Amérique du sud, dans une zone allant du sud de la Colombie au Nord du Chili et de la cote Pacifique, aux contreforts des Andes (Equateur, Pérou) (Shankara et *al.*, 2005).

C'est au XVIème qu'elle fut introduits en Europe par les Espagnols avant même la pomme de terre et le tabac, ou elle fut accueillie par les habitants avec un engouement très gaulois, car ils pensaient qu'elle avait un pouvoir aphrodisiaque (Anonyme, 2010).

Au début, les Européens l'exploitèrent pour un usage purement ornemental et évitèrent sa consommation, à cause des liens de parenté botanique très étroits avec certaines espèces végétales connues comme plantes vénéneuses : *Hyocinus niger*, *Lycopersicum atropa* (Kolev, 1976). Selon Menard (2009), elle a été longtemps considérée comme une plante toxique. Ce n'est que vers les années 1920-1930 qu'elle commença à être largement commercialisée.

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

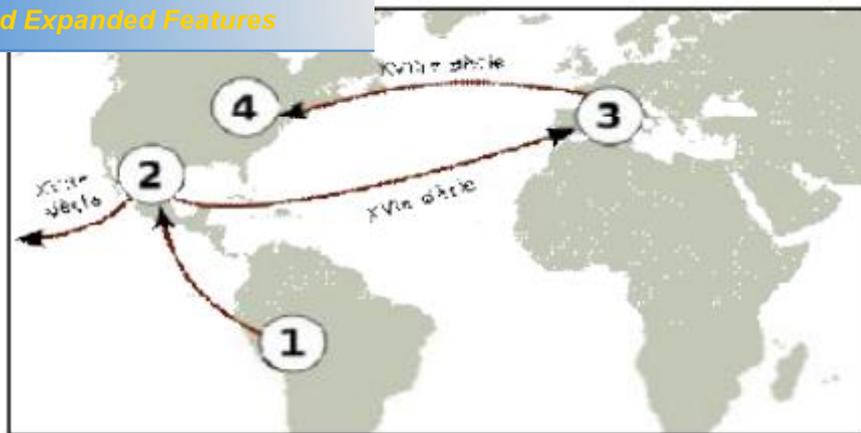


Fig.1.1 : Diffusion de la tomate dans le monde (Gallais et Bannerot, 1992).

- (1) Pérou: Centre de diversification.
- (2) Mexique: Premier centre de domestication.
- (3) Europe: Deuxième centre de domestication.
- (4) Etats Unis: Troisième centre de domestication.

1.2. Classification botanique.

D'après Gaussen et *al.*, (1982), la tomate appartient à la classification suivante:

- Règne: *Plantea*.
- Section: *Angiospermae*.
- Classe: *Dicotyledonea*.
- Ordre : *Polemoniales*
- Famille : *Solanaceae*
- Genre : *Lycopersicon*
- Espère : *Lycopersicon esculentum*

La tomate est largement répandue dans le monde, y compris en Algérie. Elle a largement une place stratégique dans l'économie mondiale et nationale.

1.3.1. Situation économique de la tomate maraîchère dans le monde.

En 2004 les échanges de la tomate représentent plus de 17% du commerce mondiale des fruits et légumes frais. Environ 4 000 000 T de tomate sont importés et exportés. Parmi les dix principaux pays exportateurs de tomate, six d'entre eux se trouvent dans la zone méditerranéenne (Turquie, Egypte, Italie, Espagne, Grèce, Maroc)

Tableau 1.1 : Production mondiale de la tomate en 2007 (Anonyme, 2009)

Pays	Production (10 ³ tonnes)	(%)	Pays	Production (10 ³ tonnes)	(%)
Monde	124 875	100%	Maroc	1 206	00,96%
Chine	31 644	25 ,34%	Portugal	1 085	00,86%
USA	11 043	08,84%	Nigeria	1 057	00,84%
Turquie	10050	08,04%	Algérie	1 023	00,81%
Inde	8 586	06,87%	Tunisie	960	00,76%
Egypte	7 600	06,08%	Syrie	946	00,75%
Italie	7 187	05,75%	Canada	839	00,67%
Iran	4 781	03,82%	Cuba	803	00,64%
Espagne	4 651	03,72%	France	790	00,63%
Brésil	3 453	02,76%	Japon	758	00,60%
Mexique	2 800	02,24%	Argentine	660	00,52%
Russie	2 296	01,83%	Hollande	660	00,52%
Grèce	1 712	01,37%	Roumanie	627	00,50%
Ukraine	1 472	01,17%	Autres	14869	12,06%
Ouzbékistan	1 317	01,05%			

1.3.2. En Algérie :

En Algérie, la tomate a pu gagner une place importante dans l'économie du pays en enregistrant des accroissements notables en superficies et en production. C'est un légume de base pour la population algérienne et elle prend la deuxième place en maraîchage après la pomme de terre. Elle occupe une surface de l'ordre de

alisé au niveau des zones littorales et sublittorales

(Zitter, 2010) (Fig.1.2).

Les principales régions productrices de la tomate sous serre sont respectivement : Biskra (43,11%), Tipaza (14,15%), Mostaganem (10,51%), Chlef (10,01%), Ain Defla (04,71) et Boumerdes (02,69%). (Anonyme, 2006)

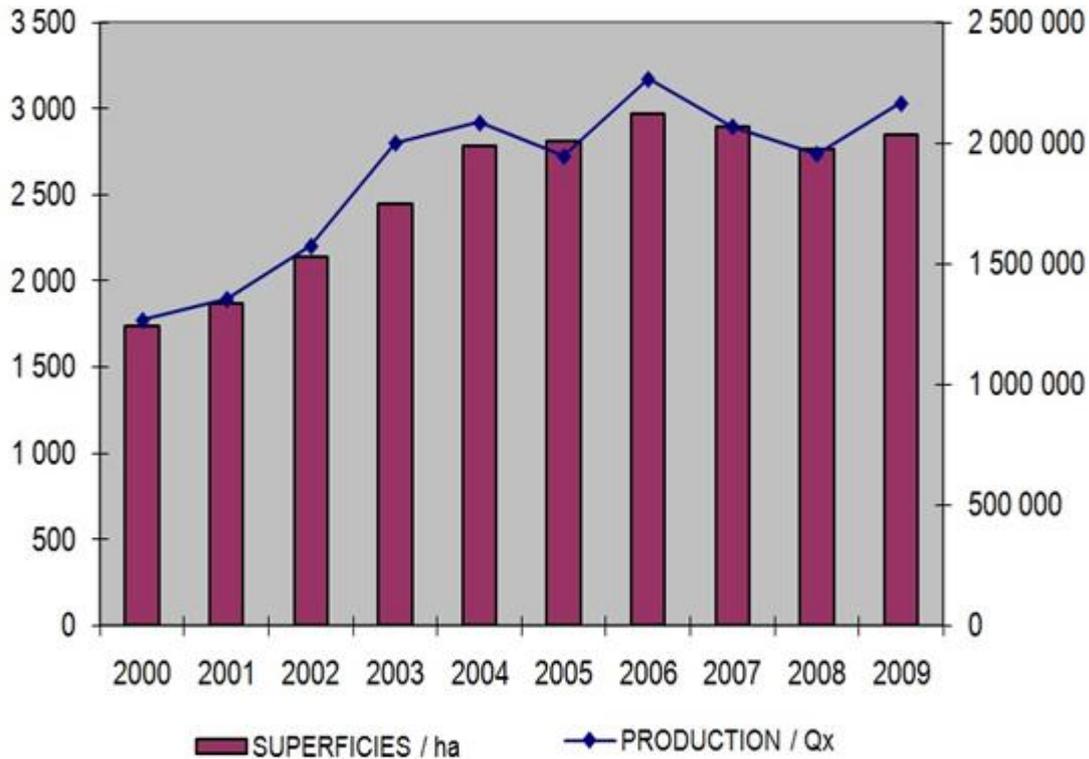


Figure 1.2 : Évolution des superficies et de la production de la tomate sous serres de 2000 à 2009 (Anonyme, 2010).

1.4. Maladies et ravageurs de la tomate sous abris.

Les maladies et ravageurs qui affectent la tomate sont très divers, mais les symptômes se ressemblent parfois au point de provoquer des confusions dans le diagnostic. C'est seulement lorsque ces connaissances de base sont bien assimilées que l'on peut pratiquer une protection intégrée, qui utilise toutes les ressources d'une protection phytosanitaire raisonnée (Kestali, 2011).

ravageurs et maladies de la tomate sous abris rencontrés durant la campagne 2008/2009 (Kestali, 2011).

Mineuse	<i>Tuta absoluta</i> (Meyrick).	++++
Aleurodes	<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius). <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westwood).	+++ +++
Acariens	<i>Tetranychus urticae</i> (Koch). <i>Aculops lycopersici</i> (Massée).	++ ++
Mouches mineuses	<i>Liriomyza bryoniae</i> (Kaltenbach). <i>Liriomyza trifolii</i> (Burgess).	++ ++
Noctuelles	<i>Chrysodeixis chalcites</i> .	++
Pucerons	<i>Myzus persicae</i> (Sulzer). <i>Aphis gossypii</i> (Glover). <i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Thomas).	+ + +
Thrips	<i>Frankliniella occidentalis</i> (Pergrand).	+
Pourriture grise	<i>Botrytis cinerea</i> (Pers).	++++
Mildiou	<i>Phytophthora infestans</i> (Mont de Barry).	++++
Moucheture bactérienne	<i>Pseudomonas syringae pv.tomato</i> (Okabe).	++

+ = traces ; ++ = infestation moyenne ; +++ = forte infestation ; ++++ = très forte infestation.

La mineuse, aleurodes, acariens et le botrytis sont considérés comme les ennemis les plus importants de la tomate sous abris.

1.4.1. Maladies d'origines telluriques.

Les maladies provoquées par les organismes d'origine tellurique, c'est-à-dire par les organismes qui vivent dans le sol et pénètrent dans la plante au niveau des organes souterrains, provoquent des dégâts importants dans de nombreuses cultures. L'importance de ces dégâts est difficile à chiffrer car le diagnostic de ces

le fait que nous n'avons pas un accès direct aux organes souterrains des plantes et que les symptômes de fonte de semis, de jaunissement, de flétrissement de la plante peuvent avoir des causes multiples.

La fréquence accrue de ces maladies, relevée par de nombreux observateurs, est certainement une conséquence de l'intensification de la production agricole et de la simplification des techniques culturales (Povolny, 1975).

Principaux pathogènes telluriques de la tomate.

- **Phytophthora** (Fig.1.3 A) est un genre comprenant une soixantaine d'espèces, presque toutes pathogènes. Certaines sont très polyphages (*Phytophthora cinnamomi* ou *Phytophthora palmivora*). D'autres, comme *Phytophthora parasitica* et *Phytophthora capsici*, sont inféodées à quelques hôtes seulement. Ces champignons ne sont jamais des pathogènes secondaires (Tsao, 1990).

Les symptômes provoqués par ce microorganisme sont très variés : fontes de semis, pourriture sur racine, tubercule et fruit, chancres du collet et du tronc, brûlure sur feuille et flétrissement.

- **Les nematodes** (Fig.1.3 B):

posent d'autant plus de problème lorsque les conditions sont chaudes, donc favorables à leur multiplication. Il existe de nombreuses espèces phytopathogènes qui se caractérisent par des exigences écologiques très variées.

Certaines sont très spécifiques comme les nématodes à kyste et d'autres très polyphages par exemple *Mélodogyne hapla* qui peut se développer sur plus de 5600 cultures ou adventices (Adam et al., 2005).

- **Trachéomyose de la tomate** (Fig.1.3 c): (*Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* Sacc.) et (*Verticillium dahlia* Kleb.) :

Les trachéomyoses sont deux maladies vasculaires causées par des champignons phytopathogènes : la fusariose due à *Fusarium oxysporum f.sp. Lycopersici radidis*, *Fusarium solani* et la Verticilliose due à *Verticillium dahlia* et

Les deux maladies se rencontrent dans les différentes régions productrices de la tomate (Kestali, 2011).

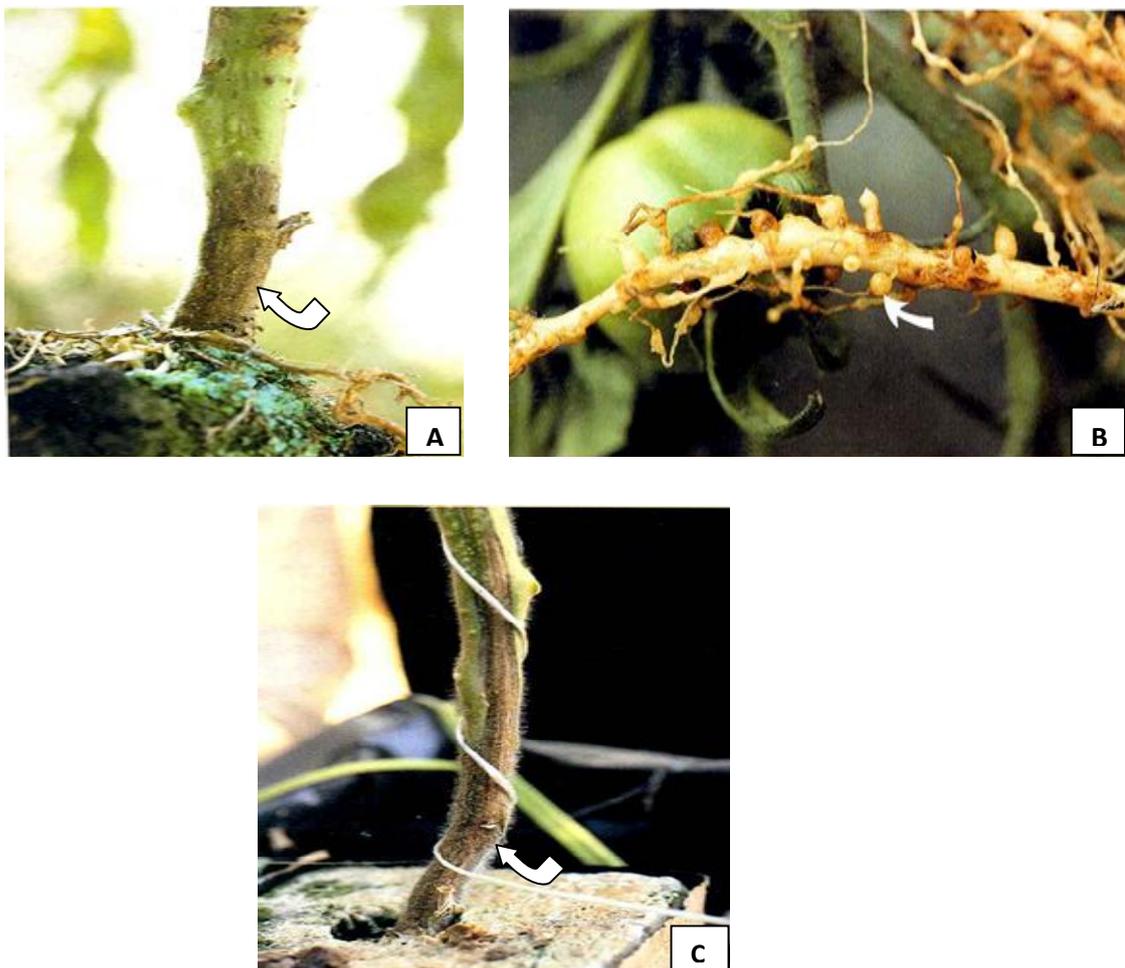


Fig.1.3 : Principaux pathogènes telluriques de la tomate. A : pourriture brune et humide de plants récemment repiqués : *Phytophthora parasitica*. (Monnet et Reverchon, 2001); B : Petites galles rondes sur racines. *Meloidogyne sp.* (Adam et al., 2005) ; C : Lésion corticale brun rose s'étend sur plusieurs centimètres au-dessus du collet causée par *Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici* (Kestali, 2011)

1.4.2. Maladies d'origine non telluriques.

En culture de tomate sous serre, il existe des risques permanents d'attaque par des champignons pathogènes. Ils sont responsables de très nombreuses maladies des végétaux (maladies cryptogamiques), leurs symptômes sont la résultante de l'action parasitaire du champignon et de la réaction de l'hôte, tels que la pourriture grise (*Botrytis cinerea*), Oïdium (*Levellula taurica*), mildiou (*Phytophthora infestans*), alternariose (*Alternaria solani*), cladosporiose (*Fulvia fulva*) (Leboeuf, 2005).

Alternaria solani (Fig.1.4 A et B)

L'alternariose est une maladie très commune de la tomate, elle se rencontre dans toutes les zones de production de la tomate de plein champ ou sous serre.

Le champignon (*Alternaria solani*) peut attaquer toutes les parties de la plante, feuilles, tige et fruit. Sur les feuilles et la tige apparaissent des tâches brunes à noires arrondies ou angulaires, de contour bien délimité, avec des cercles concentriques caractéristiques.

Sur les feuilles, ces taches entourées souvent d'un halo jaune (ne pas confondre avec la moucheture bactérienne), apparaissent d'abord sur les feuilles basses puis elles progressent sur les feuilles supérieures de la plante (Kestali, 2011).

- **Cladosporiose** : *Cladosporium fulvum* (Fig.1.4 F)

La cladosporiose commence à prendre de l'ampleur en Algérie comme maladie très importante et plus particulièrement en culture de la tomate sous serre. Elle est méconnaissable et la plupart des agriculteurs la confondent avec l'Oïdium.

La maladie se développe mieux à une humidité relative de 85% ou plus ou en présence d'humidité sur les feuilles.

Les symptômes se manifestent sous forme de taches jaunes diffuses sur la face supérieure des feuilles qui peuvent couvrir de grandes parties du limbe. A la face inférieure, ces taches sont couvertes d'un duvet dense de couleur vert olive qui correspond aux fructifications du champignon (Kestali, 2011).

- **Mildiou** : *Phytophthora infestans* (Fig.1.4 C et D)

Le mildiou est considéré parmi les maladies les plus redoutables de la tomate en plein champ et en culture sous abri. Il est rencontré dans toutes les zones productrices de la tomate et comme, il est sous l'influence des conditions climatiques, il se rencontre à des niveaux d'attaque plus ou moins variables selon la zone et l'année.

prisent au début d'attaque par l'apparition de taches huileuses sur les feuilles qui se couvrent d'un duvet blanc grisâtre au niveau de la face inférieure. Les symptômes apparaissent aussi sur les pétioles et la tige sous forme des plages brunes d'aspect huileux. Au bout de quelques jours les tâches brunissent et les feuilles fortement attaquées se dessèchent. Sur fruit apparaissent des plages brunes marbrées à surface bosselée (Adam et *al.*, 2005) .

- **Oïdium : *Leveillula taurica* (Fig.1.4 E)**

Occasionnellement *Erysiphe orontii* ou *E.cichoracearum*

L'oïdium est une maladie très commune de la tomate. Elle peut se développer toute l'année dans les différentes régions productrice de la tomate.

La maladie attaque uniquement les feuilles. Les premiers symptômes apparaissent souvent sur les feuilles âgées, il se présente sous forme de tâches jaunes de taille variable sur la face supérieure et finissent par se nécroser. Sur la face inférieure, apparaît un feutrage blanc. Ces tâches peuvent être angulaires et sont limitées par les nervures. En cas de forte attaque, les feuilles finissent par se détacher ce qui peut affecter les rendements (Kestali, 2011).

- **Pourriture grise : *Botrytis cinerea* (Fig.1.4 G)**

La pourriture grise est considérée parmi les maladies les plus redoutables en culture de tomate sous serre. Elle existe dans toutes les zones de production de la tomate. Sa présence partout dans la nature et sa sporulation abondante fait du botrytis une maladie fréquente et grave, redoutée de nombreux producteurs de fruits, de légumes et des fleurs.

Le champignon peut se développer sur toutes les parties de la plante principalement les feuilles, la tige et les fruits. Sur les feuilles, la maladie se manifeste sous forme de taches beiges en anneaux concentriques parfois en forme de flamme. En forte humidité, le champignon se fructifie en forment un duvet gris à la surface de la tache (Adam et *al.*, 2005).

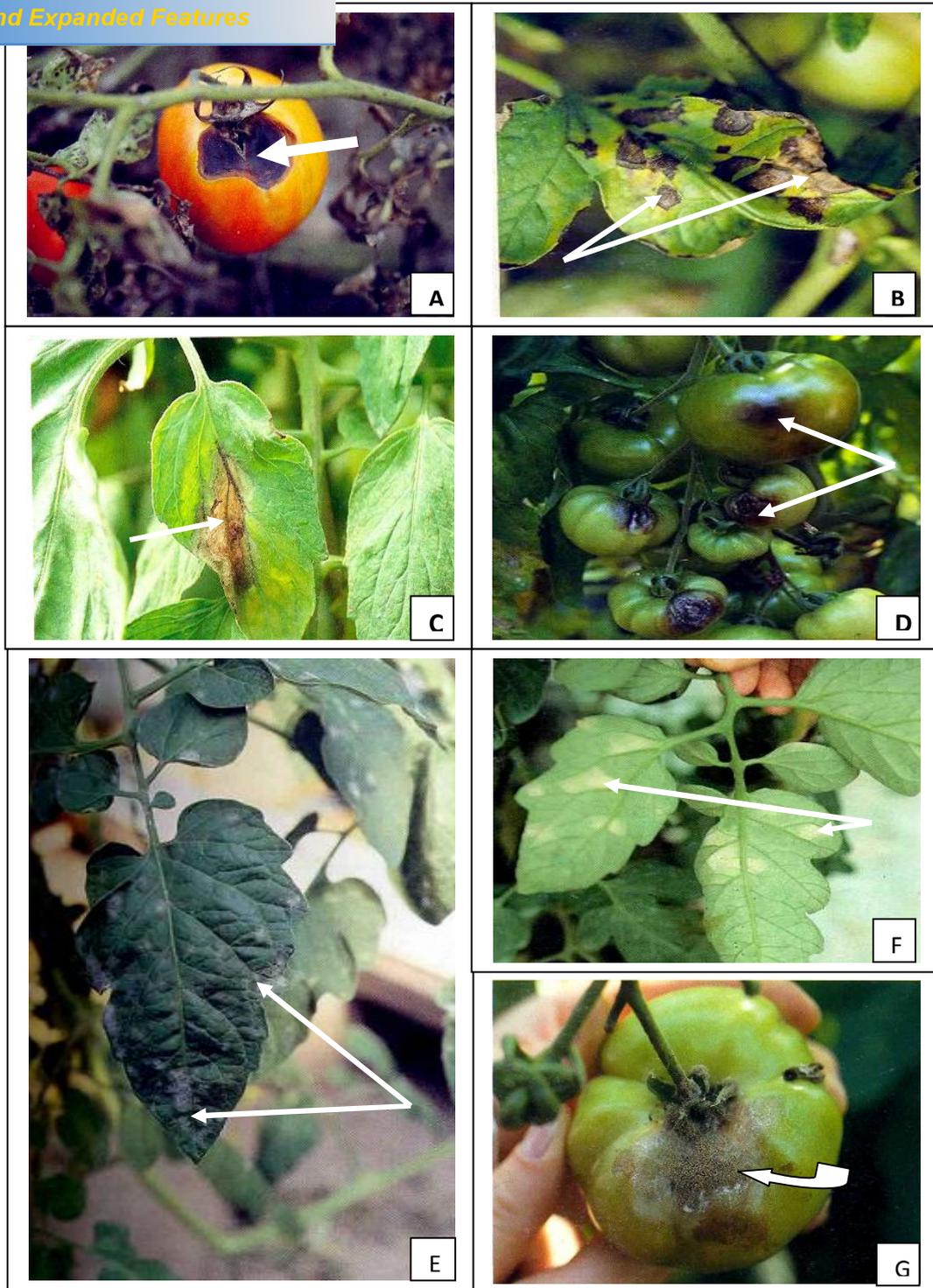


Fig. 1.4 : Maladies d'origine non telluriques de la tomate. A : Brulures alternariennes sur fruits ; B : Alternariose sur feuilles; C : mildiou sur feuilles D : Symptôme de mildiou sur fruits E : Oïdium sur feuille de tomate ; F : Symptôme de Cladosporiose sur feuilles (*Fulvia fulva*) ; G : Symptôme de Botrytis sur fruit (Adam et *al.*, 2005).

On rencontre différentes maladies bactériennes dont les plus importantes sont :

- **Moucheture de la tomate** : *Pseudomonas syringae* (**Fig.1.5 A**)

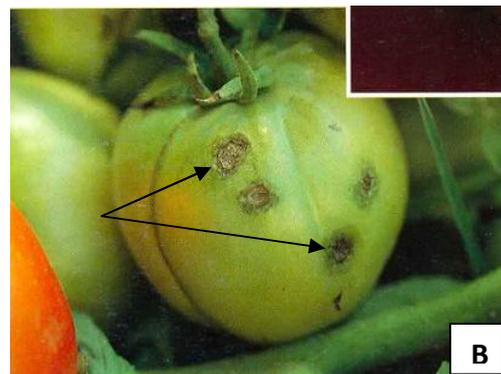
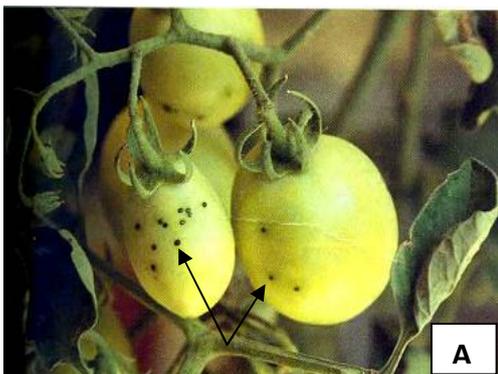
Sur feuilles, la maladie se manifeste sous forme de minuscules taches noires, entourées d'un halo jaune constituant le symptôme le plus caractéristique. Nombreuses, ces taches coalescent et forment une plage nécrotique brun sombre. En cas, de forte attaque, les feuilles jaunissent, se dessèchent et tombent. En cas d'attaque précoce, la maladie provoque une chute importante des fleurs. A ce stade, les dégâts peuvent être considérables (Leboeuf, 2005).

- **Gale bactérienne** : *Xanthomonas campestris* (**Fig.1.5 B**)

Elle se manifeste sous forme de taches sur toutes les parties aériennes de la plante. Ces tâches sont souvent plus grosses que celles de la moucheture. Elles deviennent confluentes donnant à la plante un aspect grillé grisâtre. Sur fruit, de petites pustules brunâtres d'aspect liégeux, sont observées. Au grossissement du fruit, ces gales s'entourent d'un halo huileux (Kestali, 2011).

- **Chancre bactérien** *Clavibacter michiganensis* (**Fig.1.5.C**)

Le chancre bactérien est une maladie très destructrice des tomates de serre. La maladie se manifeste par un flétrissement, souvent unilatéral, qui débute par les feuilles de la base. Les folioles s'incurvent sur les bords avant de flétrir. Des stries noires apparaissent souvent sur les pétioles et sur les tiges. Elles peuvent donner naissance à des chancres (Leboeuf, 2005).



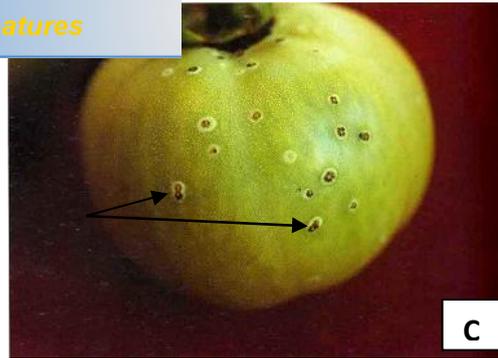


Fig.1.5 : Symptômes sur fruits ; A) *Pseudomonas syringae* ; B) *Xanthomonas campestris* ; C) *Clavibacter michiganensis* (Leboeuf, 2005).

1.4.4. Maladies virales.

Toutes les parties de la plante peuvent exprimer des symptômes des maladies virales. Sur la culture de tomate sous serre, on rencontre différentes maladies virales dont les plus importantes sont :

- **Virus Y de la pomme de terre (PVY)** (Fig.1.6 A)

Les symptômes provoqués par le PVY sur tomate dépendent de la souche du virus, de la variété de la tomate, de l'âge de la plante et des conditions climatiques. Le PVY appartient au groupe des potyvirus et attaque essentiellement les solanacées. Il est transmis par les pucerons essentiellement *Myzus persicae* et *Aphis gossypii*. (Arnold et Gaulhiac, 2002).

- **Virus de la mosaïque du concombre (CMV)** (Fig.1.6 B)

Les symptômes de la maladie sur tomate varient selon la source du virus :

Pour certaines souches, on peut observer un rétrécissement prononcé des feuilles qui deviennent dans le cas extrême filiformes. Elles peuvent présenter aussi une mosaïque verte. D'autres souches provoquent des nécroses sur les feuilles, les pétioles et la tige (Trottin-Caudal et *al.*, 1995).

du tabac (TMV) et le virus de la mosaïque de la
tomate (TOMV) (Fig.1.6 C).

Ces deux virus appartiennent au groupe des Tobacco virus et causent des symptômes similaires. Ils se caractérisent par un éclaircissement des nervures puis apparaît une mosaïque vert clair et vert sombre. Les parties vertes sombres peuvent être cloquées. Les feuilles deviennent légèrement filiformes. Les plantes attaquées à des stades jeunes restent petites (Nanisme). Les symptômes peuvent varier selon la souche du virus, la période d'infection, la variété, et les conditions de l'environnement (Zhang, 2003)



Fig.1.6 : Différents virus affectant la tomate. A : Symptômes du virus PVY sur feuilles ; B : Symptômes du virus CMV sur feuilles ; C : Symptômes du virus TMV sur fruit (Arnold et Gaulhiac, 2002).

Les aleurodes, pucerons, mineuses, acariens, thrips, noctuelles et punaises constituent les principaux ravageurs en serres (Kestali, 2011).

- **Les Acariens.**

Principalement *Tetranychus urticae* (Koch); *Aculops lycopersici* (Massee).

- *Aculops lycopersici* (Massee); Certaines serres sont aux prises avec des problèmes d'acarose bronzée de la tomate à chaque année, dès le mois de mai ou un peu plus tard (selon les conditions climatiques). Dans certains cas, l'acarose peut se manifester très tôt. En raison de leur taille minuscule, on ne remarque pas ces acariens. Quand on aperçoit les tous premiers dégâts (bronzage des tiges), ils sont déjà très nombreux et l'attaque est généralisée.

- *Tetranychus urticae* (Koch); ou acarien jaune commun, est un ravageur redouté de nombreuses cultures sous serres (Van de Vrie et al., 1972; Zhang, 2003) et de plein champ (Gerson et al., 2003).

- **Aleurodes (Fig.1.7):** Principalement *Bemisia tabaci* et *Trialeurodes vaporarium*

Ces insectes sont des ravageurs de première importance, notamment suite aux viroses qu'ils peuvent transmettre (Byrne et Bellows, 1990). Les espèces les plus fréquentes sont : *Trialeurodes vaporariorum* et *Bemisia tabaci*, principalement sur tomate et cucurbitacées. Récemment une nouvelle espèce a été signalée sur solanacées ; il s'agirait d'*Aleurotrachelus trachoides*, originaire de la région américaine (Ryckewaert et Fabre, 2001).

- **Mouches Mineuses (Fig.1.8)**

Les principales espèces rencontrées sont *Liriomyza bryoniae* (Kaltenbach) et *Liriomyza trifolii* (Burgess). Les dommages causés par les mouches mineuses sont de deux ordres :

- Les dégâts directs sont occasionnés par la pourriture des larves à l'intérieur des feuilles et par les piqûres nutritionnelles des adultes. Une forte densité de mines

photosynthèse et assurer une dessiccation et une chute prématurée des feuilles même sur les plants adultes alors qu'un nombre élevé de piqûres nutritionnelles est fort préjudiciable pour les jeunes plants de pépinières.

- Les dégâts indirects sont représentés par la possibilité de transmettre de viroses par les adultes (Zitter and Tsal, 1977).

- **Pucerons** (Fig.1.9)

Selon Kestali (2011) on trouve principalement : *Aphis gossypii* (Galver) ; *Aphis fabae* ; *Myzus persicae* (Sulzer) ; *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas); *Aulacorthum solani*.

On trouve souvent de grandes colonies de pucerons à la surface inférieures des feuilles. Ils se nourrissent en suçant la sève des plants et excrètent une substance collante, le miellat, à la surface du plant.

Parmi les symptômes de l'infestation, citons l'accumulation de miellat et la présence d'exuvies blanches sur les feuilles, les tiges et les fruits. Même s'ils sont relativement peu nombreux, les pucerons peuvent causer des pertes économiques importantes en détruisant les fleurs quand ils s'alimentent et en déposant le miellat sur les fruits. Les colonies denses de pucerons affaiblissent les plantes en prélevant la sève dont ils se nourrissent et provoquent des déformations des feuilles.

De plus, ils sont capables de transmettre des virus aux plantes. Les pucerons se multiplient extrêmement rapidement et se dispersent facilement sur de longues distances.

- **Thrips** (Fig.1.10)

La principale espèce qui cause des dommages sous serre est *Frankliniella occidentalis*. Cette espèce, dont les adultes mesurent environ 0,75 mm de long, est de couleur jaunâtre et son stade de pupes se fait dans le sol (Duval, 1993).

Les dégâts sont essentiellement provoqués par la prise de nourriture sur les organes végétaux (feuilles, fruits). Les cellules mortes perdent leur coloration et forment des plages argentées. Les effets indirects peuvent être graves, car ces

transmettre le virus de la mosaïque bronzée de la tomate (TSWV) (Anonyme, 2003).

- **Mineuse de la tomate. *Tuta absoluta* (Meyrick)**

Ces dernières années, plusieurs ravageurs introduits en Algérie ont provoqué des dégâts importants en serres de tomate et en plein champ, dont la mineuse *Tuta absoluta*, ravageur de quarantaine apparu en 2008 dans la région maraîchère de Mostaganem (Guenaoui, 2008), qui a déjà envahi de nombreux pays et qui peut provoquer 100 % de pertes dans les serres touchées. Don't elle sera sujet dans ce document.



Fig.1.7 : Aleurode (mouche blanche) (Anonyme, 2009)



Fig.1.8 : Mouche mineuse (Anonyme, 2010)



Fig.1.9 : Puceron vert (Anonyme, 2009)



Fig.1.10 : Larve de Thrips (Anonyme, 2005)

1.6.1. Origine et Répartition géographique

Tuta absoluta (Meyrick, 1917), est un ravageur d'origine du sud d'Amérique qui est signalé pour la première fois en Argentine en 1964. En mars 2007 de graves dégâts sont observés sur tomate à Valencia en Espagne (Anonyme, 2007), Ce fut la première signalisation de la présence de ce lépidoptère dans le pays. En Italie la présence de *Tuta absoluta* est mentionnée au printemps 2008 dans la province de Cosenza sur la tomate cultivée sous serre. Puis l'espèce s'est propagée vers le sud de la France en septembre de la même année. Elle est signalée dans d'autres pays de l'Est de l'Europe. En aout 2009 les premières larves de *Tuta absoluta* sont trouvées dans la province d'Izmir en Turquie (Kiliç, 2010 et Mahdi et al., 2011). En avril 2008 des agriculteurs de la région d'Agadir (Maroc) mentionnent des dégâts importants en cultures de tomate. La présence de *Tuta absoluta* (Fig.1.13) est notée en mars 2009 en Tunisie et en juillet 2009 en Lybie.

Cette espèce décrite initialement sous le nom de *Phthorimaea absoluta* (Meyrick, 1917), a été classée plus tard dans le genre *Scrobipalpuloides* en 1987, bien que la proposition du nom exacte à retenir soit *Tuta absoluta* (Povolny, 1975), le nom de l'auteur le plus utilisé reste Meyrick (Guenauoui, 2008).

Tuta absoluta est signalée pour la première fois en Algérie en mars 2008 dans la région maraîchère de Mostaganem (Guenauoui, 2008). Cette mineuse a été observée sur les cultures de tomate sous abris et en plein champ, puis elle s'est propagée dans les régions côtières d'Oran, Tipaza et Jijel (Fig.1.12). En 2009, 16 wilayas productrices de tomates sont touchées par ce ravageur (Mostaganem, Chlef, El Tarf, Oran, Aïn Defla, Boumerdès, Alger, Bouira, Tizi Ouzou, Béjaïa, Jijel, Skikda, Mila, Tlemcen, M'sila et Biskra) (Fig.1.12). A titre d'exemple, dans les communes de Kadiria et de Lakhdaria de la wilaya de Bouira, *Tuta absoluta* a envahi 21 exploitations agricoles totalisant une superficie de 65 hectares de tomate (**Loucif, 2009**). Et actuellement ce ravageur est présent maintenant dans toutes les wilayates productrices de tomate (Snoussi, 2010).

est introduite dans la liste des insectes de quarantaine

(Anonyme, 2007).

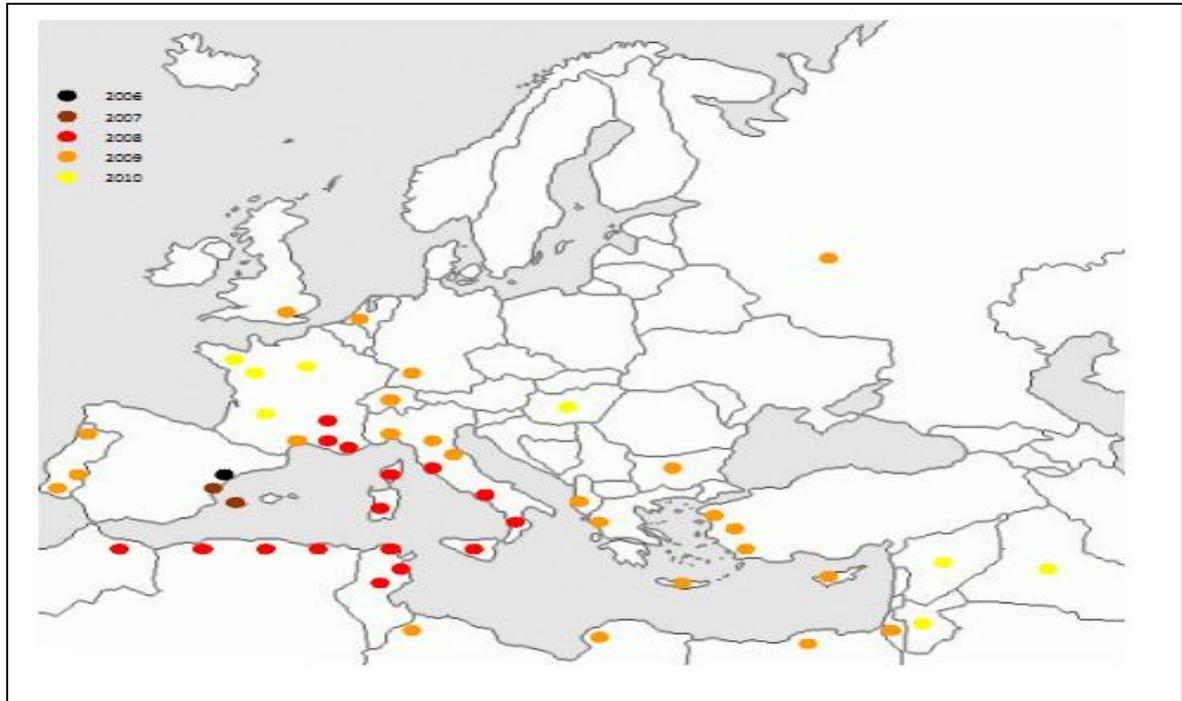


Fig.1.11: Années et zones d'apparition de *Tuta absoluta* dans les pays du bassin méditerranéen et en Europe (Desneux et *al.*, 2010)

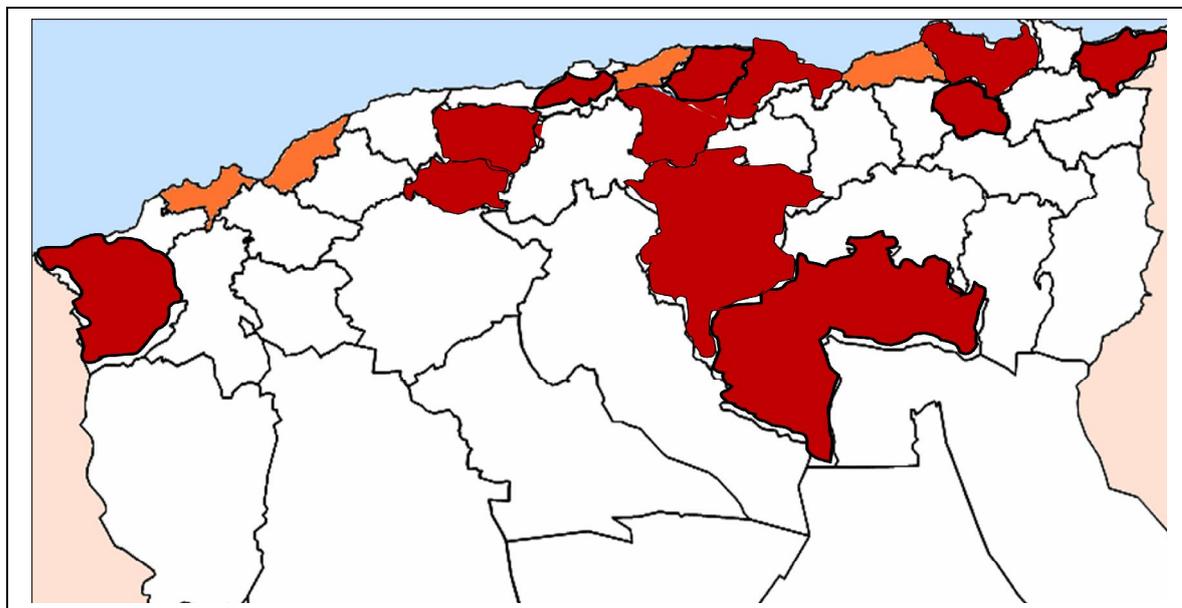


Fig.1.12: Années et zones d'apparition de *Tuta absoluta* en Algérie (orange: 2008, rouge: 2009) (Anonyme, 2010).

Selon Roel et al. (2009), *Tuta absoluta* appartient à :

- Embranchement : *Arthropoda*
- Classe : *Insecta*
- Ordre : *Lepidoptera*
- Famille : *Gelechiidae*
- Genre : *Tuta*
- Espèce : *Tuta absoluta*

Synonymes de *Tuta absoluta* (Anonyme, 2005) :

Scrobipalpoides absoluta Povolny,
Scrobipalpula absoluta Povolny,
Gnorimoschema absoluta Clarke,
Phthorimaea absoluta Meyrick,

1.6.3. Morphologie

- **L'adulte :**

C'est un microlépidoptère de 6 à 7 mm de long et de 8 à 10 mm d'envergure, de couleur gris argenté, avec des taches brunes sur les ailes (Fig.1.13). Les antennes sont filiformes faisant le 5/6 des ailes (Ramel et Oudard, 2008). La femelle est légèrement plus grande que le mâle (Berkani, 2008).

- **Les œufs:**

Ils sont de petite taille de 0.36 mm de long et 0.22mm de large, de forme cylindrique et de couleur crème à jaunâtre (Teterel, 2009) (Fig.1.13).

- **Les larves:**

Plusieurs auteurs dont Estay (2000) indiquent qu'il y a quatre stades larvaires bien définis se distinguant par la taille et la couleur (Fig.1.13).

- **La larve initiale, L1** d'environ 1,6 mm est de couleur blanche à tête marron foncée puis sa couleur au vert (Attouf, 2008).

3, ont de dimensions comprises entre 2,8 à 4,7 mm et de couleur verte (Margarida, 2008).

- **La larve L4** peut atteindre jusqu'à 8 mm de long. La ligne dorsale rougeâtre est caractéristique de la fin de son stade de développement (Ramel, 2008).

- **La chrysalide (Nymphé)** : Elle est de couleur brune et mesure 4 à 5 mm de long, (Ramel et Oudard, 2008 et Garzia et *al.*, 2009) (Fig.1.13).

1.6.4. Biologie du ravageur

Les adultes sont des noctuelles et vivent dans la végétation pendant le jour. La femelle pond ces œufs dans les parties aériennes de la plante hôte et peut déposer jusqu'à 260 œufs durant sa vie, après éclosion des œufs, la jeune larve pénètre dans les feuilles, tiges ou fruit pour s'alimenter en provoquant des mines.

Les larves passent par quatre stades, avant de se nymphoser sur les feuilles dans les galeries ou dans le sol (Anonyme, 2008).

Au Chili des études ont montré que la durée de développement est de 76,3 jours à la température de 14°C, 39,8 jours à 19,7°C et 23,8 jours à 27,1°C (Barrientos et *al.*, 1998).

Selon Estay (2010), la durée de développement (en jours) de *Tuta absoluta* de l'œuf à l'émergence de l'adulte est en fonction de la température selon le tableau ci-dessous :

Tableau 1.3 : Durée de développement (en jours) de *Tuta absoluta* de l'œuf à l'émergence de l'adulte (Estay, 2010).

Températures	14°C	20°C	27°C
OEuf	14,1	7,8	5,13
Larve	38,1	19,8	12,2
Pupe	24,2	12,1	6,5
Total oeufs à adulte	76,4	39,7	23,8

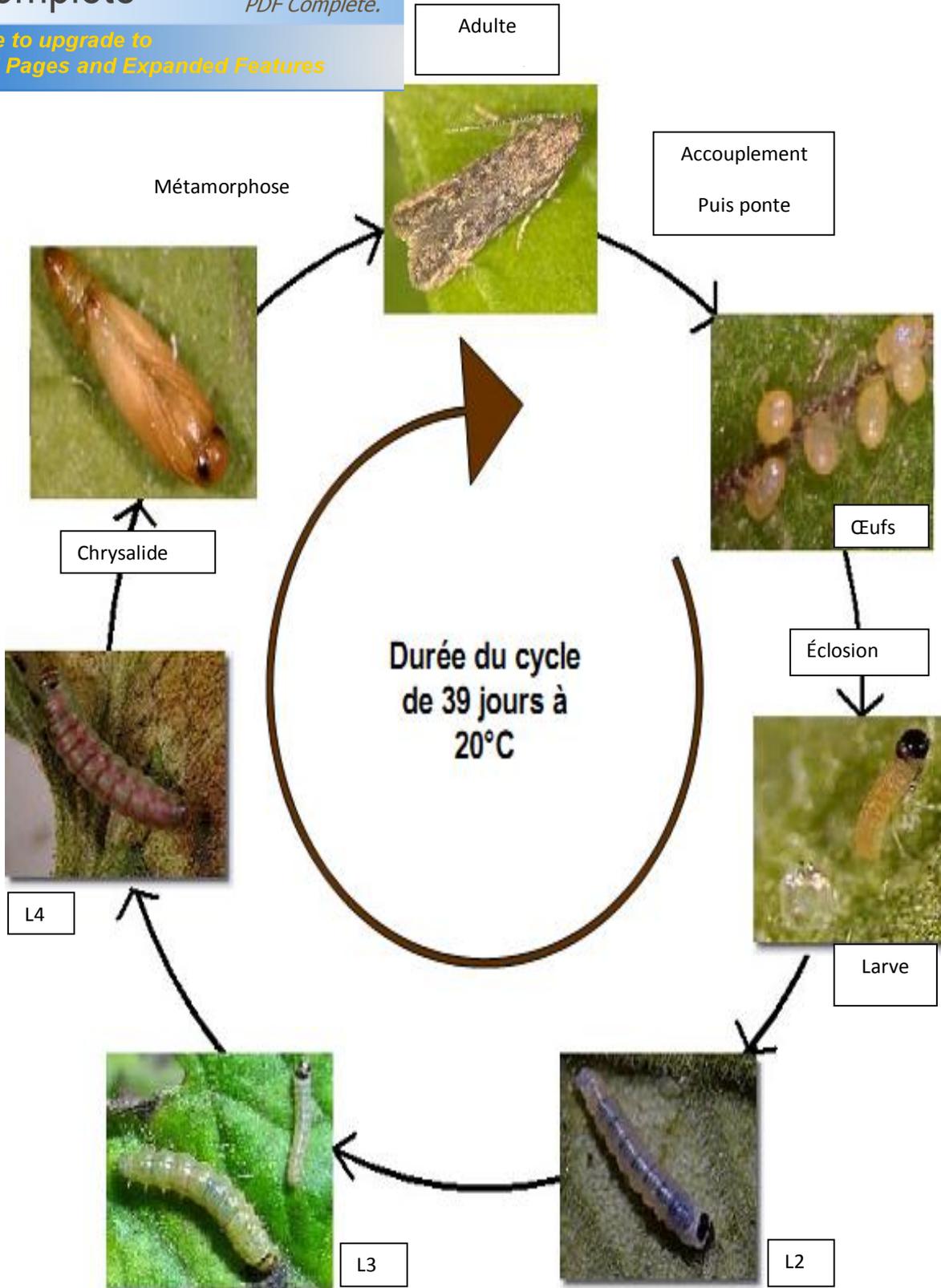


Figure 1.13 : Cycle de vie de *Tuta absoluta* Meyrick1917 (Moussa, 2010). 2010).

Tuta absoluta attaque essentiellement la famille des solanacées (Amazouz, 2008). Sa principale plante-hôte demeure la tomate mais peut aussi s'attaquer à l'aubergine et à la pomme de terre, poivron, (Urbaneja et *al.*, 2007). Ainsi que d'autres solanacées adventices ou ornementales telles que: la stramoine (*Datura stramonium*), la stramoine épineuse (*D. ferox*), le tabac glauque (*Nicotiana glauca*), les morelles jaune et noire (*Solanum sp*) (Estay, 2001 et Deventer, 2009).



Fig.1.14 : Symptômes sur pomme de terre
(Anonyme, 2010)



Fig.1.15 : Symptômes sur aubergine
(Anonyme, 2010)



Fig.1.16 : Symptômes sur morelle noire
(Anonyme, 2010)



Fig.1.17 : Symptômes sur *Nicotiana glauca*
(Anonyme, 2010)

La dissémination de *Tuta absoluta*, peut avoir lieu via la circulation des fruits et des plants infestés ainsi que par les caisses de récoltes, les moyens de transport contaminés, par le vent et à travers ses vols (Urbaneja et *al.*, 2007).

Alors que la dissémination dans le temps, d'un cycle de culture à un autre se fait par les chrysalides présentes dans le sol, la présence des mauvaises herbes, les cultures avoisinantes hôtes du ravageur et les restes des cultures après l'arrachage présentent une source et un réservoir de ré infestation (Urbaneja et *al.*, 2007).

1.6.7. Dégâts

Les différents travaux réalisés montrent que la larve est le stade nuisible de la mineuse de la tomate ; elle peut attaquer tous les organes de la plante : fruits, feuilles et tiges (kestali, 2011).

1.6.7.1. Sur les feuilles

Après l'éclosion, les larves cherchent un point d'entrée dans les feuilles (Attouf, 2008), puis pénètrent entre les deux épidermes de la feuille et commencent à consommer les feuilles formant des galeries ou mines. (Fernandez et Montagne, 1990).

Ces mêmes galeries pourraient être confondues avec une attaque de la mineuse *Liriomyza sp*, (Caponero et Colella, 2009).

Les mines se nécrosent et brunissent (Teterel, 2009). Les larves se nourrissent du mésophile et laissent intact l'épiderme (Margarida, 2008).

Cependant, de par leur mode de vie, les larves (L1, L2, L3 et L4) peuvent quitter leur galerie à chaque mue pour aller en creuser une autre sur la même foliole; elles intensifient de ce fait les dégâts sur feuilles (Lacordaire et Feuvrier, 2010).



Fig1.18 : Dégât sur feuilles (Anonyme, 2010)

1.6.7.2. Sur les tiges

Les jeunes tiges et pédoncules présentent des points noirs et des nécroses.



Fig.1.19 : Dégât sur tiges (Anonyme, 2010)

1.6.7.3. Sur fruits

Les tomates présentent des nécroses sur le calice ou des trous de sortie à leurs surface, aussi les fruits verts et murs peuvent être attaqués.

Les larves diminuent la valeur commerciale de la tomate et constituent en outre un foyer d'infections fongiques et bactériennes. (Berkani, 2008 et Margarida, 2008).



Fig.1.20 : Dégât sur fruit (Anonyme, 2010)

1.6.8. Les moyens de lutte

Tuta absoluta est devenue le principal ravageur de la culture de la tomate en Algérie et au niveau de l'ensemble des pays méditerranéens (Kestali, 2011), pour cela les maraichers sont obligés, pour sa maîtrise de combiner cinq moyens de lutte à savoir prophylactique, lutte physique, lutte biotechnique, lutte biologique et lutte chimique.

1.6.8.1. Mesures prophylactiques

1.6.8.1.1. Utilisation des plants indemnes

- Au niveau des pépinières : Les producteurs de plants de tomate doivent à leur niveau éliminer :
 - systématiquement les plants atteints.

es brûler.

- Au repiquage : On doit utiliser que des plants sains, provenant des zones non infectées (Anonyme, 2008).

1.6.8.1.2. Entretien cultural

Sous serre, il faut désinfecter les sols entre 2 plantations pour supprimer les pupes, et désherber les bords et éliminer les plantes adventices (Anonyme, 2008).

1.6.8.1.3. La protection insect-proof

Elle permet d'empêcher toute infiltration d'insectes dangereux nocifs aux cultures tels que les noctuelles, les pucerons, les aleurodes et bien d'autres organismes nuisibles.

C'est la voie prophylactique la plus sûre, elle permet d'empêcher toute infiltration d'insectes dangereux (Kestali, 2011).

1.6.2 Lutte biotechnologique

1.6.2.1. Les pièges à phéromones

L'utilisation des pièges à phéromone est applicable dans le cas de la surveillance (Cèsar, 2009). Ainsi, il faut détecter la présence d'adultes dans chaque parcelle. Pour cela, il y a lieu de :

- Placer 3 à 4 pièges par hectare en plein champ dans la zone surveillée et 1 piège par sous abri serre.
- Surveiller les pièges une fois par semaine afin de recueillir les insectes.
- Renouveler les pièges toutes les 6 semaines.

1.6.3.1. Piégeage massif

D'après Cèsar (2009), le dispositif de piégeage ainsi que le nombre de piège doivent être raisonnés en fonction de la superficie de la parcelle cultivée et de l'état sanitaire des parcelles avoisinantes. Il est conseillé de :

- Installer 20 à 40 pièges delta ou " pièges à eau par hectare", à l'intérieur et en dehors de la parcelle ou de la zone à contrôler.
- Renforcer le piégeage au niveau des zones de captures élevées avec des pièges distants l'un de l'autre de 25 mètres.
- maintenir le dispositif de piégeage en masse tout au long du développement **de la plante et même après la récolte.**

1.6.3.2. Méthode chimique

Aujourd'hui, les interventions chimiques sont nécessaires afin de maintenir le nombre de ravageurs sous le seuil de nuisibilité.

Les meilleurs résultats sont obtenus avec des pulvérisations à base de d'indoxacarbe. Ces produits peuvent avoir également des effets négatifs sur les autres ravageurs ou sur la pollinisation naturelle dans le cadre de la lutte biologique (Anonyme, 2009).

1.6.4. Lutte biologique

La lutte biologique contre les maladies des plantes peut se produire grâce à des mécanismes biologiques qui sont généralement considérés comme l'antibiose, la compétition, le parasitisme, la résistance induite, l'hypo virulence et la prédation (Haggag et Mohamed, 2007)

La lutte biologique est une méthode complémentaire à la lutte chimique qui se base sur l'utilisation de microorganismes bénéfiques ou biopesticides d'origine microbienne permettant d'attaquer et de contrôler les agents phytopathogènes (Fravel, 2005).

opathogènes

Un biopesticide d'origine microbienne est un organisme comme une bactérie, un virus, un champignon ou un protozoaire, utilisé pour contrôler une maladie ou un ravageur. La littérature rapporte de nombreux travaux réalisés à travers le monde en plein champ et sous serre pour le contrôle d'un certain nombre de maladies causées par des pathogènes telluriques, foliaires ou de post-récoltes (Saravanakumar et *al.*, 2007). Chez la plupart de ces organismes biopesticides, l'activité antagoniste a souvent été associée à la production de métabolites secondaires (Silva, 2001)

1.6.4.1.1. Les champignons entomopathogènes

Les champignons entomopathogènes sont importants dans la régulation naturelle de nombreux insectes ravageurs. Leur potentiel de lutte est souvent reconnu contre les acariens et les insectes dans les habitats naturels. Seuls les genres *Beauveria*, *Metarhizium*, *Verticillium* et *Paecilomyces* sont produits à une échelle industrielle (Fraival et Silvy, 1999).

Le Centre Régional de Recherche de Quilamapu (Chili) dispose de 400 isollements de champignons entomopathogènes, dont sept souches de *Beauveria sp.* et six de *Metarhizium sp.*, qui sont considérés comme agents de nuisance sur *Tuta absoluta* (Estay, 2002).

Au Chili, Rodríguez et *al.*, (2006) ont obtenu des taux de mortalité élevés d'œufs de *Tuta absoluta* dans le cadre d'une étude au laboratoire de pathogénicité de *Metarhizium anisopliae* (80%) et de *Beauveria bassiana* (60%) (fig.1.21).

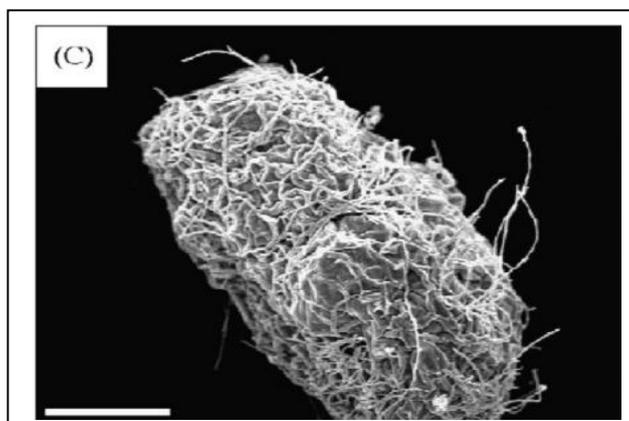


Fig.1.21: Œuf de *Tuta absoluta* totalement colonisé par le mycélium du champignon *Metharizium anisopliae* (barre= 50µm) (Moussa, 2010).

La bactérie la plus connue et la plus prospère contre les ravageurs est le *Bacillus thuringiensis* (Gerding ,1999). Toutes les bactéries du genre *Bacillus* sont produites comme insecticides microbiens. Cette bactérie présente la capacité de synthétiser et excréter pendant la phase de sporulation, une inclusion cristalline composée de protéines spécifique δ -endotoxine qui porte une propriété mortellement toxique pour de nombreux ordres d'insectes (*Lepidoptera*, *Coleoptera* et *Diptera*) (Gerding et France, 2003).

1.6.4.1.3. Les virus

Les baculovirus ou virus responsables des polyédroses nucléaires sont des virus exclusivement pathogènes d'invertébrés. Ils ont pour cible plus de 3 000 espèces d'insectes (Fraval et Silvy, 1999).

Le virus de la granulose (GV) est considéré comme agent susceptible de contrôler *Tuta absoluta*. Les essais en laboratoire avec des plantes cultivées sous serres ont permis d'obtenir des résultats avec des taux de mortalité de plus de 90% (Rojas, 1981). Cependant, la pathogénicité élevée dans ces essais biologiques ne peut pas se reproduire dans les conditions réelles (Ripa *et al.*, 1990).

1.6.4.2. Les auxiliaires et ennemis naturels

Dans l'optique de la réduction des moyens chimiques de contrôle des insectes ravageurs, la perspective de la lutte biologique est pleine de promesse. Des espèces d'insectes entomophages en nombre suffisants contrôlent naturellement les déprédateurs (Thiery, 2007).

1.6.4.2.1. Les insectes.

1.6.4.2.1.1. Les parasitoïdes

- **Les ectoparasitoïdes : *Necremnus artynes* et *Necremnus tidius***

Ces *Eulophidae* sont originaires du bassin méditerranéen. Ce sont essentiellement des parasitoïdes de Lépidoptères, mais aussi de plusieurs Diptères

it parti de la gamme d'hôtes de *Necremnus artynes* (fig.1.21) et *Necremnus tidius*, et ces deux hyménoptères montrent une adaptation rapide à l'utiliser comme hôte. Ces deux espèces se comportent comme des ectoparasitoïdes du premier et deuxième stade larvaire de *Tuta absoluta* (fig.1.22) (Moussa, 2010).

En plus du parasitisme, les femelles de *Necremnus* possèdent une forte activité de prédation contre de larves de *Tuta absoluta* et peuvent entraîner un fort taux de mortalité pouvant atteindre les 70% de la population présente (Moussa, 2010).



Fig.1.22: Adulte de *Necremnus artynes* (à gauche) et larve (L4) de *Tuta absoluta* parasité par *Necremnus* (Moussa, 2010).



Fig.1.23 : *Pseudapanteles dignus* parasitant une larve de *Tuta absoluta* (Fredon, 2009).

Les trichogrammes sont des parasitoïdes oophages utilisés comme agents biologiques de contrôle dans plusieurs régions du monde (fig.1.23). Ces parasitoïdes d'œufs de lépidoptères sont capable de s'attaquer à 200 espèces d'insectes appartenant à 70 familles et 8 ordres d'insectes, particulièrement l'ordre des lépidoptères (Pratissoli et Parra, 2000).

Depuis quelques années, ces parasitoïdes sont produits industriellement dans des biofabriques, et sont conditionnés sous forme d'œufs parasités dans des diffuseurs plats, sécables ou de petites capsules (Oudard et *al.*, 2001), en carton biodégradable, qui les protègent des intempéries et prédateurs et simplifient leur manipulation.



Fig.1.24 : *Trichogramme* parasitant un œuf d'insecte (Moussa, 2010).

1.6.4.2.1.2. Les prédateurs

- *Macrolophus caliginosus*

Macrolophus caliginosus est une punaise prédatrice indigène du bassin méditerranéen et capable de s'attaquer aux œufs et jeunes larves de *Tuta absoluta*. Déjà très utilisée dans le contrôle des aleurodes, elle joue un rôle central dans les stratégies de protection biologique des cultures contre la mineuse de la tomate (Moussa, 2010). Les 5 stades larvaires sont des prédateurs actifs comme les adultes.

Nesidiocoris tenuis est une punaise commune de la tomate, et d'un certain nombre de cultures légumières de la zone méditerranéenne (Sanchez, 2009). Sa contribution en tant que prédateur dans la réduction des populations d'aleurodes et de lépidoptères ravageurs a fait l'objet de plusieurs publications. Tous les stades mobiles sont des prédateurs très actifs.

Les punaises mirides jouent un rôle non négligeable dans la lutte contre *Tuta absoluta*. Elles contribuent fortement à réduire les populations de la mineuse de la tomate en s'attaquant aux œufs mais aussi parfois aux jeunes larves. Ces prédateurs sont capables de se nourrir de plus de 30 œufs de *Tuta absoluta* et de deux larves (au stade L1) (Urbaneja et al., 2009). Une fois bien installées, les populations de prédateur sont à l'origine d'une réduction significative des dégâts occasionnés par *Tuta absoluta*.



Fig.1.25: Adulte de *Nesidiocoris tenuis* (Fredon, 2009).

1.6.4.3. Biopesticides d'origine végétale

Leur utilisation est répandue pour un très grand nombre de cultures certifiées, aussi bien céréalières, légumières, de plantes aromatiques et médicinales et de plantes ornementales (Royal, 2000). Les extraits végétaux ont surtout été employés pour le contrôle des phytophages ravageurs de cultures. Ainsi, les substances

utilisées au cours de ces dernières années sont les suivantes :

- Le pyrèthre, composé extrait à partir des fleurs de plantes appartenant à la famille des Asteraceae comme les chrysanthèmes et les pyrèthres (Royal, 2000). Le pyrèthre continue de dominer le marché mondial des insecticides végétaux accaparant à lui seul près de 80% des ventes (Isman, 2002).

- L'azadirachtine extraite de la noix du margousier ou neem, originaire d'Inde, appartenant à la famille des limonoïdes et qui se révèle être un insecticide puissant, est utilisée sur les noctuelles, les cicadelles, les tordeuses et les doryphores (Royal, 2000). Bien que l'azadirachtine ait des effets antiappétants chez les insectes, l'efficacité du neem sur terrain comme agent de protection des cultures réside davantage dans la capacité de l'azadirachtine d'inhiber la croissance des insectes cibles en les empêchant de muer (Isman, 2002).

Par ailleurs, les extraits de neem, d'Eucalyptus tereticornis, les crotalaires (*Crotalaria* spp.) ou la tagete (*Tagetes* spp.), constituent une matière efficace pour la lutte contre les nématodes à galles (Djian-Caporalino et *al.*, 2009).

- Les huiles essentielles constituent des substances ayant des spécificités qui les ont fait utiliser depuis longtemps en pharmacie, parfumerie, industrie agroalimentaire et industrie chimique (Royal, 2000).

Plus récemment il a été démontré que de nombreux constituants terpénoïdes d'huiles essentielles végétales sont toxiques au contact, pour un large éventail d'insectes et peuvent être utilisés comme insecticides d'origine végétale (Muhannad, 2002). Un nombre important de composés chimiques sont connus. De ce type, les plus puissants figurent le thymol, extrait de thym (*Thymus vulgaris*, Lamiacées), la pulégone, extraite de menthe pouliot (*Mentha pulegium*, Lamiacées) et l'eugénol, extrait du clou de girofle (*Eugenia caryophyllus*, Myrtacées) (Regnault, 2005)

DONNÉES GÉNÉRALES SUR LES HUILES ESSENTIELLES ET SUR LA PLANTE UTILISÉE

2.1. Les huiles essentielles

2.1.1. Définition

Ce sont des produits odorants de composition chimique complexes renfermant des principes actifs volatiles et contenus dans les végétaux. Toutes les parties de la plante peuvent contenir des huiles essentielles dans des vésicules spécialisées (Charpentier et *al.*, 2008).

2.1.2. Histoire de leur utilisation

Reconnues pour leurs puissantes propriétés thérapeutiques et utilisées depuis des millénaires en Chine, en Inde, au Moyen Orient, en Egypte, en Grèce, en Amérique Latine (Aztèques, Mayas, Incas) et en Afrique, les huiles essentielles tombent dans l'oubli au Moyen Age. A ce moment, l'Europe connaît un retour à la barbarie avec un déclin général du savoir. Il faudra attendre l'arrivée des Arabes pour assister à un nouvel essor de la médecine par les plantes qui retrouvent alors une place de choix dans l'arsenal thérapeutique de l'époque.

L'utilisation des extraits de plantes comme insecticides est connue depuis longtemps. Dans certaines régions d'Afrique noire, les feuilles de tabac malaxées dans l'eau étaient utilisées pour lutter contre les moustiques. Au Maroc, l'utilisation de plantes contre les invasions de moustiques est une pratique très courante, surtout dans les régions rurales (Svoboda, 2000).

2.1.3. Localisation

Ilation des huiles essentielles se fait dans des structures histologiques sécrétrices spécialisées, souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante ou dans les tissus végétaux (Bruneton, 1999) :

- Des cellules sécrétrices isolées (Cas des *Lauraceae* ou *Zingiberaceae*)
- Poils sécréteurs des *Lamiaceae*.
- Les poches sécrétrices des *Myrtaceae* ou des *Rutaceae*.
- Les canaux sécréteurs des *Apiaceae* ou des *Asteraceae* (Price *et al.*, 1999).

2.1.3.1. Les cellules sécrétrices

La structure de sécrétion la plus simple est une cellule contenant un liquide de sécrétion qui la distingue des cellules non sécrétrices adjacentes. Ce type cellulaire est observé dans le parenchyme des feuilles de Citronella (*Cymbopogon nardus*), le rhizome du Gingembre (*Zingiber officinale*) (Mostefa Sari, 2011).

2.1.3.2. Les cavités sécrétrices (ou poches sécrétrices)

Ces cavités sont plus ou moins sphériques et peuvent être formées de deux façons : les cellules parenchymateuses peuvent se séparer les une des autres laissant un espace intercellulaire appelé la lacune ou lumina, ou bien une cellule peut dégénérer créant une cavité dans le tissu. Ces espaces sont liés à des cellules sécrétrices ou à un épithélium qui produit les huiles essentielles. Les cellules, à parois minces, stockent les H.E produites à l'intérieur de leurs plastes (Svoboda, 2000).

2.1.3.3. Les canaux sécréteurs

Ce sont des cavités allongées. Ils sont souvent reliés entre eux créant un réseau s'étendant des racines à la tige, aux feuilles, et aux fleurs fruits. Ils sont composés d'un épiderme qui entoure une cavité centrale. Certaines de ces cellules formant le mur de la cavité changeront en cellules épithéliales sécrétrices. Les huiles sont synthétisées dans leur leucoplastes puis transportés à travers le réticulum endoplasmique dans la cavité. Ces cavités se rejoignent pour former des canaux,

chez le Cumin (*Cuminum cyminum*) de la famille des Ombellifères (Daayf et Lattanzio, 2008).

2.1.3.4. Les poils sécréteurs

Ce sont des élongations des cellules épidermiques pour donner des poils dont les cellules terminales sécrètent des essences. Leur forme est variable et caractéristique d'une famille (Speranza et Calzoni, 2005).

2.1.3.5. Les trichomes Glandulaires

Ce sont des poils épidermiques pluricellulaires et peuvent être trouvés au niveau des épidermes des feuilles, des tiges et de certaines parties des fleurs comme le calice de plusieurs plantes de la famille des Lamiaceae, tel que le Thym (*Thymus sp.*) (Figures 2.1 ; 2.2 ; 2.3)

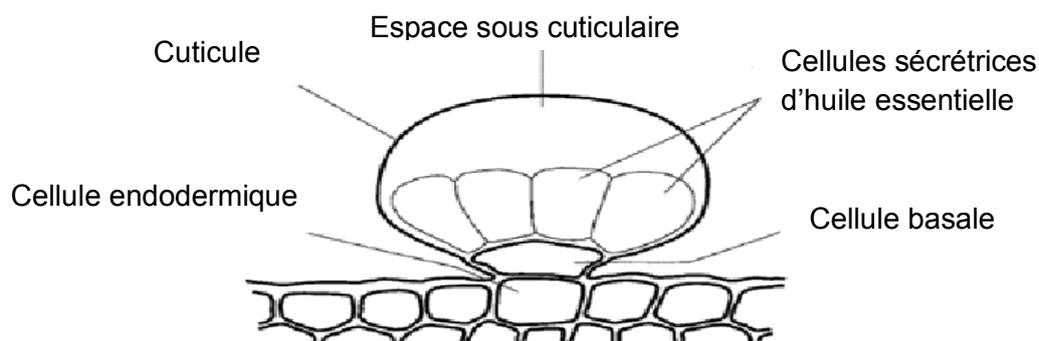


Fig. 2.1 : Anatomie d'un trichome glandulaire de *Thymus vulgaris* L. (Stahl-Biskup et Sáez, 2002).

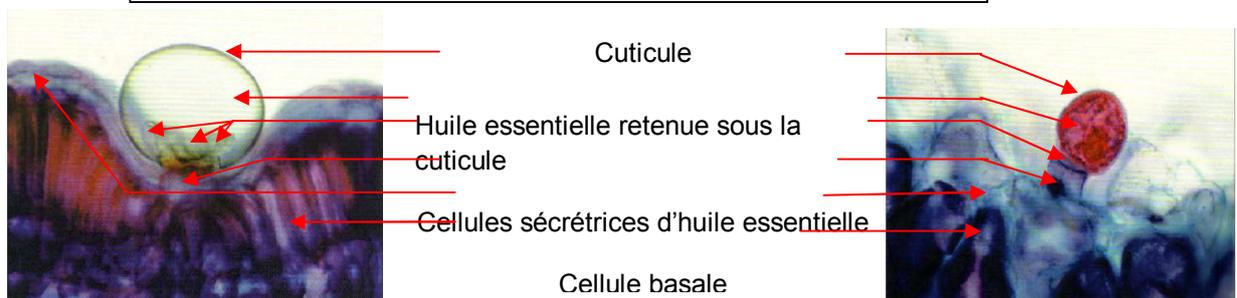


Fig.2.2 : Glande sécrétrice sessile sur la face inférieure de la feuille remplie d'huile (x 420) (Svoboda, 2000).

huiles essentielles

Fig.2.3 : Trichome glandulaire avec tête unicellulaire sur la face supérieure de la feuille d'Origan (x 420) (Svoboda, 2000).

secondaire, le rôle écologique et évolutif des huiles essentielles a été associé à la défense contre les animaux herbivores et les ravageurs des plantes, la guérison de blessures des organes de la plante, la Protection contre des insectes nuisibles, la résistance aux attaques microbiennes (propriétés fongicides et bactéricides), la protection de la plante du rayonnement ultraviolet et des oxydants (Daayf et Lattanzio, 2008) et l'attraction d'insectes et d'animaux intervenant dans la pollinisation (Soto-Mendivil et *al.*, 2006). Elles jouent également un rôle hormonal, régulateur et catalyseur dans le métabolisme végétal, et semblent aider la plante à s'adapter à son environnement et sont par conséquent produites en plus grande quantité dans des conditions extrêmes (Svoboda, 2000).

2.1.5. Propriétés des huiles essentielles

Les huiles essentielles possèdent certaines propriétés physiques:

- A température ambiante, elles sont liquides alors qu'elles sont volatiles à température élevée, c'est leur volatilité qui les distingue des huiles fixes telles que l'huile d'olive.
- Elles sont très solubles dans les solvants organiques (alcool, éther) (Soto-Mendivil et *al.*, 2006).
- Pouvoir intense de diffusion et de pénétration.
- Elles sont très peu solubles dans l'eau.
- Elles ont une densité inférieure à celle de l'eau ($d < 1$).
- Substances très odorantes, souvent colorées (Bardeau, 1976).

2.1.6. Composition chimique des H.E

Selon Bakkali et *al.* (2008), Une huile essentielle peut contenir de 20 à 60 éléments biochimiques différents. On peut déterminer sa composition par la chromatographie en phase gazeuse. Les principales composantes sont : Les terpènes et terpénoïdes, constituants aromatiques.

2.1.6.1. Les terpènes

définissent les terpènes comme des hydrocarbures dont les squelettes carbonés dérivent de la condensation d'unités isopréniques (C_5H_8) et sont classés selon le nombre de ces derniers comme suit : Les hemiterpènes C_5H_8 , les monoterpènes $C_{10}H_{16}$ (Wichtl et Anton, 2003), les sesquiterpènes $C_{15}H_{24}$, les diterpènes $C_{20}H_{32}$ (Cseke et *al.*, 2006), les triterpènes $C_{30}H_{48}$ (Sarker et Nahar, 2007) et les tétraerpènes $C_{40}H_{64}$ (Rodriguez-Amaya, 1997). Les terpènes contenant une molécule d'oxygène sont appelés terpénoides (Bakkali et *al.*, 2008).

2.1.6.2. Les composés aromatiques

Ce sont des dérivés du phenylpropane, ils comprennent :

- Les Aldehydes: cinnamaldehyde.
- les Alcools: alcool cinnamique.
- Les Phenols: eugenol.
- Les dérivés Methoxy : anethole, estragole, Methyleugenols.
- Les composés dioxy Methylene: apiole, myristicine (Sarker et Nahar, 2007).

2.1.6.3. Les molécules diversement fonctionnalisées

Les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire, entraînable lors de l'hydrodistillation : carbures (linéaires et ramifiés, saturés ou non), acides, aldéhydes, esters acycliques, lactones (Bruneton, 1999).

2.1.7. Les facteurs de variabilité des huiles essentielles

très fluctuante dans sa composition selon multiples paramètres, qu'ils soient d'ordre naturel, d'origine intrinsèque (localisation, maturité, origine botanique et chimiotype), soit d'origine extrinsèque liée aux conditions de croissance et de développement de la plante (Sol, climat), ou encore d'origine technologique c'est-à-dire liée au mode d'exploitation du matériel végétal (Bernard et *al.*, 1988).

2.1.7.1. Facteurs d'origine naturelle intrinsèques

2.1.7.1.1. Le cycle végétatif

D'après Bruneton (1999) Pour une espèce donnée la proportion des différents constituants d'une huile essentielle peut varier de façon importante tout au long du développement. Ainsi, la période pendant laquelle la plante est cueillie influence nettement la composition de son huile essentielle.

2.1.7.1.2. L'organe producteur

La composition de l'huile essentielle d'une même espèce végétale peut varier selon sa localisation dans ce végétal (Feuilles, écorce, fleurs....etc) (Sallé et Pelletier, 1991).

2.1.7.1.3. L'origine botanique

Selon Soto- Mendivil et *al.*, (2006) et Baydar et *al.* (2004), La teneur en huile essentielle ainsi que sa composition peuvent varier d'une espèce végétale à une autre.

2.1.7.2. Facteur d'origine naturelle extrinsèque

004) Les facteurs environnementaux influencent directement sur la production et la qualité de l'huile essentielle. La température, l'humidité relative, la durée totale d'insolation et le régime des vents exercent une influence directe, surtout chez les espèces qui possèdent des structures histologiques de stockage superficielles (tel que les poils sécréteurs des Lamiaceae).

En effet, un climat sec et ensoleillé favorise leur production, cause pour laquelle les plantes sont plus riches en H.E lorsqu'elles poussent dans un climat chaud et sec.

La composition de l'HE peut également dépendre de la saison et des conditions géographiques (Soto-Mendivil et *al.*, 2006).

2.1.7.3. Facteurs d'origines technologiques

Le mode de récolte; les conditions de transport, de séchage et de stockage des plantes peuvent générer des dégradations enzymatiques importantes. Même les procédés d'extraction et de stockage des H.E peuvent être responsables de leur instabilité (Baydar et *al.*, 2004).

2.1.8. Domaines d'utilisation des huiles essentielles

2.1.8.1. En thérapeutique

Les huiles essentielles sont très riches en composés biologiquement actifs (Prabuseenivasan et *al.*, 2006). Ils possèdent des propriétés antibactériennes (Hammer et *al.*, 1999), antifongiques (Sokovic et van Griensven., 2006), antioxydante (Kordali et *al.*, 2005), et insecticides (Yang et *al.*, 2005).

curatifs: Spasmolytique (Gilani et *al.*, 2009), antispasmodique (Gilani et *al.*, 2008), anticancer (Sylvestre et *al.*, 2006), anti-inflammatoire, anti-ulcer (Dordevic et *al.*, 2007), antivirale (Schnitzler et *al.*, 2007), les huiles essentielles sont utilisées pour le traitement ou la prévention contre la plus part des maladies de l'homme.

2.1.8.2. En cosmétologie

Les huiles essentielles sont largement utilisées dans la fabrication des produits cosmétiques tel que les parfums, savons, lotions et pommade de soins....etc. (Baydar et *al.*, 2004).

2.1.8.3. En agroalimentaire

Les huiles essentielles peuvent être utilisées comme additifs alimentaires (Deba et *al.*, 2008). Elles sont actuellement employées comme aromes alimentaires, et peuvent servir en même temps comme agents de conservation des aliments grâce à leur effet antimicrobien, et ce d'autant plus qu'elles sont reconnues comme saines (Caillet et Lacroix, 2007).

2.1.9. Activité insecticide des huiles essentielles et mécanismes d'action

Selon Mohan et Ramasway (2007), les huiles essentielles représentent une piste d'avenir pour la recherche de nouvelles molécules bioactives à intérêt insecticide.

Le mode d'action des huiles essentielles est relativement peu connu chez les insectes (Bekele et Hassanali, 2001).

Les huiles essentielles ont des effets anti-appétant, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes et acariens (Keane et Ryan, 1999).

2.1.9.2. Effets sur l'octopamine :

L'octopamine est un neuromodulateur spécifique des invertébrés : Cette molécule a un effet régulateur sur les battements de coeur, la motricité, la ventilation, le vol et le métabolisme des invertébrés. Enan (2000) et Isman (2000) font le lien entre l'application de l'eugénol, de l'alpha-terpinéol et de l'alcool cinnamique, et le blocage des sites accepteurs de l'octopamine. Enan (2005) a également démontré un effet sur la Tyramine, autre neurotransmetteur des insectes.

En général, les huiles essentielles sont connues comme des neurotoxiques à effets aigus interférant avec les transmetteurs octopaminergiques des Arthropodes. Ces huiles sont donc peu toxiques pour les animaux à sang chaud.

2.1.9.3. Effets physiques :

D'après Isman (2000) Les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des arthropodes à corps mous.

2.1.10. Les méthodes d'extraction

2.1.10.1. L'extraction par l'entraînement à la vapeur

Dans ce système d'extraction, le matériel végétal n'est pas en contact direct avec l'eau, il est soumis à l'action d'un courant de vapeur, les principes volatils, peu solubles dans l'eau sont entraînés et après condensation, séparés du distillat par décantation (Auclair, 2002).

L'injection de vapeur, au travers de la masse végétale disposée sur des plaques perforées, se fait à la base de l'alambic (Bruneton, 1999).

Elle consiste à immerger directement le matériel végétal à traiter dans un alambic rempli d'eau qui est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide (Bruneton, 1999).

Le condensat d'eau et d'huile essentielle est récupéré dans un erlen meyer puis transféré dans une ampoule à décanter pour la séparation des deux phases (Willem, 2004).

2.1.10.3. Hydrodiffusion

L'hydrodiffusion est une variante de l'entraînement à la vapeur. Dans ce cas, le flux de vapeur n'est pas ascendant mais descendant. Cette technique exploite ainsi l'action osmotique de la vapeur d'eau sur les cellules végétales. Le principe de cette méthode réside dans l'utilisation de la pesanteur pour dégager et condenser le mélange « vapeur d'eau – huile essentielle » dispersé dans la matière végétal qui s'écouleront vers un collecteur (Caraffa, 1999).

2.1.10.4. Extraction par solvant volatil

Les plantes sont immergées totalement dans le solvant à froid sauf pour les graines, les lichens et les racines où l'extraction est réalisée à chaud dans les solvants classiques. Le temps du contact est d'environ 30 minutes, après quoi le solvant est soutiré et remplacé par une deuxième charge puis une troisième à leur tour soutirées. La plus grande partie du solvant est évaporée et recyclée. On recueille une solution concentrée distillée sous vide. L'évaporation des solvants laisse un résidu cireux très coloré et très aromatique appelé la concrète. Les solvants les plus utilisés actuellement sont l'hexane, cyclohexane et le pentane (René Revuz, 2009).

Elle est réservée aux agrumes par suite de la localisation superficielle de l'essence. Il s'agit d'un procédé mécanique dans lequel le fruit entier est placé dans des tambours rotatifs munis de pointes en acier qui déchiquètent le péricarpe. L'huile essentielle est entraînée par l'eau, le mélange est centrifugé et l'on recueille directement une huile essentielle extrêmement naturelle et pure (Willem, 2004).

2.1.10.6. Enfleurage

L'enfleurage convient aux fleurs fragiles, il peut s'effectuer à froid en imprégnant des fleurs fraîches dans de la graisse à froid, cette dernière absorbant ainsi les molécules odorantes. On obtient ainsi une pommade, qui, étant décantée et traitée à l'alcool, entraînera le parfum en le séparant des graisses. L'enfleurage s'effectue également à chaud (la digestion), technique qui consiste à faire fondre dans de grandes marmites au bain-marie de la graisse à laquelle on ajoute les parties de plantes. On peut utiliser cette pommade telle quelle ou la traiter à l'alcool (Duraffourd et Lapraz, 2002).

2.1.10.7. L'extraction au CO₂ supercritique

Le CO₂ sous pression et à température supérieure à 31°C se trouve dans un état "supercritique" intermédiaire entre le gaz et le liquide. Dans cet état, il présente la particularité de dissoudre de nombreux composés organiques et c'est cette même propriété dont les fabricants se servent pour extraire les huiles essentielles.

La matière végétale est chargée dans l'extracteur puis le CO₂ est introduit sous pression et réfrigéré. Le mélange est recueilli dans un vase d'expansion. La pression y étant réduite, le CO₂ reprend sa forme gazeuse et est complètement éliminé, il ne reste plus que l'extrait végétal. Les matières premières ainsi obtenues sont proches du produit naturel d'origine d'autant que le CO₂ est non toxique, incolore, inodore et ininflammable (Zekovid et al., 2000).

d'extraction.

2.1.11.1. La matière végétale

La composition de la matière végétale peut varier en fonction de plusieurs facteurs tel que le lieu, la période de récolte, et la durée du stockage (Socaci et *al.*, 2008).

2.1.11.2. La température

Le rendement en HE augmente avec l'élévation de la température, en effet, lorsque la température s'élève, la pression de vapeur entraînant les composantes des HE est augmentée. Cependant, lorsque la température d'extraction dépasse une certaine limite (supérieure à 230°C), elle peut conduire à une dégradation de l'HE extraite (Rouatbi et *al.*, 2008).

2.1.11.3. Hydromodule

L'hydromodule doit être en rapport avec la masse végétale car il influence le rendement en huile essentielle. La pharmacopée a établie pour chaque type végétal, les conditions opératoires qui lui conviennent ; ces dernières dépendent de la nature, de la texture et de la richesse en huile essentielle de la plante (Anonyme, 1997).

2.1.11.4. Durée d'extraction

La durée de l'extraction dépend de la qualité et de la quantité des extraits désirée (Zekovid et *al.*, 2000).

2.1.11.5. La nature du solvant

Le choix du solvant est influencé par des paramètres techniques et économiques : sélectivité (pouvoir solvant à l'égard des constituants odorants) ; stabilité ; inertie chimique ; température d'ébullition (pas trop élevée pour permettre son élimination totale, pas trop faible pour éviter les pertes et donc une élévation des coûts) ; sécurité de manipulation (si possible non toxique et ininflammable) (Bruneton, 1999).

2.2.1. Historique

Le terme « thym » est apparu dans la langue française au XIII^e siècle, d'abord sous la forme de « tym ». Selon certaines sources, il est dérivé du latin *thymus*, qui l'a emprunté du grec *thumos*, signifiant, de façon quelque peu obscure, « grosseur ou loupe ». D'autres pensent plutôt que le mot vient du grec *thymos* ou *thyein*, qui signifie « fumée », par allusion au fait qu'il était jadis brûlé comme encens et qu'on lui attribuait alors le pouvoir d'éloigner les créatures venimeuses. D'autres, enfin, font dériver le mot du grec *thumus*, qui signifie « courage », la plante étant jadis considérée comme revigorante (Iserin, 2001).

Il semblerait que, pendant longtemps, le thym ait surtout été employé en médecine et dans les rituels religieux ou magiques, ses usages culinaires se limitent à aromatiser le fromage et les liqueurs. Les Égyptiens s'en servaient pour embaumer leurs morts, les Grecs pour parfumer les temples et l'eau des bains, les Romains pour purifier leurs appartements. Les Romains ont probablement diffusé le thym en Europe durant leurs invasions, particulièrement dans les pays du Sud. Au Moyen Âge, on s'en est beaucoup servi pour masquer les mauvaises odeurs, notamment celles de la viande ou du poisson avarié (Quezel et Santa, 1963).

De nos jours, le thym est un élément caractéristique de la flore méditerranéenne. Ses feuilles sont riches en huiles essentielles dont les propriétés sont mises à profit en phytothérapie et en médecine, comme produit vétérinaire (antiparasites, antispasmodique, antiseptique et digestif) (Ebrahimi et al., 2008, et Rasooli et al., 2006). Il est très utilisé en médecine traditionnelle sous plusieurs formes : les feuilles sont utilisées en infusion contre la toux, en décoction pour guérir les maux de tête, hypertension et gastrites, en usage externe comme cicatrisants. Il possède des vertus antiseptiques utilisées pour soigner les infections pulmonaires, calmer les toux quinteuses, diminuer les sécrétions nasales et soulager les problèmes intestinaux (Adwan et al., 2006).

D'après Burnie et Forrester (2005), Cette plante spontanée pousse abondamment dans les lieux arides, caillouteux et ensoleillés, des bords de la mer à la montagne.

2.2.4. Caractéristiques botaniques

2.2.4.1. Description

Les thyms (*Thymus*) sont des plantes basses sous -ligneuses, pouvant atteindre 40 cm de hauteur. Ils possèdent de petites feuilles recourbées sur les bords de couleur verte foncé, et qui sont recouvertes de poils et de glandes (appelés trichomes). Les calices et les jeunes tiges sont aussi couverts de ces structures qui libèrent l'essence par simple contact, bien qu'en plus faible densité sur les tiges. Ses petites fleurs zygomorphes sont regroupées en glomérules et leur couleur varie du blanc au violet en passant par le rose (Soto-Mendivil et *al.*, 2006).

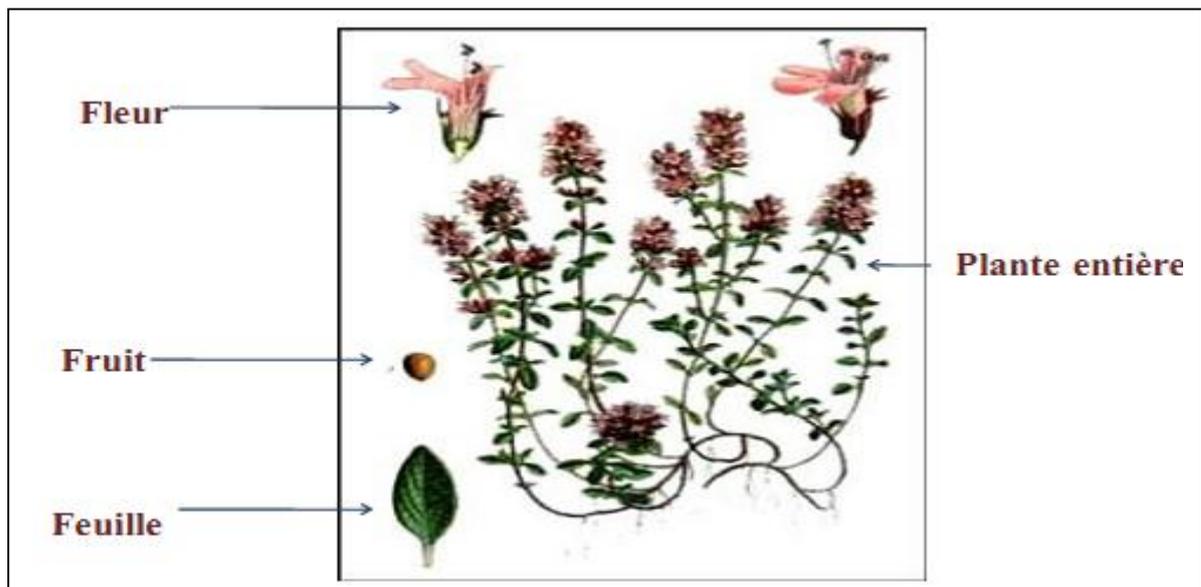


Fig. 2.4 : Aspects morphologiques de *Thymus vulgaris* L. (Iserin, 2001)

La classification adoptée est celle de Guignard et *al.*, (2004), et Peter (2004) :

Règne	<i>Plantae (végétal)</i>
Embranchement	<i>Spermaphytes (phanérogames)</i>
Sous embranchement	<i>Angiospermes</i>
Classe	<i>Dicotylédones</i>
Sous classe	<i>Métachlamydées (gamopétales)</i>
Ordre	<i>Tubiflorales</i>
Sous ordre	<i>Verbéninées</i>
Famille	<i>Labiacées (labiées)</i>
Genre	<i>Thymus</i>

2.2.4.3. Les différentes espèces de Thym

D'après Quezel et Santa (1963), les différentes espèces de Thym identifiées en Algérie sont les suivantes : *Thymus fantanesi*, *Thymus capitatus*, *Thymus candidissimus*, *Thymus numidicus*, *Thymus lanceolatus*, *Thymus guyonii*, *Thymus dreatensis*, *Thymus ciliatus*, *Thymus hirtus*, *Thymus comutatus*, *Thymus glandulosus*, *Thymus algériensis*, *Thymus vulgaris*.

2.2.3. Ses principaux constituants

La plante séchée contient environ 1 – 2.5 % d'huile essentielle formée en sa majorité de composés terpéniques tel que les monoterpènes phénoliques (Thymol et Carvacrol) à l'origine de la forte odeur du Thym (Peter, 2004). D'autres composés peuvent constituer la partie volatile du Thym tel que les alcools (linalool et borneol), le myrcène, et les sesquiterpènes (β - caryophyllène) (Delille, 2007).

Les composantes non volatiles peuvent être des Tannins (Acide caféique, Acide rosmarinique) (Dapkevicius, 2002), des polysaccharides, des flavonoïdes, présentes souvent sous leur forme aglycone : les flavones (Apigénine et luteoline), les méthyl flavones (Thymonin et diosmétique), dihydro-flavonols (Taxifolin), flavonones (Naringénine), flavonols (Kaempferol et quercétine), et des flavones glycosides (Apigénine-7-o- β -D-Glucoside, hespéridine) (Stahl-Biskup et Sáez, 2002).

2.2.5.1. Dans le monde

Le genre *Thymus* est l'un des 250 genres les plus diversifiés de la famille des labiées (Naghibi et *al.*, 2005). Selon Dob et *al.*, (2006), il existe près de 350 espèces de thym réparties entre l'Europe, l'Asie de l'ouest et la méditerranée. C'est une plante très répandue dans le nord ouest africain (Maroc, Tunisie, Algérie et Libye), elle pousse également sur les montagnes d'Ethiopie et d'Arabie du sud ouest en passant par la péninsule du Sinaï en Egypte. On peut la trouver également en Sibérie et même en Himalaya. Selon une étude menée par Nickavar et *al.*, (2005), environ 110 espèces différentes du genre *Thymus* se concentrent dans le bassin méditerranéen. C'est pour cela que l'on peut considérer la région méditerranéenne comme étant le centre de ce genre.

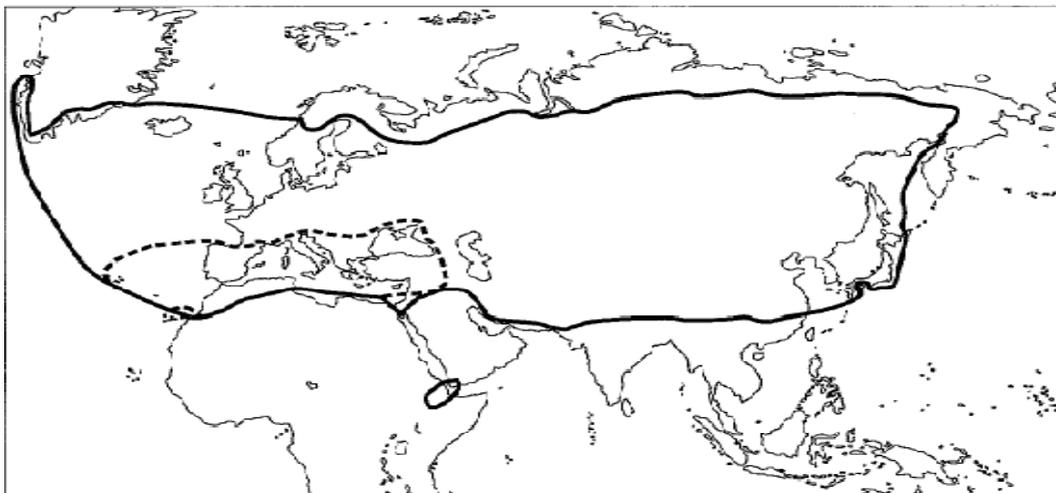


Fig .2.5 : Distribution du genre *Thymus* dans le monde. (Stahl-Biskup et Sáez, 2002).

2.2.5.2. En Algérie

L'Algérie est connue par sa richesse en plantes médicinales en regard de sa superficie et sa diversité bioclimatique. Le thymus, comprend plusieurs espèces botaniques réparties sur tout le littoral et même dans les régions internes jusqu'aux zones arides (Saidj, 2006).

est représentée dans le Tableau 2.1

Tableau 2.1: Localisation des principales espèces du thym en Algérie (Saidj, 2006).

Espèces	Découverte par	Localisation	Nom local
<i>Thymus capitatus</i>	Hoffman et link	Rare dans la région de Tlemcen	Auteure
<i>Thymus fontannesii</i>	Boiss et Reuter	Commun dans le Tell Endémique Est Algérie-Tunisie	Auteure
<i>Thymus commutatus</i>	Battandier	Endémique Oran	-
<i>Thymus numidicus</i>	Poiret	Assez rare dans : Le sous secteur de l'atlas tellien La grande et la petite Kabylie De Skikda à la frontière tunisienne, Tell constantinois	Tizaâtar
<i>Thymus guyonii</i>	Noé	Rare dans le sous secteur des Hauts Plateaux algérois, oranais et constantinois	-
<i>Thymus lancéolatus</i>	Desfontaine	Rare dans : Le secteur de l'atlas tellien (Terni de Médéa Benchicao) et dans le sous secteur des Hauts Plateaux algérois, oranais (Tiaret) et constantinois	Zaâteur
<i>Thymus pallidus</i>	Coss	Très rare dans le sous secteur de l'Atlas Saharien et constantinois	Tizerdite
<i>Thymus hirtus</i>	Wild	Commun sauf sur le littoral	Djertil Hamrya
<i>Thymus glandulosus</i>	Lag	Très rare dans le sous secteur de Hauts Plateaux algérois	-
<i>Thymus algériensis</i>	Boiss et Reuter	Très commun dans le sous secteur des Hauts Plateaux algérois et oranais	Djertil Zaitra
<i>Thymus munbyanus</i>	Boiss et Reuter	Endémique dans le secteur Nord algérois	Djertil

L'essence du thym est souvent rapportée comme étant parmi les huiles essentielles les plus actives (Naghdi et *al.*, 2004). Les huiles essentielles du thym sont composées par des molécules aromatiques présentant une très grande diversité de structure.

La variabilité chimique des HEs du thym dépend de plusieurs facteurs, qui généralement sont d'ordres climatiques et environnementaux. Mais peuvent être aussi d'ordre génétique et saisonnier (stade végétale) (Loziene et *al.*, 2007). Ainsi, une étude menée par Dob et *al.*, (2006) sur les thymus d'Afrique du nord a démontré que le composé majoritaire était le thymol chez les espèces d'Algérie et du Maroc et le carvacrol chez les espèces de Tunisie.

De nombreux travaux ont été réalisés sur l'huile essentielle du thym. Nous nous limiterons dans notre étude à quelques uns parmi les plus récents. Le tableau 2.2. nous donne une étude comparative des principaux composés de l'huile essentielle des feuilles de quelques espèces du thymus.

Tableau 2.2 : Composition de l'huile essentielle de quelques especes du thym.

Espèce	Pays	Composition	Référence
<i>T. vulgaris</i>	Turquie	p-cymène 9.9%, thymol 46.2% linalool 4%, -terpnène 14.1%	(Özcan et Chalchat, 2004)
<i>T. vulgaris</i>	Espagne	p-cymène 18.7%, thymol 57.7% carvacrol 2.8%, linalool 2.1%	(Rota et <i>al.</i> , 2008)
<i>T. rosulans</i>	Turquie	Carvacrol 58.1%, p-cymène 4.1% thymol 20.5%, -terpnène 4.4%	(Tepe et <i>al.</i> , 2005)
<i>T. sipyleus</i>	Turquie	Borneol 11.2%, Muurolol 9.2% -caryophyllen 7.6%, Geranial 7.3%	(Tepe et <i>al.</i> , 2005)
<i>T. zygis</i>	Espagne	Linalool 82.3%, p-cymène 0.5% thymol 2.1%, carvacrol 0.1%	(Rota et <i>al.</i> , 2008)
<i>T. hyemalis</i>	Espagne	p-cymène 16.0%, thymol 43.0% carvacrol 2.4%, -terpnène 8.4%	(Rota et <i>al.</i> , 2008)
<i>T. capitatus</i>	Italie	p-cymène 26.4%, thymol 29.3% carvacrol 10.8%, -terpnène 8.4%	(Cosentino et <i>al.</i> , 1999)

		l 62.83%, p-cymène 5.1% - terpnène 2.4%	(Bounatirou et <i>al.</i> , 2007)
<i>T. serpyllum</i> (befor florig)	Iran	p-cymène 21.12%, thymol 18.73% carvacrol 11.34%, -terpnène 21.90%	(Rasooli et Mirmostafa 2008)
<i>T. serpyllum</i> (al florig)	Iran	p-cymène 2.85%, thymol 18.68% carvacro 10.41%, -terpnène 22.69%	(Rasooli et Mirmostafa 2008)
<i>T. pubescens</i> (befor florig)	Iran	p-cymène 2.85%, thymol 11.94% carvacrol 64.79%, -terpnène 6.12%	(Rasooli et Mirmostafa 2008)
<i>T. pubescens</i> (al florig)	Iran	p-cymène 12.65%, thymol 13.88% carvacrol 48.75%, -terpnène 1 3.77%	(Rasooli et Mirmostafa 2002)

CHAPITRE 3

MATERIEL ET METHODES

Avec le développement de la chimie, on s'est vite rendu compte qu'il y avait tout un arsenal capable d'éliminer les ennemis de la plante (bactéries, champignons, nématodes, insectes...). Cette approche a conduit à une élimination spectaculaire, du moins à court terme, des organismes nuisibles, et à une détérioration parallèle, mais pas nécessairement visible de la qualité de l'environnement (Benayad, 2008). A cause de leur effet négatif sur l'environnement, l'utilisation des pesticides chimiques est devenue de plus en plus restrictive (wmo, 1965).

Un examen systématique des découvertes phytochimiques répertoriées, en utilisant la base de données NAPRALERT (Natural Products Alert Database), révèle que seulement 2 à 5% des espèces végétales ont été examinées en détail d'un point de vue phytochimique (Soejarto et Farnsworth, 1989). Une étude réalisée par Balick et *al.*, (1989), a montré que moins de 1% des plantes tropicales sont étudiées d'un point de vue phytochimique. Par conséquent, la voie reste ouverte vers la découverte de nouvelles plantes et par la même de nouvelles molécules à effet bactéricide, nématocide, insecticide ou fongicide (Benayad, 2008).

Objectifs.

Ce présent travail a pour objectifs :

- L'extraction de l'huile essentielle de thym (*Thymus fontanesii*), ainsi son composé majoritaire, le thymol.
- L'identification des composants de l'huile essentielle par (CPG-MS)
- L'étude *in vitro* de leur pouvoir insecticide (H.E et thymol) sur les larves d'un ravageur redoutable de la tomate *Tuta absoluta* dite mineuse de la tomate.

3.1.1. Matériel animal.

Le matériel animal destiné pour l'évaluation de l'efficacité des traitements à base de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii*, et du thymol pur, nous nous sommes intéressés aux larves du troisième et quatrième stade (L3 et L4) de *Tuta absoluta* (Figure 3.1), collectée à partir des plants de tomate infestés, lors de nos sortie au niveau de la station expérimental de Staoueli (ITCMI), dans une culture de tomate sous abris (serre multi chapelle de 1000m²) (Figure 3.2).



Figure 3.1 : Larves L3 et L4 de *Tuta absoluta* (originale, 2012)



Figure 3.2 : Serre multi chapelle, ITCM de Staoueli (Originale, 2012).

3.1.2.1. Espèce végétale utilisée.

Nous avons choisi dans notre étude une plante spontanée, connue par ses vertus pharmaceutiques, le thym.

L'identification de la plante utilisée a été faite au niveau du laboratoire de biologie végétale, du département de biologie (université SAAD Dahleb, Blida) comme étant le *Thymus fontanesii*.

Plusieurs critères sont à prendre en considération pour le choix du matériel biologique végétal (Khelfi, 2007) :

- **La disponibilité de la plante sur le territoire national.**
- **Son usage en pharmacopée traditionnelle locale.**
- **Ses propriétés insecticides relatées dans la littérature.**

3.1.2.2. Description botanique.

Le *Thymus fontanesii*, objet de notre étude, appelé « Zaâteure » en arabe (Saidj, 2006) est une plante spontanée, raide, dressée, à rameaux étalés. C'est un petit arbrisseau qui ne dépasse pas 20 cm de hauteur à feuilles petites linéaires ou linéaires-lancéolées recourbées sur les bords de couleur vert foncé, et qui sont recouvertes de poils et des glandes. Les épis florifères sont courts et étroits. Ses petites fleurs zygomorphes sont regroupées en glomérules et leur couleur varie du blanc au violet visible d'avril à juin, à odeur très agréable et spécifique. Très commun dans les régions montagneuses, c'est une espèce endémique en Algérie (Mebarki, 2010).



Figure 3.3 : Vue d'ensemble d'un pied de *Thymus fontanesii* (Originale, 2012).



Figure 3.4 : Sommités fleuries de *Thymus fontanesii* (Originale, 2012).



Figure 3.5 : Disposition des feuilles et des inflorescences au niveau de la tige (Originale, 2012)

3.1.2.3. Récolte.

Nous avons effectué deux récoltes, la première au mois de Mars et la deuxième durant le mois de Mai, pendant les stades avant et en pleine floraison de la plante.

La cueillette n'a concernée que les parties aériennes de la plante (tiges, feuilles et fleurs).

Cette espèce végétale a été collectée la matinée, d'une façon aléatoire au niveau de la région d'Ait Laaziz, située dans la wilaya de Bouira (150Km l'est d'Alger).

La situation géographique de la région de récolte figure dans le tableau 3.1

Tableau 3.1 : Situation géographique de la région de récolte.

Région	Altitude	Etage bioclimatique
Ait laaziz (Bouira)	1 200 m	Semi-aride à hivers tempéré

Après la cueillette, et durant le même jour, le thym récolté a subi un prélavage à l'eau, afin d'éliminer tous les débris. Puis étalé sur du papier et mis à sécher dans un endroit aéré, sec, ombragé et à température ambiante. Cette opération a duré une vingtaine de jours.

Une fois devenue sèche, notre plante a été conservée dans des sacs en papiers jusqu'au moment de l'extraction.

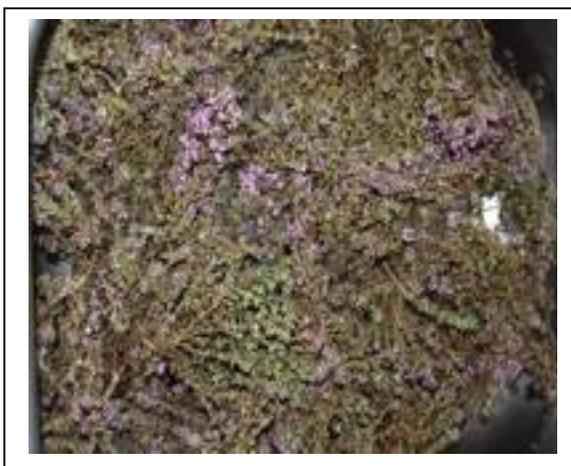


Figure 3.6 : Opération de Séchage du *Thymus fontanesii* (Originale, 2012).



Figure 3.7 : Feuilles séchées de *Thymus fontanesii* (Originale, 2012).

3.2. Procédé d'extraction de l'huile essentielle.

L'étude faite par Hedhili et *al.*, (2007), sur la cinétique et le rendement d'extraction des huiles essentielles de Thym obtenues par hydrodistillation et entraînement à la vapeur, a montré que 70% du rendement global de l'huile essentielle par hydrodistillation est obtenu dans les 18 premières minutes, le rendement cumulé se stabilise au bout d'une heure. Ceci nous mène à choisir le procédé d'extraction par hydrodistillation.

L'extraction d'huile essentielle a été réalisée au niveau de l'entreprise Alphyt de Beni mered (Blida), à l'aide d'un hydrodistillateur type Clevenger selon les

dans la **figure 3.8**.



Figure 3.8 : Hydrodistillateur, type Clevenger (Alphyt, 2012).

• Mode opératoire

Dans le ballon, introduire la quantité de matière végétale et procéder à l'hydrodistillation.

- Adapter au ballon l'appareil de condensation.
- Chauffer l'eau du ballon jusqu'au début d'ébullition et distillez à la vitesse appropriée. Selon les résultats de Rouatbi et *al.*, (2007), la meilleure température d'extraction, pour laquelle on obtient un meilleur rendement et une bonne qualité de l'huile essentielle de thym, est de 175C°. Cette valeur a été adoptée dans toutes les extractions réalisées.
- Le distillat est recueilli dans le tube gradué qui se termine par une ampoule, cette dernière est munie à la base d'un robinet à partir duquel on pourra récupérer notre fraction d'huile essentielle.
- Arrêter le chauffage et lire le volume de l'huile essentielle recueillie dans le tube gradué.

La matière végétale est introduite dans un ballon de deux litres, imprégné d'eau distillée, l'ensemble est porté à ébullition pendant deux heures. Les vapeurs chargées d'huile essentielle ; en traversant un réfrigérant se condensent et chutent dans une ampoule à décanter, l'eau et l'huile se séparent par différence de densité.

3.3. Calcul de rendement.

Le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre le volume d'huile essentielle obtenue et la masse du matériel végétal à traiter (Belyagoubi, 2006).

Le rendement en huile essentielle (exprimé en pourcentage par rapport au 100 g de matière sèche) a été calculé par la relation suivante :

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

- **Rd HE (%)** : rendement en huile essentielle exprimé en pourcentage.
- **V** : volume d'huile essentielle en ml.
- **M_{MV}** : La masse de la matière végétale utilisée (sèche).

Les essences obtenues ont été conservées au réfrigérateur à 4°C dans des flacons en verre, couverts d'aluminium pour les préserver contre la chaleur et la lumière, afin d'éviter toute sorte de dégradation ou modification de leurs molécules actives.

3.4. Extraction de thymol.

La méthode utilisée pour l'extraction de thymol à partir de l'huile essentielle de thym est celle décrite par Mebarki (2010) (figure 3.9).

L'extraction a été réalisée au niveau de laboratoire de chimie organique, du département de chimie (université SAAD Dahleb, Blida), selon le protocole suivant :

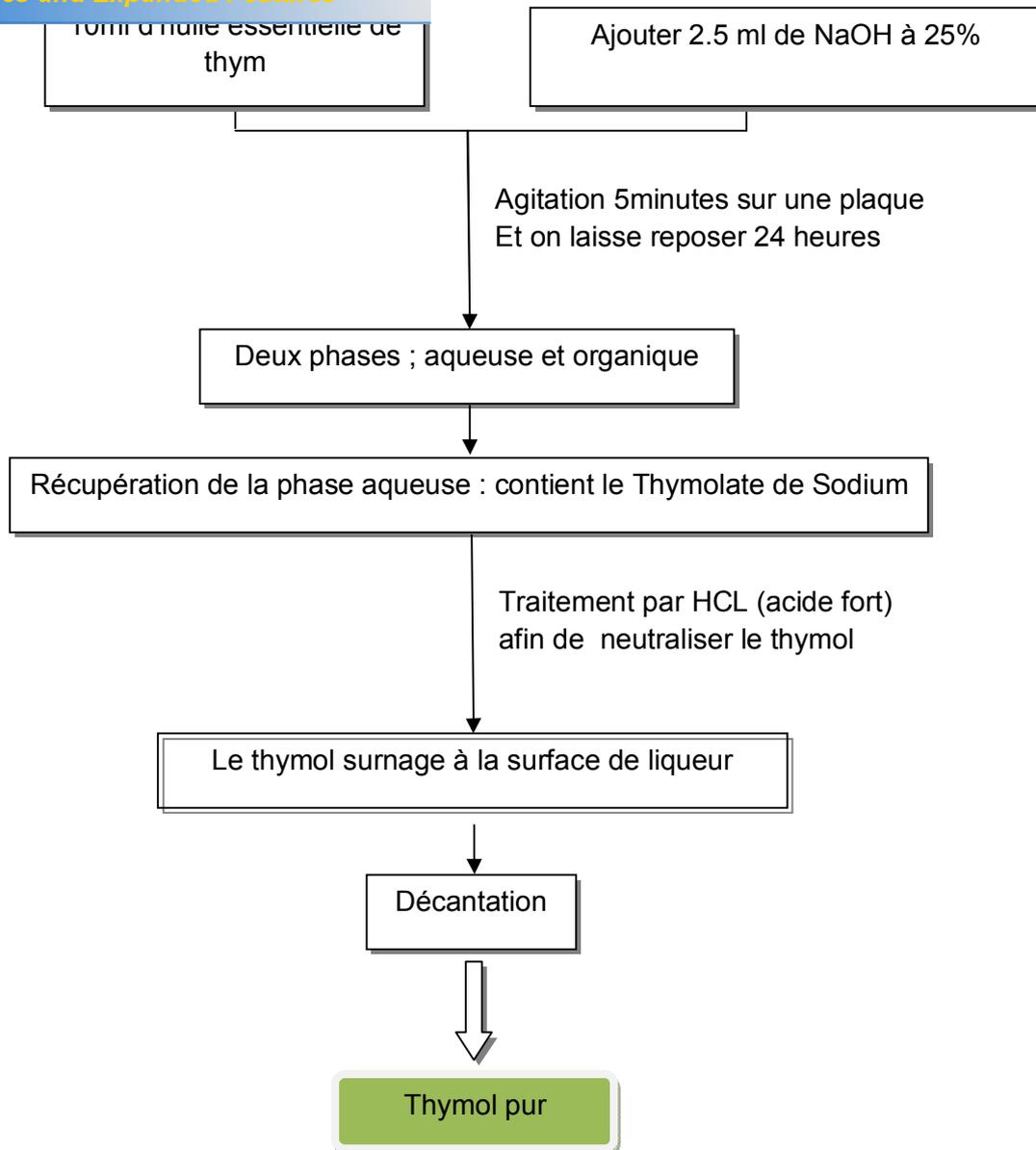


Figure 3.9 : Protocole d'extraction de thymol (Mebarki, 2010).

3.5. Analyse chromatographique de l'huile essentielle et de thymol extrait.

Les analyses de la composition chimique de notre huile essentielle et de thymol extrait ont été réalisées par Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS). Cette dernière est réalisée sur une chromatographie en phase gazeuse de type Hewlett-Packard (série HP 5980) couplé avec un spectromètre de masse (série HP 5772). Cette technique permet de

nombre de constituants de l'essence, leurs concentrations respectives, et leurs ordres de sorties, qui renseignent sur la volatilité, c'est à dire de leurs masses moléculaires, et de leurs polarités.

Cette analyse a été effectuée au niveau de laboratoire de contrôle de qualité de l'entreprise Alphyt (Blida), selon les conditions opératoires suivantes :

CPG :

Colonne capillaire **5% Phényl Méthyl Siloxane** possède les caractéristiques suivantes :

- longueur : 30m
- diamètre interne : 0.25mm
- épaisseur du film : 0.25 μ m

Les conditions opératoires sont :

- La température de l'injecteur splitless : 250°C
- La programmation de température : de 40°C à 250°C à raison de 6°C/mn ;
- Le gaz vecteur : He à 1ml/mn (vitesse linéaire moyenne = 36 cm/sec)



Figure 3.10: Appareillage de la (C P G) (Alphyt, 2012)

Spectromètre de masse :

- Les températures de la source et du quadripôle sont fixées respectivement à 230°C et 150°C
- L'énergie d'ionisation 70Ev.
- Gamme de masse : 35 à 400.

En fonction des standards de la banque de données informatisées, nous allons identifier sur les chromatogrammes obtenus avec les différentes fractions d'huiles essentielles, les composantes de ces échantillons d'huiles, puis on déterminera leurs teneurs en pourcentage.

3.6. Etude *in vitro* du pouvoir insecticide d'HE de *Thymus fontanesii* et du thymol.

3.6.1. Préparation de la gamme des doses a utilisé.

➤ Huiles essentielles

A partir des huiles essentielles obtenues, nous avons choisis trois (3) concentrations à tester après dilution dans le tween 80 (dilué 3%). Trois répétitions ont été effectuées pour chaque dose.

Nous avons utilisé le tween 80 comme témoin à cause de l'absence de l'activité insecticide, et comme diluant pour former des microémulsions et donc l'homogénéisation de la solution d'huile essentielle.

Les doses utilisées sont :

- **première dose** (D1 = 0,25% HE) ; 0,25g de H E + 99,75g de Tween (3% dilué).
- **2ième dose** (D2 = 0,50% HE) ; 0,50g de H E + 99,5g de Tween (3% dilué).
- **3ième dose** (D3 = 0,75 % HE) ; 1g de H E + 99g de Tween (3% dilué).
- **Témoin** ; tween 80 (dilué 3%).

➤ Thymol

A partir de thymol extrait, nous n'avons préparé qu'une seule dose à tester.

- **dose** (D = 0,75% thymol) ; 0,75 g de thymol + 99,25g de Tween (dilué 3%).

Les traitements ont été réalisés à l'aide d'un pulvérisateur manuel, d'une capacité de 500 ml. Ce matériel a été utilisé pour l'ensemble des traitements en prenant soin de le laver avant et après chaque utilisation.

3.6.3. Application des traitements biologiques.

Afin d'évaluer l'effet insecticide des différents traitements, nous avons réalisé des tests *in vitro*. Le mode d'application choisis est par voie foliaire.

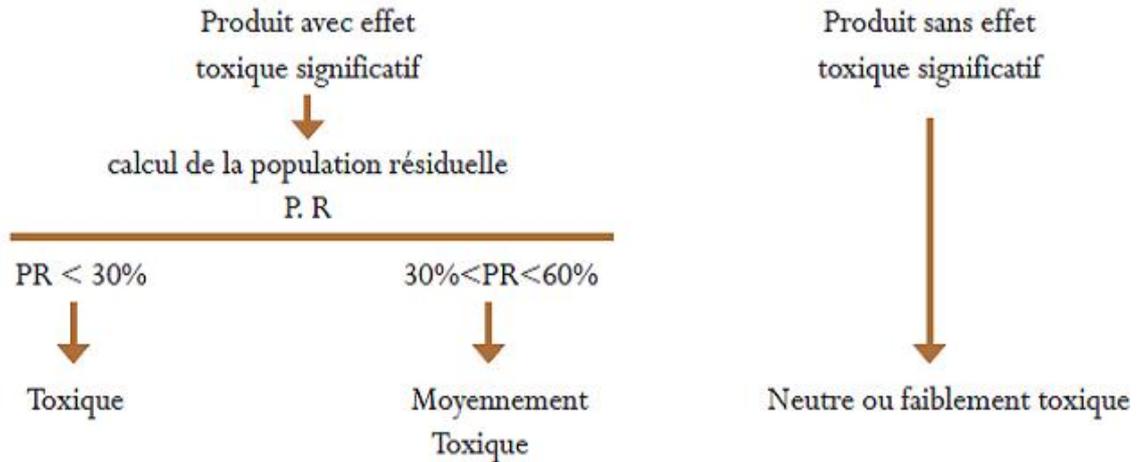
Des larves de *tuta absoluta* (stade L3, L4), portées sur des feuilles fraîches de tomate minées ont été introduites dans des boîtes de pétri stériles (15 larves par boîte de pétri), ces feuilles ont été pulvérisées par les différents traitements à différentes concentrations.



Figure 3.11: Boîtes de pétri, contenant les feuilles fraîches de tomate infestées par les larves de *Tuta absoluta* subissant les différents traitements.

Insecticide d'huile essentielle de thym et du thymol.

L'évaluation de l'effet insecticide des deux huiles essentielles de thym (HE de Mars et Mai) et de thymol extrait a été réalisée par le calcul de la population résiduelle (P.R), selon le test de DUNNETT après 24h, 48h et 72h d'exposition aux différents traitements.



$$PR = \frac{\sum_{i=1}^n (N_i - N_i \times \frac{P}{100})}{N} \times 100$$

P.R. <30% molécule toxique.

30% < P.R <60% molécule moyennement toxique.

P.R > 60% molécule neutre ou faiblement toxique.

3.8. Analyse des résultats obtenus.

Nous avons utilisé le logiciel SYSTAT, ver. 12, SPSS 2009, pour pouvoir vérifier l'efficacité et la comparaison des substances étudiées vis à vis la mineuse de la tomate en tenant compte des concentrations et les dates de traitement. En déterminant la variance à l'aide de l'ANOVA (Analysis of Variance) et le GLM (General Linear Model). Les différences ont été considérées significatives à P< 0.05.

CHAPITRE 4

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

4.1. Résultats d'extraction de l'huile essentielle.

4.1.1. Influence du temps d'extraction sur le rendement en huile essentielle de *Thymus fontanesii*

La détermination de l'évolution du rendement des deux huiles essentielles du thym (HE de Mars et Mai) en fonction du temps est illustrée dans la **Figure 4.1**.

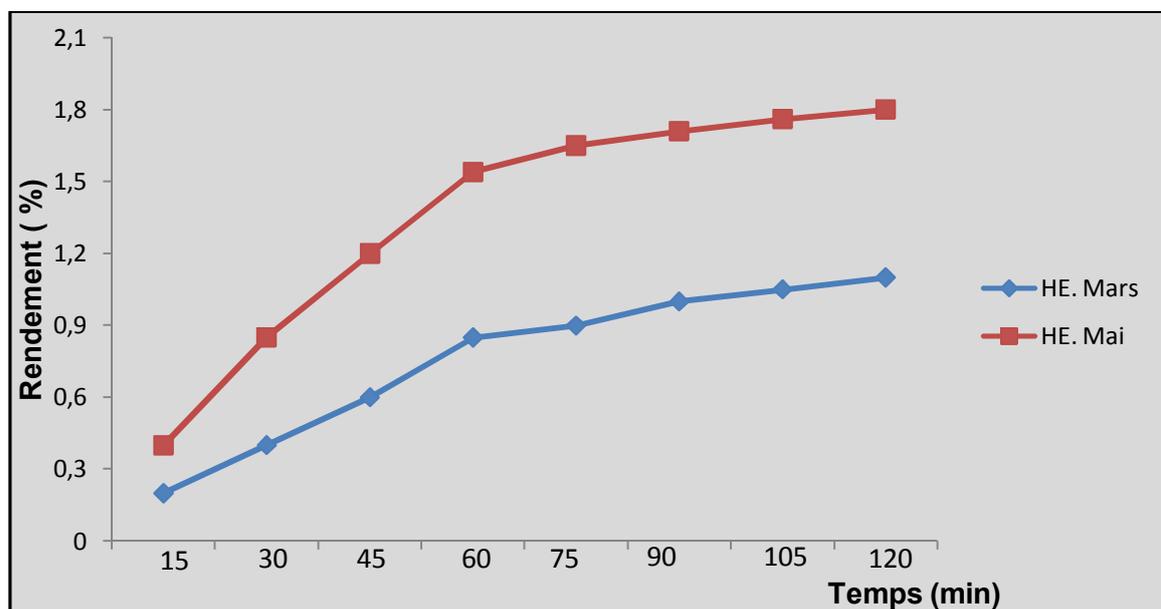


Fig.4.1 : Evolution du rendement en huiles essentielles en fonction du temps d'extraction

D'après la figure ci-dessus nous constatons que l'allure générale des deux courbes est croissante et qu'elle tend vers un palier au bout de 90 minutes.

rapidement durant les soixante premières minutes, son évolution devient plus lente par la suite pour atteindre un rendement égal à 1.1% et 1.8% respectivement pour le thym récolté au mois de Mars et Mai.

Il est observé des rendements d'extraction variant considérablement suivant les périodes de récolte (Fig. 4.2). On remarque que le meilleur rendement est obtenu durant la période de floraison (Mai 1,8%). Les récoltes précoces du mois de Mars sont caractérisées par de faibles rendements (1,1%).

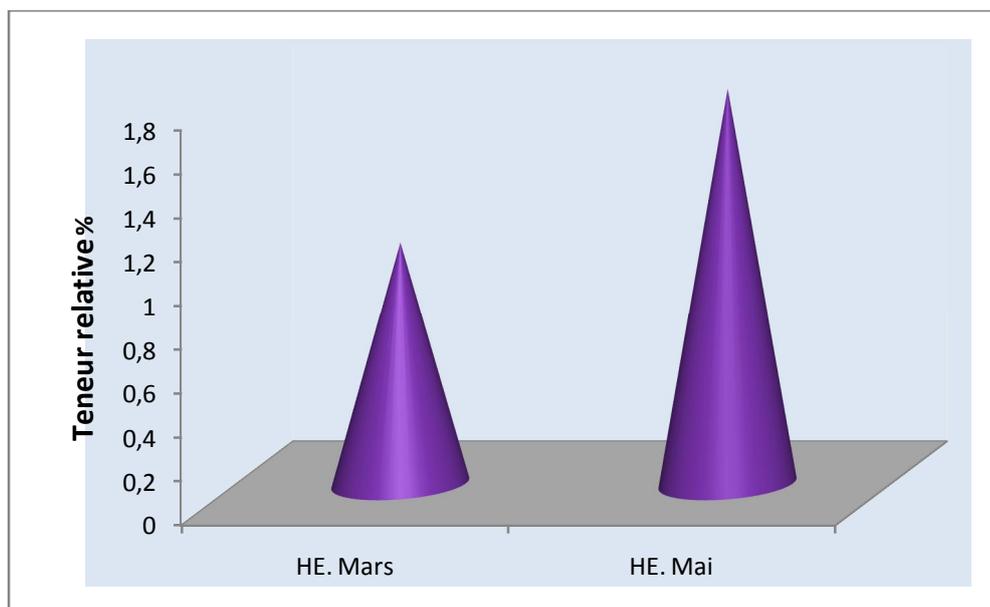


Fig.4.2 : Variation des teneurs relatives en huiles essentielles du thym.

4.1.2. La composition chimique de l'Huile essentielle de *Thymus fontanesii*.

L'identification des composants de l'huile essentielle a été réalisée à l'aide d'une chromatographie en phase gazeuse couplée à une spectrométrie de masse (CPG-SM). Les résultats de notre étude sur la composition chimique de l'huile essentielle en fonction de la date de cueillette apparaissent au tableau 4.1.

que de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii*.

composants	Temps de rétention	Lot 1 (HE Mars)	Lot 2 (HE Mai)
Gamma-terpinene	5.46	1.173	7.376
Z-beta terpineol	5.57	-	0.276
Terpinolene	5.99	-	0.284
Linalool	6.34	4.86	6.079
Trans pinocarveol	6.96	-	0.524
Bornéol	7.58	-	1.085
4-terpineol	7.83	-	2.291
Alpha-terpineol	8.68	-	0.416
Trans-dihydrocarvone	8.86	-	0.292
Carvone	9.01	-	0.129
Thymol-methyl-ether	9.14	-	0.082
P-Cymène	10.10	-	0.889
Thymol	10.63	77.723	63.456
Carvacrol	10.69	13.278	-
Beta-bourbonene	11.60	-	0.274
Alpha-gurjunene	12.01	0.930	-
Cyperene	12.13	-	0.725
Beta-caryophyllene	12.31	2.033	2.168
Allo-aromadendrene	12.63	-	0.130
4-tert-butylcatechol	12.77	-	2.392
Ledene	13.54	-	0.494
Beta-bisabolene	13.76	-	0.300
Gamma-cadinene	13.85	-	0.277
Beta-cadinene	13.99	-	0.574
Delta-cadinene	14.31	-	0.206
Phenol,4-methoxy2,3,6-	14.53	-	1.142
trimethyl	14.89	-	1.292
Spathulenol	15.78	-	0.390
Tau-cadinol	16.04	-	0.296
Juniper camphor	19.35	-	0.087

	2.17	-	0.982
Total		99.997%	95.211%

- : composé non identifié

Il apparaît ainsi une influence du cycle végétatif, non seulement sur le rendement en HE, mais aussi sur le profil chimique de celle-ci. L'analyse des deux échantillons par CPG/SM a permis d'identifier 30 composés représentant 95.211% de la composition chimique globale de l'HE de l'échantillon rassemblé au mois de Mai et qui correspondent la période de pleine floraison. Tandis que ceux rassemblés au mois de Mars pendant l'étape végétative (formation des feuilles), nous ont permis d'identifier 6 composés représentant 99.997% de l'HE totale (tableau 4.1).

Le thymol (77-63%) est toujours le composé majoritaire. Son isomère, le carvacrol, a été présenté avec une teneur 13,27% dans l'HE (mars) mais n'a pas été identifié dans l'HE (Mai).

Nous pouvons conclure que l'huile essentielle de notre espèce de thym à chémotype thymol.

4.2.4. Confirmation des structures du thymol extrait par CPG / MS

L'analyse par couplage chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse (CPG-SM) de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii* réalisée avant et après l'extraction du thymol, a montré que notre produit extrait est vraiment le thymol (ANNEXE 2).

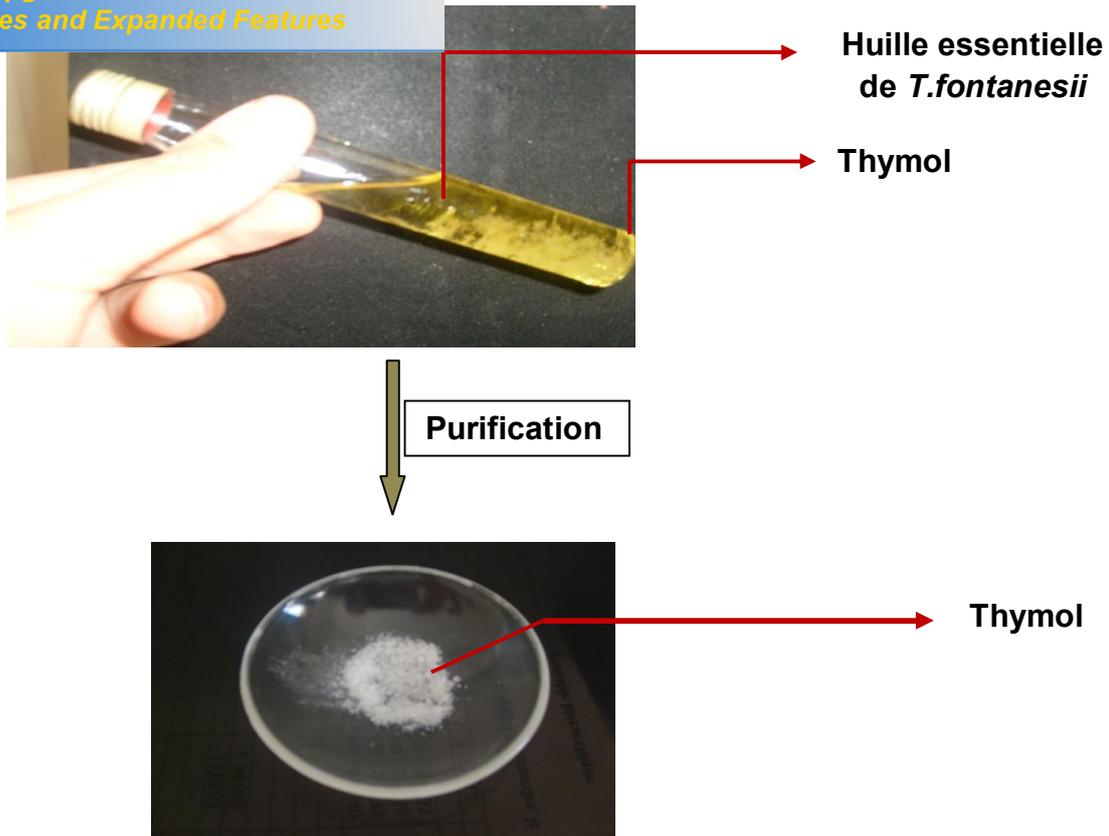


Fig. 4.3 : Résultats d'extraction du thymol

4.2. Évaluation de l'activité insecticide des deux huiles essentielles de thym. et du thymol.

4.2.1. Évaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle du mois de Mars.

La fluctuation des populations résiduelles des stades larvaires de *Tuta absoluta*, a été évaluée sous l'effet des traitements à base de l'huile essentielle de thym du mois de Mars.

e l'efficacité d'huile essentielle de thym du mois de Mars.

Les populations résiduelles sont estimées à travers la différence entre la disponibilité des individus avant et après traitement. Une projection a été réalisée en faisant ressortir cette dernière en fonction du temps.

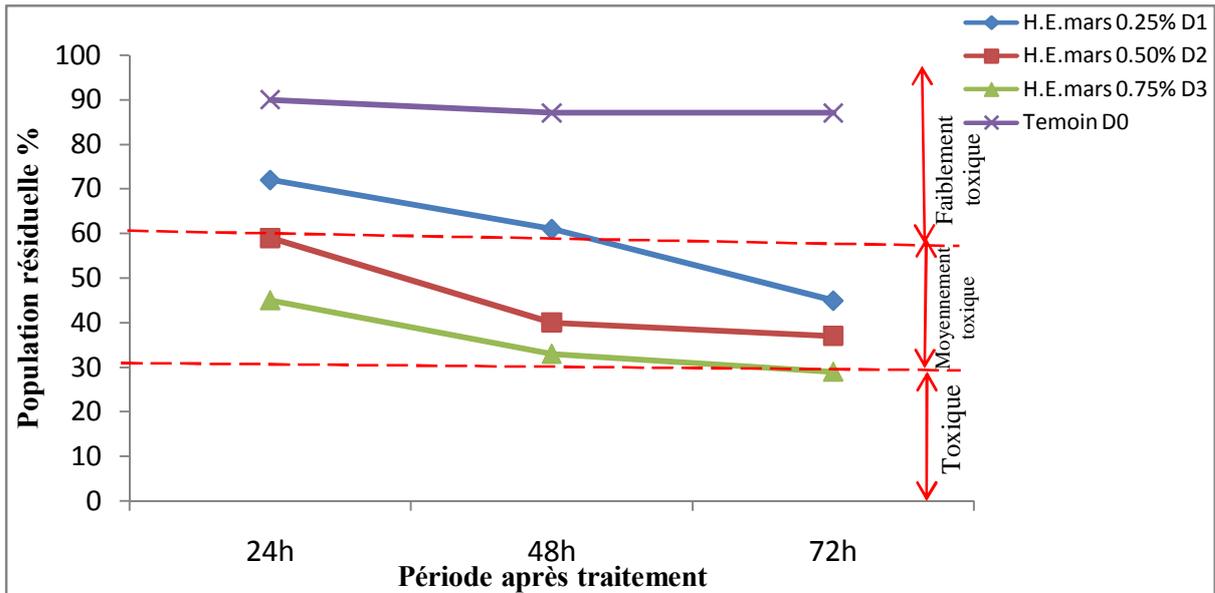


Fig .4.4 : Évolution temporelle des populations résiduelles de *Tuta absoluta* sous l'effet des traitements à base d'HE de thym du mois de Mars.

D'après la figure 4.3, L'évolution temporelle des populations résiduelles montre un effet progressif des trois doses utilisées s'étalant sur une période après traitement de 24 à 72 heures. Cependant, on note que l'huile essentielle appliquée avec les doses D1 (H.E à 0,25%) et D2 (H.E à 0,50%) montrent une faible toxicité au début de leur applications pour atteindre une toxicité moyenne à la fin de l'essai. Tandis qu'à la dose D3 (H.E à 0,75%) la toxicité moyenne évolue au début de l'application des traitements (24h) vers une forte toxicité à la fin du suivi (72h).

Le Témoin (D0) présente un taux de population résiduelle proche de 100% (95<PR<100%) (Effet neutre).

secticide d'huile essentielle de thym du mois de

Mars.

Nous avons utilisé le modèle général linéaire (G.L.M.) de manière à évaluer la variation temporelle de la structuration des populations résiduelles en fonction des doses d'huile essentielle.

Ce modèle permet d'étudier l'effet strict et individuel des différents facteurs sans faire intervenir les interactions entre les facteurs. L'ensemble des résultats d'analyses est consigné dans le tableau 4.2 et la Figure 4.5.

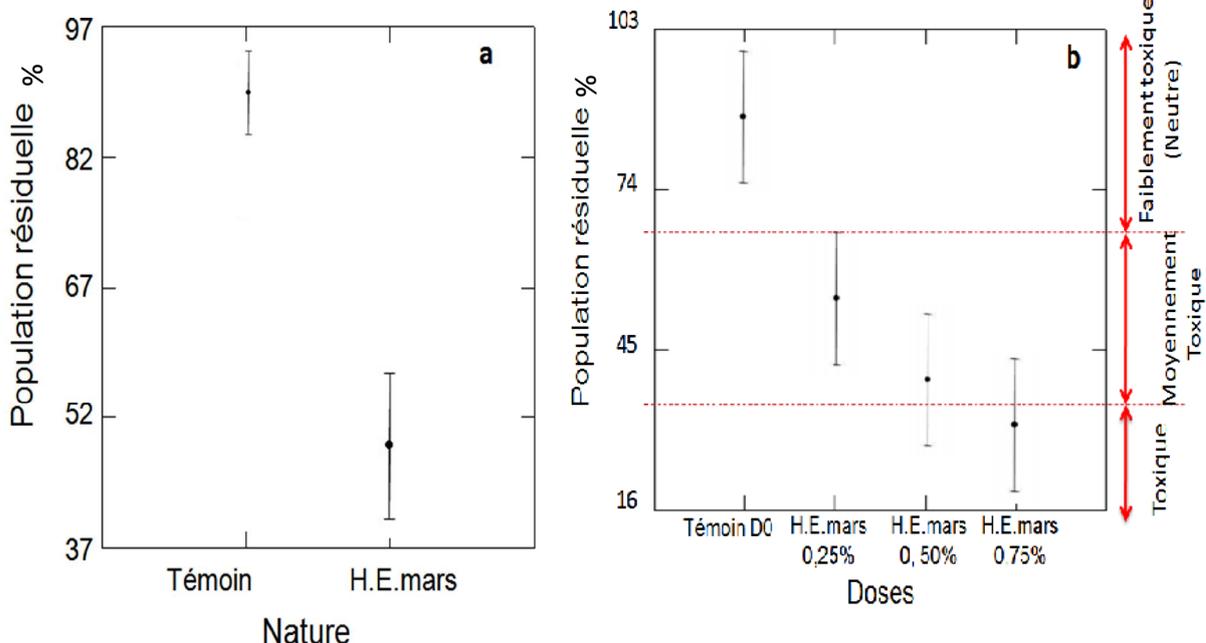
Tableau 4.2: Modèle G.L.M. appliqué aux essais de traitements sur les populations résiduelles de *Tuta absoluta*.

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Nature	325.111	1	321.111	12.375	0.000***
Dose	849.556	2	424.778	18.183	0.003***
Période	684.500	2	342.250	14.650	0.005***
Var.intra	140.167	14	23.361	-	-

N.S.: non significative, * : Probabilité significative à 5 % ; ** : Probabilité significative à 1 % ; *** : Probabilité significative à 0,1 %.

Le tableau ci-dessus révèle que la nature de traitement (HE. Mars) ainsi que les facteurs doses et les différentes périodes après traitements révèlent un effet hautement significatif sur la variabilité des taux des populations résiduelles avec les valeurs respectives (F-ratio=12.375; p=0,000; p<0,01; F-ratio=18.183; p=0,003; p>0,001 et F-ratio=14.650; p=0,005; p>0,01).

L'huile essentielle du mois de Mars présente une toxicité moyenne (37<PR<52%) vis-à-vis des populations résiduelles de *Tuta absoluta* (Fig.4.5.a).



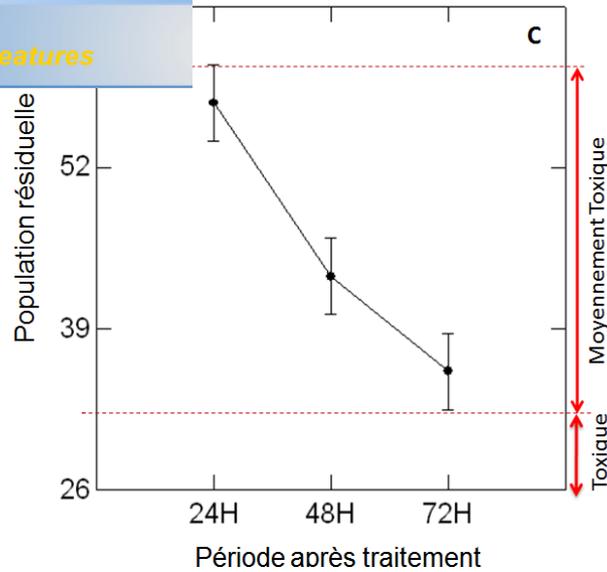


Fig. 4.5: Effet comparé de la variation temporelle des populations résiduelles de *Tuta absoluta* sous l'effet d'HE du mois de Mars (a: produits, b: doses, c: périodes).

En se basant sur le test de Dunnett, Les résultats de l'effet comparé des différentes doses appliquées lors des traitements montrent que l'huile essentielle appliquée à la dose D3 (H.E Mars à 0.75%) se révèle fortement toxique ($PR < 30\%$) par rapport à la dose D1 (H.E à 0.25%) et a la dose D2 (H.E à 0.50%) qui paraissent moyennement toxiques ($30 < PR < 60\%$). Le Témoin (D0) présente un taux de population résiduelle proche de 100% ($95 < PR < 100\%$) (Effet neutre) (Fig.4.5.b).

Les résultats mettent nettement en évidence l'importance du facteur temps sur l'efficacité des différents traitements utilisés. Par suite, ces derniers présentent à 24h une faible toxicité sur les populations résiduelles ($PR \leq 60\%$), deviennent moyennement toxiques à 48h ($39 < PR < 52\%$) puis se rapproche de la toxicité à 72h ($30 < PR \leq 39\%$) (Fig.4.5.c).

L'interaction des facteurs doses et périodes après traitements nous révèle une efficacité progressive dans le temps allant de la toxicité moyenne vers la toxicité. Cette approche est confirmée par le test de l'analyse de la variance type ANOVA où la différence est significative ($F\text{-ratio}=0.150$; $p=0.051$; $p \geq 0,05$) (Tableau 4.3).

Tableau 4.3 : Test ANOVA appliqué aux essais de traitements sur les populations résiduelles de *Tuta absoluta*.

	és	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Dose	849.556	2	424.778	6.375	0.01**
Période	724.22	2	362.111	18.183	0.002***
Dose×période	67.778	4	16.944	0.150	0.051*
Var.intra	140.167	14	23.361	-	-

N.S.: non significative, * : Probabilité significative à 5 % ; ** : Probabilité significative à 1 % ; *** : Probabilité significative à 0,1 %.

L'effet des doses des traitements à base d'huile essentielle du mois de Mars sur le taux des populations résiduelles révélé par l'ANOVA varie en fonction du temps. Ainsi, l'application de la dose D3 à 24h présente une toxicité moyenne (46<PR<54%) puis se rapproche de la toxicité à 48h (30<PR<38%) et enfin devient fortement toxique à 72h (PR<30%), alors que son application à la dose D1 montre une faible toxicité à 24h et 48h (PR>60%) et une moyenne toxicité à 72h (38<PR<46%). Cependant, on note que la dose D2 reste moyennement toxique à 24h, 48h et à 72h (30<PR<38%) (Fig.4.6.).

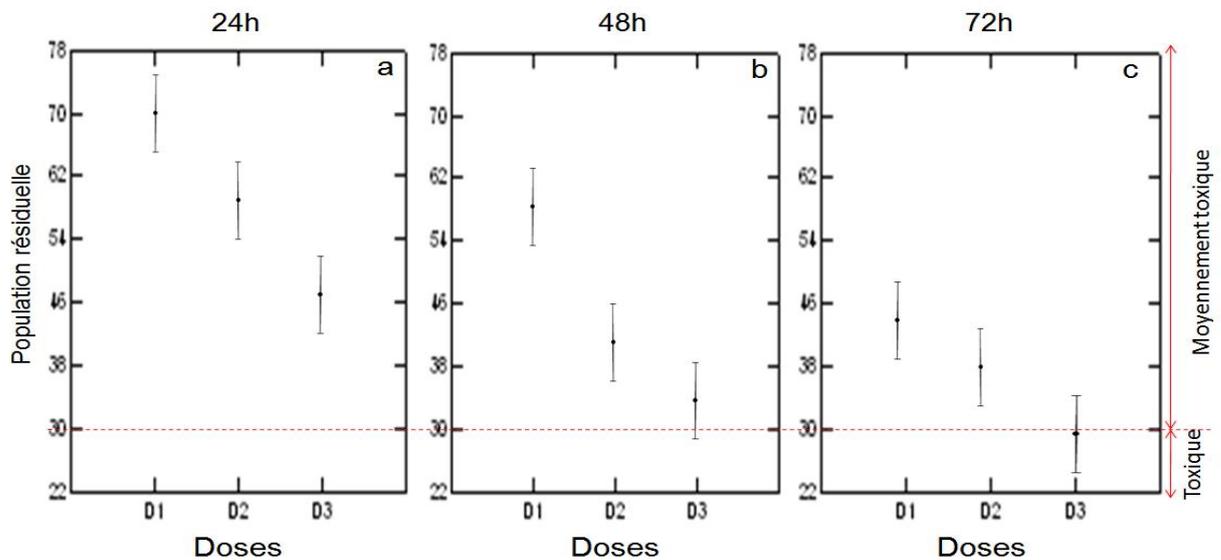


Figure 4.6. Effet comparé des populations résiduelles de *Tuta absoluta* sous l'effet des différentes doses d'HE de thym du mois de Mars (a : après 24h, b : après 48h, c : après 72h)

insecticide d'huile essentielle de thym du mois

de Mai.

Comme pour l'huile essentielle du mois de Mars, l'évolution de l'efficacité insecticide d'huile essentielle du mois de Mai a été évaluée selon la fluctuation dans le temps du taux des populations résiduelles.

4.2.2.1. Évolution temporelle de l'efficacité d'huile essentielle de thym du mois de Mai.

Il ressort d'après la figure 4.7 que le traitement par l'huile essentielle du mois de Mai à la dose D3' (H.E Mai à 0.75%) et la dose D2' (H.E à 0.50%) évoluent parallèlement à la toxicité moyenne au début de l'application des traitements vers une forte toxicité à la fin du suivi (72h). Tandis que la dose D1' (H.E à 0.25%) montre une faible toxicité au début de son application pour atteindre une toxicité moyenne à la fin de l'essai.

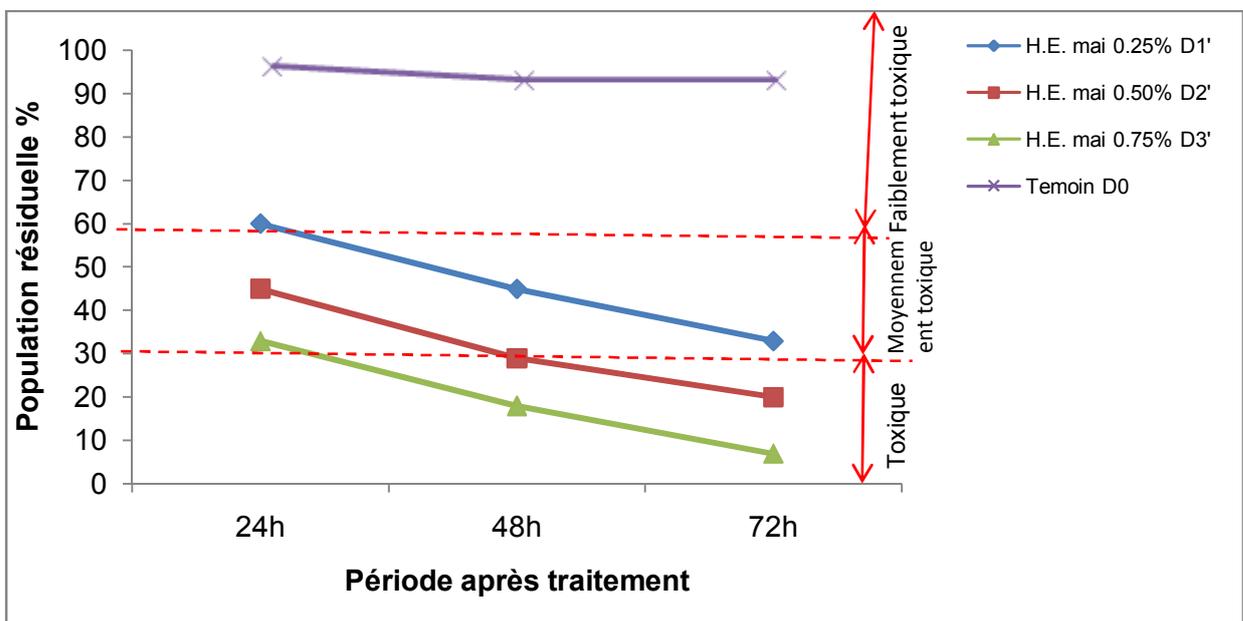


Fig. 4.7. Évolution temporelle des populations résiduelles de *Tuta absoluta* sous l'effet du traitement à base d'HE du mois de Mai.

secticide de l'huile essentielle de thym du mois

de Mai.

L'ensemble des résultats d'analyses (G.L.M) est présenté dans le tableau 4.4. Et la Figure 4.5.

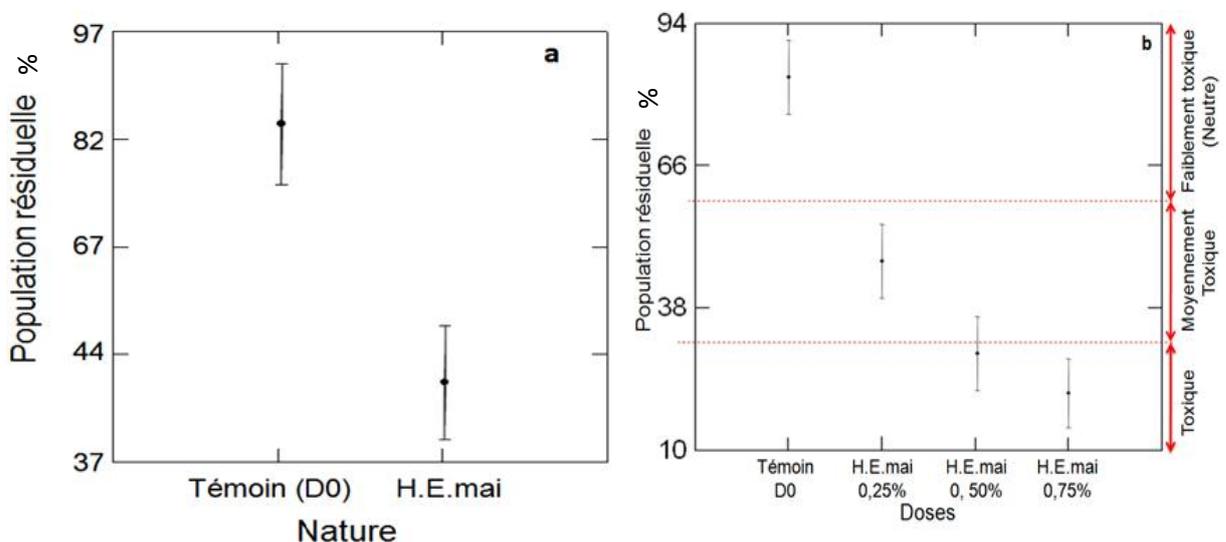
Tableau 4.4 : Modèle G.L.M. appliqué aux essais de traitements sur les populations résiduelles de *Tuta absoluta*.

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Nature	213,111	1	98,111	0,375	0,05*
Dose	1070,222	2	535,111	875,636	0,000***
Période	512,444	2	512,444	838,545	0,002**
Var.intra	13417,620	14	23.361	-	-

N.S.: non significative, * : Probabilité significative à 5 % ; ** : Probabilité significative à 1 % ; *** : Probabilité significative à 0,1 %.

Le tableau ci-dessus indique que la nature de traitement a montré un effet significatif sur la variabilité des taux des populations résiduelles (F-ratio=0,375; p=0,05; p>0,05). Ainsi, les facteurs doses et périodes d'application révèlent l'existence d'une différence hautement significative des taux de populations résiduelles avec les valeurs respectives (F-ratio= 875,636 ; p=0,000 ; p < 0,001) et (F-ratio=838,545 ; p=0,002 ; p> 0,001).

L'huile essentielle de thym du mois de Mai se révèle marginalement toxique vis-à-vis des populations résiduelles de *Tuta absoluta* (37<PR<44%) (Fig.4.8.a).



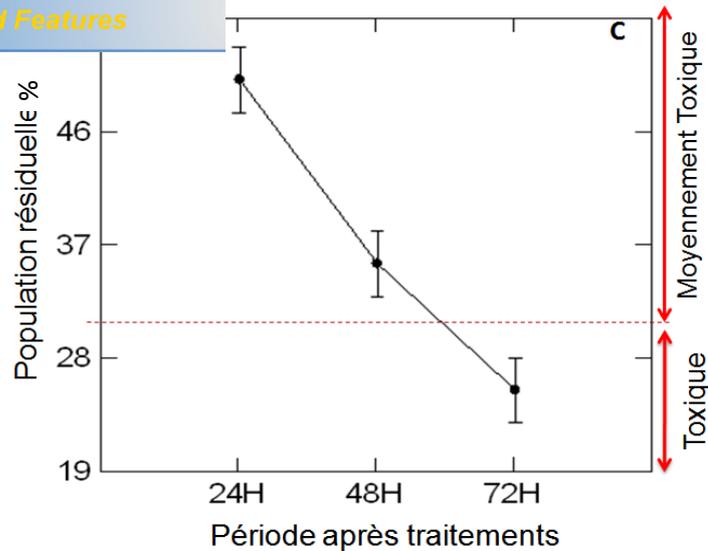


Fig. 4.8. Effet comparé de la variation temporelle des populations résiduelles de *Tuta absoluta* sous l'effet d'HE du mois de Mai (a: produits, b: doses, c: périodes).

Sur la base du test de Dunnett, les résultats de l'effet comparé des différentes doses appliquées lors des traitements montrent que l'huile essentielle appliquée à la dose D3' (H.E Mai à 0.75%) et à dose D2' (H.E à 0.50%) se révèlent fortement toxique ($10 < PR < 30\%$). Tandis que la dose D1' (H.E à 0.25%) se révèle moyennement toxiques ($38 < PR < 60\%$). (Fig.4.8.b).

Les résultats mettent nettement en évidence l'importance du facteur temps sur l'efficacité des différents traitements utilisés. Par suite, ces derniers présentent à 24h une toxicité moyenne sur les populations résiduelles ($46 < PR < 55\%$), deviennent marginalement toxiques dès 48h ($28 < PR < 37\%$) et fortement toxiques à 72h ($19 < PR < 28\%$) (Fig. 4.8.c)

L'interaction des facteurs doses et périodes après traitements nous révèle une efficacité progressive dans le temps allant de la toxicité moyenne vers la toxicité. Cette approche est confirmée par le test de l'analyse de la variance type ANOVA où la différence est marginalement significative (F-ratio=0,213; $p=0,061$; $p \geq 0,05$) (Tableau 4.5).

iqué aux essais de traitements sur les populations résiduelles de *Tuta absoluta*.

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Dose	969.216	2	514.548	13.813	0.001**
Période	654.27	2	469.111	17.073	0.003**
Dose×période	96.178	4	17.321	0.213	0.061*
Var.intra	254.167	14	20.255	-	-

N.S.: non significative, * : Probabilité significative à 5 % ; ** : Probabilité significative à 1 % ; *** : Probabilité significative à 0,1 %.

En se référant au test de Dunnett et selon le taux des populations résiduelles révélé par l'ANOVA, il apparait une relation étroite entre la dose du traitement et la période après traitement. Après 24h, toutes les doses à base d'huile essentielle signalent une toxicité moyenne (30<PR>60%) (Fig. 4.9.a), alors qu'après 48h, la dose D3' appliquée offre une plus grande toxicité (17.5<PR>30%). Le reste des traitements (D1', D2') appliqués évoluent mais restent moyennement toxiques (30%<PR<48.5%) (Fig. 4.9.b). Après 72h, on remarque que le temps favorise une meilleure toxicité pour les traitements appliqués à dose D2' (17.5<PR>30%) et D3' (2<PR>17.5%), lesquels enregistrent un taux de populations résiduelles faible. Tandis que le traitement à dose D1' manifeste une toxicité moyenne (37<PR>48.5%) (Fig. 4.9.c).

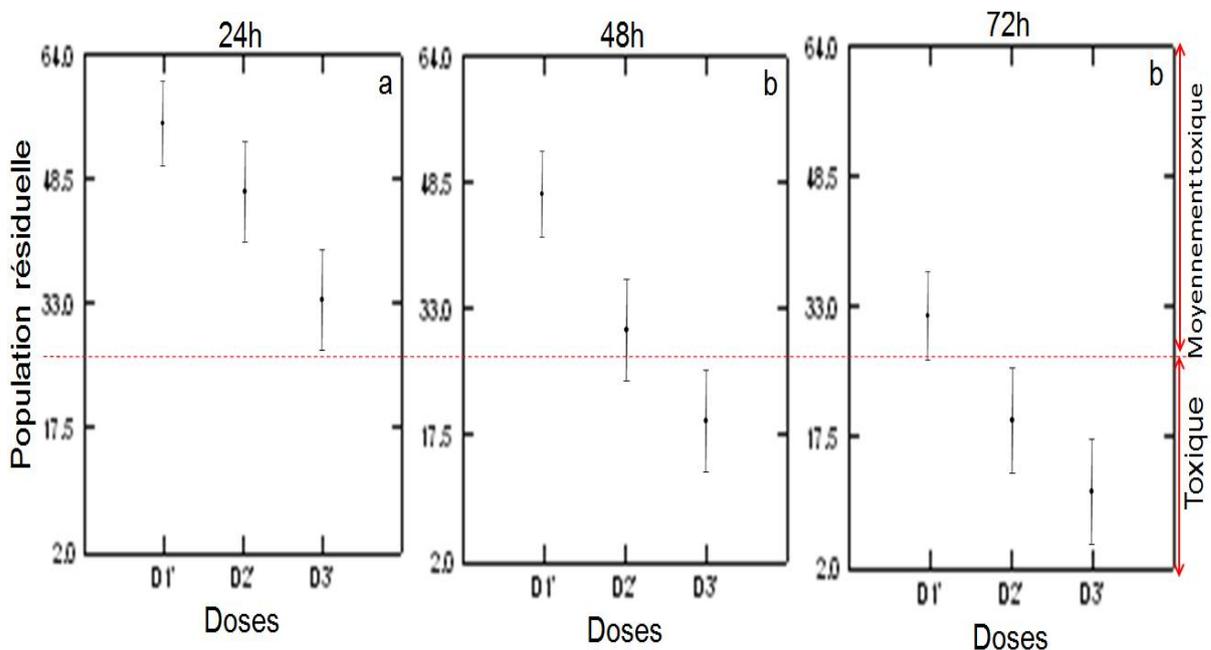


Figure 4.9. Effet comparé des populations résiduelles de *Tuta absoluta* sous l'effet des différentes doses des traitements à base d'HE de thym du mois de Mai (a : après 24h, b : après 48h, c : après 72h).

fficacité des traitements à base des deux huiles essentielles de thym et du thymol.

Le modèle général linéaire (G.L.M.) a été utilisé pour l'étude comparative des trois traitements utilisés à savoir l'HE du mois de Mars, l'HE du mois de Mai et du thymol pur sur la variation temporelle des taux de populations résiduelles de *Tuta absoluta* en fonction des doses appliquées lors des traitements.

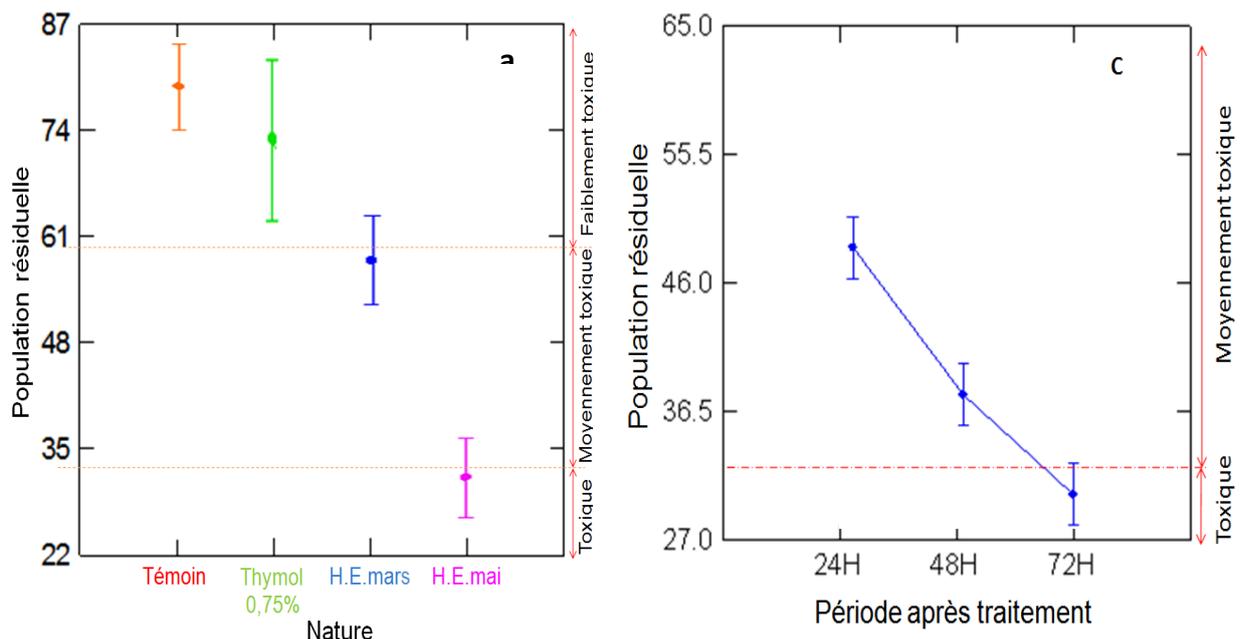
L'ensemble des résultats d'analyses est présenté dans le tableau 4.6 et la Figure 4.11.

Tableau 4.6: Modèle G.L.M. appliqué aux essais des traitements à base des deux HE, et de thymol sur les populations résiduelles de *Tuta absoluta*.

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Nature	1353.347	1	676.674	30,375	0,000***
Dose	6820.278	2	1364.056	79.718	0,000***
Période	1648.667	5	824.333	48.175	0,000***
Var.intra	2751.059	14	15.595	-	-

N.S.: non significative, * : Probabilité significative à 5 % ; ** : Probabilité significative à 1 % ; *** : Probabilité significative à 0,1 %.

Le tableau ci-dessus révèle que la nature des traitements, ainsi que les facteurs doses et les différentes périodes après traitements révèlent un effet hautement significatif sur la variabilité des taux des populations résiduelles avec les valeurs respectives (F-ratio=30,375; p=0,000 ; p<0,01 ; F-ratio=79.718 ; p=0,000 ; p<0,01 et F-ratio=48.175 ; p=0,000 ; p<0,01).



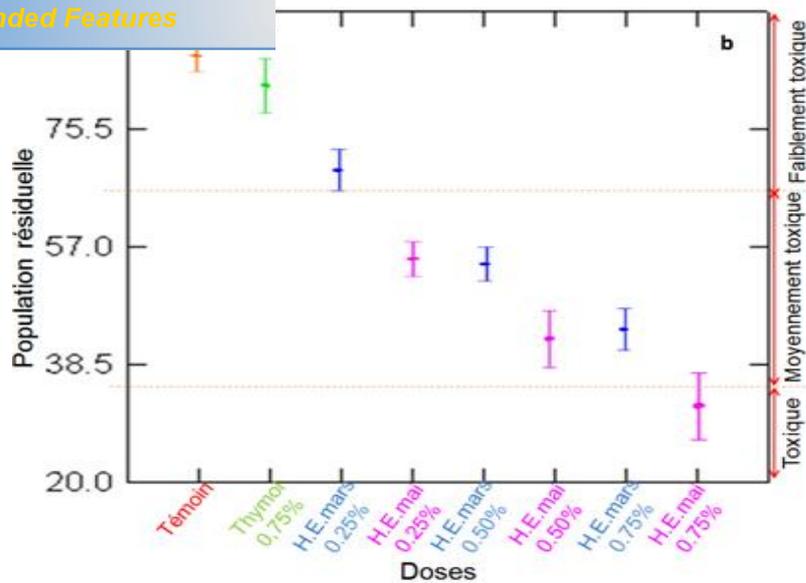


Fig.4.11. Effet comparé de la variation temporelle des populations résiduelles de *Tuta absoluta* sous l'effet des différents traitements ; HE de Mars, HE de Mai et de thymol pur (a : produits, b : doses, c : périodes).

L'étude comparée de l'efficacité des différents traitements utilisés sur *Tuta absoluta* nous permet de dire que les matières actives utilisées présentent une toxicité croissante à l'encontre des populations résiduelles commençant par le thymol ($PR \leq 74\%$) qui suivie de celle de l'HE de thym du mois de Mars ($PR \leq 60\%$) et enfin de celle du l'HE du mois de Mai qui enregistre la plus forte toxicité soit ($PR \leq 30\%$) (Fig.4.11.a).

Pour l'évaluation de l'efficacité des différentes doses appliquées dans les différents traitements, On distingue clairement qu'une seule dose ressort avec une efficacité très prononcée à savoir la dose D3' de l'HE de thym du mois de Mai ($PR \leq 30$). Aussi, sur la base de la forte pression exercée par les matières actives des deux huiles essentielles utilisées, on constate un effet intéressant et meilleur de l'HE du mois de Mai comparé à celui d'HE du mois de Mars.

Quant au traitement à base de thymol extrait, la dose utilisée (D=0.75% thymol) reste moins efficace, avec une toxicité très faible vis-à-vis les populations résiduelles de *Tuta absoluta* ($PR \geq 80\%$; faiblement toxique).

huiles essentielles utilisées lors des différents traitements sur *Tuta absoluta* montrent une efficacité relativement progressive par rapport au temps. Cet effet temporel se manifeste par une toxicité moyenne à 24h ($46 \leq PR \leq 55.5\%$), puis se rapproche de la toxicité ($PR \leq 36.5\%$) vers 48h après traitement, mais dès 72h les molécules deviennent fortement toxiques à l'égard des populations larvaires ($PR \leq 30\%$), en ce qui concerne effet dose, la dose D3' (H.E à 0.75%) à base d'huile essentielle de thym du mois de Mai se révèle la plus efficace, et donc la meilleure en raison de son faible taux de populations résiduelles enregistré sur les larves de *Tuta absoluta* (Fig.4.11.b). Tandis que le traitement à base de thymol se révèle le moins efficace avec une toxicité très faible enregistrée durant le traitement ($74\% < PR < 94\%$)

Nous pouvons avancer que pour les deux huiles essentielles à savoir l'huile essentielle du mois de Mars et Mai, la période de 72h après traitements est scorée comme étant le meilleur temps pour l'obtention d'une toxicité optimale sur *Tuta absoluta* (Fig.4.11.c).

CHAPITRE 5

DISCUSSION GÉNÉRALE

Les ravageurs et les organismes phytopathogènes sont responsables de nombreux dégâts et maladies affectant les plantes ornementales, les cultures maraîchères et les arbres fruitiers et forestiers. L'utilisation des pesticides chimiques efficace contre les organismes à entraîné de multiples conséquences sur l'environnement. Il devient par conséquent, indispensable de contrôler biologiquement ces organismes.

Actuellement, les huiles essentielles commencent à avoir un intérêt très prometteur comme source potentielle de molécules naturelles bioactives. Ces produits font l'objet des études pour leur éventuelle utilisation comme alternative pour les traitements insecticides, bactéricides, nématocides et fongicides (Yakhlef, 2010).

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la valorisation de la flore Algérienne afin de mettre au point des méthodes de lutte intégrée, peu onéreuses, efficaces et aisément utilisables par les agriculteurs.

Dans ce contexte, deux objectifs ont été menés tout au long de ce travail. Le premier concernait l'extraction de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii* (récolté durant deux périodes ; Mars et Mai) et son composé majoritaire ; le thymol. Le second, est de tenter de trouver un éventuel pouvoir insecticide *in vitro* des deux bioproduits cités ci-dessus sur les larves de *Tuta absoluta*. Et pour vérifier si l'effet insecticide de notre HE est attribué à son composé majoritaire (thymol) ou c'est un effet de synergie entre les différents composants chimique de cette l'huile que ce soit majoritaire ou minoritaire.

huile de *Thymus fontanesii*

Les résultats obtenus montrent que le rendement en huile essentielle varie en fonction de la période de la cueillette de la plante. Le meilleur rendement est obtenu lorsque la plante est cueillie pendant la période d'inflorescence qui correspond au début du mois de Mai (1,8 %).

Ces résultats ne concordent pas avec ceux obtenus par Jordan et *al.* (2003) qui n'ont pas trouvé de différence significative concernant le rendement en huile essentielle de *Thymus hyemalis* récolté pendant différentes saisons.

Tandis que Naghdi et *al.* (2004) trouvent que le plus haut rendement en HE de *Thymus vulgaris* est obtenu en pleine floraison. De même, Ebrahimi et *al.* (2008) ont trouvé que le rendement en HE de *Thymus caramanicus* durant les différentes étapes de croissance était de l'ordre : Pleine floraison (2.8%), début floraison (2.5%), mis à graine (2.1%), végétative (1.8%). Tandis que Hudaib et *al.* (2002) ont trouvé que le plus haut rendement en HE de *Thymus vulgaris* (1.2%) est obtenu avant la fin de la floraison au mois juillet/août.

Il apparaît ainsi une influence du cycle végétatif, non seulement sur le rendement en HE, mais aussi sur le profil chimique de celle-ci. Les résultats obtenus montrent que l'HE de thym extraite à partir d'échantillons collectés au mois de Mai correspondant à l'étape de pleine floraison était relativement plus riche en composés que celle extraite au mois de Mars durant le stade végétatif (avant floraison). Les huiles essentielles analysées sont caractérisées par une importante fraction monoterpénique et par la prédominance de composés phénoliques : thymol [77,72% (Mars)-66,63%(Mai)], le carvacrol [(13,27% (Mars)]. Des résultats similaires ont été trouvés par Bounatirou et *al.* (2007) sur l'HE de *Thymus capitatus* qui montrent que la composition chimique est dominée par les monoterpènes et la plus forte proportion de carvacrol (74%) à été obtenue en pleine floraison. Mêmes résultats ont été obtenus par Mebarki (2010) avec l'HE de *Thymus caramanicus*. Tandis que Naghidi et *al.*, (2004) ont montré que le meilleur rendement d'HE de *Thymus vulgaris* en thymol est obtenu au début de la floraison de la plante. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Shalby et Rezin (1992). MaGimpsey et *al.* (1994) ont montré que

et considérable sur le rendement et la composition d'essence de thym. Ils ont trouvé que le rendement et le contenu en phénol ont atteint un maximum à la fin de la période de floraison de la plante. Par contre, ÖZGüven et Tansi (1998) ont trouvé que le plus haut rendement en HE et en thymol de *Thymus vulgaris* a été obtenu pendant l'étape de pleine floraison, tandis que le contenu maximal du carvacrol a été observé à la fin de floraison. Ainsi, Piccaglia et Maroti (2006) ont trouvés que la teneur en phénol dans l'huile essentielle de thym en Italie, pendant l'étape de pleine floraison est variable d'une année à l'autre.

Les résultats obtenus montrent que la teneur la plus élevée en monoterpène phénolique (thymol, carvacrol) est obtenue lors de la récolte du mois du Mars (avant la floraison) avec 91% (77.72% de thymol et 13.27% de carvacrol) contre 60.77% pour la récolte de Mai. Tandis que pour ces précurseurs (p-cymène, γ -terpenène), les teneurs les plus élevées sont obtenues lors de la récolte du mois de Mai avec 20.85% contre seulement 1.173% pour la récolte de Mars. En effet, quand la teneur de l'un de ces éléments (monoterpènes phénolique et ces précurseurs) augmente dans l'HE de thym, la teneur de l'autre diminue automatiquement. Ceci peut s'expliquer par la bioconversion simultanée du γ -terpenène, p-cymène en thymol et en son isomère, le carvacrol (Hudaib et *al.*, 2002 et Bounatirou et *al.*, 2007).

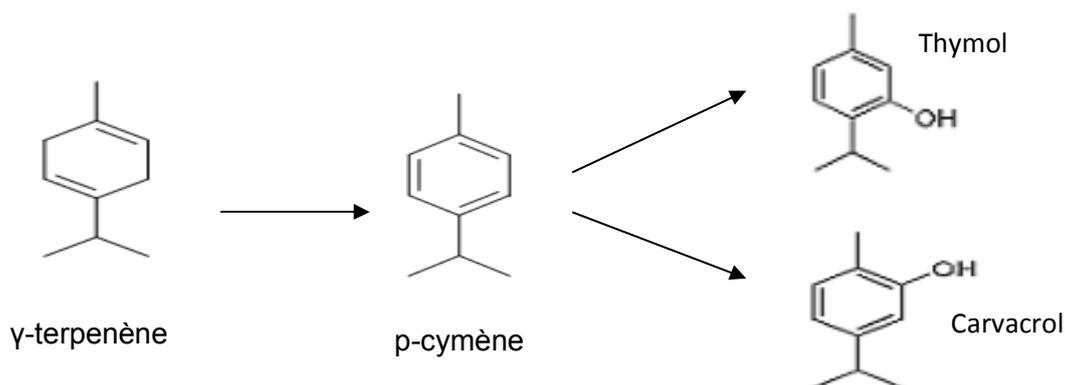


Fig 5.1 ; Biosynthèse de thymol et carvacrol à partir γ -terpenène (Koba et *al.*, 2006)

thymol extrait.

Les résultats relatifs aux traitements à base de l'huile essentielle de *Thymus fantanesii* ont montré une toxicité temporelle. Les applications réalisées ont enregistré une efficacité tardive. L'effet choc signalé sur les populations résiduelles à partir de 48 heures s'est accentué au bout de 72 heures. Les mêmes résultats nous ont permis de signaler une gradation de toxicité en fonction de l'augmentation des doses utilisées.

L'huile essentielle de *Thymus fontanesii* a exercé une forte activité insecticide sur les larves de *Tuta absoluta*. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Hamoudi (2000), El- Guedoui (2003), Maafi (2005) qui ont relevé des mortalités élevées dans les populations *Rhyzopertha dominica* traitées par l'HE de thym. Aljabr (2006) a aussi mis en évidence l'effet toxique de *Thymus vulgaris* et *Mentha viridis* sur *Orzeaphilus surinamensis* et *Tribolium castaneum*. Mêmes résultats ont été obtenus par Baba-aissa (2011) qui a enregistré une forte toxicité de l'huile essentielle de thym utilisée sur les larves de *Tuta absoluta* (PR≤13%).

L'étude comparé *in vitro* de l'activité insecticide de huile essentielle de *Thymus fantanesii* du mois de Mars, et Mai sur les larves de *Tuta absoluta*, nous a permis de déduire que l'huile essentielle de Mai présente l'activité insecticide la plus remarquable se traduisant par un pourcentage de population résiduelle très bas (PR<28%). Ces résultats pourraient être liés à la composition phytochimique de cette huile.

En effet, les résultats d'analyse obtenus par CPG montrent que l'HE de thym extraite à partir d'échantillon collecté au mois de Mai était relativement plus riche en composés que celle extraite au mois de Mars, durant le stade végétatif (avant floraison).

Ce grand pouvoir bioactif observé est attribué principalement à leurs teneurs élevées en phénols terpéniques (thymol 77,72%, carvacrol 27,17%). Différents travaux ont montré que les HE de différentes espèces du thym dont le composé

que, ont un large spectre d'inhibition, comprenant des bactéries Gram positif, et Gram négatif, des levures et même des moisissures et des champignons filamenteux (Oussala et *al.*, 2006 et Rota et *al.*, 2008). Cependant, Ajjour et *al.*, (2008) ont notés que l'huile essentielle de *Thymus bleicherianus* est dotée d'une activité fongicide légèrement supérieure à celle de *Thymus capitatus*. Ceci peut être attribué au fait que l'huile de *Thymus bleicherianus* compte parmi ses principaux constituants le thymol alors que *Thymus capitatus* est dominée par le carvacrol. En effet, Dorman et *al.*, (2000) ont testé un grand nombre de constituants purs des huiles essentielles contre 25 genres différents de bactéries et ils ont démontré que le thymol est le composé qui possède le plus large spectre d'activité antibactérienne suivi du carvacrol et de l' α -terpineol.

Pour vérifier si l'effet insecticide de notre HE est lié seulement aux composés majoritaires ou si c'est une synergie entre les constituants de l'huile essentielle, même les minoritaires, nous avons alors choisi de tester l'activité insecticide d'un composé phénolique pur: le thymol, composé majoritaire de *Thymus fontanesii*.

Le choix de tester uniquement l'effet de thymol est en accord avec la littérature où beaucoup de travaux ont soulignés l'efficacité antifongique et antibactérienne des phénols terpéniques et plus particulièrement celle du thymol et/ou du carvacrol (Karaman et *al.*, 2001).

Les résultats des degrés d'efficacité d'HE et de thymol pur sur les Populations résiduelles de *Tuta absoluta* ont montré que l'essence totale (HE totale) est plus active que celle de son composé majoritaire, le thymol.

D'une façon générale, nous pouvons conclure que l'HE du thym à une meilleure activité insecticide par rapport à celle de thymol pur. Cette dominance d'activité d'HE sur celle d'un composant majoritaire confirme bien l'effet de synergie que pourraient apporter les composants minoritaires à l'activité d'HE. L'efficacité insecticide de l'essence de *Thymus fontanesii* par rapport à celle de thymol extrait peut être due aussi à l'activité synergique entre le thymol et le carvacrol. Ces composés sont présents dans l'huile de *Thymus fontanesii* avec des taux respectifs de 77.72 % et 13.27 %.

l'activité antifongique de l'huile essentielle de thym a été constatée dans plusieurs études (Michiels et *al.*, 2007 ; El Ajjouri et *al.*, 2008). Selon ces observations, il est affirmé que la forte activité antifongique observée chez l'huile essentielle de *Thymus fantanesii* peut être attribuée seulement au thymol et au carvacrol, comme elle peut être le résultat de synergies entre les différents constituants de cette huile. Cependant, il est probable que les composés minoritaires agissent de manière synergique (Lahlou, 2004).

Ces résultats corroborent ceux d'autres recherches qui ont montré que l'activité antimicrobienne d'huiles essentielles de thym est supérieure à celle de son composé majoritaire (thymol) testé séparément (Inouye, 2006). Cette dominance d'activité d'HE sur celle d'un composant majoritaire peut être expliquée par le fait que les autres composés présents en trace possèdent un rôle important en augmentant le pouvoir antimicrobien de l'huile grâce à leurs activités synergiques avec les composés majeurs (Rhayour, 2002 ; Akrouit et *al.*, 2006). Donc, des phénomènes de synergie entre les différents constituants peuvent être à l'origine d'une activité beaucoup plus prononcée que celle prévisible par les composés majoritaires (Bouaoun et *al.*, 2007).

Les résultats obtenus ne concordent pas avec ceux trouvés par Klaric et *al.* (2006) qui ont démontré que le thymol, le constituant majeur des HE de thym (*Thymus vulgaris*), avait une activité significativement plus forte que l'HE Totale sur des bactéries testées. Ils ont constaté que le thymol avait une activité inhibitrice trois fois plus forte que l'HE de thym prise dans son ensemble. Cette activité plus importante de thymol seul a également été observée sur différentes souches de *Candida* ainsi que sur d'autres souches de dermatophytes (Pinto et *al.*, 2006). Cependant une étude menée par Lambert, Skandamis et *al.* (2001) ne corrobore pas les effets de synergie mentionnés entre le thymol et le carvacrol.

La présente étude montre que la composition chimique de l'huile essentielle de thym varie en fonction de stade phénologique de la plante, et que le stade plein floraison s'avère le plus riche en composés chimiques avec un potentiel biocide très élevé. Cette étude montre aussi que les composés majoritaires des HE ne sont pas



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

que les huiles elles-mêmes. Cependant, il existe certainement des phénomènes de synergie ou d'antagonisme entre les différents composants de l'essence naturelle.

CONCLUSION GENERALE

Les produits naturels étaient et restent toujours une source inépuisable de structures complexes et diverses vu le rôle que peuvent jouer certains composés purs dans beaucoup d'applications, à savoir l'industrie pharmaceutique, l'industrie alimentaire, l'industrie cosmétique, la parfumerie, etc.

Les plantes synthétisent plusieurs substances du métabolisme secondaire. Ces molécules peuvent avoir différents effets chez les insectes : répulsif, attractif, perturbateur du développement, inhibiteur de la reproduction, etc.

Dans ces dernières années, et face à une législation de plus en plus restrictive sur l'application des pesticides de synthèse, la recherche de phytoinsecticides s'inscrit dans une stratégie particulièrement adaptée aux exigences du consommateur tout en préservant l'environnement.

Ainsi, les instances internationales comme l'OMS ont interdit l'usage de certains produits insecticides synthétisés chimiquement comme les organochlorés. D'autres ont imposé l'arrêt de la production du bromure de méthyle en 2005 puisqu'il est toxique pour la santé humaine et polluant pour l'environnement. En particulier, il contribue à la destruction de la couche d'ozone (Anonyme, 2001).

De ce fait, le travail entrepris dans ce mémoire avait pour objectifs d'analyser l'effet bio-insecticide de l'huile essentielle de thym (*Thymus fontanessi*) collecté pendant deux stades végétatifs et de son composé majoritaire, le thymol sur les larves de *Tuta absoluta* dite mineuse de la tomate.

cette étude nous pouvons déduire les conclusions suivantes:

- La cinétique d'extraction d'HE de *Thymus fontanesii* à différentes périodes de la cueillette a montré que le meilleur rendement a été obtenu en pleine floraison (Mai) de la plante.
- Il apparaît ainsi une influence du cycle végétatif, non seulement sur le rendement en HE, mais aussi sur le profil chimique de celle-ci. L'analyse par CPG/SM des HEs de thym nous a permis de constater que les HEs analysées étaient caractérisées par une importante fraction monoterpénique et par la prédominance de composés phénoliques (thymol, carvacrol).
- thymol reste toujours le constituant principal des HE sa plus forte proportion a été obtenue avant floraison (77.72%).

La deuxième partie de notre travail consistait à évaluer l'effet insecticide *in vitro* de l'huile essentielle de thym du mois de Mars, et Mai sur les larves de *Tuta absoluta*. Dans cette partie nous avons constaté une diminution sensible des taux de populations résiduelles entre le laps de temps de 24 heures à 72 heures. La persistance de l'efficacité de l'huile essentielle est meilleure vis-à-vis des larves de *T. absoluta* pendant 72 heures au moins.

Cette étude a montré que les résultats relatifs aux traitements à base de l'huile essentielle du mois de Mai présentent une toxicité plus importante que celle de mois de Mars, qui correspond au stade végétatif de la plante.

La troisième partie de ce travail consistait à extraire le thymol à partir de l'HE de *thymus fontanesii* et vérifier si l'effet insecticide de notre HE est lié seulement au composé majoritaire de celle-ci, nous avons alors choisi de tester l'activité insecticide de son thymol extrait et comparé à celle de l'HE totale. Donc, dans cette partie de notre étude nous pouvons déduire que les traitements à base du thymol extrait

à-vis des populations résiduelles de *Tuta absoluta*.

Tandis que l'HE du thym présente une meilleure activité insecticide par rapport à celle de thymol pur. Cette prédominance de l'activité d'HE sur celle d'un composant majoritaire confirme bien l'effet de synergie que pourraient apporter les composants minoritaires à l'activité d'HE.

L'étude de l'activité insecticide de l'HE du *Thymus fontanessi* s'est avérée très intéressante, du fait que nous avons obtenu des résultats positifs sur les populations résiduelle de *Tuta absoluta*. Ces résultats prometteurs ouvriront la possibilité de trouver de nouveaux pesticides naturels à base de végétaux qui peuvent être source efficace dans la lutte contre les champignons et les bactéries phytopathogènes, les nématodes et les insectes très redoutables aux cultures.

Cette étude constitue une première étape dans la recherche de molécules biopesticides d'origine végétale, elle mérite d'être poursuivie par des *études in planta* pour confirmer leur activité. Il serait intéressant de tester l'activité de ces extraits sur d'autres agents pathogènes et insectes ravageurs en particulier ceux listés de quarantaine qui constituent des organismes très redoutables comme par exemples ; *Phytoplasma ulmi*, *Xanthomonas oryzae pv. Oryzae*, *Xylella fastidiosa*, *Tilletia indica*, *Radopholus similis*, *Globodera rostochiensis*, et *Thrips palm*.

Il serait aussi d'intérêt de rechercher et caractériser les matières actives existantes dans la plante spontanée étudiée afin de les formuler et les utiliser comme produits stables. Ainsi, il va falloir réaliser une étude toxicologique avant l'application des extraits car des résultats de recherches ont montré que certains composés chimiques possèdent des toxicités chroniques, dermiques et des effets cancérigènes (Tafifet, 2010).



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ANNEXES

ANNEXE 1

Tableau 01: Effet des différentes doses de l'huile essentielle de thym du mois de Mars sur l'évolution des populations résiduelles de *Tuta absoluta*

	HE à 0,25%	HE à 0,50%	HE à 0,75%	Témoin
PR24h	72,3	59,5	45,1	96,7
PR48h	61,2	40,1	33,2	93,4
PR72h	45,4	37,8	29,1	93,4

Tableau 02: Effet des différentes doses de l'huile essentielle de thym du mois de Mai sur l'évolution des populations résiduelles de *Tuta absoluta*

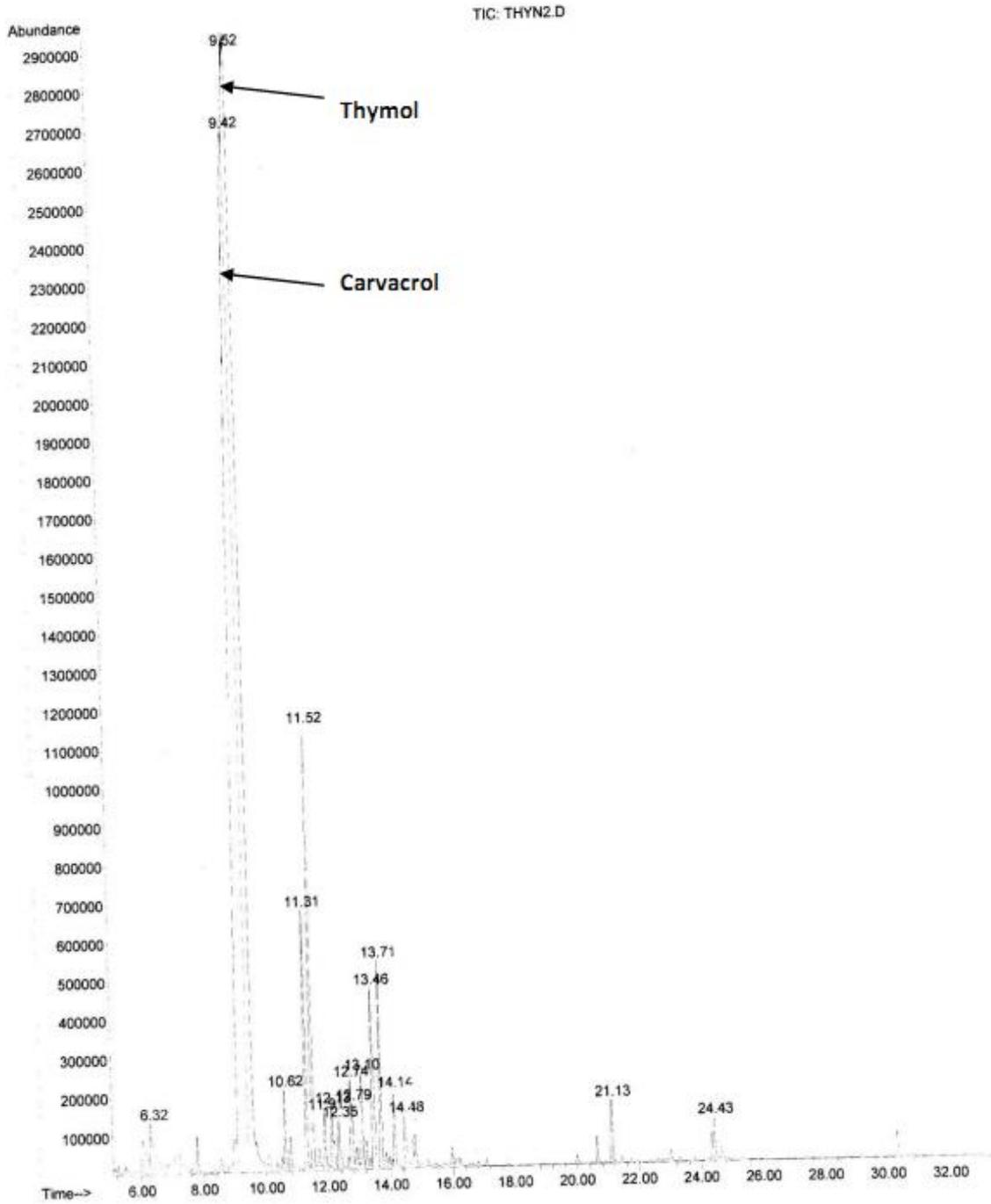
	HE à 0,25%	HE à 0,50%	HE à 0,75%	Témoin
PR24h	61,3	45,3	33,8	96,7
PR48h	45,2	29,0	18,6	93,4
PR72h	33,2	20,5	07,4	93,4

Tableau 03: Effet de la dose de thymol utilisée sur l'évolution des populations résiduelles de *Tuta absoluta*

	PR24h	PR48h	PR72h
Thymol à 0,75%	87,8	85,5	79,2
Témoin	96,7	93,4	93,4

ANNEXE 2

File : C:\MSDCHEM\1\DATA\STAGIAIRES\THYM2.D
Operator: Alphyt
Acquired: 15 JUL 2012 9:59
Instrument: Instrumen
Sample Name : thym Ev509
Vial Number: 1



l'huile essentielle de *T. fontanesii* récolté au mois de mars extrait par nyrodistillation.

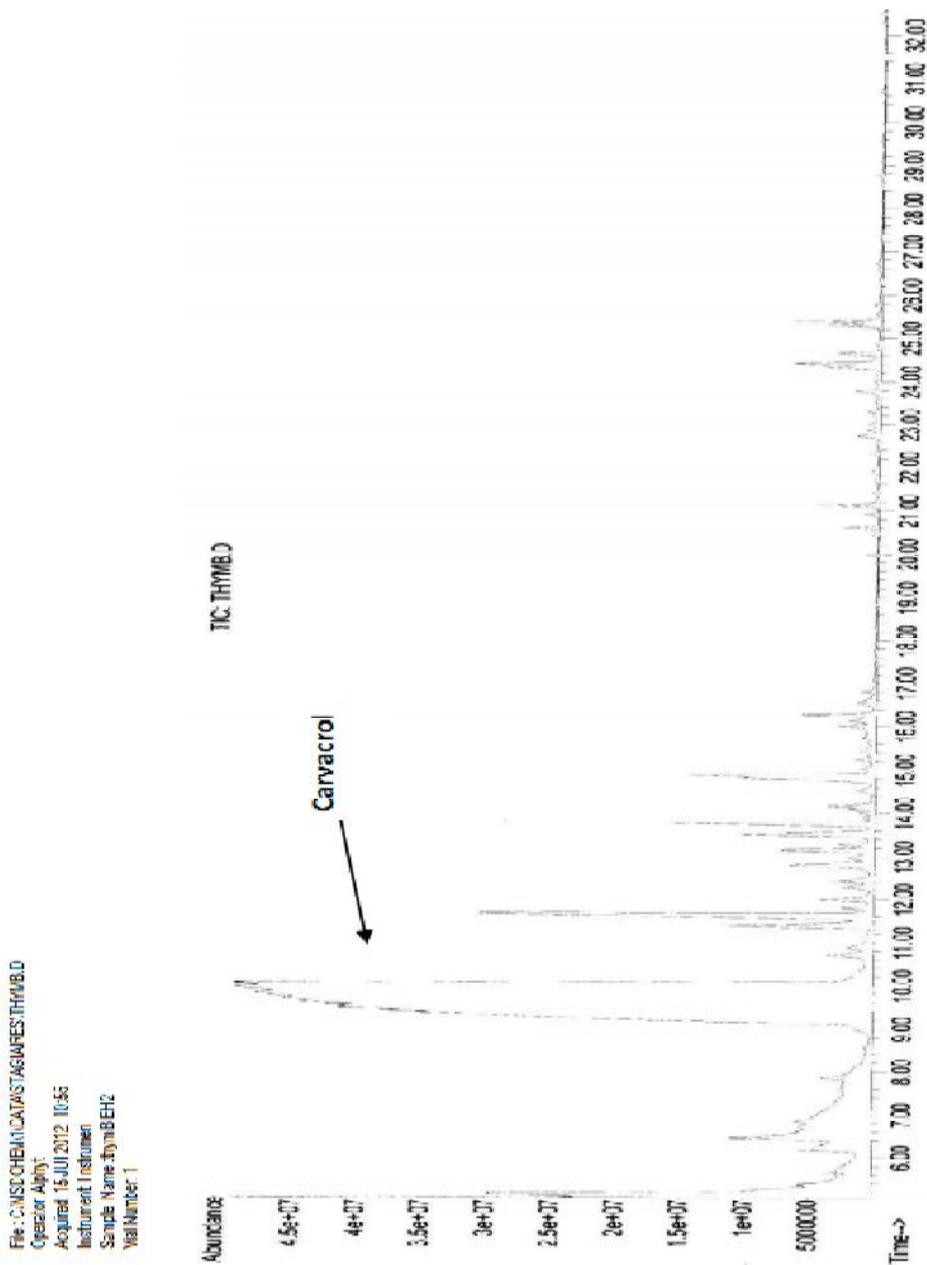


Figure 2: Chromatogramme de l'huile essentielle de *T. fontanesii* récolté au mois de mars par hydrodistillation après l'extraction de thymol

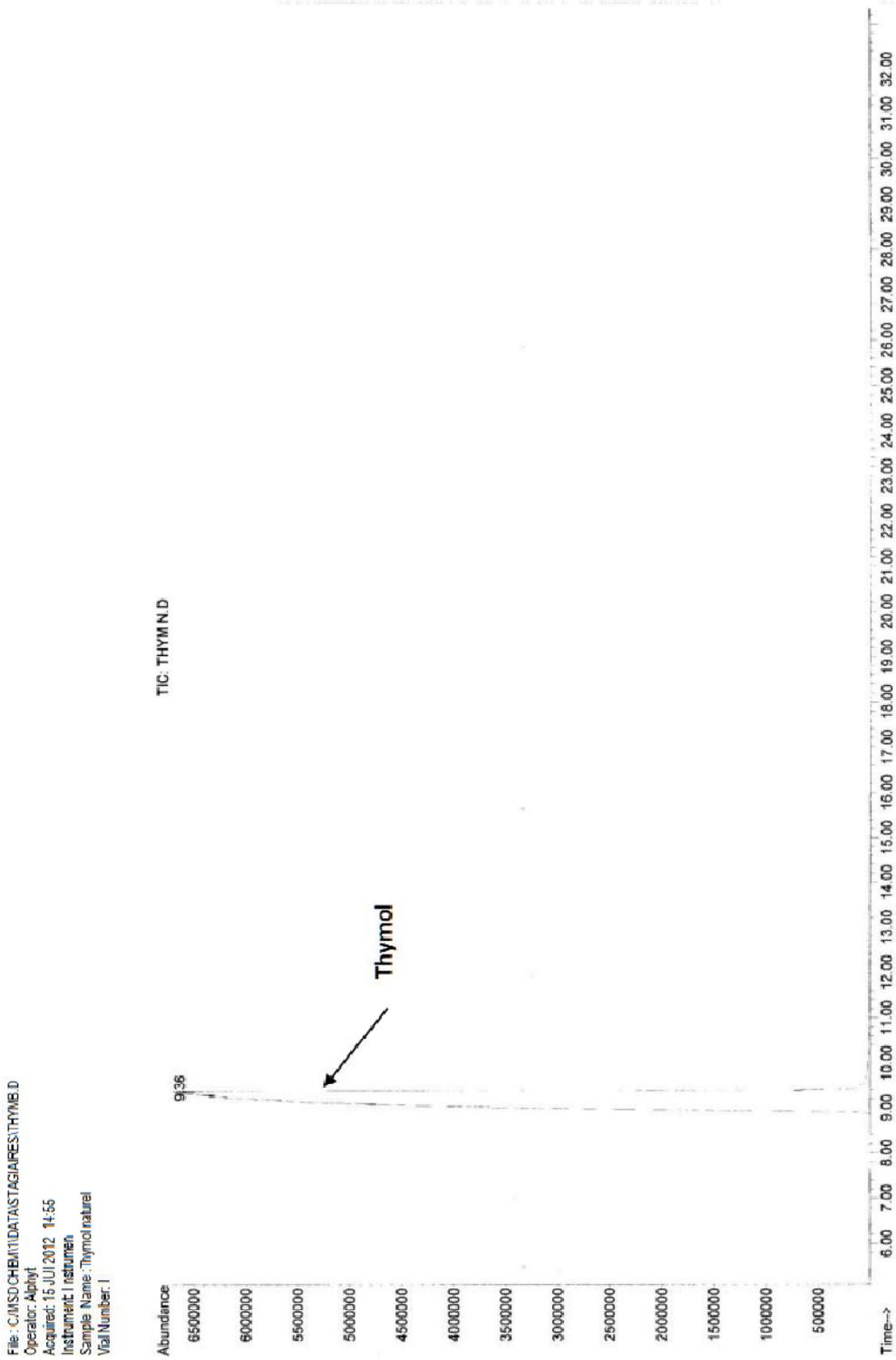


Figure 3: Chromatogramme de Thymol extrait de l'huile essentielle de T. fontanesii (thymol naturel)